



Fabrication, Characterization and Antibacterial Properties of MgO Nanoparticles in Zeolite Matrix

Niloofar Movahedi, Afshin Pourahmad

Department of Chemistry, Faculty of Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

Article Information

Article history:

Received: 2017/09/22

Accepted: 2018/05/24

Available online: 2018/06/30

Article Subject:

Nanobiotechnology

IJMM 2018; 12(2): 116-124

Corresponding author:

Afshin Pourahmad
Department of Chemistry,
Faculty of Science, Rasht
Branch, Islamic Azad
University, Rasht, Iran
Tel: 013-33424094

Email:

pourahmad@iaurasht.ac.ir

Use your device to scan
and read the article online



Abstract

Background and Aims: Microbial contamination is a great threat to human health. Studies have shown that antimicrobial compounds made from a variety of NPs have high antimicrobial activity. The potential effects of nanostructured metal oxides on the reduction of microbial contaminants are well established. The present study aimed to investigate the antimicrobial activities of magnesium oxide nanoparticles in zeolite matrix on Gram-positive and Gram-negative bacteria.

Materials and Methods: MgO nanoparticles were successfully synthesized from Mg (NO₃)₂·6H₂O in large mordenite matrix through a solid state reaction method. The synthesized samples were characterized by XRD, FTIR, SEM and TEM. Disk diffusion method and MIC were used to evaluate the antimicrobial activity of MgO nanoparticles on *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* compared to commercial antibiotic disks.

Results: XRD results reveal diffraction peaks for each of the two compounds in the nanocomposite. The XRD studies show that the synthesized magnesium oxide NPs have cubic structure. Average size of the NPs was estimated by transmission electron microscopy around 14 nm. Based on the results, these nanoparticles have antimicrobial activity against selected bacteria.

Conclusions: MgO indicate strong antibacterial activity related to alkalinity and active oxygen species. MgO nanoparticles damage the cell membrane and then cause the leakage of intracellular contents which in turn lead to death of the bacterial cells.

Keywords: Large Mordenite Zeolite, Magnesium Oxide Nanoparticles, Nanocomposite, Antimicrobial Activity

Copyright © 2018 Iranian Journal of Medical Microbiology. All rights reserved.

How to cite this article:

Movahedi N, Pourahmad A. Fabrication, Characterization and Antibacterial Properties of MgO Nanoparticles in Zeolite Matrix. Iran J Med Microbiol. 2018; 12 (2):116-124



ساخت، شناسایی و بررسی خواص ضدباکتری نانوذرات MgO در ماتریس زئولیتی

نیلوفر موحدی، افشین پوراحمد

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

چکیده

اطلاعات مقاله

زمینه و هدف: آلودگی میکروبی خطر بزرگی برای سلامت انسان محسوب می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند ترکیبات ضد میکروبی که ساختارهای نانوذره دارند، علیه عوامل باکتریایی می‌توانند بسیار کارآمد باشند. نانو ساختارهای اکسیدهای فلزی پتانسیل خوبی برای کاهش آلودگی میکروبی دارند. هدف از این تحقیق بررسی اثر ضد میکروبی نانوذرات منیزیم اکسید در ماتریس زئولیتی بر علیه باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی بود.

مواد و روش کار: نانوذرات MgO به‌طور موفقیت‌آمیزی با روش واکنش حالت جامد از $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ در ماتریس موردنیت بزرگ سنتز شدند. نمونه‌های سنتز شده با استفاده از XRD، FTIR، SEM و TEM ارزیابی و شناسایی می‌شوند. فعالیت ضد میکروبی نانوذرات به روش تعیین حداقل غلظت ممانعت‌کننده از رشد و انتشار دیسک، در مقایسه با آنتی‌بیوتیک‌های استاندارد، علیه باکتری‌های *استافیلوکوکوس اورئوس* و *اشریشیا* بررسی شد.

یافته‌ها: نتایج XRD، پیک‌های پراش برای هر دو ترکیب را در نانوکامپوزیت نشان می‌دهد. مطالعات XRD نشان می‌دهد که نانوذرات منیزیم اکسید سنتز شده ساختار مکعبی دارند. میانگین سایز نانوذرات با میکروسکوپ الکترونی عبوری حدود ۱۴nm تخمین زده شد. براساس نتایج به‌دست آمده این نانوذرات علیه باکتری‌های انتخاب شده فعالیت ضد میکروبی دارند.

نتیجه‌گیری: MgO فعالیت ضدباکتریایی قوی‌ای را نشان می‌دهد که از گونه‌های اکسیژن فعال و خاصیت قلبی آن منشأ می‌گیرد. نانوذرات MgO به غشای سلولی آسیب می‌رسانند و پس از آن باعث نشت محتویات داخل سلولی شده که به نوبه خود منجر به مرگ سلول‌های باکتریایی می‌شوند.

کلمات کلیدی: زئولیت موردنیت بزرگ، نانوذرات منیزیم اکسید، نانوکامپوزیت، فعالیت ضد میکروبی

کپی‌رایت ©: حق چاپ، نشر و استفاده علمی از این مقاله برای مجله میکروبی شناسی پزشکی ایران محفوظ است.

