

مقاله تحقیقی

سنتز و بررسی خواص نانو کامپوزیت نقره مغناطیسی جهت استفاده در سامانه های نوین دارورسانی

داود کبودانیان اردستانی^۱، راحله صفائی جوان^{۲*}، شهره زارع کاریزی^۳

۱. گروه بیوتکنولوژی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین - پیشوا
۲. گروه بیوشیمی بیوفیزیک، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا
۳. گروه ژنتیک، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین - پیشوا

*مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: safaiejavan@gmail.com

محل انجام تحقیق: دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا

تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۱۸

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۲۳

چکیده

نانوذرات نقره به دلیل قدرت میکروبی کشی بالا یک گزینه موثر جهت استفاده به عنوان حامل در طراحی سامانه های نوین انتقال آنتی بیوتیک ها در مقابله با مقاومت های آنتی بیوتیکی هستند. نانوکامپوزیت های نقره گروه نوینی از مواد کامپوزیتی هستند که به علت عوامل متعددی از جمله طراحی یک سامانه جدید که برای باکتری های مقاوم شناخته شده نیست، پایداری حرارتی بالا، قابلیت کنترل حرکت این ذرات توسط میدان مغناطیسی خارجی، کنترل هزینه ها با هسته ی آهن و روکش نقره خصوصا در طراحی ظروف و تجهیزات فلزی بیمارستانی توجه زیادی را به خود جلب نموده اند. از اینرو در این پژوهش، نانوذرات نقره به صورت یک پوشش روی نانوذرات اکسید آهن قرار گرفته اند. طی مراحل پودر نانوذرات Fe_3O_4 از $FeCl_3$ شش آبه و $FeCl_2$ چهار آبه سنتز شد که با نیترات نقره و محلول احیا کننده ی بوتیل آمین اصلاح ساختار سطحی گردید و ویژگی های آن ها با تست های FTIR, XRD, DLS, FESEM و زتا پتانسیل تعیین شد. FESEM ساختار مکعبی و هموار نانوکامپوزیت نقره مغناطیسی را نشان داد و آنالیز EDS آن عدم آلودگی نانوذرات را به ترکیبات دیگر اثبات کرد. نتایج DLS نشان دادند اندازه متوسط ذرات ۳۹,۷۵ نانومتر برای هسته مغناطیسی و برای نانوکامپوزیت نقره مغناطیسی این مقدار افزایش یافته و معادل ۴۴,۳۶ نانومتر می باشد. آنالیز XRD مگنتیت بودن ذرات را تایید کرد و زتا پتانسیل بار سطحی خالص نانوذرات مگنتیت را ۲۴,۴ و بار خالص نانوذره اصلاح شده با نقره را ۲۸,۳- نشان داد. حضور لایه نقره روی سطح مغناطیسی با طیف FTIR مشخص شد و این تست وجود ذرات مگنتیت را تایید کرد. در پژوهش حاضر نانوذرات اکسید آهن به روش هم رسوبی سنتز شدند و سطح این ذرات توسط نقره به منظور بهبود خواص در کاربردهای دارورسانی اصلاح گردید.

واژه های کلیدی: مگنتیت، روش هم رسوبی، نانوکامپوزیت نقره، اکسید آهن.

مقدمه

تحقیقات صورت گرفته نشان می دهند که نانو ذرات نقره در بسیاری از زمینه ها نسبت به دیگر فلزات دارای برتری هستند. خواص عمده نانو ذرات نقره عبارتند از: عدم ایجاد

نانو ذرات با توجه به اندازه و توزیع ذراتشان دارای خواصی جدید و بهبود یافته نسبت به ذرات بزرگ تر هستند.

ترکیبات دارای خواص ضد میکروبی نیز هستند. گزارشات متعددی مبنی بر اثرات ضد میکروبی این نانو ذرات علیه باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی (۱۱، ۱۲) و حتی قارچ‌ها (۱۳) وجود دارد. نانوذرات اکسید آهن به میکروبیولوژی صنعتی نیز پا گذاشته اند. این نانوذرات به منظور تثبیت سلول‌های میکروبی در فرآیند صنعتی، تصفیه ی فاضلاب و یا حذف آلودگی‌های میکروبی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۱۴).

نانوذرات اکسید آهن از نظر فیزیکی شیمیای بسیار ناپایدار هستند. این ترکیبات در برابر اکسیژن هوا به سرعت اکسید شده و به Fe_2O_3 تبدیل می‌گردند (۱۵). این ذرات به دلیل داشتن خواص هیدروفوبیک و مغناطیسی از نظر کلئیدی در محیط‌های آبی و بیولوژیکی بسیار ناپایدارند. علاوه بر این مشکلات فیزیکوشیمیایی، نانوذرات اکسید آهن به صورت برهنه دارای خواص سمی برای سلول‌ها و میکروارگانیسم‌ها هستند. بنابراین به منظور استفاده از این نانو ذرات لازم است تا سطح آنها با ترکیبات هیدروفیل و زیست سازگار پوشش دهی شود تا از تجمع آنها جلوگیری کرده و همچنین موجب سازگاری زیستی و پایداری آنها شود (۱۶).

