مجله سلامت و محیط، فصلنامهی علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران

دوره هشتم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۴، صفحات ۱۸۱ تا ۱۹۰

بررسی اثر فتوکاتالیستی نانو ذرات اکسید روی تثبیت شده روی شیشه در حذف مواد آلی طبیعی از محلولهای آبی

مريم السادات منصوري "، حاتم گوديني"، قدرت اله شمس خرم آبادي"

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۳/۲۷

چکیدہ

زمینه و هدف: مواد آلی طبیعی از پیش سازهای اصلی محصولات جانبی گندزدایی هستند. با توجه به این که روش های معمول گندزدایی قادر به تامین استاندارد ترکیبات جانبی گندزدایی نیست، از روش های نوینی نظیر اکسیداسیون فتوکاتالیستی با استفاده از UV/ZnO برای حذف این ترکیبات استفاده می شود. هدف از این مطالعه بررسی اثر فتوکاتالیستی نانوذرات اکسید روی بر حذف مواد آلی طبیعی از محلول های آبی است. روش بررسی: این مطالعه یک مطالعه تجربی است که با استفاده از یک راکتور ناپیوسته در مقیاس آزمایشگاهی انجام شده است. حجم IL بوده و روی آن با لامپ UV پوشانده و از پمپ پریستالتیک جهت اختلاط کامل استفاده شده است. در این تحقیق از اسید هیومیک بعنوان شاخص مواد آلی طبیعی استفاده گردیده است. تغییرات غلظت اسید هیومیک با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۲۵۴۳ روشت مواد آلی طبیعی استفاده گردیده است. تغییرات غلظت اسید هیومیک با استفاده از دستگاه اسید هیومیک مورد بر موتی بر مدفرات ای سیکتروفتومتر در طول موج ۲۵۴۳

یافته ها: حذف بهینه اسید هیومیک با استفاده از نانوذرات تثبیت شده روی تحت تابش اشعه ماورابنفش با شدت تابش ۳۹۵۰ µw/Cm در زمان pH ،۱۲۰min برابر با ۳، غلظت اولیه 1 mg/L (۱۰۰٪ حذف) حاصل شد.

نتیجه گیری: این تحقیق نشان داد که کارایی سیستم فتوکاتالیستی با افزایش زمان و شدت تابش افزایش و با افزایش غلظت اولیه و pH کاهش مییابد. بنابراین استفاده از فرایند پاک و بدون باقیمانده فتوکاتالیستی UV/ZnO یک روش کارامد در حذف مواد آلی طبیعی است.

واژگان کلیدی: مواد آلی طبیعی، اسید هیومیک، محصولات جانبی گندزدایی، اکسیداسیون فتوکاتالیستی

۲- دکتری بهداشت محیط، دانشیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی لرستان ۳- دکترای بهداشت محیط، دانشیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی لرستان

mary.mansoury@gmail.com

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-13

۱- (نویسنده مسئول): دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی لرستان

مقدمه

مواد آلی طبیعی موجود در منابع آبی مشکلات زیادی به ویژه در تصفیه متداول آب ایجاد می کند. از جمله اختلال در عملکرد فرایندهای اکسیداسیون، انعقاد و جذب و مهمترین اثر این ترکیبات واکنش کلر با این ترکیبات و ایجاد محصولات جانبی کلرزنی است(۳–۱). مواد آلی طبیعی مخلوطی از مواد آلی شامل اسید هیومیک، اسید فولویک، اسید هیدروفیلیک، پروتئین، لیپید، هیدروکربن و اسیدهای آمینه است. ترکیبات هیومیکی از مهمترین مواد آلی طبیعی محسوب می شوند(۳). مطالعات انجام شده بر روی آبهای گندزدایی شده با کلر مشخص می کند. جانبی گندزدائی تولید می شود(۴،۵). عمدهترین این ترکیبات، تریهالومتانها(HAA) و هالواستیکاسیدها(HAA) هستند. این ترکیبات سمی، سرطان ا و جهش زا هستند(۸–۶).

یل و یا حدف مواد آلی از روش هایی چون کواگولاسیون، جذب جهت حذف مواد آلی از روش هایی چون کواگولاسیون، جذب توسط کربن فعال، تعویض یون، الکترولیز، فیلتراسیون، تجزیه بیولوژیکی، ازناسیون و غیره استفاده می شود که هر کدام دارای معایبی است(۱۵–۹).