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۳۱

پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۰۳

انتشار آنلاین: ۱۳۹۷/۰۴/۰۹

موضوع:

نانو بیوتکنولوژی

IJMM1397;12(2): 116-124

نویسنده مسئول:

افشین پوراحمد

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

تلفن: ۰۱۳-۳۳۴۲۴۰۹۴

پست الکترونیک:

pourahmad@iaurasht.ac.ir

مقدمه

استرس اکسیداتیو است. مواد ساختاری نانو در منسوجات و صنایع غذایی برای محدود کردن رشد باکتری‌ها استفاده می‌شود (۵-۳). در سال‌های اخیر استفاده از مواد ضد میکروبی معدنی برای کنترل میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا توجه زیادی را به خود جلب کرده است (۶،۷). مزایای خاص ترکیبات ضد میکروبی معدنی در مقایسه با هم‌تایان آلی آنها بهبود ایمنی و پایداری در درجه حرارت بالا است (۸). در بسیاری از مطالعات نانوذرات اکسید فلزات مثل MgO، ZnO، CuO و CaO به‌عنوان مواد ضد میکروبی بررسی شده‌اند. MgO یک اکسید معدنی مهم با پهنای باند متداول است. این ترکیب در بسیاری از کاربردها مثل کاتالیزور، بستر کاتالیزورها، تصفیه پسماندهای سمی، مواد نسوز و جاذب،

در دهه اخیر، فناوری نانو در بسیاری از کاربردهای صنعتی و خانگی از قبیل الکترونیک، محصولات ساختاری، بسته‌بندی مواد غذایی، صنایع نساجی، کشاورزی، تخریب‌های نوری و غیره استفاده شده است که نشان می‌دهد نسبت به تکنیک‌ها و محصولات معمول عملکرد برتری دارد. نانوذرات خواص کاملاً جدید و یا بهبود یافته‌ای نسبت به ذرات بزرگ‌تر یا حجیم دارند و این خواص جدید از تغییر در برخی ویژگی‌های خاص مثل اندازه و مورفولوژی آنها ناشی شده است (۱،۲). فناوری نانو، یک روش مناسب برای توسعه عوامل ضدباکتری جدید به‌منظور کنترل باکتری‌های مقاوم به چند دارو است. سمیت نانوذرات بر میکروارگانیسم‌ها در نتیجه بر هم زدن ساختار سلول و نیز ایجاد

غیرخطی و به‌عنوان ماتریس برای سنتز نیمه‌رساناها بررسی شده است. اگرچه تعداد کمی از محققین درباره روش سنتز و ویژگی‌های موردنیت بزرگ تحقیقاتی انجام داده‌اند (۱۴، ۱۵) اما گزارشی از کاربرد این نوع زئولیت به‌عنوان ماتریس برای سنتز نانو ساختارها در منابع علمی وجود ندارد. بنابراین در این تحقیق سنتز موردنیت بزرگ انجام گرفت و سپس به‌عنوان بستر بررسی شد. نانوذرات منیزیم اکسید در بستر زئولیتی سنتز شد و در نهایت تست‌های ضد میکروبی با نانو کامپوزیت سنتز شده علیه باکتری‌های *استافیلوکوکوس اورئوس* و *شریشیا* انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

سنتز ماتریس زئولیتی

۱/۴۷ گرم سدیم هیدروکسید به‌همراه ۲۱/۸ میلی‌لیتر آب در داخل ظرف تفلون ریخته، ظرف روی همزن مغناطیسی قرار گرفت و محلول داخل ظرف با مگنت هم زده شد. در ادامه ۰/۶۸ گرم سدیم آلومینات (NaAlO_2) به محلول داخل ظرف اضافه و سپس ۴/۷۸ گرم سیلیکا ژل کم‌کم و به‌آرامی اضافه شد. مخلوط به‌مدت ۲ ساعت و در دمای اتاق هم زده شد. سپس ظرف تفلون را داخل اتوکلاو گذاشته و در آن به‌مدت ۴ روز با دمای ۱۷۰ درجه سیلیسیوس حرارت داده شد. در ادامه رسوب حاصل با سانتریفوژ جداسازی و با آب مقطر داغ شستشو داده شد و برای خشک شدن داخل آن به‌مدت ۱۴ ساعت با دمای ۶۰ درجه سیلیسیوس قرار داده و پس از خشک شدن به‌مدت ۱۰ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سیلیسیوس در کوره حرارت‌دهی شد. در انتها رسوب سفیدرنگی حاصل شد. نمونه سنتز شده با استفاده از XRD، SEM و FTIR ارزیابی شد.

سنتز نانوذرات منیزیم اکسید به روش واکنش حالت جامد

برای سنتز نانوذرات منیزیم اکسید ابتدا ۱ گرم از زئولیت موردنیت بزرگ به‌همراه ۰/۵۸۶ گرم $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ درون یک هاون تمیز و خشک ریخته و ساییده شد تا یون Mg^{2+} با زئولیت مشارکت داده شود و همچنین پودری یک‌دست و همگن حاصل شود، سپس نمونه حاصل به‌مقدار مساوی در دو بوتله چینی تمیز و خشک تقسیم و ریخته شد. در ادامه بوتله چینی اول به‌مدت ۵ ساعت با دمای ۳۰۰ درجه سیلیسیوس و بوتله چینی دوم به‌مدت ۵ ساعت با دمای ۵۰۰ درجه سیلیسیوس داخل کوره حرارت دیدند. نمونه‌های سنتز شده با استفاده از XRD، TEM، SEM و FTIR ارزیابی شدند.

