ORIGINAL ARTICLE

Eco-Friendly Synthesis of Silver Nanoparticles Using Monstera deliciosa Fruit Extract: A Potential Approach to Addressing Antimicrobial Resistance

Cyrus Eslami [1]
Ilnaz Rabiei [2]
Nasim Ahmadian [3]
Hamid Reza Goli [4]
Mohammad Ali Ebrahimzadeh [5]

[1] PhD Student in Medicinal Chemistry, Faculty of Pharmacy, Pharmaceutical Sciences Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[2] Pharmacy Student, Ramsar Campus, Mazandaran University of Medical Sciences, Ramsar, Iran
[3] Postdoctoral Researcher, Faculty of Pharmacy, Pharmaceutical Sciences Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[4] Associate Professor, Department of Medical Microbiology and Virology, Molecular and Cell Biology Research Centre, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[5] Professor, Department of Medicinal Chemistry Pharmaceutical Sciences Research Center, Faculty of Pharmacy, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received June 10, 2025; Accepted October 25, 2026)

Abstract

Background and purpose: Green synthesis of metal nanoparticles using plant extracts is increasingly being explored as a relatively safe and cost-effective alternative to conventional chemical synthesis, potentially reducing the use of toxic organic solvents and chemical reagents. Plant extracts contain bioactive compounds capable of reducing metal cations. In this study, silver nanoparticles (AgNPs) were synthesized using Monstera deliciosa fruit extract, and their antimicrobial activity was evaluated against a range of bacterial strains.

Materials and methods: A hydroalcoholic extract of M. deliciosa fruit was used for the green synthesis of AgNPs. To obtain nanoparticles with a uniform morphology and small particle size, the effects of temperature, pH, initial silver ion concentration and reaction time were investigated and optimized. The formation of AgNPs was initially indicated by a colour change and subsequently confirmed using ultraviolet-visible (UV-Vis) absorption spectroscopy and X-ray diffraction (XRD). Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) was used for elemental analysis, while scanning electron microscopy (SEM) was employed to examine nanoparticle morphology. The antibacterial activity of the synthesized nanoparticles was evaluated against Staphylococcus aureus, Enterococcus faecalis, Pseudomonas aeruginosa, Acinetobacter baumannii, Klebsiella pneumoniae, Escherichia coli, Enterobacter aerogenes and Proteus mirabilis. The minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) were determined.

Results: UV-Vis absorption spectroscopy revealed a characteristic absorption peak at 420 nm, indicating the formation of AgNPs. SEM images showed that the synthesized nanoparticles were predominantly spherical, with a mean particle size of 48 ± 8 nm. The AgNPs also exhibited strong antibacterial activity against the bacterial strains tested.

Conclusion: The findings indicate that M. deliciosa fruit extract can be used for the green synthesis of silver nanoparticles. The synthesized nanoparticles also exhibited strong antibacterial activity, particularly against Enterococcus faecalis and Escherichia coli.

Keywords: green synthesis, silver nanoparticles, Monstera deliciosa, antibacterial activity, minimum inhibitory concentration

J Mazandaran Univ Med Sci 2026; 36 (263): 146-159 (Persian).

Corresponding Author: Mohammad Ali Ebrahimzadeh - Pharmaceutical Sciences Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran. (E-mail: zadeh20@gmail.com)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره سی و ششم شماره ۲۶۳ آبان سال ۱۴۰۵ (۱۵۹-۱۴۶)

سنتز سازگار با محیط زیست نانوذرات نقره با استفاده از عصاره‌ی میوه گیاه برگ انجیری: رویکردی نوین برای مقابله با مقاومت ضد میکروبی

سیروس اسلامی [۱]
ایلناز ربیعی [۲]
نسیم احمدیان [۳]
حمید رضا گلی [۴]
محمد علی ابراهیم زاده [۵]

چکیده

سابقه و هدف: امروزه سنتز سبز نانوذرات فلزی با استفاده از گیاهان به‌عنوان یک روش ایمن و کم‌هزینه نگرانی های ناشی از سمیت استفاده از حلال های آلی و ترکیبات شیمیایی را به حداقل می رساند. عصاره‌های گیاهی استفاده شده برای سنتز شامل ترکیباتی هستند که قادرند کاتیون های فلزی را احیا کنند. این مطالعه با هدف ارزیابی استفاده از میوه گیاه برگ انجیری نانوذرات نقره سنتز و فعالیت ضدمیکروبی آن ها روی سویه‌های باکتریایی، انجام پذیرفت.

مواد و روش ها: در این مطالعه تجربی– آزمایشگاهی، برای سنتز سبز نانوذرات نقره از عصاره هیدرو الکلی میوه گیاه برگ انجیری استفاده شد. جهت دستیابی به نانوذراتی با شکل یکنواخت و اندازه کوچک، پارامترهای دما، pH، غلظت اولیه یون نقره و زمان انجام واکنش با استفاده از طیف‌سنجی جذب فرابنفش-مرئی بهینه‌سازی شد. تشکیل نانوذرات نقره در ابتدا با استفاده از تغییر رنگ واکنش و سپس با تکنیک های طیف‌سنجی جذب فرابنفش-مرئی و الگوی پراش اشعه ایکس تأیید گردید. از آنالیز طیف‌سنجی انرژی-پراکندگی پرتو ایکس جهت آنالیز عنصری نانوذرات سنتز شده استفاده شد. بررسی مورفولوژی نانوذرات با میکروسکوپ الکترونی روبشی انجام شد. فعالیت ضدباکتریایی نانوذرات سنتز شده روی سویه‌های باکتری های گرم مثبت و گرم منفی حساس ATCC و مقاوم *استافیلوکوکوس اورئوس*، *انتروکوکوس فکالیس*، *پسودوموناس آئروژینوزا*، *آسینتوباکتر بومانی*، *کلبسیلا پنومونیه*، *اشرشیاکلی*، *انتروباکتر آئروژنز* و *پروتئوس میرابیلیس* بررسی شد. مقادیر حداقل غلظت بازدارندگی و حداقل غلظت کشندگی نانوذرات به‌دست آمد.

یافته‌ها: طیف جذب فرابنفش-مرئی حاکی پیک جذب در ۴۲۰ نانومتر بود نشان داد که حاکی از تشکیل نانو ذرات نقره بود. تصاویر به‌دست آمده از SEM نشان داد که نانوذرات سنتز شده به‌طور عمده کروی بوده و اندازه‌ی آن ها ۸ ± ۴۸ نانومتر بود. نانوذرات نقره همچنین اثر ضدباکتریایی قوی نیز علیه باکتری های مورد مطالعه نشان دادند.

استنتاج: بررسی نتایج نشان می دهد که گیاه قادر به سنتز سبز نانوذرات نقره می‌باشد. نانوذرات به‌دست آمده نیز فعالیت ضدباکتریایی قوی به‌خصوص در مقابل *انتروکوکوس فکالیس* و *اشرشیاکلی* نشان داد.

