Research Article

Nova Biologica Reperta 11(1): 62-76 (2024)

Print ISSN: 2423-6330/Online ISSN: 2476-7115

https://nbr.khu.ac.ir; Kharazmi University Press; DOI:

مقاله پژوهشی

یافته‌های نوین در علوم زیستی

جلد ۱۱، شماره ۱، صفحات ۶۲ الی ۷۶ (۱۴۰۳)

انتشارات دانشگاه خوارزمی

بررسی مقایسه‌ای خواص زیستی عصاره و نانوذره اکسید نقره سنتز شده از عصاره آبی کلاهک بادمجان

علی علی مرادی[۱]، جمیله سالارآملی[۲*]، مهسا دانشمند[۳]، رحام آرمند[۴]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد سم‌شناسی، گروه علوم زیستی مقایسه‌ای، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، [۲*]استاد، گروه علوم زیستی مقایسه‌ای، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران. تهران، ایران. [۳]دانشجوی دکتری سم‌شناسی، گروه علوم زیستی مقایسه‌ای، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، [۴] دانشکده علوم پزشکی بهبهان، بهبهان، ایران

مسئول مکاتبات: جمیله سالارآملی ، jsalar@ut.ac.ir

چکیده. کلاهک بادمجان از پسماندهای کشاورزی محسوب شده و حاوی ترکیبات فنولی، فلاوونوئیدی و آنتوسیانین بالایی است که احیای یون نقره را کاتالیز کرده و از آن می‌توان برای تولید نانوذرات اکسید نقره با روش سبز استفاده کرد. تولید نانوذرات اکسید نقره با روش سبز با توجه به کاربردها در صنعت و دوست‌دار محیط زیست بودن آن، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. برای تایید تشکیل نانوذرات اکسید نقره و تعیین ویژگی‌های آن‌ها از طیف سنجی فرابنفش- مرئی، دستگاه پراش اشعه ایکس (XRD)، دستگاه آنالیز مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و پراکندگی توزیع اندازه ذره‌ای (DLS) استفاده شد. خواص آنتی‌اکسیدانی نانوذرات اکسید نقره و عصاره آبی کلاهک بادمجان با روش حذف رادیکال-دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل(DPPH) و مهار رادیکال اسید اتیل بنزوتیازولین-۶-سولفونیک (ABTS)، خواص ضد باکتریایی با روش‌های انتشار دیسک، آزمایش غلظت مهارکنندگی حداقل (MIC)، حداقل غلظت کشنده باکتری (MBC) و خاصیت ضد قارچی آن‌ها مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نانوذرات اکسید نقره در ۴۲۲ نانومتر جذب داشتند که تاییدی بر تشکیل آن‌ها است. اندازه ذرات بدست آمده با روش DLS تقریبا ۱۴۰ نانومتر وشکل آن‌ها با استفاده از آنالیز SEM مشخص شد که بصورت کروی می‌باشند. فعالیت زیستی (خواص آنتی‌اکسیدانی و مهاری بر رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها) نانوذرات اکسید نقره نسبت به عصاره آبی کلاهک بالاتر است.

واژه‌های کلیدی. آنتی اکسیدان، ضدباکتریایی، بادنجانیان، سنتز سبز، نانوذرات اکسید نقره

Comparative investigation of biological properties of extract and silver oxide nanoparticles synthesized from aqueous extract of calyx of eggplant

Ali Alimoradi[1], Jamileh SalarAmoli[2*], Mahsa Daneshmand [3], Raham Armand[4]

[1]Ms.C. Student of Toxicology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran,.[*2]Professor, Department of Comparative biosciences, Faculty of veterinary medicine, University of Tehran ,[3] Ph.D candidate in toxicology, Department of Comparative biosciences, Faculty of veterinary medicine, University of Tehran,[4] Behbahan Faculty of Medical Science, Behbahan, Iran

Corresponding author: Jamileh SalarAmoli, jsalar@ut.ac.ir

Abstract. Calyx of eggplant is recognized as agricultural byproducts containing significant levels of phenolic, flavonoid, and anthocyanin compounds that facilitate the reduction of silver ions, enabling the eco-friendly production of silver oxide nanoparticles through a green synthesis approach. The utilization of silver oxide nanoparticles has garnered considerable interest in various industries due to their versatile applications and environmentally sustainable nature. Various analytical techniques such as ultraviolet- visible spectrophotometry, X-ray diffraction, Fourier transform infrared spectroscopy, scanning electron microscopy, and dynamic light scattering were employed to confirm the formation of silver oxide nanoparticles and characterize their properties. The antioxidant, antibacterial, and antifungal activities of the silver oxide nanoparticles and the aqueous extract of calyx of eggplant were evaluated through assays including 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical inhibition, disc diffusion, minimum inhibitory concentration and minimum bactericidal concentration. The absorption peak at 422 nm confirmed the presence of silver oxide nanoparticles, with a particle size of approximately 140 nm determined by DLS analysis and a spherical shape observed through SEM imaging. The biological activities of the silver oxide nanoparticles, including their antioxidant properties and antimicrobial effects were found to be superior to those of the aqueous calyx of eggplant extract.

Key words. Antibacterial, Anti-oxidant, green synthesis, silveroxide nanoparticles, *Solanum melongena*

Received 28.03.2023/ Accepted 16.06.2024/ Published 19.06.2024

دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۰۸/ اصلاح: ۱۴۰۲/۰۳/۱۳/ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۷/ انتشار: ۱۴۰۳/۰۳/۳۰

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.62]

مقدمه

در دو دهه گذشته، نانوذرات فلزاتی مانند طلا، نقره و پلاتین به دلیل ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی منحصر به فرد خود همچون ویژگی‌های الکترونیکی، نوری، مغناطیسی و شیمیایی مورد توجه پروژه‌های تحقیقاتی و کاربردی مختلف از جمله در طب و صنایع دارویی قرار گرفته‌اند (Shnoudeh et al., 2019). نانوذرات می‌توانند با استفاده از رویکردهای مختلف از جمله روش‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی تولید شوند. اگرچه در روش شیمیایی تولید حجم زیادی از نانوذرات در زمان کوتاهی امکان‌پذیر است، اما این روش نیاز به عوامل پوشش‌دهنده برای پایدارسازی اندازه نانوذرات دارد. مواد شیمیایی استفاده شده برای تولید و پایدارسازی نانوذرات، سمی هستند و منجر به تولید پسماند مضر نیز میشوند. از این رو نیاز به پروتکل‌هایی برای ساخت نانوذرات دوست‌دار محیط زیست مورد توجه قرار گرفته و گرایش به روش‌های زیستی که طی آن نانوذرات با استفاده از میکروارگانیسم‌ها از جمله باکتری‌ها، قارچ‌ها و گیاهان سنتز می‌شود را افزایش داده است. به همین دلیل، در سال‌های اخیر «نانوتکنولوژی سبز» بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (Singhal et al., 2011).

استفاده از مواد گیاهی برای سنتز نانوذرات یک تکنیک نسبتاً جدید بوده و تحقیقات کمی در مورد آن‌ها انجام شده است. استفاده از اجزای گیاهی مانند برگ‌ها، پوسته‌ها، ریشه‌ها و ساقه میوه‌ها و سبزیجات در سنتز نانوذرات فلزی موفقیت‌آمیز بوده است (Khalil et al., 2014). از میان انواع نانوذرات فلزی، نانو ذرات نقره نقش‌های بسیاری در صنعت و بهداشت دارند و با دامنه گسترده‌ای از کاربردهای تحقیقاتی، صنعتی و پزشکی روبرو هستند که باعث شده است تا روش‌های سنتز آن‌ها بهینه شود. اما اثرات سوء سنتز از جمله اثرات تجمعی، دغدغه زیادی برای انسان و محیط زیست ایجاد کرده است از این‌رو بشر به جای توقف ساخت آن به جایگزینی روش‌های ایمن در سنتز آن‌ها پرداخته که رایج‌ترین آن سنتز به روش سبز با استفاده از عصاره گیاهان است (Oladipo, I. C., & Ogunsona., 2019) .

با تغییر روش‌های سنتز نانوذرات نقره و استفاده از روش‌های سنتز سبز با استفاده از ترکیبات عصاره‌های گیاهی به عنوان عوامل احیاءکننده، سعی در ارتقای کیفیت و افزایش اثر بخشی آن‌ها شده است. در روش سبز، از گیاهان دارویی و عصاره آن‌ها به عنوان منبع نیترات (و در برخی مواقع به عنوان احیاءکننده) استفاده می‌شود. این روش طبیعی، کم هزینه‌تر و در کل ایمن‌تر از روش شیمیایی است(Aboyewa et al., 2021) .

