

## اثر نانو ذرات اکسید آهن در حذف باکتری‌های کلیفرم از آب آلوده

محمد ملکوتیان (PhD)<sup>۱</sup>، علی اسدی پور (PhD)<sup>۲</sup>، یاسر جمشیدی مقدم (MSc)<sup>۳\*</sup>

۱- مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کرمان

۲- گروه شیمی دارویی، مرکز تحقیقات فارماسیوتیکس، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان

۳- گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان

دریافت: ۹۵/۹/۲۵، اصلاح: ۹۵/۱۱/۶، پذیرش: ۹۶/۱۲/۴

### خلاصه

**سابقه و هدف:** نانو ذرات اکسید آهن در غلظت‌های اندک می‌توانند به عنوان منبع تامین یون آهن مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها عمل نمایند. اما غلظت‌های بالا می‌توانند با ایجاد تنش و آسیب سلولی در سلول‌های میکروبی موجب کاهش رشد سلولی گردند. این مطالعه به منظور بررسی اثر نانو ذرات اکسید آهن بر حذف باکتری‌های کلیفرم از آب آلوده انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه تجربی- آزمایشگاهی محلول سنتزی با افزودن ۵ میلی‌لیتر پساب فاضلاب شهری به ۶۰ لیتر آب شبکه توزیع شهری ساخته شد. هر دفعه به نیم لیتر از نمونه سنتزی مقدار ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات اکسید آهن اضافه گردید و در زمان‌های صفر، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ دقیقه نمونه برداشت شد و با روش ۱۵ لوله‌ای آزمایش گردید و درصد حذف باکتری‌های کلیفرم اندازه گیری شد.

**یافته‌ها:** با افزایش غلظت نانو ذرات اکسید آهن از ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به ۶۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر میانگین درصد حذف محتمل‌ترین تعداد کلیفرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر (MPN) نمونه‌های سنتزی از ۷۰ درصد به ۸۲ درصد رسید. (عدد MPN) و درصد حذف آن در زمان‌های صفر، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ دقیقه به ترتیب (۶۶۰/۵۲) صفر درصد، (۳۳۰/۴۲) ۴۸/۸۳ درصد، (۳۱۷/۰۰) ۵۳/۷۵ درصد، (۲۰۰/۱۴) ۶۸/۴۸ درصد، (۱۶۱/۶۶) ۷۳/۹۶ درصد و (۱۲۸/۰۴) ۸۰/۱۶ درصد شد. اختلاف معنی‌داری بین زمان تماس و حذف باکتری‌های کلیفرم ( $p=0/000$ ) مشاهده گردید. حداکثر راندمان در زمان تماس ۱۰۰ دقیقه و غلظت ۶۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات اکسید آهن به ۱۰۰ درصد رسید.

**نتیجه‌گیری:** نتایج مطالعه نشان داد که با افزایش زمان تماس و همچنین افزایش غلظت نانو ذرات، حذف MPN نمونه‌ها سیر صعودی دارد.

**کلمات کلیدی:** آب، گندزدایی، نانو ذرات اکسید آهن، باکتری‌های کلیفرم.

### مقدمه

نانوذرات اکسید فلزی، بر اساس نسبت سطح به حجم، خاصیت ضد باکتریایی متفاوتی از خود نشان می‌دهند. باکتری‌های گرم مثبت در مقایسه با باکتری‌های گرم منفی در مقابل نانو ذرات فلزی، مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند که می‌تواند به ساختار دیواره سلولی ارتباط داشته باشد (۴). اختلاف بین بار منفی میکروارگانیسم و بار مثبت نانوذره، به صورت یک الکترومغناطیس جاذب بین میکروب و نانوذره عمل کرده و باعث اتصال نانوذره به سطح سلول شده، این اتصال باعث یکسری برهمکنش‌ها بین غشاء سلول و نانو ذره می‌گردد و در نتیجه می‌تواند باعث مرگ سلول شود (۵). اکسید آهن در طبیعت به وفور یافت می‌شود و در آزمایشگاه‌ها نیز سنتز می‌شود. در میان این نانو ذرات، هماتیت، مگنتیت و مگمیت دارای خواص ویژه‌ای برای استفاده در بخش زیست‌پزشکی هستند. نانو ذرات اکسید آهن در تصویر برداری (Magnetic Resonance Imaging=MRI) به عنوان ماده ایجاد کننده شفافیت، در نشانه گذاری و جداسازی سلول‌های حیوانی، دارو رسانی هدفمند و روش‌های گرما درمانی در درمان تومورهای سرطانی کاربرد‌های گسترده‌ای یافته‌اند (۱۰-۶). همچنین این نانو ذرات اثر هم افزایی با داروهای ضد سرطان دارند و موجب اثر بخشی این