واژه های کلیدی: سنتز سبز، نانوذرات نقره، برگ انجیری، فعالیت ضد باکتریایی، حداقل غلظت بازدارندگی

مولف مسئول: محمدعلی ابراهیم زاده- ساری، کیلومتر ۱۷ جاده فرح آباد، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم، دانشکده داروسازی **E-mail:** zadeh20@gmail.com

۱. دستیار شیمی دارویی، دانشکده داروسازی، مرکز تحقیقات علوم دارویی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲. دانشجوی داروسازی، پردیس رامسر، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، رامسر، ایران
۳. محقق پسادکتری، دانشکده داروسازی، مرکز تحقیقات علوم دارویی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۴. دانشیار، گروه میکروب شناسی و ویروس شناسی، مرکز تحقیقات بیولوژی سلولی و مولکولی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۵. استاد، دانشکده داروسازی، مرکز تحقیقات علوم دارویی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

تاریخ دریافت : ۱۴۰۴/۳/۲۰ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۴۰۴/۴/۸ تاریخ تصویب : ۱۴۰۵/۸/۵

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

مقدمه

گسترش روزافزون مقاومت باکتری‌ها به آنتی‌بیوتیک‌های رایج، اثربخشی داروهای مورد استفاده را کاسته و روند درمان را با چالشی جدی روبرو ساخته است. استفاده نادرست و بی‌رویه از آنتی‌بیوتیک‌ها، جهش‌های جدید در عوامل میکروبی و شیوع عوامل بیماری‌زای بالقوه از جمله دلایل اصلی ایجاد باکتری‌های مقاوم می‌باشند که منجر به افزایش مرگ‌ومیر، طولانی شدن دوره بیماری و تحمیل هزینه‌های سنگین درمانی شده است(۱). بنابراین، نیاز به روش های نوین برای درمان و کنترل عفونت های میکروبی علاوه بر اصلاح در سیاست مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها ضرورت دارد. یکی از روش‌های نوظهور و رو به رشد استفاده از نانوذرات بیوسنتز شده می‌باشد(۴ - ۲).

اصطلاح "نانوذرات " برای توصیف ذرات با اندازه ۱ تا ۱۰۰ نانومتر استفاده می شود که دارای ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی منحصربه‌فردی در مقایسه با مواد توده‌ای می‌باشد. این نانو ذرات رفتارهای جدید و قابل توجهی از خود نشان می‌دهد که آن‌ها را برای کاربردهای نوین مناسب ساخته است (۵). طی سال‌های اخیر، نانوبلورهای فلزی مانند نقره، آهن، طلا، مس و غیره، به‌دلیل ابعاد نانومتری، خواص فیزیکی-شیمیایی منحصربه‌فرد و رفتار پلاسمون سطحی، پتانسیل بالایی برای استفاده در صنایع و فناوری‌های مختلف از قبیل کاتالیز، توسعه مدارهای الکترونیکی و سنتز نانوساختارهای نوین به‌کار رفته‌اند(۸ - ۶). نانوذرات فلزی نه تنها کاربردهای متنوعی در تشخیص باکتری‌ها و خالص‌سازی پروتئین‌ها دارند بلکه پتانسیل بالایی در راستای درمان سرطان، هدف‌گیری تومور در بافت‌ها، انتقال هدفمند دارو، تصویر برداری زیستی، ژن درمانی و سایر بخش‌های تشخیصی و درمانی از خود نشان می‌دهند. نانوذرات نقره در توسعه فناوری‌های جدید در زمینه‌های مختلف از جمله الکترونیک، علوم مواد و پزشکی استفاده می‌شوند و به همین دلیل پژوهش‌های زیادی در مورد آن ها توسط پژوهشگران انجام می‌شود(۹). در کل نانوذرات نقره می‌توانند به روش‌های مختلفی شامل روش‌های فیزیکی، شیمیایی، و روش‌های بیولوژیکی ساخته شوند(۱۰). فرایندهای شیمیایی مستلزم تصفیه چندگانه، استفاده از حلال‌های مختلف و عموما سمی و همچنین به‌کارگیری دستگاه‌ها و تجهیزات گران قیمت می باشد. علاوه بر این باید به اثرات مضر محصولات جانبی تولید شده در طول واکنش نیز توجه نمود. با در نظر گرفتن تمام معایب روش‌های فیزیکی و شیمیایی، نیاز به راهکارهای مطلوب جایگزین جهت سنتز نانوذرات به‌شدت احساس می‌شود(۱۱). علی‌رغم وجود روش‌های متنوع شیمیایی و فیزیکی جهت سنتز نانوذرات، سنتز بیولوژیکی نانوذرات نقره که به سنتز سبز نیز معروف است، به علت عدم وجود مواد آلاینده و سمی، تک مرحله‌ای بودن، قیمت ارزان و دوست دار محیط زیست بودن از اهمیت بیش‌تری برخوردار است(۱۲). سیستم‌های زیستی شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها، اکتینومایست‌ها، جلبک‌ها، گیاهان و غیره برای تولید نانوذرات مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به مقرون به صرفه بودن و تک مرحله‌ای بودن فرایند، روش‌های بیوسنتز به آسانی می‌توانند در مقیاس‌های بالا استفاده شوند. منابع گیاهی به‌دلیل دسترس‌پذیری آسان، تنوع زیستی بالا، عدم نیاز به شرایط کشت خاص و فراوانی متابولیت‌های ثانویه بیش‌تر مورد توجه قرار گرفتند(۱۳، ۱۴). عصاره‌های گیاهی سرشار از ترکیباتی چون آلکالوئیدها، تانن‌ها، ترپن‌ها، فلاونوئیدها و فنولیک‌ها می‌باشند که در تشکیل نانوذرات از نمک‌های فلزی به‌عنوان احیا کننده و تثبیت کننده به‌کار می‌روند(۱۵، ۱۶).

گیاه برگ انجیری یا *Monstera deliciosa L.*، یکی از گیاهان آپارتمانی پرطرفدار از خانواده Araceae است که بومی جنگل‌های بارانی آمریکای مرکزی می‌باشد. این گیاه به خاطر برگ‌های بزرگ، براق و شکاف‌دار خود شناخته می‌شود. برگ انجیری همچنین دارای میوه‌ای خوراکی است که به نام "میوه پنیر سوئیسی " شناخته می‌شود، این میوه طعمی ترکیبی از آناناس و

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

موز دارد و سرشار از ویتامین ث، فیبر و آنتی‌اکسیدان‌ها است(۱۷). در سال‌های اخیر، برگ انجیری و میوه آن به دلیل ترکیبات زیستی فعالی که دارند، توجه زیادی را در زمینه‌های علمی، به‌ویژه در شیمی سبز و نانوفناوری، به خود جلب کرده‌اند. برگ‌ها، ساقه‌ها و میوه گیاه برگ انجیری حاوی ترکیباتی مانند فنول‌ها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، ساپونین‌ها و تانن‌ها هستند که خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدمیکروبی دارند(۱۸، ۱۹). در سنتز نانوذرات، ترکیبات زیست فعال موجود در عصاره گیاه برگ انجیری نقش دوگانه‌ای ایفا می‌کنند، هم به‌عنوان عامل احیاء کننده که یون‌های فلزی را به نانوذرات تبدیل می‌کند و هم به‌عنوان عامل پوششی که از تجمع و اکسید شدن نانوذرات جلوگیری می‌نماید. پژوهش‌های متعددی با استفاده از عصاره بخش‌های مختلف گیاه صورت گرفته که حاکی از فعالیت‌های ضدباکتری، ضدقارچ، ضدسرطان و حتی کاربردهای فتوکاتالیزوری در حذف آلاینده‌ها می‌باشد. به‌طور کلی، گیاه برگ انجیری تنها یک گیاه زینتی نیست، بلکه منبعی غنی از مواد زیست‌فعال است که می‌تواند در راستای توسعه فناوری‌های سبز و پایدار، به‌ویژه در نانوفناوری و شیمی سبز، مورد بهره‌برداری قرار گیرد(۲۲ - ۲۰). در سال های اخیر نانو ذرات نقره از عصارهای گیاهی مختلف تهیه و اثرات مختلفی از جمله فعالیت ضد باکتریایی، ضد سرطان، ضد لیشمانیا، رنگبری، فتوکاتالیستی و آنتی اکسیدانی از آن ها به‌چاپ رسیده است(۳۰ - ۲۳). در این مطالعه، ابتدا شرایط موثربر سنتز نانو ذرات نقره به روش بیولوژیکی (سنتز سبز) شامل دمای واکنش، pH اولیه عصاره هیدروالکلی، غلظت اولیه یون نقره و زمان انجام واکنش بهینه سازی شد و سپس در ادامه نانوذرات نقره با استفاده از عصاره هیدروالکلی میوه گیاه برگ انجیری تهیه شد(۲۳، ۲۴). در نهایت فعالیت ضد باکتریایی نانوذرات بهینه شده از طریق تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی (MIC) و حداقل غلظت کشندگی باکتری (MBC) علیه سویه‌های باکتریایی گرم مثبت و گرم منفی حساس (ATCC) و مقاوم به سیپروفلوکساسین مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش ها

