

سنتز، شناسایی و خاصیت ضد باکتری نانوکامپوزیت $Ag_2O/$ Large Mordenite

مطهره محمد پور^۱، افشین پوراحمد^{۱*}، لیلا اسدپور^۲

^۱ گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

^۲ گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۵/۲۴

تاریخ تصحیح: ۹۶/۰۴/۳۰

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۳/۰۵

چکیده

زئولیت‌ها آلومینوسیلیکات‌های بلوری با ساختار میکروحفره منظم می‌باشند. با توجه به ساختار و ترکیب زئولیت‌ها، آنها به طور وسیعی به عنوان جاذب، شوینده‌ها، تبادل‌گرهای یونی، کاتالیزورهای ناهمگن و به ویژه به عنوان میزبان برای فلز اکسید و نانوساختارهای فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. نقره اکسید (Ag_2O) یک نیمه رسانای ذاتی نوع p با شکاف انرژی $1/46 eV$ است که تحقیقات زیادی بر روی آن به عنوان ماده‌ای که پتانسیل کاربردهای عملی در مواد ضد باکتری، فتوکاتالیست، باتری‌های نقره اکسید و حسگرهای گازی را دارد، انجام گرفته است. در این مطالعه، نانو ذرات کرومی Ag_2O در ماتریس موردنیت بزرگ سنتز شد. نمونه‌ها بوسیله پراش اشعه ایکس (XRD)، طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR)، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مورد شناسایی قرار گرفتند. تصاویر TEM، نانو ذرات کرومی کوچک Ag_2O را با قطر متوسط ۱۴-۲ نانومتر نشان داد. فعالیت ضدباکتری نانو کامپوزیت $Ag_2O/$ Large Mordenite برای باکتری‌های گرم منفی اشرشیا کلی و گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس بررسی و با آنتی بیوتیک‌های استاندارد مقایسه شد.

کلمات کلیدی: زئولیت، نانوذرات نقره اکسید، موردنیت بزرگ، نانوکامپوزیت، فعالیت ضد باکتری.

۱- مقدمه

تجربه چند دهه اخیر نشان داده که داروهای شیمیایی با تمام کارایی، اثرات نامطلوب فراوانی به همراه دارند و کمتر ماده خالصی وجود دارد که دارای اثرات سوء نباشد. از سوی دیگر افزایش باکتری‌های مقاوم به درمان نیاز به آنتی بیوتیک‌های جدید را الزامی می‌نماید [۱، ۲]. در سال‌های اخیر از نانوذرات فلزی یا فلز اکسیدهایی چون نقره، مس، طلا، مس اکسید، آهن اکسید و روی اکسید در پزشکی، داروسازی و بیولوژی استفاده فراوانی شده است. به دلیل افزایش عفونت‌های میکروبی لازم است که مواد ضد باکتری قدرتمند گسترش پیدا کنند. نانو ذرات در حفظ مواد غذایی، دستگاه‌های پزشکی، لباس‌های آتشنشان‌ها و ... استفاده شده‌اند. کاربرد بیولوژیکی نانو ذرات، به دلیل فعالیت ضد باکتری آن‌ها روی انواع باکتری‌هاست. مطالعات نشان داده است که اثر ضد باکتری نانوذرات به اندازه، شکل، پراکندگی اندازه ذرات، مورفولوژی، گروه‌های عاملی موجود در نانوذرات و پایداریشان بستگی دارد.

