

کاربرد اسپکتروفتومتری ماوراء بنفش - مرئی در بهینه سازی شرایط بیوسنتز نانو ذرات نقره توسط گیاه گیشدر

جعفر ولیزاده^۱، نفیسه حق پذیر^{۲*}، مهدی رونده^۳، مسعود کیخوائی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۱/۱۰

چکیده

در این تحقیق، دستگاه اسپکتروفتومتر ماوراء بنفش - مرئی برای یافتن شرایط بهینه‌ی سنتز نانو ذرات نقره با استفاده از عصاره‌ی آبی ساقه گیاه گیشدر به کار گرفته شد. برای تهیه عصاره پس از شستن، خشک کردن و آسیاب کردن ساقه‌ی آن، ۱ گرم از پودر گیاه در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۳۰ دقیقه حرارت داده شد که پس از فیلتراسیون و سانتریفوژ کردن، عصاره‌ی شفاف‌ی حاصل شد. به منظور بیوسنتز نانو ذرات نقره، ۴ میلی‌لیتر از محلول نقره نیترات ۴ میلی‌مولار به ۲ میلی‌لیتر عصاره‌ی گیاهی حاصل افزوده شد که سریعاً باعث احیای یون نقره (I) به نقره فلزی به صورت نانو ذرات می‌شود. با بکار گرفتن اسپکتروفتومتری فرابنفش - مرئی، پارامترهای مؤثر بر حصول نانو ذرات نقره‌ی پایدار با شکل یکنواخت و هم اندازه به شرح زیر بهینه شدند: pH محیط واکنش ۸/۵، ۲ میلی‌لیتر عصاره، ۴ میلی‌لیتر محلول نقره نیترات و زمان واکنش ۳۰ دقیقه. حداکثر طول موج جذبی برای نانو ذرات در ۴۱۴ نانومتر مشاهده شد. برای مشخصه‌یابی نانو ذرات تولید شده علاوه بر دستگاه اسپکتروفتومتر، از میکروسکوپ الکترونی عبوری، پراش پرتو ایکس و طیف سنجی مادون قرمز نیز استفاده شد و مشخص گردید نانو ذرات حاصله دارای شکل کروی یکنواخت با اندازه ۱۰-۷ نانومتر هستند.

واژه‌های کلیدی: اسپکتروفتومتری ماوراء بنفش - مرئی، نانو ذرات نقره، گیاه گیشدر

^۱ . دانشیار زیست شناسی، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه سیستان و بلوچستان

^{۲*} . نویسنده‌ی مسئول: کارشناس ارشد شیمی، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه سیستان و

بلوچستان؛ Email: haghpaizer_65@yahoo.com

^۳ . دانشجوی دکتری فیتوشیمی، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ماساریک، برنو، جمهوری چک

^۴ . استاد شیمی، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه سیستان و بلوچستان

۱- مقدمه

نانو ذرات فلزی، ذراتی از جنس فلز به ابعاد ۱ تا ۱۰۰ نانومتر هستند که در میان نانو ساختارها دارای اهمیت ویژه می‌باشند. این امر به علت تفاوت زیاد در برخی خواص فیزیکی آن فلز، در دو حالت اتمی و توده می‌باشد. از جمله خواص نانو ذرات فلزی بر همکنش ویژه آنها با نور است که از این خاصیت در شناسایی نانو ذرات استفاده می‌شود. سادگی ساختاری این دسته از نانو ذرات که با خواص فیزیکی ویژه‌ای همراه است باعث کاربرد زیاد این ذرات در علوم بنیادی شده است. روش‌های مختلفی برای سنتز نانو ذرات نقره وجود دارد به عنوان مثال احیای یون نقره در محلول‌های شیمیایی و آبی (یو^۱، ۲۰۰۷؛ احمد^۲ و همکاران، ۲۰۰۹)، سونوشیمی^۳ (سالکار^۴ و همکاران، ۱۹۹۹)، روش الکتروشیمیایی^۵ (استاروز^۶ و همکاران، ۲۰۰۶) و روش کاهش از طریق ریزموج^۷ (ین^۸ و همکاران، ۲۰۰۴). به تازگی از طریق روش شیمی سبز که استفاده از مواد سازگار با محیط زیست مانند برگ و ساقه گیاه را برای سنتز نانو ذرات نقره ارائه می‌دهد (سانگ و کیم^۹، ۲۰۰۹؛ گادیا^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۳)، متداول شده است چرا که بدلیل استفاده نشدن از مواد سمی می‌توان از نانو ذرات حاصله در مصارف دارویی و پزشکی استفاده کرد. نانو ذرات نقره دارای سطح زیادی هستند که این خصوصیت موجب افزایش خاصیت ضد میکروبی آنها می‌شود و مهم‌ترین کاربرد آن در پزشکی برای تولید پماد موضعی می‌باشد که برای جلوگیری از عفونت در برابر سوختگی و زخم‌های باز به کار می‌رود (بانکار^{۱۱} و همکاران ۲۰۱۰؛ کاویا^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۱؛ ویرندر^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۹) دستگاه اسپکتروفتومتر ماوراءبنفش - مرئی (UV-Vis) بدلیل سهولت استفاده، ارزانی و

