

سنتز نانو ذرات اکسید روی با استفاده از عصاره گل کاغذی (*Bougainvillea glabra*) و مطالعه خواص ضد باکتری آن

منصور غفاری مقدم^{۱*}، محسن میرزایی^۲، مصطفی خواجه^۳، موسی بهلولی^۴،
حجت محمد نیا^۵، معصومه اسکندرزاده احمد بگلو^۶، زهره آقا شیری^۱، آرمین
مهدی کر تالایی^۲، میترا محمدی^۳، اشکان کشاورزی^۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۵/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۰۷

چکیده

در این تحقیق نانو ذرات اکسید روی با استفاده از عصاره گل کاغذی با موفقیت سنتز شد. فرآیند تشکیل نانو ذرات اکسید روی بوسیله طیف‌سنج فرابنفش - مرئی (UV-Vis) تعیین گردید. علاوه بر این شناسایی نانو ذرات اکسید روی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و طیف‌سنج پرتو ایکس (XRD) نیز انجام شد. تصاویر SEM نانو ذرات اکسید روی غیر متراکم شده به طور یکنواخت را نشان می‌دهد. نتایج XRD وجود نانو کریستال‌های اکسید روی با ساختار ورتزیت هگزاگونال و میانگین اندازه ۱۹/۸۸ نانومتر تایید کرد. پس از سنتز نانو ذرات اکسید روی، خواص ضد باکتری آن در برابر باکتری‌های گرم مثبت (*Staphylococcus aureus*) و گرم منفی (*Escherichia coli*) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج خواص ضد باکتری خوبی در برابر این دو نوع باکتری را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: نانو ذرات اکسید روی، خاصیت ضد باکتری، گل کاغذی
Staphylococcus aureus, *Escherichia coli*, (*Bougainvillea glabra*)

^{۱*} نویسنده‌ی مسئول: استادیار شیمی، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه زابل

Email: mansghaffari@uoz.ac.ir ;

^۲ کارشناس ارشد شیمی، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه زابل

^۳ استاد شیمی، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه زابل

^۴ استادیار بیوفیزیک، دانشکده علوم پایه، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه زابل

^۵ استادیار، گروه محیط زیست، موسسه آموزش عالی خردگرایان مطهر، مشهد

^۶ استادیار، انستیتو اتو شات، دانشگاه ینا، ینا، آلمان

۱- مقدمه

اکسید روی (ZnO) یکی از پنج ترکیب شناخته شده روی است که در پزشکی و نانو فناوری به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است. یکی از محصولات نانو فناوری، نانو ذرات اکسید روی است که به خاطر خواص فیزیکی و زیستی که دارد نقش مهمی در صنعت و محصولات نانوفناوری دارد. نانو ذرات اکسید روی در صنایع مختلف اعم از غذایی، دارویی، لاستیک سازی و الکترونیکی کاربرد فراوانی پیدا کرده است (خدادادی و همکاران، ۱۳۸۷). از خصوصیات این ماده کاربرد آن در سلول‌های خورشیدی، پوشاننده‌های نوری، کاتالیزورهای نوری، مشتقات الکترونیکی، پوشاننده‌های ضد باکتری و همچنین در لیزرهای نیمه هادی فرابنفش و سنسورهای گازی می‌باشد (نایر^۱ و همکاران، ۲۰۱۱). نانو ذرات اکسید روی عمدتاً بدلیل خواص فیزیکی و شیمیایی ویژه‌ای که از خود نشان می‌دهند دارای مساحت سطح ویژه بالا، شفافیت نوری، سازگاری زیستی، غیرسمی، پایداری فتوشیمیایی و شیمیایی، فعالیت الکتروشیمیایی و انتقال الکترون بالایی دارند (کشاورزی و همکاران، ۲۰۰۹؛ یومار^۲ و همکاران، ۲۰۰۹). مکانیسم‌های مختلفی برای توضیح رفتار ضد میکروبی اکسید روی پیشنهاد شده است که از میان آن می‌توان به آزاد شدن یون فلزی، تولید اکسیژن فعال، برهمکنش‌های الکترواستاتیکی، نفوذ به درون سلول و بستن راه‌های ارتباطی سلول با محیط اشاره کرد (ژانگ^۳ و همکاران، ۲۰۰۷). به طور کلی نانو ذرات اکسید روی به عنوان یک ماده ضد باکتری قوی بر روی بسیاری از باکتری‌ها مانند استافیلوکوکوس اورئوس^۴ (روی^۵ و همکاران، ۲۰۱۳) و اشرشیاکولی^۶ (دوتا^۷ و همکاران، ۲۰۱۰)، موثر بوده و همچنین دارای خاصیت ضد قارچی نیز می‌باشد (روی و همکاران، ۲۰۱۳). تاکنون مطالعات مختلفی بر روی تاثیر شکل و اندازه نانو ذرات (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۷)، طبق مطالعات جهت‌گیری بلوری (اوئیرا^۸ و