رایج‌ترین روش‌ها برای گندزدایی آب استفاده از کلر، کلرامین و دی اکسید کلر است. سایر گندزداها هم شامل اشعه ماورای بنفش، آهک کلرینه شده، برم، ید، و نقره می‌باشند (۱). روش‌های رایج در تصفیه آب آشامیدنی می‌توانند به نحو موثری عوامل میکروبی را کنترل نمایند، بین گندزدایی آب به روش‌هایی مانند کلرزنی و ازن زنی و تشکیل محصولات جانبی گندزدایی (Products=DBPs Disinfection By) ارتباط وجود دارد (۲). برخی روش‌های فیزیکی تصفیه، مانند اشعه ماورای بنفش، امواج مافوق صوت و غشاها اگرچه بسیاری از معیارهای یک گندزدای خوب را دارند، اما نمی‌توانند باقیمانده کافی را برای سیستم‌هایی با شبکه توزیع گسترده و یا زمان‌های ماند طولانی فراهم کنند. گندزداهای شیمیایی جایگزین شامل کلرامین، دی اکسید کلر، برم، دی اکسید تیتانیوم و پرمنگنات پتاسیم نیز به دلیل کارایی کم، قیمت بالا و تولید محصولات جانبی گندزدایی سمی، محدود شده است (۳). بنابراین لازم است تکنولوژی‌های جدید برای گندزدایی موثر آب جستجو و شناسایی شوند (۲). نانوذرات در چرخه حیات و اکوسیستم، پایین‌ترین سطح سمیت را از خود نشان داده‌اند. لذا استفاده از این مواد برای مبارزه با میکروب‌های بیماری‌زا می‌تواند انتخاب مناسبی باشد.

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی به شماره ۹۴/۳/۱۵ مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان می‌باشد.

\* مسئول مقاله: یاسر جمشیدی مقدم

آدرس: کرمان، دانشگاه علوم پزشکی، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط. تلفن: ۰۳۴-۳۱۳۲۵۱۲۸

E-mail: yaser.jm1366@yahoo.com

مجموع ۱۲۶ نمونه میکروبی آماده شد. نمونه‌های برداشت شده به روش ۱۵ لوله ای برای آزمایشات آب و فاضلاب آزمایش گردید. مطابق با روش ۱۵ لوله ای برای هر رقت (۱۰mL، ۱، ۰/۱، نمونه) ۵ لوله آماده شد. در ۵ لوله اول ۱۰ میلی لیتر محیط کشت لوریل سولفات برات دو غلظتی و در ۱۰ لوله بعدی، ۱۰ میلی لیتر محیط کشت لوریل سولفات برات یک غلظتی ریخته شد و سپس در ۵ سری اول ۱۰ میلی لیتر نمونه، در ۵ سری دوم ۱ میلی لیتر نمونه و در سری سوم ۰/۱ میلی لیتر نمونه اضافه گردید. مخلوط داخل لوله ها با تکان دادن آرام لوله، مخلوط شد. لوله های حاوی نمونه و محیط کشت به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد در انکوباتور قرار داده شد. تولید گاز و اسید در لوله ها به عنوان نتیجه مثبت در نظر گرفته شد. برای تایید وجود کلیفرم ها از تمام لوله های مثبت این مرحله، با لوپ فلزی استریل در لوله های حاوی محیط کشت برلیانت گرین کشت گردید. لوله های مذکور به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۵ درجه گرماگذاری شد.

تشکیل گاز به هر میزان در لوله های دوره‌ها در هر زمان از ۴۸ ساعت گرماگذاری، بیانگر پاسخ مثبت در این مرحله بود. نتایج به صورت محتمل ترین تعداد کلیفرم ها در ۱۰۰ میلی لیتر (Most Probable Number = MPN) گزارش گردید. طبق استاندارد کیفیت آب آشامیدنی کد ۱۱۶-۳ ایران کلیفرم آب در شبکه توزیع نباید از ۳ عدد تجاوز نماید (۲۹). نمونه برداری ها و آزمایش ها بر اساس روش های مندرج در کتاب روش های استاندارد برای آزمایش آب و فاضلاب انجام گرفت (۳۰).

نتایج حاصله ابتدا برای اطمینان از نرمال بودن داده ها با آزمون آماری Kolmogorova-Smirnov و سپس با آزمون آماری one way ANOVA و به کمک نرم افزار SPSS ۲۳ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و  $p < 0.05$  معنی دارد در نظر گرفته شد.

### یافته ها

نتایج بررسی نشان داد میزان ۶۰۰۰ میلی گرم در لیتر نانو ذرات اکسید آهن توانسته است MPN نمونه سنتزی را از ۲۱۰ پس از ۱۰۰ دقیقه زمان تماس به صفر کاهش دهد (جدول ۱).