1. Yu

2. Ahmad & et al

3. Sonochemical

4. Salkar & et al

5. Electrochemical

6. Starowicz & et al

7. Microwave

8. Yin & et al

9. Song & Kim

10. Gaedea & et al

11. Bankar & et al

12. Kaviya & et al

13. Virender & et al

در دسترس بودن یکی از ابزارهای مهم تجزیه‌ای بوده است (کیخوائی و سرگزی، ۲۰۱۴)، از سوی دیگر ویژگی یابی نانو ذرات نقره یکی از چالش‌های عمده در این گونه مطالعات است چرا که بهای دستگاه‌های معمول بررسی نانو ذرات از قبیل دستگاه پراش پرتو ایکس^۱ (XRD)، مادون قرمز تبدیل فوریه^۲ (FT-IR) و میکروسکوپ الکترونی عبوری^۳ (TEM) بسیار بالا بوده و استفاده‌ی روزمره از آنها در طی بهینه‌سازی شرایط سنتز نانو ذرات را با اشکال مواجه می‌سازد. در این تحقیق، برای بررسی خواص و نیز در حین تولید نانو ذرات نقره به روش زیستی، از دستگاه اسپکتروفتومتر UV-Vis استفاده شد که به علت سرعت و سهولت انجام کار و ارائه‌ی اطلاعات کافی، در هر لحظه از مطالعات می‌تواند ویژگی‌های دقیقی درباره ساختار نانو ذرات را ارائه دهد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد شیمیایی

کلیه حلال‌ها و معرف‌های شیمیایی به کار گرفته شده در این پژوهش، فرآورده‌ی شرکت مرک آلمان با خلوص تجزیه‌ای یا بالاتر بوده و بدون آماده سازی بعدی به کار گرفته شدند. به منظور تولید نانو ذرات نقره از گیاه گیشدر، نقره نیترات، هیدروکلریک اسید و سدیم هیدروکسید استفاده شد. همچنین در طول آزمایش برای شستشو و محلول سازی از آب دوبار تقطیر استفاده شد.

۲-۲- روش کار

میزان ۱ گرم پودر آسیاب شده‌ی ساقه گیاه گیشدر در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر ریخته و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به هم زده شد. اجازه داده شد این محلول در دمای اتاق خنک شود سپس توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ صاف شد و به منظور حذف کامل ذرات معلق به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. با افزودن ۲ میلی‌لیتر از عصاره ساقه گیاه گیشدر به ۴ میلی‌لیتر از نقره نیترات ۴ میلی‌مولار که pH آن توسط سود ۰/۱ مولار در ۸/۵ تنظیم شده بود، نانو ذرات نقره در دمای محیط سنتز شدند. پس از گذشت ۳۰ دقیقه از زمان واکنش، از نانو ذرات نقره سنتز شده در محدوده

^۱. X-ray Diffraction (XRD)

^۲. Fourier Transformation Infrared (FT-IR)

^۳. Transmission Electron Microscope (TEM)

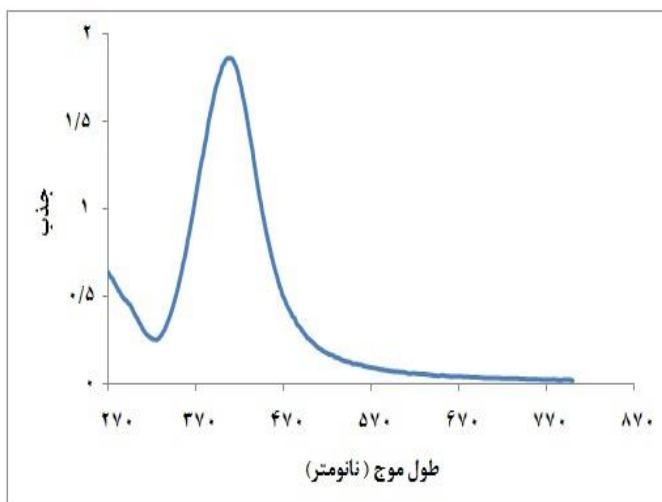
۸۰۰-۲۰۰ نانومتر، طیف UV-Vis گرفته شد. بیشترین طول موج جذبی در ۴۱۴ نانومتر که از مشخصه‌های سنتز نانو ذرات نقره است، مشاهده شد (شکل ۱).

