

تهیه و شناسایی نانوذرات آهن - فسفونات (Fe-DTPMP) و بررسی اثرات ضد باکتری آن‌ها

سیده زهرا موسوی کیش^۱ و بیژن ممبنی گوداژدر^{۲*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی دارویی، دانشکده شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی امیدیه، امیدیه، ایران

۲. استادیار شیمی آلی، دانشکده شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه، امیدیه، ایران

دریافت: تیر ۹۸ بازنگری: دی ۹۸ پذیرش: دی ۹۸

چکیده: در این پژوهش، نانوکاتالیست آلی-فلزی آهن-فسفونات با پیش‌ماده‌های آهن(II) کلرید با محلول بازی دی‌اتیلن‌تری‌آمین پنتا(متیلن فسفات) (DTPMP) تهیه شد. اندازه نانوذرات، با افزودن ستیل‌تری‌متیل‌آمونیم برمید (CTAB) به‌عنوان ماده سطح‌فعال کنترل شد. ساختار نانوکاتالیست با روش‌های طیف‌سنجی فرسرخ تبدیل فوریه (FTIR)، میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM)، پراش پرتو ایکس (XRD)، تجزیه وزن‌سنجی گرمایی (TGA)، مغناطیس‌سنجی نمونه ارتعاشی (VSM) و تجزیه عنصری با طیف‌سنجی تفکیک انرژی (EDS) بررسی شد. در حضور ماده سطح‌فعال، نانوماده تهیه شده ساختاری کروی با اندازه ذرات در حدود ۲۰ تا ۳۰ نانومتر داشت و هیچ‌گونه توده‌ای شدن یا تجمع دیده نمی‌شود. مقدار مغناطیس‌شدگی نانوکاتالیست تهیه شده در میدانی به قدرت ۱۵ KOe در حدود ۵ emu/g است. نمودار گرماورزی نشان دهنده پایداری قابل‌توجه کاتالیست در برابر گرما است به گونه‌ای که تا دمای ۳۰۰°C شکست خاصی مشاهده نمی‌شود. آزمایش ضدباکتری نشان داد که این مواد از رشد باکتری گرم منفی (اشیرشیا کلی) و گرم مثبت (استافیلوکوکوس) جلوگیری می‌کنند. این نانوذرات هاله‌ای به ضخامت ۱۴ تا ۱۶ میلی‌متر در اطراف خود در محیط کشت ایجاد کردند. از محیط آگار مولر هینتون در این آزمایش استفاده شد.

واژه‌های کلیدی: دی‌اتیلن‌تری‌آمین پنتامیلن فسفونیک اسید، آهن-فسفونات، اثر ضدباکتری

مقدمه

گونه‌های مقاوم باکتری‌ها نسبت به عوامل مهارگر باکتری (باکتریواستاتیک^۱)، مقاومت باکتری‌ها افزایش پیدا کرده است [۲]. از آنجایی که بعضی از فاکتورهای ضد میکروبی التهاب‌آور و سمی هستند [۳]، پژوهش در زمینه گونه‌های جدید از عوامل ضد میکروبی به اولویت اول مراکز بهداشتی تبدیل شده است. در

استفاده بیش از حد پادزیست‌ها موجب افزایش مقاومت گونه‌های باکتری‌ها نسبت به آن‌ها شده است. همچنین، گونه‌های جدیدی از باکتری‌ها نیز ایجاد شده که در برابر پادزیست‌ها مقاوم هستند. این موارد موجب ایجاد یک چالش و مشکل در زمینه بهداشتی شده است [۱]. امروزه به واسطه رشد

1. Bacteriostatic

تصمیم گرفته شد که در این راستا نانو ساختاری جدید با این دو ویژگی تهیه و ویژگی ضد باکتری آن بررسی شود. به همین دلیل نانوذرات آهن با توجه به مزایای ذکر شده و لیگاند آلی فسفونات به علت داشتن گروه‌های عاملی فسفونیک و عامل آمینی انتخاب شدند. نانوذرات از تشکیل عوامل عفونی از قبیل تشکیل کلونی، رشد سلول‌های باکتری، و یا زیست لایه (بیوفیلم) متراکم جلوگیری می‌کنند. در نتیجه موجب مقاومت بدن میزبان در برابر این عوامل می‌شوند [۲۳]. فلزات سنگین در غلظت پایین توانایی از بین بردن گونه‌های متفاوت باکتری‌ها را نشان می‌دهند.

نانوذرات در چرخه حیات و اکوسامانه، پایین‌ترین سطح سمیت را از خود نشان داده‌اند، پس استفاده از این مواد برای مبارزه با میکروب‌های بیماری‌زا می‌تواند انتخاب مناسبی باشد. باکتری‌های گرم مثبت در مقایسه با باکتری‌های گرم منفی در مقابل نانوذرات فلزی، مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند که این می‌تواند به ساختار دیواره سلولی ارتباط داشته باشد. پژوهش‌های زیادی، مبتنی بر واکنش‌های احتمالی بین نانوذرات با درشت مولکول‌های موجودات زنده انجام شده است. تفاوت بین بار منفی ریزاندامگان^۲ و بار مثبت نانوذره، به صورت یک الکترومغناطیس جاذب بین میکروب و نانوذره عمل کرده و موجب پیوند نانوذره به سطح سلول شده و در نتیجه می‌تواند موجب مرگ سلول شود. در نهایت، تعداد زیادی از این تماس‌ها منجر به اکسید شدن مولکول‌های سطحی میکروب‌ها و مرگ سریع آن‌ها می‌شوند. احتمال داده می‌شود یون‌های آزاد شده از نانو مواد با گروه‌های تیول پروتئین‌های سطحی سلول‌های باکتری واکنش دهند. تعدادی از این پروتئین‌های غشای سلول‌های باکتری عمل انتقال مواد معدنی از سطح دیواره را به عهده دارند. نانو مواد با اثر بر این پروتئین‌ها موجب غیرفعال شدن و نفوذناپذیری غشاء می‌شوند [۲۴]. غیرفعال شدن تراوایی غشاء در نهایت موجب مرگ سلول

