مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۳ شماره ۲ صفحه های ۲۳۷ تا ۲۴۸ (۱۴۰۱)
مقاله پژوهشی

بهینه‌سازی شرایط ساخت سبز نانوذره‌های نقره از عصاره آبی برگ‌های کاهو[1]

Optimizing the Conditions of Silver Nanoparticles Green Synthesis from Aqueous Extract of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Leaves

راضیه پروانه، محمد اعتمادی*، اصغر رمضانیان و مریم توحیدی[2]

چکیده

توسعه‌ی فناوری‌های سازگاربامحیط‌زیست در ساخت مواد از اهمیت قابل‌توجهی برای گسترش کاربردهای زیستی آن‌ها برخوردار است. امروزه، انواع نانوذره‌ها به روش ساخت سبز و با ترکیب شیمیایی، اندازه و مورفولوژی به‌طور کامل مشخص، ساخته‌شده و کاربردهای آن‌ها در بسیاری از حوزه‌های پیشرفته فناوری موردبررسی قرار گرفته است. این بررسی به‌منظور یافتن شرایط بهینه ساخت نانوذره‌های نقره از عصاره آبی برگ کاهو صورت گرفت. بدین منظور، غلظت‌های مختلف نیترات نقره و عصاره آبی، نسبت‌های مختلف عصاره‌ی آبی و نیترات نقره، طیف‌های نوری متفاوت و غلظت‌های مختلف عصاره‌ی آبی موردبررسی قرار گرفت. از میان تیمارهای موردبررسی در این پژوهش، عصاره‌ی آبی شامل ۲۰ گرم برگ کاهو در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر، نیترات نقره با غلظت ۱ میلی‌مولار و نسبت ۱:۱ در زیر نور آبی به مدت ۲۴ ساعت بیشینه جذب را نشان داد و نتایج طیف‌سنجی پراش اشعه ایکس نیز کریستالی شدن نانوذره‌های را در این تیمار تایید کرد.

واژه‌های کلیدی: ساخت سبز، نانوذره‌های نقره، عصاره‌ی آبی کاهو.

مقدمه

فناوری نانو را می‌توان به‌عنوان دست‌کاری در ماده به گونه‌ای که دست‌کم یکی از ابعاد آن در محدوده مقیاس نانو (۱ تا ۱۰۰ نانومتر) قرار گیرد، تعریف نمود (۴۱). ذره‌های تولیدشده در مقیاس نانو به‌دلیل مساحت سطحی ویژه بسیار بزرگ، انرژی سطحی زیاد و محدودیت کوانتومی، از ویژگی‌های منحصربه‌فرد مختلف نوری، مغناطیسی، الکتریکی و غیره برخوردار هستند (۴۱). امروزه تمایل به تولید و استفاده از مواد با ابعاد نانومتری با توجه به ویژگی‌های جالب این مواد روزبه‌روز در حال افزایش است. در میان نانوذره‌های فلزی، نانوذره نقره به‌دلیل کاربردهای گسترده آن در زمینه‌های مختلف زیست‌فناوری و پزشکی از اهمیت بالایی برخوردار است (۲،۴،۳۶) ازجمله کاربردهای این نانوذره می‌توان به تحویل دارو، استفاده در پمادها، استفاده در نانو داروها (۵)، حسگرهای شیمیایی (۳۱)، ذخیره‌ی داده (۱۹)، زیست‌شناسی یاخته‌ای (۱)، مواد آرایشی و کشاورزی (۱۱) اشاره نمود. همچنین، نانو ذره‌ی نقره دارای فعالیت ضد میکروبی (۴۵)، ضدسرطانی (۳۵)، ضدالتهابی (۷) و ضدویروسی (۴۰، ۴۷) نیز می‌باشد.

با وجود گزارش‌های مختلف و متناقض مبنی بر سمیت نانو ذره‌های نقره (۲۴)، نقش آن به‌عنوان یک ماده‌ی ضدعفونی‌کننده و ضدمیکروبی ثابت و شناخته‌شده است (۲۶،۴۳). داده‌های مستند موجود و خواص این نانو ذره‌ها، باعث شد که پژوهشگران روی ساخت سبز[3] آن‌ها پژوهش و گزارش‌هایی را نیز منتشر کنند (۴۱)، همچنین، می‌توان به روش‌های متفاوتی برای تهیه و ساخت مواد نانو نیز اشاره نمود که ازجمله آن می‌توان به قوس الکتریکی، احیای شیمیایی (۱۰)، فرسایش لیزری (۴۶) و امواج

۱- تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۲۱

۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و استاد بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز؛ استادیار بخش نانومهندسی شیمی، دانشکده فناوری‌های نوین، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (m.etemadi@shirazu.ac.ir)

۳- Green synthesis

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.2.4.4]

مایکروویو (۹،۴۴) اشاره نمود، اما نانو ذره‌های حاصل از این روش‌ها به‌دلیل استفاده از مواد خطرناک شیمیایی، پرتوزایی، انجام واکنش‌ها در شرایط ویژه (دما و فشار)، گران بودن مواد و زمان‌بر بودن، خطرهایی را برای محیط‌زیست دارند (۳۵). ازاین‌رو، نیاز به روش‌هایی با هزینه پایین، عدم تولید مواد سمی و همچنین بدون آسیب‌های زیست‌محیطی روبه‌افزایش می‌باشد. یکی از روش‌های ایمن تولید نانو ذره‌ها، تولید به روش زیستی (سبز) است که امروزه توجه به این روش برای تولید نانو ذره‌ها، روبه‌افزایش است (۲۹،۳۲،۳۳). سبز ساخت نانو ذره‌ها شامل استفاده از گیاهان و یا برش‌های گیاهی، برای فرایند انتقال یون‌های فلزی از حالت اصلی خود به محدوده‌ی نانو (مقیاس ۱-۱۰۰ نانومتر) می‌باشد (۱۶). فرآیند ساخت سبز، کارآمد، ساده و مقرون به صرفه است (۱۶). همچنین در این روش، نیازی به کشت‌های حفاظت‌شده در مقیاس بزرگ نیست (۱۶) و این فرآیند مانند تولید نانوذره‌های به وسیله‌ی ریزانداموارهها، خطری برای محیط‌زیست ایجاد نمی‌کند (۲۵).

گیاهان به‌علت فراوانی، سازگاری با محیط‌زیست و عدم نیاز به شرایط و مواد غذایی خاص برای رشد، گزینه‌ای مناسب برای تولید نانوذره‌های به روش ساخت سبز محسوب می‌شوند (۲۴). تاکنون پژوهش‌های زیادی دررابطه‌با ساخت نانوذره‌های نقره با استفاده از گیاهان مختلف به گزارش شده است که تورسدی و همکاران در سال ۲۰۰۳ برای اولین‌بار تولید نانوذره‌های نقره توسط گیاهان را گزارش کرده‌اند (۱۲). تاکنون تولید زیستی نانوذره‌های نقره به‌وسیله گیاهانی مانند *Catharanthus roseus*، *Ocimum sanctum*، *Acalypha indica*، *Azadirachta indica*، *Piper longum* و بسیاری از گیاهان دیگر انجام‌گرفته است (۴۱). کاهو بانام علمی *Lactuca sativa* L. مهم‌ترین سبزی سالادی برگ سبز می‌باشد که به‌عنوان یک گیاه برگی یک‌ساله از تیره کلاه‌پرک‌سانان (Astraceae) شناخته می‌شود و بیشترین سطح تولید را در میان محصول‌های سالادی در دنیا به خود اختصاص داده است (۳۸). کاهو دارای متابولیت‌های ثانویه ازجمله ترپنوئیدها، فنل‌ها و فلاونوئیدها می‌باشد (۲۷). مواد شیمیایی ازجمله پلی‌فنل‌ها، گلوتاتیون، متالوتیونین‌ها و آسکوربات مسوول ساخت نانوذره‌های نقره هستند (۱۷) و به همین دلیل در این پژوهش، کاهو به‌عنوان گیاه مورداستفاده برای ساخت سبز، انتخاب گردیده است.