1. Nair & et al

2. Umar & et al

3. Zhang & et al

4. Staphylococcus Aureus

5. Roy & et al

6. Escherichia Coli

7. Dutta & et al

8. Ohira & et al

همکاران، ۲۰۰۸) و ثابت شبکه (یاماموتو^۱ و همکاران، ۲۰۰۴) در فعالیت ضد میکروبی نانو ساختارهای اکسید روی انجام گرفته است.

نانو ذرات به دلیل اندازه کوچک و سطح بزرگ نسبت به حجمشان دارای خواص قابل توجه بوده و کاربردهای فراوانی در زمینه های بیوتکنولوژی، پزشکی، کاتالیزورها، سنسورها و انتقال دارو دارند (Fan و لیو^۲، ۲۰۰۵). نانو ذرات اکسید روی همچنین دارای کاربردهای ارزشمندی در تشخیص زیست-مولکولی، تشخیص بیماری ها و میکروالکترونیک ها دارند (گاناسانگتا و تمبوانی^۳، ۲۰۱۳).

در شیمی سبز تلاش می شود که منابع آلودگی کاهش یابد. به همین دلیل از این روش برای کم کردن آلودگی های شیمیایی ناشی از تهیه نانو مواد از حلال های بی خطری مانند آب و عصاره گیاهی استفاده شود (رید و هاتچیسون^۴، ۲۰۰۰). روش های شیمیایی و فیزیکی رایج برای سنتز نانو ذرات به دلیل ایجاد آلودگی های زیست محیطی می توانند جای خود را به روش های سبز که در آن مواد با اثرات زیانبار محیطی کمتری تولید یا مصرف می گردد جایگزین گردد، بطوریکه هزینه های تولید نیز به طور قابل توجهی کاهش یابند (کلارک و مکواری^۵، ۲۰۰۲).

گل کاغذی^۶ (شکل ۱) از تیره ی نیکتاژیناسه^۷ است و دارای اهمیتی اساسی در علوم دارو سازی و کشاورزی است (گوهری و همکاران، ۱۳۸۹). این گل از جمله گیاهان زینتی شناخته شده ای است که بطور رایج در مناطق مختلف جهان پرورش داده می شود (گیلیس^۸، ۱۹۷۶). این گونه به لحاظ دارویی نیز از اهمیت ویژه ای برخوردار است و مطالعات اخیر، وجود خاصیت ضد ویروسی را در آن نشان داده است (علی^۹ و همکاران، ۲۰۰۵؛ آدیبايو^{۱۰} و

¹. Yamamoto & et al

². Fan & Lu

³. Gnanasangeetha & Thambavani

⁴. Reed & Hutchison

⁵. Clark & Macquarrie

⁶. Bougainvillea Glabra

⁷. Nyktaginaceae

⁸. Gillis

⁹. Ali & et al

¹⁰. Adebayo & et al

همکاران، ۲۰۰۵؛ بلاساراسواتی^۱ و همکاران، ۱۹۹۸). گل کاغذی از جمله گیاهان مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری است که با انجام تمهیداتی قابل کشت و پرورش در مناطق معتدله نیز می‌باشد. ویژگی‌های منحصر به فرد این گیاه از جمله مقاومت آن در برابر خشکی و گرمای زیاد، آفات و بیماری‌ها، رشد سریع و طولانی بودن طول دوره گلدهی همراه با تنوع رنگ در گونه‌ها و رقم‌های مختلف جدید است (بهپوری و ولی، ۱۳۸۵). در این تحقیق، نانو ذرات اکسید روی با کمک عصاره گل کاغذی سنتز می‌گردد و سپس خواص ضد باکتری آن بر روی دو باکتری گرم مثبت (استافیلوکوکوس اورئوس) و گرم منفی (اشرشیاکولی) مورد بررسی قرار می‌گیرد.