علاوه بر عصاره‌های طبیعی حاصل از گیاهان کامل و عصاره‌های اجزای مختلف گیاهان، استفاده از عصاره بخش‌های بازیافتی و پسماند آن‌ها نیز به خوبی برای سنتز سبز نانومواد شناخته شده‌اند. عصاره‌های گیاهی حاوی متابولیت‌های مختلف (مانند پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، ویتامین‌ها یا آلکالوئیدها) هستند که به طور کلی در شرایط معمول فاقد سمیت و قابل تجزیه توسط طبیعت بوده و می‌توانند به عنوان عوامل احیاءکننده عمل کنند، به همین ترتیب تشکیل نانوذرات را ارتقاء داده و از متراکم‌شدن آن‌ها (حالت کلوئیدی) جلوگیری نمایند (Patra et al., 2015). در این بین استفاده از عصاره‌های به دست آمده از پسماندهای گیاهی یا میوه‌ها می‌تواند به دلیل فرایند ساده و دوست‌دار محیط زیست و هزینه‌های کم نسبت به سایر روش‌های زیستی سنتز نانوذرات مزیت بیشتری داشته باشند(Saratale et al., 2020) . نانوذرات با استفاده از انواع وسیعی از پسماندهای کشاورزی مانند چوب جوز، ضایعات ذرت، دانه‌ها و پوست میوه، چربی گندم، پوسته برنج و پساب کارخانه روغن خرما با موفقیت سنتز شده‌اند. این پسماندها حاوی بیومولکول‌هایی همچون فنول، فلاوونوئید و پروتئین هستند و می‌توانند به عنوان عامل احیاءکننده زیستی در سنتز سبز نانوذرات متنوع عمل نمایند (Jabir et al., 2021 and Roopan et al., 2013 and Harish et al., 2015).

در خصوص سنتز نانوذرات نقره از پسماندهای کشاورزی نیز تلاش‌هایی صورت گرفته است، خاصیت قوی ضدباکتریایی ذرات نقره، به خصوص در مواجهه با اَبَر باکتری‌ها و یا باکتری‌های مقاوم به آنتی بیوتیک‌ها، سنتز سبز آن‌ها را ضروری نموده است. سنتز نانوذرات نقره از پوست سبزیجات (Sharma et al., 2016)از نمونه‌های کاربرد پسماندهای کشاورزی در سنتز این ترکیبات با کاربرد ضدباکتریایی می‌باشد. خواص آنتی‌اکسیدانی نیز یکی از ویژگی‌های ذرات نانونقره می‌باشد. از جمله، سنتز این ترکیبات از پوست کولانات به ابعاد ۱۲تا ۸۰ نانومتر با خواص آنتی‌اکسیدانی مهار رادیکال‌های آزاد یکی از مثال‌های این حوزه است(Sharma et al., 2016) .

سنتز سبز نانو ذرات نقره با دارا بودن اثرات کاتالیزوری و احیاءکنندگی به‌عنوان مکمل در صنایع غذایی نیز کاربرد دارد. سنتز نانوذره نقره با اندازه ۴ تا ۳۲ نانومتر از پوسته هسته کاکائو و کاربرد آن‌ها در صنایع غذایی، نمونه‌هایی از اهمیت سنتز سبز با استفاده از پسماندهای کشاورزی می‌باشد (Lateef et al., 2016).

در سال ۲۰۲۱ بارابادی و همکارانش نانوذرات نقره را با استفاده از عصاره آبی گیاه *Zataria multiflora* و محلول نیترات نقره با استفاده از روتاری سنتز کردند. در این تحقیق با کمک طیف

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.62]

سنجی فرابنفش- مرئی و جذب در ۲۶۱ نانومتر، تشکیل نانوذرات نقره تایید و سپس خواص ضد باکتریایی این ذرات نیز مورد تایید قرار گرفت(Barabadi et al., 2021) .

مطالعه دیگری در سال ۲۰۲۲ توسط اووس و همکارانش انجام گرفت. در این تحقیق از عصاره آبی گیاه *ConocarpusLancifolius*برای سنتز نانوذرات نقره استفاده شد. با کمک دستگاه طیف سنجی فرابنفش- مرئی و جذب در ۴۲۲ نانومتر تشکیل نانوذرات نقره تایید شد. آزمون‌های باکتریایی و قارچی تاییدکننده خواص ضد باکتریایی و قارچی نانوذرات نقره سنتز شده است.(Oves et al., 2022)

نوید و همکاران در سال ۲۰۲۲ در تحقیق خود در خصوص اثر ضد باکتریایی و ضد التهابی نانو نقره سنتز شده از گیاه *Acer oblongifolium* درآزمون برون تنی نشان دادند که نانوذرات نقره فعالیت ضد باکتری قوی دارند. این تحقیق نشان داد که نانوذرات نقره بنا به خواص آنتی اکسیدانی، ضد باکتری و ضد سرطانی، می‌توانند در آینده در پیشگیری و درمان بیماری‌ها و سایر موارد مورد نیاز انسان از جمله در صنایع مورد استفاده قرار گیرند(Naveed et al., 2022).

واسیلاوسکا و همکارانش در سال ۲۰۲۳ از عصاره‌های آبی پیاز، سیب، سیب زمینی، فلفل قرمز و سیر برای سنتز نانوذرات نقره استفاده کرده و اثرات ضدباکتری آن‌ها را مورد مقایسه و بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که بهترین اثرات ضد باکتریایی به نانوذراتی که از عصاره سیب زمینی تهیه شده‌اند تعلق دارد (Wasilewska et al., 2023).

الزبیدی و همکارانش نیز در سال ۲۰۲۳ از عصاره الکلی بذرکتان به عنوان احیاءکننده در سنتز نانوذرات نقره بهره گرفتند و خواص ضد قارچی و ضد باکتری آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت، نتایج حاکی از قدرت بالای نانوذرات نقره سنتز شده در مهار رشد باکتری‌ها و قارچ ها است(Alzubaidi et al., 2023) .

در سال ۲۰۲۴ سعید و همکارانش طی پژوهشی از برگ حنای مصری برای سنتز نانوذرات نقره استفاده کردند و خواص ضد باکتری آن‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج تمام گونه‌های میکروارگانیسم‌ها به نانوذرات نقره حساس می‌باشند (Pushparaj et al., 2023).

بادمجان متعلق به خانواده*Solanaceae* با نام علمی *Solanum melongena* می‌باشد. میوه این گیاه به وفور در دنیا مورد مصرف قرار می‌گیرد. بر اساس آمار FAO میزان تولید این سبزی در سال ۲۰۱۶، ۵۱/۳ میلیون تن بوده است. طبق تحقیق جانگ و همکارانش درسال ۲۰۱۱ همه قسمت‌های میوه بادمجان دارای ترکیبات فنلی، فلاوونوئید، خاصیت آنتی‌اکسیدانی و احیاءکنندگی است و این خواص در بخش کلاهک بادمجان بیش از بخش‌های دیگر آن می‌باشد. عصاره آبی کالیکس خواص آنتی‌اکسیدانی بسیار قوی و محتوای فنولی بالایی دارد. بادمجان دارای گونه‌های مختلفی است که از نظر ابعاد مختلف ریخت‌شناسی و خواص زیستی از جمله ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، میزان آنتوسیانین تام و محتویات فنل تام با یکدیگر متفاوت هستند. با توجه به مطالعاتی که تاکنون انجام شده است، کلاهک بادمجان، خصوصا به عنوان یک پسماند، در سنتز نانوذرات کمتر مورد توجه بوده است. به همین علت در این مطالعه، نانوذرات اکسید نقره از عصاره آبی کلاهک گیاه بادمجان با استفاده از روش اولتراسونیک که کمتر مورد بررسی قرار گرفته است و در گروه روش‌های سنتز سبز قرار می‌گیرد، تهیه شد. ویژگی‌های فیزیکی نانوذرات با استفاده از تکنیک‌ها و دستگاه‌های مختلف بررسی و اثرات و خواص زیستی همچون خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد باکتریایی و ضد قارچی نانوذره اکسید نقره سنتز شده نیز مورد مطالعه مقایسه‌ای با عصاره کلاهک بادمجان قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

گیاه بادمجان(*Solanum melongena*) ، نیترات نقره (مرک، کد ۱۰۱۵۱۰)

