

بررسی حذف فتوکاتالیستی اشرفیای کلی از محیط آبی با استفاده از نانو ذرات اکسیدروی سنتز شده به روش هیدروترمال

بهزاد شاهمرادی^۱، یحیی زند سلیمی^۲، مهرنوش جعفری^۳، بیان حسین زاده^۳، سامرند نزاری^۳

۱- استادیار، مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی بهداشت محیط، کارشناس مرکز تحقیقات بهداشت محیط، عضو کمیته تحقیقات

دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران (مؤلف مسئول) تلفن: ۰۸۷۱-۳۱۸۲۷۴۹۲

yzandsalimi@gmail.com-

۳- کارشناس، مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران

چکیده

زمینه و هدف: فرایندای فتوکاتالیتیک، به عنوان تکنولوژی جدید با هدف گندزدایی آب مورد توسعه و تحقیق قرار گرفته است، این فرایند بسیار مطلوب بوده و قادر است بدون تولید محصولات جانبی بسیار موثر واقع گردد. هدف از این مطالعه بررسی حذف فتوکاتالیستی باکتری اشرفیای کلی از آب با استفاده از نانو ذرات اکسید روی سنتز شده به روش هیدروترمال می باشد.

روش بررسی: پس از سنتز نانو ذرات اکسید روی و ویژگیهای نانو ذرات با استفاده از میکروسکوپ الکترونی SEM و روش تفرق اشعه X تعیین گردید. نمونه های آلوده به تعداد مشخص باکتری را در معرض نور فرابنفش با شدت ۳۰ وات قرار داده و کارایی حذف باکتریها را در شرایط pH برابر (۵/۵، ۷ و ۹)، غلظت نانو ذره (۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲ و ۵) گرم در لیتر، تعداد باکتری در نمونه ها برابر ($10^2 \times 1/5$ ، $10^3 \times 1/5$ ، $10^5 \times 1/5$ و $10^8 \times 1/5$) و زمانهای تماس (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۵ و ۶۰) دقیقه مورد بررسی قرار گرفتند. **یافته ها:** کارایی حذف اشرفیای کلی در pH=۷ بیشتر می باشد. همچنین با افزایش غلظت نانو ذره از ۰/۲۵ به ۵ گرم در لیتر راندمان از ۴۰ به ۹۸/۵ درصد افزایش یافت. افزایش زمان تماس و کاهش تعداد اولیه باکتری موجب افزایش کارایی حذف گردید.

نتیجه گیری: فرایند نانو فتوکاتالیستی به یک روش جدید و کارآمد برای حذف آلاینده های زیست محیطی تبدیل گردیده است. لذا استفاده از نانو ذرات اکسید روی توام با نور فرابنفش روش آنتی باکتریال مطمئنی بوده و در تصفیه مواد میکروبی می توان استفاده نمود.

واژه های کلیدی: اشرفیای کلی، فتوکاتالیت، اکسید روی، هیدروترمال

مقدمه

میکروبها از طریق نفوذ فاضلاب انسانی در آب آشامیدنی به انسان منتقل می‌شوند. بیماریهای مختلفی را به انسان انتقال می‌دهند. از جمله این بیماریها می‌توان وبا، حصه، اسهال خونی میکروبی، هپاتیت، سل، دیفتری را نام برد. سازمان بهداشت جهانی، دسترسی به آب آشامیدنی سالم را یکی از حقوق اساسی انسانها می‌داند. بر مبنای گزارشات این سازمان، حدود ۱/۱ میلیارد نفر در جهان از آب آشامیدنی سالم محروم هستند (۱). در کشورهای در حال توسعه حدود ۵۰ درصد از جمعیت در معرض آبهای آلوده هستند. تخمین زده می‌شود که استفاده از آبهای آلوده در دنیا باعث اسهال ۴ میلیارد نفر شود. همچنین مرگ ۲/۲ میلیون کودک زیر ۵ سال به دلیل استفاده از آب نا سالم گزارش شده است (۲).

در سیستم تصفیه آب آشامیدنی استفاده از باکتریهای شاخص، به نحویکه راندمان فرآیند گندزدایی آب را به خوبی بررسی نماید رایج است. باکتری اشرشیاکلی در حال حاضر، در بررسی راندمان تصفیه به عنوان شاخص استفاده میشود و اگر این باکتری در آب تصفیه شده یافت نشود نشان دهنده پاک بودن آب از آلودگیهای مدفوعی است (۲، ۳). اشریشیاکلی از باکتریهای شاخص آلودگی آب بامنشاء مدفوعی، گرم منفی، از خانواده انتروباکتریاسه است که در سال ۱۸۵۵ کشف شد. این باکتری بیهوازی اختیاری و بدون اسپور، اغلب متحرک می‌باشد. همچنین قادر به تخمیر گلوکز و تولید گاز است (۴).