این راستا، پژوهشگران نانو اکسید فلزات را که بسیار فعال بوده و ویژگی ضد میکروبی در برابر گونه‌های گرم مثبت و گرم منفی داشته را به عنوان یک ضدباکتری قوی معرفی کردند [۴ تا ۶]. ویژگی ضد میکروبی مواد معدنی مانند نقره از دیرباز شناخته شده بود و به کار می‌رفت. برای مثال، در جنگ‌ها برای ترمیم زخم سربازان، از سکه‌ای از جنس نقره استفاده می‌شد. امروز نانوذرات نقره با کمترین غلظت، و ویژگی ضد میکروبی بسیار قوی را از خود نشان می‌دهند [۷]. در سال‌های اخیر، به دنبال موفقیت نانوذرات نقره به عنوان یک عامل ضد میکروبی قوی با درجه سمیت بالا برای بسیاری از سلول‌ها، رشد و توسعه دیگر نانوذرات مانند مس (II) اکسید، روی اکسید و آهن (III) اکسید در حوزه شیمی درمانی ضد میکروبی مورد توجه دانشمندان قرار گرفته‌اند [۸ تا ۱۱]. افزون بر نانوذرات آهن، نانوذرات آلومینیم - آهن ناشی از فرایند الکتروشیمیایی [۱۲] نانوحامل‌های آلی اصلاح شده با عوامل ضد میکروبی، مواد هیبریدی و بسپارها، نمونه‌هایی از نانوذرات با ویژگی ضد میکروبی هستند [۱۳]. در این میان نانوذرات آهن با توجه به ویژگی‌های مغناطیسی مناسب، سمیت اندک، سازگاری زیستی بالا و تایید آن‌ها برای مصرف در حوزه سلامت و پزشکی [۱۴]، گزینه مناسبی برای جایگزینی نانوذرات نقره هستند. کاربردهای وسیع از نانوذرات آهن در حوزه زیست پزشکی مانند: دارورسانی هدفمند، انتقال دارو [۱۵]، تصویربرداری سلولی [۱۶]، برچسب‌زنی سلول‌ها، و حسگر زیستی [۱۷ و ۱۸] گزارش شده است. با این وجود گزارش‌های اندکی به فعالیت ضدباکتری نانوذرات آهن پرداخته‌اند [۱۹ و ۲۰]. از طرفی، کمپلکس کاتیون فلزهایی مانند Ni(II) و Pt(II) دارای لیگاندهای آلی تری‌فنیل‌فسفین و ایمیدازول با ویژگی ضد میکروبی هستند [۲۱]. همچنین، از نانوذرات آهن تثبیت شده بر ترکیب آلی کربوکسی‌متیل سلولز برای غیرفعال‌سازی باکتری اشریشیاکلی استفاده شده است [۲۲]. با توجه به مطالعات انجام شده و تایید ویژگی ضدباکتری کمپلکس نانو با کاتیون فلزی و لیگاند آلی و همچنین، نانوذرات فلزی تثبیت شده بر ترکیب آلی

می‌شود. همچنین، نانومواد چسبیدن سلول باکتری و تشکیل زیست لایه را به تأخیر می‌اندازند. این عمل مانع تثبیت و تکثیر باکتری‌ها می‌شود. تغییرات ضد میکروبی که از رشد باکتری بیماری‌زا ممانعت می‌کنند، یک هدف مطلوب محسوب می‌شود. عوامل ایجادکننده عفونت‌ها می‌توانند متعدد باشند. تشکیل کلونی، رشد سلول باکتری و تشکیل بسترهای بیوفیلمی فشرده میکروبی، باکتری‌ها را در مقابل سامانه دفاعی میزبان مقاوم می‌کند که نانوذرات از تشکیل این عوامل دفاعی میکروبی در برابر سامانه ایمنی میزبان جلوگیری می‌کنند. نانومواد و به‌ویژه نانومواد فلزی به علت داشتن بار سطحی و نسبت سطح به حجم خود، آنزیم‌ها و DNA ریزاندامگان‌ها را با تعادل الکترون بین گروه‌های دهنده الکترون مثل تیول، کربوکسیلات، آمید، انول و هیدروکسیل غیرفعال می‌کنند [۲۵].

در این پژوهش، نانوذره آهن-فسفونات به روش رسوب‌دهی تهیه، سپس شناسایی و بررسی اثر ضد میکروبی آن‌ها در برابر ریزاندامگان‌ها (باکتری‌ها) بررسی شد.

