Journal of Advanced Researches in Medicinal Plants, 2 (2): 23-32, (2023)

Green synthesis of silver nanoparticles using mountain almond blossom extract and evaluation of its antibacterial properties

Pouya Sima[1], Khodadoust Saeid[2*], Abdollahi Mamodan Sajad[3]

[1]M.Sc. Student, Dept. of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran

[2]Associate Professor, Dept. of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran

[3]Assistant Professor, Dept. of Biology, Faculty of Basic Sciences, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran

ABSTRACT INFO

Research Paper

Received: 07 Jan 2024

Accepted: 22 Apr 2024

ABSTRACT

In recent decades, the synthesis and properties of nano-sized particles have become very important due to their wide application, especially in the fields of catalysis, biomedicine, optics, and energy. Among nanoparticles, silver nanoparticles due to their amazing properties such as high electrical and thermal conductivity, chemical stability, high catalytic activity, and antimicrobial activities have attracted the attention of researchers. The fresh blossoms of the mountain almond tree were collected from Behbahan City, Khuzestan province, and were used as samples, and their aqueous and methanolic extracts were extracted. In the next step, silver nanoparticles were synthesized using the obtained extracts. The obtained silver nanoparticles were evaluated using different analyses such as absorption-transmission spectroscopy (UV-Vis), Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR), X-ray diffraction (XRD), field emission scanning electron microscope images (FE-SEM). By examining the diffraction patterns of silver nanoparticles synthesized with aqueous and methanolic extracts, it was found that the crystallite structure of both nanoparticles is cubic and they have sizes of 27.1 and 28.03 nm, respectively. Then, by examining the images of the scanning electron microscope, the morphology of the nanoparticles was shown to be spherical. Also, the antibacterial activity of the synthesized nanoparticles was evaluated.

***Key words*:** Antibacterial properties, Green synthesis, Mountain almond blossom, Silver nanoparticles.

How to cite this article:
Pouya S, Khodadoust S, Abdollahi Mamodan S. 2023. Green synthesis of silver nanoparticles using mountain almond blossom extract and evaluation of its antibacterial properties. Journal of Advanced Researches in Medicinal Plants 2 (2): 23-32. (In Farsi)
DOI: 10.30479/ARMP.2024.19784.1027

©The Author(s).
Publisher: Imam Khomeini International University
ARMP is an open access journal under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/)

*Corresponding Author Email: **khodadoust@bkatu.ac.ir**

نشریه پژوهش‌های پیشرفته در گیاهان دارویی، دوره دوم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص ۳۲-۲۳

سنتز سبز نانوذرات نقره با استفاده از عصاره شکوفه بادام کوهی و ارزیابی خواص ضدباکتریایی آن

سیما پویا[۱]، سعید خدادوست[۲*]، سجاد عبدالهی ماموداں[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء، بهبهان
[۲]دانشیار، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء، بهبهان
[۳]استادیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء، بهبهان

اطلاعات مقاله

علمی-پژوهشی

دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۷

پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۳

چکیده

در دهه‌های اخیر، سنتز و خصوصیات ذرات با اندازه نانو به دلیل کاربرد گسترده آن‌ها بویژه در زمینه‌های کاتالیز، زیست پزشکی، اپتیک و انرژی اهمیت بسزایی پیدا کرده است. در این میان، نانوذرات نقره به دلیل خواصی مانند رسانایی الکتریکی و حرارتی زیاد، پایداری شیمیایی، فعالیت کاتالیزوری زیاد و فعالیت‌های ضدمیکروبی، توجه محققان را به خود جلب کرده است. شکوفه‌های تازه درخت بادام کوهی از استان خوزستان، شهرستان بهبهان جمع آوری شد و به عنوان نمونه مورد استفاده قرار گرفت و عصاره‌های آبی و متانولی آنها استخراج شد. در گام بعدی با استفاده از عصاره‌ها، نانوذرات نقره سنتز شدند. این نانوذرات با استفاده از آنالیزهای مختلفی مانند طیف‌سنجی جذبی-عبوری (UV-Vis)، طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه(FT-IR)، پراش پرتو ایکس (XRD) و تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی (FE-SEM) مورد ارزیابی قرار گرفت. با تحلیل نتایج اسپکتروفتومتری، مشخص شد نانوذرات نقره با استفاده از عصاره آبی و متانولی شکوفه‌های بادام کوهی با موفقیت سنتز شده است. با بررسی الگوی پراش نانوذرات نقره سنتز شده با عصاره آبی و متانولی، مشخص شد ساختار بلوری هر دو نانوذره مکعبی شکل است و به ترتیب دارای اندازه ۲۷٫۱ و ۲۸٫۰۳ نانومتر هستند؛ سپس با بررسی تصاویرمیکروسکوپ الکترونی روبشی، مورفولوژی نانوذرات، کروی شکل بدست آمد. همچنین فعالیت ضد باکتریایی نانوذرات سنتز شده بر روی باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی مورد ارزیابی قرار گرفت.

کلمات کلیدی: خواص ضد باکتریایی، سنتز سبز، شکوفه بادام کوهی، نانوذرات نقره.