فلزاتی نظیر مس، روی و کبالت از جمله مواد ضد باکتری موثر برای تکمیل خاصیت ضد باکتریای منسوجات به شمار می‌روند. نانوذرات نقره نیز برای بسیاری از باکتریهای گرم منفی و گرم مثبت این

خاصیت را دارا هستند اما هیچ ضرری به سلولهای انسانی و پستانداران نمی‌رساند (۵).

متداولترین روشهای گندزدایی آلودگیهای باکتریایی در آب استفاده از روشهای شیمیایی، ازن زنی، اشعه UV و فرآیندهای غشایی می‌باشد (۶). اخیرا فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته (Advanced Oxidation Processes) به دلیل کارایی بسیار بالا و همچنین عدم ایجاد آلودگی ثانویه مورد توجه قرار گرفته است (۷، ۸). فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته شامل UV، فنتون، ازن و التراسونیک و ... می‌باشد (۹). اساس این فرآیندها بر تولید رادیکال هیدروکسید (OH) در محیطهای آبی با استفاده از UV/H_2O_2 ، UV/TiO_2 ، UV/ZnO و H_2O_2 و ... می‌باشد (۱۰). از میان این روشها فرآیند احیای فتوکاتالیستی به عنوان یک تکنولوژی موثر در اکسیداسیون آلاینده های زیست محیطی مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این فرآیند از اشعه UV به عنوان یک کاتالیزور برای از بین بردن آلاینده استفاده می‌شود (۱۱). در فرآیند تجزیه فتوکاتالیستی، نانوذرات در نقش کاتالیست، فتونهای پر انرژی طیف UV را جذب نموده و متعاقب آن رادیکال هیدروکسیل که اکسیدکنندهای قوی است شکل می‌گیرد (۷). ویژگی ضد میکروبی نانو ذرات توجه محققین و صاحبان صنایع را به خود جلب کرده است (۱۲). یکی از مهمترین نانوذرات، اکسیدروی (ZnO) است که در بسیاری از کشورها در مقیاس صنعتی استفاده می‌شود (۶، ۱۳، ۱۴). مکانیسم عمل اکسید روی نیز شبیه سایر نانو ذرات است ولی بیشتر از طریق تخریب دیواره باکتری عمل می‌کند (۱۵). هنگامیکه نانوذرات اکسید روی تحت تابش پرتو فرابنفش در محیطهای مرئی قرار می‌گیرند سبب تحریک و برانگیختگی و فعال شدن الکترون باند ظرفیت و رفتن الکترون به باند هدایت می‌شوند. با

یک سیستم Bacth مورد بررسی قرار گرفت. به منظور انجام آزمایشات در هر روز، با استفاده از بافر سالین فسفات استریل شده، نمونه‌هایی با کدورت ۰/۵ مک فارلند معادل ($10^8 \times 1/5$ عدد باکتری در هر میلی‌لیتر) آماده گردیده، برای اطمینان از کدورت ایجاد شده، جذب آن به وسیله اسپکتروفتومتر مرئی - فرابنفش HACH (DR-5000) ساخت کشور آلمان در طول موج ۶۲۰ نانومتر قرائت و جذب در بین ۰/۰۸ تا ۰/۱ تنظیم شد. سپس با انجام رقیق‌سازی (با نسبت ۱ به ۱۰، ۱۰۰، ۱۰۰۰) تعداد باکتریها را مشخص کرده، سپس بعد از انجام فرایند در تمامی مراحل به منظور نمونه-برداری از سر سمپلهای استریل یک میلی‌لیتری استفاده و نمونه گرفته شده را روی محیط سترون BHIA کشت داده و برای مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوباتور قرار داده، با سپری شدن زمان فوق نتیجه رشد باکتری‌ها در هر نمونه با استفاده از رابطه ۱ تعیین و راندمان حذف مشخص گردید (۱۸).

$$E = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

CFU/100 ml=Ci اولیه

CFU/100 ml=Cf ثانویه

روش سنتز ZnO

مقدار ۶ گرم ($ZnAc_2 \cdot 2H_2O$) را به ۱۰۰ میلی‌لیتر (NaOH) اضافه و روی همزن قرار گرفته، در ادامه ۴۰ سی‌سی آب مقطر بدون یون را قطره قطره به آن افزوده و ۲۴ ساعت روی همزن قرار داده شد. سپس محلول فوق را سانتریفیوژ کرده و چند بار با آب مقطر بدون یون شستشو داده و در دمای $100^{\circ}C$ خشک گردید (۱۹). همچنین برای تایید نانو ذرات ZnO