عوامل متعددی در ساخت سبز نانوذره‌های نقره دخالت دارند که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به پی‌اچ محیط واکنش (۱۲)، دما (۲۹)، روش تولید و یا فن مورداستفاده (۲۷)، مدت‌زمان (۵)، فشار (۴۱)، نور (۱۳) و غلظت نیترات نقره و عصاره(۱۶) اشاره نمود. در این پژوهش برای اولین‌بار، شرایط بهینه برای تولید نانوذره‌های نقره از عصاره آبی کاهو موردبررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده

در این پژوهش از نیترات نقره با درصد خلوص ۹۹ درصد به‌عنوان ماده حاوی یون نقره و همچنین از برگ‌های تازه کاهو به‌منظور تهیه عصاره آبی استفاده گردید. بدین منظور برگ تازه کاهو به مقدار ۲۰ گرم، ۴۰ گرم و ۶۰ گرم، وزن گردید. سپس ۲ تا ۳ مرتبه با آب‌مقطر شسته شد و به وسیله‌ی پارچه، خشک شد. سپس برگ‌ها به‌صورت ریز خردشده و در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر درون بشر، ریخته شدند. برای تهیه عصاره آبی، محلول حاصل به مدت ۹۰ دقیقه در حمام آب گرم ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفت. بعد از بیرون آوردن از حمام آب گرم و رسیدن به دمای محیط، عصاره حاصل از کاغذ صافی واتمن شماره یک عبور داده شد (۲۱).

آماده‌سازی محلول برای ساخت نانوذره‌های نقره

هریک از آزمایش‌ها با ۳ تکرار انجام شدند. آزمایش اول، به‌منظور یافتن شرایط بهینه برای ساخت نانوذره‌های نقره صورت گرفت. در این آزمایش نیترات نقره در۲ غلظت ۱ و ۲ میلی‌مولار مورداستفاده قرار گرفت. همچنین، حجم عصاره آبی گیاه ثابت (۲ میلی‌لیتر) در نظر گرفته شد و با نسبت‌های مختلف نیترات نقره و عصاره آبی شامل ۱:۱، ۱:۲، ۱:۴ و ۱:۶ در زیر طیف‌های نوری مختلف، موردبررسی قرار گرفت. تغییر رنگ عصاره از زرد کم‌رنگ به قهوه‌ای، نشان‌دهنده تشکیل نانوذره‌های نقره می‌باشد (۸).

در آزمایش دوم به‌منظور یافتن غلظت بهینه عصاره آبی کاهو، برگ کاهو به میزان ۲۰، ۴۰ و ۶۰ گرم وزن گردید. سپس به‌صورت ریز خردشده و در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر قرار داده شد. مخلوط به‌دست آمده به مدت ۱ ساعت و ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شد و پس از خنک شدن از کاغذ صافی واتمن شماره یک عبور داده شد. محلول نیترات نقره نیز با غلظت ۱

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.2.4.4]

و ۲ میلی‌مولار تهیه شد و عصاره‌ی آبی به‌دست آمده به نسبت ۱:۶ (۲ میلی‌لیتر عصاره آبی و ۱۲ میلی‌لیتر محلول نیترات نقره) با یکدیگر مخلوط‌شده و به مدت ۲۴ ساعت در زیر نور سفید قرار داده شد. طیف‌سنجی فرابنفش/ مرئی پس از۲ و ۲۴ ساعت در نمونه‌ها بررسی شد.

آزمایش سوم به‌منظور یافتن بهترین غلظت از عصاره صورت گرفت. عصاره‌ی گیاهی به نسبت‌های ۱/۲، ۱/۴، ۱/۸ و ۱/۱۶ رقیق شد تا تاثیر عصاره‌ی رقیق‌شده برساخت سبز نانوذره‌ها نیز موردبررسی قرار گیرد. همچنین، عصاره‌ی رقیق‌نشده به‌عنوان کنترل قرار داده شد. حجم محلول واکنش یکسان و ۶ میلی‌لیتر در نظر گرفته شد.

در آزمایش چهارم به‌منظور یافتن بهترین طیف نوری برای ساخت نانوذره‌های نقره، بهترین تیمار از۲ آزمایش قبل در زیر طیف نوری سبز، آبی، قرمز و سفید نیز موردبررسی قرار گرفت.

شناسایی ویژگی‌های نانوذره‌های ساخته‌شده

نانوذره‌های تولیدشده با استفاده از طیف‌سنجی فرابنفش/ مرئی (UV-vis) تجزیه‌وتحلیل نوری گردیدند. بدین منظور ۲۵۰ میکرو لیتر از محلول‌های به‌دست‌آمده، حاوی نیترات نقره و عصاره‌ی آبی کاهو، برداشته شد و به وسیله طیف‌سنجی فرابنفش/ مرئی با دستگاه Epoch (مدل Bio Tek Instruments/USA)، جذب در طول‌موج ۳۵۰ تا ۷۰۰ نانومتر موردبررسی قرار گرفت (۳). همچنین، به‌منظور تشخیص ساخت نانوذره‌های نقره، پی بردن به نوع شبکه کریستالی و اندازه‌ی نانوذره‌های نقره از طیف‌سنجی پراش اشعه ایکس (X-ray diffraction)، استفاده شد. پس از یافتن شرایط بهینه، بهترین نمونه برای بررسی صحت ساخت نانوذره‌های نقره برای طیف‌سنجی پراش اشعه ایکس به آزمایشگاه فرستاده شد. نمونه به‌دست آمده ۳ بار با سرعت ۷۰۰۰ دور در دقیقه، به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید و رسوبات ایجادشده با آب‌مقطر شسته شد. رسوبات شسته‌شده، در آب‌مقطر حل‌شده و به حجم ۷ میلی‌لیتر رسانده شد و برای طیف‌سنجی پراش اشعه ایکس، ارسال گردید. اسکن توسط دستگاه پراش اشعه ایکس با زاویه ۲ تتا و محدوده اسکن ۳۵ تا ۸۵ انجام گرفت.

نتایج و بحث

تشکیل نانوذره‌های نقره

نانوذره‌های نقره در شرایط آزمایشگاهی و از ساخت سبز عصاره آبی برگ‌های کاهو ایجاد شدند. در روش ساخت سبز، ترکیب‌های موجود در عصاره‌ی گیاهی، یون‌های نقره را طی یک واکنش کاهشی به نانوذره‌های نقره تبدیل می‌کنند. به‌خوبی مشخص‌شده است که نانوذره‌های نقره به‌دلیل رزونانس پلاسمون سطحی که مربوط به القاء الکترون آزاد در نانوذره‌های نقره می‌باشد، باعث می‌شود که رنگ محلول حاصل از زرد کم‌رنگ به قهوه‌ای تغییر کند (۱۸). در این پژوهش، عصاره اولیه بدون رنگ بود و بعد از واکنش، رنگ عصاره به‌تدریج به قهوه‌ای مایل به قرمز تبدیل شد (شکل ۱). تشکیل نانوذره‌های نقره در عصاره به وسیله‌ی طیف‌سنجی فرابنفش/ مرئی با بیشینه جذب حدود ۴۵۰ نانومتر توسط این ذره‌ها، مشخص گردید.

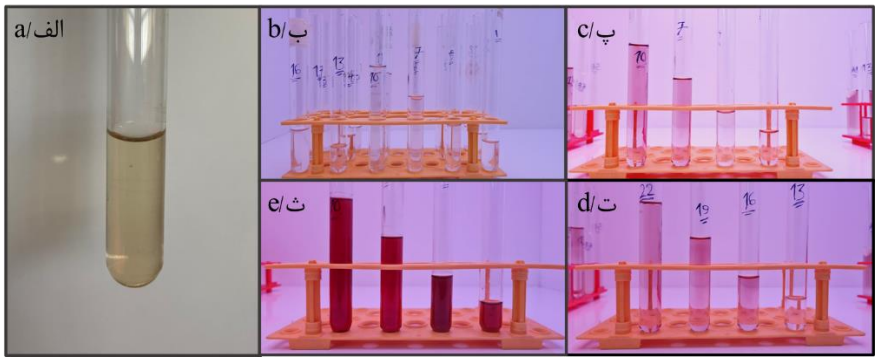

Fig. 1. Changes in color of reaction solution ($AgNO_3$ and aqueous plant extract). A) primary aqueous plant extract; B) primary reaction solution; C) reaction solution after 2 hr.; D) reaction solution after 4 hr.; E) reaction solution after 24 hr.