داروها می شوند (۱۱). نانو ذرات اکسید آهن به عنوان یک جاذب موثر برای حذف آلاینده ها از محیط آبی شناخته شده اند و در بسیاری از موارد برای حذف آلاینده های آلی و فلزات سنگین از محیط آبی استفاده شده اند (۱۴-۱۲). علاوه بر دیگر کاربردهای نانو ذرات اکسید آهن، یافته‌های اخیر پنجره دیگری را در کاربرد نانو ذرات اکسید آهن گشوده است. این ترکیبات دارای خواص ضد میکروبی هستند. گزارشات متعددی مبنی بر اثرات ضد میکروبی این نانو ذرات علیه باکتری-های گرم مثبت و گرم منفی و حتی قارچ‌ها وجود دارد (۱۷-۱۵). نانو ذرات اکسید آهن در زمینه میکروبیولوژی صنعتی به منظور تثبیت سلول‌های میکروبی در فرایندهای صنعتی، تصفیه فاضلاب و یا حذف آلودگی‌های میکروبی مورد استفاده قرار گرفته اند (۲۰-۱۸). نانو ذرات اکسید آهن به دلیل ویژگی‌های مغناطیسی مناسب، سمیت بسیار اندک، سازگاری زیستی بالا و سهولت نسبی سنتز، نسبت به نانو ذرات دیگر بیشتر مورد توجه محققین بوده اند (۲۷-۲۱). Nasiri و همکارانش نشان دادند که نانو ذرات اکسید روی خواص ضدباکتریایی قابل توجهی را در مقابل باکتری‌های اشرشیکلی و استافیلوکوکوس اورئوس دارند (۲۸). لذا این مطالعه با هدف بررسی اثرات نانو ذرات اکسید آهن در حذف باکتری های کلیفرم از آب آلوده انجام گردید.

### مواد و روش ها

این تحقیق تجربی در فاصله زمانی مهر ماه لغایت آذر ماه ۱۳۹۴ پس از کسب مجوز از کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی کرمان با کد ۹۳/۳۱۵ در مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط انجام پذیرفت. نانو ذرات اکسید آهن مارک US NANO به صورت پودر با اندازه ۲۰-۳۰ نانومتر خریداری شد. ابتدا محلول سنتزی آلوده به کلیفرم با افزودن ۵ میلی لیتر پساب تصفیه خانه فاضلاب شهری به ۶۰ لیتر آب شبکه توزیع که عاری از کلر باقیمانده و فاقد کلیفرم بود، ساخته شد. همزمان به ۷ ظرف حاوی نیم لیتر از نمونه سنتزی مقادیر مختلف ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات اکسید آهن اضافه شد و از هر یک از ظروف در زمان های مختلف صفر، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ دقیقه نمونه برداشت شد و کلیه مراحل مذکور سه بار تکرار گردید. با توجه به مقادیر و زمان‌های مختلف نمونه‌برداری و با احتساب سه بار تکرار در

جدول ۱. میانگین میزان MPN نمونه های آب سنتزی آلوده در زمان های مختلف و مقادیر متفاوت نانو ذرات اکسید آهن (میلی گرم بر لیتر)