شکل ۱. گیاه گل کاغذی که از شهرستان زابل واقع در استان سیستان و بلوچستان جمع آوری گردید.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد شیمیایی

تمام مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق از درجه خلوص تجزیه‌ای برخوردار بودند و در تمامی مراحل آزمایش از آب دوبار تقطیر استفاده شد. استات روی دو آب، اتانول ۹۵ درصد و سود از شرکت مرک خریداری و بدون آماده‌سازی بعدی مورد استفاده قرار گرفتند.

¹. Balasaraswathi & et al

۲-۲- گیاه

گیاه گل کاغذی از شهرستان زابل واقع در استان سیستان و بلوچستان جمع آوری گردید.

۲-۳- میکروازگانیسم‌ها

جهت بررسی خواص ضد باکتری نانو ذرات اکسید روی حاصل، از دو باکتری گرم مثبت و گرم منفی استفاده شد.

۲-۴- دستگاهوری

طیف جذبی نمونه ها بر روی یک دستگاه اسپکتروفتومتر فرابنفش- مرئی^۱ (UV-Vis) در دمای اتاق ثبت شد. آنالیزهای پراش پرتو ایکس^۲ (XRD) با استفاده از یک پراش سنج پرتو ایکس مدل Bruker D8 ساخت کشور آلمان انجام گردید. پرتو اشعه ایکس در محدوده ۲θ بین ۱ تا ۸۰ درجه انتخاب شد. آنالیزهای میکروسکوپ الکترونی روبشی^۳ همچنین توسط دستگاه SEM مدل Hitachi S4160 ساخت کشور آلمان بررسی گردید. در ابتدا فیلم نازکی از نمونه ها بر روی چسب گرافیتی ایجاد شد و سپس سطح این فیلم نازک با استفاده از دستگاه اسپاتر هامر^۴ با لایه ای از طلا پوشش داده شد. برای مطالعه ساختار شیمیایی و نوع پیوندها، از اسپکتروفتومتر^۵ FT-IR ساخت کشور آلمان با استفاده از قرص پتاسیم برمید در محدوده ۴۰۰-۴۰۰۰ نانومتر استفاده گردید.

۲-۵- سنتز نانو ذرات اکسید روی

گل های گیاه کاغذی خشک را با آب مقطر چندین بار شستشو داده می شود. به ۱۰ گرم آن ۱۰۰ میلی لیتر آب دوبار تقطیر اضافه نموده و به مدت ۱۵ دقیقه بر روی یک حمام آب گرم می جوشانیم. سپس مخلوط توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف می گردد. عصاره آبی حاصل را یا در یک فریزر در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری می شود و یا بلافاصله به عنوان پایدار کننده جهت سنتز نانو ذرات اکسید روی استفاده می شود.

برای سنتز نانو ذرات اکسید روی، ۰/۲ گرم استات روی دو آبه را در ۵۰ میلی لیتر آب دوبار تقطیر حل کرده و سپس بر روی همزن مغناطیسی همزده می شود تا محلول هموزن

¹. Rayleigh, UV-2100, China

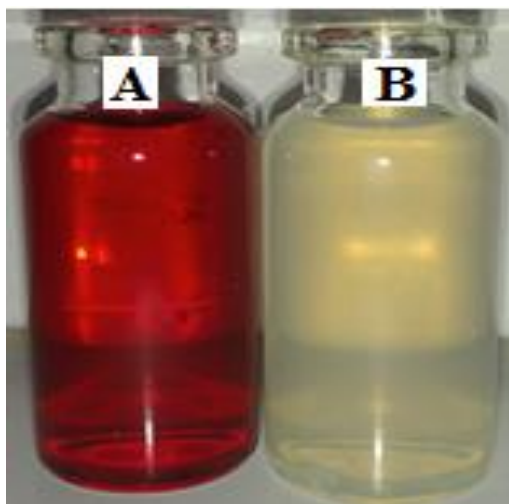
². X-ray Diffraction (XRD)