در بین فلزات مختلفی که برای ایجاد یک لایه بر روی نانوذرات اکسید آهن استفاده می‌گردند، نقره به دلایلی مانند سازگاری زیستی، پایداری و روش سنتز شناخته شده، توجه زیادی را به خود جلب کرده است (۳). امروزه روش های مختلفی برای تولید نانوذرات مغناطیسی مانند هم رسوبی، هیدروترمال، sol-gel، میکرومولوژن و روش های استفاده از پلیمر ها وجود دارد که در این بین، هم رسوبی (۱۷) یکی از متداولترین و قابل کنترل ترین روش ها می باشد. در این پروسه از مواد قلیایی و به طور معمول از سدیم هیدروکسید و یا آمونیاک برای تولید نانوذرات اکسید آهن استفاده می کنند. سایز نانوذرات اکسید آهن در این روش به عوامل مختلفی از جمله نسبت مولی نمک های آهن، نوع نمک و ماده قلیایی مورد استفاده، نسبت ترکیب آنها، سرعت مخلوط کردن، میزان pH، درجه حرارت و حضور نیتروژن بستگی دارد (۱۷).

حساسیت، عدم ایجاد مقاومت در میکروارگانیسم ها، پایداری بالا، سازگاری با محیط زیست، مقاوم در برابر حرارت. خاصیت ضد باکتریایی نانوذرات نقره باعث گسترش کاربردهای آن در حوزه های مختلف از جمله حوزه پزشکی شده است. نانو ذرات نقره خصوصیات ضد باکتریای بارزی را نسبت به سایر نمک‌های نقره از خود نشان می‌دهند که به دلیل سطح بالای آنها می‌باشد که تماس موثرتری را با میکروارگانیسم برای آن‌ها فراهم می‌آورد (۱).

نانوکامپوزیت ها دسته جدیدی از مواد کامپوزیتی هستند که به علت بهبود در خواص توجهی ویژه را به خود جلب کرده اند. در بین نانوکامپوزیت ها بیشترین توجه به نانوکامپوزیت های پایه پلیمری معطوف شده است (۲). نانوکامپوزیت های پلیمری دارای استحکام بالا، وزن کم، پایداری حرارتی بالا، رسانایی الکتریکی مطلوب و مقاومت شیمیایی بالایی هستند. طبق پژوهش های انجام شده نانوکامپوزیت های پلیمری حاوی نانوذرات نقره، پایداری حرارتی بالا و فعالیت ضد باکتریایی طولانی مدت دارند و با این حال، برای سلول ها و بافت های انسانی سمی نیستند. همچنین، این نانوکامپوزیت ها انتخابی مناسب برای از بین بردن گونه های متعددی از باکتری ها و قارچ ها هستند (۳). مگنتیت یکی از متداولترین کانی‌های آهن در پوسته زمین بوده و نانو ذرات مگنتیت متداول ترین نانوذرات اکسید آهن مورد استفاده در علم نانو تکنولوژی می‌باشند. مگنتیت در حقیقت یک ترکیب یونی دوگانه است که از اتم‌های فلزی آهن و نانوفلزاکسیژن به واسطه پیوندهای شیمیایی اکسید آهن II یا اکسید آهن III شکل می‌گیرد (۴). این ترکیبات به دلیل ویژگی‌های مغناطیسی مناسب، سمیت بسیار اندک، سازگاری زیستی بالا و سهولت نسبی سنتز نسبت و نانوذرات دیگر بیشتر مورد توجه محققین بوده است (۵).

نانوذرات آهن در تصویربرداری ام. آر. آی به عنوان ماده ایجاد کننده کنتراست (۶)، در نشانه گذاری و جداسازی سلول‌های حیوانی (۷)، دارورسانی هدفمند (۸)، و در روش‌های هایپرترمیا در درمان تومورهای سرطانی کاربردهای گسترده‌ای یافته‌اند (۹). همچنین این نانو ذرات اثر هم افزایی با داروهای ضد سرطان دارند و موجب افزایش اثر بخشی این داروها می‌شوند (۱۰). علاوه بر این، این

بررسی خصوصیات نانوکامپوزیت نقره مغناطیسی

تعیین مشخصات شیمیایی و ساختاری هسته مغناطیسی و نانوکامپوزیت نقره مغناطیسی از طریق تست‌های زیر انجام گردید:

برای بررسی مورفولوژی یا ساختار کلی نانوذرات از میکروسکوپ الکترونی نگاره (FESEM) استفاده شد. برای بررسی نمونه با این میکروسکوپ، نمونه با لایه‌ای نازک از فلز طلا به صورت یکنواخت پوشیده می‌شود. الکترون‌های تابیده شده در برخورد با سطح نمونه بازتابیده می‌شوند و تصویری سه بعدی از سطح نمونه حاصل می‌گردد. به منظور تعیین توزیع ابعاد نانوذرات از روش پراکندگی نور پویا (DLS) استفاده گردید. این روش غیرمخرب و سریع برای تعیین اندازه‌ی ذرات در محدوده‌ی چند نانومتر تا چند میکرون به کار می‌رود. از پراش اشعه ایکس توسط نمونه (XRD)، جهت بررسی ویژگی‌های نمونه استفاده شد که یک روش تکنیکی، قدیمی و پرکاربرد در بررسی خصوصیات کریستال‌ها می‌باشد. طیف سنجی مادون قرمز (FTIR) بر اساس جذب تابش و بررسی جهش‌های ارتعاشی مولکول‌ها و یون‌های چند اتمی صورت می‌گیرد. این روش به عنوان روشی پر قدرت و توسعه یافته برای تعیین ساختار و اندازه گیری نانوذرات به کار گرفته شد.