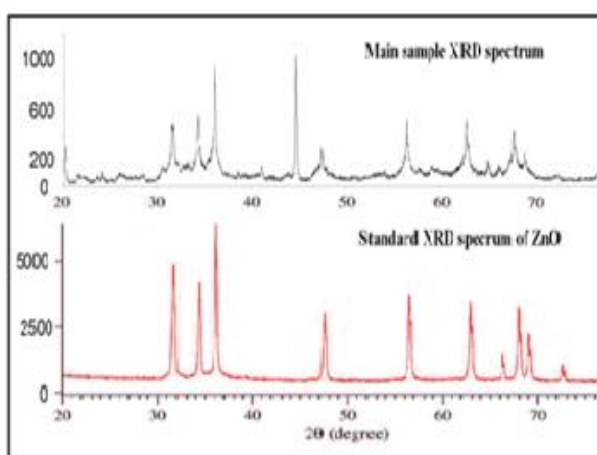
اینکار حفره‌هایی در باند ظرفیت ایجاد می‌شود که بسیار فعال بوده و می‌تواند مستقیماً با آلاینده‌های آلی جذب شده روی سطوح کاتالیست مثل باکتریهای آلوده کننده آب وارد واکنش شود و یا غیر مستقیم از طریق تشکیل رادیکال هیدروکسیل این کار را انجام دهد (۱۶). دیواره سلولی باکتریها محتوی انواع ملکولهای آلی است که در این فرآیند پراکسیداسیون فسفولیپیدهای غیراشباع باعث آسیب در غشای سلولی، نفوذپذیری غشاء و در نتیجه مرگ سلول می‌شود. میزان تخریب ایجاد شده به شدت نور و مدت زمان مجاورت UV/ZnO سیستم بستگی دارد (۱۷). با گسترش فناوری نانو، نانو مواد، نانو کاتالیست‌ها و نانو ذرات جدیدی گسترش یافتند که دارای بازدهی بالاتری بوده و می‌توانند به طور موثرتری مواد آلاینده را از آب حذف کنند. بعضی از این تکنولوژیها همچنان در مراحل تحقیقاتی هستند که با تکمیل اطلاعات مورد نیاز امکان استفاده از آنها در آینده میسر خواهد شد. هدف از انجام این مطالعه تعیین کارایی حذف فتوکاتالیستی باکتری اشیریشیاکلی از محیط آبی با استفاده از نانو ذرات اکسیدروی سنتز شده به روش هیدروترمال می‌باشد.

روش بررسی

در این مطالعه از لامپ فرابنفش ۱۵ وات ۴۵ سانیمتری ساخت شرکت فلیپس هلند، NaOH، ($ZnAc_2 \cdot 2H_2O$) ساخت شرکت مرک آلمان، باکتری گرم منفی اشیریشیاکلی (ATCC: ۲۵۹۲۲) به عنوان یکی از مهمترین باکتریهای شاخص آلودگی مدفوعی آب استفاده شد. نمونه باکتری فوق از آزمایشگاه مرجع تهیه گردید.

در این تحقیق تاثیر فرآیند فتوکاتالیست با استفاده از نانو ذره اکسید روی بر روی باکتری اشیریشیاکلی در

نشان داده شده است که اندازه ذرات را ۸۰ نانومتر تعیین نموده، از این رو توزیع اندازه ذرات مناسب می-باشد. تجزیه و تحلیل XRD برای تایید ساختار کریستالی و خلوص نانو ذرات اکسید روی استفاده شده است. مقایسه طیف XRD با طیف استاندارد اکسید روی که در شکل ۲ نشان داده شده است، مطابقت خوبی را نشان می‌دهد.