بخش تجربی

مواد و دستگاه‌ها

همه مواد شیمیایی از شرکت‌های مرک و آلد ریچ با خلوص بالا خریداری شدند. برای بررسی ریخت‌شناسی ذرات از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل TESCAN استفاده شد. روش پراش پرتو ایکس (XRD) با دستگاه مدل SEIFERT-C3000 برای بررسی ساختار نانوذره به کار گرفته شد. برای اندازه‌گیری ویژگی مغناطیسی (VSM) ماده تهیه شده از دستگاه MDKB ساخت شرکت مغناطیس دقیق کویر استفاده شد. همچنین، از دستگاه STA-503 برای بررسی پایداری گرمایی نانوذرات استفاده شده است. برای تعیین گروه‌های عاملی، طیف‌سنج فرورسرخ تبدیل فوریه مدل RX1 SPEETRUM ساخت شرکت پریکین‌المر به کار گرفته شد.

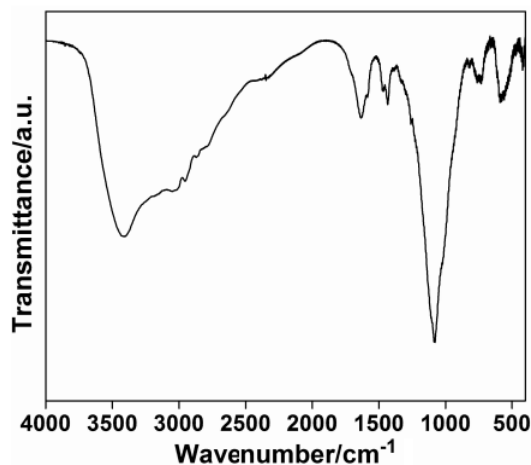
روش تهیه نانو ساختار آلی-فلزی آهن-فسفونات

برای تهیه نانو ساختار ابتدا ۵۰ میلی‌لیتر محلول آهن (II) کلرید (۰/۲۵ M) و ۱/۵ g ماده سطح‌فعال ستیل‌تری‌متیل‌آمونیم برمید (CTAB) در یک بالن دو دهانه مجهز به سردکننده و دماسنج ریخته شد. مجموعه در حمام آب با دمای 30°C به

فسفونات‌ها عوامل کی‌لیت‌ساز فعالی هستند که با تشکیل پیوندهای محکم با یون‌های فلزی دو و سه ظرفیتی از تشکیل رسوبات نامحلول جلوگیری کرده و از ویژگی کاتالیستی آن‌ها جلوگیری می‌کنند. این مواد در شرایط سخت هم پایدار هستند. از کاربردهای این مواد می‌توان به کاربرد آن‌ها در صنعت، خنک‌کننده‌های آب و سامانه‌های نمک‌زدایی در صنایع نفت و گاز اشاره کرد. همچنین، فسفونات‌ها در فرایندهای اسمز معکوس به کار می‌روند. حضور فسفونات‌ها در سامانه‌های گردش آب سرد از خوردگی آهن و فولاد جلوگیری می‌کند. نخستین پژوهش درباره شناسایی و کاربرد ترکیبات آلی-فلزی زیرکونیم-فسفونات در سال ۱۹۹۰ انجام شد که در آن از این ترکیب آلی فلزی در راستای فرایند تبادل یونی استفاده شد [۲۶]. در ادامه، ترکیبات روی-فسفونات و کبالت-فسفونات تهیه و شناسایی شدند [۲۷]. در سال ۱۹۹۲ مس-فسفونات تهیه و ساختار بلوری آن بررسی شد [۲۸]. در این راستا، کلسیم-فسفونات، روی-فسفونات و کلسیم فسفونات بر پایه سلیکاژل تهیه شده و به عنوان بازدارنده به کار رفته است [۲۹ تا ۳۱]. در صنایع چوب، کاغذ و نساجی فسفونات‌ها به‌عنوان پایدارکننده در فرایند

Fe است و ارتعاش کششی C-H در گروههای CH_2 در 2920 cm^{-1} دیده می‌شود. نوار در 3400 cm^{-1} به ارتعاش‌های کششی OH در گروه‌های فسفونات نسبت داده می‌شود. دو نوار جذبی ضعیف در 1468 و 1431 cm^{-1} مربوط به ارتعاش‌های کششی C-H و P-C است. همچنین، دو نوار ضعیف در 1385 و 1330 cm^{-1} ناشی از ارتعاش‌های کششی پیوندهای $\text{P}=\text{O}$ و C-N است (شکل ۱).

تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (۲a) و گسیل میدانی (۲b) نشان می‌دهد که در حضور ماده سطح‌فعال، نانوماده تهیه شده کروی شکل با اندازه ذرات در حدود ۲۰ تا ۳۰ نانومتر بود و هیچ‌گونه توده‌ای شدن یا تجمع دیده نشد (شکل ۲). ماده سطح‌فعال کاتیونی نه تنها دافعه الکترواستاتیکی را افزایش می‌دهد بلکه موجب کاهش کشش بین سطحی و در نتیجه کنترل قطر هیدرودینامیکی نانوذرات Fe-DTPMP می‌شود. ماده سطح‌فعال CTAB سطح نانوذرات Fe-DTPMP را پوشانده و موجب کروی شدن آن‌ها می‌شود. بنابراین، در طول تهیه نانوذرات، ماده سطح‌فعال نقش مهمی در کنترل اندازه نانوذرات بازی می‌کند.