³. Scanning Electron Microscope (SEM)

⁴. Sputter Hummer

⁵. Bruker Optics Ft Tensor 27

بدست آید. یک میلی‌لیتر از عصاره گل کاغذی به محلول هموژن اضافه کرده و با سدیم هیدروکسید ۰/۰۲ مولار pH آن را به ۱۲ می‌رسانیم. سپس مخلوط حاصل به مدت ۲ ساعت توسط همزن مغناطیسی همزده می‌شود. در پایان مخلوط را صاف کرده و چندین بار رسوب را با آب دو بار تقطیر و اتانول ۹۵٪ شستشو داده می‌شود. رسوب را در آن به مدت دو ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد قرار داده تا نانو ذرات اکسید روی بدست آید. در شکل ۲ تصاویر عصاره آبی گل کاغذی (A) و نانو ذرات اکسید روی سنتز شده به کمک عصاره آبی (B) ارائه گردیده است.



شکل ۲. تصاویر (A) عصاره گل کاغذی، (B) نانو ذرات اکسید روی سنتز شده به کمک عصاره آبی گل کاغذی

۲-۶- تست‌های ضد باکتری

جهت تهیه ۵۰۰ میلی‌لیتر محیط کشت، ۱۹ گرم از پودر مولر هیتون آگار وزن شد و به ارلن ۱۰۰۰ میلی‌لیتر که حاوی ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر بود اضافه گردید. ارلن به آرامی حرارت داده شد و هنگام حرارت دادن به طور مداوم محتویات آن هم زده تا به جوش آید و دانه‌های آگار ذوب شود. حاصل کار یک محلول کاملاً شفاف و قهوه‌ای رنگ بود. ارلن درون دستگاه اتوکلاو قرار داده شد تا سترون شود (دمای ۱۲۱ درجه سانتیگراد به مدت ۶۰ دقیقه و فشار ۱۵ پوند). بعد از سرد شدن محیط کشت سترون شده و رسیدن دمای آن به حدود

۵۰ درجه سانتیگراد، در زیر هود لامینار^۱، به هر پلیت حدوداً ۱۰ تا ۱۵ میلی لیتر محیط کشت اضافه شد. پلیت‌ها، بعد از ۲۴ ساعت برای کشت استفاده می‌گردد. پلیت‌های حاوی محیط کشت استریل و پلیت‌های حاوی باکتری خالص در زیر هود لامینار قرار داده شد. بعد از استریل شدن سوپ، آن را به سطح محیط حاوی باکتری کشیده و یک کلنی از باکتری برداشته شد. سوپ حاوی باکتری وارد پلیت محیط کشت استریل شد و بر سطح آن در جهات مختلف کشیده شد. در انتها سوپ را به شیشه حاوی اتانول ۷۰ درصد منتقل گردید تا تمام میکروب‌های آن کشته شوند. سپس پلیت‌ها در دمای ۳۳ درجه سانتیگراد در انکوباتور^۲ قرار داده شدند و بعد از ۲۴ ساعت اثر مواد شیمیایی مورد آزمایش بررسی شد.

در این تحقیق جهت بررسی اثر مواد نانو ذرات اکسید روی سنتر شده بر روی رشد باکتری‌ها، از روش مک فارلند^۳ (دیسک کاغذی) استفاده شد. ابتدا طبق روش گفته شده، کشت هر یک از باکتری‌ها مورد آزمایش در پلیت حاوی محیط جامد انجام شد. با استفاده از پنس استریل شده با اتانول و استون به تعداد نمونه‌های مورد نظر، از دیسک‌های تهیه شده با قطر ۶/۵ میلی متر برداشته و روی سطح محیط کشت (کشت داده شده با باکتری) قرار داده شد. (دیسک به صورت استاندارد توسط شرکت سازنده، استریل شده می باشد) بر روی هر یک از دیسک ها ۴۰ میکرولیتر از محلول کنترل و محلول‌های نانو ذرات اکسید روی ریخته شد. در نهایت پلیت‌ها در آون در دمای ۳۳ درجه سانتیگراد قرار داده شد. بعد از گذشت ۲۴ ساعت قطر هاله‌های بدون رشد را که در نتیجه اثر نانو ذرات اکسید روی به وجود آمده بود، با خط کش اندازه گرفته و یادداشت شد. قطر هاله‌های دیسک‌های مختلف، با تکرار حداقل ۳ مرتبه در هر آزمایش، با هم مقایسه و میانگین آنها محاسبه شد.