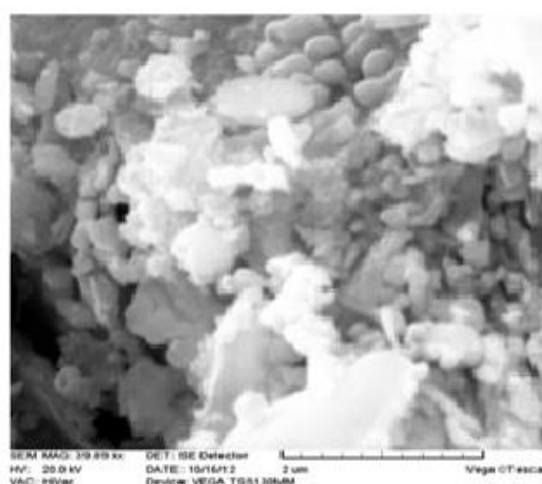
شکل ۲: طیف XRD نانو ذره سنتز شده و طیف استاندارد ZnO

هیدروکسیل است. نقطه پیک در 1350 cm^{-1} و 1550 cm^{-1} به دلیل ارتعاشات کششی گروه $\text{C}=\text{O}$ می‌باشد.

تشکیل شده از طیف سنج پراش اشعه ایکس (XRD) استفاده گردید و از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) برای تعیین قطر منافذ و شکل نانو ذرات اکسید روی استفاده گردید.

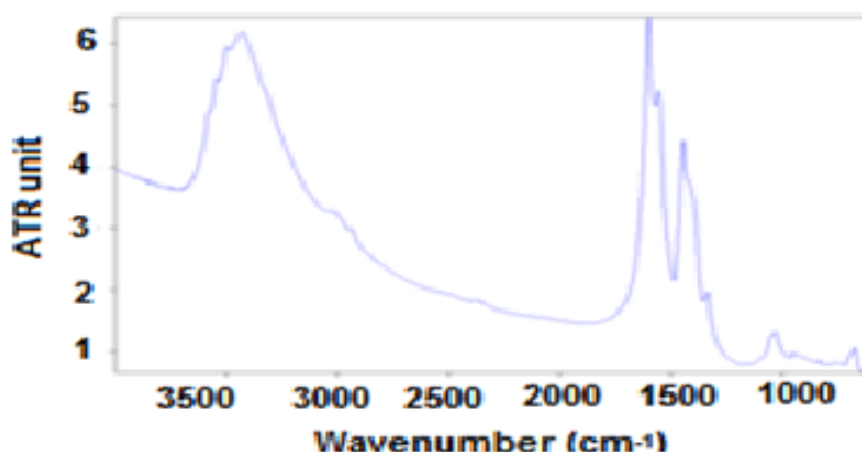
مشخصات نانو ذرات

از میکروسکوپ الکترونی برای توصیف شکل و اندازه ذرات اکسید روی استفاده شده است. در شکل ۱



شکل ۱: SEM نانو ذره ZnO

همینطور که در شکل ۳ طیف جذبی FTIR نانو ذرات اکسید روی نشان داده شده است. نقطه پیک در 3400 cm^{-1} نشان دهنده خاصیت جذب رادیکالهای

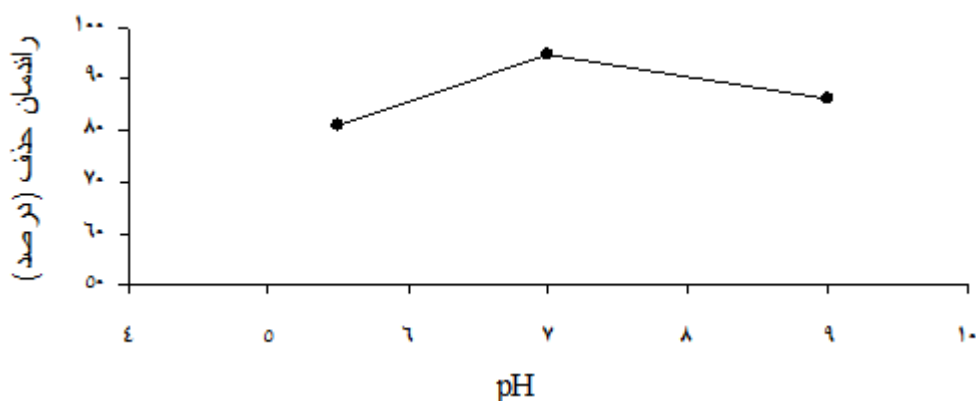


شکل ۳: طیف FTIR نانو ذره ZnO

یافته ها

است. پس از طی زمان مورد نظر راندمان حذف هر کدام از pH های ۵/۵، ۷ و ۹ به ترتیب برابر ۸۱، ۹۵ و ۸۶ درصد بدست آمد.