پتانسیل زتای نانوذرات نیز اندازه گیری شد. مهمترین نقش پتانسیل زتا در چگونگی رفتار نانوذرات، تأثیر آن بر میزان پایداری و دوام ذرات بسیار ریز پراکنده در محیط های آبی است. پتانسیل زتا مشخص کننده ی میزان دافعه ی ذرات باردار مشابه و مجاور پراکنده در یک محلول است. ذراتی که به اندازه کافی کوچک هستند، برای پایدار بودن هر چه بیشتر به پتانسیل زتای بالایی نیاز دارند. ذرات با پتانسیل زتای کم، تمایل به توده ای شدن و انباشتگی از خود نشان می دهند.

نتایج

نتایج میکروسکوپ الکترونی روبشی

تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی بیانگر ساختار مکعبی نانوذرات با سطحی صاف و هموار بوده و سایز نانوذرات مغناطیسی در تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی در حدود ۴۰nm گزارش شد. همچنین تصویر

در پژوهش حاضر، نانوذرات اکسید آهن به روش هم‌رسوبی سنتز شدند. سپس سطح این نانوذرات به وسیله نقره جهت ایجاد نانوذراتی مناسب برای استفاده در کاربردهای زیست پزشکی، اصلاح گردید.

مواد و روش ها

مواد مورد استفاده

FeCl₃*6H₂O و FeCl₂*4H₂O، نیترات نقره، استات سدیم، آمونیاک، بوتیل آمین (۹۹٪)، پلی اتیلن گلیکول (MW 3000 Da)، از شرکت Merck آلمان تهیه گردید.

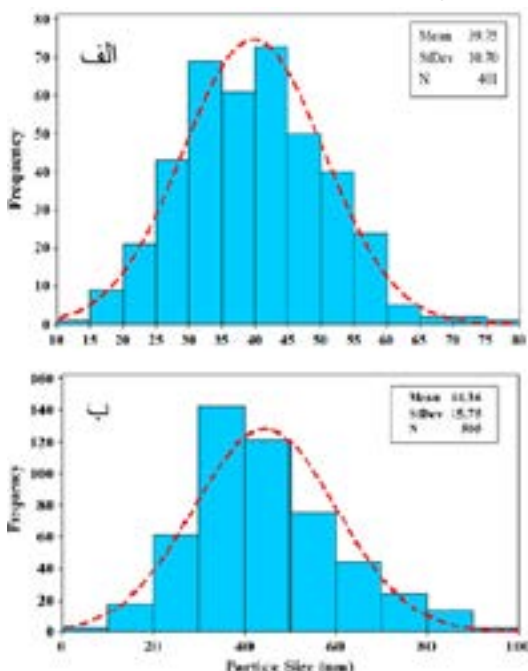
سنتز نانو کامپوزیت نقره مغناطیسی

برای سنتز هسته مغناطیسی اکسید آهن مورد استفاده در این پژوهش از روش هم ترسیبی استفاده شده است. روش هم ترسیبی یکی از رایج ترین روش های مورد استفاده برای تولید نانوذرات تک شکل و یک اندازه بوده و قابلیت کنترل اندازه نانوذرات را داراست که بر مبنای واکنش بین محلول های Fe²⁺ و Fe³⁺ و در نتیجه رسوب نانوذره مورد نظر است (۱۸).

در ادامه به منظور اصلاح ساختار سطحی نانوذرات آهن با نقره به مقدار ۰/۶۷ گرم نیترات نقره (AgNO₃) با وزن مولکولی کم در ۱۰۰ میلی لیتر اتانل ۹۶٪ حل شد. و پس از آن ۰/۰۱ میلی گرم اکسید آهن (Fe₃O₄) به ۱۰۰ میلی لیتر محلول نقره اتانولی در ظرف پلی پروپیلنی اضافه شد، به مدت ۱۵ دقیقه با استفاده حمام فراصوت پراکنده شدند. سپس ۱۹ میکرو لیتر بوتیل آمین را در یک بالن ۱۰۰ میلی لیتری با اتانول به حجم رسانده و درون کیف جدا کننده ریخته شد. در این مرحله محلول قطره قطره با سرعت ۲ قطره بر ثانیه به محلول اتانولی نقره حاوی نانو ذره اکسید آهن اضافه گردید. پس از اتمام محلول، این رفلاکس به مدت ۴۵ دقیقه در دمای ۵۰ درجه در حمام فراصوت انکوبه شد. پس از شستشو با اتانول، محصول بدست آمده دوباره به مدت ۵ دقیقه تحت فراصوت پخش گردید. در پایان محصول نانو ذره اکسید آهن پوشش داده با نقره پس از دو بار شستشو با اتانول و آب توسط آهنربا، جدا سازی و به مدت ۲ ساعت در دمای ۴۵ درجه سانتی گراد در آون خشک شد.