مواد استفاده شده

در این مطالعه تجربی – آزمایشگاهی که با کد اخلاق IR.MAZUMS.RIB.REC.1403.040 به ثبت رسیده است، نمک نیترات نقره ($AgNO_3$)(k35747712610)، سدیم هیدروکسید (NaOH) و اتانول، متانول HPLC Grade، محیط کشت مولر هینتون براث، محیط کشت مولر هینتون آگار از شرکت Merck آلمان تهیه شد. در تمام مراحل سنتز و شناسایی نانوذرات از آب دیونیزه استفاده شد. میوه‌ی گیاه برگ انجیری از شهرستان لنگرود در بهار ۱۴۰۴جمع‌آوری و توسط دکتر بهمن اسلامی (دکترای سیستماتیک گیاهی) شناسایی و تایید شد. نمونه هرباریومی در دانشکده بیولوژی دانشگاه آزاد قائم شهر به شماره ۹۸۲ نگهداری می شود.

تهیه عصاره میوه گیاه برگ انجیری

ابتدا میوه ها به قطعات کوچک‌تر تکه تکه شدند و به مدت ۳ روز در دمای ۴۷ درجه سانتی‌گراد درون آون قرار داده شده تا خشک شوند. سپس به قطعات ریزتر تبدیل شدند. عصاره‌گیری طبق روش ماسراسیون با حلال اتانول – آب به نسبت ۸۰ به ۲۰ (هیدروالکلی ۸۰ درصد) انجام شد. حلال در خلا تبخیر شده و مجموعه به کمک فریز درایر خشک شد(۳۱، ۳۲).

سنتز بیولوژیکی (سبز) نانوذرات نقره با استفاده از میوه گیاه برگ انجیری

پس از بهینه سازی پارامترهای موثر بر سنتز نانوذرات نقره، برای سنتز نانوذرات نقره با استفاده از عصاره هیدروالکلی میوه‌ی گیاه برگ انجیری ابتدا ۵۰ میلی‌لیتر محلول ۷/۵ میلی‌مولار نیترات نقره با حل کردن ۶۴ میلی‌گرم نیترات نقره در ۵۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه تهیه شد.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

سپس این محلول درون یک ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری قرار گرفت و ارلن روی استیرر قرار گرفت و سرعت روی ۵۰۰ دور در دقیقه و دما روی ۸۵ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. در ادامه ۵۰ میلی‌لیتر از محلول ۴ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر عصاره گیاهی درون دکانتور قرار گرفته و به‌صورت قطره قطره به ظرف ارلن حاوی محلول نیترات نقره افزوده شد (به‌طوری هر ۳ ثانیه ۱ قطره خارج شد). با اتمام محلول موجود در دکانتور درب ارلن حاوی محلول گذاشته شد و واکنش به مدت ۶۰ دقیقه ادامه یافت. تغییر رنگ محلول از رنگ زرد به قهوه‌ای تیره نشان دهنده‌ی کاهش یون‌های نقره و تشکیل نانوذرات نقره کلوئیدی می‌باشد. دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه، به مدت ۲۰ دقیقه برای خالص‌سازی نانوذرات نقره کلوئیدی به‌کار گرفته شد. بدین ترتیب که مخلوط واکنش در فالکون ریخته شده، سانتریفوژ شد و بعد از طی شدن مدت زمان گفته شده مایع رویی آن دور ریخته شده و رسوبات باقی مانده دو بار با آب دیونیزه و دو بار با متانول گرید HPLC شستشو داده شد. در نهایت رسوبات به مدت ۲۴ ساعت به آون با دمای ۶۰ درجه منتقل شد تا نانو ذرات نقره جامد به دست آمده خشک شوند (راندمان ۱/۵۱ درصد) (۲۷).

مشخصه یابی نانوذرات

تعیین چگالی نوری نانوذرات سنتز شده با استفاده از طیف‌سنجی UV-Vis (مدل T80+ ساخت کشور چین) در محدوده طول موج ۲۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر انجام شد. مورفولوژی و شکل ظاهری نانوذرات با استفاده از دستگاه SEM (مدل Philips PW 1800 ساخت کشور آلمان) مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. برای تجزیه عنصری، اطمینان از سنتز نانوذرات نقره، بررسی خلوص و مقدار تقریبی هرکدام از عناصر از EDX (مدل TESCAN BRNO-Mira3 LMU ساخت کشور آلمان) استفاده شد. نوع ساختار کریستالوگرافی نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از XRD (مدل TESCAN BRNO-Mira3 LMU ساخت کشور آلمان) با تشعشع لامپ CuKa و زاویه‌ی θ۲ در دامنه‌ی ۰ تا ۸۰ درجه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

تعیین اثرات ضدمیکروبی بر ضد سویه های ATCC حساس و مقاوم

در این بررسی، فعالیت ضدباکتریایی نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی رشد (MIC) و حداقل غلظت کشندگی (MBC) در چند سویه باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت مورد سنجش قرار گرفت. بدین جهت از سویه‌های باکتریایی حساس استاندارد ATCC و سویه های باکتری‌های مقاوم به سیپروفلوکساسین استفاده شد. سویه‌های حساس استاندارد شامل *استافیلوکوکوس اورئوس* (ATCC 29213)، *پسودوموناس آئروژینوزا* (ATCC 27853)، *کلبسیلا نیومونیه* (ATCC 700603)، *پروتئوس میرابیلیس* (ATCC 25933) و *انتروباکتر آئروژنز* (ATCC 13048) و سویه‌های مقاوم شامل *انتروکوکوس فکالیس*، *اشرشیاکلی* و *آسینتوباکتر بومانی* بودند. تست‌های انجام شده همگی در گروه میکروبیولوژی دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی مازندران انجام شد. برای ارزیابی دقیق‌تر، از خود عصاره و نانوذرات نقره بدون کپ گیاهی به‌عنوان کنترل و از سیپروفلوکساسین به‌عنوان آنتی بیوتیک مرجع استفاده شد.

سنجش حداقل غلظت بازدارندگی (MIC)

برای تعیین MIC نانوذرات نقره بیوسنتز شده با استفاده از روش رقت‌سازی در چاهک، از میکروپلیت‌های استریل ۹۶ خانه‌ای شامل ۸ ردیف ۱۲ تایی استفاده شد. ۱۰۰ میکرولیتر از محیط کشت مولر هینتون براث درون تمام چاهک‌ها انتقال داده شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر از نانوذره نقره به چاهک اول هر ردیف اضافه شد. بعد از رقت‌سازی، سوسپانسیون‌های یکنواخت و همگن از باکتری‌های مورد مطالعه با معیار کدورت‌سنجی استاندارد نیم مک فارلند تهیه شد و ۱۰۰ میکرولیتر از آن به چاهک‌های ردیف

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

مربوط به آن باکتری افزوده شد. چاهک‌های ستون یازدهم میکروپلیت به‌عنوان کنترل مثبت (شامل محیط کشت و باکتری) و چاهک‌های ستون دوازدهم به‌عنوان کنترل منفی (شامل محیط کشت و نانوذرات نقره) استفاده شد. بعد از گذاشتن در، میکروپلیت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت انکوبه شد. اولین چاهکی که هیچ رشدی از ارگانیسم مورد نظر نشان ندهد، به‌عنوان مقدار MIC گزارش شد(۳۲).