شکل ۱ طیف فروسرخ تبدیل فوریه نانوذرات Fe-DTPMP

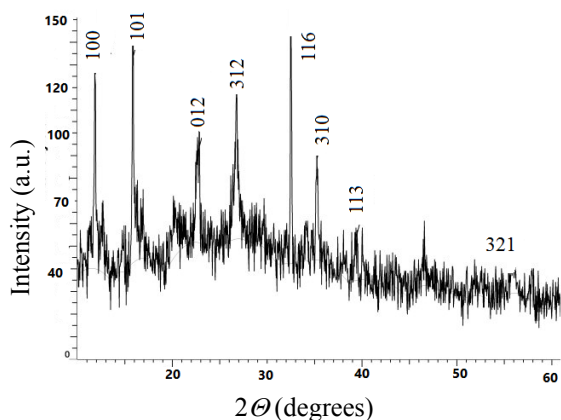
مدت یک ساعت با همزن مغناطیسی هم‌زده شد. سپس، ۲۵ میلی لیتر محلول ۰/۱ M دی‌اتیلن‌تری‌آمین پنتامتیلن فسفونیک اسید (DTPMP) به محیط واکنش افزوده و با افزودن قطره قطره آمونیاک، pH به ۹ رسانده شد. با افزودن محلول فسفونات به محلول آهن (II) کلرید، رسوب سفید رنگی تشکیل شد. پس از ۱۵ دقیقه pH محلول پایدار شد. پس از آن که مخلوط به مدت ۱ ساعت به آرامی هم‌زده شد، ۶ ساعت در حمام با دمای 75°C گرمادهی شد. برای حذف ذرات درشت، مخلوط از صافی با ضخامت $2 \mu\text{m}$ عبور داده شد. تعلیقه به دست آمده حاوی نانوذرات Fe-DTPMP است. برای جداسازی نانوذرات از محلول، از گریزان با 5300 دور در دقیقه به مدت ۲۵ دقیقه استفاده شد. پس از سرریز کردن، نمونه جامد در آون با دمای 100°C به مدت یک شبانه روز قرار داده شد. برای تایید تولید نانوساختار از روش‌های طیف‌سنجی استفاده شد.

بررسی فعالیت ضد میکروبی نانوذره آهن-فسفونات

۳۴ گرم از پودر محیط آگار مولر هینتون در یک لیتر آب مقطر حل و با گرمادهی شفاف شد. سپس، این محلول در یک اتوکلاو سترون به مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه قرار داده شد تا محیط کشت آماده شود. در ادامه، تعلیقه میکروبی در سطح صفحه آگار به طور یکنواخت پخش شد. سپس، چاهک‌هایی به قطر ۶ تا ۸ میلی‌متر در محیط کشت حاوی آگار ایجاد شد. نانوساختار تولید شده به مقدار ۲۰ میکرولیتر با غلظت‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر در چاهک‌ها ریخته و صفحه آگار تحت شرایط مناسب (دمای 37°C) در گرم‌خانه به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد. هاله عدم رشد پس از ۲۴ ساعت بررسی شد.

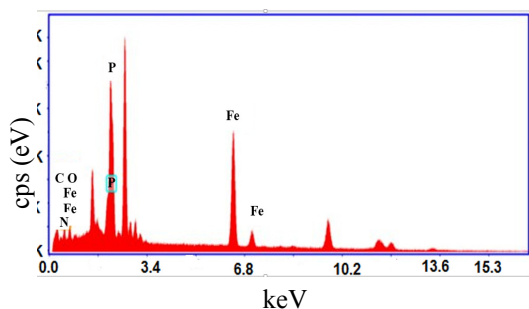
نتیجه‌ها و بحث

در طیف FTIR نانوذرات Fe-DTPMP، نوار مشاهده شده در حدود 1000 cm^{-1} به ارتعاش‌های P-OH در گروه فسفونات نسبت داده می‌شود. نوار 1085 cm^{-1} مربوط به ارتعاش کششی P-O-

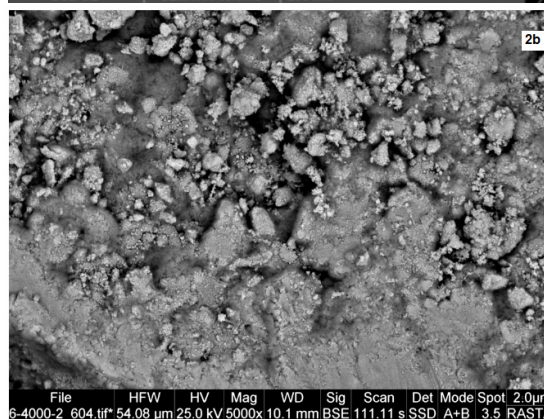
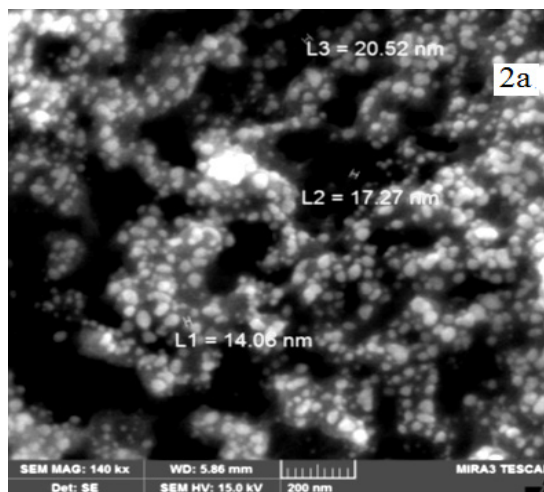