| غلظت MPN               | ۱۰۰ mg/L       | ۲۵۰ mg/L     | ۵۰۰ mg/L      | ۱۰۰۰ mg/L      | ۲۰۰۰ mg/L     | ۴۰۰۰ mg/L     | ۶۰۰۰ mg/L    | استاندارد MPN | P-value <sup>b</sup> |
|------------------------|----------------|--------------|---------------|----------------|---------------|---------------|--------------|---------------|----------------------|
| مدت زمان تاثیر (دقیقه) | Mean±SD        | Mean±SD      | Mean±SD       | Mean±SD        | Mean±SD       | Mean±SD       | Mean±SD      | مصرف شرب      |                      |
| نمونه سنتزی            | ۱۱۴۳/۶۶±۳۹۲/۵۹ | ۳۱۳/۳۳±۶۳/۵۰ | ۳۷۶/۶۶±۱۵۱/۷۶ | ۱۳۷۳/۳۳±۳۹۲/۵۹ | ۷۹۳/۳۳±۲۱۹/۳۹ | ۷۹۳/۳۳±۲۱۹/۳۹ | ۲۱۰±۲۶/۰۵    | #۳            | -                    |
| ۲۰                     | ۳۷۶/۶۶±۱۵۱/۷۶  | ۲۱۶/۶۶±۴۰/۴۱ | ۱۹۳/۳۳±۴۰/۴۱  | ۷۹۳/۳۳±۲۱۹/۳۹  | ۱۵۰±۱۷/۳۲     | ۴۷۶/۶۶±۱۰۹/۶۹ | ۱۰۶/۳۳±۲۵/۶۹ | #۳            | ۰/۰۰۳                |
| ۴۰                     | ۴۵۳/۳۳±۱۵۰/۱۱  | ۲۱۶/۶۶±۴۰/۴۱ | ۱۸۰±۵۵/۶۷     | ۷۹۳/۳۳±۲۱۹/۳۹  | ۱۵۰±۱۷/۳۲     | ۳۷۰±۱۶۰/۹۳    | ۵۵/۶۶±۸/۷۳   | #۳            | ۰/۰۰۲                |
| ۶۰                     | ۳۲۶/۶۶±۴۰/۴۱   | ۱۹۳/۳۳±۴۶/۱۸ | ۱۴۶/۶۶±۲۰/۸۱  | ۴۱۳/۳۳±۱۰۹/۶۹  | ۱۱۶/۶۶±۱۱/۵۴  | ۱۸۳/۳۳±۶۳/۵   | ۲۱±۴         | #۳            | ۰/۰۰۰                |
| ۸۰                     | ۳۲۶/۶۶±۴۰/۴۱   | ۱۵۳/۳۳±۱۵/۲۷ | ۱۴۶/۶۶±۲۰/۸۱  | ۲۷۶/۶۶±۶۳/۵    | ۱۲۰±۱۷/۳۲     | ۹۹/۶۶±۱۷/۸۹   | ۸/۶۶±۷/۵۷    | #۳            | ۰/۰۰۰                |
| ۱۰۰                    | ۲۲۶/۶۶±۱۱/۵۴   | ۱۲۰±۱۷/۳۲    | ۱۰۹/۶۶±۳۰/۵   | ۲۷۶/۶۶±۶۳/۵    | ۹۴/۳۳±۱۵/۵    | ۶۹±۱۷/۳۲      | ۰            | #۳            | ۰/۰۰۰                |
| P-value <sup>a</sup>   | -              | ۰/۰۱۹        | ۰/۰۱۳         | ۰/۳۱۶          | ۰/۰۰۶         | ۰/۵۷۸         | ۰/۰۰۰        |               |                      |

\*: معنی دار، #: غیر معنی دار، <sup>a</sup>: P-value غلظت نسبت به غلظت اولیه، <sup>b</sup>: P-value زمان نسبت به نمونه سنتزی

### بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج این مطالعه درصد حذف MPN نمونه سنتزی با افزایش غلظت نانو ذرات اکسید آهن و زمان تماس افزایش یافته است. همچنین در زمان تماس ۱۰۰ دقیقه بالاترین درصد مربوط به غلظت ۶۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات اکسید آهن بود که باعث حذف ۱۰۰ درصد MPN نمونه سنتزی شده است. Malakootian و همکارانش در بررسی تاثیر نانو ذرات  $\text{TiO}_2$ ،  $\text{CuO}$ ،  $\text{ZnO}$  در حذف باکتریهای گرم مثبت و منفی از فاضلاب شهری، به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت نانو ذرات درصد حذف باکتری افزایش می یابد و غلظت ۶۰۰۰ میلی گرم بر لیتر بیشترین درصد حذف باکتری های استافیلوکوکوس اورئوس، باسیلوس سوبتلیس، سودوموناس آئروژینوزا و اشرشیاکالا را دارد (۳۱) و در مطالعه Miranzadeh و همکاران بررسی اثر نانوقره بر حذف باکتریهای کلیفرم از آب آلوده به این نتیجه رسیدند که افزایش زمان تماس با نانوقره، باعث حذف بیشتر کلیفرمها است (۳۲).

همچنین Ebrahiminezhad و همکارانش در بررسی تاثیر نانوذرات اکسید آهن در میکروارگانیسمها، به این نتیجه رسیدند که در غلظت کم (کمتر از ۲۰ میکروگرم/میلی لیتر)، لیستریا مونوسیتوزنز می تواند از نانوذرات مگنتیت برای رشد بیشتر بهره مند شوند، احتمالاً به عنوان یک منبع آهن است، اما با افزایش غلظت اثرات ضد باکتری تدریجی به نظر می رسد و در ۴۰ میکروگرم / میلی لیتر نانو ذرات آهن مغناطیسی یک اثر قابل توجهی ضد باکتری دارند (۳۳) که با نتایج این تحقیق هم خوانی دارد.