سنجش حداقل غلظت کشندگی (MBC)

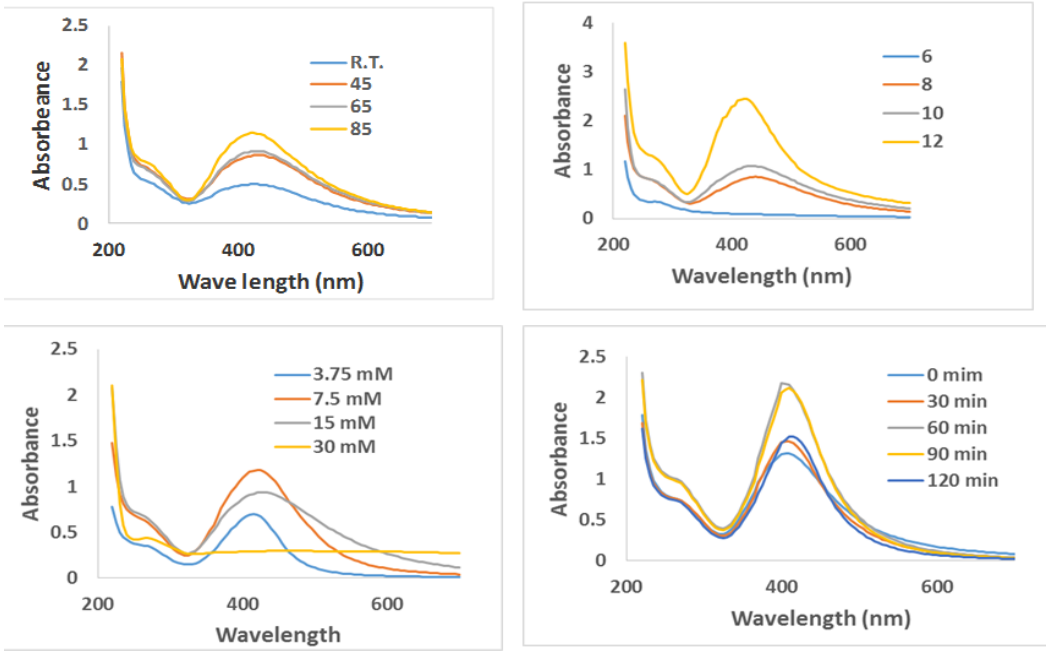
جهت تعیین مقدار MBC از چاهک مربوط به مقدار MIC و چند چاهک قبل از آن که غلظت نانوذره در آن ها بیش‌تر است، نمونه‌برداری شد و بر روی پلیت‌هایی شامل محیط کشت بلاد آگار قرار داده شد. پلیت‌ها به مدت ۲۴ ساعت داخل انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. مقدار MBC متعلق به چاهکی است که طی ۲۴ ساعت باکتری در نمونه انتقال‌یافته‌ی آن بر محیط کشت بلاد آگار رشد نکرده باشد. چنان چه چاهک متعلق به مقادیر MIC و MBC برابر باشند یا حداکثر سه رقت فاصله داشته باشند، خاصیت باکتری‌کشی نانوذرات علاوه بر مهارکنندگی آن ها تأیید می‌شود(۳۳).

یافته ها

آنالیز طیف نور سنج فرابنفش- مرئی (UV-Vis)

بهینه سازی پارامترهای مختلف موثر بر سنتز نانوذرات نقره

تاثیر پارامترهای مختلف شامل دمای واکنش، pH عصاره، غلظت اولیه یون نقره و زمان واکنش بر سنتز نانوذرات نقره با استفاده از عصاره هیدروالکلی میوه گیاه برگ انجیری مورد بررسی قرار گرفت. طیف جذبی نانوذرات سنتز شده در شرایط مختلف با استفاده از دستگاه طیف سنج نورسنج UV-Vis اندازه گیری و شرایط بهینه برای هر پارامتر استخراج شد. تمامی نتایج در نمودار شماره ۱، نشان داده شده است.



نمودار شماره ۱: طیف جذب UV بهینه سازی نانوذرات سنتز شده، بالا چپ: دماهای مختلف ۴۵، ۶۵، ۸۵ درجه سانتی گراد و دمای اتاق، بالا راست: pH های مختلف ۶ (pH عصاره)، ۸، ۱۰ و ۱۲، پایین چپ: غلظت های مختلف از محلول آبی یون نقره ۳,۷۵، ۷,۵، ۱۵ و ۳۰ میلی مولار، پایین راست: زمان های مختلف زمان صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه، جذب بیش تر نشان از تولید بیش تر نانو ذرات است.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

نتایج حاصل از روش‌های بهینه سازی نانو ذرات نقره در جدول شماره ۱، آمده است.

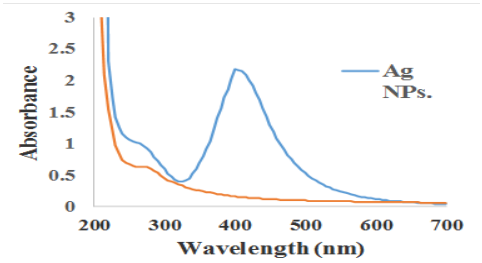
جدول شماره ۱: پارامترهای فیزیکی بهینه برای سنتز سبز نانوذرات نقره از عصاره‌ی میوه گیاه برگ انجیری

دما	۸۵ درجه سانتی گراد
محیط pH	۱۲
غلظت یون نقره	۷/۵ میلی مولار
زمان واکنش	۱ ساعت

ارزیابی و مشخصه یابی نانوذرات سنتز شده

آنالیز طیف نور سنج UV نانوذرات سنتز شده

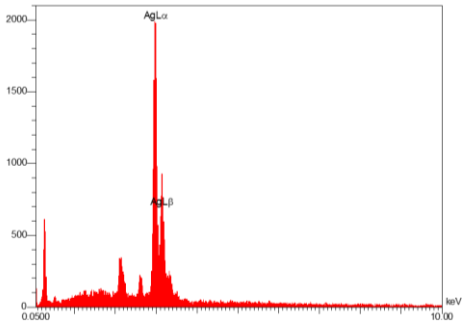
برای بررسی ارتعاشات پلاسمونی نانوذرات نقره سنتز شده با گذشت زمان از آنالیز طیف نورسنجی UV-vis استفاده شد که نتیجه به‌دست آمده در نمودار شماره ۲، نشان داده شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود در طیف محلول حاوی نانوذرات نقره کلوئیدی، یک پیک قوی و متقارن در طول موج ۴۰۰ نانومتر وجود دارد، در حالی که طیف عصاره آبی خالص (بدون نیترات نقره) فاقد هر گونه جذبی در طول موج یاد شده است. این نتیجه گواهی بر سنتز نانوذرات نقره با استفاده از عصاره هیدروالکلی میوه گیاه برگ انجیری می‌باشد.



نمودار شماره ۲: طیف جذبی UV-Vis متعلق به نانوذرات نقره سنتز شده و عصاره میوه گیاه برگ انجیری

آنالیز عنصری نانوذرات نقره سنتز شده با روش EDX

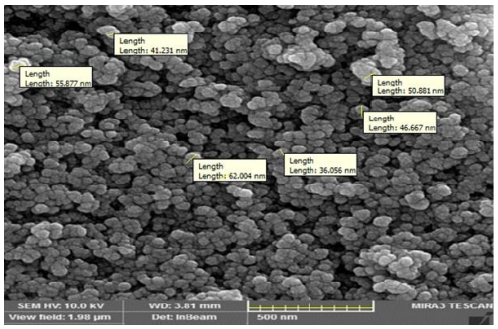
همان طور که در شکل شماره ۱، نشان داده شده است، پروفایل آنالیز عنصری با استفاده از روش EDX برای نانوذرات نقره سنتز شده به‌وسیله عصاره‌ی میوه گیاه برگ انجیری، سیگنال‌های قوی نقره در ناحیه حدود ۳ کیلو الکترون ولت همراه با قله‌های ضعیف کربن و اکسیژن در ناحیه ۰/۲۸ و ۰/۵۳ کیلو الکترون ولت را نشان می‌دهد. قله‌های کربن و اکسیژن متعلق به بیومولکول‌های موجود در عصاره گیاهی باشد که به سطح نانوذرات نقره متصل می‌شوند و نقش حیاتی را در فرایند احیا، تشکیل و پایداری نانوذرات ایفا می‌کنند.



