www.nm.iau-shahrood.ac.ir
نانومواد: ۳۷:۱۱ (۱۳۹۸) ۹-۱

بیوسنتز نانوذرات نقره با استفاده از عصاره آبی گیاه بومادران گل‌زرد (*Achillea wilhelmsii*)

نوید بلدی[۱]، غلامرضا زارعی*[۲] و وحیده ضیغمیان[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی، واحد میبد، دانشگاه آزاد اسلامی، میبد، ایران
۲- گروه زراعت، واحد میبد، دانشگاه آزاد اسلامی، میبد، ایران
۳- گروه بیوتکنولوژی پزشکی، دانشکده علوم نوین پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

تاریخ ثبت اولیه: ۱۳۹۷/۰۷/۲۵، تاریخ دریافت نسخه اصلاح شده: ۱۳۹۷/۰۹/۱۰، تاریخ پذیرش قطعی: ۱۳۹۷/۱۱/۲۰

چکیده

روش های مختلف زیادی برای تولید نانوذرات نقره وجود دارد ولی استفاده از گیاهان به دلیل هزینه کم و سازگاری با محیط زیست در سنتز نانوذرات بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این مطالعه از عصاره آبی گل‌های خشک گونه گیاهی بومادران گل‌زرد برای احیای نیترات نقره و سنتز نانوذرات نقره استفاده شد. نانوذرات تشکیل شده بوسیله طیف‌سنجی نور ماوراء بنفش (UV-Vis)، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، طیف‌سنجی فوریه مادون قرمز (FTIR) و دستگاه تعیین اندازه ذرات (PSA) مورد ارزیابی قرار گرفت. تغییر رنگ از زرد کم‌رنگ به قهوه‌ای تیره تشکیل نانوذرات نقره را نشان داد. وجود پیک جذبی حاصل از آنالیز اسپکترومتری در طول موج ۴۵۰ nm نشان‌دهنده تشکیل نانوذرات نقره می‌باشد. نتایج TEM نشان داد که شکل ذرات کروی و اندازه آنها برای عصاره *A. wilhelmsii* دامنه‌ای بین ۲۶-۵۰ nm می‌باشد. مطالعات FTIR نیز دخالت احتمالی گروه‌های احیا کننده بر سطح نانوذرات را نشان داد. نتایج حاصل از PSA نشان‌دهنده پلی‌دیسپریسیته پایین ذرات و مطلوب بودن عصاره برای سنتز نانوذرات نقره بود. بر این اساس اندازه ذرات سنتز شده ۳۵/۷۳ nm تعیین شد. بر اساس این نتایج می‌توان گفت که سنتز نانوذرات نقره بوسیله عصاره بومادران یک روش ساده، سریع، غیرسمی و زیست‌سازگار است و می‌تواند در زمینه غذایی، پزشکی و کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد.

***واژه‌های کلیدی:* نانوذرات نقره، سنتز زیستی، بومادران، *Achillea wilhelmsii*.**

۱- مقدمه

امروزه نانوفناوری یکی از رشته‌های جذاب و نوظهور در عرصه علوم و تحقیقات می‌باشد [۱]. به طور کلی نانوفناوری، تحقیق و توسعه فناوری در سطوح اتمی، مولکولی یا ماکرومولکولی بوده و منجر به تولید نانوذراتی با اندازه ۱ تا ۱۰۰ نانومتر می‌گردد [۲]. در این میان نانوذرات فلزی بدلیل خواص مکانیکی، شیمیایی و فیزیکی

* **عهده‌دار مکاتبات:** غلامرضا زارعی
نشانی: یزد، میبد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد
تلفن: ۰۳۵-۳۲۳۷۰۱۶۱، **دورنگار:** ۰۳۵-۳۲۳۷۰۹۶۹، **پست الکترونیکی:** zareigholamreza@gmail.com