آماده سازی و تهیه عصاره

بادمجان (*Solanum melongena*) در خرداد ماه سال ۱۴۰۲، مستقیماً از یک منطقه کشت بادمجان خریداری شد تا از ثابت بودن گونه بادمجان اطمینان حاصل شود و پیش از شروع فرآیند استخراج، نوع گونه بادمجان توسط یک گیاه‌شناس شناسایی شد. بخش کاسه گل (کالیکس) بادمجان را جدا نموده و با آب مقطر شستشو داده شد تا خاک و ذرات گرد و غبار و هرگونه ناخالصی و آلودگی دیگر حذف شود. سپس در سایه و دور از نور به مدت ۳ روز در دمای اتاق خشک و در نهایت با آسیاب (مولینکس، فرانسه) پودر شدند.(Pushparaj et al., 2023)

برای تهیه عصاره، ۲۰ گرم از پودر کالیکس را وزن کرده و ۱۵۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه شده به آن اضافه شد. ظرف حاوی مخلوط را در دستگاه اولتراسونیک در دمای ۴۵ درجه به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده و در نهایت عصاره خام بدست آمده با کاغذ صافی واتمن شماره یک فیلتر شد.(Alvand et al., 2019)

سنتز نانوذرات اکسید نقره با روش اولتراسونیک

نانوذرات اکسید نقره با کاهش نیترات نقره با استفاده از امواج اولتراسونیک در حضور عصاره آبی کالیکس بادمجان سنتز شدند. از این رو، ۲۵ میلی‌لیتر از عصاره آبی گیاه با ۵۰ میلی‌لیتر محلول

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.62]

نقره نیترات دو میلی مولار مخلوط و سپس در حمام اولتراسونیک در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه غوطه‌ور شد تا زمانی که تغییر رنگ دیگری در محلول ایجاد نشود (۴۰ کیلوهرتز، ۱۲۰ وات). سپس سوسپانسیون به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و در ادامه، رسوب نانوذرات در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در خلاء به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا خشک شوند. در نهایت نانوذرات اکسید نقره سنتز شدند. برای حذف ناخالصی‌های گیاه از نانوذرات، نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت در دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند.(Nouri et al., 2020)

بررسی ویژگی‌های نانوذرات اکسید نقره

بررسی تشکیل نانوذرات با دستگاه طیف سنجی فرابنفش- مرئی

طیف جذبی فرابنفش- مرئی تمام نمونه‌ها با دستگاه طیف سنجی (Beckman, DU 650) اندازه‌گیری شد (Wasilewska et al., 2023).

بررسی نانوذرات اکسید نقره با دستگاه پراش اشعه ایکس (XRD)

الگوی پراش اشعه ایکس با استفاده از پراش‌سنج-STOE Stidy-mpبا منبع Cu Ka (λ=1.541786 Å) به دست آمد (Wasilewska et al., 2023).

بررسی نانوذرات اکسید نقره با دستگاه آنالیز مادون قرمز تبدیل فوریه(FT-IR)

طیف FT-IR نمونه‌ها بر روی یک دستگاه JASCO-680 در محدوده طیفی ۴۰۰۰-۴۰۰ (CM-1) با استفاده از دیسک‌های KBrثبت شد.(Wasilewska et al., 2023)

بررسی نانوذرات اکسید نقره با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)و پراکندگی توزیع اندازه ذره‌ای(DLS)

تصاویر SEM بر روی دستگاه فیلیپس سری XL30 با استفاده از یک فیلم طلایی برای بارگذاری ذرات خشک شده روی دستگاه ضبط شد. برای بررسی پراکندگی توزیع اندازه ذره ای و به عنوان روشی مکمل برای میکروسکوپ الکترونی روبشی، از DLSاستفاده شد و نمونه به صورت حلال در آب و کلوئیدی، که از شرایط اندازه گیری با دستگاه DLS است، مورد بررسی قرار گرفت.(Wasilewska et al., 2023) .

بررسی ویژگی‌های زیستی

تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش حذف رادیکال DPPH

فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاهی و نانوذرات اکسید نقره در برابر DPPH با استفاده از روش حذف رادیکال ۲،۲-دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) تعیین شد. رقت متانولی DPPH 10-4 M × 1تهیه شده و مقادیر ۴۰ میکرولیتری از هر نمونه به ۲ میلی‌لیتر DPPH به عنوان رادیکال پایدار اضافه گردید .(Intan Soraya et al., 2017)نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در تاریکی در دمای اتاق نگهداری شدند و سپس درصد بازداری در طول موج ۵۱۷ نانومتر به شرح زیر اندازه‌گیری شد:

معادله ۱، درصد بازداری

$[(A_0 - A_1)/A_0] \times 100$

A_0چگالی نوری کنترل و A_1 چگالی نوری نمونه‌ها است.

بلانک با رقت متانولی DPPH تهیه شد.

تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش مهار رادیکال آزادABTS

فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاهی و نانوذرات اکسید نقره در برابر ABTS با استفاده از روش حذف رادیکال آزاد ABTS تعیین شد. اکسیداسیون ABTS توسط پرسولفات پتاسیم باعث ایجاد ABTS رادیکال می‌شود. در این سنجش، به طور خلاصه، ۴۰ میکرولیتر از نمونه‌ها با ۲ میلی‌لیتر رادیکال اسید اتیل بنزوتیازولین-۶-سولفونیک (ABTS) مخلوط شد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق نگهداری و در طول موج ۵۳۴ نانومتر، درصد مهار به عنوان آزمونABTS محاسبه شد (Shaaban et al., 2024).

فعالیت ضد باکتریایی و قارچی

برای غربالگری پتانسیل ضد میکروبی عصاره گیاه، چهار گونه باکتری شامل باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی و دو سویه قارچ (*Candida albicans* (MTCC 227) و (*Aspergillus oryzae*)انتخاب شدند. باکتری‌های گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس(ATTCC6538) ، باسیلوس سابتیلوس (ATCC6633)و سودوموناس آئروگینوزا (ATCC 9027) و اشریشیا کلی (ATCC6538) به‌عنوان باکتری‌های گرم منفی انتخاب شدند. این باکتری‌های انتخاب شده در آگار مولر-هینتون در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد (۲۴ ساعت) رشد کردند.

تست انتشار دیسک

از روش دیسک دیفیوژن برای ارزیابی پتانسیل ضد باکتریایی در شرایط آزمایشگاهی عصاره آبی و نانوذرات اکسید نقره در برابر سویه باکتری استفاده شد. در این روش باکتری‌های گرم منفی مانند *P. aeruginosa* (ATCC: 9027) و E. coli (ATCC: 25922)، همچنین باکتری‌های گرم مثبت از جمله *Bacillus subtilis* (ATCC: 6635)و *Staphylococcus aureus* (ATCC: 6538)مورد بررسی قرار گرفتند.

به طور خلاصه، ۰/۱ میلی‌لیتر از هر ارگانیسم ابتدا با استفاده از یک سواب استریل روی محیط کشت مولر هینتون آگار (MHA) پراکنده شد. سپس از DMSO به عنوان کنترل منفی ، زیرا

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.62]

نشان داده شده است که این حلال اثر زیستی زیادی بر روی باکتری انتخاب شده ندارد. پس از تهیه غلظت‌های مختلف ۶/۲۵، ۱۲/۵۰ و ۲۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر نمونه‌ها در DMSO، دیسک‌های کاغذ صافی با قطر ۵ میلی‌متر با غلظت‌های مختلف نمونه‌ها بارگذاری و روی پلیت‌های تلقیح شده قرار گرفتند. . در نهایت به مدت ۲۴ ساعت (۳۷ درجه سانتی‌گراد) انکوبه شدند و قطر ناحیه مهار (برحسب میلی‌متر) اطراف چاه به عنوان معیار فعالیت ضد باکتریایی نمونه‌ها در نظر گرفته شد (Cunha et al., 2016).

آزمایش غلظت مهارکنندگی حداقل (MIC) و حداقل غلظت کشنده باکتری(MBC)

در MIC از روش Broth Dilution برای ارزیابی فعالیت ضد باکتریایی نمونه‌ها استفاده می‌شود. محلول‌های مختلف نمونه در محدوده غلظت ۱۲/۵- ۰/۰۰۲۴ میلی‌گرم در میلی‌لیتر در شرایط استریل با استفاده از روش رقت‌سازی سریالی تهیه شد. مقدار ۰/۱ میلی‌لیتر از میکروارگانیسم و ۰/۶۵ میلی‌لیتر مولر هینتون براث به ۰/۲۵ میلی‌لیتر نمونه داخل لوله آزمایش اضافه و هر لوله به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شد. در نهایت، حداقل غلظت نمونه که رشد میکروارگانیسم را مهار می‌کرد، به‌عنوان MIC ثبت شد (Wasilewska et al., 2023).