تصویر شماره ۱: آنالیز عنصری با استفاده از روش EDX برای نانوذرات نقره سنتز شده با عصاره میوه گیاه برگ انجیری

مورفولوژی نانوذرات نقره سنتزشده با استفاده از SEM

تصویر شماره ۲ تصاویر به‌دست آمده از SEM را نشان می‌دهد که جهت بررسی اندازه، ریخت و یکنواختی در توزیع نانوذرات نقره سنتز شده با مقیاس ۵۰۰ نانومتر به‌کار گرفته شد. طبق تصاویر به‌دست آمده شکل ذرات نمونه سنتز شده به‌طور عمده کروی می‌باشد و توزیع اندازه در محدوده‌ی ۳۵ تا ۶۵ نانومتر قرار دارد (۸ ± ۴۸ نانومتر). لازم به ذکر است در برخی از نواحی نیز نانوذرات به صورت انباشته یا پراکنده کنار هم قرار دارند.

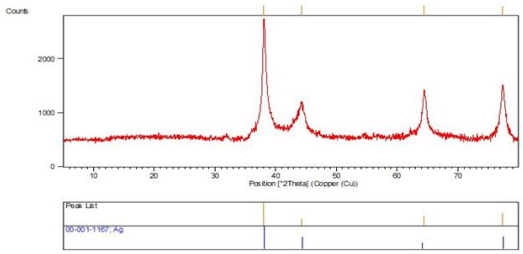


تصویر شماره ۲: تصاویر به‌دست آمده از SEM در مقیاس ۵۰۰ نانومتر مربوط به نانوذرات نقره سنتز شده با عصاره میوه گیاه برگ انجیری

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

بررسی آنالیز XRD نانوذرات نقره

به منظور مطالعه‌ی جامع‌تر ساختار بلوری، الگوی پراش XRD نانوذرات نقره سنتز شده مورد بررسی قرار گرفت. همان طور که در تصویر شماره ۳ نشان داده شده است پیک‌های متمایز شده مشاهده شده در مقادیر ۲ تتا (2θ) در°۳۸/۰۴، °۴۴/۳۳، °۶۴/۴۳ و °۷۷/۳۲ مربوط به صفحات شبکه ساختار بلوری مکعبی نانوذرات نقره به ترتیب در (۱۱۱)، (۲۰۰)، (۲۲۰) و (۳۱۱) می‌باشد.



تصویر شماره ۳: الگوی XRD نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از عصاره‌ی میوه گیاه برگ انجیری

فعالیت آنتی‌باکتریال نانوذرات نقره بیوسنتز شده با عصاره میوه گیاه انجیری

در این مرحله اثر ضد میکروبی نانوذرات نقره سنتز شده توسط عصاره هیدروالکلی میوه‌ی گیاه برگ انجیری مورد ارزیابی قرار گرفت. جدول شماره ۲، نتایج MIC و MBC نانوذرات نقره سنتز شده همراه با کپ گیاهی، بدون کپ گیاهی (Pure AgNPs) و عصاره به تنهایی را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۲: نتایج MIC و MBC نانوذرات نقره سنتز سبز شده روی سویه‌های حساس و مقاوم به سیپروفلوکساسین

No.	Bacteria	ATCC	MIC (µg/ml)	MBC (µg/ml)	Ciprofloxacin MIC (µg/ml)	Extract MIC (µg/ml)	Pure AgNPs (µg/ml)
1	*Staphylococcus aureus*	۲۹۲۱۳	۳.۵۴	>۲۸.۳۲	۱	>۴۰۰۰	>۲۵۰
2	*Enterococcus faecalis*	–	۰.۴۴	>۲۸.۳۲	R	>۴۰۰۰	>۲۵۰
3	*Pseudomonas aeruginosa*	۲۷۸۵۳	۷.۰۸	>۲۸.۳۲	۱	>۴۰۰۰	>۲۵۰
4	*Acinetobacter baumannii*	–	۷.۰۸	>۲۸.۳۲	R	>۴۰۰۰	>۲۵۰
5	*Escherichia coli*	–	۱.۷۷	۲۸.۳۲	R	>۴۰۰۰	>۲۵۰
6	*Klebsiella pneumoniae*	۷۰۰۶۰۳	۳.۵۴	۱۴.۱۶	۰.۵	>۴۰۰۰	>۲۵۰
7	*Proteus mirabilis*	۲۵۹۳۳	۷.۰۸	>۲۸.۳۲	۱	>۴۰۰۰	>۲۵۰
8	*Enterobacter aerogenes*	۱۳۰۴۸	۳.۵۴	>۲۸.۳۲	۰.۵	>۴۰۰۰	>۲۵۰

نتایج حاصل از بررسی فعالیت ضدمیکروبی نانوذرات نقره سنتز سبز شده در این تحقیق (دارای کپ گیاهی) نشان می‌دهد که این نانوذرات در مجموع اثرات مهارکنندگی قوی بر روی سویه‌های باکتریایی حساس ATCC و سویه‌های باکتریایی مقاوم مورد مطالعه داشتند. بیش‌ترین اثر مهارکنندگی علیه دو سویه مقاوم به سیپروفلوکساین یعنی *انتروکوکوس فکالیس* با مقدار MIC معادل ۰/۴۴ و *اشرشیاکلی* با MIC معادل ۱/۷۷ میکروگرم بر میلی‌لیتر بود. نانو ذرات اثر قوی ای نیز بر روی سویه مقاوم دیگر و سویه‌های حساس ATCC از خود نشان داد. به‌طوری که میزان MIC در مقابل سویه های *آسینتوباکتر بومانی* ۷/۰۸ میکروگرم بر میلی‌لیتر و میزان MIC در مقابل سویه های حساس ATCC *استافیلوکوکوس اورئوس* (ATCC 29213)، *انتروباکتر آئروژنز* (ATCC 13048) و *کلبسیلا نیومونیه* (ATCC 700603) معادل ۳/۵۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر و *پسودوموناس آئروجینوزا* (ATCC 27853) و *پروتئوس میرابیلیس* (ATCC 25933) معادل ۷/۰۸ میکروگرم بر میلی‌لیتر بود. در هیچ یک از موارد فوق عصاره به تنهایی تا غلظت ۴۰۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر هیچ اثر ضد میکروبی از خود نشان نداد یعنی عصاره میوه گیاه در برابر باکتری‌های مورد بررسی خواص آنتی‌باکتریال قابل ملاحظه‌ای نشان نمی‌دهد.