شکل ۱- تغییر رنگ محلول واکنش (نیترات نقره و عصاره آبی گیاه). الف) عصاره آبی اولیه گیاه، ب) محلول اولیه واکنش، پ) محلول واکنش بعد از ۲ ساعت، ت) محلول واکنش بعد از ۴ ساعت، ث) محلول واکنش بعد از ۲۴ ساعت.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.2.4.4]

اثر غلظت‌های مختلف عصاره آبی و نیترات نقره

شکل ۲ جذب طیف‌سنجی فرابنفش/ مرئی که حاصل واکنش ۲ غلظت نیترات نقره ۱ میلی مولار و ۲ میلی مولار با ۳ غلظت مختلف عصاره آبی کاهو شامل ۲۰ گرم، ۴۰ گرم و ۶۰ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر می‌باشد را به مدت ۲ ساعت و ۲۴ ساعت در دمای محیط، نشان می‌دهد. بیشینه جذب صورت‌گرفته در تمامی نمونه‌ها پس از ۲۴ ساعت قرارگیری در زیر نور سفید، رخ داد. از بین تمام تیمارهای مورد آزمایش، بیشترین مقدار جذب در غلظت ۲ میلی‌مولار نیترات نقره و ۴۰ گرم برگ کاهو در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره پس از ۲۴ ساعت صورت گرفت؛ اما باید در نظر داشت که میزان جذب بیشتر از۲ می‌باشد که می‌توان دلیل آن را تجمع نانوذره‌های نقره و یا انجام یک واکنش کنترل‌نشده در محلول دانست (۲۳). به همین دلیل که جذب بیشتر از۲ نمی‌تواند مطلوب باشد، غلظت ۲ میلی‌مولار نیترات نقره و ۴۰ گرم برگ کاهو در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر و ۱ میلی‌مولار نیترات نقره به‌همراه ۶۰ گرم برگ کاهو در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر را می‌توان مناسب‌ترین انتخاب دانست. یافته‌ها حاکی از آن است که در غلظت‌های پایین نیترات نقره، کیفیت و کمیت نانوذره‌های نقره مطلوب‌تر است (۲۳) و همچنین بر اساس گزارشی Song و همکاران (۲۰۰۹)، جذب کمتر از۲ بر توزیع بهتر نانوذره‌های نقره دلالت دارد (۳۷). بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که بهترین نمونه در این آزمایش غلظت ۱ میلی‌مولار نیترات نقره به‌همراه ۶۰ گرم برگ کاهو در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر پس از ۲۴ ساعت قرارگیری در نور سفید می‌باشد.

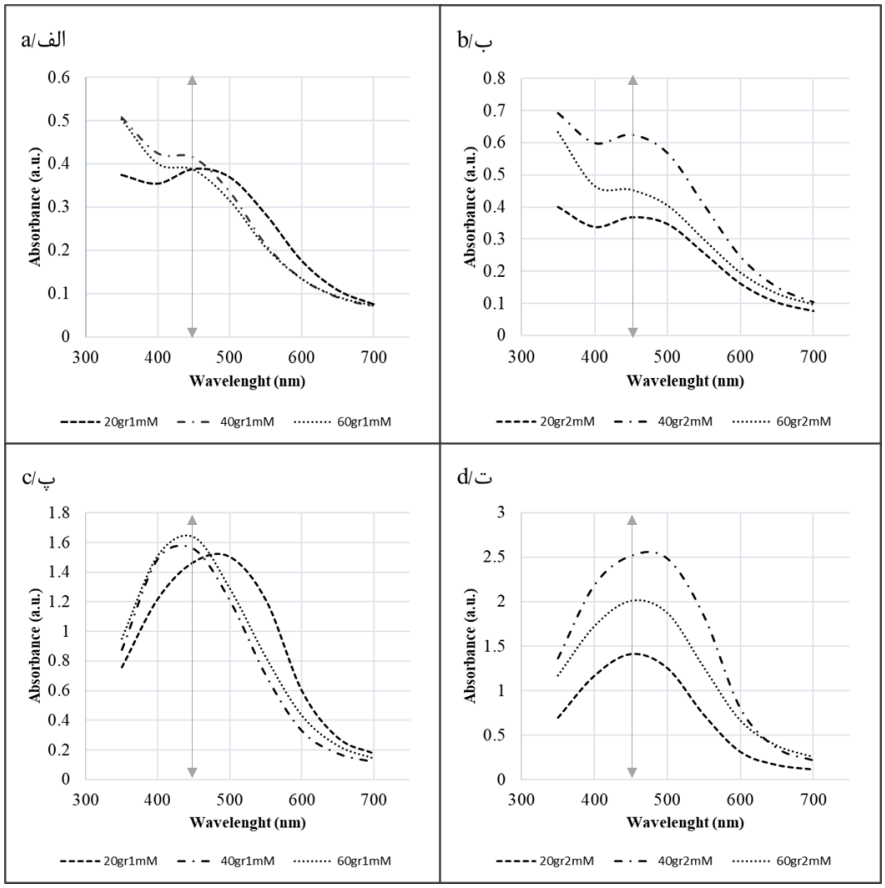

Fig. 2. UV/Vis spectroscopy of silver nanoparticles 1:6 ratio. a and b, respectively, different concentrations of aqueous extract and 1 and 2mM AgNO3 after 2 hours under white light. c and d, respectively, different concentrations of aqueous extract and 1 and 2mM AgNO3 after 24 hours under white light

شکل ۲- طیف سنجی فرابنفش/ مرئی نانوذره‌های نقره، نسبت ۶:۱، الف و ب) به ترتیب غلظت‌های مختلف عصاره آبی و نیترات نقره ۱ و ۲ میلی‌مولار پس از ۲ ساعت قرارگیری در زیر نور سفید. پ و ت) به ترتیب، غلظت‌های مختلف عصاره آبی و نیترات نقره ۱ و ۲ میلی‌مولار پس از ۲۴ ساعت قرارگیری در زیر نور سفید.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.2.4.4]

با توجه به اینکه با افزایش غلظت نیترات نقره در محلول، شکل ذره‌ها تغییر، اندازه‌ی ذره‌ها افزایش و مقدار هدایت الکتریکی نانوذره‌های نقره کاهش پیدا می‌کند (۱۵)، نسبت‌های متفاوت از نیترات نقره ۱ میلی‌مولار و ۲ میلی‌مولار به همراه مقدار ثابت عصاره آبی گیاه شامل نسبت ۱:۴، ۱:۲ و ۱:۱ به منظور کاهش غلظت آن در محلول در آزمایش‌های بعدی استفاده شد.

تاثیر نسبت‌های مختلف نیترات نقره و عصاره آبی

در شکل ۳ طیف‌سنجی فرابنفش/ مرئی برای نسبت ۱:۴ (۲ میلی‌لیتر عصاره آبی و ۸ میلی‌لیتر محلول نیترات نقره) نیترات نقره ۱ و ۲ میلی‌مولار به‌همراه غلظت‌های مختلف عصاره آبی شامل ۲۰، ۴۰ و ۶۰ گرم برگ در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر، نشان‌داده‌شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، محلول نیترات نقره ۱ و ۲ میلی‌مولار به‌همراه عصاره‌ی آبی ۴۰ گرم برگ در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر پس از ۲۴ ساعت بیشینه جذب را نشان داد. با توجه به دلایل گفته شده، استفاده از غلظت‌های کمتر نیترات نقره برای ساخت سبز نانوذره‌ها تیمار مناسب‌تری است، بنابراین در نسبت ۱:۴ (۲ میلی‌لیتر عصاره آبی و ۸ میلی‌لیتر محلول نیترات نقره) محلول حاصل شامل ۴۰ گرم برگ کاهو به‌همراه ۱۰۰ میلی آب‌مقطر و نیترات نقره ۱ میلی‌مولار، گزینه‌ی مناسبی است.