در غربالگریMBC، یک حلقه پر از محلول‌های نمونه رقیق شده (از ۰/۰۰۲۴ میلی‌گرم در میلی‌لیتر تا ۱۲/۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) در محیط کشت مولر هینتون آگار کشت و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شد. حداقل غلظت هر نمونه که رشد قابل توجهی از میکروارگانیسم را در محیط آگار نشان نداد، MBC در نظر گرفته شد (Krishnan et al., 2015).

تست فعالیت ضد قارچی

با هدف ارزیابی پتانسیل ضد قارچی عصاره و نانوذرات اکسید نقره بر قارچ‌های گونه *Candida albicans* و *Aspergillus oryzae* از روش انتشار دیسک به مدت ۷۲ ساعت استفاده شد. سوسپانسیون قارچ روی دکستروز آگار سیب زمینی (*PDA*) رشد داده شده و غلظت قارچ توسط یک محفظه شمارش سلولی تخمین و منطقه مهار به عنوان پتانسیل ضد قارچی نمونه ها ثبت گردید (Kim et al., 2009).

نتایج

اثبات تشکیل نانوذرات نقره و بررسی ویژگی‌های فیزیکی نانوذرات اکسید نقره

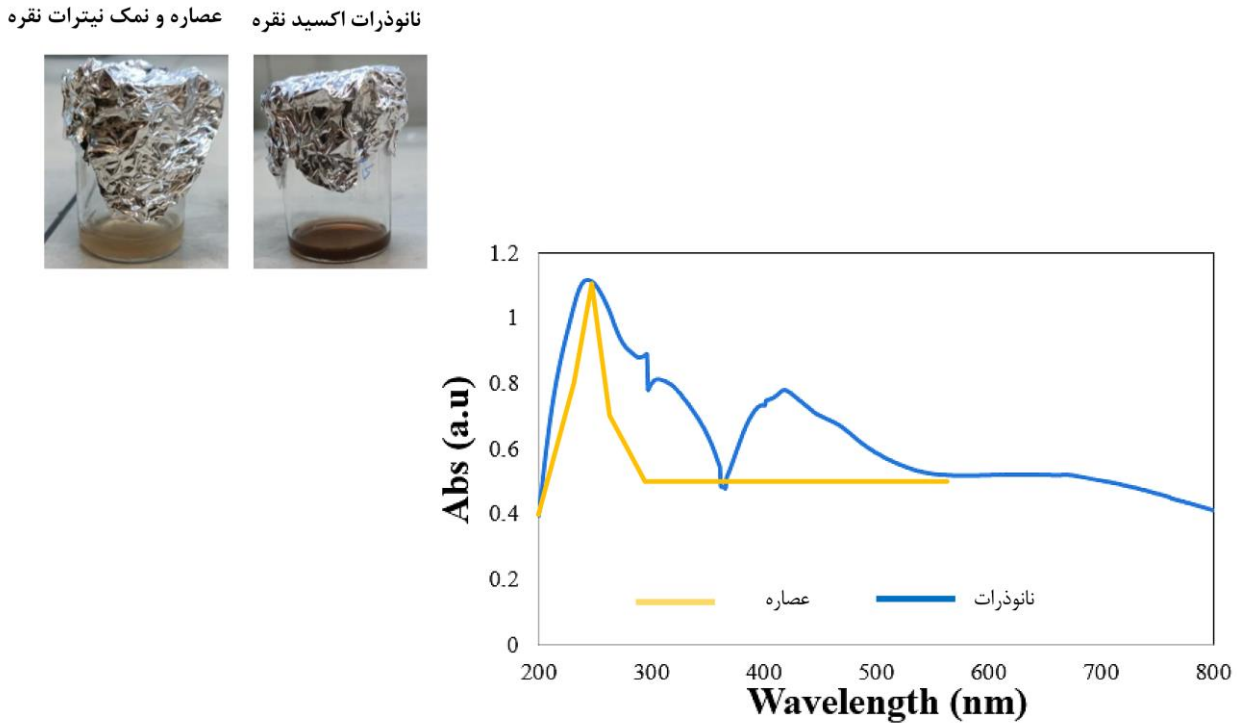
پس از سنتز نانوذرات اکسید نقره با استفاده از عصاره کالیکس بادمجان، برای اثبات تشکیل نانوذرات نقره و بررسی ویژگی‌های فیزیکی همچون شکل و اندازه از دستگاه‌های مختلفی همچون طیف سنجی فرابنفش- مرئی، XRD, FT-IR spectroscopy, DLS و SEM استفاده شد.

بررسی تشکیل نانوذرات با دستگاه طیف سنجی فرابنفش- مرئی

نانوذرات اکسید نقره در طول موج ۴۲۲ نانومتر در دستگاه طیف سنجی فرابنفش- مرئی جذب دارند. همان طور که در تصویر یک نشان داده شده است نانوذرات سنتز شده در این مطالعه نیز جذب بالایی در ۴۲۲ نانومتر دارند که تاییدی بر تشکیل نانوذرات اکسید نقره است. تغییر رنگ محلول حاصل از ترکیب عصاره کلاهک بادمجان و نیترات نقره به رنگ قهوه‌ای نیز تایید دیگری بر تشکیل نانوذرات اکسید نقره است (تصویر۲).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.62]

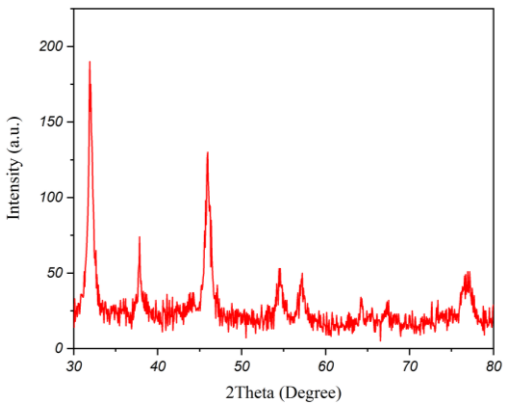


شکل۱- طیف جذبی طیف سنجی نانوذرات سنتز شده، طیف آبی رنگ با استفاده از روش اولتراسونیک، در طول موج ۴۲۲ نانومتر طول موج نارنجی رنگ(جذب در طول موج بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ نانومتر) مربوط به عصاره است، در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و pH=4

Figure1. Absorption of synthesized nano particles (blue line) based on ultrasonic method, in 422 nm wavelength, orange line (The absorption from 200- 300 nm) is related to extract, 25ºC, pH=4

بررسی نانوذرات اکسید نقره با دستگاه پراش اشعه ایکس (XRD)

به منظور بررسی شکل ذره و اندازه ذرات کریستالی نانوذرات اکسید نقره از دستگاه XRD استفاده شد. بر اساس مطالعات انجام شده نانوذرات اکسید نقره در زاویه 2θ و در فاصله بین ۱۰ تا ۸۰ درجه جذب دارند. همان طور که در (تصویر۳) نشان داده شده است نانوذرات اکسید نقره سنتز شده از کلاهک بادمجان در این زاویه و فاصله پیک دارد. در شکل قله‌هایی واقع در زوایای ۳۲/۵۰، ۳۶/۰، ۴۶/۰، ۵۵/۰، ۵۷/۰، ۶۴/۰ و ۷۸/۰ دیده شد که بازتاب (۱۱۱)، (۲۰۰)، (۲۱۱)، (۲۲۰)، (۲۲۱)، (۰۱۳) و (۳۱۱) و طبق گزارش هایی که که قبلا انجام شده سنتز قابل تایید است (Fayyadh et al., 2021 and Widyaningtyas et al., 2019).