از طرف دیگر استفاده از نانوذرات معدنی، به دلیل پایداری و ایمنی شان در مقایسه با نانوذرات آلی، کاربرد آنها را چند برابر کرده است. Ag₂O یک نیمه رسانای ذاتی نوع p با شکاف انرژی ۱/۴۶ eV است [۳، ۴]. در چند دهه اخیر نقره به دلیل اثر ضد میکروبی قوی در برابر طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها حتی در غلظت بسیار کم، مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. از زمان‌های طولانی از نقره به عنوان عامل ضد میکروبی و برای جلوگیری از آسیب‌های ناشی از فعالیت قارچ و باکتری در زخم بندی و جراحات‌های عفونی استفاده شده است [۵]. نانوذرات نقره طیف وسیعی از فعالیت ضد باکتری را از خود نشان می‌دهند. اثر ضد ویروس این نانوذرات نیز در مقاله‌ها گزارش شده است. مطالعات نشان می‌دهند که نانوذرات نقره از تکثیر ویروس ایدز (HIV) جلوگیری می‌کنند و اثر آنها بسیار بیشتر از اثر نانوذرات طلا است. اثر نانوذرات نقره بر ویروس‌هایی مانند هرپس و هیپاتیت B نیز گزارش شده است [۶]. از نانوذرات نقره در درمان زخم‌ها کمک می‌گیرند، زیرا افزایش مقاومت میکروارگانیسم‌ها در برابر آنتی بیوتیک موجب تاخیر در بهبود زخم‌ها می‌شود. در کل، صدماتی همچون بریدگی، ساییدگی، سوختگی، جوش، زگیل، بیماری قارچی، و دیگر بیماری‌های پوستی را می‌توان با نانوذرات نقره درمان کرد [۷]. گزارش شده است که حضور نانوذرات نقره باعث افزایش کارایی آنتی بیوتیک‌ها می‌شود. امروزه استخوان‌های مصنوعی ساخته شده از پلی متیل متاکریلات و نانو نقره دارای کاربردهای پزشکی هستند [۸]. چون این ذرات دارای ویژگی ضد میکروبی، آنتی بیوتیکی و ضد قارچی هستند، می‌توانند در روکش‌ها، نانوالیاف، بانداژها، پلاستیک‌ها، صابون‌ها، خمیردندان و پارچه‌ها وارد شده و در کشتن ویروس‌های خاص و همچنین در پارچه‌های خود تمیز شونده مورد استفاده قرار بگیرند [۹، ۱۰]. اگر چه خواص ضد باکتری نانوساختارهای نقره به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته، اما ساز و کار آن به طور کامل شناخته نشده است. به طور کلی پذیرفته شده است که نانوساختارهای نقره می‌توانند با آزاد کردن یون های Ag⁺ و یا با تولید گونه های اکسیژن فعال سیستم تنفسی باکتری را از بین برده و مانع رشد آن شوند [۱۱]. لازم به ذکر است که نانوساختارهای نقره به دلیل فعالیت ناشی از مساحت سطح بالای شان تمایل به کلوخه شدن دارند که این موضوع سبب کاهش فعالیت ضد باکتری آن‌ها می‌شود. در دهه گذشته انواع مختلفی از تکنیک‌ها برای سنتز نانومواد نقره اکسید با مورفولوژی‌های مختلف به کار رفته است. موردنیت یک زئولیت صنعتی مهم است که به عنوان کاتالیزور جامد برای تبدیل هیدروکربن‌ها استفاده می‌شود و اخیراً برای سنسورهای شیمیایی، مواد نوری غیرخطی و به عنوان ماتریس برای سنتز نیمه رساناها مورد بررسی قرار گرفته است. اگر چه تعداد کمی از محققین در مورد روش سنتز و ویژگی‌های موردنیت بزرگ تحقیقاتی انجام داده اند [۱۲] اما گزارشی از کاربرد این نوع زئولیت به عنوان ماتریس برای سنتز نانوساختارها در منابع علمی وجود ندارد. بنابراین در این تحقیق سنتز Large Mordenite انجام شد و سپس به عنوان بستر مورد بررسی قرار گرفت. از بستر سنتز شده برای مشارکت Ag₂O استفاده شد و در نهایت تست های ضد باکتری با نانو کامپوزیت سنتز شده برای باکتری های گرم مثبت و گرم منفی انجام شد.

۲-بخش تجربی

۲-۱-مواد شیمیایی مورد استفاده

سدیم هیدروکسید، سدیم آلومینات، سیلیکا ژل، نقره نیترات، باریم کلرید، سولفوریک اسید و آگار همه ساخت شرکت مرک بوده و در سنتز ترکیبات مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۲-دستگاه‌های مورد استفاده

الگوی پراش اشعه ایکس نمونه‌ها با استفاده از یک دیفراکتومتر مدل X Pert Prompt گرفته شد. برای اندازه‌گیری اندازه نانو ذرات از میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) مدل Philips CM10 که با ولتاژ ۱۰۰ کیلو ولت کار می‌کرد، استفاده شد. برای بررسی ریخت شناسی ماتریس و نانوکامپوزیت از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل LEO 1430VP استفاده شد. برای شناسایی گروه‌های عاملی ژئولیت و نانوذرات سنتز شده در آن، دستگاه تبدیل فوریه-مادون قرمز مدل Shimadzu 8900 مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۳- سنتز موردنیت بزرگ (Large Mordenite)

در یک ظرف تفلون، ۱/۴۷ گرم سدیم هیدروکسید و ۲۱/۸ میلی لیتر آب مقطر ریخته و به وسیله مگنت هم زده شد پس از حل شدن، ۰/۶۸ گرم سدیم آلومینات (NaAlO_2) به تدریج به آن اضافه گردید و سپس ۴/۷۸ گرم سیلیکاژل کم کم اضافه شد. درب ظرف تفلون گذاشته و ۲ ساعت همزده شد. جهت کامل شدن واکنش ظرف تفلون را داخل اتوکلاو گذاشته و به مدت ۴ روز در دمای ۱۷۰ درجه سانتیگراد داخل آن حرارت داده شد. رسوب سفید بدست آمده را با آب مقطر داغ ۴-۵ بار شستشو داده جهت خشک شدن در آن به مدت ۱۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد قرار داده و سپس رسوب سفید خشک شده به مدت ۱۰ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد در کوره الکتریکی قرار گرفت.

۲-۴- سنتز نانو کامپوزیت $\text{Ag}_2\text{O}/\text{Large Mordenite}$

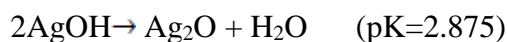
در یک بالن ته گرد ۱۵۰ میلی لیتری، مقدار ۸۰ میلی لیتر نیترات نقره ۰/۰۰۵ مولار و ۱ گرم موردنیت بزرگ ساخته شده را اضافه کرده و مخلوط به دمای ۶۰ درجه سانتی گراد رسید. ۲۰ میلی لیتر سدیم هیدروکسید ۰/۰۲۵ مولار بصورت قطره قطره اضافه شد تا به رنگ قهوه ای تغییر رنگ داده و به مدت ۲ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد هم خورده شد. سپس مخلوط را سانتریفوژ کرده تا رسوب جداسازی شود. رسوب ۳-۴ مرتبه با اتانل ۹۶ درصد شستشو و در آن با دمای ۳۰ درجه سانتی گراد خشک گردید. که در نهایت رسوب خاکستری رنگی به دست آمد.