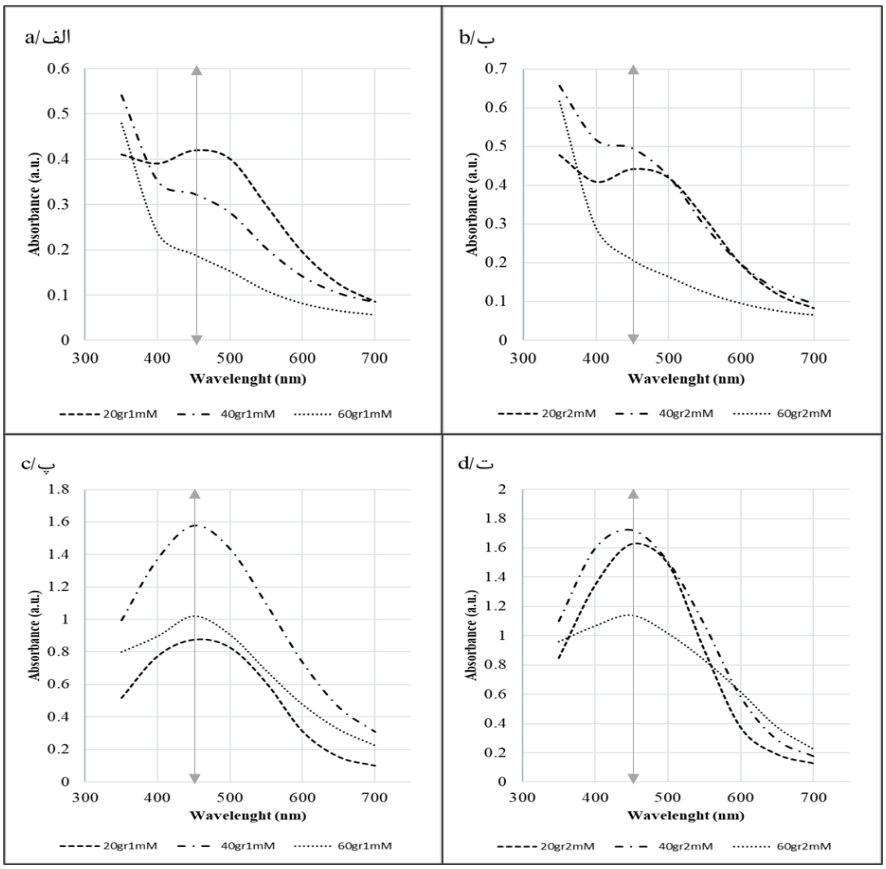

Fig. 3. UV/Vis spectroscopy of silver nanoparticles 1:4 ratio, a and b, respectively, different concentrations of aqueous extract and 1 and 2mM AgNO3 after 2 hours under white light. c and d, respectively, different concentrations of aqueous extract and 1 and 2mM AgNO3 after 24 hours under white light

شکل ۳- طیف سنجی فرابنفش/ مرئی نانوذره‌های نقره، نسبت ۱:۴، الف و ب) به ترتیب غلظت‌های مختلف عصاره آبی و نیترات نقره ۱ و ۲ میلی‌مولار پس از ۲ ساعت قرارگیری در زیر نور سفید. پ و ت) به ترتیب، غلظت‌های مختلف عصاره آبی و نیترات نقره ۱ و ۲ میلی‌مولار پس از ۲۴ ساعت قرارگیری در زیر نور سفید.

نسبت‌های ۱:۲ (۲ میلی‌لیتر عصاره آبی و ۴ میلی‌لیتر نیترات نقره) و ۱:۱ (۲ میلی‌لیتر عصاره آبی و ۲ میلی‌لیتر نیترات نقره) نیز مورد بررسی قرار گرفت. در نسبت ۱:۲، ۲۰ گرم برگ کاهو در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به همراه نیترات نقره ۱ و ۲ میلی‌مولار بیشترین جذب را داشت؛ اما به دلیل امکان تجمع نانوذره‌های تولید شده در نمونه‌ی ۲ میلی‌مولار، بهترین نمونه در این آزمایش

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.2.4.4]

غلظت ۲۰ گرم برگ در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به همراه نیترات نقره ۱ میلی‌مولار می‌باشد. در نسبت ۱:۱ نیز بیشینه جذب متعلق به نمونه‌ی ۲۰ گرم برگ کاهو در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و نیترات نقره ۱ میلی‌مولار بود. نتایج طیف سنجی فرابنفش/ مرئی این ۲ نسبت در شکل‌های۴ و ۵ قابل مشاهده است.

در شکل ۶ مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت عصاره، رنگ محلول تیره‌تر و با توجه به نمودارها، شدت جذب افزایش یافته است که این می‌تواند نشان‌دهنده افزایش تولید و رشد سریع نانوذره‌های نقره باشد؛ اما فرایند کاهش یون‌های نقره در این محلول به دلیل انجام واکنش کاهشی کنترل نشده توسط عصاره‌ی گیاهی است (۲۳) که می‌تواند منجر به تغییر شکل و اندازه‌ی ذره‌ها در محلول شود. در نتیجه، بهترین غلظت و نسبت برای ساخت سبز نانوذره‌های نقره از عصاره کاهو نسبت ۱:۱، عصاره ۲۰ گرم برگ در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و غلظت نیترات نقره ۱ میلی‌مولار می‌باشد.

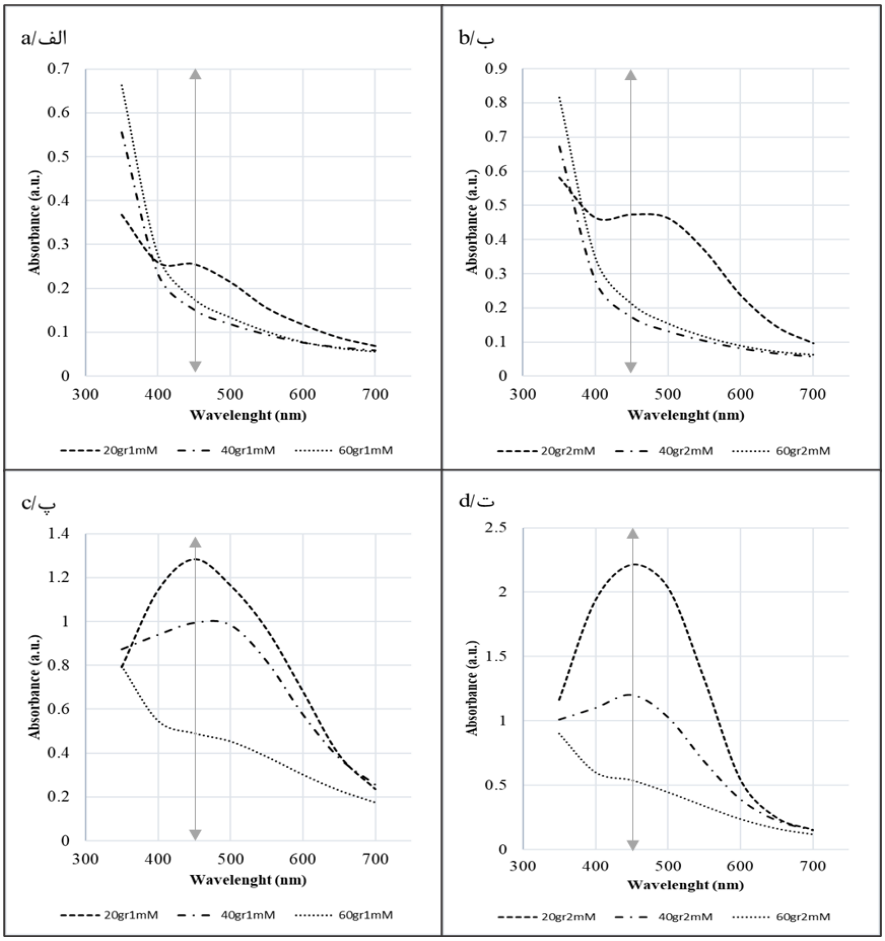

Fig. 4. UV/Vis spectroscopy of silver nanoparticles 1:2 ratio, a and b, respectively, different concentrations of aqueous extract and 1 and 2mM AgNO3 after 2 hours under white light. c and d, respectively, different concentrations of aqueous extract and 1 and 2mM AgNO3 after 24 hours under white light

شکل ۴- طیف سنجی فرابنفش/ مرئی نانوذره‌های نقره، نسبت ۱:۲، الف و ب) به ترتیب غلظت‌های مختلف عصاره آبی و نیترات نقره ۱ و ۲ میلی‌مولار پس از ۲ ساعت قرارگیری در زیر نور سفید. پ و ت) به ترتیب، غلظت‌های مختلف عصاره آبی و نیترات نقره ۱ و ۲ میلی‌مولار پس از ۲۴ ساعت قرارگیری در زیر نور سفید.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.2.4.4]