نانو ذرات نقره شیمیایی بدون کپ گیاهی نیز تا غلظت ۲۵۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر هیچ اثری از خود نشان نداد. بیش‌ترین اثر کشندگی نانوذرات نقره سنتز شده علیه سویه حساس ATCC *کلبسیلا نیومونیه* (ATCC 700603) با مقدار MBC معادل ۱۴/۱۶ و سویه مقاوم *اشرشیاکلی* با مقدار MBC معادل ۲۸/۳۲ بود. مقایسه مقادیر MIC و MBC در تمامی سویه ها حاکی از اثر باکتریوسیدی نانو ذرات سنتز سبز شده بود. این نتایج ثابت نمود که این نانوذرات می‌تواند نوید بخش راهکار جدیدی در برابر مقاومت‌های باکتریایی باشد.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

بحث

امروزه سنتز سبز نانوذرات بر پایه‌ی اجزای مختلف گیاه مانند برگ، ساقه، ریشه، شاخه، گل، پوست و دانه به‌عنوان روشی نوین توجه محققان را به‌طور فزاینده‌ای جلب نموده است. طبیعت غیر سمی گیاهان، همچنین دسترسی سریع و آسان، امکان تولید نانوذرات را جهت به‌کارگیری در زمینه‌های مختلفی چون زیست، پزشکی و محیط زیست فراهم نموده است(۳۳). باکتری‌ها، قارچ‌ها و جلبک‌ها نیز باعث سنتز نانوذرات می‌شوند اما گیاهان حاوی متابولیت‌های فراوانی هستند که امکان سنتز نانوذرات را سریع‌تر می‌کنند. در واقع گیاهان به‌دلیل سازگاری با محیط و عدم آسیب‌های زیست محیطی و عدم نیاز به مواد غذایی ویژه برای تولید نانوذرات گزینه‌ی مناسبی محسوب می‌شوند(۳۴). اگر چه مکانیزم دقیق سنتز نانوذرات از طریق گیاهان مشخص نیست، اما به نظر می‌رسد ترکیبات مختلف گیاهی چون اسیدهای آلی، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و متابولیت‌های ثانویه در کاهش نمک فلزی نقش موثری ایفا کرده و همچنین می‌تواند با پوشاندن نانوذرات سنتز شده پایداری آن ها را افزایش دهد(۳۳).

در مطالعه Moldovan و همکاران که سنتز نانوذرات نقره را با استفاده از عصاره میوه *Sambucus nigra* معروف به آقطی سیاه گزارش شد، طیف‌سنجی UV-Vis پیک پلاسمون سطحی در ۴۰۷ نانومتر را نشان داد. اندازه متوسط نانوذرات که شکلی کروی داشتند، حدود ۲۶ نانومتر به‌دست آمد. آنالیز XRD نیز ساختار کریستالی نانوذرات نقره را تایید نمود. فعالیت آنتی‌اکسیدانی نانوذرات نقره مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج بیانگر فعالیت آنتی‌اکسیدانی در شرایط برون‌تنی و درون‌تنی می‌باشد. به‌نظر می رسد کارکرد نانوذرات به همراه فیتوشیمی‌های طبیعی توانایی محافظت از پروتئین های سلولی را در برابر تولید ROS فراهم کند(۳۵).

در مطالعه Reddy و همکاران که با استفاده از عصاره‌ی میوه *Piper longum* مبادرت به تولید نانوذرات نقره نمودند، سنتز آن را از طریق طیف‌سنجی UV-Vis اثبات نمودند. نانوذرات کروی شکل، با اندازه متوسط ۴۶ نانومتر بودند که به ترتیب با SEM و دستگاه پراکندگی نور دینامیکی (DLS) تعیین شدند. بررسی‌ها نشان داد که عصاره آبی میوه *P. longum* و نانوذرات نقره سنتز شده در شرایط برون‌تنی هر دو دارای خواص آنتی‌اکسیدانی می‌باشند. نتایج تست‌های ضدمیکروبی نیز حاکی از اثر ضدمیکروبی قوی‌تر نانوذرات نقره سنتز شده نسبت به عصاره به تنهایی علیه باکتری‌های بیماری‌زا می‌باشد. این نانوذرات همچنین اثر سیتوتوکسیک قوی علیه رده سلول‌های سرطانی پستان MCF-7 از خود بروز دادند، به‌طوری که مقدار IC_{50} آن‌ها برابر با ۶۷ میکروگرم بر میلی‌لیتر پس از ۲۴ ساعت با استفاده از آزمون MTT گزارش شد(۳۶).

در مطالعه‌ی دیگری، بیوسنتز نانوذرات نقره با استفاده از عصاره *Cardiospermum halicacabum* گزارش شد. طیف‌سنجی UV-Vis نیز رزونانس پلاسمون سطحی را در ۴۲۰ نانومتر نشان داد که تأییدی بر سنتز نانوذرات نقره می‌باشد. آنالیزهای FT-IR بیانگر پوشانده شدن نانوذرات با استفاده از بیومولکول‌ها بود. نانوذرات سنتز شده ساختار کریستالوگرافی FCC داشتند که با الگوی XRD مشخص شد. شکل کروی نانوذرات نیز با استفاده از SEM تأیید شد. بر اساس مطالعات DLS نیز اندازه‌ی متوسط نانوذرات ۷۴ نانومتر و مقدار زتا پتانسیل ۳۴ میکرو ولت به دست آمد. توانایی آنتی‌باکتریال و آنتی‌اکسیدان نانوذرات نقره سنتز شده نیز مورد ارزیابی قرار گرفت(۳۷).

در مطالعه Niraimathi و همکاران که با استفاده از عصاره آبی *Alternanthera sessilis* و محلول آبی نیترات نقره جهت سنتز نانوذرات نقره بهره بردند، تحلیل فیتوشیمیایی عصاره نشان دهنده‌ی وجود ترکیباتی حاوی آلکالوئیدها، تانن‌ها، اسید اسکوربیک، کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌هایی بود که به‌عنوان عوامل کاهنده و پوشاننده مؤثر در تبدیل نیترات نقره به نانوذرات نقره عمل می‌کنند. تصاویر SEM نشان دهنده وجود نانوذرات با اشکال و اندازه‌های مختلف بود. طیف FT-IR نشان داد

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

که سطح نانوذرات با پوششی از پروتئین‌ها همراه است که بیانگر نقش دوگانه مولکول‌های زیستی در پوشش دهی و پایداری مؤثر نانوذرات نقره می‌باشد. وجود ناخالصی‌ها و پروفایل نقطه ذوب با استفاده از آنالیز-TG DSCمورد بررسی قرار گرفت. نانوذرات نقره سنتز شده از نظر وجود پروتئین و اسید آسکوربیک نیز مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین pH آن‌ها اندازه‌گیری شد که برابر با ۵/۶۳ گزارش گردید. نانوذرات نقره از طریق خاصیت کاهندگی اسید آسکوربیک موجود در برگ‌های *A. sessilis* از نیترات نقره سنتز شدند. در این مطالعه، فعالیت ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی نانوذرات نقره سنتز شده نیز بررسی شد(۳۸). در پژوهشی دیگر سنتز سبز نانوذرات نقره از محلول آبی نیترات نقره و عصاره به‌دست آمده از پودر دانه *Artocarpus heterophyllus* گزارش شد. دانه این گیاه دارای پروتئینی به نام جاکالین (Jacalin) است که یک لکتین بوده و بیش از ۵۰ درصد از کل پروتئین‌های موجود در عصاره‌ی خام دانه‌ی جک فروت را تشکیل می‌دهد و دارای فعالیت‌های زیستی متعددی است(۳۷). واکنش بین عصاره و نیترات نقره در اتوکلاو در فشار ۱۵ psi و دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه انجام شد و فرایند زیستی سنتز نانوذرات نقره با استفاده از طیف‌سنجی-UV Visپایش گردید. مشخصه‌یابی نانوذرات نقره سنتز شده نشان داد که این نانوذرات دارای اشکال نامنظم با اندازه متوسط حدود ۱۰/۷۸ نانومتر بودند. نتایج تست‌های ضدمیکروبی حاکی از فعالیت بسیار قوی این نانوذرات در برابر برخی سویه‌های باکتریایی گرم مثبت و گرم منفی می‌باشد. عصاره مورد استفاده منبعی بسیار مناسب، سازگار با محیط‌زیست و غیر سمی برای سنتز نانوذرات نقره محسوب می‌شود و نسبت به روش‌های شیمیایی و فیزیکی متداول برتری دارد(۳۹).