استناد به این مقاله

Pouya S, Khodadoust S, Abdollahi Mamodan S. 2023. Green synthesis of silver nanoparticles using mountain almond blossom extract and evaluation of its antibacterial properties. Journal of Advanced Researches in Medicinal Plants 2 (2): 23-32. (In Farsi)

DOI: 10.30479/ARMP.2024.19784.1027

حق‌مؤلف © نویسندگان
ناشر: دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

[*]نشانی پست الکترونیکی نویسنده مسئول: **khodadoust@bkatu.ac.ir**

مقدمه

در دهه‌های اخیر، سنتز و خصوصیات ذرات با اندازه نانو به دلیل کاربرد گسترده آن‌ها بویژه در زمینه‌های کاتالیز، زیست پزشکی، اپتیک و انرژی، اهمیت زیادی پیدا کرده است (Selvam and Sarany, 2023). نانوذرات نقره (AgNPs) به دلیل خواص شگفت انگیزی که دارد، مانند رسانایی الکتریکی و حرارتی زیاد، پایداری شیمیایی، فعالیت کاتالیزوری فراوان و فعالیت‌های ضد میکروبی توجه محققان را به خود جلب کرده است (Okafor *et al.*, 2013). رویکردهای مختلفی از جمله تجزیه حرارتی، الکتروشیمیایی، فتوشیمیایی و فرایند به کمک مایکروویو در چندین سال گذشته برای سنتز نانوذرات نقره انجام شده است (Mahar and Al-Saadi, 2023)؛ اما، بسیاری از روش‌های سنتز نانوذرات نقره یا گران هستند یا شامل استفاده از مواد شیمیایی خطرناک است و یا به انرژی زیادی نیاز دارند (Nakkala *et al.*, 2014). سنتز این نانوذرات با رویکرد سازگاری بیشتر با محیط زیست و با استفاده از گیاهان و عصاره‌های گیاهی، بدون استفاده از مواد شیمیایی سمی، توجه جامعه علمی را به خود جلب کرده است (MubarakAli *et al.*, 2014). این روش‌ها به‌دلیل سادگی، کم هزینه بودن، غیرسمی بودن و قابلیت افزایش راندمان، می‌توانند جایگزین مناسبی برای روش‌های دیگر باشند (Shaik *et al.*, 2018). در میان دیگر فلزات نجیب، نانوذرات نقره به عنوان یک عامل ضد میکروبی در برابر تهدید روزافزون ناشی از میکروب‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک نیز اهمیت دارد (Parashar *et al.*, 2009).

گیاهان دارویی دارای توانایی فوق‌العاده‌ای در تولید طیف وسیعی از متابولیت‌های ثانویه فعال زیستی با پتانسیل کاهش هستند، بنابراین به عنوان یک سیستم بسیار مناسب برای سنتز نانوذرات به حساب می‌آیند. همچنین در مقایسه با باکتری‌ها و جلبک‌ها، گیاهان در برابر سمیت‌ها آسیب‌پذیری کم‌تری دارند، بنابراین یک جایگزین مناسب برای سنتز نانوذرات نقره به شمار می‌آیند (Pandey *et al.*, 2013). پلی–فنل‌های گیاهی از بزرگ‌ترین گروه از آنتی اکسیدان‌های طبیعی با کاربرد زیاد برای داروها، مواد مغذی و افزودنی‌های غذایی محسوب می‌شوند. با توجه به خواص احیا کنندگی بارز این متابولیت‌های ثانویه، می‌توان از عصاره گیاهان برای ساخت نانوذرات استفاده کرد (Kharissova *et al.*, 2013).

در این پژوهش با استفاده از عصاره‌های آبی و متانولی شکوفه بادام کوهی نانوذرات نقره سنتز شدند. سپس با انجام آزمون‌های مختلف خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نانوذرات سنتز شده مورد ارزیابی قرار گرفت. این آزمون‌ها توسط طیف‌سنجی جذبی–عبوری (UV-Vis)، طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR)، پراش پرتو ایکس (XRD)، تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی (FE-SEM) انجام شد که هریک به ترتیب تجزیه و تحلیل طیف جذبی، تعیین گروه‌های عاملی، اندازه بلوری مورفولوژی و اندازه نانوذرات را مورد بررسی قرار دادند. همچنین خصوصیات ضدباکتریایی نانوذرات نقره علیه دو باکتری گرم مثبت و گرم منفی بوسیله تست روش دیسک دیفیوژن و اندازه گیری قطر هاله عدم رشد مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

دراین پژوهش اتانول، متانول، نیترات نقره و محیط کشت مولو هینتون آگار از شرکت مرک (آلمان) خریداری شد و مورد استفاده قرار گرفت. باکتری استافیلوکوکوس اورئوس و باکتری اشرشیا کلی از دانشگاه علوم پزشکی بهبهان دریافت شد. دستگاه‌ها و تجهیزات استفاده شده در این پژوهش شامل ترازوی دیجیتال (XBPrecisa ۲۲۰ A)، هیتر و همزن مغناطیسی، طیف سنجی فرابنفش و مرئی (UV-Vis) آون (Froilabo AIR Performance)، طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR 4600 JASCO)، پراش پرتو ایکس XRD (Ultima IV)، میکروسکوپ الکترونی روبشی میدانی FE-SEM (ZEISS ۳۰۰ Sigma) بودند.

تهیه عصاره آبی گیاه

شکوفه‌های تازه درخت بادام کوهی از استان خوزستان، شهرستان بهبهان جمع آوری، و پس از شستشو به مدت یک هفته در سایه خشک شد و بعد از تبدیل شدن به پودر به عنوان نمونه برای تهیه عصاره آبی مورد استفاده قرار گرفت. برای این منظور ۱۰ گرم از پودر خشک شده شکوفه بادام کوهی به‌وسیله ترازو وزن شد و در بشر ریخته شد؛ سپس ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر دوبار تقطیر به آن اضافه شد. پس از آن ظرف، به مدت یک ساعت روی هیتر با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و درون آن مگنت گذاشته شد تا تمام مواد از گیاه خارج شود. با استفاده از کاغذ صافی واتمن (شماره ٤٠)، صاف شد. محلول باقی مانده به عنوان عصاره آبی در یک ظرف تیره در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و سریعاً مورد استفاده قرار گرفت (Selvam and Sarany, 2023).