سنتز نانو ذرات نقره اکسید در ماتریس موردنیت از طریق مکانیسم زیر صورت می‌گیرد:

ابتدا محلول نقره نیترات با سدیم هیدروکسید واکنش داده و نقره هیدروکسید تولید می‌شود:



AgOH یک ترکیب واسطه و ناپایدار از نظر ترمودینامیک است که در نهایت از طریق واکنش زیر، Ag₂O تولید می گردد:



۲-۵- سنتز نانوذرات Ag₂O

سنتز نانوذرات نقره اکسید دقیقاً با روش ارائه شده در بخش ۲-۴ انجام گرفت با این تفاوت که در هنگام سنتز از ماتریس زئولیتی استفاده نشد. متوسط اندازه ذرات Ag₂O حدود ۲۰ نانومتر اندازه گیری گردید.

۲-۶- تعیین حساسیت میکروبی به روش انتشار از دیسک

۲-۶-۱- تهیه محیط کشت آگار مولر هینتون

۳۴ گرم از پودر محیط کشت آگار مولر هینتون در یک لیتر آب مقطر حل و با حرارت دادن شفاف گردید. سپس محیط در اتوکلاو استریل شد و در زیر هود میکروبیولوژی در پلیت های استریل ریخته شد و ۲۰-۱۵ دقیقه زمان داده شد تا محیط بیند.

۲-۶-۲- تهیه استاندارد ۰/۵ مک فارلند

به منظور تهیه استاندارد ۰/۵ مک فارلند ۰/۵ میلی لیتر باریم کلرید ۰/۱ مولار، قطره قطره به ۹۹/۵ میلی لیتر از اسید سولفوریک ۱٪ اضافه شد. جذب نوری محلول تهیه شده در طول موج ۶۲۵ نانومتر خوانده شد. سپس محلول را در لوله خشک و تمیز ریخته، در لوله کاملاً مسدود گردید و در دمای اتاق و در تاریکی نگهداری شد.

۲-۶-۳- تهیه سوسپانسیون میکروبی

ابتدا در دو لوله آزمایش، ۴ میلی لیتر از سرم فیزیولوژی ریخته و استریل گردید. سپس کلنی باکتری های *استافیلوکوکوس اورئوس* گرم مثبت و *شرشیا کلی* گرم منفی جدا شده از نمونه های بالینی در لوله های جداگانه تلقیح شد تا کدورتی مشابه ۰/۵ مک فارلند داشته باشند.

۲-۶-۴- تلقیح سوسپانسیون میکروبی به محیط کشت

پس از تهیه سوسپانسیون میکروبی مطابق با کدورت استاندارد ۰/۵ مک فارلند، یک سوپ استریل آغشته به سوسپانسیون میکروبی گردید و پس از گرفتن مایع اضافی آن توسط فشار دادن سوپ به دیواره داخلی لوله، سوپ مرطوب در سطح محیط مولر هینتون آگاری که قبلاً به دمای اتاق رسیده بود در تمام جهات بطور یکنواخت کشت داده شد.

۲-۶-۵ قرار دادن دیسک‌های آنتی‌بیوتیکی

۱۵ دقیقه قبل از شروع این مرحله، دیسک‌های آنتی‌بیوتیک مورد استفاده از یخچال خارج گردید تا دمای آن‌ها به دمای اتاق برسد. دیسک‌های آنتی‌بیوتیک توسط پنس استریل و سرد شده، برداشته و در سطح پلیت قرار داده شدند. با پنس دیسک مختصری فشار داده شد تا کاملاً با سطح محیط کشت تماس یابد. دیسک‌ها با فاصله ۲۰ میلی‌متر از لبه پلیت و ۲۰ میلی‌متر از دیسک دیگر قرار داده شد سپس کشت به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور ۳۷ درجه سانتیگراد قرار گرفت. پس از ۲۴ ساعت قطر هاله عدم رشد بر حسب میلی‌متر اندازه گرفته و بر اساس استاندارد^۱ CLSI به صورت مقاوم (R) یا حساس (S) گزارش گردیدند.

۲-۶-۶ تعیین اثر ضد میکروبی نانوکامپوزیت Ag₂O

۵ میلی‌گرم از نانوکامپوزیت Ag₂O در ۱ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی استریل حل و به مدت یک ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد در انکوباتور شیکردار با دور ۱۰۰ rpm قرار داده شد. سپس با انجام سانتریفوژ در دور ۱۰۰۰ rpm به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ گردید و با استفاده از سرم فیزیولوژی از سوپرناتانت رقت‌های متوالی در مبنای ۲ تهیه گردید و از هر رقت ۲۰ میکرولیتر به دیسک بلانک آنتی‌بیوتیک با قطر استاندارد ۶ میلی‌متر اضافه گردید به این ترتیب دیسک‌هایی با غلظت‌های مختلف از ۱۰۰ میکروگرم تا کمتر از ۱ میکروگرم (شامل غلظت‌های ۱۰۰، ۵۰، ۲۵، ۱۲/۵، ۶/۲، ۳/۱، ۰/۱۶ و ۰/۸ میکروگرم) تهیه شد. پس از کشت باکتری از سوسپانسیون ۰/۵ مک فارلند توسط سواب استریل دیسک‌ها بر روی کشت میکروبی گذاشته شد. سپس پلیت‌ها در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد بمدت ۲۴ ساعت انکوبه و در نهایت هاله‌های عدم رشد باکتری‌ها اندازه‌گیری شد و کمترین غلظتی که منجر به تشکیل هاله عدم رشد باکتری در اطراف دیسک گردید به عنوان کم‌ترین غلظت مهار کننده رشد باکتری (MIC) در نظر گرفته شد.