1. Laminar Hood

2. Incubator

3. Mc Farland

۳- نتایج و بحث

۳-۱- پراش پرتو ایکس (XRD)

شکل ۳ نشان دهنده الگوی XRD نانوکریستال‌های اکسید روی سنتز شده می‌باشد. مقادیر پیک‌ها با زاویه 2θ در نانواکسید روی شامل 30.78° ، 35.13° ، 37.28° ، 46.38° ، 55.38° ، 61.78° و بازتاب سطوح به ترتیب (100) ، (002) ، (101) ، (102) ، (110) ، (103) است. این نتایج با گزارش کین^۱ و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. همچنین نتایج وجود کریستال‌های اکسید روی دارای ساختار ورتزیت هگزاگونال که بیشترین پایداری را دارد را نشان می‌دهد (گو^۲ و همکاران، ۲۰۰۵).

برای اندازه‌گیری و محاسبه اندازه نانو ذرات از رابطه دبای-شرر (معادله ۱) استفاده می-

شود:

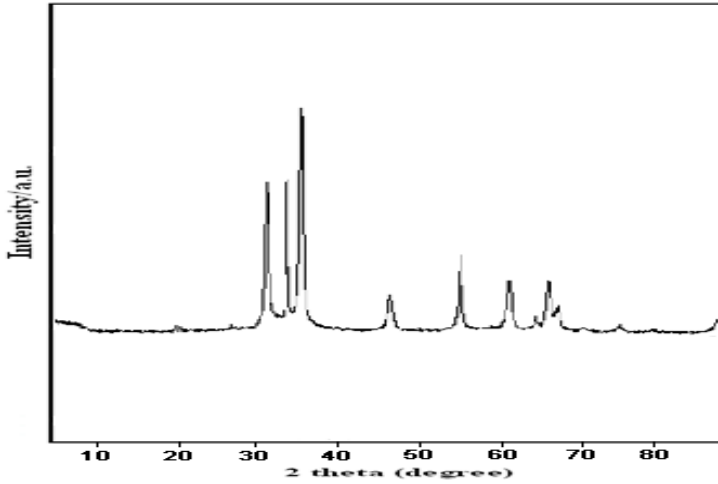
$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta} \quad \text{معادله (۱)}$$

در رابطه فوق k ثابت شرر است که مساوی 0.89 در نظر گرفته می‌شود، λ طول موج پرتو ایکس مساوی 1.54 آنگستروم، β پهنای پیک در نصف ارتفاع ماکزیمم بر حسب رادیان و θ زاویه مربوط به پیک ماکزیمم پراش براگ است (سوانبون^۳ و همکاران، ۲۰۱۳). بر اساس محاسبات، میانگین اندازه نانوکریستال‌های اکسید روی $19/88$ نانومتر بدست آمد.

¹. Qin & et al

². Guo & et al

³. Suwanboon



شکل ۳. طیف XRD مربوط به نانوذرات اکسید روی سنتز شده

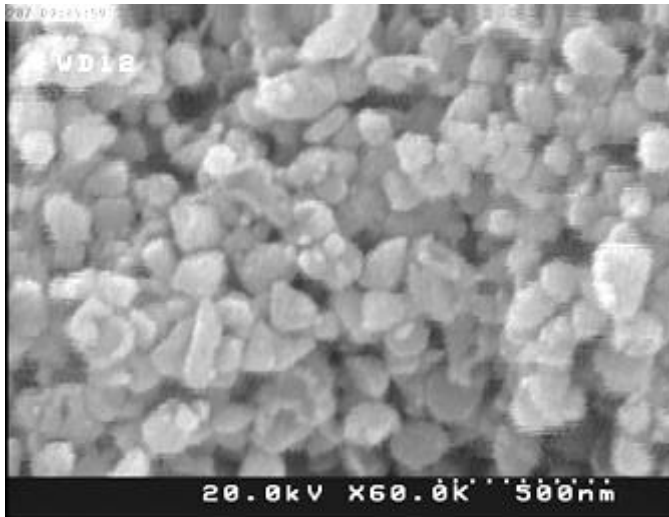
۳-۲- میکروسکوپ الکترون روبشی (SEM)