تهیه عصاره متانولی گیاه

ابتدا ۱۰ گرم از پودر خشک شده شکوفه بادام وزن، و در ارلن ریخته شد؛ سپس ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول به‌آن اضافه گردید و درون آن مگنت قرارگرفت. ارلن به مدت ٤٨ ساعت روی استیرر با دور متوسط (۱۵۰ دور بر دقیقه) قرارگرفت. بعد از گذشت ٤٨ ساعت از کاغذ صافی (شماره ٤٠) عبور داده شد و محلول به عنوان عصاره متانولی مورد استفاده قرار گرفت (Mahar and Al-Saadi, 2023).

سنتز نانوذرات نقره با استفاده از عصاره آبی و متانولی

برای سنتز نانوذرات نقره، ابتدا ۰٫۰۹ گرم نیترات نقره در ۱۰۰ میلی لیتر آب دیونیزه حل، و به آن ۱۰ میلی لیتر عصاره آبی شکوفه بادام، اضافه شد. در ادامه، مخلوط به مدت پنج دقیقه روی همزن مغناطیسی قرار داده شد؛ سپس مخلوط واکنش در زیر نور خورشید قرار گرفت و بعد از گذشت ۱۰ دقیقه رنگ محلول از زرد روشن به قهوه‌ای تیره تغییر یافت که این تغییر رنگ نشان دهنده تشکیل نانوذرات نقره در محلول واکنش است. در ادامه مخلوط واکنش به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۵۵۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ شد. فاز رویی دور ریخته شده و رسوب باقی مانده به منظور حذف مواد ناخواسته سه بار با آب مقطر و سه بار با متانول شست‌وشو داده شد. بعد از شست‌وشو، رسوب به مدت پنج ساعت در دمای ٤٥ °C خشک شد. نانوذرات نقره با استفاده از عصاره متانولی شکوفه بادام کوهی نیز به همین روش تهیه گردید (Mahar and Al-Saadi, 2023). نانوذرات نقره به‌دست آمده با استفاده از آنالیزهای مختلفی مانند طیف سنجی جذبی–عبوری (UV-Vis)، طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR)، پراش پرتو ایکس (XRD)، تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی (FE-SEM) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

بررسی فعالیت ضدمیکروبی با روش انتشار دیسک دیفیوژن

آزمون ضدباکتری نانوذرات نقره سنتز شده با روش دیسک پخش، روی دو باکتری *E. coli* (گرم منفی) و *S. aureus* (گرم مثبت) انجام شد. ابتدا هریک از باکتری‌ها در محیط کشت مایع در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ٢٤ ساعت کشت داده شد. سپس سوسپانسیون ۰٫۵ مک فارلند آماده، و از هر محیط کشت ۰٫۱ میلی لیتر روی محیط کشت مولر هینتون کشت داده شد. در ادامه صفحه‌های گرد کاغذی واتمن با قطر۰٫۵ cm که پیش از استفاده به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد سترون شده بود روی سطح محیط کشت قرار گرفت و روی هر یک ۲۰ میکرولیتر نمونه شامل نانوذره تهیه شده و یک نوع از آنتی بیوتیک اضافه شد. این نمونه‌ها در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوباکتر قرار داده شدند و پس از گذشت ٤٨ ساعت قطر هاله عدم رشد در اطراف هر صفحه گرد، اندازه‌گیری شد. آزمایش تست هاله برای هر نمونه باکتریایی سه بار تکرار شد و میانگین قطر هاله ± انحراف معیار گزارش گردید. از نرم‌افزار SPSS ورژن ۱۹ به منظور انجام تست‌های آماری استفاده شد.

نتایج

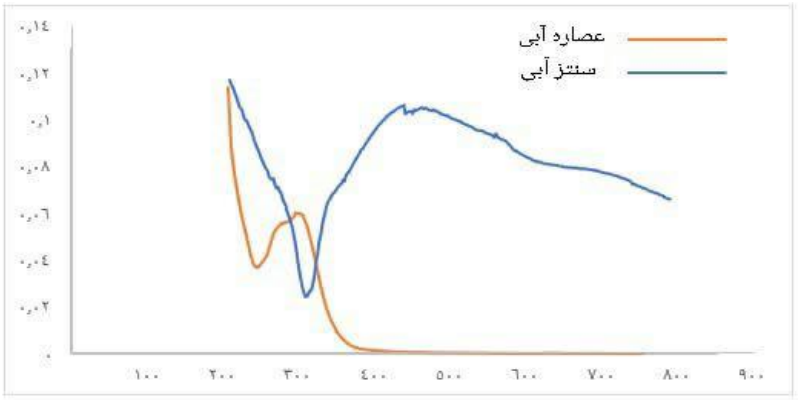
نتایج تفسیر طیف UV-Vis نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از عصاره آبی و متانولی شکوفه بادام