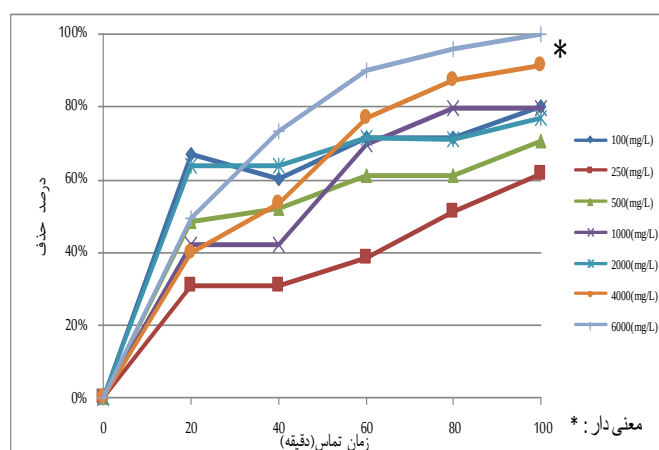
علت این است که نانوذرات اکسید آهن در غلظت های اندک می توانند به عنوان منبع تامین یون آهن مورد نیاز میکروارگانیسمها عمل کرده و در نتیجه حذف گردد. اما غلظت های بالای این نانوذرات در سلول های میکروبی می تواند با ایجاد تنش و آسیب سلولی موجب کاهش رشد سلولی گردد (۳۴). Huang و همکارانش به این نتیجه رسیدند که نانوذرات مغناطیسی آمین-عاملدار برای طیف گسترده ای از باکتری ها کشنده است (۱۹). Cotar و همکارانش در بررسی اثر نانو ذرات اکسید آهن بر روی اثر آنتی بیوتیکها، به این نتیجه رسیدند که نانو ذرات اکسید آهن حامل پنی سیلین، استرپتومایسین، اریترومایسین، کانامایسیم و سفوتاکسیم دارای حداقل غلظت ممانعت کننده رشد پایین تری نسبت به هر کدام از آنتی بیوتیکها به تنهایی هستند (۳۵). که نتایج در ارتباط با تاکید اثر ضد میکروبی با این تحقیق هم خوانی دارد. به نظر می رسد اتصال نانوذرات اکسید آهن به دیواره سلولی باکتری ها در عملکرد غشا سلولی نیز اختلال ایجاد کرده و نفوذ پذیری آنرا افزایش می دهد. این امر موجب افزایش انتقال مواد و بهبود بازده فرایند های صنعتی می گردد (۳۴).

در غلظت ۶۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات لگاریتم تعداد باکتری های باقیمانده نسبت به زمان تماس به صورت یک خط مستقیم است که نشان می دهد حذف باکتری های کلیفرم به وسیله سوسپانسیون نانو ذرات اکسید آهن از سرعت واکنش های درجه اول پیروی می کند. در مطالعه Miranzadeh و همکاران جهت بررسی اثر نانو ذرات نقره بر حذف باکتریهای کلیفرم از آب آلوده به این نتیجه رسیدند که حذف باکتریهای کلیفرم به وسیله سوسپانسیون نانوقره از سرعت واکنش های درجه اول پیروی می کند (۳۳) که با نتایج این تحقیق هم خوانی دارد. لذا، به کمک درون یابی و معادله خط مربوط به غلظت ۶۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات ( $y = -1.9681x + 165.3492$ ) می توان اینگونه نتیجه-

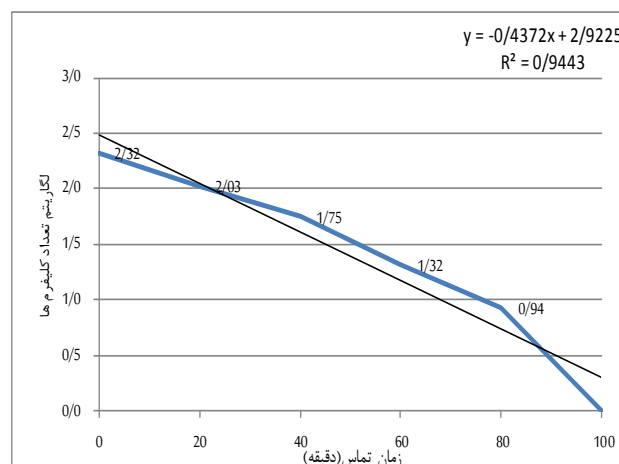
با افزایش زمان تماس و همچنین افزایش غلظت نانو ذرات درکلیه مقادیر، حذف MPN نمونه ها سیر صعودی داشته است به طوری که حداکثر بازده حذف باکتری های کلیفرم در زمان تماس ۱۰۰ دقیقه و غلظت ۶۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات اکسید آهن به دست آمد.

با افزایش غلظت نانو ذرات اکسید آهن از ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر به ۶۰۰۰ میلی گرم بر لیتر میانگین درصد حذف MPN نمونه های سنتزی از ۷۰ درصد به ۸۲ درصد افزایش داشت و همچنین افزایش زمان تماس از ۲۰ دقیقه به ۱۰۰ دقیقه باعث افزایش میانگین درصد حذف MPN نمونه های سنتزی از ۴۹ درصد به ۸۰ درصد گردید (نمودار ۱). رابطه معنی داری بین زمان تماس و حذف باکتری های کلیفرم ( $p = 0.000$ ) و همچنین بین غلظت نانوذرات و حذف باکتری های کلیفرم ( $p = 0.000$ ) مشاهده شد.