۳-بحث و نتیجه‌گیری

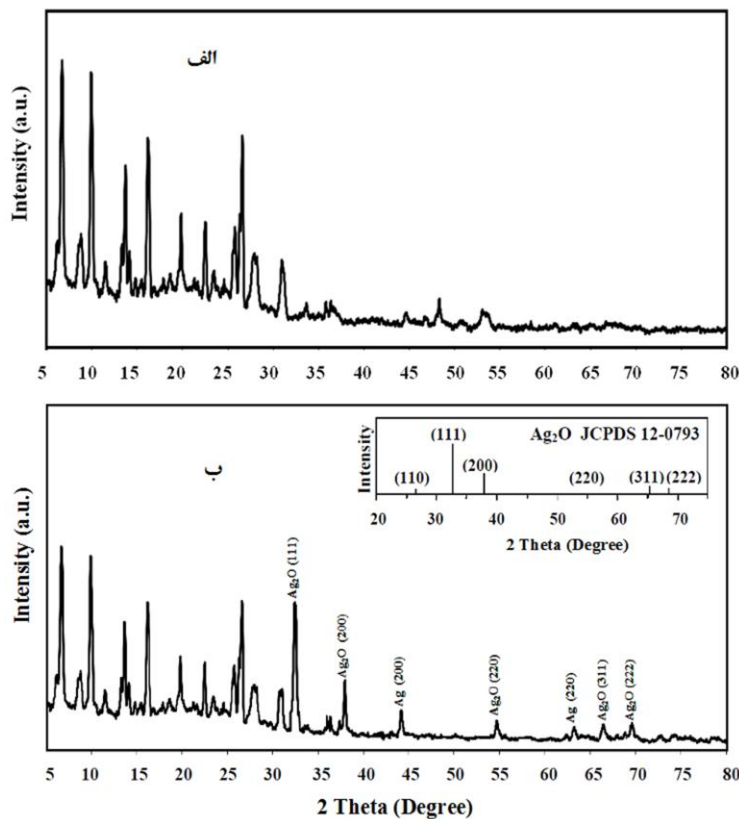
۳-۱-آنالیز الگوی پراش اشعه ایکس

در شکل ۱ (الف) الگوی پراش اشعه ایکس زئولیت موردنیت بزرگ در $2\theta = 5-80^\circ$ مشاهده می‌گردد. این الگوی پراش با الگوی پراش این ترکیب در مراجع مختلف مطابقت کامل دارد [۱۳، ۱۴].

الگوی پراش اشعه ایکس نانو کامپوزیت Ag₂O/ LargeMordenite در $2\theta = 5-80^\circ$ در شکل ۱ (ب) ارائه شده است. در این شکل پیک‌های پراش ماتریس زئولیتی به خوبی مشاهده می‌گردد که نشان می‌دهد ساختار زئولیت موردنیت حفظ گردیده و همچنین علاوه بر آن پیک‌های پراش نانوذرات نقره اکسید در زوایای $32/52^\circ$ ، $38/01^\circ$ ، $54/91^\circ$ ، $66/66^\circ$ و $69/84^\circ$ به ترتیب

¹Clinical and Laboratory Standard Institute (CLSI)

مربوط به صفحه های (۱۱۱)، (۲۰۰)، (۲۲۰)، (۳۱۱) و (۲۲۲) مشاهده می شود. با مقایسه الگوی پراش اشعه ایکس نانوذرات نقره اکسید سنتز شده با الگوی پراش نمونه استاندارد (JCPDS 12-0793) می توان نتیجه گرفت که ترکیب Ag_2O به صورت مکعبی سنتز شده است [۱۵]. همچنین پهن شدن پیک های پراش اشعه ایکس ذرات نقره اکسید سنتز شده دلالت بر این دارد که Ag_2O در ابعاد نانومتری سنتز شده است [۱۶]. به کمک معادله شرر $t = K \lambda / \beta \cos \theta$ ، قطر کریستال K ، ضریب ثابت λ ، طول موج اشعه ایکس β ، عرض پیک در نصف ارتفاع θ ، زاویه تابش اشعه ایکس) اندازه ذرات نقره اکسید حدود ۱۰ نانومتر محاسبه گردید. همچنین پیک های مشاهده شده در زوایای $44/28^\circ$ و $63/48^\circ$ که مربوط به صفحه های (۲۰۰) و (۲۲۰) می باشند را می توان به وجود نانوذرات نقره نسبت داد [۱۷].