شکل ۲-الگوی XRD نانوذرات سنتز شده با روش اولتراسونیک. دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و pH اسیدی ۴

Figure2. XRD template of synthesized nanoparticles based on ultrasonic method, 25ºC, pH=4

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.62]

بررسی نانوذرات اکسید نقره با دستگاه آنالیز مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR)

از دستگاه FT-IR برای بررسی ترکیبات و پیوندهای موجود در ترکیب نانوذرات اکسید نقره استفاده شد. بسیاری از پیک‌ها در طول موجی بین ۳۳۴۰ تا ۳۴۰۰ در تصویر سوم قابل مشاهده است. این فرورفتگی‌ها مربوط به گروه هیدروکسیل است. فرورفتگی‌ها در طول موج $2850 cm^{-1}$ به آلکان‌ها تعلق دارد. طیف FT-IR نانوذرات اکسید نقره تهیه شده توسط عصاره آبی گیاه بادمجان در (تصویر۴) نشان داده شده است. برخی از پیک‌های شدید در همه نمونه‌ها بین $3340-3400 cm^{-1}$ است که ممکن است با گروه‌های (OH-)یا N-H مطابقت داشته باشد. $2850 cm^{-1}$ (C-H آلکان)، $1600 cm^{-1}$ (C=O)، ۱۳۸۴ (C=C SP2)، $1070 cm^{-1}$(الکل C-O یا اسید کربوکسیلیک) می‌باشد. در برخی گزارش‌ها، نوار جذبی مشاهده شده در ناحیه اثر انگشت زیر $600 cm^{-1}$ به نانوذرات تهیه شده اختصاص داده شد (Alvand et al., 2019 and Azizi et al., 2016)



شکل ۳- نتیجه آنالیز با دستگاه FT-IR، دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و pH اسیدی ۴

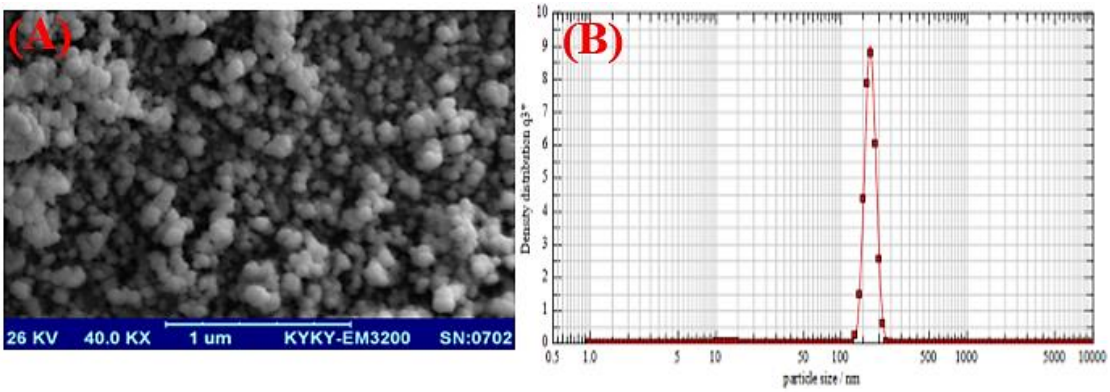
Figure3. Results of FT-IR analysis, 25ºC, pH=4

بررسی نانوذرات اکسید نقره با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و پراکندگی نور پویا (DLS)

نتایج تجزیه و تحلیل SEM نشان داد که نانوذرات اکسید نقره همگن و کروی شکل است. تصاویر SEM توزیع اندازه باریک ذرات نانومقیاس را نشان می‌دهند (شکل ۴-A). اندازه متوسط ذرات ۳±۱۴۰ نانومتر برای نانوذرات اکسید نقره سنتز شده برآورد شد. میانگین قطر نانوذرات اکسید نقره توسط DLS، ۱۶۹±۴ نانومتر تعیین شده است. آنالیز در دمای اتاق (۲۵درجه سانتی گراد انجام شده است. pH محلول اسیدی و ۴ است. (شکل۴-B).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.62]



شکل۴-الگوی SEM (A) و الگوی (DLS)(B) نانوذرات سنتز شده با روش اولتراسونیک، در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و pH=4

Figure 4. SEM template (A), DLS template (B) of silver oxide nanoparticles based on ultrasonic method, 25ºC, pH=4

بررسی ویژگی‌های زیستی

تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش حذف رادیکال DPPH

با توجه به فعالیت‌های مهار رادیکال‌های آزاد، همه نمونه‌ها پتانسیل مهار رادیکال DPPH قوی را نشان دادند که با Trolox (ترولوکس) استاندارد قابل مقایسه است. پتانسیل مهار DPPH نمونه‌ها از ۵۷ تا ۹۵ درصد است در حالی‌که Trolox استاندارد، درصد مهار را در محدوده ۹۷-۹۹ درصد نشان می‌دهد. به طور کلی درصد مهار رادیکال‌های آزاد توسط نانوذرات اکسید نقره بیشتر از عصاره می‌باشد، غلظت های ۶/۲۵، ۱۲ و ۲۵ از عصاره و نانوذره و با ($p<0.05$) (شکل ۵).

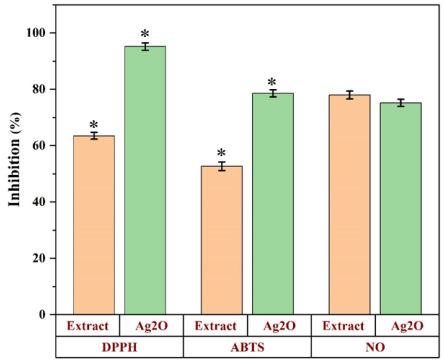
تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش مهار رادیکال آزاد ABTS

همه نمونه‌ها در سنجش ABTS فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی را نشان دادند. فعالیت مهار رادیکال‌های آزاد در ABTS بین ۴۵-۶۹ درصد درمقایسه با Trolox استاندارد در محدوده ۹۶-۹۷ درصد بود (شکل۵).

نتایج تست ABTS همانند تست DPPH شامل درصد مهار رادیکال‌های آزاد توسط نانوذرات اکسید نقره بیشتر از عصاره می‌باشد با ($p<0.05$).

تست نیتریک اکساید یک روش غربالگری مفید است برای تعیین اینکه آیا ترکیبات گیاهی دارای خواص ضد التهابی می‌باشند یا خیر. میانگین فعالیت خواص ضدالتهابی برای عصاره گیاه تقریبا ۷۸ درصد و برای نانوذره تقریبا ۷۶ درصد بود که تفاوت معناداری نسبت به یکدیگر نداشتند.

در مطالعه حاضر،تمامی نمونه‌های مورد مطالعه فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی توسط سیستم‌های مختلف به ویژه DPPH و ABTS را نشان دادند که می‌توانند به عنوان کاندیدای انتخابی برای مهار تولید رادیکال‌های آزاد در سیستم‌های زیستی معرفی شوند.



شکل۵- مقایسه اثرات آنتی‌اکسیدانی نانوذرات اکسید نقره با عصاره (مقایسه درصد مهار رادیکال‌های آزاد با روش‌های مختلف با $p < 0.05$)، غلظت های ۶/۲۵، ۱۲ و ۲۵ از عصاره و نانوذره استفاده شده است.

Figure5. Comparison of antioxidant effects of silver oxide nanoparticles and extract (comparison of inhibition of free radicals based on different methods, $p < 0.05$)

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.62]

فعالیت ضد باکتریایی و ضد قارچی

برای غربالگری پتانسیل ضد میکروبی و ضد قارچی عصاره گیاه، چهار گونه باکتری، دو گونه گرم مثبت و دو گونه گرم منفی و دو سویه قارچ (*Candida albicans (MTCC 227)* و *Aspergillus oryzae*) انتخاب شدند. باکتری‌های گرم مثبت شامل استافیلوکوکوس اورئوس (*ATTCC6538*)، باسیلوس سابتیلوس (*ATCC6633*) و اشریشیا کلی (*ATCC6538*) و سودوموناس آئروگینوزا (*ATCC 9027*)، به عنوان باکتری‌های گرم منفی انتخاب شدند. در دمای ۲۹ درجه سانتی‌گراد (۷۲ ساعت) و باکتری‌های انتخاب شده در آگار مولر-هینتون در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد (۲۴ ساعت) رشد کردند.

تست انتشار دیسک

از روش دیسک دیفیوژن برای ارزیابی پتانسیل ضد باکتریایی عصاره آبی و نانوذرات اکسید نقره در برابر سویه‌های مختلف باکتری استفاده شد. در این روش باکتری‌های گرم منفی مانند *P. aeruginosa (ATCC: 9027)* و *E. coli (ATCC: 25922)* و همچنین باکتری‌های گرم مثبت از جمله *Bacillus subtilis (ATCC: 6635)* و *Staphylococcus aureus (ATCC: 6538)* مورد بررسی قرار گرفتند.

همان‌طور که از جدول شماره یک مشخص است اثر مهاری عصاره آبی کالیکس بادمجان و نانوذرات اکسید نقره در دو نوع باکتری گرم مثبت و منفی با افزایش غلظت افزایش یافته است. به طور کلی می‌توان گفت اثر مهاری و ضد باکتری نانوذرات نقره بیشتر از عصاره آبی است. بیشترین اثر مهاری توسط نانوذره اکسید نقره با غلظت ۲۵ بر روی باکتری اشریشیا کولای بوده است و کمترین اثرگذاری توسط غلظت ۶/۲۵ از عصاره آبی ایجاد شده است.