نتایج حاصل از آزمون DLS

نتایج حاصل از آزمون زتا سایزر پراکندگی نور پویا را نشان داد که متوسط اندازه هسته مغناطیسی ۳۹/۷۵ نانومتر بوده است و متوسط اندازه نانوکامپوزیت نقره مغناطیسی افزایش کمی داشته و معادل ۴۴/۳۶ نانومتر بوده است (شکل ۳).



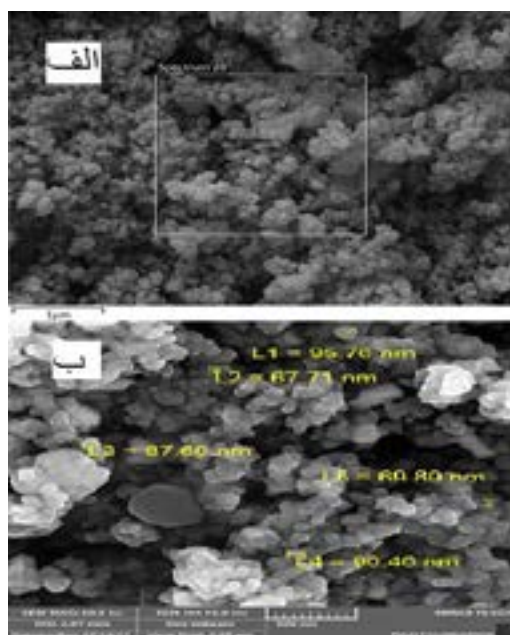
شکل ۳ - الف) نتیجه آزمایش DLS هسته مغناطیسی (ب) نتیجه آزمایش DLS نانوکامپوزیت نقره مغناطیسی.

نتایج آزمون XRD

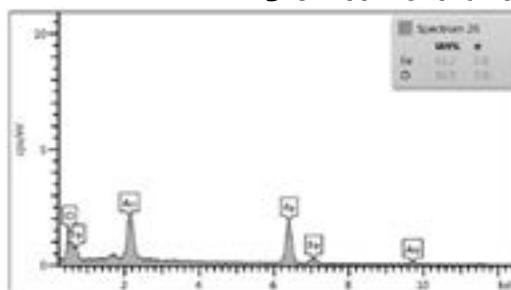
الگوهای پراش پرتو ایکس هسته مغناطیسی تهیه شده به روش رسوب دهی در شکل ۴ آورده شده است. پیک‌های قابل رویت به ترتیب مربوط به صفحات بلوری (۲۲۰)، (۳۱۱)، (۴۰۰)، (۴۲۲)، (۵۱۱)، (۴۴۰) می‌باشد که با تطابق پیک‌های این صفحات و زوایای پراش مربوط به آنها با کارت شماره ۱۹-۰۶۲۹ کمیته مشترک پراش نگاری استاندارد پودرها، مگنتیت بودن ذرات تایید شد (۱۹).

با توجه به الگوی پراش پرتوی ایکس در نانوکامپوزیت نقره مغناطیسی، مشاهده می‌شود که با ایجاد این لایه سطحی، الگوی پراش پرتو ایکس هم تفاوت پیدا کرده است و از شدت پیک‌های مربوط به نانوذرات آهن کاسته شده

نانوکامپوزیت نقره مغناطیسی نیز ساختاری مکعبی را نشان داد که افزایش سایز داشته است (شکل ۱). تهیه آنالیز نیمه کمی توسط آنالیزور EDS از مزیت‌های استفاده از این میکروسکوپ می‌باشد. داده‌های حاصل از این آنالیز نشان می‌دهد ۸۳/۲ درصد از عناصر موجود در نانو ذره آهن و ۱۶/۸ درصد اکسیژن می‌باشد این آنالیز وجود عناصر دیگر و یا به عبارتی حضور آلودگی در ذرات را نشان نمی‌دهد (شکل ۲).

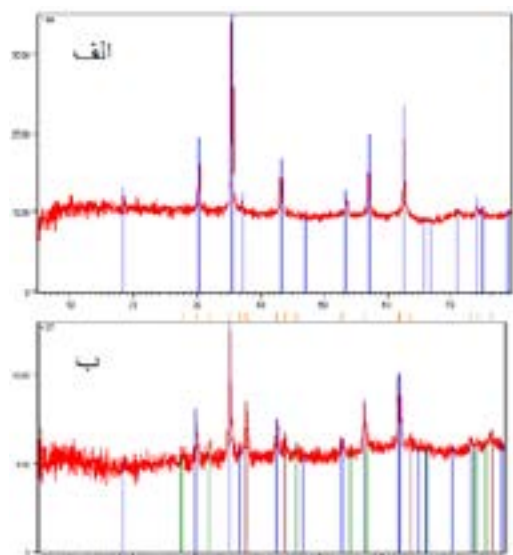


شکل ۱ - الف) تصویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی نانوذرات مگنتیت مکعبی بودن این ذرات را نشان می‌دهد. (ب) تصویر حاصل از نانوکامپوزیت نقره مغناطیسی که مکعبی بودن این ذرات و افزایش سایز را نشان می‌دهد.