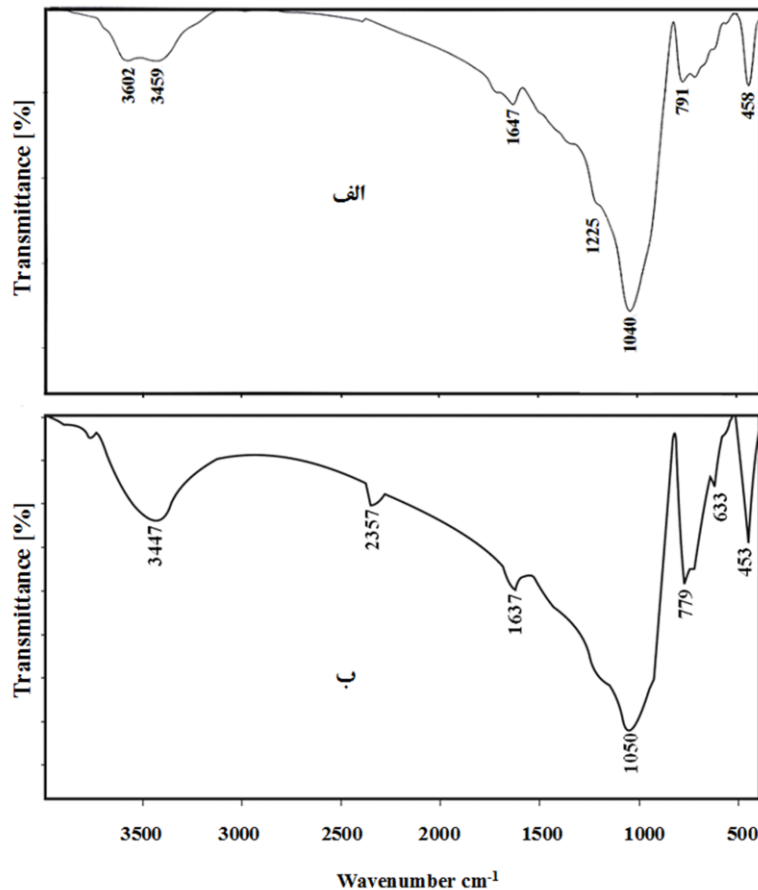


شکل ۱ الگوی پراش اشعه ایکس زئولیت موردنیت بزرگ (الف) و نانوکامپوزیت $Ag_2O/Large\ Mordenite$ (ب).

۳-۲- مطالعه طیف سنجی تبدیل فوریه-مادون قرمز

طیف های تبدیل فوریه-مادون قرمز ماتریس زئولیتی و نانوکامپوزیت در شکل ۲ نشان داده شده است. در شکل ۲ (الف)، ارتعاشات معمول ترکیب موردنیت مشاهده می گردد (ارتعاشات کششی نامتقارن: خارجی $1225\ cm^{-1}$ ، داخلی $560\ cm^{-1}$ و $580\ cm^{-1}$ ، ارتعاشات کششی متقارن: خارجی $791\ cm^{-1}$ ، داخلی $720\ cm^{-1}$ ، حلقه دو گانه $580\ cm^{-1}$ و $560\ cm^{-1}$ ، ارتعاشات

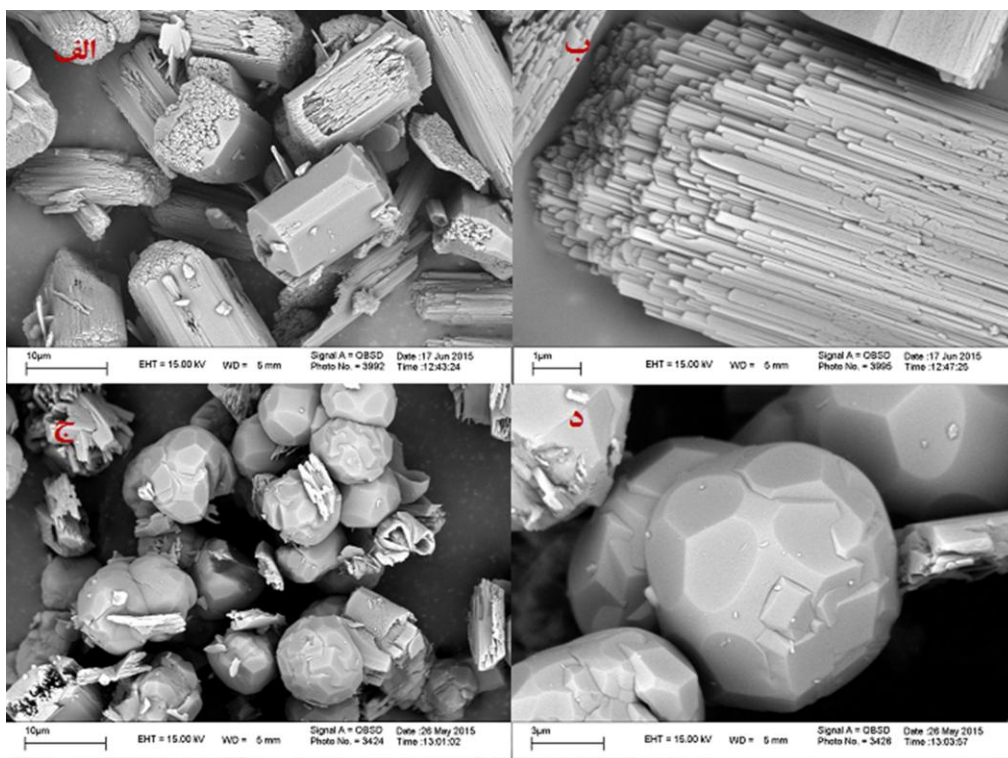
خمشی T-O، $458/99\text{cm}^{-1}$ ، نتایج مشابهی در سایر کارهای تحقیقاتی نیز قابل مشاهده است [۲۰-۱۸]. طیف مادون قرمز ترکیب نانو کامپوزیت $\text{Ag}_2\text{O}/\text{Large mordenite}$ در شکل ۲ (ب) نشان داده شده است. با مقایسه طیف ترکیب نانو کامپوزیت و ماتریس زئولیتی مشاهده می‌گردد که شدت بعضی از پیک‌ها کاهش یا افزایش یافته است و یا جابه‌جایی‌هایی در موقعیت پیک‌ها دیده می‌شود که می‌توان آن را به حضور نانو ذرات اکسید نقره در بستر زئولیتی نسبت داد. همچنین پیک ارتعاشی مشاهده شده در 633 cm^{-1} را می‌توان به ارتعاشات کششی پیوند Ag-O-Ag نسبت داد [۲۱].