در غلظت ۶۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات، لگاریتم تعداد باکتری های باقیمانده نسبت به زمان تماس به صورت یک خط مستقیم است که نشان می دهد حذف باکتری های کلیفرم به وسیله سوسپانسیون نانو ذرات اکسید آهن از سرعت واکنش های درجه اول پیروی می کند (نمودار ۲).



نمودار ۱. روند حذف MPN در مقادیر مختلف نانو ذرات اکسید آهن در زمانهای مختلف



نمودار ۲. روند تغییرات لگاریتم تعداد کلیفرم های باقیمانده در ۱۰۰ میلی لیتر نمونه در ۶۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات اکسید آهن

تصفیه آب آشامیدنی و فاضلاب در نظر گرفت. با توجه به خواص دیگر این نانو ذرات نظیر خاصیت سینرژیستی آن، ویژگی های مغناطیسی مناسب، سمیت بسیار اندک، سازگاری زیستی بالا و سهولت نسبی سنتز، کاربرد نانو ذرات اکسید آهن در حذف آلاینده ها می تواند به عنوان روشی قابل اعتماد و کارآمد مد نظر قرار گیرد.

### تقدیر و تشکر

بدینوسیله از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی کرمان جهت حمایت از این تحقیق، تشکر و قدردانی می گردد.

گیری کرد که در مقدار یاد شده برای کاهش تعداد باکتری ها به کمتر از ۳ عدد در ۱۰۰ میلی لیتر که در استاندارد کد ۱۱۶-۳ ایران (۲۹) آمده است به حدود ۸۲/۴۹ دقیقه زمان تماس نیاز است که از زمان تماس آب و کلر که حدود ۳۰ دقیقه می باشد (۱) زیادتر می باشد که مستلزم بزرگتر شدن سازه های مربوط به حوض تماس می شود. استفاده از گندزدهای شیمیایی به دلیل تولید محصولات جانبی گندزدایی سمی (کلر تولید تری هالومتان و ازن تولید برمید و برمات)، محدود شده است. نانو ذرات اکسید آهن علاوه بر دارا بودن خاصیت ضد میکروبی، به عنوان یک جاذب موثر برای حذف آلاینده های آلی و فلزات سنگین از محیط آبی شناخته شده اند (۱۴-۱۲). لذا می توان نانو ذرات اکسید آهن را به عنوان یک ماده موثر در

## Effect of Iron Oxide Nanoparticles for the Removal of Coliform Bacteria from Contaminated Water

M. Malakootian (PhD)<sup>1</sup>, A. Asadipour (MSc)<sup>2</sup>, Y. Jamshidi Moghadam (MSc)<sup>3\*</sup>

1.Environmental Health Engineering Research Center, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, I.R.Iran

2.Department of Medicinal Chemistry, Pharmaceutical Research Center, Faculty of Pharmacy, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, I.R.Iran

3.Department of Environmental Health, Faculty of Public Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, I.R.Iran

J Babol Univ Med Sci; 19(4); Apr 2017; PP: 60-6

Received: Dec 15<sup>th</sup> 2016, Revised: Jan 25<sup>th</sup> 2017, Accepted: Feb 22<sup>th</sup> 2017

### ABSTRACT

**BACKGROUND AND OBJECTIVE:** Iron oxide nanoparticles at low concentrations can act as a source of iron ions required microorganisms but high concentrations can cause stress and cell damage in bacterial cells are reduced cell growth. The effect of iron oxide nanoparticles were studied remove coliform bacteria from contaminated water.

**METHODS:** In this experimental-laboratory study synthetic municipal wastewater by adding 5 mL to 60 liters of water in urban distribution network was built. Every time in half a liter of synthetic samples 100, 250, 500, 1000, 2000, 4000 and 6000 ppm of iron oxide nanoparticles were added at the time of zero, 20, 40, 60, 80 and 100 minute samples and with method 15-tube was tested.

**FINDINGS:** With increasing concentrations of iron oxide nanoparticles from 100 ppm to 6000 ppm the most likely number of coliforms per 100 ml (MPN) average removal rate from 70 percent to 82 percent synthesized samples. (Number of MPN) and removal efficiency at 0, 20, 40, 60, 80 and 100 minutes, was (660.52) 0% (330.42) 48.83, (317.00) 53.75, (200.14) 68.48, (161.66) 73.96 and (128.04) 80.16 respectively. Significant differences between time and removal of coliform bacteria ( $P=0.000$ ) was observed. Maximum efficiency in the contact time of 100 minutes and 6000 mg/L concentration of iron oxide nanoparticles to 100 percent.