در مطالعه‌ی دیگری، نانوذرات نقره از عصاره گیاه فرولا پرسیکا با بهینه‌سازی چهار پارامتر فیزیکوشیمیایی شامل غلظت نیترات نقره، غلظت عصاره، مدت زمان انکوباسیون، pH و دما سنتز شدند. در این بررسی با استفاده از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC)، کلروژنیک اسید به‌عنوان عامل اصلی در احیا و کپسوله‌سازی نانوذرات نقره شناسایی شد که موجب پایداری آن‌ها گردید. اندازه نانوذرات سنتز شده ۱۵ نانومتر و شکل آن ها کروی گزارش شد. برای بررسی سمیت سلولی، از دو رده سلولی MCF-7 (سرطان پستان) و AGS (سرطان معده انسانی) استفاده شد که نانوذرات نقره سنتز شده اثرگذاری قابل توجهی نشان دادند. نتایج فعالیت‌های ضدمیکروبی نیز نشان داد که نانوذرات قادر به مهار رشد تمام باکتری‌های منتخب بودند. علاوه بر این، نانوذرات نقره در برابر انگل لیشمانیا نیز فعال بودند(۴۰).

در تحقیق حاضر، به منظور به دست آوردن بهترین شکل، سایز، پایداری و افزایش بازده تولید نانوذره نقره، تلاش در بهبود پارامترهای واکنش یعنی دمای واکنش، غلظت اولیه نیترات نقره، pH عصاره و زمان واکنش شد. ذرات ریزتر این شانس را دارند که بهتر وارد باکتری شوند. فرآیند بهینه‌سازی با استفاده از رویکرد مرسوم یک فاکتور در هر زمان ((one-factor-at-a-time (OFAT)) انجام شد. در این روش، تنها یک پارامتر آزمایشی در هر مرحله تغییر داده می‌شود در حالی که شرایط سنتز باقی مانده ثابت نگه داشته می‌شود. با مقایسه طیف های UV واکنش در هر مرحله، می توان با انتخاب بهترین پارامتر، پارامترهای واکنش را به‌صورت مجزا بهینه کرد و در نهایت با شرایط بهینه به دست آمده، واکنش را انجام داد. طیف UV با ارتفاع بالاتر (شدت جذب بیش‌تر/ غلظت بالاتر نانو ذرات تشکیل شده) و واقع شده در سمت چپ (شیفت آبی/ کوچک‌تر شدن ذرات نانو) بدین منظور استفاده شدند(۴۱، ۴۲).

عصاره هیدرو الکلی میوه گیاه برگ انجیری می تواند به‌خوبی برای سنتز سبز نانوذرات نقره به‌کار رود. تاثیر پارامترهای مختلفی چون دما، pH، غلظت یون نقره و زمان واکنش بر سنتز نانوذرات نقره نیز مورد بررسی قرار گرفت و شرایط سنتز بهینه سازی شد. به‌طور کلی،

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نشان می‌دهد که سنتز سبز نانوذرات نقره بر پایه‌ی عصاره میوه این گیاه روشی کم هزینه، زیست‌سازگار، ساده و ایمن می‌باشد. همچنین با توجه به پتانسیل بالای نانوذرات نقره سنتز شده در مهار سویه‌های حساس و مقاوم به سیپروفلوکساسین، می‌توان به توسعه روش‌ها و کاربردهای مقابله با عوامل میکروبی بر پایه‌ی نانوذرات بیوسنتز شده امید داشت.

سپاسگزاری

این مقاله، حاصل پایان نامه دوره دکترای حرفه ای خانم ایلناز ربیعی در دانشکده داروسازی پردیس رامسر می باشد. نویسندگان از تمامی کسانی که در انجام این مطالعه مشارکت داشتند، کمال تشکر و قدرانی را دارند.

References

1- Chiș AA, Rus LL, Morgovan C, Arseniu AM, Frum A, Vonica-Țincu AL, etal. Microbial resistance to antibiotics and effective antibiotherapy. Biomedicines 2022;10(5):1121 PMID: 35625857.

2- Shirzadi-Ahodashti M, Mizwari ZM, Hashemi Z, Rajabalipour S, Ghoreishi SM, Mortazavi-Derazkola S,etal. Discovery of high antibacterial and catalytic activities of biosynthesized silver nanoparticles using C. fruticosus (CF-AgNPs) against multi-drug resistant clinical strains and hazardous pollutants. Environmental Technology & Innovation 2021;23:101607.

3- Lei Z, Karim A. The challenges and applications of nanotechnology against bacterial resistance. J Vet Pharmacol Ther 2021;44(3):281-297 PMID: 33277732.

4- Ebrahimzadeh MA, Biparva P, Mohammadi H, Tavakoli S, Rafiei A, Kardan M, etal. Highly concentrated multifunctional silver nanoparticle fabrication through green reduction of silver ions in terms of mechanics and therapeutic potentials. Anticancer Agents Med Chem 2019;19(17):2140-2153 PMID: 31736448.

5- Ibrahim Khan KS, Khan I. Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. Arabian Journal of Chemistry 2019;12(7):908-931.

6- Sidhic J, Aswathi MK, Prasad A, Tom A, Mohan P, Sarbadhikary P, etal. Advancements in metal and metal oxide nanoparticles for targeted cancer therapy and imaging: Mechanisms, applications, and safety concerns. Journal of Drug Delivery Science and Technology 2025:106622.

7- Serna-Gallén P, Mužina K. Metallic nanoparticles at the forefront of research: Novel trends in catalysis and plasmonics. Nano Materials Science 2026;8(3):534-555.

8- Burlec AF, Corciova A, Boev M, Batir-Marin D, Mircea C, Cioanca O, etal. Current overview of metal nanoparticles' synthesis, characterization, and biomedical applications, with a focus on silver and gold nanoparticles. Pharmaceuticals 2023;16(10):1410 PMID: 37895881.

9- Ebrahimzadeh MA, Tafazoli A, Akhtari J, Biparva P, Eslami S. Engineered silver nanoparticles, a new nanoweapon against cancer. Anticancer Agents Med Chem 2018;18(14):1962-1969 PMID: 30088451.

10- Prabhu S, Poulose EK. Silver nanoparticles: mechanism of antimicrobial action, synthesis, medical applications, and

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

toxicity effects. International Nano Letters 2012;2(1):1-10.

11- Rajput N. Methods of preparation of nanoparticles-a review. International Journal of Advances in Engineering & Technology 2015;7(6):1806-1811.

12- Barani A, Asadollahzadeh Asl A, Eslami C, Hashemi P, Goli HR, Ebrahimzadeh MA. Overcoming drug resistance and removing water pollutant dyes using cobalt nanoparticles synthesized via the green synthesis method with Mentha pulegium plant extract. J Mazandaran Univ Med Sci 2025;34(241):12-28.(persian)

13- Mortazavi-Derazkola S, Ebrahimzadeh MA, Amiri O, Goli HR, Rafiei A, Kardan M, etal. Facile green synthesis and characterization of Crataegus microphylla extract-capped silver nanoparticles (CME@ Ag-NPs) and its potential antibacterial and anticancer activities against AGS and MCF-7 human cancer cells. Journal of Alloys and Compounds 2020;820:153186.

14- Gour A, Jain NK. Advances in green synthesis of nanoparticles. Artif Cells, Nanomed Biotechnol 2019;47(1):844-851 PMID: 30879351.

15- Hashemi Z, Mizwari ZM, Alizadeh SR, Habibi M, Mohammadrezaee S, Ghoreishi SM, etal. Anticancer and antibacterial activity against clinical pathogenic multi-drug resistant bacteria using biosynthesized silver nanoparticles with Mentha pulegium and Crocus caspius extracts. Inorganic Chemistry Communications 2023;154:110982.

16- Xu J, Huang Y, Zhu S, Abbes N, Jing X, Zhang L. A review of the green synthesis of ZnO nanoparticles using plant extracts and their prospects for application in antibacterial textiles. Journal of Engineered Fibers and Fabrics 2021;16(1):155892502110462.