پارامترهای مختلف موثر در مقدار، اندازه و شکل نانو ذرات نظیر pH محیط واکنش، غلظت نقره نیترات، مقدار عصاره گیاهی، دما و زمان واکنش مورد بررسی قرار گرفت. در طی مراحل بهینه‌سازی، با گرفتن طیف جذبی با دستگاه اسپکتروفومتر، مراحل بیوسنتز مورد کنترل قرار داشت. یک نمونه از طیف جذبی UV-Vis حاصل از نانو ذرات نقره سنتز شده با شرایط بالا، در شکل ۱ آورده شده است. نانو ذرات فلزی نقره به خاطر پدیده‌ی پلاسمونیک قابلیت جذب نور در ناحیه UV-Vis را دارند. نکته مهمی که در شکل ۱ قابل مشاهده است اثر تقارن بر روی تعداد پیک‌های UV-Vis حاصل از سنتز نانو ذرات نقره است. وقتی که تقارن نانو ذرات نقره کاهش می‌یابد تعداد پیک‌های حاصل از سنتز نانو ذرات نقره در ناحیه UV-Vis نیز افزایش می‌یابد. نانو ذرات نقره کروی با تقارن C_s یک پیک، نانو دیسک نقره با تقارن $C_{\infty h}$ دو پیک و نانو صفحات سه گوش نقره با تقارن D_{3h} سه پیک را نمایش می‌دهند (اکسیا^۱ و همکاران، ۲۰۰۹؛ آشکاران و بیات، ۲۰۱۳). با افزایش اندازه‌ی نانو ذرات نقره اثراتی چون جابه‌جایی به سمت طول موج قرمز و پهن شدن پیک حاصل از سنتز نانو ذرات نقره دیده می‌شود (ناگزی^۲، ۲۰۰۷) که از پهنای طیف حاصل در شکل ۱ و تیز بودن آن می‌توان به متقارن و کوچک بودن اندازه نانو ذرات نقره‌ی سنتز شده و کروی بودن آن پی برد (امین^۳ و همکاران، ۲۰۱۲).

1. Xia & et al

2. Noguez

3. Amin & et al



شکل ۱. طیف UV-Vis نانو ذرات سنتز شده نقره توسط عصاره ساقه گیاه گیشدنر

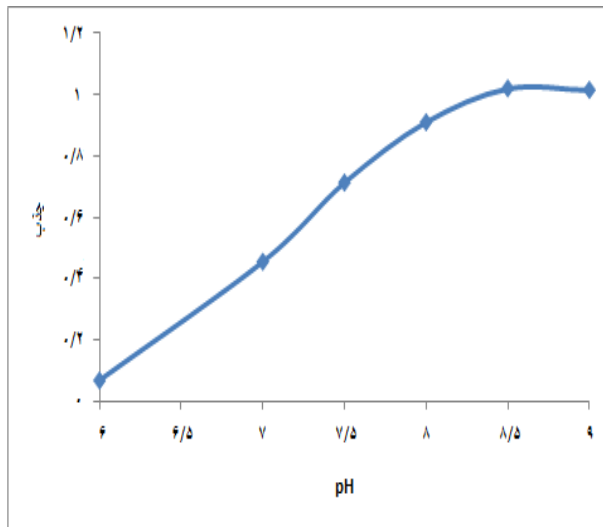
تایید ساختار و مورفولوژی نانو ذرات نقره‌ی سنتز شده تحت شرایط بهینه بوسیله دستگاه TEM، الگوی XRD و طیف‌سنجی FT-IR بررسی شد. در قسمت‌های زیر، تأثیر پارامترهای مؤثر بر سنتز نانو ذرات نقره مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۲-۱- تأثیر pH