**CONCLUSION:** The results showed that with increasing contact time and increasing concentrations of nanoparticles, remove the MPN samples is increasing.

**KEY WORDS:** Water, Disinfection, Iron Oxide Nanoparticles, Coliform Bacteria.

### Please cite this article as follows:

Malakootian M, Asadipour A, Jamshidi Y. Moghadam. Effect of Iron Oxide Nanoparticles for the Removal of Coliform Bacteria from Contaminated Water. J Babol Univ Med Sci. 2017;19(4):60-6.

\*Corresponding author: Y. Jamshidi Moghadam (MSc)

Address: Department of Environmental Health, Faculty of Public Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, I.R.Iran

Tel: +98 34 31325128

E-mail: yaser.jm1366@yahoo.com

## References

1. Salvato JA, Nemerow NL, Agardy FJ. Environmental engineering. 6<sup>th</sup>. New Jersey: Wiley J & Sons; 2009.
2. Li Q, Mahendra S, Lyon DY, Brunet L, Liga MV, Li D, et al. Antimicrobial nanomaterials for water disinfection and microbial control: potential applications and implications. *Water Res.* 2008;42(18):4591-602.
3. Niven R. Investigation of silver electrochemistry water disinfection applications. (Ms Thesis) McGill University, Principles of Water and Waste Water Treatment. 2005.
4. Yu B, Leung KM, Guo Q, Lau WM, Yang J. Synthesis of Ag-TiO<sub>2</sub> composite nano thin film for antimicrobial application. *Nanotechnol.* 2011;22(11):115603.
5. Li W-R, Xie X-B, Shi Q-S, Zeng H-Y, You-Sheng O-Y, Chen Y-B. Antibacterial activity and mechanism of silver nanoparticles on *Escherichia coli*. *App Microbiol Biotechnol.* 2010;85(4):1115-22.
6. Huang J, Zhong X, Wang L, Yang L, Mao H. Improving the magnetic resonance imaging contrast and detection methods with engineered magnetic nanoparticles. *Theranost.* 2012;2(1):86-102.
7. Yigit MV, Moore A, Medarova Z. Magnetic nanoparticles for cancer diagnosis and therapy. *Pharma Res.* 2012;29(5):1180-8.
8. Andreas K, Georgieva R, Ladwig M, Mueller S, Notter M, Sittering M, et al. Highly efficient magnetic stem cell labeling with citrate-coated superparamagnetic iron oxide nanoparticles for MRI tracking. *Biomaterials.* 2012;33(18):4515-25.
9. Medical Research News. 2016. Research confirms potential use of iron oxide nanoparticles in biomedical applications. [Online] Available from: <http://www.news-medical.net/news/20160316/Research-confirms-potential-use-of-iron-oxide-nanoparticles-in-biomedical-applications.aspx>.
10. Asin L, Ibarra M, Tres A, Goya G. Controlled cell death by magnetic hyperthermia: effects of exposure time, field amplitude, and nanoparticle concentration. *Pharma Res.* 2012;29(5):1319-27.
11. Jing H, Wang J, Yang P, Ke X, Xia G, Chen B. Magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles and chemotherapy. agents interact synergistically to induce apoptosis in lymphoma cells. *Inter J Nanomed.* 2010;5:999.
12. Panneerselvam P, Morad N, Tan KA. Magnetic nanoparticle (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) impregnated onto tea waste for the removal of nickel (II) from aqueous solution. *J Hazardous Material.* 2011;186(1):160-8.
13. Peng Q, Liu Y, Zeng G, Xu W, Yang C, Zhang J. Biosorption of copper (II) by immobilizing *Saccharomyces cerevisiae* on the surface of chitosan-coated magnetic nanoparticles from aqueous solution. *J Hazardous Material.* 2010;177(1):676-82.
14. Rakhshae R, Panahandeh M. Stabilization of a magnetic nano-adsorbent by extracted pectin to remove methylene blue from aqueous solution: a comparative studying between two kinds of cross-linked pectin. *J Hazardous Material.* 2011;189(1):158-66.
15. Ramteke C, Ketan Sarangi B, Chakrabarti T, Mudliar S, Satpute D, Avatar Pandey R. Synthesis and broad spectrum antibacterial activity of magnetite ferrofluid. *Curr Nanosci.* 2010;6(6):587-91.
16. Grumezescu A, Mihaiescu D, Mogoșanu D, Chifiriuc M, Lazar V, Calugarescu I, et al. In vitro assay of the antimicrobial activity of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/oleic acid-core/shell on clinical isolates of bacterial and fungal strains. *Optoelectron Adv Mat.* 2010;4(11):1798-801.
17. Chifiriuc C, Lazar V, Bleotu C, Calugarescu I, Grumezescu A, Mihaiescu D, et al. Bacterial adherence to the cellular and inert substrate in the presence of CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/oleic acid-core/shell. *Digest J Nanomat Biostruct.* 2011;6(1):37-42.
18. Ansari F, Grigoriev P, Libor S, Tothill IE, Ramsden JJ. DBT degradation enhancement by decorating *Rhodococcus erythropolis* IGST8 with magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles. *Biotechnol bioengin.* 2009;102(5):1505-12. [In Persian].
19. Huang Y-F, Wang Y-F, Yan X-P. Amine-functionalized magnetic nanoparticles for rapid capture and removal of bacterial pathogens. *Environment Sci Technology.* 2010;44(20):7908-13.
20. Li Y-G, Gao H-S, Li W-L, Xing J-M, Liu HZ. In situ magnetic separation and immobilization of dibenzothiophene-desulfurizing bacteria. *Bioresource Technol.* 2009;100(21):5092-6.