سنتز نانوذرات منیزیم اکسید به روش تبادل یون

افزودنی در روغن‌های سنگین، پوشش‌های منعکس‌کننده و ضدانعکاسی، فیلم‌های نازک ابررسانایی و فروالکترونیک و غیره استفاده شده است (۹). MgO با ذرات نانومقیاس و مساحت سطح ویژه بالا نشان می‌دهد که می‌تواند یک جاذب مخرب ایده‌آل برای عوامل شیمیایی سمی باشد. نانوذرات منیزیم اکسید به‌دلیل مشخصات ساختاری خود از خواص شیمیایی، نوری، الکترونی، مغناطیسی، حرارتی و مکانیکی بی‌نظیری برخوردار است. نانوذرات منیزیم اکسید از مزایایی مثل سمی نبودن، پایداری حرارتی بالا، زیست سازگار و کم‌هزینه بودن برخوردار است و پتانسیل قابل توجهی به‌عنوان عامل ضدباکتریایی دارد. Mg چند نقش حیاتی در زیست‌شناسی انسان بازی می‌کند. کمبود آن در تنظیم فشارخون دخالت دارد. مؤسسه پزشکی آکادمی ملی علوم توصیه کرده است که میانگین مصرف روزانه آن در رژیم غذایی فرد باید ۴۲۰ میلی گرم باشد. Mg به‌عنوان یک مکمل غذایی به شکل MgO و MgOH مصرف می‌شود. این مواد در آب حل نمی‌شوند اما به‌آسانی در شیره معده حل شده و در اثر حل شدن در معده یون‌های منیزیم در دسترس قرار می‌گیرند. MgO و MgOH کاربردهای متنوعی در صنایع غذایی دارند مثلاً به‌عنوان عوامل کنترل pH در محصولات لبنی و در تولید سبزیجات کنسرو شده مثل نخود استفاده می‌شوند. در پزشکی، MgO برای تسکین سوزش معده، ناراحتی معده و سوءهاضمه، تنظیم دمای بدن، به‌عنوان عامل سم‌زدایی و برای بازسازی استخوان استفاده می‌شود (۱۰). به‌تازگی، نانوذرات MgO در درمان سرطان و مسائل دیگر در پزشکی به‌کار می‌رود. بنابراین ارزیابی فعالیت ضدباکتری نانوذرات منیزیم اکسید نسبت به باکتری‌های مختلف می‌تواند بسیار جذاب باشد (۱۱، ۱۲). منیزیم اکسید فعالیت ضدباکتریایی قابل‌توجهی دارد که از گونه‌های اکسیژن فعال و خاصیت قلیایی آن منشأ می‌گیرد. تأیید شده است که مکانیسم ضدباکتری نانوذرات MgO به‌وسیله تولید سوپراکسید روی سطح این ذرات و همچنین افزایش مقدار pH از طریق هیدراتاسیون MgO با آب به‌دست می‌آید. براساس گزارشات، نانوذرات منیزیم اکسید به غشای سلولی آسیب می‌رسانند و پس از آن باعث نشت محتویات داخل سلولی می‌شوند که به نوبه خود منجر به مرگ سلول‌های باکتریایی می‌شود (۱۳). سنتز شیمیایی نانوذرات منیزیم اکسید با روش‌های مختلفی مثل فرایند سل - ژل، میسلی، ته‌نشینی، هیدروترمال، پیرولیز و غیره انجام می‌گیرد. موردنیت یک زئولیت صنعتی مهم است که به‌عنوان کاتالیزور جامد برای تبدیل هیدروکربن‌ها استفاده می‌شود و به‌تازگی برای سنسورهای شیمیایی، مواد نوری

تعیین اثر ضد میکروبی ماتریس زئولیتی، نانوذرات

MgO و نانوکامپوزیت زئولیت - نانوذرات منیزیم اکسید

پس از تهیه سوسپانسیون میکروبی مطابق با کدورت استاندارد ۰/۵ مکفارلند، یک سوپ استریل آغشته به سوسپانسیون میکروبی شد. پس از گرفتن مایع اضافی آن، سوپ مرطوب در سطح محیط مولر هینتون آگاری (مرک، آلمان) که قبلاً به دمای اتاق رسیده بود، پخش شد. دیسک‌های تهیه‌شده حاوی غلظت‌های مختلف ۱۲۰، ۶۰، ۳۰، ۱۵، ۷/۵، ۳/۲ و ۱/۶ میکروگرم زئولیت، نانوذرات منیزیم اکسید و نانو کامپوزیت روی این کشت میکروبی قرار گرفتند. سپس پلیت‌ها در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت انکوبه شدند. پس از این مدت قطر هاله‌های رشدنیافتگی باکتری در اطراف هر دیسک اندازه‌گیری شده و کمترین غلظت نمونه‌ها که منجر به تشکیل هاله رشدنیافتگی باکتری در اطراف دیسک شد، به‌عنوان کمترین غلظت مهارکننده رشد باکتری (MIC) در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج الگوی پراش اشعه ایکس ماتریس و نانوکامپوزیت