17- Barros T, Galego L, Pires-Cabral P. Monstera deliciosa fruit: physicochemical characterization and potential for distillate production. Journal of Food Measurement and Characterization 2018;12(4):2874-2882.

18- Kavita K, Shukla SD. Phytochemistry and pharmacological potential of Monstera deliciosa: A comprehensive review. Indian J Applied & Pure Bio 2025;40(1):228-243.

19- Rao VU, Viteesha V, Suma K, Nagababu P. Evaluation of phytochemical constituents, antibacterial and antioxidant activities of Monstera deliciosa Liebm. stem extracts. World J Pharm Pharm Sci 2015;4(11):1422-1433.

20- Prosanta P, Mainak C, Indrajit K, Sagnik H, Avratanu D, Kanti HP. In vitro Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Monstera deliciosa. International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research 2015;7(3):416-419.

21- Prosanta P, Mainak C, Indrajit K, Sagnik H, Avratanu D, Kanti HP. Evaluation of anticancer activity of methanol extract of Monstera deliciosa in EAC induced Swiss albino mice. Int J Toxicol Pharmacol Res 2015;7(4):165-170.

22- Shabana M, Mosharafa S. Phytochemical and biological investigation of the aerial parts of Monstera deliciosa liebem. Egypt Pharm J 2007;6(1):67-76.

23- Hashemi Z, Mizwari ZM, Mohammadi-Aghdam S, Mortazavi-Derazkola S, Ebrahimzadeh MA. Sustainable green synthesis of silver nanoparticles using Sambucus ebulus phenolic extract

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

(AgNPs@ SEE): Optimization and assessment of photocatalytic degradation of methyl orange and their in vitro antibacterial and anticancer activity. Arabian Journal of Chemistry 2022;15(1):103525.

24- Hashemi Z, Shirzadi-Ahodashti M, Mortazavi-Derazkola S, Ebrahimzadeh MA. Sustainable biosynthesis of metallic silver nanoparticles using barberry phenolic extract: Optimization and evaluation of photocatalytic, in vitro cytotoxicity, and antibacterial activities against multidrug-resistant bacteria. Inorganic Chemistry Communications 2022;139:109320.

25- Hashemi Z, Shirzadi-Ahoodashti M, Ebrahimzadeh MA. Antileishmanial and antibacterial activities of biologically synthesized silver nanoparticles using Alcea rosea extract (AR-AgNPs). Journal of Water and Environmental Nanotechnology 2021;6(3):265-276.

26- Hashemi Z, Mohammadyan M, Naderi S, Fakhar M, Biparva P, Akhtari J, Ebrahimzadeh MA. Green synthesis of silver nanoparticles using Ferula persica extract (Fp-NPs): Characterization, antibacterial, antileishmanial, and in vitro anticancer activities. Materials Today Communications 2021;27:102264.

27- Shirzadi-Ahodashti M, Hashemi Z, Mortazavi Y, Khormali K, Mortazavi-Derazkola S, Ebrahimzadeh MA. Discovery of high antibacterial and catalytic activities against multi-drug resistant clinical bacteria and hazardous pollutants by biosynthesized of silver nanoparticles using Stachys inflata extract (AgNPs@ SI). Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 2021;617:126383.

28- Ebrahimzadeh MA, Hashemi Z, Mohammadyan M, Fakhar M, Mortazavi-Derazkola S. In vitro cytotoxicity against human cancer cell lines (MCF-7 and AGS), antileishmanial and antibacterial activities of green synthesized silver nanoparticles using Scrophularia striata extract. Surfaces and Interfaces 2021;23:100963.

29- Hashemi Z, Mortazavi-Derazkola S, Biparva P, Goli HR, Sadeghian F, Kardan M, etal. Green synthesized silver nanoparticles using Feijoa sellowiana leaf extract, evaluation of their antibacterial, anticancer and antioxidant activities. Iran J Pharm Res 2020;19(4):306-320 PMID: 33841544.

30- Hashemi Z, Ebrahimzadeh MA, Biparva P, Mortazavi-Derazkola S, Goli HR, Sadeghian F, etal. Biogenic silver and zero-valent iron nanoparticles by Feijoa: Biosynthesis, characterization, cytotoxic, antibacterial and antioxidant activities. Anti-Cancer Agents Med Chem 2020;20(14):1673-1687 PMID: 32560617.

31- Ebrahimzadeh MA, Naghizadeh A, Amiri O, Shirzadi-Ahodashti M, Mortazavi-Derazkola S. Green and facile synthesis of Ag nanoparticles using Crataegus pentagyna fruit extract (CP-AgNPs) for organic pollution dyes degradation and antibacterial application. Bioorg Chem 2020;94:103425 PMID: 31740048.

32- Ranjbar T, Sadeghian F, Goli HR, Ahanjan M, Ebrahimzadeh MA. Green synthesis of silver nanoparticles with Allium paradoxum extract and evaluation of their antibacterial activities. J Mazandaran Univ Med Sci 2020;29(182):1-11.(persian)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]

33- Hashemi Z, Mizwari ZM, Hosseini Z, Khosravi Z, Alizadeh SR, Shirzadi-Ahodashti M, etal. In-vitro anticancer and antibacterial activities and comparative of eco-friendly synthesized silver nanoparticles using hull of Pistacia vera and rhizome of Sambucus ebulus extracts. Inorganic Chemistry Communications 2023;154:110913.

34- Mittal AK, Chisti Y, Banerjee UC. Synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts. Biotechnol Adv 2013;31(2):346-356 PMID: 23318667.

35- Moldovan B, David L, Achim M, Clichici S, Filip GA. A green approach to phytomediated synthesis of silver nanoparticles using Sambucus nigra L. fruits extract and their antioxidant activity. Journal of Molecular Liquids 2016;221:271-278.

36- Reddy NJ, Vali DN, Rani M, Rani SS. Evaluation of antioxidant, antibacterial and cytotoxic effects of green synthesized silver nanoparticles by Piper longum fruit. Mater Sci Eng 2014;34:115-122 PMID: 24268240.

37- Sundararajan B, Mahendran G, Thamaraiselvi R, Ranjitha Kumari B. Biological activities of synthesized silver nanoparticles from Cardiospermum halicacabum L. Bulletin of Materials Science 2016;39(2):423-431.

38- Niraimathi KL, Sudha V, Lavanya R, Brindha P. Biosynthesis of silver nanoparticles using Alternanthera sessilis (Linn.) extract and their antimicrobial, antioxidant activities. Colloids and surfaces B: biointerfaces. 2013 Feb 1;102:288-91.

39- Jagtap UB, Bapat VA. Green synthesis of silver nanoparticles using Artocarpus heterophyllus Lam. seed extract and its antibacterial activity. Industrial Crops and Products 2013;46:132-137.

40- Hashemi Z, Mohammadyan M, Naderi S, Fakhar M, Biparva P, Akhtari J, etal. Green synthesis of silver nanoparticles using Ferula persica extract (Fp-NPs): Characterization, antibacterial, antileishmanial, and in vitro anticancer activities. Materials Today Communications 2021;27(14):102264.

41- Shirzadi-Ahodashti M, Mizwari ZM, Mohammadi-Aghdam S, Ahmadi S, Ebrahimzadeh MA, Mortazavi-Derazkola S. Optimization and evaluation of anticancer, antifungal, catalytic, and antibacterial activities: Biosynthesis of spherical-shaped gold nanoparticles using Pistacia vera hull extract (AuNPs@ PV). Arabian Journal of Chemistry 2023;16(1):104423.

42- Barani A, Naderi R, Ebrahimzadeh MA. Optimization and evaluation for biomedical activities of green-synthesized cobalt oxide nanoparticles using Astrodaucus persicus and their novel sunscreen applications. Sci Rep 2026;16(1):18537 PMID: 42014873.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-15]