21. Singh N, Jenkins GJ, Asadi R, Doak SH. Potential toxicity of superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPION). *Nano Rev Experiment*. 2010;5358. Available From: <http://journals.co-action.net/index.php/nano/article/view/5358/0>
22. Ge Y, Zhang Y, Xia J, Ma M, He S, Nie F, et al. Effect of surface charge and agglomerate degree of magnetic iron oxide nanoparticles on KB cellular uptake in vitro. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 2009;73(2):294-301.
23. Karlsson HL, Gustafsson J, Cronholm P, Möller L. Size-dependent toxicity of metal oxide particles—a comparison between nano- and micrometer size. *Toxicol Lett*. 2009;188(2):112-8.
24. Mahmoudi M, Simchi A, Imani M, Shokrgozar MA, Milani AS, Häfeli UO, et al. A new approach for the in vitro identification of the cytotoxicity of superparamagnetic iron oxide nanoparticles. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 2010;75(1):300-9.
25. Patlolla A, Berry A, Land D, Tchounwou P. Determining cytotoxicity of nano iron oxide in HepG2 cell line using MTT assay. *Sixth International Symposium on Recent Advances in Environmental Health Research*; September 13-16; Marriott Hotel, Jackson, Mississippi, USA. 2009. p. 53.
26. Reddy LH, Arias JL, Nicolas J, Couvreur P. Magnetic nanoparticles: design and characterization, toxicity and biocompatibility, pharmaceutical and biomedical applications. *Chem Rev*. 2012;112(11):5818-78.
27. Colombo M, Carregal-Romero S, Casula MF, Gutierrez L, Morales MP, Boehm IB, et al. Biological applications of magnetic nanoparticles. *Chem Soc Rev*. 2012;41(11):4306-34.
28. Nasiri A, Malakootian M, Tamaddon F. Synthesis nano ZnO assisted by ultrasound irradiation and evaluation of antimicrobial properties. *Toloo Behdasht*. 2014;13(4):115-28. [In Persian].
29. Iran Water Resources' Management Co Drinking Water Quality Standard. Publication Number 116-3.1992.
30. Clesceri LS GA, Eaton AD. Standard method for examination of water and wastewater. 20<sup>th</sup>. American public health publication: 1999. p. 1786.
31. Malakootian M, Toolabi A. Determining and comparing the effect of nanoparticle CuO, TiO<sub>2</sub> and ZnO in removing gram positive and negative bacteria from wastewater. *Toloo Behdasht*. 2011(2):1-11. [In Persian].
32. Miranzadeh MB, Rabbani D, Naseri S, Nabizadeh R, Mousavi SGA, Ghadami F. Coliform bacteria removal from contaminated water using nanosilver. *Feyz J Kashan Univ Med Sci*. 2012;16(1):31-5. [In Persian].
33. Ebrahiminezhad A, Davaran S, Rasoul-Amini S, Barar J, Moghadam M, Ghasemi Y. Synthesis, characterization and anti-listeria monocytogenes effect of amino acid coated magnetite nanoparticles. *Curr Nanosci*. 2012;8(6):868-74.
34. Ebrahiminezhad A, Berenjian A, Kouhpayeh A, Ghasemi Y. Applications of iron oxide nanoparticles in microbiology and the effects on microorganisms. *J Microb World*. 2014;7:75-86. [In Persian].
35. Cotar AI, Grumezescu AM, Huang K-S, Voicu G, Chifiriuc CM, Radulescu R. Magnetite nanoparticles influence the efficacy of antibiotics against biofilm embedded *Staphylococcus aureus* cells. *Biointerf Res App Chem*. 2013;3(2):559-65.