با توجه به اینکه بیشتر فرایندهای متداول تصفیه آب قادر به تامین حداقل DOC (کربن آلی محلول) نیست، لذا در سالهای اخیر روشهای نوینی از جمله اکسیداسیون پیشرفته (AOP) مورد توجه قرار گرفته است. در فرایند اکسیداسیون پیشرفته با استفاده از تولید رادیکال هیدروکسیل (OH⁰) پیشرفته با استفاده از تولید رادیکال هیدروکسیل (OH⁰) از بین می روند. رادیکالهای هیدروکسیل در محیطهای آبی با استفاده از 2₀H₂O₂, UV/H₂O₂, JN/UV/TiO با استفاده از 2₀H₂O با کارید دا دارید پیشرفته بخصوص فتوکاتالیستی، مزایای زیادی نسبت به فرایندهای تصفیه متداول دارند. AOP باعث کاهش لجن تولیدی شده و حذف DOC را افزایش می دهد(۱۸،۱۷).

هادی نظیر ZnO برای برانگیختگی نوری الکترونهای مدار ظرفیت به مدار هدایت تحت تاثیر اشعه UV استفاده می شود.

این الکترون های برانگیخته منتقل شده به مدار هدایت به همراه حفره های مثبت ایجاد شده در مدار ظرفیت کاتالیست، به منظور تولید رادیکال هیدروکسیل مورد استفاده قرار می گیرند(۲۲-۱۹).

در سال Asgari ۲۰۱۲ و همکاران با استفاده از ازنزنی کاتالیـزوری با کربن فعال اسـید هیومیک را بـا ۹۵٪ راندمان حــذف کردنــد(۲۳). در سـال ۲۰۱۱ Godini و همکاران با استفاده از کربن فعال پوشش داده شده توسط آهن، حذف اسید هیومیک از آب را بررسی کردند(۲۴). در سال Mori ۲۰۱۳ و همکاران تجزیه نوری اسید هیومیک و مواد آلی طبیعی را با استفاده از فیلتر سرامیکی پوشش داده شده با دیاکسید تيتانيوم (TiO₂) و پتانسيل تشكيل تركيبات جانبي گندزدايي بررسمی کردند و نتیجه گرفتند که میزان تشکیل محصولات جانبی گندزدایی بطور چشمگیری به حذف TOCو جذب Penru ۲۰۱۲ در محلول بستگی دارد(۲۵). در سال ۲۰۱۲ و همکاران تاثیر شوری بر تجزیه اسید هیومیک را توسط UV و UV/H₂O₂ بررسی کردند. نتایج نشان داد که pH بالا و افزایش دوز H₂O₂ حذف اسید هیومیک را افزایش داد. در حضور يون كلريد تجزيه اسيد هيوميك هم كاهش يافت(٢۶). در این مطالعه از ZnO برای حذف فتو کاتالیستی مواد آلی طبيعى استفاده شده است كه قابليت بالاترى در جذب طيف وسيعي از امواج الكترومغناطيسي و در توليد الكترون نسبت به دى اكسيد تيتانيوم دارد(٢٧).

هدف از این مطالعه بررسی اثر فتوکاتالیستی نانوذرات اکسید روی تثبیت شده بر روی شیشه بر حذف مواد آلی طبیعی از محلولهای آبی است. در مطالعه حاضر نیازی به افزودن مواد شیمیایی به آب نیست بنابراین لجنی تولید نخواهد شد. همچنین با تثبیت نانو ذرات ZnO روی شیشه، نیازی به فیلتراسیون اضافی برای حذف کاتالیستهای معلق نیست.

مواد و روشها

این تحقیق در مقیاس آزمایشگاهی انجام گرفت. در این مطالعه تجزیه فتوکاتالیســتی مواد آلی طبیعــی (NOM) با نانوذرات



راکتور استفاده شده از جنس پلکسی گلاس است که جهت اختلاط كامل محلول به پمپ پريستالتيك (Heidolph pump drive 5001) متصل شد. نانوذرات اکسید روی مورد استفاده از شرکت نانو آمور (آمریکا) خریداری شد و با استفاده از تکنیکهای پرتو ایکس (XRD) و میکروسکوپ الكتروني عبوري (TEM) مشخصات فيزيكي نانو ذرات تعيين شــد. پس از تعيين خصوصيات نانوذرات اكسيد روى، سوسپانسیون ۳٪ از نانو ذرات تهیه و روی همزن مغناطیسی بهم زده شـد و بعـد از آن از حمام اولتراسونیک تحت اثر امواج ماوراصوت استفاده شد. سپس ۵ mL روی شیشه پخش شــده و در دمای ۴۰⁰C در فور گذاشــته شد و پس از آن به مدت h ادر دمای ۱۱۰ ^۵C در فور قرار گرفتند. سپس به مدت h در دمای ۴۵۰^۰C در کوره گذاشته شد. آزمایش SEM (میکروسکوپ الکترونی روبشی) بر روی نانو ذرات اکسید روی تثبیت شـده بر روی شیشه صورت گرفت(۳۱). شماتيک راکتور بصورت زير است:



شکل ۱- شماتيک راکتور

کارایی سیستم نانوفتوکاتالیستی UV/ZnO در حذف NOM با بررسی متغیرهایی از قبیل تاثیر پرتو فرابنفش و کاتالیزور ZnO هر کدام به تنهایی، غلظت اولیه اسید هیومیک و مدت زمان پرتودهی، شدت تابش و PH در حذف مواد آلی ۲mg/L مدت زمان پرتودهی، شدت تابش و PH در حذف مواد آلی تیا Lmg/L گردید. در این آزمایش غلظتهای ۲۰۳۳ مای تیا Lmg/C و ۲۰۳۰ ، ۳۰mg/L و ۳۵۹۰ و زمانهای ۲۵۷۰، ۳۷۲۰، ۲۸۴۰، ۲۸۴۰ و ۱۹ و شدت تابش های ۲۵۷۰، ۲۸۴۰ ، ۲۸۴۰ و ۵۰۱ و موته و زمانهای ۲۵۷۰، ۲۰۳۰ بررسی شدند. آزمایش برای هر نمونه مه بار تکرار شد و در نهایت میانگینها با استفاده از نرمافزار SPSS و آنالیز واریانس یکطرفه مقایسه گردید. نمودارها توسط نرمافزار Excel رسم شد.

يافتهها

نتایج آزمونهای XRD, SEM, TEM در شکلهای ۲ تا ۴ آورده شده است. طیف XRD که در شکل ۲ آورده شده است نشان می دهد که فاز بلوری هگزاگونال است(Wurtzite) و هیچ ناخالصی ندارد. پیکهای تیز نشان دهنده تبلور خوب نانوذرات ZnO است. صفحات کریستالو گرافی انعکاس بر روی تصویر نشان داده شده اند. تصویر MES و TEM نیز که در شکل ۳ و ۴ آمده است، بطور واضح تشکیل نانوذرات ZnO کروی را نشان می دهد که در کنار هم تجمع یافته اند.

دوره هشتم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۴ سال می و گی فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایر ان



نمودار ۱- راندمان حذف اسید هیومیک توسط ZnO در pH خنثی

جهت تعیین نقش اشعه ماورا بنفش به تنهایی در حذف اسید هیومیک، از اشعه UV با شدت تابش ۳۹۵۰ در زمانهای مختلف و در غلظتهای ۲mg/L تا ۲mg/L از اسید هیومیک در pH برابر با ۷ استفاده شد. نتایج حاصل از این آنالیز در نمودار شماره ۲ نشان داده شده است.



نمودار شماره ۲- راندمان حذف اسید هیومیک توسط اشعه UV با شدت پرتودهی ۳۹۵۰ به۳۹۵۰ pH خنثی

جهت تعیین تاثیر متغیرهای مختلف در حذف اسید هیومیک در سیستم فتوکاتالیستی UV/ZnO، ابتدا اثر غلظت اولیه اسید هیومیک و زمان پرتودهی بررسی شد. در این بخش از مطالعه میزان حذف HA با غلظتهای اولیه متفاوت از اسید هیومیک و در زمانهای ۱۵min تا ۱۸۰min، Pfبرابر ۷، شدت پرتودهی μw/cm² انجام شد. نتایج حاصل از این آنالیزها در نمودار شماره ۳ نشان داده شده است.



شکل۲ – تکنیکهای پرتو ایکس (XRD) نانوذرات اکسید روی



شکل ۳ – عکس میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) نانوذرات اکسید روی



شکل ۴ – عکس میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM) از ZnO) از تثبیت شده روی شیشه (بزرگنمایی ۳۰۰۰۰)

برای تعیین اثر ZnO به تنهایی در حذف اسید هیومیک، غلظتهای ۲mg/L تا ۳۰mg/L اسید هیومیک در زمانهای مختلف در pH برابر با ۷ بررسی شد. نتایج حاصل از این آنالیز در نمودار شماره ۱ نشان داده شده است.