تصویر SEM نانوذرات اکسید روی سنتز شده در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به تصویر SEM، نانوذرات اکسید روی به خوبی توسط گیاه پایدار و پخش شده‌اند. بنابراین کمترین تراکم نانوذرات (کلوخه‌ای شدن) در تصویر مشاهده می‌شود. بدلیل اینکه اندازه-گیری قطر نانوذرات با استفاده از تصاویر SEM مشکل است همگی گزارشات مربوط به اندازه نانوذرات اکسید روی در این مقاله از آنالیزهای XRD مشتق شده است.

۳-۳- آنالیزهای FT-IR

طیف FT-IR نانوذرات اکسید روی سنتز شده به کمک گیاه در شکل ۵ نشان داده شده است. جذب‌های شدید در 3400 cm^{-1} و 1600 cm^{-1} را می‌توان به نوسانات کششی پیوند OH نسبت داد. جذب شدید در محدوده $435-555 \text{ cm}^{-1}$ مربوط به پیوند Zn-O است (ردی^۱ و همکاران، ۲۰۱۳).

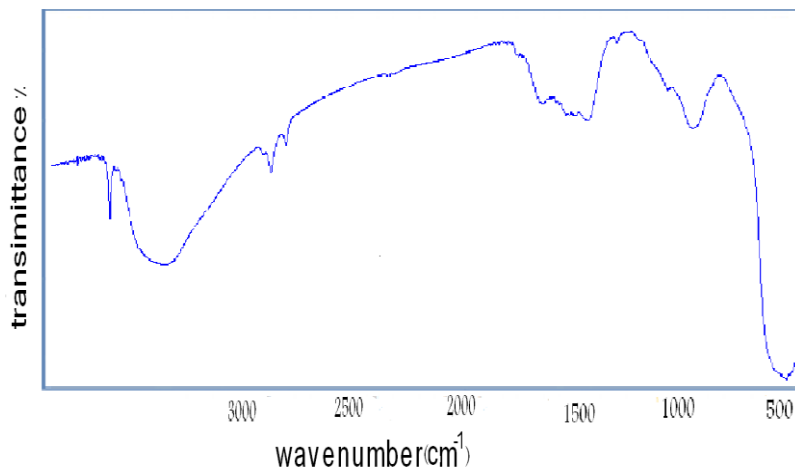
¹. Reddy & et al



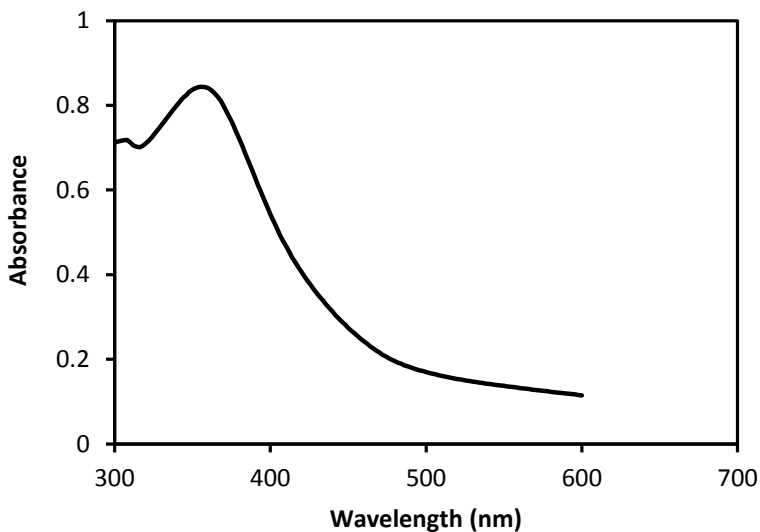
شکل ۴. تصویر SEM از نانو ذرات اکسید روی سنتز شده

۳-۴- آنالیزهای UV-Vis

شکل ۶، طیف جذبی نمونه در محدوده فرابنفش - مرئی را نشان می‌دهد که دلیلی بر سنتز موفق نانو ذرات اکسید روی است. نانو ذرات اکسید روی معمولاً در محدوده ۳۶۵-۳۸۵ نانومتر یک پیک قوی نشان می‌دهند (همدانی و همکاران، ۲۰۰۶). نمونه مورد مطالعه دارای یک پیک شدید در محدوده ۳۷۵ نانومتر است که مربوط به نانو ذرات اکسید روی می‌باشد.