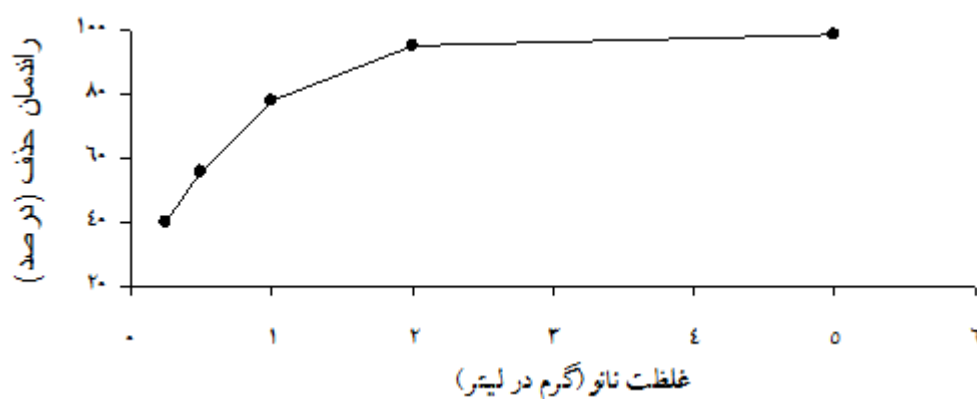
به منظور تعیین تاثیر pH نمونه‌هایی با تعداد $1/5 \times 10^3$ باکتری، pH ۵/۵، ۷ و ۹ با غلظت نانو ذره ۲ گرم در لیتر را آماده نموده و به مدت ۳۰ دقیقه در معرض نور لامپ فرابنفش با شدت ۳۰ وات قرار گرفته



نمودار ۱: تاثیر pH بر راندمان فتوکاتالیستی حذف E.Coli با نانو ذره اکسید روی

نموده و به مدت ۳۰ دقیقه در معرض نور لامپ فرابنفش با شدت ۳۰ وات قرار گرفته است. پس از طی زمان مورد نظر راندمان حذف هر کدام از غلظت‌ها به ترتیب برابر (۴۰، ۵۶، ۷۸، ۹۵ و ۹۸/۵) درصد بدست آمد.

تاثیر غلظت نانو ذره بر راندمان حذف فتوکاتالیستی باکتری اشرشیاکلی
به منظور تعیین تاثیر غلظت نانو ذره در فرایند حذف نمونه‌هایی با تعداد $1/5 \times 10^3$ باکتری $pH=7$ ، غلظت نانو ذره (۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲ و ۵) گرم در لیتر را آماده



نمودار ۲: تاثیر غلظت نانو ذره بر راندمان فتوکاتالیستی حذف E.Coli

در معرض نور لامپ فرابنفش با شدت ۳۰ وات قرار داده شده است که در پایان راندمان حذف هر کدام از نمونه‌ها به ترتیب برابر (۱۰۰، ۹۵، ۷۱ و ۴۸/۵) درصد بدست آمد.

تاثیر غلظت باکتریها بر راندمان حذف فتوکاتالیستی باکتری اشرشیاکلی

به منظور تاثیر غلظت باکتری در کارایی فرایند حذف نمونه‌هایی با pH برابر ۷، غلظت نانو ذره ۲ گرم در لیتر و تعداد باکتری برابر ($1/5 \times 10^2$ ، $1/5 \times 10^3$ ، $1/5 \times 10^5$ و $1/5 \times 10^8$) تهیه گردید و به مدت ۳۰ دقیقه

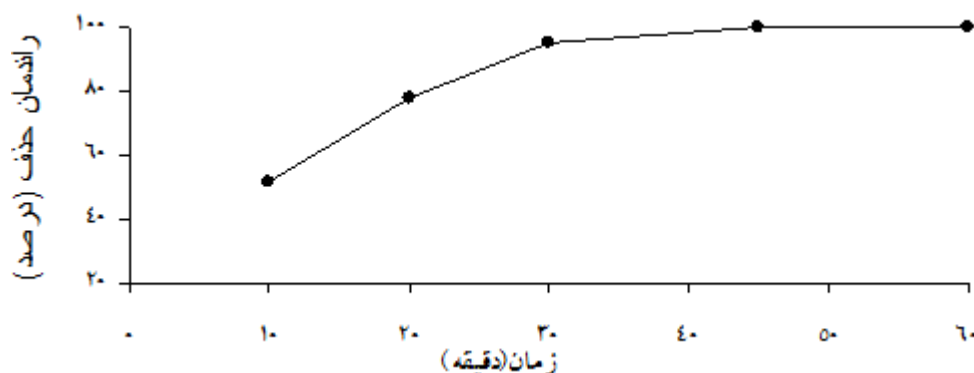
جدول ۱: تاثیر غلظت اولیه باکتری در حذف فتوکاتالیستی