جدول ۱- اثرنانوذرات اکسید نقره بر مهار باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی بر حسب میلی‌متر

Table1.Silver oxide nanoparticles inhibition effects on germ positive and germ negative bacteria

Compound	Gram-negative						Gram-positive					
	PreudomonasOeruginosa			***Escerichia Coli***			***Staphylococcus oureus***			***Bacillus Subtilis***		
mg/ml	**6.25**	**12.5**	**25**	**6.25**	**12.5**	**25**	**6.25**	**12.5**	**25**	**6.25**	**12.5**	**25**
Extract	8.40±0.12	9.60±0.20	10.50±0.26	7.20±0.19	10.00±0.17	10.30±0.21	7.40±0.18	8.50±0.15	9.90±0.24	8.00±0.25	9.30±0.23	10.70±0.27
Ag2O NPs	12.60±0.16	13.20±0.19	14.80±0.28	11.10±0.23	12.30±0.20	13.40±0.22	8.40±0.25	10.50±0.19	12.60±0.27	9.10±0.21	10.20±0.27	12.10±0.24

آزمایش غلظت مهارکنندگی حداقل (MIC) و حداقل غلظت کشنده باکتری (MBC)

آزمون های *MIC, MBC* با هدف ارزیابی اثرات ضد باکتریایی نانوذرات بر میکروارگانیسم‌های گرم مثبت و گرم منفی استفاده شد. با توجه به جدول ۲، یافته‌ها نشان داد که باکتری‌های گرم منفی اثرات بهتری نسبت به باکتری‌های گرم مثبت دارند.

با توجه به جدول ۲، غلظت کمتری از نانوذرات اکسید نقره برای مهار رشد باکتری‌ها نسبت به عصاره آبی کالیکس بادمجان نیاز است که نشان‌دهنده قدرت مهارکنندگی بالاتر نانوذرات اکسید نقره است.

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت باکتری‌های گرم مثبت مقاومت بیشتری نسبت به باکتری‌های گرم منفی دارند چرا که غلظت‌های بالاتری برای مهار آن‌ها مورد نیاز بوده است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.62]

جدول ۲-اثرنانوذرات اکسید نقره بر مهار باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی با آزمون‌های MBC و MIC بر حسب میلی‌گرم بر میلی‌لیتر
Table2. Silver Oxide nanoparticles effects on inhibition of germ positive and germ negative bacteria based on MBC and MIC tests (mg/ml)

Compound	Gram-negative				Gram-positive			
	PreudomonasOeruginosa		*Escerichia Coli*		*Staphylococcus oureus*		*Bacillus Subtilis*	
	MBC	**MIC**	**MBC**	**MIC**	**MBC**	**MIC**	**MBC**	**MIC**
Extract	2.5	1.25	1.25	1.25	5.0	2.5	5.0	1.25
Ag2O NPs	0.32	0.32	0.32	0.15	1.25	0.60	0.60	0.60

تست فعالیت ضد قارچی

فعالیت‌های ضد قارچی نانوذرات اکسید نقره و نمونه‌های عصاره آبی کالیکس بادمجان با استفاده از روش انتشار دیسک در برابر کشت قارچی *A. oryzae* و *C. albicans* مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳). نتایج به دست آمده نشان‌دهنده آن است که با افزایش غلظت، اثر ضد قارچی افزایش یافته و اثربخشی و فعالیت ضد قارچی نانوذرات اکسید نقره بیشتر است. حساسیت گونه آسپرژیلوس بیشتر است و بیشترین مهار در غلظت ۲۵ (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) نانوذره اکسید نقره بوده است.

جدول ۳-اثرنانوذرات اکسید نقره بر مهار قارچها بر حسب میلی‌گرم بر میلی‌لیتر
Table3. Antifungal activities of constructed disks based on diameter zone (mm) of inhibition against two funguses

Compound	Antifungal					
	Candida albicans			*Aspergillus oryzae*		
mg/ml	**6.25**	**12.5**	**25**	**6.25**	**12.5**	**25**
Extract	6.30±0.21	7.10±0.23	7.90±0.20	6.50±0.19	7.60±0.27	9.20±0.24
Ag2O NPs	9.70±0.26	10.30±0.27	11.50±0.24	11.20±0.23	12.10±0.25	12.90±0.20

بحث

در این مطالعه با روش اولتراسونیک از عصاره آبی کلاهک بادمجان که نوعی پسماند کشاورزی محسوب می‌شود نانوذرات اکسید نقره سنتز شد. تغییر رنگ عصاره از سبز به قهوه‌ای تیره پس از افزودن نیترات نقره و قرارگرفتن در اولتراسونیک، نشان‌دهنده تکمیل واکنش احیا با کمک مواد موثره‌ای همچون فنول‌ها، فلاوونوئیدها و آنتوسیانین موجود در عصاره و تبدیل نقره سه بار مثبت به نانوذرات اکسید نقره است. با هدف تایید تشکیل نانوذرات میزان جذب آن با دستگاه طیف سنجی فرابنفش- مرئی در بازه‌ای از طول موج‌های مختلف اندازه‌گیری شد. بیشترین میزان جذب در ۴۲۲ نانومتر مشاهده شد که با مطالعات دیگری که در آن‌ها از عصاره‌ها با هدف سنتز نانوذرات اکسید نقره استفاده شده است، همسو است (Kimetal., 2009 and Khan et al., 2021). علت تفاوت‌ها در طول موج جذبی می‌تواند به توانایی احیای زیستی ماده مورد آزمون (عصاره‌های گیاهی) مرتبط باشد (Krithiga et al., 2015).

از XRD با هدف بررسی‌های کیفی و کمی ویژگی‌های نانوذرات اکسید نقره استفاده شده است و با کمک آن می‌توان خواص کریستالی نانوذرات را بررسی کرد. قله‌های مشاهده شده در این مطالعه با بسیاری از مطالعات انجام شده هم خوانی دارد. زاویه دو تتا با الگوی XRD در مطالعه کریشیگا و همکاران مشترک است (Narayanan et al., 2021).

نتایج حاصل از دستگاه FT-IR نشان‌دهنده وجود آلکان‌ها و گروه‌های عاملی مختلفی از جمله هیدروکسیل‌ها و کربوکسیلیک اسیدها است، این گروه‌های عاملی به احیای ذرات نقره و تشکیل نانوذرات اکسید نقره کمک می‌کنند. بازه طول موج‌های جذب شده نیز تاییدی بر تشکیل نانوذرات است و با سایر مطالعات که

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.61186/nbr.11.1.62]

بر سنتز نانوذرات اکسید نقره تمرکز دارند همخوانی دارند (Nagarajaetal., 2022 and Jenifer et al., 2020).

از میکروسکوپ الکترونی روبشی با هدف بررسی ریخت‌شناسی (مرفولوژیکی) سطح و اندازه نانوذرات اکسید نقره استفاده شد. شکل نانوذرات همانند نانوذرات نقره سنتز شده توسط زوبیر و همکاران کروی شکل است (Labulo et al., 2022) و اندازه آن ۱۴۰ نانومتر است. با استفاده از DLS قطر نانوذرات محاسبه شد که ۱۶۹ نانومتر است.

برای بررسی اثرات آنتی‌اکسیدانی نانوذرات اکسید نقره از دو آزمون حذف رادیکال DPPH و حذف رادیکال آزاد ABTS استفاده شد. بر اساس آزمون‌های آنتی‌اکسیدانی انجام شده خواص آنتی‌اکسیدانی نانوذرات ثابت شد. این نتایج با مطالعه زوبیر و همکاران، نارایانان و همکاران و لابولو و همکاران همسو است (Labulo et al., 2022 and Krithiga et al., 2015 and Jenifer et al., 2020). خاصیت آنتی‌اکسیدانی نانوذرات اکسید نقره سنتز شده از عصاره گیاهان می‌تواند به این دلیل باشد که نانوذرات با اجزای تشکیل‌دهنده گیاهان پوشیده شده و در نتیجه بهتر می‌توانند به حذف رادیکال‌های آزاد کمک کنند (Jenifer et al., 2020).