منحصربفردی از جمله نسبت زیاد سطح به حجم [۳]، اندازه کوچکتر، توزیع یکنواخت سایز، رسانایی الکتریکی و دمایی بیشتر و فعالیت فوتوکاتالیکی و زیست‌سازگاری [۱]، کاربرد گسترده‌ای در زمینه بیوتکنولوژی، پزشکی، تصویربرداری و کشاورزی داشته‌اند [۴،۵]. از این‌رو تاکنون نانوذرات فلزی متعددی نظیر پلاتین، پالادیوم، طلا، نقره و مس مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۶]. در بین انواع مختلف نانوذرات فلزی، نانوذره نقره به دلیل کاربردهای گسترده مانند فعالیت‌های آنتی باکتریال، ضد ویروسی، ضد سرطان، کاتالیتیک، پزشکی و اپتوالکترونیک توجه ویژه‌ای را به خود جلب نموده است [۷]. تاکنون روش‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی برای سنتز نانوذرات فلزی به کار گرفته شده‌اند [۵،۸]. اگر چه ممکن است روش‌های فیزیکی و شیمیایی در تولید خالص نانوذرات نقره بسیار موفقیت‌آمیز باشند اما به طور کلی گران، زمان‌بر و بالقوه برای محیط زیست خطرناک می‌باشند [۹]. چنین فرآیندهایی معمولا به دلیل استفاده از عوامل کاهنده شیمیایی مانند سدیم بورهیدراید، تری سدیم سیترات و دی متیل فرمامید اثرات زیست محیطی خطرناکی را به جا می‌گذارند [۱۰]. روش‌های شیمیایی معمولا منجر به باقی‌ماندن مقداری از واکنشگرهای سمی و عدم استفاده از نانوذرات حاصل در کاربردهای زیستی می‌شوند و همچنین ممکن است اثر ناسازگاری در کاربرد پزشکی داشته باشند [۱۱]. به تازگی نانوذرات فلزی به میزان زیادی در شامپو، صابون، لوازم آرایشی، خمیر دندان و سایر محصولات پزشکی و دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرند و به طور مستقیم با سیستم‌های انسانی سروکار دارند [۱۲]، از این‌رو با توجه به ضرورت استفاده از روش‌هایی با بازدهی بالا، کم هزینه، زیست‌سازگار، غیرسمی و تولید نانوذراتی با اندازه و شکل دلخواه، استفاده از روش‌های زیستی به شدت مورد توجه قرار گرفته‌است [۱۳]. امروزه روش‌های زیستی کارآمدی با استفاده از باکتری، مخمر، ویروس، قارچ و گیاهان برای تولید نانوذرات نقره به کار گرفته شده‌اند [۱۴]. استفاده از مواد زیستی مزایای زیست محیطی زیادی داشته و به دلیل عدم استفاده از مواد شیمیایی سمی و خطرناک در هنگام سنتز، سازگاری زیادی برای کاربردهای دارویی و پزشکی دارد [۱۵]. استفاده از گیاهان و یا عصاره آنها برای سنتز زیستی نانوذرات به صورت خارج سلولی مزایای بیشتری دارد و می‌توان ساخت آن‌ها را در یک روش کنترل شده و بر اساس اندازه، شکل و میزان پراکنش (dispersity) برای مقاصد مختلف تنظیم کرد [۱۶]. از مزایای دیگر گیاهان در سنتز نانوذرات هزینه پایین، زیست‌سازگاری [۱۷]، استفاده آسان و دارا بودن تنوع وسیعی از متابولیت‌های دخیل در عمل کاهش یون می‌باشد [۱۱]. سنتز نانوذرات فلزی با استفاده از عصاره گیاهان را می‌توان به عنوان یک روش اقتصادی و ارزشمند جهت تولید نانوذرات فلزی در مقیاس بزرگ به کار گرفت [۱۸]. در سال‌های اخیر، چندین گیاه به صورت موفقیت‌آمیزی برای سنتز خارج سلولی سریع و کارآمد نانوذرات طلا، نقره و مس مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۱۹]. عصاره گیاهان کاج، خرمالو، جینگو، ماگنولیا و چنار برای تهیه نانوذرات نقره توسط محلول آبی $AgNO_3$ استفاده شده‌اند [۲۰]. از عصاره گیاهانی مثل شمعدانی، یونجه، کاج و چنار نیز برای سنتز موفقیت‌آمیز نانوذرات نقره استفاده شده است. نتایج حاصل نشان دهنده پایداری بالای نانوذرات نقره سنتز شده به این روش می‌باشد و بیومولکول‌های موجود در عصاره که شامل آلکالوئیدها، ترکیبات الکلی و پلی ساکاریدی است به عنوان عامل احیاء یون‌های نقره در نظر گرفته شدند [۲۱]. تحقیقی دیگر پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، فلاونوئیدها، ترپنوئیدها و کوفاکتورها را عامل احیاء یون‌های نقره و تثبیت نانوذرات می‌داند [۲۲]. حیدری و همکاران سنتز سبز نانوذرات نقره توسط عصاره آبی گیاه رزماری را مطالعه نموده و گزارش کردند که نانوذرات غالبا کروی با اندازه ۲۰-۴۰ nm تشکیل شد [۱۸]. اعتمادی و همکاران سنتز نانوذرات نقره با استفاده از عصاره آبی گیاه چای سبز [۲۰] و کاوسی و یعقوبی سنتز نانوذرات نقره را با استفاده از عصاره گیاه مرزنجوش اروپایی گزارش

نمودنـد [۲۳]. بومـادران (*Achillea*) گیـاهی از خـانواده کاسنی است که دارای خواص دارویـی و درمـانی متعـددی می‌باشد [۱۶]. این گیاه حـاوی فلاونوئیـدها، آلکالوئیـدها و سزکوئی ترپن لاکتون‌هاست و در درمان چربی خون و فشار خون بالا مورد استفاده قرار می‌گیـرد [۲۴]. گونـه بومـادران گل زرد *Achillea wilhelmsii* گیاهی نسبتا کوچک، علفی دارای گل‌های زرد لیمویی می‌باشد و در اکثر نقـاط کشـور از جمله یزد پراکنش دارد [۲۵]. جـواد کریمـی و همکـاران در طی پژوهشی با استفاده از عصاره گل‌های گونـه گیـاهی *Achillea wilhelmsii* نـانوذرات اکسـید کـادمیوم را سـنتز نمودند. در طی این مطالعـه نـانوذرات کـادمیوم بـا موفقیـت سـنتز شـدند و طبـق اظهـارات آنهـا برخـی ترکیبـات نظیـر تانین‌ها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها و کارتنوئیـدهای موجـود در عصاره مسئول اصلی کاهش یون‌های کادمیوم و پایداری نانوذرات بودند [۲۶]. علاوه بر این از برگ‌های خشک این گونه گیاهی برای تولید موفق نانوذرات طلا نیز استفاده شده است [۲۷]. با توجه به اینکه عصاره این گیاه سرشار از مـواد آنتی‌اکسـیدانی و کاهنـده مثـل فلاونوئیـدها، آلکالوئیـدها، ترپن‌ها و غیره بوده و می‌تواند به عنوان یک عامـل کاهنـده در سنتز نانوذرات نقره نقش داشته باشد، لذا بررسی اثـر آن به عنوان یک منبع زیستی ایمن در احیاء یـون‌هـای نقـره بـه نانوذرات فلزی می‌تواند جالب توجه و حـائز اهمیـت باشـد. در این پژوهش، هدف ما بررسی یکی دیگر از جنبه‌های این گونه گیاهی و معرفی آنها به عنوان منبع زیستی مفید و قابل دسترس برای سنتز نانوذرات نقره می‌باشد.