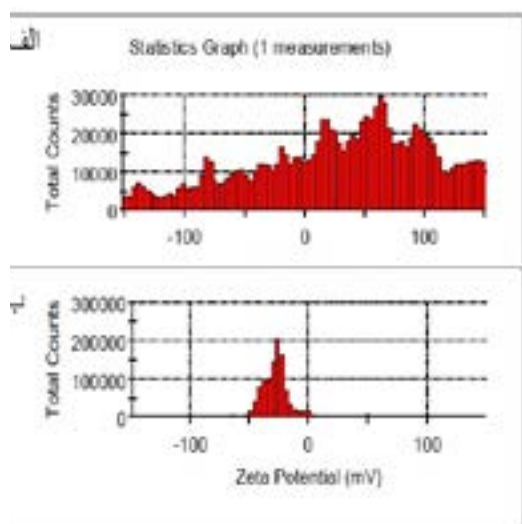


شکل ۲ - آنالیز نیمه کمی توسط آنالیزور EDS میکروسکوپ الکترونی از نانوذرات مگنتیت و نشان دادن درصد عناصر آهن و اکسیژن در نمونه.

تجزیه حرارتی، سولوترمال، سونوکمیکال، رسوب بخار شیمیایی و سنتز احتراقی اشاره کرد (۲۰).



شکل ۴ الف) نتیجه آزمون XRD از هسته مغناطیسی (ب) نتیجه آزمون XRD از نانوکامپوزیت نقره مغناطیسی.



شکل ۵ الف) نتایج حاصل از آزمون پتانسیل زتا برای هسته مغناطیسی (ب) نتایج حاصل از آزمون پتانسیل زتا برای نانوکامپوزیت نقره مغناطیسی.

است که این نشان دهنده وجود ترکیب جدیدی در این ساختار می‌باشد. پیک‌های قابل رویت در زوایای $38/28$ ، $44/4$ ، $64/59$ ، $77/51$ طبق استاندارد به ترتیب مربوط به صفحات بلوری 111 ، 200 ، 220 ، 311 و مربوط به نقره می‌باشند.

نتایج حاصل از آزمون پتانسیل زتا

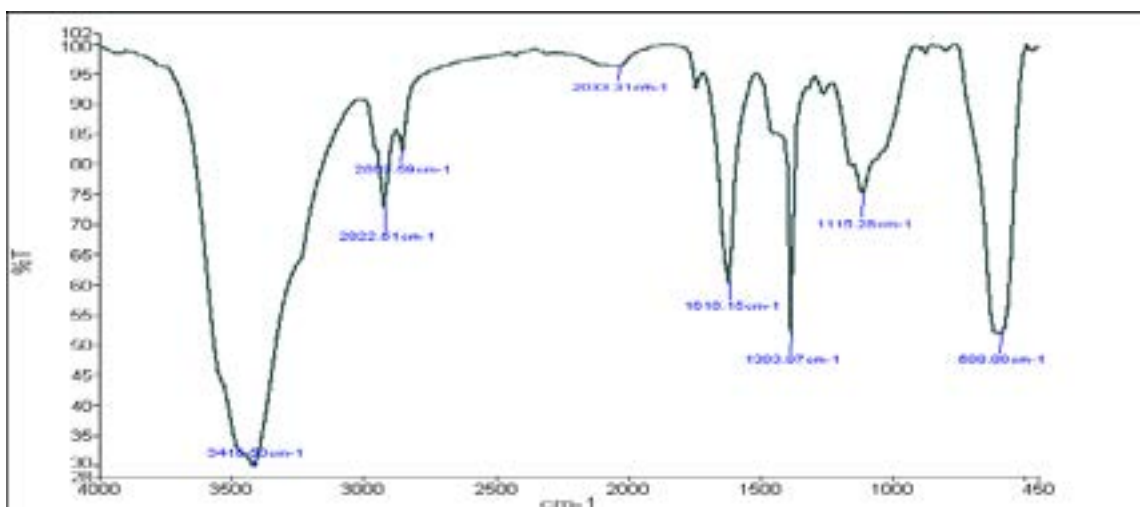
جهت اندازه گیری بارالکتریکی سطح ذرات از این آزمون استفاده شد. نتایج نشان داد بار سطحی خالص نانوذرات مگنتیت $24/4$ می‌باشد. این ذرات به دلیل سطح ویژه بالایی که دارند به آسانی بهم می‌چسبند. انتظار می‌رود پایداری این ذرات پس از اصلاح بالاتر برود (شکل ۵).