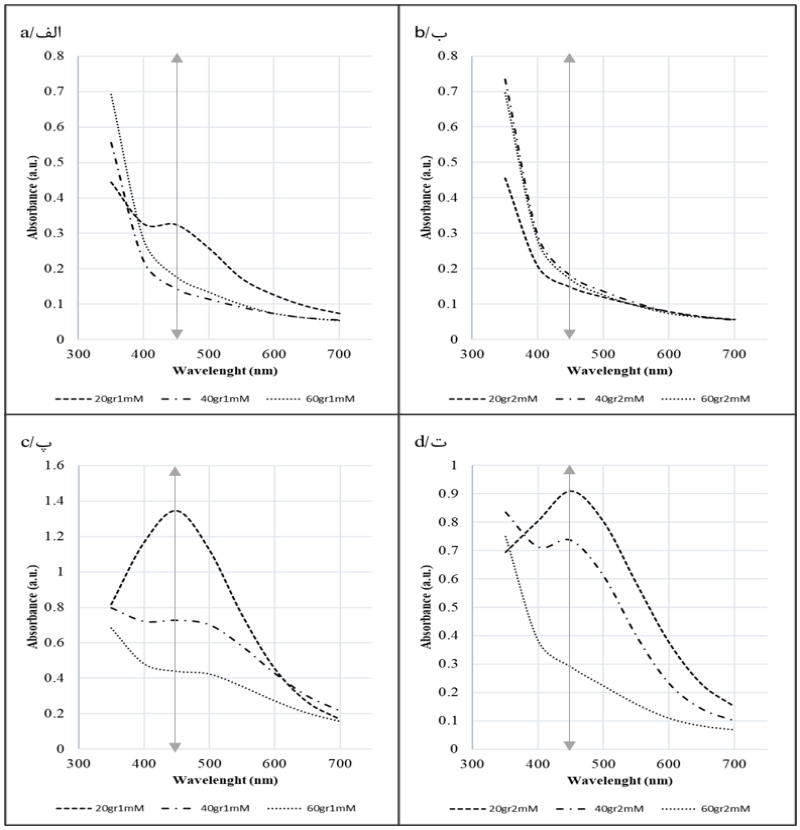

Fig. 5. UV/Vis spectroscopy of silver nanoparticles 1:1 ratio, a and b, respectively, different concentrations of aqueous extract and 1 and 2mM AgNO3 after 2 hours under white light. c and d, respectively, different concentrations of aqueous extract and 1 and 2mM AgNO3 after 24 hours under white light

شکل ۵- طیف سنجی فرابنفش/ مرئی نانوذره‌های نقره، نسبت ۱:۱، الف و ب) به ترتیب غلظت‌های مختلف عصاره آبی و نیترات نقره ۱ و ۲ میلی‌مولار پس از ۲ ساعت قرارگیری در زیر نور سفید. پ و ت) به ترتیب، غلظت‌های مختلف عصاره آبی و نیترات نقره ۱ و ۲ میلی‌مولار پس از ۲۴ ساعت قرارگیری در زیر نور سفید.

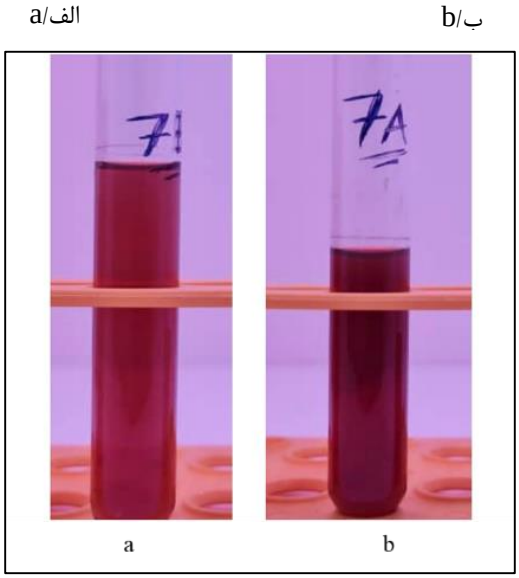

Fig. 6. a, 1:6 ratios of aqueous plant extract (20 gr lettuce leaf in 100 ml distilled water) and 1 mM AgNO3. b, 1:6 ratios of aqueous plant extract (60 gr lettuce leaf in 100 ml distilled water) and 1 mM AgNO3 .

شکل ۶- الف) نسبت ۱:۶ عصاره آبی (۲۰ گرم برگ کاهو در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) و نیترات نقره ۱ میلی‌مولار، ب) نسبت ۱:۶ عصاره آبی (۶۰ گرم برگ کاهو در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) و نیترات نقر ه ۱ میلی‌مولار.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.2.4.4]

تاثیر طیف‌های نوری مختلف و نسبت‌های متفاوت نیترات نقره و عصاره آبی

نور در فرآیند ساخت سبز نانوذره‌های نقره به‌دلیل افزایش رزونانس پلاسمون سطحی (۱۴) و کنترل مورفولوژی و ویژگی‌های نانوذره‌های (۳۹) از اهمیت بالایی برخوردار است. به‌همین‌جهت، برای یافتن شرایط بهینه و کاهش مدت‌زمان ساخت نانوذره‌های نقره، نسبت‌های مختلف بهترین غلظت عصاره آبی (۲۰ گرم برگ در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر) و غلظت ۱ میلی‌مولار نیترات نقره شامل ۱:۱، ۱:۲، ۱:۴ و ۱:۶ در زیر نورهای آبی، قرمز و سبز به مدت ۲ ساعت موردبررسی قرار گرفت. بر اساس شکل ۷، طیف‌سنجی فرابنفش/ مرئی نشان می‌دهد که نور قرمز و سبز پس از۲ ساعت هیچ بیشینه جذبی را در نسبت‌های مختلف نداشته‌اند، اما در زیر نور آبی نمونه‌ی با نسبت ۱:۱ بیشترین جذب را در بین سایر نسبت‌های مورداستفاده از خود نشان داد. نور آبی با تاثیر بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیب‌های موجود در عصاره‌ی گیاه، فرایند ساخت را سرعت می‌بخشد (۲۲)، به همین دلیل نمونه‌ی با نسبت ۱:۱ به‌دلیل غلظت عصاره‌ی بیشتر نسبت به سایر نمونه‌ها بیشینه جذب را به خود اختصاص داده است. بر اساس یافته‌های پیشین، استفاده از نور آبی مدت‌زمان ساخت سبز را کاهش داده و تغییر رنگ محلول به‌دلیل افزایش رزونانس پلاسمون سطحی، سریع‌تر اتفاق می‌افتد (۲۲).

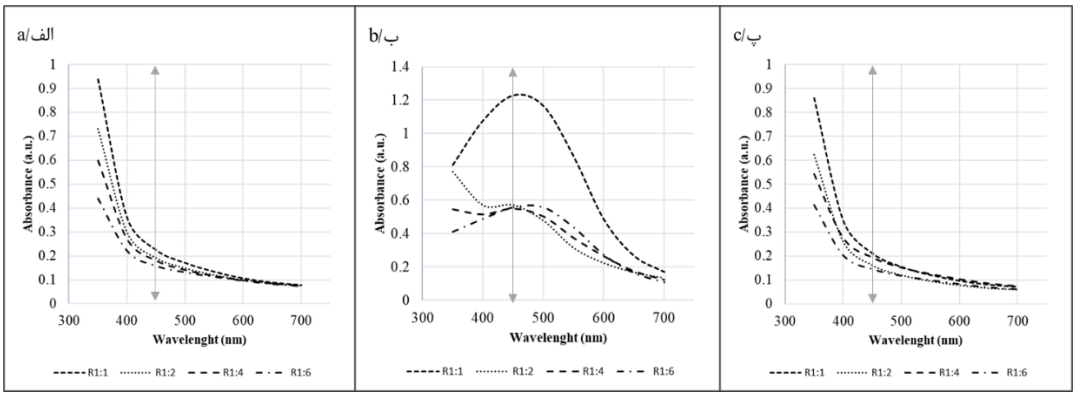

Fig. 7. UV/Vis spectroscopy of silver nanoparticles, a, b and c, respectively different ratio of aqueous plant extract and $AgNO_3$ under red, blue and green light

شکل ۷- طیف سنجی فرابنفش/ مرئی نانوذره‌های نقره، الف، ب و پ) به ترتیب نسبت‌های مختلف عصاره و نیترات نقره زیر نور قرمز، آبی و سبز.