۲- فعالیت‌های تجربی

۲-۱- تهیه عصاره گونه گیاهی

گل‌های خشـک شـده گونـه گیـاهی بومـادران بـا نـام علمـی *Achillea wilhelmsii* از منطقـه شهرسـتان اردکـان تهیـه و توسط متخصصین دانشکده کشاورزی دانشـگاه آزاد اسـلامی میبـد مـورد بررسـی و تاییـد گونـه قـرار گرفـت. جهـت عصاره‌گیری ابتدا ۲۵ g از گل‌های خشک شده آن در داخـل یک بشر ریخته و با آب مقطر به حجم ۱ L رسـانده شـد و بـه مدت ۵ دقیقه جوشانده شد. عصاره حاصل از آن پس از سرد شدن، توسط کاغذ صافی و فیلترهای ۰/۴۵ µm فیلتر گردید.

۲-۲- سنتز نانوذرات نقره

به منظور سنتز نـانوذرات از محلـول نیتـرات نقـره $AgNO_3$ بـا غلظـت ۲۰ mM اسـتفاده گردیـد. بـدین ترتیـب ۱۰ mL از عصاره تهیه شده به طور جداگانه به ۹۰ mL از محلول نمـک نیترات نقره افزوده شد. واکنش در دمای اتاق انجام گرفـت و تغییر رنگ عصاره از زرد کم رنگ به قهـوه‌ای تیـره تـا سـیاه نشان دهنده تولید نانوذرات نقره می‌باشد [۱۶].

۲-۳- تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

۲-۳-۱- آنالیز اسپکتروفوتومتری با نور UV

به منظور تایید سنتز نانوذرات از روش‌های اسپکتروفوتومتری حدود ۲۰۰ µL از محلول رنگی حاصل از برهم‌کنش عصـاره گیاهی بومادران و نمک نقره به حجم ۱ mL رسانده شده و با اسـتفاده از دسـتگاه اسـپکتروفوتومتر در بـازه طـول مـوج ۴۰۰-۶۰۰ nm بررسی گردید. پیـک جـذب در حـدود طـول موج ۴۵۰ nm نشان دهنـده وجـود نـانوذرات نقـره و در واقـع تولید آن است.

۲-۳-۲- بررسی تصاویر TEM

برای انجام این کار، ۵ ml از محلول دارای نانوذره‌های نقره به مدت ۵ دقیقـه تحـت اولتراسـونیک قـرار گرفـت تـا همگـون گردد. سپس چند قطره از آن بر روی شبکه‌های مسی پوشیده شده با کربن قرار داده شد و در مجـاورت هـوا و دمـای اتـاق خشک گردید تا لایه نازکی از نمونه حاصل شود. در نهایـت اندازه و نحوه توزیع نانوذرات نقره سنتز شده توسـط دسـتگاه میکروسکوپ الکترونی عبوری TEM (مدل ZEISS، ساخت آلمان) مورد بررسی قرار گرفت.

۲-۳-۳- بررسی طیف مادون قرمز (FT-IR)

برای بررسی گروه‌های عاملی درگیر در سنتز و احیاء نانوذرات از تکنیک FT-IR استفاده شد. محلول حاصل از برهم‌کنش سه مرتبه و با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شده و پس از دور ریختن محلول رویی، رسوب با آب دیونیزه شستشو داده شد تا ناخالصی‌ها و پروتئین‌های آزاد حذف گردند. سپس در آون معمولی و دمای ۶۰ °C به مدت یک ساعت خشک گردید.

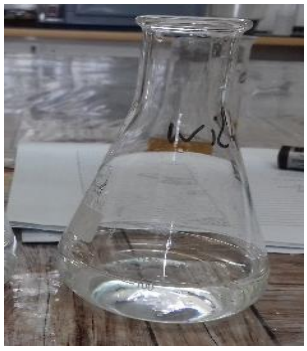
۲-۳-٤- بررسی توزیع قطر و اندازه نانوذرات

جهت آماده کردن نمونه‌ها ۱ mL از محلول حاصل از برهمکنش، با آب مقطر به حجم ۱۰ mL رسانده شد و توسط دستگاه تعیین اندازه ذرات (PSA) براساس سنجش DLS مورد آنالیز قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تغییر رنگ محلول و تایید سنتز نانوذرات نقره