گزارش‌هایی مبنی بر تأثیر شدید pH بر روی روند تشکیل نانو ذرات نقره با استفاده از عصاره‌ی گیاه به ثبت رسیده‌اند (ایوانف^۱ و همکاران، ۲۰۰۴)، که نشان دهنده‌ی اثر شدید تغییرات pH بر این موضوع است. در این مطالعه pH محلول ساخته شده‌ی ۲ میلی‌لیتر عصاره گیاه گیشدنر و ۴ میلی‌لیتر محلول نقره نترات ۲ میلی‌مولار در ۶/۰، ۷/۰، ۷/۵، ۸/۰، ۸/۵ و ۹/۰ با استفاده از محلول‌های سود یا هیدروکلریک اسید ۰/۱ مولار تنظیم شد. تغییر رنگ مشاهده شده از زرد کمرنگ به قهوه‌ای تیره بود. پس از بررسی نقاط جذبی به دست آمده در طول موج ۴۱۴ نانومتر محلول ساخته شده‌ی ۲ میلی‌لیتر عصاره گیاه گیشدنر و ۴ میلی‌لیتر نقره نترات ۲ میلی‌مولار که با آب مقطر به حجم ۱۰۰ رسیده بود در $pH = 8/5$ بیشترین جذب را در طول موج ۴۱۴ نانومتر که مشخصه‌ی حضور نانو ذرات نقره است از خود نشان داد (شکل ۲). تغییرات شدید جذب محلول‌های ساخته شده در pH های مختلف نشان دهنده این است که

¹. Evanoff & et al

اندازه نانو ذرات تولید شده تا حدود زیادی به این پارامتر وابسته است چرا که طول موج جذبی، با اندازه نانو ذرات نسبت مستقیم دارد (ایوانوف و چامانو^۱، ۲۰۰۴). ملاحظه می‌شود که با قلیایی کردن محیط آزمایش، اندازه نانو ذرات نقره، کوچک‌تر می‌شود که به دلیل جابجایی به سمت طول موج آبی است (کوئین^۲ و همکاران، ۲۰۱۰). تغییر رنگ مشاهده شده از زرد کم‌رنگ به قهوه‌ای تیره ناشی از انتقال الکترونی است که اولین نشانه تولید نانو ذرات نقره محسوب می‌شود.



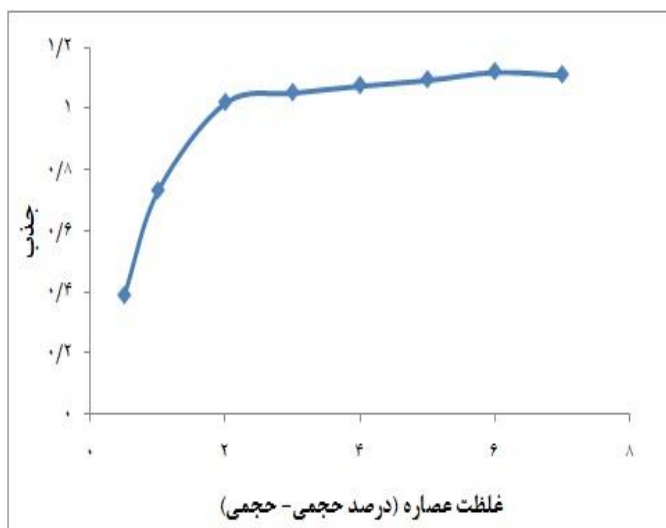
شکل ۲. تأثیر pH بر سنتز نانو ذرات نقره

۲-۲-۲- تأثیر غلظت عصاره گیاه

برای بررسی تأثیر غلظت عصاره‌ی گیاه مقادیر ۰/۵ تا ۷ میلی‌لیتر از آن به ۴ میلی‌لیتر نقره نترات ۲ میلی مولار در $\text{pH} = 8/5$ افزوده شد و سایر شرایط آزمایش ثابت نگه داشته شد. از آنجا که عصاره به عنوان کاهنده و پایدار کننده در تولید نانو ذرات به کار می‌رود با افزایش مقدار عصاره از ۰/۵ تا ۲ میلی‌لیتر افزایش قابل ملاحظه‌ای در میزان جذب در طول موج ۴۱۴ نانومتر مشاهده شد و از مقدار ۲ تا ۷ میلی‌لیتر افزایش جذب روندی یکنواخت داشت که غلظت ۲ درصد حجمی - حجمی عصاره به عنوان غلظت بهینه انتخاب شد (شکل ۳).