نتایج FT-IR

سنتر نانوذرات مغناطیسی به عنوان نتیجه اتصال Fe-O در Fe_3O_4 ، همچنین حضور لایه نقره روی سطوح مغناطیسی توسط طیف FTIR مشخص شد (شکل ۶). حضور هسته Fe_3O_4 توسط جذب کششی قوی در cm^{-1} 579 که مربوط به پیوند Fe-O است، نشان می‌دهد که حضور پیک در ناحیه cm^{-1} 589 در طیف حاصل، حضور نانوذرات مگنتیت را تایید می‌کند. پیک در محدوده cm^{-1} 1618 و 3415 مربوط به ارتعاش گروه OH می‌باشند. اسکیندلر و همکاران گزارش کردند که وقتی نانو ذرات به روش هم‌رسوبی سنتز می‌شوند، سطح این ذرات از لایه ای شامل گروه هیدروکسیل پوشیده می‌شوند. یافته های اسکیندلر با نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر با توجه به روش سنتز هم‌رسوبی برای نانو ذرات Fe_3O_4 مطابقت دارد. پیک در ناحیه cm^{-1} 383 مربوط به گروه‌های N-H و C-N مربوط به بوتیل آمین می‌باشد که نشان می‌دهد مقداری از باقی مانده‌های بوتیل آمین در نانوذرات باقی مانده است. از آنجا که عامل اصلاح کننده نانوذرات نیز فلز است، پیک مربوط به آن در همان cm^{-1} 589 دیده می‌شود.

بحث و نتیجه گیری

روش‌های مختلفی جهت سنتز نانوذرات وجود دارد که از جمله این روش‌ها می‌توان به هم رسوبی، میکرومولسیون،



شکل ۶ نتایج آزمایش FTIR از نانوذره اکسید آهن اصلاح شده با نقره.

نیروی مغناطیسی در میان نانوذرات منجر به تجمع آن‌ها می‌شود. بنابراین اصلاح سطح نانوذرات با استفاده از مواد آلی یا معدنی امری ضروری به نظر می‌رسد. در سال‌های اخیر، انواع مواد به عنوان ماتریکس‌های سبک جهت پوشش و اصلاح سطح نانوذرات مغناطیسی بررسی شده است. این پوشش‌ها موجب حفظ هسته و خواص مغناطیسی آن و عملگرا کردن نانوذرات می‌شود. به علاوه باعث جلوگیری از تجمع نانوذرات، افزایش پایداری، کاهش سمیت و مدت زمان ماندگاری آن‌ها می‌شود (۲۰).

از مزیت‌های نانوکامپوزیت نقره مغناطیسی در این پژوهش می‌توان به سنتز آسان و مقرون به صرفه این نانوذرات با خاصیت ضد میکروبی بالاتر نسبت به ذرات اصلاح نشده اشاره کرد. هم چنین به علت هسته سوپرپارامغناطیس این ذرات، با اعمال میدان مغناطیسی خارجی می‌توان قدرت نفوذ این ذرات را به سلول‌ها بسیار افزایش داد. علاوه بر اینکه این ذرات با قطر بسیار نازکی از نقره پوشش داده می‌شوند که این خود در کاهش اثرات سمی نقره بر سلول‌ها موثر خواهد بود.

Nangmenyi و همکاران در سال ۲۰۱۱ از نانوکامپوزیت نقره مغناطیسی جهت کنترل آلودگی‌های آب استفاده کردند. نتایج این تحقیق نیز ثابت کرد که حضور هم زمان نقره و آهن سبب افزایش خاصیت ضد میکروبی

روش هم رسوبی نسبت به روش‌های دیگر همچون روش‌های هیدروترمال و تجزیه حرارتی، دما و زمان کمتری دارد. به علاوه حلال مورد استفاده در این روش (آب) مشکل زیست محیطی ندارد، راندمان واکنش بالا می‌باشد و امکان تولید نانوذرات در مقیاس بالا نیز وجود دارد. همچنین در صورت ثابت بودن شرایط سنتز، کیفیت نانوذرات تشکیل شده کاملاً تکرار پذیر خواهد بود (۲۰).

محمدعلیزاده هنجنی و همکاران به بررسی تاثیر دمای سنتز بر ویژگی‌های نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن در روش هم رسوبی پرداختند. نتایج حاصل نشان داد که اندازه بلورک‌ها و اندازه ذرات پودر سنتز شده با افزایش دمای سنتز افزایش می‌یابد. همچنین حسین اثنا عشری ایوری و هادی عربی، نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن را به روش هم رسوبی سنتز کرده و به بررسی تاثیر نسبت غلظت مواد واکنش دهنده بر اندازه و خواص مغناطیسی ذرات پرداختند. در این تحقیق مشخص گردید که کاهش نسبت غلظت NaOH به غلظت مجموع یون‌های آهن باعث افزایش چشمگیر مغناطش اشباع ذرات می‌شود ولی اندازه آن‌ها را به مقدار اندکی افزایش می‌دهد که البته هیچ یک از این افراد به بررسی اثرات ضد میکروبی نانوذره اکسید آهن تمرکز نکرده بودند (۲۱، ۲۲).