شکل ۲ طیف تبدیل فوریه-مادون قرمز نمونه های الف) Large Mordenite و ب) $\text{Ag}_2\text{O}/\text{Large Mordenite}$.

۳-۳- مطالعه تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی

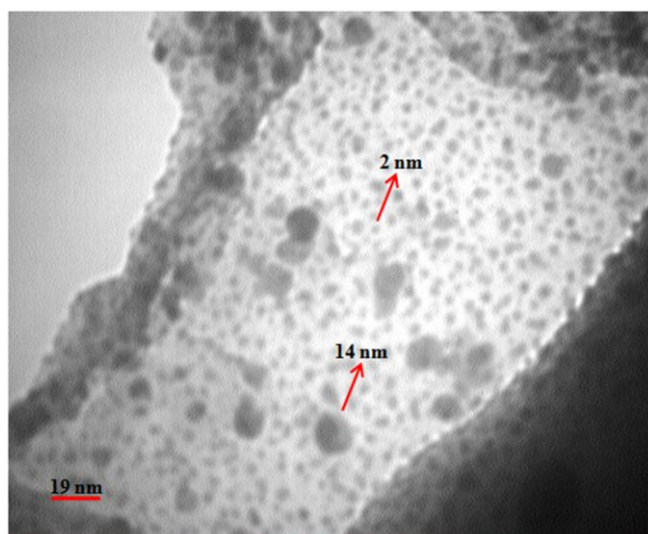
تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی زئولیت و ترکیب نانو کامپوزیت با بزرگ‌نمایی‌های مختلف در شکل ۳ ارائه شده است. در شکل ۳ (الف) با بزرگ‌نمایی ۵۰۰۰ برابر، ذرات تقریباً استوانه‌ای شکلی برای زئولیت دیده می‌شود در حالی که در شکل ۳ (ب) با بزرگ‌نمایی ۳۰۰۰۰ برابر، حالت سوزنی شکلی برای ماتریس زئولیتی مشاهده می‌گردد که دارای طول تقریبی $8\ \mu\text{m}$ و ضخامت حدود $80\ \text{nm}$ است. در شکل ۳ (ج) با بزرگ‌نمایی ۵۰۰۰ برابر، ذرات تقریباً کروی شکلی برای ترکیب نانو کامپوزیت دیده می‌شود و در شکل ۳ (د) با بزرگ‌نمایی ۱۵۰۰۰ برابر، ذرات تقریباً کروی با سطحی غیر یکنواخت مشاهده می‌گردد که با تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی ماتریس زئولیت کاملاً متفاوت است.



شکل ۳ تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه ها. الف) زئولیت با بزرگنمایی 5kx، ب) زئولیت با بزرگنمایی 30kx، ج) نانوکامپوزیت با بزرگنمایی 5kx و د) نانوکامپوزیت با بزرگنمایی 15kx.

۳-۴- مطالعه تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری

در شکل ۴ تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری ترکیب Ag_2O /Large Mordenite ارائه شده است. همانطور که در تصویر مشاهده می گردد نانو ذرات کروی شکل نقره اکسید در اندازه های اکثر ۲ نانومتری تا حداکثر ۱۴ نانومتری سنتز شده اند.



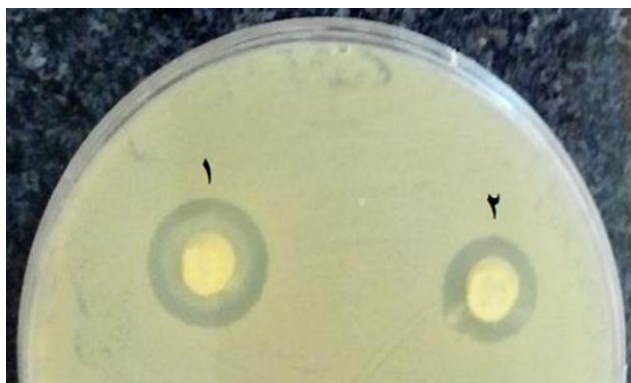
شکل ۴ تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانوکامپوزیت Ag_2O /Large Mordenite.