شکل ۳ الگوی پراش پرتو ایکس نانوساختار Fe-DTPMP

طیف EDS نمونه در شکل ۴ داده شده است. خطوط شناسایی مربوط به پرتوهای ایکس منتشر شده از عناصر فسفر، نیتروژن، آهن، اکسیژن و کربن مشاهده می‌شود که بیانگر وجود عناصر فسفر، نیتروژن، آهن، اکسیژن و کربن در نانوساختار تهیه شده است. ترکیب درصد عناصر نانوذرات Fe-DTPMP به دست آمده از تجزیه کمی در جدول ۱ آمده است. این نوع طیف‌سنجی عناصر با عدد اتمی کمتر از بور را نشان نمی‌دهد. بنابراین، پیک مربوط به عنصر هیدروژن دیده نمی‌شود.



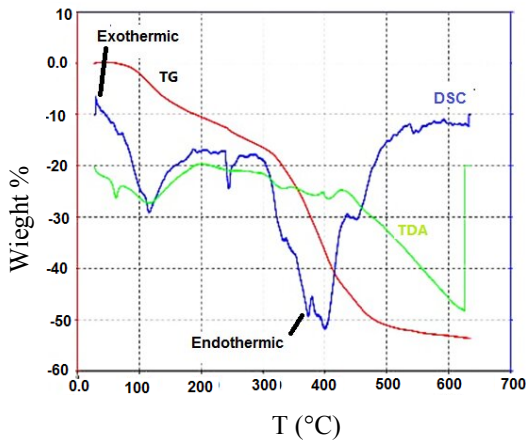
شکل ۴ طیف EDS نانوساختار Fe-DTPMP



شکل ۲ تصاویر میکروسکوپ الکترونی (a) روبشی و (b) گسیل میدانی نانوساختار آهن-فسفونات (Fe-DTPMP)

الگوی پراش پرتو ایکس (XRD) در شکل ۳ آمده است. براساس معادله دبی-شرر، میانگین اندازه دانه‌های بلوری نمونه در حدود ۲۰ نانومتر است. از طرفی، با مقایسه مقادیر اندیس میلر با مقادیر استاندارد گزارش شده برای اکسیدهای آهن، هیچ‌گونه پیکی مبنی بر اکسایش آهن نیز مشاهده نمی‌شود و نانوذرات فاقد هرگونه ناخالصی هستند [۳۵]. بنابراین، با افزایش دما ساختار کروی می‌شود. براساس مشاهدات آهن در این نانوساختار در فاز چهاروجهی قرار دارد.

برای بررسی پایداری گرمایی مایع یونی مغناطیسی مقدار ۱-۳ میلی‌گرم نمونه در دامنه گرمایی تحت اتمسفر نیتروژنی و با گستره افزایش 10°C گرمادهی شد. آزمون گرماوژی نشان دهنده پایداری قابل توجه کاتالیست در برابر گرما است به گونه ای که تا دمای 300°C شکست خاصی اتفاق نمی‌افتد. کاهش وزن از دمای صفر تا 100°C مربوط به تبخیر آب جذب شده است. از دمای 100°C تا 300°C کاهش وزن مشاهده شده به تبخیر آب درون شبکه نسبت داده می‌شود (حدود ۱۷ درصد). کاهش وزن حدود ۳۳ درصد در گستره دمای 300°C تا 500°C مربوط به تجزیه جزء آلی الکیل فسفونات است و بالاتر از این دما هیچ‌گونه کاهش وزنی مشاهده نمی‌شود و در پایان حدود ۵۰ درصد از نمونه شامل اجزای معدنی باقی می‌ماند [۳۳] (شکل ۶).



شکل ۶ نمودار تجزیه وزن‌سنجی گرمایی نانوذرات Fe-DTPMP

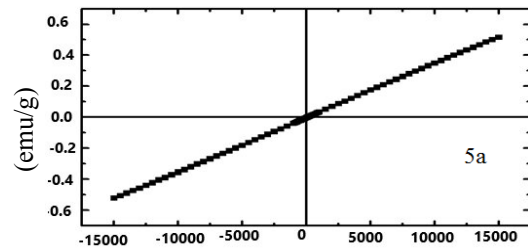
نانوذره آهن در محیط آگار پخش شده و مانع از رشد سویه باکتری مورد آزمایش شد. فاکتور مورد بررسی قطر هاله محدودیت رشد باکتری بود. در این روش از باکتری گرم منفی (اشرشیاکلی) و گرم مثبت استافیلوکوکوس استفاده شده است. غلظت متفاوتی از نانوذره ($10, 25, 50$ و $75 \mu\text{g/ml}$) به کار برده شد. بر پایه نتایج به دست آمده، بهترین غلظت از نانوذره تهیه شده $50 \mu\text{g/ml}$ و رقت ریزاندامگان نیم میکرو فارلند است