پس از افزودن محلول نیترات نقره به محلول عصاره، رنگ محلول به آرامی از زرد کم رنگ به قهوه‌ای تیره در دمای اتاق، و طی مدت زمان ۶۰ دقیقه تغییر کرد (شکل ۱). همانگونه که در شکل مشخص است این تغییر رنگ پس از گذشت دو ساعت مشخص‌تر شد (شکل ۲). این موضوع با نتایج حاصل از کار Ramteke و همکارانش [۲۸] و Sivaraman و همکاران مشابهت داشت [۲۹]. با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته در مورد بومادران، می‌توان گفت که شاید تنوع در ترکیبات موجود در عصاره بومادران از جمله پروتئین‌ها، فلاونوئیدها [۳۰]، ترپنوئیدها، ترکیبات هتروسیکلیک محلول در آب مثل آلکالوئیدها [۲۷] که آنتی اکسیدان‌های قوی بوده و پتانسیل بالایی برای احیاء یون‌های فلزی دارند [۳۱]، باعث می‌شود که عصاره این گیاه بتواند به عنوان یک کاهنده خوب عمل کرده و در مدت زمان نسبتا کوتاهی باعث کاهش یون‌های نقره و تولید نانوذرات نقره



(الف)

(ب)

(ج)

شکل ۱: تغییر رنگ محلول حاصل از برهم‌کنش عصاره و نیترات نقره: الف) محلول نیترات نقره $AgNO_3$ قبل از اضافه کردن به عصاره ب) تغییر رنگ محلول حاصل از افزودن نیترات نقره به عصاره گیاهی بعد از ۳۰ دقیقه و ج) تغییر رنگ محلول حاصل بعد از مدت زمان ٦۰ دقیقه.

شکل ۲: تغییر رنگ محلول حاصل از برهم‌کنش عصاره و نیترات نقره بعد از ۲ ساعت.

شود. تغییر رنگ مشاهده شده در محلول حاصل از برهمکنش نیترات نقره و عصاره یک نشانه واضح و اولین نشانه از تشکیل نانوذرات نقره در واکنش می‌باشد [۳۲] و این تغییر رنگ ناشی از ارتعاشات پلاسمون سطحی در نانوذرات است [۳۳]. بنابراین بر اساس سایر پژوهش‌های مشابه در این زمینه می‌توان گفت تولید نانوذرات به روش زیستی به صورت یک مرحله‌ای و مقرون به صرفه بوده و در زمان بسیار کم، فرآیند احیاء تکمیل می‌شود [۳۴].

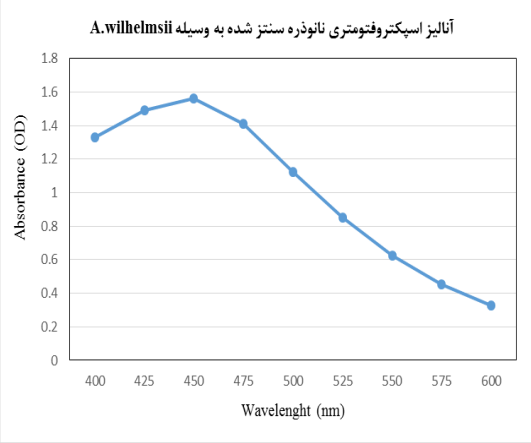
۳-۲- بررسی خواص فیزیکو شیمیایی

۳-۲-۱- نتایج حاصل از آنالیز اسپکتروفتومتری

بعد از مشاهده تغییر رنگ محلول، به منظور تایید سنتز نانوذرات نقره توسط عصاره گیاه مورد آزمون، از روش اسپکتروفوتومتری استفاده شد. طیف UV-Vis ثبت شده نشان‌دهنده افزایش ارتعاشات پلاسمون سطحی می‌باشد. در واقع الکترون‌های آزاد موجود در نانوذرات نقره با جذب نور مرئی برانگیخته می‌شوند و به یک تراز انرژی بالاتر می‌روند، ولی چون الکترون در حالت برانگیخته ناپایدار است، بنابراین دوباره به تراز انرژی پایه برمی‌گردد یک فوتونی را از خود ساطع می‌کند [۳۵]. نانوذرات نقره بسته به روش تهیه، اندازه و شکل ذرات تولید شده دارای نوار جذبی از گستره ۳۸۰ تا ۴۵۰ نانومتر می‌باشند. نتایج حاصل از برهمکنش محلول نیترات نقره و عصاره در شکل ۳ نشان داده شده است. یافته‌های حاصل از طیف UV-Vis نشان داد که λmax در حدود ۴۵۰ نانومتر می‌باشد که با نتایج مطالعات Jain و همکاران [۱۵] و کریمی و محسن‌زاده در زمینه تولید نانوذرات نقره به روش زیستی هم‌خوانی دارد [۱۶].