بر اساس آزمون انتشار دیسک باکتری‌های گرم مثبت، *Bacillus subtilis (ATCC: 6635)* و *Staphylococcus aureus (ATCC: 6538)* حساسیت بیشتری در مقایسه با عصاره به نانوذرات نقره دارند. بر اساس مطالعات انجام شده خواص ضد باکتریایی نانوذرات اکسید نقره علاوه بر سویه‌های نام برده شده، بر سایر سویه‌های باکتری‌های گرم منفی از جمله اشریشیا کولای و سودوموناس نیز اثبات شده است (Labulo et al., 2022 and Krithiga et al., 2015). با هدف بررسی بیشتر خواص ضد باکتری نانوذرات اکسید نقره، دو آزمون غلظت مهارکنندگی حداقل (MIC) و حداقل غلظت کشنده باکتری (MBC) نیز انجام شد. در این مطالعه نیز نانوذرات اکسید نقره اثرگذاری بهتری نسبت به عصاره داشته و باکتری‌های گرم مثبت مقاومت بیشتری نسبت به باکتری‌های گرم منفی دارند. مکانیسم ایجاد اثر مهاری بر روی باکتری‌ها به طور کامل شناخته نشده است. اما بر اساس مطالعات انجام شده می‌توان گفت نانوذرات نقره غشای سلولی را تخریب کرده، وارد هسته شده و با ایجاد بر همکنش با DNA باعث مرگ باکتری‌ها خواهد شد (Vasquez et al., 2023 and Huq et al., 2022). در مطالعات دیگر به اثر مهاری نانوذرات نقره بر پروتئین‌ها، خصوصا سیتوکروم اشاره شده است (Wasilewska et al., 2023).

نانوذرات اکسید نقره سنتز شده در این مطالعه اثرات مهاری بر رشد قارچها نشان دادند و گونه آسپرژیلوس حساسیت بیشتری دارد. این نتایج با مطالعه اووس و همکاران همسو است. قدرت مهار رشد قارچها به عوامل مختلفی همچون غلظت، شکل و نوع پاتوژن وابسته است (Oves et al., 2022).

نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه سنتز نانوذرات اکسید نقره با احیای نیترات نقره با استفاده از مواد موثره موجود در عصاره کالیکس بادمجان، به عنوان یک روش سبز و دوست‌دار محیط زیست بود. علاوه بر آن با هدف شناخت بیشتر ویژگی‌های فیزیکی نانوذره و مقایسه فعالیت و اثر زیستی آن با عصاره آبی کالیکس بادمجان، آزمون‌هایی انجام شد. با توجه به بررسی‌های انجام شده، نانوذرات به دست آمده کروی شکل بوده و ابعاد ۱۴۰ نانومتر دارند. نانوذرات اکسید نقره خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ضد باکتریایی و ضد قارچی دارد. این خواص وابسته به غلظت بوده و با افزایش غلظت افزایش می‌یابد. در مقایسه با عصاره، نانوذرات خواص مهارکنندگی و ضد قارچی و باکتریایی بیشتری دارد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات پیش رو بر روی کاهش ابعاد نانوذرات به ۷۰ تا ۸۰ نانومتر که خواص درمانی اثبات شده دارند تحقیقاتی انجام شود. مقایسه خواص و فعالیت زیستی نانوذرات اکسید نقره سنتز شده با روش سبز با نانوذرات اکسید نقره با ویژگی‌های یکسان که به صورت شیمیایی تهیه شده است نیز می‌تواند موثر باشد.

تعارض منافع

نویسندگان تعارض منافعی ندارند.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.62]

REFERENCES

Aboyewa, J. A., Sibuyi, N. R., Meyer, M., &Oguntibeju, O. O. (2021). Green synthesis of metallic nanoparticles using some selected medicinal plants from southern africa and their biological applications. *Plants*, *10*(9), 1929

Alvand, Z. M., Rajabi, H. R., Mirzaei, A., &Masoumiasl, A. (2019). Ultrasonic and microwave assisted extraction as rapid and efficient techniques for plant mediated synthesis of quantum dots: green synthesis, characterization of zinc telluride and comparison study of some biological activities. *New Journal of Chemistry*, *43*(38), 15126-15138.

Alvand, Z.M., Rajabi, H. R., Mirzaei, A., Masoumiasl, A., & Sadatfaraji, H. (2019). Rapid and green synthesis of cadmium telluride quantum dots with low toxicity based on a plant-mediated approach after microwave and ultrasonic assisted extraction: synthesis, characterization, biological potentials and comparison study. *Materials Science and Engineering: C*, *98*, 535-544. https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.01.010.

Alzubaidi, A. K., Al-Kaabi, W. J., Ali, A. A., Albukhaty, S., Al-Karagoly, H., Sulaiman, G. M., ... & Khane, Y. (2023). Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using flaxseed extract and evaluation of their antibacterial and antioxidant activities. *Applied Sciences*, *13*(4), 2182.https://doi.org/10.3390/app13042182

Azizi, S., Mohamad, R., Rahim, R. A., Moghaddam, A. B., Moniri, M., Ariff, A., Zuhainis Saad, W., Namvab, F. (2016). ZnO-Ag core shell nanocomposite formed by green method using essential oil of wild ginger and their bactericidal and cytotoxic effects. *Applied Surface Science*, *384*, 517-524. https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.05.052

Barabadi, H., Mojab, F., Vahidi, H., Marashi, B., Talank, N., Hosseini, O., & Saravanan, M. (2021). Green synthesis, characterization, antibacterial and biofilm inhibitory activity of silver nanoparticles compared to commercial silver nanoparticles. *Inorganic Chemistry Communications*, *129*, 108647.https://doi.org/10.1016/j.inoche.2021.108647

Cunha, F. A., Maia, K. R., Mallman, E. J., Cunha, M. D., Maciel, A. A., Souza, I. P., Menezes, E. **A., &Fechine, P. B. (**2016). SILVER NANOPARTICLES-DISK DIFFUSION TEST AGAINST Escherichia coli ISOLATES. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de Sao Paulo*, *58*, 73. https://doi.org/10.1590/S1678-9946201658073

Fayyadh, A. A., Jaduaa Alzubaidy, M. H. (2021). Green-synthesis of Ag2O nanoparticle for antimicrobial assays. *Journal of the Mechanical Behavior of Materials*, *30*(1), 228-236. https://doi.org/10.1515/jmbm-2021-0024

Harish, B. S., Uppuluri, K. B., & Anbazhagan, V. (2015). Synthesis of fibrinolytic active silver nanoparticle using wheat bran xylan as a reducing and stabilizing agent. *Carbohydrate polymers*, *132*, 104-110.https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.06.069

Huq, M. A., Ashrafudoulla, M., Rahman, M. M., Balusamy, S. R., & Akter, S. (2022). Green synthesis and potential antibacterial applications of bioactive silver nanoparticles: A review. *Polymers*, *14*(4), 742.https://doi.org/10.3390/polym14040742

Intan Soraya, C. S., Mahiran Basri, M. B., Hamid Reza, F. M., Chee WeiJian, C. W., SitiEflizaAshari, S. E. A., &Maznah Ismail, M. I. (2017). Effects of temperature, time, and solvent ratio on the extraction of phenolic compounds and the anti-radical activity of Clinacanthusnutans Lindau leaves by response surface methodology.https://doi.org/10.1186/s13065-017-0285-1

Jabir, M. S., Hussien, A. A., Sulaiman, G. M., Yaseen, N. Y., Dewir, Y. H., Alwahibi, M. S., ... & Rizwana, H. (2021). Green synthesis of silver nanoparticles from Eriobotrya japonica extract: a promising approach against cancer cells proliferation, inflammation, allergic disorders and phagocytosis induction. *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*, *49*(1), 48-60.https://doi.org/10.1080/21691401.2020.1867152

Jenifer, A. A., Malaikozhundan, B., Vijayakumar, S., Anjugam, M., Iswarya, A., & Vaseeharan, B. (2020). Green synthesis and characterization of silver nanoparticles (AgNPs) using leaf extract of

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.62]

Solanum nigrum and assessment of toxicity in vertebrate and invertebrate aquatic animals. *Journal of Cluster Science*, *31*, 989-1002.https://doi.org/10.1007/s10876-019-01704-7

Khalil, M. M., Ismail, E. H., El-Baghdady, K. Z., & Mohamed, D. (2014). Green synthesis of silver nanoparticles using olive leaf extract and its antibacterial activity. *Arabian Journal of chemistry*, *7*(6), 1131-1139.https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.04.007

Khan, M., Khan, A. U., Moon, I. S., Felimban, R., Alserihi, R., Alsanie, W. F., & Alam, M. (2021). Synthesis of biogenic silver nanoparticles from the seed coat waste of pistachio (Pistacia vera) and their effect on the growth of eggplant. *Nanotechnology Reviews*, *10*(1), 1789-1800.https://doi.org/10.1515/ntrev-2021-0107