خصوصیات اولیه نانوذرات نقره احیا شده با عصاره آبی شکوفه بادام با طیف‌سنجی مرئی UV بررسی شد. تغییرات رنگ، نشان‌دهنده تشکیل احتمالی نانوذرات نقره است و باید از طریق جذب اسپکتروفتومتری اعتبارسنجی شود. تغییر رنگ با افزودن عصاره گیاه نشان دهنده توانایی کاهش‌دهنده عصاره گیاه برای سنتز نانوذرات نقره است. اسپکتروفتومتری مرئی با اشعه فرابنفش یک تکنیک ساده است که امکان شناسایی سریع نانوذرات نقره را فراهم می‌کند. به دلیل برهم‌کنش بین نور و الکترون‌های سطح متحرک نانوذرات نقره، نوار جذب قوی به نام تشدید پلاسمون سطحی (SPR) در محدوده ٤٠٠ تا ۵۰۰ نانومتر را نشان می‌دهد. نوارهای جذب زیر٤٠٠ نانومتر می‌تواند به دلیل جذب یون‌های نقره، کمپلکس‌ها، ناخالصی‌ها و فیتوشیمیایی‌های گیاهی باشد. ویژگی SPR تا حد زیادی تحت تأثیر شکل و اندازه نانوذرات و ثابت دی الکتریک محیط اطراف است. حساسیت بالای SPR به تغییر محیط اطراف می‌تواند دلیلی برای داشتن طیف وسیعی از تغییرات باندهای جذبی باشد. شکل ۱ طیف جذبی ادغام شده حاصل از عصاره آبی و سنتز آبی، همچنین شکل ۲ طیف‌های جذبی ادغام شده حاصل از عصاره متانولی و سنتز متانولی شکوفه بادام را نمایش می‌دهد. طبق نتایج، طیف جذبی، سنتز نانوذرات نقره را در محدوده ٤٥٠ نانومتر نشان می‌دهد.

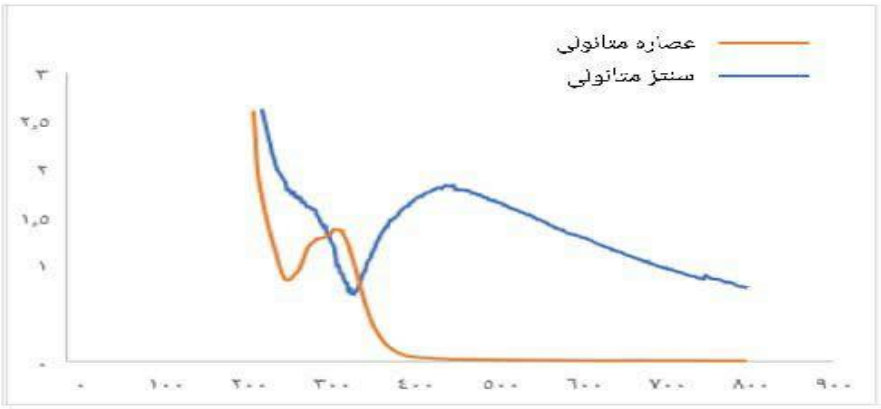
طیف FT-IR نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از عصاره آبی شکوفه بادام

برای پی بردن به گروه‌های عاملی احیا کننده در عصاره آبی استخراج شده شکوفه بادام کوهی از تجزیه طیف عبوری FTIR استفاده شد (شکل ۳). در این طیف پیک‌های مشاهده شده در

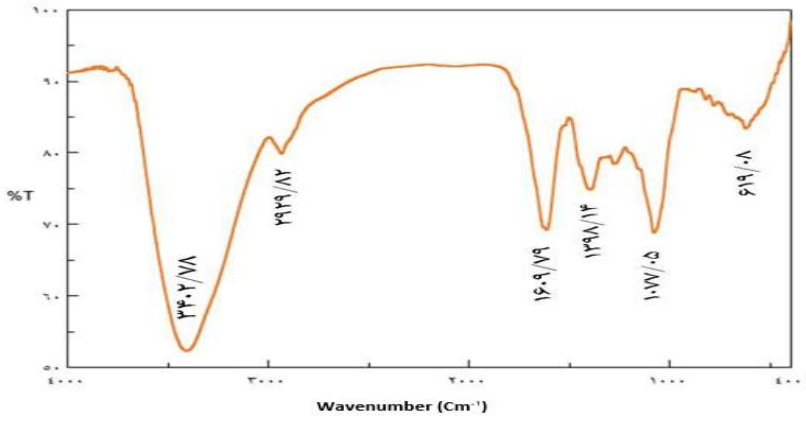
محدوده cm^{-1} ۳٤۰۲٫۷ و ۲۹۲۹٫۸۲ به ترتیب ناشی از ارتعاشات کششی O-H و C-H آلکان‌ها است. پیک Cm^{-1} ۱٦۰۹٫۷۹ مربوط به ارتعاشات کششی گروه آمید C=O و پیک cm^{-1} ۱۳۹۸٫۱٤ ناشی از ارتعاشات کششی C-H آلیفاتیک است. پیک مشاهده شده در محدوده cm^{-1} ۱۰۷۷٫۰۵ ناشی از ارتعاشات کششی C-O است.



شکل۱- ادغام طیف UV-Vis عصاره آبی و سنتز آبی نانوذرات نقره شکوفه بادام کوهی



شکل۲- ادغام طیف UV-Vis عصارهمتانولی و سنتز متانولی نانوذرات نقره شکوفه بادام کوهی



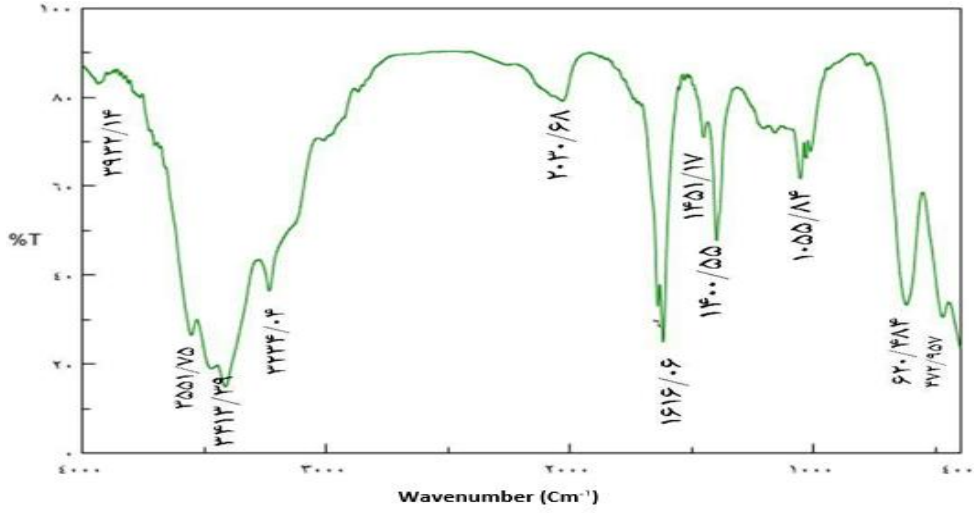
شکل۳- طیف FT-IR عصاره آبی شکوفه بادام کوهی