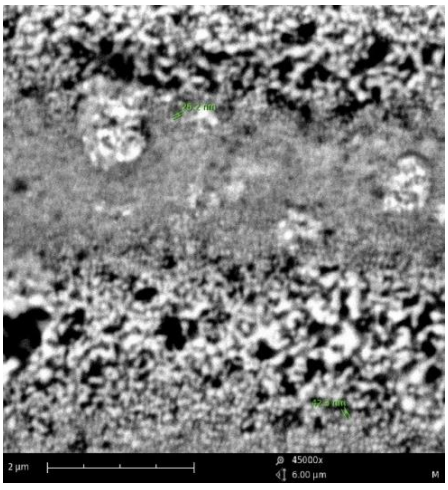
۳-۲-۲- مطالعه تصاویر TEM

شکل و اندازه تقریبی نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از عصاره حاصل از گونه گیاهی *A. wilhelmsii* در شکل ۴ مشخص شده‌است. تصاویر حاصله نشان‌دهنده تراکم بالای نانوذرات نقره سنتز شده به وسیله عصاره بومادران بوده و



شکل ۳: آنالیز اسپکتروفتومتری نانوذرات نقره تولید شده بوسیله گونه گیاهی *A. wilhelmsii*

(الف)



(ب)

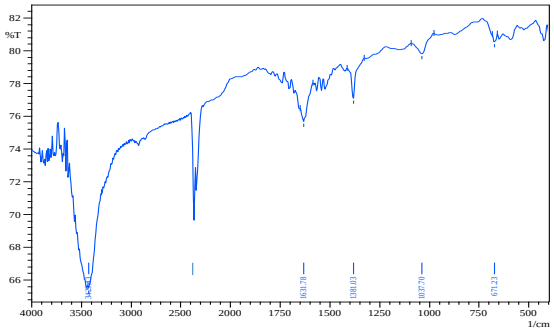
شکل ٤: تصویر TEM مربوط به نانوذرات سنتز شده بوسیله گونه گیاهی *A. wilhelmsii*: الف) مورفولوژی نانوذرات نقره به حالت کروی و یا چند ضلعی و غیر یکنواخت می‌باشد ب) اندازه نانوذرات سنتز شده در حدود nm ۵۰-۲۶ است و مونودیسپرس می‌باشند.

شکل نانوذرات نیز تقریبا کروی است اما بصورت یکنواخت نمی‌باشد. بر طبق نتایج حاصل از تصاویر TEM سایز نانوذرات نقره حاصل رنجی بین ۵۰-۲۶ nm می‌باشد که با نتایج حاصل از تحقیقات دیگر که با استفاده از عصاره سایر گیاهان انجام گرفته بود هم‌خوانی داشت [۳۶]. در تحقیقاتی که Kim و Song بر روی سنتز نانوذرات توسط پنج گیاه انجام دادند نتایج متفاوتی را به دست آوردند، آنها به نانوذراتی با ابعاد ۱۵ تا ۵۰۰ نانومتر دست یافتند [۳۷]. البته باید توجه داشت که پارامترهایی مانند pH، تغییرات دما، زمان و غلظت‌های مختلف نمک نقره و نیز عصاره می‌تواند بر تغییرات اندازه نانوذرات تولیدی تاثیر داشته باشد [۳۸].

۳-۲-۳- بررسی طیف مادون قرمز (FT-IR)

مطالعه طیف FT-IR اطلاعاتی را در زمینه گروه‌های شرکت کننده در واکنش احیاء یون‌های نقره و تثبیت و پایداری نانوذرات حاصل به ما داد. شکل ۵ طیف FT-IR نانوذرات سنتز شده به وسیله عصاره را در محدوده ۵۰۰ تا ۴۰۰۰ cm^{-1} نشان می‌دهد. طیف نانوذرات نقره باندهای قوی را به ترتیب در ۳۴۹۲/۴۳، ۲۳۶۹، ۱۶۳۱/۷۸، ۱۳۸۱/۰۳، ۱۰۳۷/۷۰ و ۶۷۱/۲۳ cm^{-1} نشان داد. باندهای جذبی مشاهده شده در ۳۴۹۲/۴۳ و ۲۳۶۹ cm^{-1} به ترتیب با فراوانی ارتعاش کششی N-H ناشی از اتصالات پپتیدی پروتئین‌های موجود در عصاره و گروه عاملی C-C در ارتباط می‌باشند. باند جذبی مشخص در محدوده ۱۶۳۱/۷۸ cm^{-1} را می‌توان به گروه آمید I پروتئین‌ها (زنجیره N-H) و حلقه‌های آروماتیک نسبت داد. طیف مشاهده شده در ۱۳۸۱/۰۳ cm^{-1} نیز مربوط به گروه‌های CH_3–آکالین‌ها می باشد. پیک جذبی ۱۰۳۷/۷۰ می‌تواند به عنوان پیک جذبی ارتعاشات کششی C-N آمین‌های آلیفاتیک، –C-O-C– کربوکسیلیک اسیدها، C-O- استرها یا C-F آلکیل هالیدها در نظر گرفته شود. پیک ۶۷۱/۲۳ cm^{-1} نیز مربوط به کشش C-Br آلکیل هالیدهاست.

بر اساس سایر پژوهش‌های انجام شده در زمینه سنتز زیستی



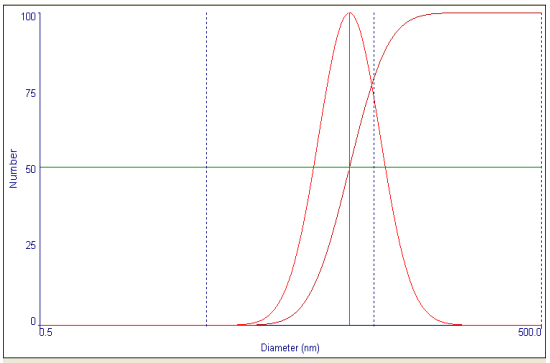
شکل ۵: طیف IR نانوذره نقره سنتز شده بوسیله عصاره گونه گیاهی *Achillea wilhelmsii*: طیف جذب‌های مختلف نشان دهنده ترکیبات متفاوت آروماتیک، آلیفاتیک و پروتئینی موجود در عصاره می‌باشد که در سنتز و پوشش نانوذرات نقش داشته‌اند.