¹. Evanoff & Chumanov

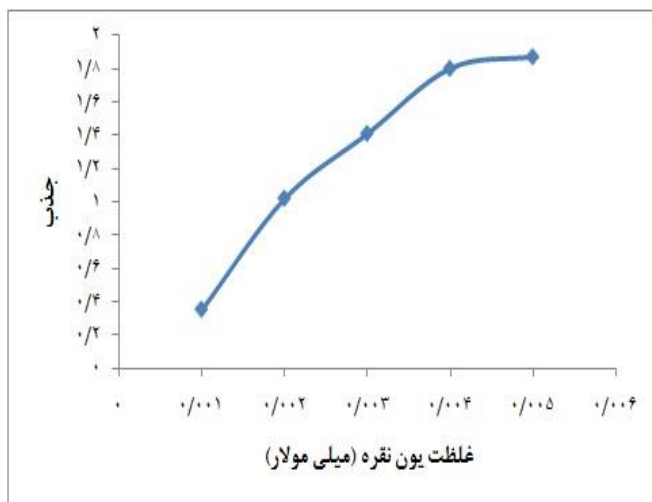
². Qin & et al



شکل ۳. تأثیر غلظت عصاره بر سنتز نانو ذرات نقره

۲-۲-۳- تأثیر غلظت نقره نیترات

برای بررسی تأثیر غلظت یون نقره، مقدار ۲ میلی لیتر عصاره و ۴ میلی لیتر از غلظت‌های متفاوت نقره نیترات ۱ تا ۵ میلی مولار در $pH = 8/5$ افزوده شد و جذب محلول‌های ساخته شده در طول موج ۴۱۴ نانومتر گرفته شد (شکل ۴). با افزایش غلظت یون نقره از ۱ تا ۴ میلی مولار افزایش قابل توجهی در میزان جذب در طول موج ۴۱۴ نانومتر مشاهده شد. این نتایج حاکی از تأثیر غلظت نقره نیترات در مقدار و تشکیل نانو ذرات نقره است. به طوری که از شکل ۴ بر می آید با افزایش غلظت نقره نیترات جذب شدت رزونانس پلاسمون و بدنبال آن جذب و میزان تشکیل نانو ذرات افزایش می یابد.



شکل ۴. تأثیر غلظت نیترات نقره بر سنتز نانو ذرات نقره

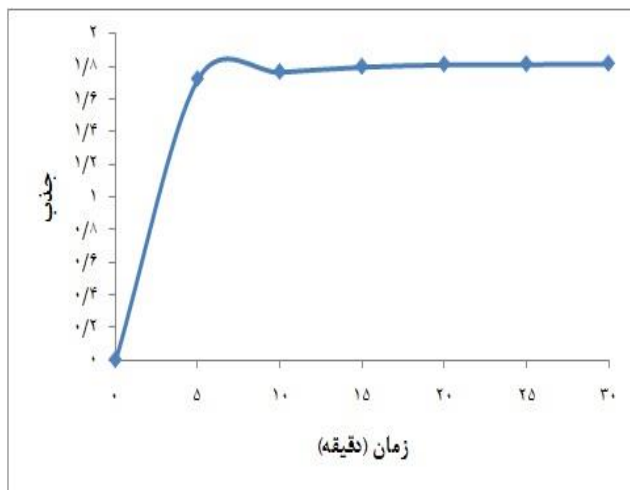
۲-۲-۴- تأثیر دما

افزایش دما از ۲۵ تا ۷۰ درجه سانتیگراد بر سنتز نانو ذرات نقره توسط عصاره ساقه گیاه گیشدر تغییر زیاد و قابل ملاحظه‌ای در سرعت واکنش و میزان جذب نشان نداد که حاکی از عدم تغییر در اندازه و یا شکل نانو ذرات است.

۲-۲-۵- تأثیر زمان

با ثابت نگهداشتن شرایط بیوسنتز در نقاط بهینه شده‌ی پارامترهای pH، غلظت عصاره و نیترات نقره و دما، اثر زمان مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج حاصل از تأثیر زمان مجاورت ۴ میلی‌لیتر نقره نیترات ۴ میلی‌مولار با ۲ میلی‌لیتر عصاره‌ی ساقه گیاه گیشدر در $pH = 8/5$ در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد بر روند واکنش توسط دستگاه اسپکتروفوتومتری نشان دادند که متناسب با افزایش زمان بر همکنش، میزان جذب افزایش می‌یافت. جذب ناشی از رزونانس پلاسمون سطحی که نشان دهنده وجود نانو ذرات نقره است از زمان واکنش ۱ دقیقه تا ۵ دقیقه در طول موج ثابت ۴۱۴ نانومتر افزایش می‌یابد که تا زمان ۵ دقیقه شکل گیری و تشکیل نانو ذرات نقره ادامه داشت ولی از زمان ۵ دقیقه به بعد روند یکنواختی در افزایش میزان جذب داشت که نشان دهنده سنتز سریع نانو ذرات در شرایط بهینه شده است (شکل ۵). برای حصول از پایداری نانو ذرات تشکیل شده این زمان تا ۳۰ دقیقه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت؛ به این صورت که با فواصل پنج دقیقه‌ای از نانو ذرات سنتز شده در طول موج ۴۱۴ نانومتر جذب

گرفته شد و معلوم شد که نانو ذرات مذکور تا زمان های طولانی پایداری خود را حفظ می- کنند. این پایداری ناشی از وجود پایدار کننده های آلی در اطراف نانو ذرات است که وجود آنها توسط طیف FT-IR تأیید گردید.