در شکل ۱ (الف) الگوی پراش اشعه ایکس زئولیت موردنیت بزرگ در $90^\circ - 5^\circ = 2\theta$ مشاهده می‌شود. این الگوی پراش با الگوی پراش این ترکیب در مراجع مختلف مطابقت کامل دارد (۱۶). الگوی پراش اشعه ایکس نانوکامپوزیت (زئولیت موردنیت - منیزیم اکسید) سنتز شده با روش واکنش حالت جامد در دمای 500°C در $90^\circ - 5^\circ = 2\theta$ در شکل ۱ (ب) نشان داده شده است. به کمک معادله دبی - شرر $d = 0.9\lambda / \beta \cos\theta$ (d قطر متوسط کریستال، λ طول موج اشعه X، β پهنای پیک در نصف ارتفاع پیک پراش برحسب رادیان و θ زاویه براگ است) متوسط اندازه نانوذرات تعیین شد (۴). به کمک این معادله اندازه ذرات منیزیم اکسید در ماتریس زئولیتی ۱۸ نانومتر محاسبه شد. الگوی پراش اشعه ایکس نمونه‌های سنتز شده با روش واکنش حالت جامد در دمای 300°C و روش تبادل یونی نیز گرفته شد که دقیقاً با الگوی پراش اشعه ایکس زئولیت موردنیت بزرگ شکل ۱ (الف) مطابقت داشت.

نتایج طیف‌سنجی تبدیل فوریه - مادون قرمز ماتریس

و نانوکامپوزیت

طیف‌های تبدیل فوریه - مادون قرمز ماتریس زئولیتی و نانوکامپوزیت در شکل ۲ نشان داده شده‌اند.

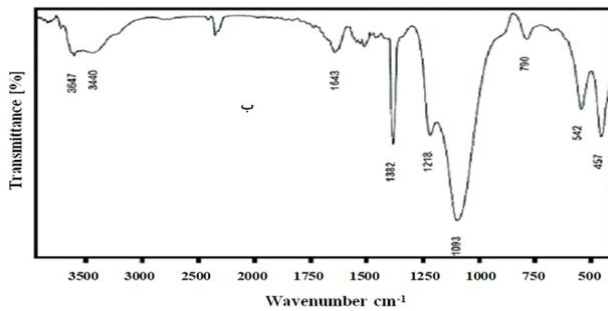
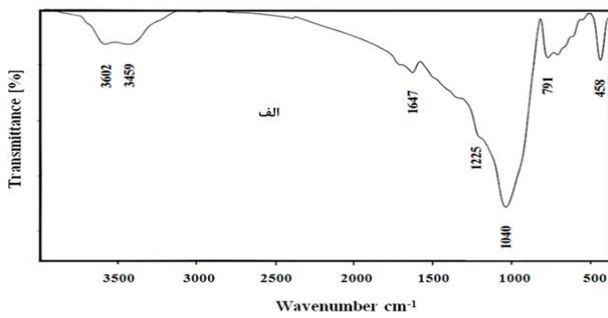
برای سنتز نانوذرات منیزیم اکسید ابتدا $2/564$ گرم $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ در بالن ۱۰۰ میلی‌لیتری به حجم رسانده شد. سپس ۱ گرم از زئولیت و ۱۰۰ mL محلول ۰/۱ مولار $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ در یک بشر ۲۵۰ ریخته شد. ظرف روی همزن مغناطیسی قرار گرفت و به‌وسیله مگنت به مدت ۵ ساعت هم زده شد. در ادامه رسوب حاصل، جداسازی و با آب مقطر ۵ بار شست‌وشو شد و برای خشک کردن داخل آون در دمای 50°C به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. پس از خشک شدن، نمونه به مدت ۵ ساعت در دمای 500°C در کوره حرارت‌دهی شد و پس از آن از این نمونه سنتز شده XRD و FTIR گرفته شد.

تعیین حساسیت میکروبی به روش انتشار از دیسک

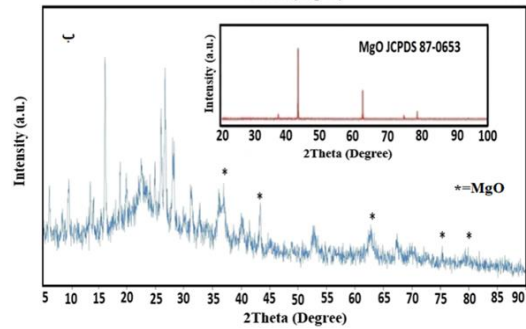
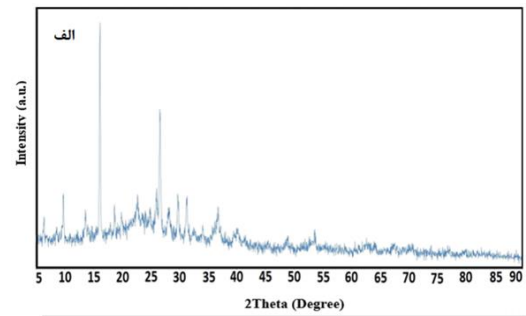
ابتدا در دو لوله آزمایش، هرکدام ۴ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی ریخته و استریل شد. سپس کلنی باکتری‌های *استافیلوکوکوس اورئوس* گرم مثبت و *شریشیا* گرم منفی جدا شده از نمونه‌های بالینی در لوله‌های جداگانه تلقیح شد تا کدورتی مشابه ۰/۵ مکفارلند ($10^8 \text{CFU/mL} \times 1/5$) داشته باشند. سویه‌های بالینی از طریق تکثیر ژن *16fRNA* در واکنش PCR و تعیین توالی محصول آن تأیید شد.

پس از تهیه سوسپانسیون میکروبی مطابق با کدورت استاندارد ۰/۵ مکفارلند، یک سوپ استریل آغشته به سوسپانسیون میکروبی شد و پس از گرفتن مایع اضافی آن از سوی فشار دادن سوپ به دیواره داخلی لوله، سوپ مرطوب در سطح محیط مولر هینتون آگاری که قبلاً به دمای اتاق رسیده بود، به‌طور یکنواخت و کامل کشیده شد.