گروه‌های عاملی موجود در سنتز سبز نانوذرات نقره با استفاده از عصاره آبی شکوفه بادام در شکل ٤ نشان داده شده است. طبق آنالیز طیف FT-IR زیر پیک‌های ۳۵۵۱٫۷۵ cm^{-1} و ۳٤۱۳٫۳۹ مربوط به ارتعاشات کششی O-H، و پیک‌های ۱٦۱٦٫۰٦ cm^{-1} و ۱٤۵۱٫۱۷ نشان دهنده گروه‌های عاملی C-H کششی حلقه آروماتیک و C-H خمشی آلکان‌ها است. پیک ۱۰۵۵٫۸٤ cm^{-1} ناشی از ارتعاشات کششی C-O است.

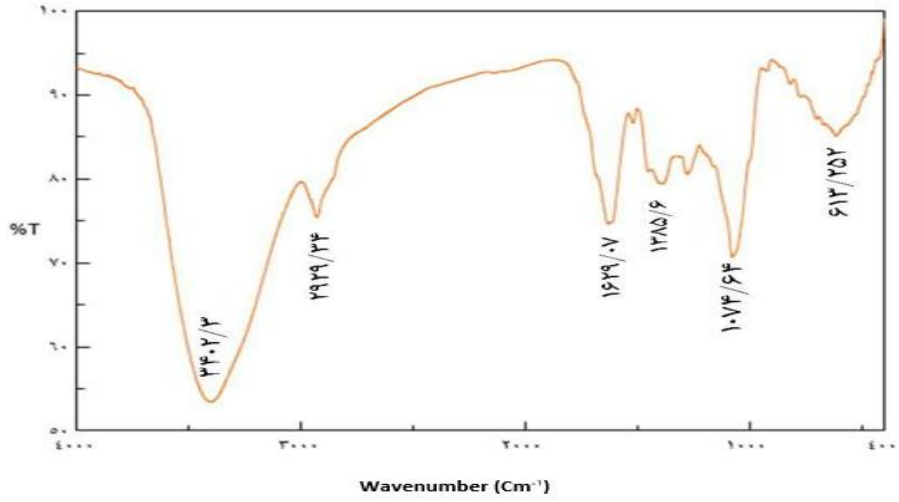
طیف FT-IR نانوذرات نقره سنتز شده با عصاره متانولی

برای پی بردن به گروه‌های عاملی احیاء کننده در عصاره متانولی شکوفه بادام از تجزیه طیف عبوری FT-IR استفاده شد (شکل ۵). پیک ۳٤۰۲٫۳ Cm^{-1} ناشی از ارتعاشات کششی O-H است. پیک‌های ۲۹۲۹٫۳٤، ۱٦۲۹٫۰۷ و ۱۳۸۵٫٦ Cm^{-1} به ترتیب به ارتعاشات کششی پیوند C-H، گروه آمید C=O و C-O آلیفاتیک نسبت داده می‌شود. در ادامه پیک ٦۱۳٫٤٦ Cm^{-1} ناشی از ارتعاشات کششی C-O است.

در طیف FT-IR حاصل از سنتز متانولی شکوفه بادام در شکل ٦ نشان داده شده است. پیک‌های ۳٤۱۲٫۹ cm^{-1} و ۳۲۳٤٫۵۲ ناشی از ارتعاشات کششی O-H است. پیک‌های ۱٦۳۸٫۳۲ cm^{-1}و ۱٦۱٦٫۵٤ نشان دهنده نوار کششی C=C، و پیک ۱٤۵۱٫۱۷ cm^{-1}



شکل٤- طیف FT-IR نانوذرات سنتز شده با استفاده از عصاره آبی شکوفه بادام



شکل ۵- طیف FT-IR عصاره متانولی شکوفه بادام کوهی

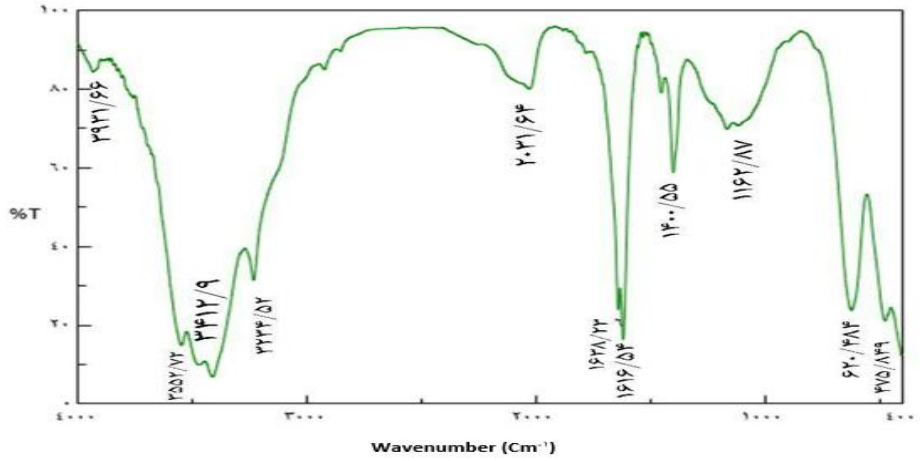
ناشی از ارتعاشات خمشی آلکان‌ها C-H است.