نانوذرات توسط گیاهان، گیاه می‌تواند نقش احیا کننده یون‌های فلزی و هم چنین تثبیت کننده این نانوذرات را ایفا کند [۳۹]. علاوه بر این مطالعات نشان داده‌اند که مولکول‌های زیستی مانند فنل و فلاونوئید و پروتئین‌های موجود در عصاره گیاهان در کاهش یون‌ها و تبدیل آنها به نانوذرات فلزی نقش مهمی ایفا می‌کنند [۴۰]. همچنین در تحقیقی که شهاب علی‌خان و همکارانش انجام دادند، نانوذرات طلا با استفاده از پروتئین خالص شده، سنتز شد که تایید کننده تاثیر پروتئین‌ها و اسید آمینه‌های موجود در عصاره گیاهی در سنتز نانوذرات می‌باشد [۴۱]. پیش از این نیز Bankar و همکارانش تاثیر پروتئین‌ها را بر سنتز نانوذرات گزارش کردند [۴۲]. اگرچه علی‌رغم اثبات نقش پروتئین‌ها در فرآیند سنتز نانوذرات، مکانیزم عمل آن هنوز مشخص نشده و حتی گزارش‌هایی مبنی بر تاثیر سایر ترکیبات زیستی موجود عصاره در سنتز نانوذرات موجود است [۴۳]، در طی پژوهشی که توسط Filippo و همکارانش انجام گرفت تاثیر کربوهیدرات‌هایی مانند گلوکز، مالتوز در احیاء یون‌ها گزارش گردید [۴۴]. Varma و Speth نیز اثر فلاونوئیدها در سنتز نانوذرات را گزارش کردند [۴۵]. بر اساس این پژوهش‌های مشابه می‌توان بیان داشت که ترکیبات متنوع موجود در عصاره نقش اصلی را در این زمینه ایفا می‌نمایند.

همانگونه که قبلا اشاره شد گیاه بومادران دارای ترکیبات طبیعی فراوانی چون ترکیبات آنتی اکسیدانی، فنل‌ها، فلاونوئیدها و ترپنوئیدها می‌باشد. در این مطالعه نتایج حاصل از طیف IR که بر روی نانوذرات حاصل از برهم‌کنش عصاره بومادران و نیترات نقره انجام گرفت، پیک‌های مشخصی از آمیدهای مربوط به پروتئین‌ها را نشان داد. همچنین پیک‌هایی که با حلقه‌های آروماتیک و اتصالات اتری و استری هستند قابل مشاهده بود. بر این اساس می‌توان اظهار داشت که فلاون‌ها، ترپنوئیدها و ترکیبات آلیفاتیک و آروماتیک موجود در عصاره مسئول احیاء یون‌های نقره و پایداری نانوذرات نقره می‌باشند.

۳-۲-٤- بررسی پراکنش قطر و اندازه نانوذرات

پراکندگی نور دینامیکی روشی فیزیکی است که برای تعیین توزیع ذرات موجود در محلول ها و سوسپانسیون استفاده می‌شود. این روش غیرمخرب و سریع برای تعیین اندازه ذرات در محدوده چند نانومتر تا میکرون به کار می‌رود. در فناوری‌های اخیر، ذراتی با قطر کمتر از نانومتر نیز با این روش قابل اندازه‌گیری هستند. این روش به برهم‌کنش نور با ذره بستگی دارد. نور پراکنده شده بوسیله نانوذرات موجود در سوسپانسیون با زمان تغییر می‌کند که می‌تواند به قطر ذره ارتباط داده شود [۴۶]. نمودارهای حاصل از آنالیز اندازه ذرات تولید شده توسط عصاره در شکل ۶ مشخص است. میانگین اندازه نانوذرات حاصل از عصاره برابر با ۳۵/۷۳ nm می‌باشد که با نتایج حاصل از تصاویر میکروسکوپ TEM که اندازه نانوذرات در رنجی از ۲۶-۵۰ nm بود برابری می‌نماید. همانگونه که در تصویر مشخص است پلی‌دیسپریسیته ذرات پایین، کمتر از ۱ و حدود ۰/۲ بوده که این نشان دهنده همگن بودن نانوذرات سنتز شده و مطلوب بودن عصاره برای سنتز نانوذرات نقره است.



Rel. Num. = 100.00 Cum. Num. = 50.53 Diam. (nm) = 35.73

Elapsed Time	00:03:00
Median Diam.	35.7 nm
Mean Diam.	39.0 nm
Polydispersity	0.216
GSD	1.556

d(nm)	G(d)	C(d)	d(nm)	G(d)	C(d)	d(nm)	G(d)	C(d)
17.8	26	5	32.1	97	40	47.5	80	75
20.8	44	10	33.9	99	45	51.0	70	80
23.0	58	15	35.7	100	50	55.3	58	85
25.0	70	20	37.7	99	55	61.4	44	90
26.9	80	25	39.7	97	60	71.6	26	95
28.6	87	30	42.0	93	65			
30.3	93	35	44.6	87	70			

شکل ٦: نمودار توزیع اندازه و قطر ذرات برای نانوذره نقره سنتز شده توسط عصاره گیاه *A. wilhelmsii* بر حسب تعداد ذرات.