۱۵ دقیقه قبل از شروع این مرحله، کار دیسک‌های آنتی‌بیوتیک (تهیه‌شده از شرکت پادتن طب، ایران) متی‌سیلین ($5\mu\text{g}$)، ونکومایسین ($30\mu\text{g}$)، آموکسی سیلین ($25\mu\text{g}$)، اریترومایسین ($15\mu\text{g}$)، استریتومایسین ($10\mu\text{g}$)، تتراسیکلین ($30\mu\text{g}$)، سفکسیم ($5\mu\text{g}$) از یخچال خارج شدند تا دمای آنها به دمای اتاق برسد. دیسک‌های آنتی‌بیوتیک از سوی پنس استریل و سردشده، برداشته و در سطح پلیت کشت 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 گرفتند. سپس کشت به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور 37°C قرار گرفته و پس از ۲۴ ساعت قطر هاله رشدنیافتگی اندازه‌گیری شد.



شکل ۲. طیف تبدیل فوریه - مادون قرمز زئولیت موردنیت بزرگ (الف) و نانوکامپوزیت (ب)

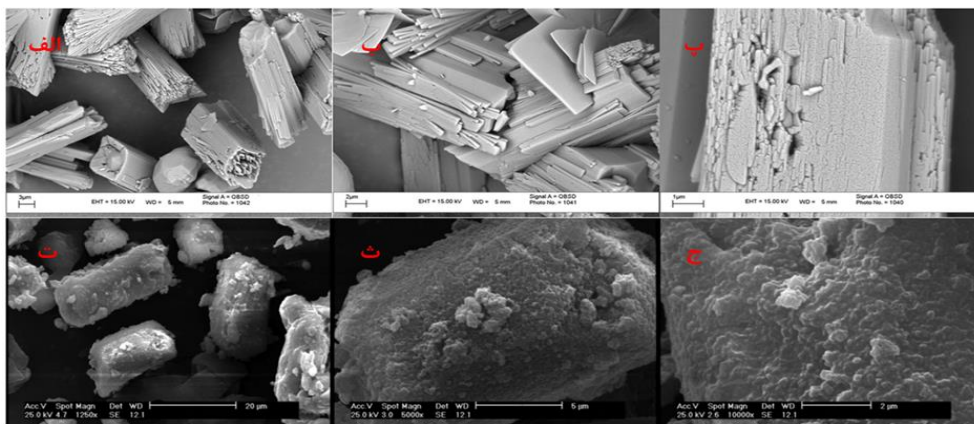


شکل ۱. الگوی پراش اشعه ایکس زئولیت موردنیت بزرگ (الف) و نانوذرات منیزیم اکسید در ماتریس زئولیتی (ب)

آن ۸ μm و ضخامت آن حدوداً ۸۰ nm است. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی ترکیب نانوکامپوزیت در شکل‌های ۳ (ت، ث و ج) ارائه شده است. در شکل ۳ (ت) با بزرگ‌نمایی ۱۲۵۰ برابر، ذرات تقریباً استوانه‌ای شکلی با سطوح ناصاف مشاهده می‌شوند. در شکل‌های ۳ (ث و ج) به ترتیب با بزرگ‌نمایی ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ برابر ذراتی در ابعاد نانومتری بر سطح ذرات بزرگ استوانه‌ای شکل به‌وضوح دیده می‌شوند. با مقایسه تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی ماتریس زئولیتی و نانوکامپوزیت سنتز شده مشاهده می‌شود که مورفولوژی ماتریس تغییر کرده است.

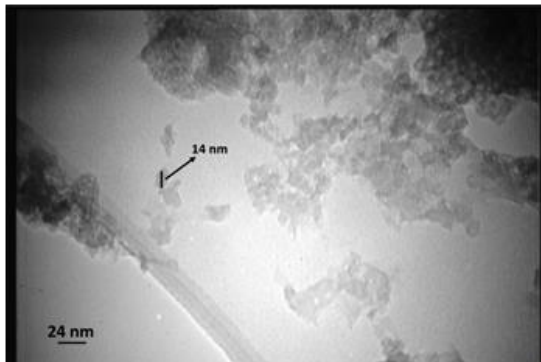
نتایج تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی ماتریس و نانوکامپوزیت

تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی زئولیت و ترکیب نانوکامپوزیت با بزرگ‌نمایی‌های مختلف در شکل ۳ ارائه شده است. تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی زئولیت موردنیت با سه بزرگ‌نمایی در شکل‌های ۳ (الف، ب و پ) نشان داده شده است. شکل ۳ (الف) با بزرگ‌نمایی ۵۰۰۰ برابر نشان می‌دهد که ذرات موردنیت بزرگ تقریباً استوانه‌ای شکل هستند. شکل ۳ (ب و پ) به ترتیب با بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰۰ و ۳۰۰۰۰ برابر نشان می‌دهند سطح موردنیت بزرگ حالتی سوزنی شکل دارد که طول تقریبی



شکل ۳. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی زئولیت با بزرگ‌نمایی ۵۰۰۰ برابر (الف)، با بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰۰ برابر (ب)، با بزرگ‌نمایی ۳۰۰۰۰ برابر (پ)، نانوکامپوزیت با بزرگ‌نمایی ۱۲۵۰ برابر (ت)، با بزرگ‌نمایی ۵۰۰۰ برابر (ث) و با بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰۰ برابر (ج).

۱ ارائه شده است. MIC برای هر دو باکتری استافیلوکوکوس اورئوس و اشریشیا ۱۲۰ میکروگرم بود.



شکل ۴. تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانوکامپوزیت

نتایج تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانوکامپوزیت تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری منیزیم اکسید در ماتریس زئولیتی در شکل ۴ نشان داده شده است. نانوذرات منیزیم اکسید به صورت ذرات کوچک به هم چسبیده‌ای با اندازه تقریباً ۱۴ نانومتر مشاهده می‌شوند.

بررسی فعالیت‌های ضدباکتری نانوکامپوزیت

قطر هاله رشدنیافتگی ایجادشده از طریق نانوذرات منیزیم اکسید در غیاب ماتریس، ماتریس زئولیتی و نانوکامپوزیت و مقایسه آنها با برخی دیسک‌های استاندارد آنتی‌بیوتیک در جدول

جدول ۱. قطر هاله رشدنیافتگی ایجادشده با نانوکامپوزیت، ماتریس زئولیتی و نانوذرات MgO و مقایسه آن با برخی دیسک‌های استاندارد آنتی‌بیوتیک

عامل ضدباکتری (µg)	قطر هاله رشدنیافتگی استافیلوکوکوس اورئوس (mm)	قطر هاله رشدنیافتگی اشریشیا (mm)
نانو کامپوزیت (۱۲۰)	۱۴	۱۶
زئولیت موردنیت بزرگ (۱۲۰)	۰	۰
نانوذرات MgO (۱۲۰)	۹	۱۱
جنتامایسین (۱۰)	۳۰	۲۳
سفوتاکسیم (۳۰)	۰	۱۲
آموکسی سیلین (۲۵)	۱۸	۰
تتراسیکلین (۳۰)	۰	۱۴
اریترومایسین (۱۵)	۲۴	۲۰
آمپی سیلین (۱۰)	۰	۰
سپسیم (۳۰)	۱۴	۰

دو روش تشکیل نشده است؛ زیرا در نتایج آنها به جز پیک‌های پراش زئولیت پیک پراش دیگری مشاهده نشد. در شکل ۲ (الف)، ارتعاشات معمول ترکیب موردنیت مشاهده می‌شود (ارتعاشات کششی نامتقارن: خارجی 1225 cm^{-1} ، داخلی $1040/50 \text{ cm}^{-1}$ ، ارتعاشات کششی متقارن: خارجی 560 و 580 cm^{-1} ، حلقه دوگانه 720 cm^{-1} ، داخلی 791 cm^{-1} ، ارتعاشات خمشی T-O، $458/99 \text{ cm}^{-1}$)، نتایج مشابهی در سایر کارهای تحقیقاتی نیز قابل مشاهده است (۱۹، ۱۶). طیف مادون قرمز ترکیب نانوذرات MgO در ماتریس موردنیت بزرگ در شکل ۲ (ب) نشان داده شده است. با مقایسه طیف ترکیب نانوکامپوزیت و ماتریس زئولیت مشاهده می‌شود که شدت بعضی از پیک‌ها کاهش یا افزایش یافته است و یا جابه‌جایی‌هایی در موقعیت پیک‌ها دیده می‌شود که علت آن می‌تواند مربوط به حضور نانوذرات منیزیم اکسید در بستر زئولیت موردنیت بزرگ باشد

بحث

پیک‌های پراش ماتریس زئولیت در شکل ۱ (ب) نشان می‌دهند ساختار زئولیت موردنیت بزرگ حفظ شده T علاوه بر آن پیک‌های پراش نانوذرات منیزیم اکسید در زوایای $36/90^\circ$ ، $43/55^\circ$ ، $62/87^\circ$ ، $74/5^\circ$ و $78/4^\circ$ نشان می‌دهند که نانوذرات MgO روی زئولیت موردنیت بزرگ ساخته شده است. با مقایسه الگوی پراش اشعه ایکس نانوذرات منیزیم اکسید سنتز شده با الگوی پراش نمونه استاندارد (JCPDS: 87-0653) می‌توان نتیجه گرفت که ترکیب MgO به صورت مکعبی سنتز شده است (۱۷). همچنین پهن شدن پیک‌های پراش اشعه ایکس ذرات منیزیم اکسید سنتز شده دلالت بر این دارد که منیزیم اکسید در ابعاد نانومتری سنتز شده است (۱۸).

با مطالعه الگوی پراش اشعه ایکس نمونه‌های سنتز شده با روش واکنش حالت جامد در دمای 300°C و روش تبادل یونی مشخص شد که نانوذرات منیزیم اکسید در ماتریس زئولیتی با این