سال چهاردهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹

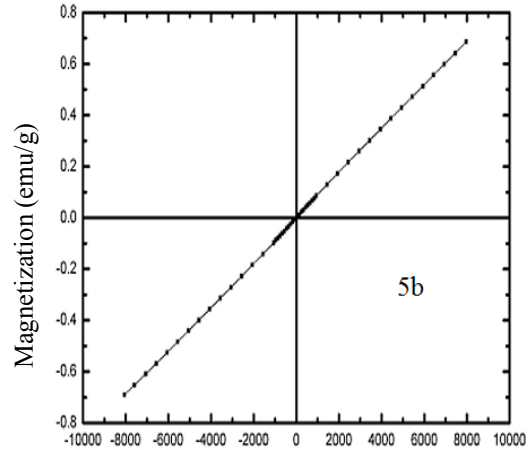
جدول ۱ درصد عناصر در نانوساختار Fe-DTPMP

عناصر	درصد وزنی	درصد اتمی
C	۱۰٫۴۲	۲۶٫۷۴
O	۸٫۱۳	۱۵٫۶۶
N	۲٫۷۳	۶٫۰۸
P	۱۸٫۳۴	۱۸٫۳۵
Fe	۶۰٫۳۷	۳۳٫۳۱

مقدار مغناطیس‌شدگی نانوکاتالیست تهیه شده در میدانی به قدرت 15 KOe در حدود 5 emu/g است که نسبت به آهن (III) کلرید (7 emu/g) کمتر است. این کاهش در مقدار مغناطیس‌شدگی به حضور جزیی آلی الکیل فسفونات نسبت داده می‌شود (شکل ۵).



Applied Field (Oe)



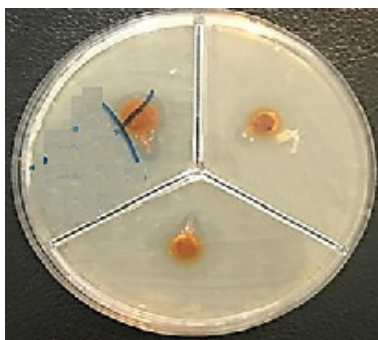
Applied Field (Oe)

شکل ۵ آزمون VSM برای نانوذرات Fe-DTPMP (a) و FeCl_3 (b)

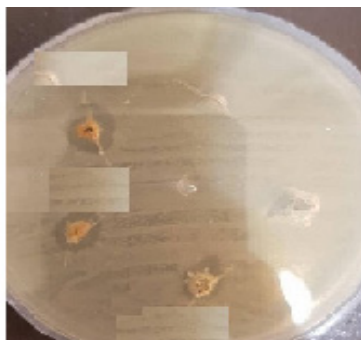
نشریه پژوهش‌های کاربردی در شیمی (JARC)



(c)



(b)



(a)

شکل ۷ (a) اثر نانوذرات تهیه شده بر باکتری استافیلوکوکوس، (b) اثر حساسیت نانوذرات تهیه شده در برابر باکتری اشرشیاکلی و (c) اثر پادزیست‌های استاندارد بر باکتری اشرشیاکلی

(جدول ۲). در غلظت‌های بسیار بالا از نانوذرات تمایل به تراکم و توده‌ای شدن افزایش می‌یابد و در نتیجه مقدار نانوذرات و برهم‌کنش آن‌ها با غشای سلولی در این حالت نیز کاهش می‌یابد که کاهش قدرت بازدارندگی و عدم وجود هاله را در پی دارد. به همین دلیل همواره غلظتی متعادل از نانوذره برای مقابله با رشد باکتری‌ها مطلوب است این نانوذرها هاله‌ای به قطر ۱۴-۱۶ میلی‌متر در اطراف خود در محیط کشت ایجاد کردند (جدول ۲، شکل ۷). در راستای مقایسه اثر ضد باکتری نانوذره تهیه شده با آنتی‌بیوتیک‌های استاندارد، غلظت یکسانی از آموکسی‌سیلین و اریترومايسين تهیه شد. حدود ۲۰ میکرولیتر از هر کدام در حفره قرار داده شد. که نتایج آن در جدول ۲ آمده است. نتایج به ما نشان داد که همانند بررسی‌های گزارش شده آموکسی‌سیلین هیچ هاله عدم رشد بر علیه باکتری اشرشیاکلی و استافیلوکوکوس تشکیل نمی‌دهد [۳۴]. در حالی که اریترومايسين بر هر دو نوع باکتری، هاله عدم رشد قابل‌توجهی تشکیل داده است. اثر ضدباکتری نانوذره تهیه شده با اثرات ضدباکتری آنتی‌بیوتیک‌های استاندارد مانند آموکسی‌سیلین و اریترومايسين مقایسه شد. برپایه نتایج به‌دست آمده، نانوذرات تهیه شده اثر ضدباکتری قابل‌توجهی داشتند و حتی نسبت به پادزیست‌آموکسی‌سیلین اثر ضدباکتری قویتری از خود نشان دادند. برپایه گزارش‌ها نانوذرات آهن ویژگی ضدباکتری دارند از طرفی، ترکیبات الکیل فسفات نیز به‌عنوان ترکیبات با اثر پادزیست نیز گزارش شده‌اند. بر این پایه، به دلیل حضور هر دو جز در ساختار ترکیب تهیه شده، اثر ضدباکتری را می‌توان به هر دو جز نسبت داد [۳۵] و [۳۶].