نانوذرات مغناطیسی به دلیل داشتن سطح ویژه بالا بسیار حساس می‌باشند و وجود نیروهای واندروالس و

آهن بدون پوشش مشاهده شد. این نوار مربوط به ارتعاش کششی Fe-O در Fe₃O₄ بوده است که با پژوهش حاخ نزدیکی دارد و حضور نانوذرات مگنتیت را تأیید می‌کند (۲۰).

جهت اندازه گیری بارالکتریکی سطح ذرات از آزمو پتانسیل زتا استفاده شد. بار الکتریکی این ذرات به صور خالص مثبت و پس از اصلاح با نقره منفی بود. یافته‌ها این تحقیق با نتایج حاصل از مطالعه سایرین مطابقت داش (۲۵).

در پژوهش حاضر، نانوذرات اکسید آهن با روش ه رسوبی سنتز شدند. اندازه این ذرات در حدود ۴۰ نانوم تخمین زده شد. ساختار سطحی این نانوذرات توسط نق اصلاح گردید و توسط تست های شیمیایی تایید شد. ایر نانوذرات در تصویربرداری ام. آر. آی، در دارورسانی هدفم و در درمان تومورهای سرطانی کاربرد دارند.

تقدیر و تشکر

این مقاله بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد بو است. نویسندگان از کلیه پرسنل آزمایشگاه دانشگاه آز اسلامی واحد ورامین پیشوا تشکر ویژه دارند.

آنها می‌گردد و در نتیجه از مقدار کمتری نقره استفاده خواهد شد (۲۳).

GozdeUnsoy و همکاران در سال ۲۰۱۲، میانگین قطر نانوذره اکسید آهن را در آزمو DLS ۱۸ نانومتر گزارش کردند. درحالی‌که در پژوهش حاضر، میانگین قطر نزدیک به ۴۰ نانومتر گزارش شده که از نتیجه پژوهش فوق بزرگ ترمی‌باشد (۵۷). از آنجایی که نانوذرات با سایز زیر ۱۰۰ نانومتر توانایی نفوذ به سلول‌ها را دارند، این ذرات قابل قبول می‌باشند (۲۴).

محمد بنی اسدی و همکاران در سال ۱۳۹۳ نیز به سنتز نانوذره اکسید آهن پرداختند. در نتیجه‌ی آزمو XRD حاصل از این پژوهش، فضای بین صفحات بلوری (d-value) با مقادیرهای بین صفحات بلوری که از داده‌های کارت شماره ۱۹-۰۶۲۹ کمیته مشترک پراش نگری استاندارد پودرها استخراج شده، نزدیکی بیشتری داشته که Fe₃O₄ را همانند پژوهش حاضر تأیید می‌کند. D-value محاسبه با نتیجه‌های پراش پرتو ایکس و d-value محاسبه شده نظری برای Fe₂O₃ و Fe₃O₄ نیز در پژوهش حاضر با نتایج پژوهش بنی اسدی و همکاران مطابقت می‌کند (۱۹). در پژوهش زهرا حسن زاده و همکاران در سال ۱۳۹۴، در نمودارهای طیف FT-IR از نانوذره اکسید آهن، نوار جذب در اطراف طول موج ۵۷۳cm⁻¹ در نانوذرات اکسید

منابع مورد استفاده

- Mirjalali, M., Yaghmaei, N., 2013. Antibacterial properties of nano silver finish cellulose fabric. *Journal of Nanostructure in Chemistry* 3: 43.
- Sanchez-Valdes, S., Ortega-Ortiz, H., Ramos-de Valle, L. F., Medellin-Rodriguez, F. J., Guedea-Miranda, R., 2009. Mechanical and antimicrobial properties of multilayer films with a polyethylene/silver nanocomposite layer. *Journal of Applied Polymer Science* 111: 953-962.
- Zapata P. A., Tamayo L., Paez M., Cerda E., Azocar I., Rabagliati F. M., 2011. Nanocomposites based on polyethylene and nanosilver particles produced by metallocenic "In Situ" Polymerization: synthesis, characterization, and antimicrobial behavior. *European Polymer Journal* 47: 1541-1549.
- Ebrahiminezhad, A., Ghasemi, Y., Rasoul-amini, S., Barar, J., Davaran S., 2012. Impact of amino-acid coating on the synthesis and characteristics of iron-oxide nanoparticles (IONs). *Bulletin of the Korean Chemical Society* 33: 3957-3962.
5. Colombo, M., Carregal-romero, S., Casula, M. F., Gutierrez, L., Morales, M. P., Bohm, I. B., Heverhagen, J. T., Prosperi, D., Parak, W. J., 2012. Biological applications of magnetic nanoparticles. *Chemical Society Reviews* 41: 4306-4334.
6. Huang, J., Zhong, X., Wang, L., Yang, L., Mao, H., 2012. Improving the magnetic resonance imaging contrast and detection methods with engineered magnetic nanoparticles. *Theranostics* 2: 86.
7. Andreas, K., Georgiva, R., Ladwig, M., Mueller, S., Notter, M., Sittinger, M., Ringe, J., 2012. Highly efficient magnetic stem cell labeling with citrate-coated super-paramagnetic