۳-۵- بررسی فعالیت های ضد باکتری نانو کامپوزیت

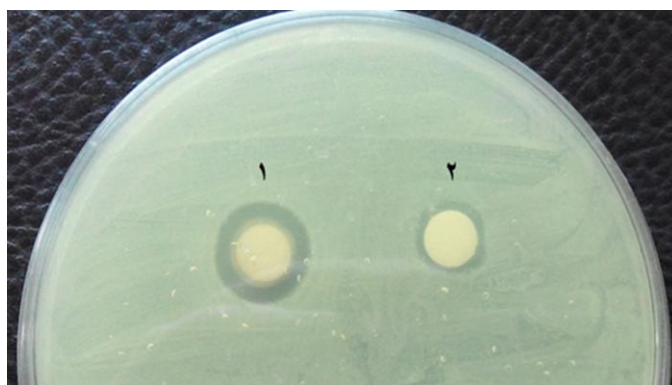
در بررسی اثر ضد میکروبی نانو کامپوزیت $Ag_2O/$ Large Mordenite به روش انتشار از دیسک هر دو باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* و *اشرشیا کلی* جدا شده از نمونه های بالینی به این ماده حساس بوده اند و در اطراف دیسک هاله عدم رشد باکتری مشاهده گردید. خاصیت ضد باکتری یک ترکیب از روی قطر هاله ایجاد شده اطراف دیسک مشخص می شود به طوری که هر چه قطر هاله بیشتر باشد، خاصیت ضد باکتری نمونه مورد نظر بیشتر خواهد بود. قطر هاله عدم رشد ایجاد شده توسط نانو کامپوزیت، ماتریس زئولیتی، نانوذرات نقره اکسید در غیاب ماتریس و مقایسه آن ها با برخی دیسک های استاندارد آنتی بیوتیک در جدول ۱ ارائه شده است. ماتریس زئولیتی هیچ گونه خاصیت ضدباکتری از خود نشان نداد در حالیکه نانوذرات نقره اکسید در حضور بستر قطر هاله عدم رشد بزرگتری نسبت به نانوذرات نقره اکسید بدون حضور بستر تشکیل داده اند که این نشان می دهد نانوذرات نقره اکسید در حضور ماتریس خاصیت ضدباکتری بهتری نسبت به نانوذرات نقره اکسید بدون حضور ماتریس دارند. این افزایش خصلت ضد باکتری را می توان این گونه توجیه کرد که ماتریس، نانوذرات نقره اکسید را پایدار کرده و باعث می شود که رها سازی یون توسط نانوذرات نقره اکسید به محیط کشت به صورت کنترل شده، در مدت زمان بیشتر و با سرعت مشخصی آزاد شود و خاصیت ضد باکتری برای مدت زمان طولانی تری حفظ می شود به این ترتیب باکتری نمی تواند با گذشت زمان در برابر نمونه مقاومت پیدا کند و در نتیجه خاصیت ضد باکتری افزایش می یابد. همچنین از آن جایی که اندازه ذرات نقره اکسید در ماتریس زئولیتی کم تر از ۱۰ نانومتر است پس احتمال نفوذ این نانوذرات به دیواره باکتری می تواند عامل دیگری در مهار کردن باکتری ها باشد. اثر ضد میکروبی نانو کامپوزیت $Ag_2O/$ Large Mordenite بر باکتری *اشرشیا کلی* بیشتر از *استافیلوکوکوس اورئوس* بوده است. MIC برای هر دو باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* و *اشرشیا کلی* ۱۰۰ میکرو گرم بود. همچنین تصاویر نتایج آزمایش اثر ضد باکتری ترکیب سنتز شده در شکل های ۵ و ۶ مشاهده می گردد.

جدول ۱ قطر هاله عدم رشد ایجاد شده توسط نانو کامپوزیت و مقایسه آن با برخی دیسک های استاندارد آنتی بیوتیک.

قطر هاله عدم رشد اشرشیا (mm کلی)	قطر هاله عدم رشد استافیلوکوکوس (mm ائوس)	عامل ضد باکتری (mm)
۱۵	۱۳	$Ag_2O/$ Large mordenite ۱۰۰
۲۳	۳۰	جنتامایسین ۱۰
۱۲	۰	سفتوآکسیم ۳۰
۰	۱۸	آموکسی سیلین ۲۵
۱۴	۰	تتراسیکلین ۳۰
۲۰	۲۴	اریترومایسین ۱۵
۰	۰	آمپی سیلین ۱۰
۰	۱۴	سلفیم ۳۰



شکل ۵ نتیجه تست حساسیت باکتری *اشرشیا کلی* به نانوکامپوزیت $Ag_2O/Large\ mordenite$. (۱) هاله عدم رشد باکتری در غلظت ۱۰۰ میلی گرم نانوکامپوزیت، (۲) هاله عدم رشد باکتری در غلظت ۵۰ میلی گرم نانوکامپوزیت.