به تصاویر SEM اندازه نانو ذرات Fe-DTPMP در حدود ۲۰ تا ۳۰ نانومتر است. مقدار مغناطیس‌شدگی نانوکاتالیست تهیه شده در میدانی به قدرت ۱۵ KOe در حدود ۵emu/g است. آزمون TGA نشان دهنده پایداری قابل توجه کاتالیستی در برابر گرما است به گونه‌ای که تا دمای ۳۰۰ °C شکست خاصی اتفاق نمی‌افتد. آزمون ضدباکتری این نانوذرات نشان داد که این مواد از رشد باکتری گرم منفی (اشیرشیاکلی) و گرم مثبت استافیلوکوکوس جلوگیری می‌کنند. این نانوذرات هاله‌ای به قطر ۱۴ تا ۱۶ میلی‌متر در اطراف خود در محیط کشت ایجاد کردند. برپایه نتایج به‌دست آمده، بهترین غلظت نانوذرات ۵۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر است.

سپاسگزاری

از دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه به خاطر حمایت از این پژوهش صمیمانه قدردانی می‌شود.

جدول ۲ قطر هاله عدم رشد ایجاد شده با استفاده از نانوذرات Fe-DTPMP و مقایسه آن با دیسک‌های استاندارد

قطر هاله عدم رشد (mm)		عامل ضد باکتری
اشیرشیاکلی	استافیلوکوکوس	
۸	۸	نانوذرات Fe-DTPMP (۱۰ μg)
۱۳	۱۵	نانوذرات Fe-DTPMP (۷۰ μg)
۱۰	۱۰	نانوذرات Fe-DTPMP (۲۵ μg)
۱۴	۱۶	نانوذرات Fe-DTPMP (۵۰ μg)
.	.	آموکسی‌سیلین (۲۵ μg) [۳۳]
۲۶	۲۴	اریترومایسین (۵۰ μg)

نتیجه گیری

در این پژوهش، نانوذرات Fe-DTPMP در حضور ماده سطح‌فعال CTAB به‌عنوان عامل کنترل‌کننده اندازه ذرات تهیه و اثر ضدباکتری آن بررسی شد. تصاویر SEM از نانوذرات نشان داد که نانوذرات Fe-DTPMP به صورت کروی هستند. با توجه

مراجع

- [1] Asnaashari Eivari, H.; Arabi, H.; Iranian Journal of Ceramic Science and Engineering, 2(1), 77-84, 2013.
- [2] Schrand, A.M.; Rahman, M.F.; Hussain, S.M.; Schlager, J.J.; Smith, D.A.; Syed, A.F.; "Metal-based nanoparticles and their toxicity assessment", Wiley interdisciplinary reviews Nanomedicine and nanobiotechnology 2(5), 544-68, 2010.
- [3] Heinlaan, M.; Ivask, A.; Blinova, I.; Dubourguier, H.C.; Kahru, A.; Chemosphere 71(7), 1308-16, 2008.
- [4] Jeng, H.A.; Swanson, J.; Journal of Environmental Science and Health Part A, 41(12), 2699-711, 2006.
- [5] Karimi, S.; Pourahmad, A.; Asadpour, L.; Journal of Applied Researchs in Chemistry, 13(1), 21-29, 2019.
- [6] Nibipour, Y.; Rostamzad, A.; Ahmadi, S.; Journal of Ilam University of Medical Sciences, 23(5), 173-181, 2015.
- [7] Sondi, I.; Salopek-Sondi, B.; J. Colloid Interface Sci. 275(1): 177-182, 2004.
- [8] Menamo, D.S.; Ayele, D.W.; Ali, M.T.; Ethiop. J. Sci. & Technol. 10(3), 209-220, 2017.
- [9] Keerthika, V.; Ananth, A.; Rajan, M.R.; J. Nano sci. Tech., 4(4), 439-442, 2018.
- [10] Saqib, S.; Munis, M.F.H.; Zaman, W.; Ullah, F.; Shah, S.N.; Ayaz, A.; Farooq, M.; Bahadur, S.; Microsc. Res. Tech., 82(4), 415-420, 2019.
- [11] Kamali, A.; Rezvan Nezhad, E.; Rashidi Ranjbar, Z.; Journal of Applied Research in Chemistry, 12(1), 5-11, 2018.
- [12] Gholami, M.; Nazari, S.; Yari, A.R.; Mohseni, S.M.; Matboo, S.A.; Tehran Univ. Med. J. 75, 85-95, 2017.
- [13] Izanloo, H.N.; Ahmadi Jebelli, M.; Alizadeh