Kim, K. J., Sung, W. S., Suh, B. K., Moon, S. K., Choi, J. S., Kim, J. G., & Lee, D. G. (2009). Antifungal activity and mode of action of silver nano-particles on Candida albicans. *Biometals*, *22*, 235-242. https://doi.org/10.1007/s10534-008-9159-2

Krishnan, R., Arumugam, V., &Vasaviah, S. K. (2015). The MIC and MBC of silver nanoparticles against Enterococcus faecalis-a facultative anaerobe. *J NanomedNanotechnol*, *6*(3), 285.http://dx.doi.org/10.4172/2157-7439.1000285

Krithiga, N., Rajalakshmi, A., & Jayachitra, A. (2015). Green synthesis of silver nanoparticles using leaf extracts of Clitoriaternatea and Solanum nigrum and study of its antibacterial effect against common nosocomial pathogens. *Journal of Nanoscience*, *2015*, 1-https://doi.org/10.1155/2015/928204

Labulo, A. H., David, O. A., & Terna, A. D. (2022). Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using Morindalucida leaf extract and evaluation of its antioxidant and antimicrobial activity. *Chemical Papers*, *76*(12), 7313-7325.https://doi.org/10.1007/s11696-022-02392-w

Lateef, A., Ojo, S. A., Folarin, B. I., Gueguim-Kana, E. B., & Beukes, L. S. (2016). Kolanut (Cola nitida) mediated synthesis of silver–gold alloy nanoparticles: antifungal, catalytic, larvicidal and thrombolytic applications. *Journal of Cluster Science*, *27*, 1561-1577. https://doi.org/10.1007/s10876-016-1019-6

Nagaraja, S., Ahmed, S. S., DR, B., Goudanavar, P., Fattepur, S., Meravanige, G., ... &Telsang, M. (2022). Green synthesis and characterization of silver nanoparticles of Psidium guajava leaf extract and evaluation for its antidiabetic activity. *Molecules*, *27*(14), 4336.https://doi.org/10.3390/molecules27144336

Narayanan, M., Divya, S., Natarajan, D., Senthil-Nathan, S., Kandasamy, S., Chinnathambi, A., ... & Pugazhendhi, A. (2021). Green synthesis of silver nanoparticles from aqueous extract of Ctenolepisgarcini L. and assess their possible biological applications. *Process Biochemistry*, *107*, 91-99.https://doi.org/10.1016/j.procbio.2021.05.008

Naveed, M., Bukhari, B., Aziz, T., Zaib, S., Mansoor, M. A., Khan, A. A., ... &Alhomrani, M. (2022). Green synthesis of silver nanoparticles using the plant extract of Acer oblongifolium and study of its antibacterial and antiproliferative activity via mathematical approaches. *Molecules*, *27*(13), 4226.https://doi.org/10.3390/molecules27134226

Nouri, A., Yaraki, M. T., Lajevardi, A., Rezaei, Z., Ghorbanpour, M., & Tanzifi, M. (2020). Ultrasonic-assisted green synthesis of silver nanoparticles using Mentha aquatica leaf extract for enhanced antibacterial properties and catalytic activity. *Colloid and Interface Science Communications*, *35*, 100252

Oladipo, I. C., &Ogunsona, S. B. 2019, The Utilization of Agro-Waste: A Nanobiotechnology.pp1-23

Oves, M., Rauf, M. A., Aslam, M., Qari, H. A., Sonbol, H., Ahmad, I., ... & Saeed, M. (2022). Green synthesis of silver nanoparticles by ConocarpusLancifolius plant extract and their antimicrobial and anticancer activities. *Saudi journal of biological sciences*, *29*(1), 460-471.https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.09.007

Patra, S., Mukherjee, S., Barui, A. K., Ganguly, A., Sreedhar, B., & Patra, C. R. (2015). Green synthesis, characterization of gold and silver nanoparticles and their

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.62]

potential application for cancer therapeutics. *Materials Science and Engineering: C*, *53*, 298-309.https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.04.048

Pushparaj, K., Balasubramanian, B., Kandasamy, Y., Arumugam, V. A., Kaliannan, D., Arumugam, M., ... &Meyyazhagan, A. (2023). Green synthesis, characterization of silver nanoparticles using aqueous leaf extracts of Solanum melongena and in vitro evaluation of antibacterial, pesticidal and anticancer activity in human MDA-MB-231 breast cancer cell lines. *Journal of King Saud University-Science*, *35*(5), 102663.https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102663

Roopan, S. M., Madhumitha, G., Rahuman, A. A., Kamaraj, C., Bharathi, A., & Surendra, T. V. (2013). Low-cost and eco-friendly phyto-synthesis of silver nanoparticles using Cocos nucifera coir extract and its larvicidal activity. *Industrial Crops and Products*, *43*, 631-635.https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.08.013

Saratale, G. D., Saratale, R. G., Kim, D. S., Kim, D. Y., & Shin, H. S. (2020). Exploiting fruit waste grape pomace for silver nanoparticles synthesis, assessing their antioxidant, antidiabetic potential and antibacterial activity against human pathogens: a novel approach. *Nanomaterials*, *10*(8), 1457.https://doi.org/10.3390/nano10081457

Shaaban, M. T., Mohamed, B. S., Zayed, M., & El-Sabbagh, S. M. (2024). Antibacterial, antibiofilm, and anticancer activity of silver-nanoparticles synthesized from the cell-filtrate of Streptomyces enissocaesilis. *BMC biotechnology*, *24*(1), 1-13.https://doi.org/10.1186/s12896-024-00833-w

Sharma, K., Kaushik, S., & Jyoti, A. (2016). Green synthesis of silver nanoparticles by using waste vegetable peel and its antibacterial activities. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, *8*(5), 313.

Shnoudeh, A. J., Hamad, I., Abdo, R. W., Qadumii, L., Jaber, A. Y., Surchi, H. S., &Alkelany, S. Z. (2019). Synthesis, characterization, and applications of metal nanoparticles. In Biomaterials and bionanotechnology (pp. 527-612). Academic Press.)

Singhal, G., Bhavesh, R., Kasariya, K., Sharma, A. R., & Singh, R. P. (2011). Biosynthesis of silver nanoparticles using Ocimum sanctum (Tulsi) leaf extract and screening its antimicrobial activity. *Journal of nanoparticle Research*, *13*, 2981-2988. https://doi.org/10.1007/s11051-010-0193-y

Vasquez, R. D., Apostol, J. G., de Leon, J. D., Mariano, J. D., Mirhan, C. M. C., Pangan, S. S., ... & Zamora, E. T. (2016). Polysaccharide-mediated green synthesis of silver nanoparticles from Sargassumsiliquosum JG Agardh: Assessment of toxicity and hepatoprotective activity. *OpenNano*, *1*, 16-24.https://doi.org/10.1016/j.onano.2016.03.001

Wasilewska, A., Klekotka, U., Zambrzycka, M., Zambrowski, G., Święcicka, I., &Kalska-Szostko, B. (2023). Physico-chemical properties and antimicrobial activity of silver nanoparticles fabricated by green synthesis. *Food chemistry*, *400*, 133960. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133960

Widyaningtyas, A. L., Yulizar, Y., Bagus Apriandanu, D. O. (2019). Ag2O nanoparticles fabrication by Vernonia amygdalina Del. leaf extract: synthesis, characterization, and its photocatalytic activities. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 509, p. 012022. **DOI** 10.1088/1757-899X/509/1/012022

Zubair, M., Azeem, M., Mumtaz, R., Younas, M., Adrees, M., Zubair, E., ... & Ali, S. (2022). Green synthesis and characterization of silver nanoparticles from Acacia nilotica and their anticancer, antidiabetic and antioxidant efficacy. *Environmental Pollution*, *304*, 119249.https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119249

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.62]

*****

How to cite this article:

Alimoradi.A, SalarAmoli.J, Daneshmand.M&Armand.R. 2024**.** Comparative investigation of biological properties of extract and silver oxide nanoparticles synthesized from aqueous extract of calyx of eggplant .Nova Biologica Reperta .11: 62-76. (In Persian).

علی مرادی.ع، سالارآملی.ج، دانشمند.م، آرمند.ر، ۱۴۰۳. مقایسه‌ای خواص زیستی عصاره و نانوذره اکسید نقره سنتز شده از عصاره آبی کلاهک بادمجان. یافته‌های نوین در علوم زیستی ۱۱: ۶۲-۷۶.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.62]