۴- نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر گزارشی از سنتز زیستی آسان، مقرون به صرفه، ایمن و تک مرحله‌ای نانوذرات نقره با استفاده از عصاره آبی گل‌های خشک بومادران را نشان داده است. در این پژوهش نانوذرات نقره به روش خارج سلولی بوسیله عصاره گیاه بومادران و در دمای اتاق سنتز گردیدند. بررسی‌های صورت گرفته در این تحقیق نشان داد که ترکیبات موجود در عصاره از جمله ترکیبات ترپنوئیدی، فلاونوئیدی و پروتئین‌ها، در کاهش یون‌های فلزی نقش داشته و در نهایت موجب تثبیت نانوذرات سنتز شده می‌شوند. از این‌رو می‌توان نتیجه گرفت که مقدار این ترکیبات و خاصیت احیاءکنندگی و آنتی

اکسیدانی عصاره گیاه در سنتز نانوذرات مطلوب، مهم و ضروری می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی‌های فیزیکوشیمیایی و آنالیز اسپکتروفتومتری نشان داد که گیاه بومادران پتانسیل بالایی در احیاء نمودن رادیکال‌های آزاد و یون‌های فلزی دارد. علاوه بر این با در نظر گرفتن جنبه‌های ایمنی و زیست‌محیطی، نانوذرات تولیدی که با این روش تولید می‌شوند به علت عدم به کارگیری مواد شیمیایی خطرناک پتانسیل این را دارند تا در صنایع مرتبط با سلامت انسان مانند بهداشت و درمان مورد استفاده قرار گیرند. با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان گفت که عصاره گیاه بومادران، به عنوان روشی ساده، کم هزینه و بدون نیاز به استفاده از مواد مخرب محیط زیست و سریع گزینه مناسبی برای تولید نانوذرات نقره بدون آسیب به محیط زیست می‌باشد.