- Matboo S.; Tashauoei, H.R.; Vakili, B.; etal. Arak Med. Univ. J. 18, 8-16, 2015.
- [14] Kunzmann, A.; Andersson, B.; Vogt, C.; Feliu, N.; Ye, F.; Gabrielson, S.; Toprak, M.S.; Buerki-Thurnherr, T.; Laurent, S.; Vahter, M.; Krug, H.; Muhammed, M.; Scheynius, A.; Fadeel, B.; Toxicol Appl. Pharmacol. 253(2), 81-93, 2011.
- [15] Sunderland, C.J.; Steiert, M.; Talmadge, J.E.; Derfus, A.M.; Barry, S.E.; Drug Dev. Res. 67(1), 70-93, 2006.
- [16] Bulte, J.W.; Douglas, T.; Witwer, B.; Zhang, S.C.; Strable, E.; Lewis, B.K.; Zywicke, H.; Miller, B.; van Gelderen, P.; Moskowit, B.M.; Duncan, I.D.; Frank, J.A.; Nat. Biotechnol. 19(12), 1141-1147, 2001.
- [17] Zhang, C.; Liu, T.; Gao, J.; Su, Y.; Shi, C.; Mini. Rev. Med. Chem. 10(3), 193-202, 2010.
- [18] Laurent, S.; Dutz, S.; Hafeli, U.O.; Mahmoudi, M.; Adv. Colloid Interface Sci. 166, 23-28, 2011.
- [19] Senthil, M.; Ramesh, C.; Dig. J. Nanomater. Biostruct. 7(3), 1655-1660, 2012.
- [20] Santoshi, V.; Banu, A.S.; Kurian, G.A.; Int. J. Pharm. Pharm. Sci. 7(1), 75-80, 2015.
- [21] Azarkish, M.; Akbari, A.R.; Sedaghat, T.; Journal of Applied Chemistry, 13(47), 9-20, 2018.
- [22] Zarei, R.; Mosaferei, M.; Barhagi, M.; Khataee, A.; Asghari Jafarabadi, M.E.; J. Health. 5(3), 214-223, 2014.
- [23] Espitia, P.; Soares, N.D.; Teófilo, R.; Vitor, D.; Coimbra, J.D.; de Andrade, N.; et al. J. Nan. Res. 15(1), 1-16, 2013.
- [24] Klimkova, S.; Cernik, M.; Lacinova, L.; Filip, J.; Jancik, D.; Zboril, R.; Chemosphere 82(8), 1178-1184, 2011.
- [25] Choi, H.; Al-Abed, S.R.; Agarwal, S.; Dionysiou, D. D.; Chem Mater. 20(11), 3649-3655, 2008.
- [26] Clearfield, A.; Comments Inorg. Chem. 10, 89-123, 1990.
- [27] Cao, G.; Mallouk, T.E.; Inorg. Chem. 30, 1434-1443, 1991.
- [28] Zhang, Y.; Clearfield, A.; Inorg. Chem. 25, 2821-2826, 1992.
- [29] Zhang, B.; Poojary, D.M.; Clearfield, A.; Peng, G.; Chem. Mater. 8, 1333-1340, 2002.
- [30] Bao, S.S.; Shimizu, G.K.H.; Zheng, L.M.; Coord. Chem. Rev. 378, 577-594, 2019.
- [31] Curini, M.; Rosati, O.; Costantino, U.; Curr. Org. Chem. 8, 591-606, 2005.
- [32] Bing, R.Z.; Li, Z.; Feng, T.L.; Wei, H.; Phillip, M.H.; Corrosion science 52(12), 3883-3890, 2010.
- [33] Amicangelo, J.C.; Leenstra, W.R.; Inorg. Chem. 44 (6), 2067-2073, 2005.
- [34] Abdollahi, S.; Pourahmad, A.; Asadpour, L.; Journal of Fasa University of Medical Sciences, 8(2), 805-814, 2018.
- [35] Ansari, S.A.; Oves, M.; Satar, R.; Khan, A.; Ahmad, S.I.; Jafri, M.A.; Zaidi, S.K.; Alqahtani, M.H.; Pol. J. Chem. Tech. 19(4), 110-115, 2017.
- [36] Kuemin, M.; van der Donk, W.A.; Chem. Commun. 46(41), 7694-7696, 2010.

Synthesis and characterization of iron-phosphonate (Fe-DTPMP) nanoparticle and investigating their anti-bacterial activities

Seyedeh Zahra Moosavi Keyesh¹, Bijan Mombeni Goodajdar^{2,*}

1. M.Sc Student of Drug Chemistry, Department of Chemistry, Islamic Azad University Omidyeh Branch, Omidyeh, Iran.
2. Assistant Prof. of Organic Chemistry, Department of Chemistry, Islamic Azad University Omidyeh Branch, Omidyeh, Iran.

Abstract: In this study, Organic-inorganic iron-phosphonate nano-catalyst was prepared by using Iron (II) chloride with a basic solution of diethylene triamine-penta (methylene phosphonate). The size of nanoparticles was controlled by cetyl tri-methyl ammonium bromide (CTAB) as a surfactant. The structure of the synthesized Fe@DTPMP nanomaterials was fully characterized by using different methods such as FTIR, scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD), thermal gravimetric analysis (TGA), vibrating sample magnetometry (VSM), and Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS). The SEM analyze confirmed a hollow spherical micromorphology with well-defined porosity. In the presence of surfactant, the nanoparticles have a spherical structure and particle size of about 20-30 nm. The magnetization of synthesized nanoparticles in a field with a strength of 15KOE is about 5 emu/g. The TGA analysis demonstrates significant catalyst stability against heat, so that there is no specific failure at temperatures up to 300 ° C. The antibacterial test of this nanoparticle showed that these materials prevented the growth of the gram-negative and positive bacteria (*Staphylococcus aureus*, colic *Oshirshiyya*). These nanoparticles created a halo 14-16 mm in diameter in their surroundings.

Keywords: Diethylentriamine pentamethylphosphonic acid, Iron-phosphonate, Antibacterial effect