اورئوس بررسی کردند. آنها بیان داشتند که حساسیت باکتری‌ها به نانوذرات فقط به ساختار دیواره سلولی مربوط نمی‌شود، بلکه ممکن است ب پراکسیداسیون چربی و تولید گونه‌های فعال اکسیژن نیز مربوط باشد (۱۱). Ingudam و همکاران تأثیر ضدباکتریایی نانوذرات منیزیم اکسید بر تعدادی از پاتوژن‌های غذایی از جمله اشریشیا، سالمونلا و کمپیلوباکتر را بررسی کردند. نتایج نشان داد که اختلاف بار منفی سلول باکتری و بار مثبت نانوذره به صورت یک جاذب الکتروستاتیک عمل کرده و باعث اتصال نانوذره به سطح سلول می‌شود. این نانوذرات متصل شده با تخریب غشای سلول باکتری و نشت مواد در نهایت موجب مرگ سلول می‌شوند (۲۲).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق بستر زئولیت موردنیت بزرگ که مطالعات کمی روی آن صورت گرفته است سنتز و از طریق روش‌های دستگاهی XRD، FTIR، SEM و ارزیابی شد. برای سنتز نانوذرات منیزیم اکسید در ماتریس زئولیتی از دو روش واکنش حالت جامد در دو دمای ۳۰۰ و ۵۰۰ درجه سلیسیوس و روش تبادل یونی استفاده شد. برای شناسایی نمونه‌های سنتز شده از دستگاه‌های میکروسکوپ الکترونی عبوری، میکروسکوپ الکترونی روبشی، طیف‌سنجی الگوی پراش پرتو ایکس و طیف‌سنجی تبدیل فوریه - مادون قرمز استفاده شد. نتایج الگوی پراش اشعه ایکس ثابت کرد که نانوذرات فقط در روش واکنش حالت جامد و در دمای ۵۰۰ درجه سلیسیوس در بستر زئولیتی سنتز شده‌اند. داده‌های XRD نانوکامپوزیت مشخص کرد که ساختار زئولیت در نانوکامپوزیت حفظ شده است و الگوی پراش نانوذرات منیزیم اکسید به شکل واضحی قابل مشاهده است و ترکیب MgO به صورت مکعبی سنتز شده است. بررسی خاصیت ضدباکتریایی نمونه‌های سنتز شده نشان داد که نانوذرات MgO فعالیت ضدباکتری مناسبی دارند.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از حمایت‌های مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت صمیمانه تشکر می‌کنند.

تعارض منافع

بین نویسندگان تعارض در منافع گزارش نشده است.

(۲۰). همچنین نوار جذبی در 542 cm^{-1} مربوط به ارتعاشات ضعیف MgO است.

در بررسی اثر ضد میکروبی نانوذرات منیزیم اکسید سنتز شده در بستر زئولیتی به روش انتشار دیسک هر دو باکتری استفیلوکوکوس اورئوس و اشریشیا جدا شده از نمونه‌های بالینی به این ماده حساس بوده‌اند و در اطراف دیسک هاله رشدنیافتگی باکتری مشاهده شد. قطر هاله رشدنیافتگی یکی از شاخص‌های تعیین‌کننده خاصیت ضد میکروبی یک ترکیب است. ماتریس زئولیتی هیچ‌گونه خاصیت ضدباکتری از خود نشان نداد؛ در حالی که نانوذرات منیزیم اکسید در حضور بستر، قطر هاله رشدنیافتگی بزرگ‌تری نسبت به نانوذرات منیزیم اکسید بدون حضور بستر تشکیل داده‌اند که این نشان می‌دهد نانوذرات منیزیم اکسید در حضور ماتریس خاصیت ضدباکتری بهتری نسبت به نانوذرات منیزیم اکسید بدون حضور ماتریس دارند. این افزایش خصلت ضدباکتری را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که ماتریس، نانوذرات منیزیم اکسید را پایدار کرده و باعث می‌شود که رهاسازی یون از طریق نانوذرات منیزیم اکسید به محیط کشت به صورت کنترل شده، در مدت‌زمان بیشتر و با سرعت مشخصی انجام شود و لذا خاصیت ضدباکتری برای مدت‌زمان طولانی‌تری حفظ می‌شود. به این ترتیب باکتری نمی‌تواند با گذشت زمان در برابر نمونه مقاومت پیدا کند و در نتیجه خاصیت ضدباکتری افزایش می‌یابد. نتایج نشان داد که اثر ضد میکروبی نانوکامپوزیت علیه باکتری اشریشیا بیشتر از استفیلوکوکوس اورئوس است.

مطالعات زیادی نشان داده‌اند که فعالیت ضد میکروبی نانوذرات منیزیم اکسید به دلیل تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن مثل آنیون سوپراکسید است. با افزایش سطح نانوذرات غلظت آنیون سوپراکسید در محلول افزایش یافته و این موضوع باعث تخریب بیشتر دیواره سلول باکتری می‌شود (۱۰). Palanisamy و همکاران نانوذرات MgO را از روش‌های شیمی سبز و شیمیایی سنتز و شناسایی کردند و سپس فعالیت ضدباکتری آنها را علیه باکتری‌های گرم منفی *Pseudomonas aeruginosa* و گرم مثبت *Bacillus subtilis* بررسی و ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که نانوذرات تهیه شده از روش شیمی سبز نسبت به روش شیمیایی علیه باکتری‌های مدنظر فعالیت ضدباکتری بهتری دارند (۲۱). Krishnamoorthy و همکاران مکانیسم فعالیت ضد میکروبی نانوذرات منیزیم اکسید را علیه باکتری‌های گرم منفی اشریشیا و سودوموناس آئروژینوزا و باکتری‌های گرم مثبت استفیلوکوکوس