شکل ۵. تأثیر زمان بر سنتز نانو ذرات نقره

۳-۲- دستگاهوری

از دستگاه اسپکتروفتومتر ماوراء بنفش- مرئی (UV-Vis) Jenway مدل 6715 ساخت انگلستان برای گرفتن طیف جذبی محلول ها استفاده شد. pH متر Metrohm مدل pH lab 827 ساخت کشور سوئیس برای تنظیم pH محلول ها به کار گرفته شد. بررسی اندازه و شکل نانو ذرات سنتز شده توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) مدل EM10C، ساخت زایس آلمان انجام گرفت. الگوی کریستالی پودر خشک نانو ذرات نقره توسط دستگاه پراش پرتو ایکس Bruker مدل D8advance ساخت آلمان مشخصه یابی شد. بررسی عوامل پایدار کننده نانو ذرات سنتزی توسط دستگاه PerkinElmer FT-IR Spectrum two ساخت آمریکا انجام شد.

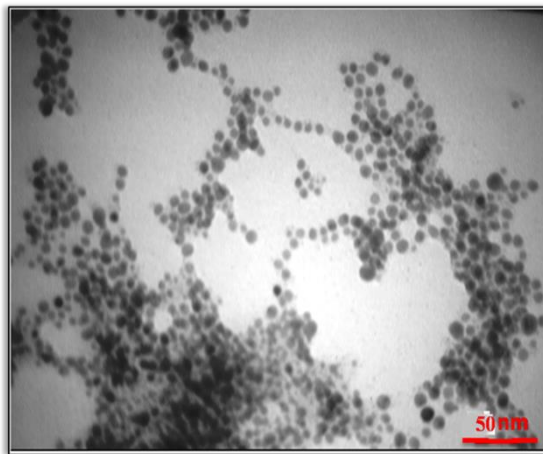
۳- نتایج و بحث

برای تأیید نتایج حاصل از طیف UV-Vis، اندازه و شکل نانو ذرات نقره سنتز شده توسط تکنیک‌های XRD و TEM مورد بررسی قرار گرفت.

تصویر TEM نانو ذرات نقره سنتز شده تحت شرایط بهینه ذکر شده در شکل ۶ نشان داده شده است. نانو ذرات نقره سنتز شده دارای شکل کروی با اندازه ۷-۱۰ نانومتر بودند. برای بررسی بیشتر و مطالعه ساختار بلوری نانو ذرات نقره سنتز شده، از آنالیز XRD استفاده شد (شکل ۷). میانگین اندازه دانه‌های بلوری با محاسبه پهنای پیک‌های تشکیل شده در نمونه‌ها با استفاده از فرمول دبی - شرر (دبی^۱ و همکاران، ۲۰۱۰) برآورد شد:

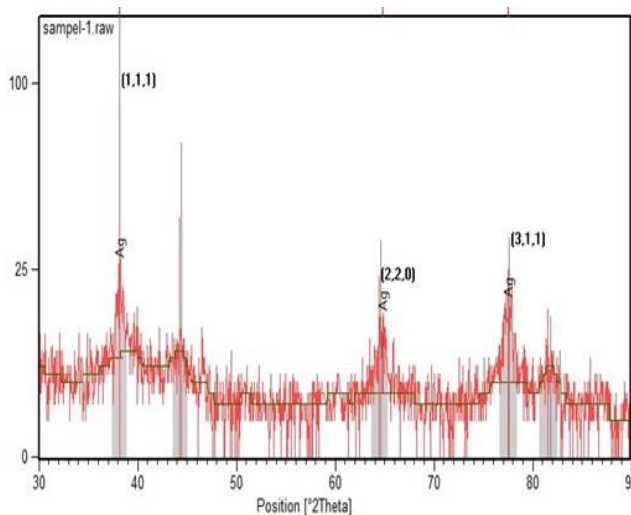
$$D = 0.9 \lambda / \beta \cos \theta$$

که در اینجا β ، پهنای پیک‌ها در نصف ارتفاع ماکزیمم، λ طول موج اشعه X برابر با ۱/۵۴ نانومتر، θ زاویه بین پرتو بازتابش و تابش و D اندازه دانه‌های بلوری می‌باشد.