مراجع

[1] S. Bishnoi, A. Kumar, R. Selvaraj, *Materials Research Bulletin*, **97**, 2018, 121.
[2] R.S. Parikhani, H. Sadighi, M. Bijani, *Journal of Agricultural Science and Technology*, **20**, 2018, 205.
[3] J. Saha, A. Begum, A. Mukherjee, S. Kumar, *Sustainable Environment Research*, **27**, 2017, 245.
[4] G. Bagherzade, M.M. Tavakoli, M.H. Namaei, *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, **7**, 2017, 227.
[5] I. Khan, K. Saeed, I. Khan, *Arabian Journal of Chemistry*, **10**, 2017, 439.
[6] S. Menon, S. Rajeshkumar, V. Kumar, *Resource-Efficient Technologies*, **3**, 2017, 122.
[7] A. Chahardoli, N. Karimi, A. Fattahi, *Advanced Powder Technology*, **29**, 2018, 202.
[8] R.D. Rivera-Rangel, M.P. Gonzalez-Munoz, M. Avila-Rodriguez, T.A. Razo-Lazcano, C. Solans, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **536**, 2018, 60.
[9] M.N. Nadagouda, G. Hoag, J. Collins, R.S. Varma, *Crystal Growth & Design*, **9**, 2009, 4979.
[10] S. Raja, V. Ramesh, V. Thivaharan, *Arabian Journal of Chemistry*, **10**, 2017, 253.
[11] S.S.S. Pourseyedi, *The Plant Production*, **38**, 2015, 55.
[12] G. Lakshmanan, A. Sathiyaseelan, P.T. Kalaichelvan, K. Murugesan, *Karbala International Journal of Modern Science*, **4**, 2018, 61.
[13] M. Gomathi, P.V. Rajkumar, A. Prakasam, K. Ravichandran, *Resource-Efficient Technologies*, **3**, 2017, 280.
[14] H. Veisi, S. Azizi, P. Mohammadi, *Journal of Cleaner Production*, **170**, 2018, 1536.
[15] D. Jain, H.K. Daima, S. Kachhwaha, S. Kothari, *Digest journal of nanomaterials and biostructures*, **4**, 2009, 557.
[۱۶] جواد کریمی، ساسان محسن‌زاده، "تولید گیاهی نانوذرات نقره توسط گیاه دارویی بومادران"، مجله علوم پزشکی رازی، شماره ۱۱۱، ۱۳۹۲، ۶۹-۶۴.
[17] R.K. Das, B.B. Borthakur, U. Bora, *Materials Letters*, **64**, 2010, 1445.
[۱۸] روح‌الله حیدری، مرضیه رشیدی‌پور، مژگان آزادپور، "سنتز سبز نانوذرات نقره توسط عصاره آبی گیاه رزماری و بررسی خواص ضد میکروبی آن‌ها"، نشریه نانومواد، شماره ۲۶، ۱۳۹۵، ۱۰۶-۹۹.
[19] J.K. Andeani, H. Kazemi, S. Mohsenzadeh, A. Safavi, *Dig J Nanomater Bios*, **6**, 2011, 1011.
[۲۰] معصومه اعتمادی، داوود مجبی کلهری، امید عزیزیان شرمه، علی قاسمی، "فیتوسنتز نانوذرات نقره با استفاده از عصاره آبی چای سبز و بررسی فعالیت ضد باکتریایی آن‌ها"، مجله دانشگاه علوم پزشکی فسا، شماره ۱، ۱۳۹۶، ۵۲-۳۹.
[21] S. Iravani, H. Korbekandi, S.V. Mirmohammadi, B. Zolfaghari, *Research in pharmaceutical sciences*, **9**, 2014, 385.
[22] F. Tavakoli, M. Salavati-Niasari, F. Mohandes, *Materials Research Bulletin*, **63**, 2015, 51.
[۲۳] سمیه کاوسی، هاشم یعقوبی، "سنتز نانوذرات نقره به روش سبز با استفاده از عصاره گیاه مرزنجوش اروپایی و بررسی اثرات ضد میکروبی آن"، شماره ۲، ۱۳۹۶، ۲۷-۱۴.
[24] S. Asgary, G. Naderi, N. Sarrafzadegan, N. Mohammadifard, S. Mostafavi, R. Vakili, *Drugs under experimental and clinical research*, **26**, 2000, 89.
[25] K. Javidnia, R. Miri, H. Sadeghpour, *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, **12**, 2004, 63.
[26] J. Karimi Andeani, S. Mohsenzadeh, *Journal of Chemistry*, **1**, 2013, 63.
[27] J. Karimi-Andeani, H. Kazemi, S. Mohsenzadeh, A. Safavi, *Dig J Nanomater Bios*, **6**, 2011, 1011.
[28] C. Ramteke, T. Chakrabarti, B.K. Sarangi, R.A. Pandey, *Journal of chemistry*, **12**, 2013, 115.
[29] S.K. Sivaraman, I. Elango, S. Kumar, V. Santhanam, *Current science*, **97**, 2009, 1055.
[۳۰] محمود رضا حیدری، صدیقه ابراهیمی، میترا مهربانی، عباس پرداختی، جلال وفازاده، "تاثیر عصاره متانولی بومتدران بر تشنج ناشی از پیکروتوکسین در موش سفید کوچک"، مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی بابل، شماره ٤، ۱۳۸۴، ۱۳-۷.
[31] A. Saboura, A. Ahmadi, A. Zeynali, M. Parsa, *Rums*, **13**, 2017, 249.
[32] S.S. Shankar, A. Rai, A. Ahmad, M. Sastry, *Journal of colloid and interface science*, **275**, 2004, 496.
[33] M. Linga-Rao, N. Savithramma, *Res. in Biotechnology*, **3**, 2012, 41.
[۳۴] امید عزیزیان شرمه، جعفر ولی‌زاده، میثم نوروزی‌فر، علی قاسمی، "بررسی فعالیت ضدمیکروبی نانوذرات نقره بیوسنتز شده با استفاده از عصاره آبی گیاه آقطی"، مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایلام، شماره ۵، ۱۳۹۶، ۱۰۸-۹۲.
[35] N. Thangaraju, R. Venkatalakshmi, *Nano Biomed. Eng.*, **4**, 2012, 89.
[۳۶] صابر حیدرزاده، هاشم یعقوبی، "سنتز سبز و بررسی اثرات ضدمیکروبی نانوذرات نقره با استفاده از عصاره بهارنارنج"، مجله علوم پزشکی رازی، شماره ۱۵۷، ۱۳۹۶، ۲۴-۱۵.
[37] J. Song, B. Kim, *Bioprocess and biosystems engineering*, **32**, 2009, 79.
[38] R. Sankar, A. Karthik, A. Prabu, S. Karthik, K.S. Shivashangari, V. Ravikumar, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, **108**, 2013, 80.
[39] D. Philip, *Physica E.*, **42**, 2010, 1417.
[40] M. Shokrzadeh, S.S. Saravi, *Journal of medicinal plants research*, **4**, 2010, 95.
[41] S.A. Khan, A. Ahmad, *RSC Advances*, **4**, 2014, 7729.
[42] A. Bankar, B. Joshi, A.R. Kumar, S. Zinjarde, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **368**, 2010, 58.
[۴۳] مهرداد خاتمی، میثم سلطانی‌نژاد، کیقباد کیکاوسی، "سنتز زیستی نانوذرات طلا با استفاده از تراوش‌های بذر گیاه شبدر ایرانی"، مجله دانشگاه علوم پزشکی قم، شماره ۲، ۱۳۹۵، ۳۰-۲۳.
[44] E. Filippo, A. Serra, A. Buccolieri, D. Manno, *Journal of Non-Crystalline Solids*, **356**, 2010, 344.

[45] T.F. Speth, R. Varma, *Accounts Chem Res*, **44**, 2011, 469.
[۴۶] نسرین ملانیا، فرنگیس غریب‌نیا، رامین رستمی، میترا خیرآبادی، "مطالعه خواص آنتی‌باکتریال نانوذرات نقره تولید شده توسط آنزیم آلفا آمیلاز باکتریایی"، مجله دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، شماره **۲**، ۱۳۹۵، ۲۲۱-۲۱۴.