آنالیز پراش پرتو ایکس XRD نانوذره سنتز شده با عصاره آبی شکوفه بادام

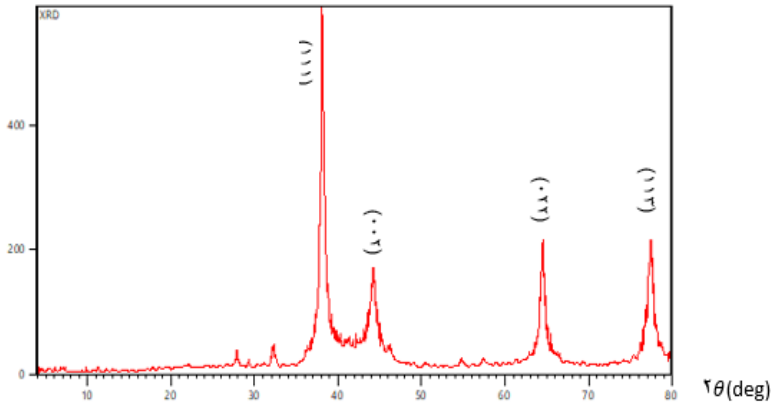
طیف XRD نانوذرات نقره سنتز شده با عصاره آبی شکوفه بادام کوهی در شکل ۷ نشان داده شده است. این طیف با استفاده از نرم افزار Xpert highScore مورد بررسی قرار گرفت. شماره کارت (۱۶۰۹-۹۰۱-۹۶) نشان داد، نانوذرات نقره با موفقیت سنتز شده‌اند. طیف بدست آمده از پراش پرتو ایکس در زاویه 2θ دارای پیک‌های (۱۱۱-۰۰۲-۰۲۲-۱۱۳-۲۲۲) که به ساختار کریستالی مکعبی نانوذرات نقره دلالت دارد. میانگین اندازه نانوذرات نقره با استفاده از معادله شرر بر اساس سه پیک شاخص (۲۲٫٤، ۳۳٫۷، ۲۵٫۲) ۲۷٫۱ نانومتر محاسبه شده است.

نتایج تفسیر آنالیزپراش پرتو ایکس XRD نانوذره سنتز شده با عصاره متانولی شکوفه بادام

طیف XRD نانوذرات سنتز شده با استفاده از عصاره متانولی (شکل ۸) نشان داده شده است. آنالیز ساختاری نشان می‌دهد که نانوذرات نقره در زاویه ۲، دارای پیک‌های (۱۱۱-۰۰۲-۰۲۲-۲۲۲-۱۱٤) دارای ساختار کریستالی مکعبی در نمونه است. با استفاده از معادله شرر میانگین اندازه نانوذرات بر اساس سه پیک شاخص (۲۵٫۲، ۳۳٫۷، ۲۵٫۲) ۲۸٫۰۳ نانومتر محاسبه شد. وجود قله‌های تیز در الگوها، نشان‌دهنده درجه بالایی از نانوذرات بلوری است (شماره کارت ۱۶۰۹-۹۰۱-۹۶).



شکل ٦- طیف FT-IR نانوذرات سنتز شده با استفاده از عصاره متانولی شکوفه بادام



شکل۷- طیف XRD نانوذرات سنتز شده با استفاده از عصاره آبی شکوفه بادام

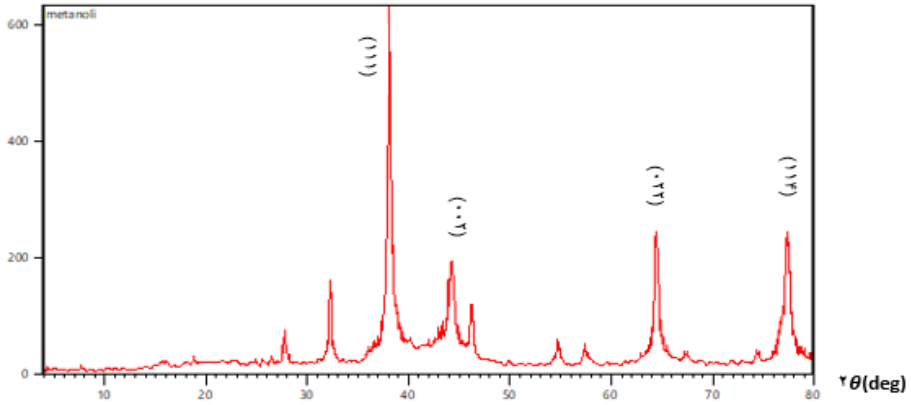
نتایج تفسیر طیف FE-SEM نانوذرات نقره سنتز شده با عصاره آبی

از این روش برای تعیین مورفولوژی و اندازه حدودی نانوذرات استفاده می‌شود. تصاویر FE-SEM نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از عصاره آبی شکوفه بادام کوهی در شکل ۹ نشان داده شده است. طبق تصاویر به‌دست آمده با میکروسکوپ الکترونی FE-SEM نانوذرات نقره در سنتز آبی به شکل کروی، و از نظر اندازه به نسبت یکنواخت و ۳۷ نانومتر است.