تعداد باکتری	pH	غلظت نانو g/l	زمان min	شدت لامپ W	راندمان حذف %
$1/5 \times 10^2$	۷	۲	۳۰	۳۰	۱۰۰
$1/5 \times 10^3$					۹۵
$1/5 \times 10^5$					۷۱
$1/5 \times 10^8$					۴۸/۵

۲۰، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه در معرض نور لامپ فرابنفش با شدت ۳۰ وات قرار گرفته است. پس از طی زمان مورد نظر راندمان حذف هر کدام از زمانها به ترتیب برابر (۵۱/۵، ۷۸، ۹۵، ۱۰۰ و ۱۰۰) درصد بدست آمد.

تاثیر زمان تماس بر راندمان حذف فتوکاتالیستی باکتری اشرشیاکلی

برای تعیین تاثیر زمان تماس در فرایند حذف نمونه‌هایی با تعداد $1/5 \times 10^3$ باکتری، pH=۷، غلظت نانو ذره ۲ گرم در لیتر را آماده نموده و با زمانهای (۱۰،



نمودار ۳: تاثیر زمان تماس بر راندمان فتوکاتالیستی حذف E.Coli با نانوذره اکسید روی

بحث و نتیجه گیری

حذف عوامل عفونی بیماریزا از آب آشامیدنی یکی از نگرانی‌های صنعت آب در سطح جهان است (۳). فرایندهای فتوکاتالیتیک، به منظور حذف این عوامل بسیار مطلوب می باشند و قادر هستند در اکثر مواقع بدون تولید محصولات جانبی بسیار موثر واقع گردد. طی فرایندهای فتوکاتالیتیک رادیکالهای هیدروکسیل و سوپر اکسید تولید شده، ترکیبات آلی جذب شده به روش شیمیایی را مورد حمله قرار داده و با تبدیل به H_2O و CO_2 به طور کامل معدنی می کنند (۲۰، ۲۱). ترکیبات مختلفی مانند TiO_2 ، V_2O_5 ، ZnO ، ZrO_2 ، Fe_2O_3 ، SnO_2 و CdO با قابلیت فتوکاتالیتیک برای استفاده در تصفیه آب مورد تحقیق قرار گرفته اند. به عنوان مثال، قدرت گندزدایی آب برای حذف اشریشیاکلی با استفاده از TiO_2 و پرتوی فرابنفش بیشتر از ۲۷ برابر زمانی است که فقط از پرتو فرابنفش استفاده می شود (۶).

حذف فتوکاتالیستی باکتریهای اشریشیاکلی توسط نانو ذرات ZnO در حضور نور UV افزایش می یابد. زیرا در شرایط استفاده از لامپ UV و ZnO برای تولید یک الکترون حفره فعال می شود و به عنوان یک عامل اکسیدکننده عمل می کند ($ZnO-h^+$)، تولید جفت الکترون برای فرآیند اکسیداسیون مهم است. در

این فرآیند ملکولهای آب H^+ ، OH^- با یک حفره تقسیم می شوند در نتیجه ملکولهای اکسیژن حل شده در آب با H^+ تولید شده، در شروع واکنش تشکیل یک رادیکال پراکسید هیدروژن می نماید (۲۲). رادیکال هیدروکسیل مستقیماً با باکتریهای آلوده کننده آب وارد واکنش فتوکاتالیستی می شود. نتایج این مطالعه نشان می دهد که بیشترین راندمان حذف باکتری در pH برابر ۷ اتفاق می افتد. کارایی حذف در pH بالا به علت تشکیل رسوب هیدروکسید روی سطح ZnO باعث جلوگیری از تابیدن نور UV به سطح ZnO شده و تشکیل رادیکالهای OH^- کاهش می یابد (۱). در تحقیقی که رحمانی و همکاران انجام دادند نتایج حاکی از آن است که در فرآیند فتوکاتالیست UV/ TiO_2 با افزایش pH تعداد مرگ باکتریها کاهش یافته است و بیشترین تعداد مرگ باکتریها در pH=۷ اتفاق افتاده است (۲۳).

در نمودار ۲ تاثیر غلظت نانو ذره بر کارایی حذف فتوکاتالیتیکی اشریشیاکلی نشان داد که با افزایش غلظت نانو ذره کارایی حذف افزایش می یابد، باید به این نکته نیز توجه نمود که این افزایش فقط تا حد معینی موجب افزایش راندمان می گردد و اگر بیشتر از آن مقدار گردد تاثیر چشمگیری نخواهد داشت. همچنین با افزایش تعداد باکتریها درصد مرگ آنها

نانو ذرات، شرایط کشت باکتری و تفاوت‌های سویه‌ای باشد. به طوری که مشخص شده است که اندازه نانو ذرات در سمیت آنها تاثیر گذار است (۲۳).