تاثیر غلظت‌های مختلف عصاره آبی در زیر طیف‌های نوری متفاوت

مولکول‌های زیستی موجود در عصاره‌ی آبی گیاهان عامل محافظت‌کننده از تجمع نانوذره‌های نقره می‌باشند (۲۰). در شکل ۸ طیف سنجی فرابنفش/ مرئی، نشان می‌دهد که نمونه‌ها در زیر نور قرمز هیچ بیشینه جذبی را نداشته‌اند. نمونه‌ها در زیر نور سفید، آبی و سبز بیشینه جذب را از خود نشان داده که این مقدار در زیر نور آبی و سفید بیشترین میزان را داشت. در بین عصاره‌های رقیق شده، بیشترین جذب مربوط به محلول کنترل (عصاره رقیق نشده) بود که در زیر نور آبی به میزان ۱/۹ و در زیر نور سفید ۱/۳ بود که این می‌تواند به دلیل وجود مولکول‌ها و ترکیب‌های زیستی بیشتر در این عصاره باشد که به عنوان یک عامل محافظت‌کننده و واکنشگر در فرآیند کاهش یون‌های نقره عمل می‌کنند (۲۱). در شکل شماره ۹ محلول واکنش در زیر طیف نوری سفید، آبی، سبز و قرمز مشاهده می‌شود.

با توجه به آزمایش‌های انجام‌شده، بهترین غلظت عصاره برای ساخت سبز نانوذره‌های نقره، مقدار ۲۰ گرم برگ در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر، بهترین غلظت نیترات نقره میزان ۱ میلی‌مولار، بهترین نسبت عصاره و نیترات نقره ۱:۱ و بهترین نور برای ساخت، نور آبی می‌باشد که پس از ۲۴ ساعت در دمای محیط، بیشترین میزان جذب را به خود اختصاص داده است.

طیف سنجی پراش اشعه ایکس (X-ray diffraction)

بر اساس شکل ۱۰ الگوی XRD، اندیس‌های میلر در سطوح (۱۱۱)، (۲۰۰)، (۲۲۰) و (۲۲۲) که به ترتیب ،۳۷/۵۵، ۴۴/۲، ۶۴/۲ و ۸۱/۷ درجه را نشان می‌دهند، وجود نانو کریستال‌های نقره را در عصاره آبی گیاه کاهو ثابت می‌کند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.2.4.4]

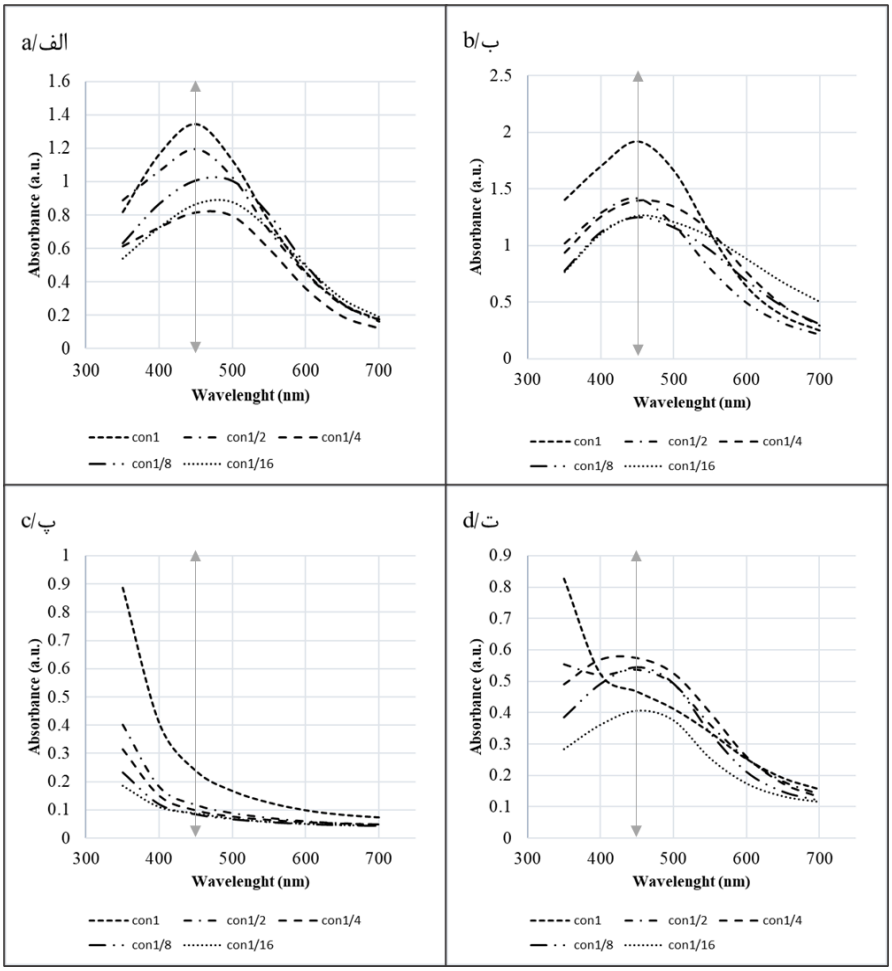

Fig. 8. UV/Vis spectroscopy of silver nanoparticles with diluter extract, a, b, c and d, respectively different concentration of aqueous plant extract and 1 mM $AgNO_3$ under whit, blue, red and green light.

شکل ۸- طیف سنجی فرابنفش/ مرئی نانوذره‌های نقره، عصاره رقیق‌شده، الف، ب، پ و ت) به ترتیب غلظت‌های مختلف عصاره آبی و نیترات نقره ۱ میلی‌مولار زیر نور سفید، آبی، قرمز و سبز.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.2.4.4]

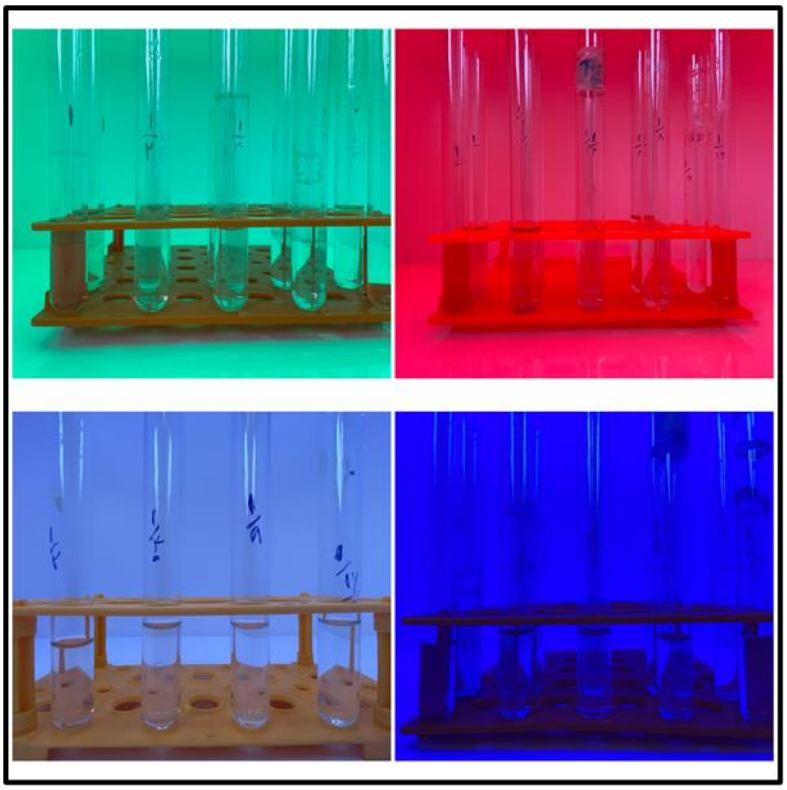

Fig. 9. Different concentration of lettuce leaves aqueous extract under green, red, white and blue lights.