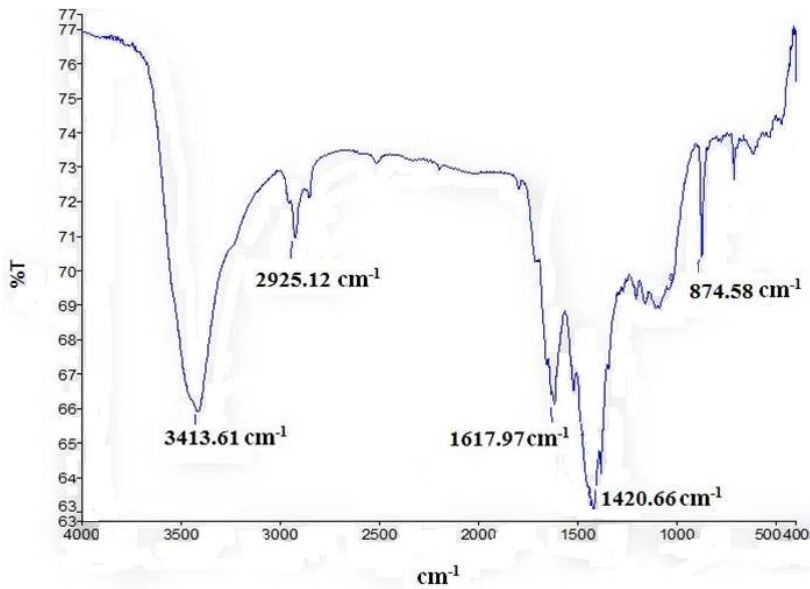
شکل ۶. تصویر TEM نانو ذرات سنتز شده نقره از عصاره ساقه گیاه گیشدر

¹. Dubey & et al



شکل ۷. طیف XRD نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره ساقه گیاه گیشدر

مشخصات پیک‌های نانو ذرات نقره در $2\theta = 38/14$ ، $45/04$ و $65/05$ به ترتیب با اندیس‌های میلر (۱۱۱)، (۲۰۰) و (۲۲۲) مطابقت دارند که بیانگر ساختار مکعبی نانو ذرات نقره سنتز شده بود. متفاوت بودن پهنای پیک‌ها در طیف‌های XRD متفاوت بودن اندازه دانه‌های بلوری را نشان می‌دهد. میانگین اندازه دانه‌های بلوری سنتز شده با محاسبه فرمول دبای - شرر ۵، ۸ و ۱۰ نانومتر برآورد شدند که با نتایج حاصل از TEM و نتایج بدست آمده از بررسی طیف UV-Vis کاملاً مطابقت داشت. طیف FT-IR برای شناسایی کیفی پایدار کننده‌های اطراف نانو ذرات مورد استفاده قرار گرفت. شکل ۹ باندهایی واضح را در ناحیه‌ی $3413/61$ ، $2925/39$ ، $1617/97$ ، $1420/66$ و $1105/63$ cm^{-1} نشان می‌دهد که به ترتیب مربوط به ارتعاشات کششی N-H، C-H، آلیفاتیک، C=C، متصل به حلقه‌های آروماتیک، C-N و C-O می‌باشد که به ترکیبات پروتئینی و فلاونوئیدی موجود در عصاره گیاه نسبت داده می‌شود. این ترکیبات علاوه بر احیای یون نقره (I)، اطراف نانو ذرات نقره فرا گرفته و عامل پایداری و مانع تجمع و به هم چسبیده شدن نانو ذرات نقره سنتز شده می‌شوند.



شکل ۸. طیف FT-IR حاصل از پودر نانو ذرات نقره

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق با استفاده از دستگاه UV-Vis، مراحل بیوستنتز نانو ذرات نقره با استفاده از عصاره‌ی ساقه گیاه گیشدر مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت و شرایط بهینه برای سنتز آن به دست آمد. اندازه نانو ذرات کروی نقره با اندازه ۷ تا ۱۰ نانومتر با استفاده از ۲ میلی‌لیتر عصاره ساقه گیاه گیشدر و ۴ میلی‌لیتر نقره نیترات ۴ میلی‌مولار در $\text{pH} = ۸/۵$ در دمای محیط سنتز شدند. نتایج حاصل از اسپکترومتری UV-Vis، با بررسی‌های بدست آمده از آنالیز XRD و TEM، دارای توافق کامل می‌باشد. در این مقاله می‌توان استفاده از دستگاه UV-Vis را به عنوان یک روش برای ویژگی‌یابی نانو ذرات نقره سنتز شده که یک روش ارزان، ساده و سریع است معرفی کرد.