شکل ۶ نتیجه تست حساسیت باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* به نانوکامپوزیت $Ag_2O/Large\ mordenite$. (۱) هاله عدم رشد باکتری در غلظت ۱۰۰ میلی گرم نانوکامپوزیت، (۲) هاله عدم رشد باکتری در غلظت ۵۰ میلی گرم نانوکامپوزیت.

۴- نتیجه گیری

بستر زئولیتی موردنیت بزرگ که مطالعات کمی بر روی آن صورت گرفته است سنتز و شناسایی شد. نانوذرات نقره اکسید با روش شیمی تر در ماتریس زئولیت تهیه گردید. برای شناسایی نمونه‌های سنتز شده از دستگاه‌های طیف سنجی الگوی پراش پرتو ایکس، طیف سنجی تبدیل فوریه-مادون قرمز، میکروسکوپ الکترونی عبوری و میکروسکوپ الکترونی روبشی استفاده شد. نتایج TEM نشان داد که نانوذرات نقره اکسید با اندازه کمتر از ۱۴ نانومتر در بستر Large Mordenite مشارکت داده شده است. داده های XRD نانوکامپوزیت مشخص نمود که ساختار زئولیت در نانوکامپوزیت حفظ شده است و الگوی پراش نانوذرات نقره اکسید به شکل واضحی قابل مشاهده است. با بررسی خاصیت ضد باکتری نمونه های سنتز شده می توان اشاره کرد که بستر و اندازه نانوذرات نقره اکسید تاثیر بسزایی در از بین بردن باکتری ها بازی می کنند.

۵- تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از حمایت‌های مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت و ستاد ویژه توسعه فناوری نانو معاونت علمی ریاست جمهوری صمیمانه تشکر می نمایند.

۶-مراجع

- [۱] جواهریان، محمد؛ کاظمی، فواد؛ رجب کلانترزاده، محمد؛ معتمدی، حسین، مجله شیمی کاربردی دانشگاه سمنان، شماره ۴۲، (۱۳۹۶) ص ۹.
- [۲] علی عابدی، فردین؛ طائی، معصومه، مجله شیمی کاربردی دانشگاه سمنان، شماره ۴۲، (۱۳۹۶) ص ۳۵.
- [3] A. Pourahmad, *Arabian J. Chem.*, **7** (2014) 788.
- [4] X. Chen, Z. Guo, W. H. Xu, H. B. Yao, M. Q. Li, and J. H. Liu, *Adv. Funct. Mater.*, **21** (2011) 2049.
- [5] D. R. Monteiro, L. F. Gorup, A. S. Takamiya, A. C. Ruvollo-Filho, E. R. de Camargo, and D. B. Barbosa, *Int J Antimicrob Agents.*, **34** (2009) 103.
- [6] R. W.-Y. Sun, R. Chen, N. P.-Y. Chung, C.-M. Ho, C.-L. S. Lin, and C.-M. Che, *Chem. Commun.*, **40** (2005) 505.
- [7] M. Z. Hu, and C. E. Easterly, *Mater. Sci. Eng., C*, **29** (2009) 726.
- [8] V. K. Sharma, R. A. Yngard, and Y. Lin, *Adv Colloid Interface Sci*, **145** (2009) 83.
- [9] D. R. Bhumkar, H. M. Joshi, M. Sastry, and V. B. Pokharkar, *Pharm Res*, **24** (2007) 1415.
- [10] T. M. Tolaymat, A. M. El Badawy, A. M. Genaidy, K. G. Scheckel, T. P. Luxton, and M., Suidan, *Sci. Total Environ.*, **408** (2010) 999.
- [11] S. Kittler, C. Greulich, J. Diendorf, M. Koller, and M. Epple, *Chem. Mater.*, **22** (2010) 4548.
- [12] D. Lozano-Castello, W. Zhu, A. Linares-Solano, F. Kapteijn, and J.A. Moulijn, *Microporous Mesoporous Mater.*, **92** (2006) 145.
- [13] Kyle T. Sullivan, Chunwei Wu, Nicholas W. Piekielek, Karen Gaskell, and Michael R. Zachariah, *Combust. Flame*, **160** (2013) 438.
- [14] Lei Zhang, Adri N.C. van Laak, Petra E. de Jongh, Krijn P. de Jong. *Microporous Mesoporous Mater.*, **126** (2009) 115.
- [15] I. Halaciuga, S. LaPlante, and D. V. Goia, *J. Colloid Interface Sci.*, **354** (2011) 620.
- [16] Y. Tou, L. Wan, Sh. Zhang, and D. Xu, *Mater. Res. Bull.*, **45** (2010) 1850.
- [17] N. Salam, B. Banerjee, A. S. Roy, P. Mondal, S. Roy, A. Bhaumik, and SK. Manirul Islam. *Appl. Catal., A*, **477** (2014) 184.
- [18] M.M. Mohamed, T.M. Salama, I. Othman, and I.A. Ellah, *Micropor. Mesopor.Mater.* **84** (2005) 84.

- [19] J.C. Jansen, F.J. Gaag, and H. Bekkum, *Zeolites*, **4** (1984) 369.
- [20] M. AlyHisham, E. Moustafa, A. Ehab, A. rahman. *Adv. Powder Technol.*, **23** (2012) 757.
- [21] M. M. Rahman, S. B. Khan, A. Jamal, M. Faisal, and A. M. Asiri. *Chem. Eng. J.*, **192** (2012) 122.