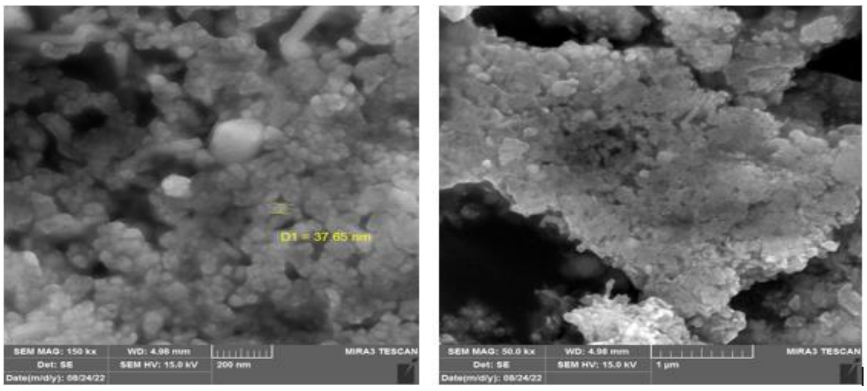
نتایج طیف FE-SEM نانوذرات نقره سنتز شده با عصاره متانولی

به‌منظور بررسی مورفولوژی و اندازه نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از عصاره متانولی شکوفه بادام کوهی از تصاویر میکروسکوپ الکترونی FT-SEM استفاده شد که در شکل ۱۰ نشان داده شده است. با توجه به تصاویر به دست آمده، ذرات دارای شکل کروی بوده و اندازه ذرات ۷۴٫۹۶ نانومتر گزارش شده است.

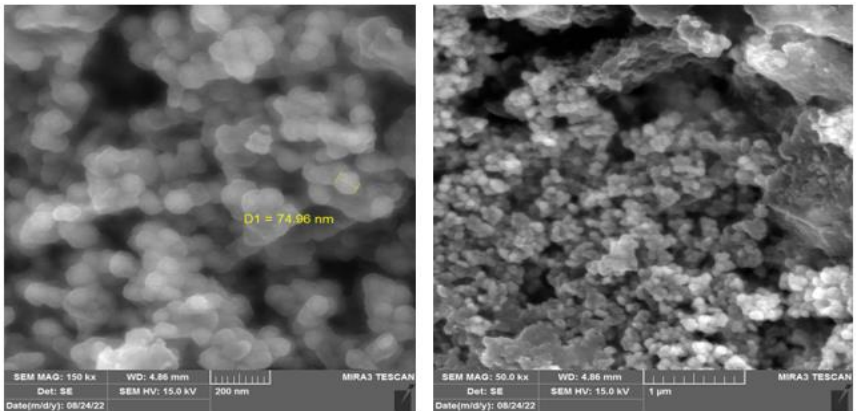
فعالیت ضدمیکروبی نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از عصاره آبی و متانولی شکوفه بادام کوهی، روی دو باکتری *E. coli* (گرم منفی) و *S. aureus* (گرم مثبت) بررسی و نتایج در جدول ۱ آورده شده است. طبق نتایج بدست آمده، فعالیت ضدمیکروبی نانوذرات علیه باکتری گرم منفی بیشتر از باکتری گرم مثبت است. در فعالیت ضدمیکروبی هر چه قطر هاله عدم رشد بزرگتر باشد فعالیت ضد میکروبی بیشتر است. همچنین قطر هاله نانوذرات سنتز شده با عصاره آبی بیشتر از نانوذرات سنتز شده با عصاره متانولی است که نشان دهنده فعالیت ضدمیکروبی بیشتر نانوذرات سنتز شده با عصاره آبی است (شکل ۱۱). طبق نتایج بدست آمده فعالیت ضدمیکروبی نانوذرات نقره علیه باکتری گرم منفی، بیشتر از باکتری گرم مثبت بوده است؛ زیرا باکتری‌های گرم مثبت دارای چندین لایه پپتیدوگلیکان هستند که اسید تیکوئیک در اطراف



شکل ۸- طیف XRD نانوذرات سنتز شده با استفاده از عصاره متانولی شکوفه بادام



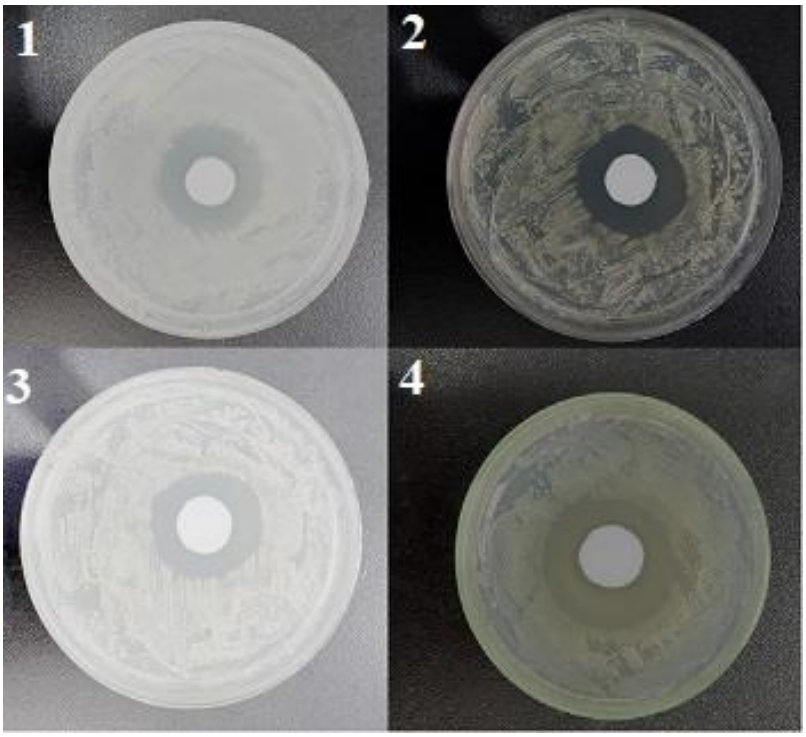
شکل ۹- تصاویر FE-SEM نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از عصاره آبی



شکل ۱۰- تصاویر FE-SEM نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از عصاره متانولی