شکل ۹. غلظت‌های متفاوت عصاره آبی برگ کاهو در نورهای سبز، قرمز، سفید و آبی.

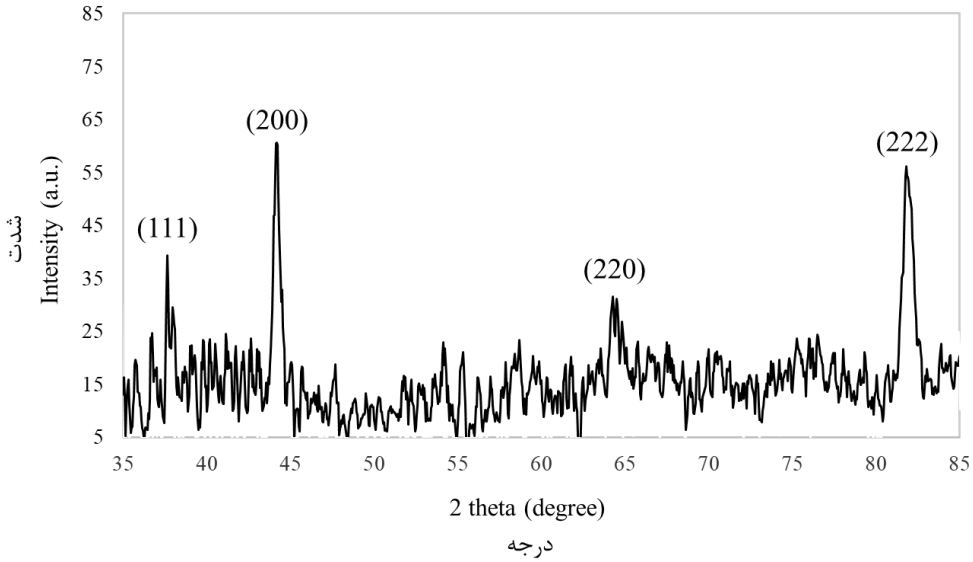

Fig. 10. XRD pattern of silver nanoparticles synthesized from aqueous extract of lettuce leaf.

شکل ۱۰- الگوی پراش اشعه ایکس نانوذره‌های ساخته‌شده از عصاره آبی برگ کاهو.

نتیجه گیری

بر اساس آزمایش‌های انجام شده، شرایط بهینه برای ساخت سبز نانوذره‌های نقره از عصاره‌ی آبی برگ کاهو، استفاده از ۲۰ گرم برگ کاهو در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر برای تهیه عصاره‌ی آبی، محلول نیترات نقره با غلظت ۱ میلی‌مولار و نسبت ۱:۱ نیترات نقره و عصاره‌ی آبی می‌باشد که به‌دلیل وجود مولکول‌های زیستی بیشتر در محلول واکنش است. همچنین، استفاده از

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.2.4.4]

نور آبی به‌مدت ۲۴ ساعت بیشترین جذب را از خود نشان داد که البته در مدت زمان ۲ ساعت نیز میزان جذب در این نور ۱/۲۵ بود اما پس از ۲۴ ساعت جذب افزایش یافته که نشان دهنده‌ی ساخت بیشتر و توزیع یکنواخت‌تر نانوذره‌های نقره می‌باشد. بنابراین می‌توان بیان کرد که این گیاه به‌عنوان یک کارخانه زنده می‌تواند برای تولید نانوذره‌های نقره مورد استفاده قرار گیرد.

References منابع

1. Abdal Dayem, A., M.K. Hossai, S.B. Lee, K. Kim. Saha, S.K. Yang, G.-M. Choi, and H.Y. Cho. 2017. The role of reactive oxygen species (ROS) in the biological activities of metallic nanoparticles. Int. J. Mol. Sci. 18(1): 120.
2. Anthony, K. J. P., M. Murugan, and S. Gurunathan. 2014. Biosynthesis of silver nanoparticles from the culture supernatant of *Bacillus marisflavi* and their potential antibacterial activity. J. Ind. Eng. Chem. 20(4): 1505-1510.
3. Azarbani, F., and Shiravand, S. (2020). Green synthesis of silver nanoparticles by Ferulago macrocarpa flowers extract and their antibacterial, antifungal and toxic effects. Green Chem. Lett. Rev. 13(1): 41-49.
4. Cao, G. 2004. Nanostructures and nanomaterials: synthesis, properties and applications. Imperial College Press.
5. Carabineiro, S. A. C. 2017. Applications of gold nanoparticles in nanomedicine: Recent advances in vaccines. Molecules, 22(5): 857.
6. Darroudi, M., M.B. Ahmad, R. Zamiri, A. Zak, A.H. Abdullah, and N.A. Ibrahim. 2011. Time-dependent effect in green synthesis of silver nanoparticles. Int. J. Nanomed. 6:677.
7. David, L., B. Moldovan, A. Vulcu, L. Olenic, M. Perde-Schrepler, E. Fischer-Fodor, A. Florea, M. Crisan, I. Chiorean, and S. Clichici. 2014. Green synthesis, characterization and anti-inflammatory activity of silver nanoparticles using European black elderberry fruits extract. Colloids Surf. B. Biointerfaces. 122: 767-777.
8. Dousti, B., F. Nabipour, and A. Hajiamraei. 2019. Green synthesis of silver nanoparticle by using the aqueous extract of *Fumaria* Parviflora and investigation of their antibacterial and antioxidant activities. Razi J. Medic. Sci. 26(6): 105-117.
9. Fatimah, I. 2016. Green synthesis of silver nanoparticles using extract of Parkia speciosa Hassk pods assisted by microwave irradiation. J. Adv. Res. 7(6): 961-969.
10. Faure, C., A. Derré, and W. Neri. 2003. Spontaneous formation of silver nanoparticles in multilamellar vesicles. J. Phys. Chem. 107(20): 4738-4746.
11. Fukui, H. 2018. Development of new cosmetics based on nanoparticles. In *Nanoparticle Technology Handbook* (pp. 399-405). Elsevier.
12. Gardea-Torresdey, J.L., E. Gomez, J.R. Peralta-Videa, J.G. Parsons, H. Troiani, and M. Jose-Yacaman .2003. Alfalfa sprouts: a natural source for the synthesis of silver nanoparticles. Langmuir, 19(4): 1357-1361.
13. Gericke, M., and A. Pinches. 2006. Biological synthesis of metal nanoparticles. Hydrometallurgy, 83(1-4):132-140.
14. Gu, X., T. Qiu, W. Zhang, and P.K. Chu. 2011. Light-emitting diodes enhanced by localized surface plasmon resonance. Nanoscale Res. Lett. 6(1): 1-12.
15. Htwe, Y., W. Chow, Y. Suda, and M. Mariatti. 2019. Effect of silver nitrate concentration on the production of silver nanoparticles by green method. Mater. Today Commun. 17: 568-573.
16. Hussain, I., N. Singh, A. Singh, H. Singh, and S. Singh. 2016. Green synthesis of nanoparticles and its potential application. Biotechnol. Lett. 38(4): 545-560.
17. Iravani, S. 2011. Green synthesis of metal nanoparticles using plants. Green Chem. 13(10): 2638-2650.
18. Jegadeeswaran, P., R. Shivaraj, and R. Venckatesh. 2012. Green synthesis of silver nanoparticles from extract of *Padina tetrastromatica* leaf. Dig. J. Nanomater. Biostruc., 7(3): 991-998.
19. Kaur, R., J. Singh, and S. Tripathi. 2017. Incorporation of inorganic nanoparticles into an organic polymer matrix for data storage application. Curr. Appl. Phys. 17(5), 756-762.
20. Khalil, M. M., E. H. Ismail, K. Z. El-Baghdady, and D. Mohamed. 2014. Green synthesis of silver nanoparticles using olive leaf extract and its antibacterial activity. Arab. J. Chem. 7(6): 1131-1139.
21. Krithiga, N., A. Rajalakshmi, and A. Jayachitra. 2015. Green synthesis of silver nanoparticles using leaf extracts of *Clitoria ternatea* and *Solanum nigrum* and study of its antibacterial effect against common nosocomial pathogens. J. Nanosci.
22. Kumar, B., Y. Angulo, K. Smita, L. Cumbal, and A. Debut. 2016. Capuli cherry-mediated green synthesis of silver nanoparticles under white solar and blue LED light. Particuology, 24: 123-128.
23. Mahiuddin, M., P. Saha, and B. Ochiai. 2020. Green Synthesis and Catalytic Activity of Silver Nanoparticles Based on Piper chaba Stem Extracts. Nanomaterials, 10(9): 1777.
24. McGillicuddy, E., I. Murray, S. Kavanagh, L. Morrison, A. Fogarty, M. Cormican, P. Dockery, M. Prendergast, N. Rowan, and D. Morris. 2017. Silver nanoparticles in the environment: Sources, detection and ecotoxicology. Sci. Total Environ. 575: 231-246.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.2.4.4]