شکل ۵. طیف FT-IR نانو ذرات اکسید روی سنتز شده



شکل ۶. طیف UV-Vis محلول کلونیدی نانو ذرات اکسید روی

۳-۵- تست‌های ضد باکتری

نانو ذرات اکسید روی سنتز شده با استفاده از عصاره گیاهی گل کاغذی در برابر باکتری-های استافیلوکوکوس اورئوس و اشرشیاکولی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصل از تست‌های ضد باکتری در جدول ۱ خلاصه شده است و نشان می‌دهد که عصاره گیاهی خاصیت ضد باکتری در برابر باکتری‌های تست شده ندارد ولی نانو ذرات سنتز شده توسط عصاره گیاهی گل کاغذی دارای خاصیت ضد باکتری خوبی است.

جدول ۱. قطر هاله های تشکیل شده در تست ضد باکتری

نمونه	قطر هاله تشکیل شده (میلی متر)	
	اشرشیاکولی	استافیلوکوکوس اورئوس
نانو ذرات اکسید روی و عصاره	۲۰	۲۱
عصاره گل کاغذی	۰	۰

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق سنتز زیستی نانو ذرات اکسید روی با استفاده از عصاره گیاهی گل کاغذی انجام شد. تشکیل نانو ذرات اکسید روی توسط طیف‌سنج UV-Vis، میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM، طیف‌سنج پرتو ایکس XRD و طیف‌سنجی FT-IR مشخص شد. نانو ذرات اکسید روی دارای ساختار هگزاگونالی بوده که پایدارترین ساختار است. میانگین اندازه نانو ذرات اکسید روی ۱۹/۸۸ نانومتر با استفاده از XRD بدست آمد. همچنین نانو ذرات اکسید روی تولید شده خاصیت ضد باکتری در برابر باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس و اشرشیاکولی نشان دادند. سنتز زیستی نانو ذرات اکسید روی با استفاده از گیاهان یک روش سازگار با محیط زیست و مقرون به صرفه نسبت به روش‌های شیمیایی می‌باشد.

منابع

بهپوری، علی و ولی، عباسعلی. (۱۳۸۵). گل کاغذی (*Bougainvillea Spp*) گیاهی مناسب برای کاشت و توسعه در فضای سبز جنوب کشور. ماهنامه زیتون، ۱۷۴: ۵۱.

خدادادی، احمد؛ قیطاسی، رضا؛ مرادخانی، داوود؛ کلینی، سیدجواد و مرزبان، مهدی. (۱۳۸۷). بررسی عوامل موثر در تولید پودر نانو اکسید روی از کانی‌های اکسید روی. نشریه علمی پژوهشی مهندسی معدن، دوره سوم، ۸۹-۷۹.

گوهری، غلامرضا؛ نقی‌لو، سمیه؛ موافقی، علی و دادپور، محمدرضا. (۱۳۸۹). بررسی اندام زایی گل در گونه‌ی گل کاغذی. فصلنامه‌ی زیست‌شناسی گیاهی ایران، سال دوم، ۱۹-۱۱.

- Adebayo, J.O., Adesokan, A.A., Olatunji, L.A., Buoro, D.O. and Soladoye, A.O. (2005). Effect of ethanolic extract of *Bougainvillea spectabilis* leaves on hematological and serum lipid variables in rats, *Biokemistri*, 17: 45-50.
- Ali, M.S., Syed, A.I., Farman, A. and Muhammad, K. (2005). Color versus bioactivity in the flowers of *Bougainvillea spectabilis* (Nyctaginaceae), *Natural Product Research*, 19: 1-5.
- Balasaraswathi, R., Sadasivam, S., Ward, M. and Walker, J.M. (1998). An antiviral protein from *Bougainvillea spectabilis* roots; purification and characterization, *Phytochemistry*, 47: 1561-1565.
- Boguslavsky, L., Baruch, S. and Margel, S. (2005). Synthesis and characterization of polyacrylonitrile nanoparticles by dispersion/emulsion polymerization process, *Journal of Colloid and Interface Science*, 289: 71-85.
- Clark, J. and Macquarrie, D. (2002). *Handbook of Green Chemistry and Technology*, Blackwell Publishing; Abingdon: Oxford shire, 1-100.