- iron oxide nanoparticles for MRI tracking. *Biomaterials* 33: 4515-4525.
8. Arap, W., Pasqualini, R., Ruoslahti, E., 1998. Cancer treatment by targeted drug delivery to tumor vasculature in a mouse model. *Science* 279: 377-380.
 9. Asin, L., Ibarra, M., Tres, A., Goya, G., 2012. Controlled cell death by magnetic hyperthermia: effects of exposure time, field amplitude, and nanoparticle concentration. *Pharmaceutical Research* 29: 1319-1327.
 10. Jing, H., Wang, J., Yang, P., Xia, G., Chen, B., 2010. Magnetic Fe₃O₄ nanoparticles and chemotherapy agents interact synergistically to induce apoptosis in lymphoma cells. *International Journal of Nanomedicine* 5: 999.
 11. Ramteke, C., Ketan sarangi, B., Chakrabarati, T., Mudlar, S., Satpute, D., Avatar-pandey, R., 2010. Synthesis and broad spectrum antibacterial activity of magnetite ferrofluid. *Current Nanoscience* 6: 587-591.
 12. Grumezescu, A., Mihaiescu, D., Mogosanu, D., Chifiriuc, M., Lazar, V., Calugarescu, I., Traistaru, V., 2010. In vitro assay of the antimicrobial activity of Fe₃O₄ and CoFe₂O₄/oleic acid-core/shell on clinical isolates of bacterial and fungal strains. *Optoelectron Adv Mat* 4: 1-18.
 13. Chifiriuc, C., Lazar, V., Bleotu, C., Calugarescu, I., Grumezescu, A. M., Mihaiescu, D. E., Mogosanu, D. E., Buteica, A. S., Buteica, E., 2011. Bacterial adherence to the cellular and inert substrate in the presence of CoFe₂O₄ and Fe₃O₄/Oleic Acid - Core/Shell. *Dig J Nanomater Bios* 6(1): 37-42.
 14. Ansari, F., Grigoriev, P., Libor, S., Tothill, I. E., Ramsden, J. J., 2009. DBT degradation enhancement by decorating *Rhodococcus erythropolis* IGST8 with magnetic Fe₃O₄ nanoparticles. *Biotechnology and Bioengineering* 102: 1505-1512.
 15. Colombo, U., Gazzarrini, F., Lanzavechinna, G., Sironi, G., 1965. Magnetite oxidation: a proposed mechanism. *Science* 147: 1033-1033.
 16. Park, J. Y., Daksha, P., Lee, G. H., Woo, S., Chang, Y., 2008. Highly water-dispersible PEG surface modified ultra-small super-paramagnetic iron oxide nanoparticles useful for target-specific biomedical applications. *Nanotechnology* 19: 365-603.
 17. Dung, D. T. K., Hai, T. H., Phuc, L. H., Long, B. D., Vinh, L. K., Truc, P. N., 2009. One-step method for preparation of magnetic nanoparticles coated with chitosan. *Journal of Physics, Conference Series* 187: 012-036.
 18. Olle, B., Bromberg, L., Hatton, T. A., Wang D. I. C., 2006. *NSTI-Nanotech* 1: 411-414.
 19. Baniyadi, M., Tajabadi, M., Nourbakhsh, M., Kamali, M., 2014. Synthesis and characterization of core-shell nanostructure containing super paramagnetic magnetite and poly (AMIDOAMINE)(PAMAM) dendrimers. *Journal of Applied Researches in Chemistry* 8(3): 51-63.
 20. Hasanzadeh, Z., Amoabedini, G., Seyfkordi, A., Vaziei A., 2016. Magnetic nanoparticles coated with starch environmental review was pragmatic compared to nanoparticles Magnetic No cover. *Biotechnology News* 5(18): 70-72.
 21. Alizade hanjani, M., Ghasemi, E., Monshi, A., 2012. The effect of synthesis temperature on the properties of magnetic iron oxide nanoparticles in co-precipitation method. *Advanced Processes in Materials* 6(3): 77-83.
 22. Asnaashari, E. H., Arabi, H., 2013. Synthesis of iron oxide nanoparticles by co-precipitation method and investigation the effect of concentration ratio of reactant on physical and magnetic properties of nanoparticles. *Nanoscience and Nanotechnology* 2(6): 148-158.
 23. Nangmenyi, G., X. Li., S. Mehrabi., E. Mintz., J. Economy. 2009. Silver-modified iron oxide nanoparticle impregnated fiberglass for disinfection of bacteria and viruses in water. *Nanotechnology* 9 (49):495705.
 24. Unsoy, G., Yalcin, S., Khodadust, R., Gunduz, G. and Gunduz, U., 2012. Synthesis optimization and characterization of chitosan-coated iron oxide nanoparticles produced for biomedical applications. *Journal of Nanoparticle Research* 14(11): 964.
 25. Fayaz, A. M., Balaji, K., Girilal, M., Yadav, R., Kalaichelvan, P. T., Venketesan, R., 2010. Biogenic synthesis of silver nanoparticles and their synergistic effect with antibiotics: a study against gram-positive and gram-negative bacteria. University of Madras, Guindy Campus, Chennai, India. *Nanomedicine* 6(1):103-9.