25. Mittal, A.K., Y. Chisti, and U.C. Banerjee. 2013. Synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts. Biotechnol. Adv. 31(2), 346-356.
26. Morones, J.R., J.L. Elechiguerra, A. Camacho, K. Holt, J. B. Kouri, J.T. Ramírez, and M.J. Yacaman. 2005. The bactericidal effect of silver nanoparticles. Nanotechnology, 16(10): 2346.
27. Noumedem, J., D. Djeussi, L. Hritcu, M. Mihasan, and V. Kuete. 2017. *Lactuca sativa*. In Medicinal Spices and Vegetables from Africa (pp. 437-449). Elsevier.
28. Rai, A., A. Singh, A. Ahmad, and M. Sastry. 2006. Role of halide ions and temperature on the morphology of biologically synthesized gold nanotriangles. Langmuir, 22(2): 736-741.
29. Rajeshkumar, S., C. Malarkodi, G. Gnanajobitha, K. Paulkumar, M. Vanaja, C. Kannan, and G. Annadurai. 2013. Seaweed-mediated synthesis of gold nanoparticles using *Turbinaria conoides* and its characterization. J. Nanostruct. Chem. 3(1): 1-7.
30. Raju, D., U.J. Mehta, and S. Hazra. 2011. Synthesis of gold nanoparticles by various leaf fractions of *Semecarpus anacardium* L. tree. Trees, 25(2): 145-151.
31. Roy, K. 2012. 'Green'synthesis of silver nanoparticles by using grape (*Vitis vinifera*) fruit extract: Characterization of the Particles and Study of Antibacterial Activity
32. Sadeghi, B. 2014. Green synthesis of silver nanoparticles using seed aqueous extract of *Olea europaea*. Int J. Nano Dimens. 5(6): 575-581.
33. Salehi, M., N. Reisnia, and S. Mehrabian. 2011. Antibacterial effect of external shell of *Pistacia vera* extract. Islamic Azad Uni. Microb. Biotech. Res. J. 3(1): 53-59.
34. Sánchez-Navarro, M.d.C., C.A. Ruiz-Torres, N. Niño-Martínez, R. Sánchez-Sánchez, G.A. Martínez-Castañón, I. DeAlba-Montero, and F. Ruiz. 2018. Cytotoxic and bactericidal effect of silver nanoparticles obtained by green synthesis method using annona muricata aqueous extract and functionalized with 5-fluorouracil. Bioinorg. Chem. Appl. 2018.
35. Senapati, S., A. Syed, S. Moeez, A. Kumar, and A. Ahmad. 2012. Intracellular synthesis of gold nanoparticles using alga Tetraselmis kochinensis. Mater. Lett. 79:116-118.
36. Shahverdi, A.R., A. Fakhimi, H.R. Shahverdi, and S. Minaian. 2007. Synthesis and effect of silver nanoparticles on the antibacterial activity of different antibiotics against Staphylococcus aureus and Escherichia coli. Nanomed.: Nanotech. Biol. Med. 3(2): 168-171.
37. Song, S., X. Liu, J. Jiang, Y. Qian, N. Zhang, and Q. Wu. 2009. Stability of triazophos in self-nanoemulsifying pesticide delivery system. Colloids and Surfaces A*:* Surf. A Physicochem. Eng. 350(1-3): 57-62.
38. Spehia, R. S., M. Devi, J. Singh, S. Sharma, A. Negi, S. Singh, N. Chauhan, D. Sharma, and J.C.Sharma. 2018. Lettuce growth and yield in hoagland solution with an organic concoction. Int. J. Veg. Sci. 24(6): 557-566.
39. Stamplecoskie, K.G., and J.C Scaiano.. 2010. Light emitting diode irradiation can control the morphology and optical properties of silver nanoparticles. J. Am. Chem. Soc. 132(6): 1825-1827.
40. Sun, R.W.-Y., R. Chen, N.P.-Y. Chung, C.-M. Ho, C.-L.S. Lin, and C.-M. Che. 2005. Silver nanoparticles fabricated in Hepes buffer exhibit cytoprotective activities toward HIV-1 infected cells. Chem. Comm. (40): 5059-5061.
41. Thakkar, K.N., S.S. Mhatre, and R.Y. Parikh. 2010. Biological synthesis of metallic nanoparticles. Nanomedicine: Nanotechnology, Biol. Med. 6(2): 257-262.
42. Tran, Q.H., A.-T. and Le. 2013. Silver nanoparticles: synthesis, properties, toxicology, applications and perspectives. Adv. Nat. Sci-NanoSci. 4(3): 033001.
43. Vijayan, S.R., P. Santhiyagu, R. Ramasamy, P. Arivalagan, G. Kumar, K. Ethiraj, and B. R. Ramaswamy. 2016. Seaweeds: a resource for marine bionanotechnology. Enzyme Microb. Technol. 95: 45-57.
44. Wijnhoven, S.W., W.J. Peijnenburg, C.A. Herberts, W.I. Hagens, A.G. Oomen, E.H. Heugens, B. Roszek, J. Bisschops, I. Gosens, and D. Van De Meent. 2009. Nano-silver–a review of available data and knowledge gaps in human and environmental risk assessment. Nanotoxicology, 3(2): 109-138.
45. Zhang, J., G. Si, J. Zou, R. Fan, A. Guo, and X. Wei. 2017. Antimicrobial effects of silver nanoparticles synthesized by fatsia japonica leaf extracts for preservation of citrus fruits. J. Food Sci. 82(8): 1861-1866.
46. Zhang, Y., F. Chen, J. Zhuang, Y. Tang, D. Wang, Y. Wang, A. Dong, and N. Ren. 2002. Synthesis of silver nanoparticles via electrochemical reduction on compact zeolite film modified electrodes. Chem. Comm. (23):2814-2815.
47. Zodrow, K., L. Brunet, S. Mahendra, D. Li, A. Zhang, Q. Li, and P.J. Alvarez. 2009. Polysulfone ultrafiltration membranes impregnated with silver nanoparticles show improved biofouling resistance and virus removal. Water Res. 43(3): 715-723.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.2.4.4]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 23 (2): 237-248 (2022)
Research article

Optimizing the Conditions of Silver Nanoparticles Green Synthesis from Aqueous Extract of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Leaves

R. Parvaneh, M. Etemadi*, A. Ramezanian and M. Tohidi[1]

The development of environmentally friendly technologies in synthesizing materials is of considerable importance for expanding their biological applications. Todays, various types of nanoparticles have been synthesized by the method of green synthesis with a well-defined chemical composition, size, and morphology and their applications in many advanced fields of technology have been studied. This study was performed to find the optimal conditions for the green synthesis of silver nanoparticles from an aqueous extract of lettuce leaves. To find the optimal condition, different concentrations of silver nitrate and aqueous extract, different ratios of aqueous extract and silver nitrate, different light spectra with different concentrations of aqueous extract were studied. The results showed that the aqueous extract containing 20 g of lettuce leaves in 100 ml of distilled water, 1 mM silver nitrate concentration, and 1:1 ratio under blue light for 24 hours had the maximum absorption rate among other samples. The results of X-ray diffraction spectroscopy also confirm the crystallization of nanoparticles in this sample.
Keywords: Green synthesis, silver nanoparticle, aqueous extract of lettuce

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.2.4.4]

1. M.Sc. Student, Assistant Professor, and Professor, Department of Horticultural Science, School of Agriculture, Shiraz University; Assistant Professor, Department of Nano Chemical Engineering, School of Advanced Technologies, Shiraz University, Shiraz, Iran, respectively.
* Correspondence Author, E-mail: (m.etemadi@shirazu.ac.ir).