References

- Singh RP, Shukla VK, Yadav RS, Sharma PK, Singh PK, Pandey AC. Biological approach of zinc oxide nanoparticles formation and its characterization. *Adv Mater Lett.* 2011;2(4):313-7. <https://doi.org/10.5185/amlett.indias.204>
- Hosseini khomeirani S, Ma'mani L, Issazade K. Study of the antimicrobial effect of Amikacin encapsulated in Mesoporous Silica nanoparticles against *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. *Iran J Med Microbiol.* 2017;11(1):48-57.
- Veerrapandian M, Yun KS. Functionalization of biomolecules on nanoparticle: specialized for antibacterial applications. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2011;90(5):1655-67. <https://doi.org/10.1007/s00253-011-3291-6> PMID:21523475
- Sohrabnezhad Sh, Sadeghi A. Matrix effect of montmorillonite and MCM-41 matrices on the antibacterial activity of Ag₂CO₃ nanoparticles. *Appl Clay Sci.* 2015;105-106:217-24. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2014.12.034>
- Sohrabnezhad S, Sadeghi A. Matrix effect of montmorillonite and MCM-41 matrices on the antibacterial activity of Ag₂CO₃ nanoparticles. *Appl Clay Sci.* 2015;105:217-24. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2014.12.034>
- Wilczynski M, editor *Anti-microbial porcelain enamels.* 62nd Porcelain Enamel Institute Technical Forum: Ceramic Engineering and Science Proceedings; 2000: Wiley Online Library.
- Barzegari Firouzabadi F, Marzban Z, Khaleghizadeh S, Daneshmand F, Mirhosseini M. Combined effects of zinc oxide nanoparticle and malic acid to inhibit *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Iran J Med Microbiol.* 2016;10(5):52-9.
- Fu G, Vary PS, Lin CT. Anatase TiO₂ nanocomposites for antimicrobial coating. *J Phys Chem B.* 2005;109(18):8889-98. <https://doi.org/10.1021/jp0502196> PMID:16852057
- Tang Z-X, Fang X-J, Zhang Z-L, Zhou T, Zhang X-Y, Shi L-E. Nanosize MgO as antibacterial agent: preparation and characteristics. *Braz J Chem Eng.* 2012;29(4):775-81. <https://doi.org/10.1590/S0104-66322012000400009>
- Tang ZX, Lv BF. MgO Nanoparticles as antibacterial agent: preparation and activity. *Braz J Chem Eng.* 2014;31(3):591-601. <https://doi.org/10.1590/0104-6632.20140313s00002813>
- Krishnamoorthy K, Moon JY, Hyun HB, Cho SK, Kim SJ. Mechanistic investigation on the toxicity of MgO nanoparticles toward cancer cells. *J Mater Chem.* 2012;22(47):24610-7. <https://doi.org/10.1039/c2jm35087d>
- Samadi M, Shekarforoush S S, Ghaisari H R. Antimicrobial effects of magnesium oxide nanoparticles and ε-poly-L-lysine against *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes*. *Iran J Med Microbiol.* 2016;10(2):33-41.
- Yamamoto O, Ohira T, Alvarez K, Fukuda M. Antibacterial characteristics of CaCO₃-MgO composites. *Materials Science and Engineering: B.* 2010;173(1-3):208-12. <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2009.12.007>
- Lozano-Castello D, Zhu W, Linares-Solano A, Kapteijn F, Moulijn J.A. Micropore accessibility of large mordenite crystals. *Microporous Mesoporous Mater.* 2006;92(1-3):145-53. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2006.01.008>
- Sano T, Wakabayashi S, Oumi Y, Uozumi T. Synthesis of large mordenite crystals in the presence of aliphatic alcohol. *Microporous Mesoporous Mater.* 2001;46(1):67-74. [https://doi.org/10.1016/S1387-1811\(01\)00285-2](https://doi.org/10.1016/S1387-1811(01)00285-2)
- Aly HM, Moustafa ME, Abdelrahman EA. Synthesis of mordenite zeolite in absence of organic template. *Adv Powder Technol.* 2012;23(6):757-60. <https://doi.org/10.1016/j.apt.2011.10.003>
- Rao Y, Wang W, Tan F, Cai Y, Lu J, Qiao X. Influence of different ions doping on the antibacterial properties of MgO nanopowders. *Appl Surf Sci.* 2013;284:726-31. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.08.001>
- Pourahmad A. Preparation and spectroscopic studies of PbS/nanoMCM-41 nanocomposite. *Arabian J Chem.* 2014;7(5):788-92. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.07.018>
- Mohamed MM, Salama TM, Othman I, Ellah IA. Synthesis of high silica mordenite nanocrystals using o-phenylenediamine template. *Microporous Mesoporous Mater.* 2005;84(1-3):84-96. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2005.05.017>
- Pourahmad A. Nanocomposite prepared from ZnS nanoparticles and molecular sieves nanoparticles by ion exchange method: Characterization and its photocatalytic activity. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy.* 2013;103:193-8. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2012.10.053> PMID:23261613

21. Palanisamy G, Pazhanivel T. Green synthesis of MgO nanoparticles for antibacterial activity. International Seminar on Materials Science & Technology (ISMST 2017); 2017 Aug 4; Tamilnadu, India. International Research Journal of Engineering and Technology. 2017;4(9):137-41.
22. Ingudam SH, Irwin P, Reed S, He Y. Antibacterial activity of magnesium oxide nanoparticles on Escherichia coli O157:H7 Salmonella, and Campylobacter. 2nd International Conference on Nanotek and Expo; 2012 Des 3-5; Pennsylvania, USA. J Nanomed Nanotechol; 2012. <https://doi.org/10.4172/2157-7439.S1.003>