جدول ۱- قطر هاله عدم رشد نانوذرات سنتز شده

قطر هاله عدم رشد		باکتری‌ها
نانوذرات سنتز شده با عصاره آبی	نانوذرات سنتز شده با عصاره متانولی	
۱۸±۱ میلی متر	۱۵±۱ میلی متر	(گرم منفی) *E. coli*
۱۷±۰٫۵۷ میلی متر	۱٤±۱٫۱۵ میلی متر	(گرم مثبت) *S. aureus*



شکل ۱۱- هاله عدم رشد باکتریایی ایجاد شده توسط نانوذرات سنتز شده؛ ۱: هاله ایجاد شده توسط نانوذرات سنتز شده با عصاره متانولی بر علیه *S. aureus*، ۲: هاله ایجاد شده توسط نانوذرات سنتز شده با عصاره آبی بر علیه *S. aureus*، ۳: هاله ایجاد شده توسط نانوذرات سنتز شده با عصاره متانولی بر علیه *E. coli*، ٤: هاله ایجاد شده توسط نانوذرات سنتز شده با عصاره آبی بر علیه *E. coli*

غشای سلولی جاسازی شده است و مانع ورود نانوذرات نقره به داخل سلول باکتری می‌شود ولی دیواره سلولی باکتری‌های گرم منفی، با کاهش تعداد لایه‌های پپتیدوگلیکان نازک‌تر است و نانوذرات نقره به دلیل ماهیت آنیونی خود، که جزء اصلی دیواره سلولی باکتری گرم منفی است، بهتر به لایه لیپو پلی ساکارید متصل می‌شوند (Shaik *et al*., 2012; Rai *et al*., 2018).

نتیجه‌گیری

خصوصیات فیزیکوشیمیایی نانوذرات سنتز شده با انجام تکنیک‌های UV-Vis، FT-IR، FE-SEM،XRD و فعالیت ضد میکروبی آن‌ها با روش انتشار دیسک دیفیوژن مورد ارزیابی قرار گرفت. درطیف سنجی UV-Vis رزونانس پلاسمون سطحی، قله‌ای نزدیک به ٤٥٠ نانومتر برای سنتز آبی و سنتز متانولی نشان داده است، که سنتز نانوذرات نقره را تأیید می‌کند. با تحلیل طیف‌های FT-IR گروه‌های عاملی موجود در نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از عصاره آبی و متانولی، شناسایی شد. با تحلیل تصاویر FE-SEM، مورفولوژی نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از عصاره آبی و متانولی، کروی شکل بوده و اندازه آن‌ها به ترتیب ۳۷٫٦٥ و ۷٤٫۹٦ نانومتر است. نتایج بدست آمده از آنالیز طیف XRD ساختار کریستالی مکعبی نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از عصاره آبی و متانولی، را تأیید کرد. در نتیجه نانوذرات نقره توسط هر دو عصاره شکوفه بادام کوهی، با موفقیت سنتز شدند. فعالیت ضدمیکروبی نانوذرات نقره سنتز شده توسط دو باکتری گرم مثبت و گرم منفی انجام شد. طبق نتایج بدست آمده فعالیت ضدمیکروبی نانوذرات نقره علیه باکتری گرم منفی بیشتر از باکتری گرم مثبت بوده است.

سپاس‌گزاری

این مطالعه با استفاده از حمایت‌های دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان انجام شده است.

References

Kharissova OV, Dias HR, Kharisov BI, Pérez BO, Pérez VMJ. 2013. The greener synthesis of nanoparticles. Trends in Biotechnology 31 (4): 240-248.

Mahar N, Al-Saadi A. 2023. Light-induced synthesis of silver nanoprisms as a surface-enhanced Raman scattering substrate for N-acetyl procainamide drug quantification. Spectrochim Acta, Part A 302: 122996.

Mubarak Ali D, Thajuddin N, Jeganathan K, Gunasekaran M. 2011. Plant extract mediated synthesis of silver and gold nanoparticles and its antibacterial activity against clinically isolated pathogens. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 85 (2): 360-365.

Nakkala JR, Mata R, Gupta AK, Sadras, SR. 2014. Biological activities of green silver nanoparticles synthesized with *Acorous calamus* rhizome extract. European Journal of Medicinal Chemistry 85: 784-794.

Okafor F, Janen A, Kukhtareva T, Edwards V, Curley M. 2013. Green synthesis of silver nanoparticles, their characterization, application and antibacterial activity. International Journal of Environmental Research and Public Health 10 (10): 5221-5238.

Pandey S, Mewada A, Thakur M, Shah R, Oza G, Sharon M. 2013. Biogenic gold nanoparticles as fotillas to fire berberine hydrochloride using folic acid as molecular road map. Materials Science and Engineering: C 33 (7): 3716-3722.

Parashar V, Parashar R, Sharma B, Pandey AC. 2009. Parthenium leaf extract mediated synthesis of silver nanoparticles: a novel approach towards weed utilization. Digest Journal of Nanomaterials & Biostructures (DJNB) 4 (1): 45-50.

Rai MK, Deshmukh S, Ingle A, Gade A. (2012). Silver nanoparticles: the powerful nanoweapon against multidrug-resistant bacteria. Journal of Applied Microbiology 112 (5): 841-852.

Selvam K, Sarany K. 2023. Phyto-mediated synthesis of silver nanoparticles using flower extract of *Erythrina indica* and evaluation of their biological activities. Inorganic Chemistry Communications 158: 111610.

Shaik MR, Khan M, Kuniyil M, Al-Warthan A, Alkhathlan HZ, Siddiqui MRH, Shaik JP, Ahamed A, Mahmood A, Khan M. 2018. Plant-extract-assisted green synthesis of silver nanoparticles using *Origanum vulgare* L. extract and their microbicidal activities. Sustainability 10 (4): 913.