در این مطالعه نیز همانند مطالعات سایر محققین این ماده خاصیت ضدباکتریایی از خود نشان داد. همچنین مشخص شد که میزان غلظت ممانعت کننده از رشد باکتری‌ها بسته به pH، غلظت نانو ذره، تعداد باکتری و زمان تماس باکتریها با نور فرابنفش متفاوت می‌باشد.

تشکر و قدردانی

از کمیته تحقیقات دانشجویی و دانشکده بهداشت دانشگاه دانشگاه علوم پزشکی کردستان به منظور حمایت مالی از این تحقیق و فراهم نمودن امکانات لازم کمال تشکر را داشته و قدردانی می‌گردد.

کاهش می‌یابد زیرا با افزایش تعداد باکتریها روی سطح اکسید روی از واکنش باکتریها با حفره‌های فوتونی تولید شده و رادیکال هیدروکسید به علت عدم واکنش مستقیم بین آنها جلوگیری می‌کند (۱). همانطور که در قسمت نتایج نیز اشاره شده است با افزایش زمان تماس باکتری با نور فرابنفش و نانو اکسید روی درصد مرگ باکتریها افزایش یافته است، زیرا محل‌های جذب و رادیکالهای آزاد هیدروکسیل بیشتری ایجاد شده و موجب کارایی بیشتر فرآیند می‌گردد. طی مطالعه حذف فتوکاتالیتیک باکتری اشیشیاکلی توسط دانلوب و همکاران، نشان داده شد که افزایش شدت تابش با افزایش میزان گندزدایی رابطه خطی دارد (۲۵). دلیل اصلی تفاوت این مطالعه با مطالعات دیگر می‌تواند در روش سنتز نانو ذرات اکسید روی، اندازه

منابع:

1. Alrousan DM, Dunlop PS, McMurray TA, Byrne JA. Photocatalytic inactivation of E. coli in surface water using immobilised nanoparticle TiO₂ films. *Water research*. 2009;43(1):47-54.
2. Belapurkar A, Sherkhane P, Kale S. Disinfection of drinking water using photocatalytic technique. *Current Science*. 2006;91(1):73.
3. Christensen P, Curtis T, Egerton T, Kosa S, Tinlin J. Photoelectrocatalytic and photocatalytic disinfection of E. coli suspensions by titanium dioxide. *Applied Catalysis B: Environmental*. 2003;41(4):371-86.
4. Pepper L, Charles P. Gerba and Terry J. *Environmental Microbiology*. Arizona State: Academic Press. Second Edition. 2000, P:491-493.
5. Rai M, Yadav A, Gade A. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnology advances*. 2009;27(1):76-83.
6. Handy RD, Von der Kammer F, Lead JR, Hassellöv M, Owen R, Crane M. The ecotoxicology and chemistry of manufactured nanoparticles. *Ecotoxicology*. 2008;17(4):287-314.
7. Lopez T, Alvarez M, Tzompantzi F, Picquart M. Photocatalytic degradation of 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid and 2, 4, 6-trichlorophenol with ZrO₂ and Mn/ZrO₂ sol-gel materials. *Journal of sol-gel science and technology*. 2006;37(3):207-11.
8. Parga J, Shukla S, Carrillo-Pedroza F. Destruction of cyanide waste solutions using chlorine dioxide, ozone and titania sol. *Waste management*. 2003;23(2):183-91.
9. Anju S, Jyothi K, Sindhu Joseph SY, Yesodharan E. Ultrasound assisted semiconductor mediated catalytic degradation of organic pollutants in water: Comparative efficacy of ZnO, TiO₂ and ZnO-TiO₂. *Research Journal of Recent Sciences*

2012;2277:2502.