- Dutta, R.K., Sharma, P.K., Bhargava, R., Kumar, N. and Pandey, A.C. (2010). Differential susceptibility of Escherichia coli cells toward transition metal-doped and matrix-embedded ZnO nanoparticles, *Journal of Physical Chemistry*, 114: 5594-5599.
- Fan, Z. and Lu, J.G. (2005). Carbon and Oxide Nanostructures: Synthesis, Characterisation and Applications, *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 5: 1561-1573.
- Gillis, W.T. (1976) Bougainvilleas of cultivation (Nyctaginaceae), *Baileya*, 20: 34-41.
- Gnanasangeetha, D. and Thambavani, D.S. (2013). One pot synthesis of zinc oxide nanoparticles via chemical and green method, *Research Journal of Material Sciences*, 1: 1-8.
- Guo, M., Diao, P. and Cai, S. (2005). Hydrothermal growth of well-aligned ZnO nanorod arrays: dependence of morphology and alignment ordering upon preparing conditions, *Journal of Solid State Chemistry*, 178: 1864-1873.
- Hamedani, F., Farzaneh, N. and Farzaneh, F. (2006). Synthesis of ZnO nanocrystals with hexagonal (wurtzite) structure in water using microwave irradiation, *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran*, 17: 231-234.
- Keshavarzi, A., Abdullaha, A.H. and Zulkarnain, Z. (2009). Low-temperature synthesis of ZnO by wet chemical method, *International Journal of Materials Science*, 4: 163-168.
- Nair, M.G., Nirmala, M., Rekha, K. and Anukaliani, A. (2011). Structural, optical, photo catalytic and antibacterial activity of ZnO and Co doped ZnO nanoparticles, *Materials Letters*, 65: 1797-1800.
- Ohira, T., Yamamoto, O., Iida, Y. and Nakagawa, Z. (2008). Anti bacterial activity of ZnO powder with crystallographic orientation, *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 19: 1407-1412.
- Qin, L., Shing, C., Sawyer, S. and Dutta, P.S. (2011). Enhanced ultraviolet sensitivity of zinc oxide nanoparticle photoconductors by surface passivation, *Optical Materials*, 33: 359-362.
- Reddy B, S., Reddy S, V., Reddy N, K. and Kumari J, P. (2013). Synthesis, structural, optical properties and antibacterial activity of co-doped (Ag, Co) ZnO nanoparticles, *Research Journal of Materials Science*, 1: 11-20.
- Reed, S.M. and Hutchison, J.E. (2000). Green Chemistry in the organic teaching laboratory: an environmentally benign synthesis of adipic acid, *Journal of Chemical Education*, 77: 1627-1628.
- Roy, S., Barua, N., Buragohain, A.K. and Ahmed, G.A. (2013). Study of ZnO nanoparticles: Antibacterial property and light depolarization property using light scattering tool, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 118: 8-13.
- Suwanboon, S., Amornpitoksuk, P., Sukolrat, A. and Muensit, N. (2013). Optical and photocatalytic properties of La-doped ZnO nanoparticles prepared via precipitation and mechanical milling method, *Ceramics International*, 39: 2811-2819.

- Umar, A., Rahman, M.M., Vaseem, M. and Hahn, Y.B. (2009). Ultra-sensitive cholesterol biosensor based on low-temperature grown ZnO nanoparticles, *Electrochemistry Communications*, 11: 118-121.
- Yamamoto, O., Komatsu, M., Sawai, J. and Nakagawa, Z. (2004). Effect of lattice constant of zinc oxide on antibacterial characteristics, *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 15: 847-851.
- Zhang, L., Jiang, Y., Ding, Y., Povey, M. and York, D. (2007). Investigation into the antibacterial behaviour of suspensions of ZnO nanoparticles (ZnO nanofluids), *Journal of Nanoparticle Research*, 9: 479-489.