منابع

- Ahmad, M.B., Shamel, K., Darroudi, M., Yunus, W. and Ibrahim, N. (2009). Synthesis and characterization of silver/clay nanocomposites by chemical reduction method, *Journal of Applied Sciences*, 6: 1909-1914.
- Amin, M., Anwar, F., Janjua, M., Ramzan, S., Ashraf, I.M. and Rashid, U. (2012). Green Synthesis of Silver Nanoparticles through Reduction with Solanum xanthocarpum L. Berry Extract: Characterization, Antimicrobial and Urease Inhibitory Activities against Helicobacter pylori, *Journal of Molecular Science*, 13: 9923-9941.
- Ashkarran, A. and Bayat, A. (2013). Surface plasmon resonance of nanostructures as a complementary technique for microscopic size measurement, *Journal of International Nano Letters*, 3: 50-59.
- Bankar, A.B., Joshi, B., Kumar, A.R. and Zinjarde, S. (2010). Banana peel Extract mediated novel route for the synthesis of silver nanoparticles, *Journal of Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 368: 58-63.
- Dubey, S.P., Lahtinen, M. and Sillanpaa, M. (2010). Tansy fruit mediated greener synthesis of silver and gold nanoparticles, *Journal of Process Biochemistry*, 45: 1065-1071.
- Evanoff, D., Chumanov, G., Armendariz, V., Herrera, I., Peralta-vidua, J.R., Miguel, M., Troiani, H., Patricia, S. and Gardea-Torresdey, J. L. (2004). Size controlled gold nanoparticle formation by Avena sativa biomass: use of plants in nanobiotechnology, *Journal of Nanoparticle Research*, 6: 377-382.
- Evanoff, D. and Chumanov, G. (2004). Size-controlled synthesis of nanoparticles, silver-only” aqueous suspensions via hydrogen reduction, *Journal of Physical Chemistry B*, 108: 13948-13956.
- Gaede, T., Jorge, L., Gomez, E., Peralta-Videa, R., Parsons, G., Troiani, H. and Miguel, J. (2003). Alfalfa sprouts: a natural source for the synthesis of silver nanoparticles, *Journal of Langmuir*, 19: 1357-61.
- Kaykhaii, M. and Sargazi, M. (2014). Comparison of two novel in-syringe dispersive liquid-liquid microextraction techniques for the determination of iodide in water samples using spectrophotometry, *Journal of Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 121: 173-179
- Kaviya, S., Santhanalakshmi, J. and Viswanathan, B. (2011). Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Polythia longifolia Leaf Extract along with D-Sorbitol: Study of Antibacterial Activity, *Journal of Nanotechnology*, 2011: 152970-152974.
- Noguez, C. (2007). Surface Plasmons on Metal Nanoparticles: The Influence of Shape and Physical Environment, *Journal of Physical Chemistry*, 111: 3806-3819.
- Qin, Y., Xiaohui, J., Liu, H., Wu, H. and Wensheng, Y. (2010). Size control over spherical silver nanoparticles by ascorbic acid reduction, *Journal of Colloids and Surfaces. A, Physicochemical and Engineering Aspects*, 372: 172-176.
- Salkar, R.A., Jeevanandam, P., Aruna, S.T., Koltypin, Y. and Gedanken, A. (1999). The sonochemical preparation of amorphous silver nanoparticles, *Journal of Materials Chemistry*, 9: 1333-1335.

- Song, J.Y. and Kim, S. (2009). Rapid biological synthesis of silver nanoparticles using plant leaf extracts, *Journal of Bioprocess and Biosystems Engineering*, 32: 79-84.
- Starowicz, M., Stypula, B. and Jacked, B. (2006). Electrochemical synthesis of Silver nanoparticles, *Journal of Electrochemistry Communications*, 8: 227-230.
- Virender, K., Sharma, A. and Lin, Y. (2009). Silver nanoparticles: Green synthesis and their antimicrobial activities, *Journal of Advances in Colloid and Interface Science*, 145: 83-96.
- Xia, Y., Xiong, Y., Lim, B. and Skrabalak, S. (2009). Shape-Controlled Synthesis of Metal Nanocrystals: Simple Chemistry Meets Complex Physics, *Journal of Angewandte Chemie*, 48: 60-103.
- Yin, H., Yamamoto, T., Wada, Y. and Yanagida, S. (2004). Large-scale and size-controlled synthesis of silver nanoparticles under microwave irradiation, *Journal of Materials Chemistry and Physics*, 83: 66-70.
- Yu, D. (2007). Formation of colloidal silver nanoparticles stabilized by Na⁺-poly(γ -glutamic acid)-silver nitrate complex via chemical reduction process, *Journal of Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 59: 171-178.