10. Emami-Karvani Z, Chehraz P. Antibacterial activity of ZnO nanoparticle on gram-positive and gram-negative bacteria. *Afr J Microbiol Res.* 2011;5(12):1368-73.
11. Chang HT, Wu N-M, Zhu F. A kinetic model for photocatalytic degradation of organic contaminants in a thin-film TiO₂ catalyst. *Water research.* 2000;34(2):407-16.
12. Hoseinzadeh E, Samarghandi MR, Alikhani MY, Godini H, Shams Khorramabadi G. Sensitivity Coefficient and Death Kinetics of Escherichia Coli and Staphylococcus Aureus to Zinc Oxide and Copper Oxide Nanoparticles. *Journal of Isfahan Medical School.* 2012;30(200).
13. Bitton G. *Wastewater Microbiology*, New York, Wiley-Liss Pub, Third Edition. 2005, P:76-89.
14. Ostrowski AD, Martin T, Conti J, Hurt I, Harthorn BH. Nanotoxicology: characterizing the scientific literature, 2000–2007. *Journal of Nanoparticle Research.* 2009;11(2):251-7.
15. Reeves JF, Davies SJ, Dodd NJ, Jha AN. Hydroxyl radicals (OH) are associated with titanium dioxide (TiO₂) nanoparticle-induced cytotoxicity and oxidative DNA damage in fish cells. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis.* 2008;640(1):113-22.
16. Zhou H, Smith DW. Advanced technologies in water and wastewater treatment. *Journal of Environmental Engineering and Science.* 2002;1(4):247-64.
17. Ireland JC, Klostermann P, Rice EW, Clark RM. Inactivation of Escherichia coli by titanium dioxide photocatalytic oxidation. *Applied and environmental microbiology.* 1993;59(5):1668-70.
18. Rajan C. Nanotechnology in groundwater remediation. *International Journal of Environmental Science and Development.* 2011;2(3):182-7.
19. Kansal SK, Ali AH, Kapoor S. Photocatalytic decolorization of biebrich scarlet dye in aqueous phase using different nanophotocatalysts. *Desalination.* 2010;259(1):147-55.
20. Sun DD, Tay JH, Tan KM. Photocatalytic degradation of E. coliform in water. *Water Research.* 2003;37(14):3452-62.
21. Chai Y-S, Lee J-C, Kim B-W. Photocatalytic disinfection of E. Coli in a suspended TiO₂/UV reactor. *Korean Journal of Chemical Engineering.* 2000;17(6):633-7.
22. Rahmani A, Samarghandi M, Samadi M, Nazemi F. Photocatalytic disinfection of coliform bacteria using UV/TiO₂. *Journal of research in health sciences.* 2009;9(1):1-6.
23. Jiang W, Mashayekhi H, Xing B. Bacterial toxicity comparison between nano-and micro-scaled oxide particles. *Environmental Pollution.* 2009;157(5):1619-25.

Original paper

Photocatalytic Removal of Escherichia Coli from water by ZnO Nanoparticles Synthesized by the hydrothermal method

Shahmoradi B¹, Zandsalimi Y², Jafari M³, Hosseinzadeh B³, Nazazi S³

1. Faculty of Environmental Health Dept., Environmental Health Research Center, Kurdistan University of Medical Science, Sanandaj, Iran.

2. MSc of Environmental Health Engineering, Environmental Health Research Center, Kurdistan University of Medical Science, Sanandaj, Iran. (Corresponding Author) Tel: +98-87-31827492, yzandsalimi@gmail.com

3. BSc of Environmental Health Engineering, Kurdistan University of Medical Science, Sanandaj, Iran

Abstract

Background and Aim: Photocatalytic processes are developed and investigated as new technologies for the purpose of water disinfection. It was a very good process and can be very effective with no side products. The purpose of this study is Photocatalytic removal of Escherichia Coli from water by ZnO Nanoparticles synthesized by the hydrothermal method.

Materials and Methods: After the synthesized of ZnO Nanoparticles, characteristics of nanoparticles was determined by using SEM electron microscopy and X-ray diffraction methods. specified number of samples that contaminated with bacteria exposed to UV light with an intensity of 30 watt. And bacteria removal efficiency were examined in equal pH (5.5, 7 and 9), nanoparticle concentration (0.25, 0.5, 1, 2 and 5) grams per liter, the number of bacteria in the samples (1.5×10^2 , 1.5×10^3 , 1.5×10^5 and 1.5×10^8) and exposure times (10, 20, 30, 45 and 60) minutes.

Results: efficiency removal of E. coli in pH=7 is higher. Also with increasing nanoparticle concentration from 0.25 to 5 to 5 grams per liter, efficiency Increased from 40 to 98/5 percent. Removal efficiency was enhanced with increasing the contact time and reduce the number of E. coli bacteria.

Conclusion: Nano-photocatalytic process has become to a new and efficient method for the removal of environmental pollutants. The use of zinc oxide nanoparticles with ultraviolet light is safe antibacterial method and can be used in the purification of biological materials.

Keywords: Escherichia coli, photocatalyst, ZnO, hidrothermal