م می می و محط دوره هشتم/ شماره دوم/ تابستان ۹۴^س فصلنامه علمى پژوهشى انجمن علمى بهداشت محيط ايران



نمودار ۳– تاثیر غلظت اولیه اسید هیومیک و مدت زمان پرتودهی در حذف HA در PH خنثی، شدت پرتودهی ۳۹۵۰ (۳۹۵۰)

در مرحله بعد میزان تاثیر شدت تابش اشعه UV در فرایند UV/ZnO بر راندمان حذف اسید هیومیک تعیین گردید. این آزمایشات در ۵ سطح تابش ۳۹۸۰، ۲۰۳۰ ، ۲۸۴۰، ۳۵۷۰،۳۷۲۰ و ۳۹۵۰ در زمان ۱۸۰min برابر با ۷ و غلظت ۲mg/L انجام شد. نتایج حاصل از این آنالیز در نمودار شماره ۴ مشخص شده است.



نمودار ۴– تاثیر شدت تابش در حذف اسید هیومیک در فرآیند UV/ZnO (در غلظت اولیه ۲mg/L خنثی)

در مرحله دیگر، تاثیر تغییرات pH در فرایند UV/ZnO بر راندمان حذف HA تعیین گردید. آزمایشات در ۵ سطح pH شامل ۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۱ و در زمانهای ۱۵ تا mH شامل ۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۱ و در زمانهای و شدت تابش ۱۸۰ min اسید هیومیک و شدت تابش نمودارشماره ۵ نشان داده شده است.



جهت اطمینان از وارد نشدن نانوذرات به محلول آبی آزمون روی خروجی انجام شد. به این ترتیب که میزان فلز روی در ابتدا و انتهای آزمایش توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. نتایج در ابتدا و انتهای آزمون یکسان بوده و مقدار آن ۱۳/۰۵۱ mg/L

بحث

در این تحقیق، جهت تعیین بهترین محدوده کارایی سیستم نانو فتوکاتالیستی UV/ZnO، غلظت اولیه مواد آلی طبیعی، pH، زمان در معرض تابش پرتو و شدتهای مختلف لامپ در حالت ناپیوسته مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نمودار شماره ۱، نتایج حاصل از اثر فتوکاتالیست ZnO به تنهایی در حذف اسید هیومیک گویای آن است که مقدار ثابت ZnO تثبیت شده روی شیشه به تنهایی در HA که مقدار ثابت ZnO تثبیت شده روی شیشه به تنهایی در حذف اسید هیومیک کارامد نیست و این مقدار اندک HA بدلیل جذب سطحی مولکول اسید هیومیک بر سطح کاتالیست تثبیت شده است که با افزایش زمان تماس، مقدار حذف اسید هیومیک، بدلیل جذب سطحی HA افزایش یافته است(۳۲). این نتایج با مطالعات Mori و همکاران، Kitis و همکاران و Mijin و همکاران مطابقت دارد (۲۵، ۳۳و۳۳).

نتایج بدســت آمده از تاثیر اشــعه ماوراء بنفش بــه تنهایی در

دوره هشتم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۴ سالمی و کل فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایر ان

حذف اسيد هيوميک در نمودار شـماره ۲ نشـان میدهد که فتوليز مسـتقيم نمیتواند اسـيد هيوميک را کاملا معدنی سازد و بـه مقـدار کمی موجب تجزيه آن میشـود. نتايج مشـابهی Huanga و همکاران، Lamsal و همکاران، Huoberdorf به و همکار در تجزيه مواد آلی طبيعی تحت تابش اشـعه UV به تنهايی گزارش شده است (۳۷–۳۵). محققان نامبرده طی انجام آزمايش با لامپهای UV متوجه شـدند که اشعه ماوراء بنغش به تنهايی نمیتواند راديکال هيدروکسـيل (عامل اصلی تجزيه کننده آلاينده) را به مقدار کافی توليد کند و در نتيجه به تنهايی میتواند کمی اسيد هيوميک را حذف کند(۳۲).

بنابرایـن اصـلاح فراینـد UV و تغییر شـرایط واکنش برای دسـتیابی به راندمان بالاتری از حذف مواد آلی طبیعی پیشنهاد می گردد که در زیر به آن اشاره شده است.

نمودار شـماره ۳ نشـاندهنده تاثیر غلظت اولیه اسید هیومیک و زمان پرتودهی در حذف HA در فرایند UV/ZnO اسـت. همانگونه که مشاهده می شود با افزایش غلظت اسید هیومیک از ۲mg/Lبه ۲mg/L ، میزان حذف اسید هیومیک کاهش یافته است. نتایج آنالیز آماری مقایسه میانگینها نشان داد که میانگین راندمان حذف اسـید هیومیک در دو غلظت اولیه ۲mg/L

HA تفاوت معنی داری داشته است (۹۰/۰۰).
تاثیر غلظت اولیه اسید هیومیک در تجزیه HA توسط تاثیر غلظت اولیه اسید هیومیک در تجزیه KA توسط کاتالیست بدلیل تولید رادیکالهای فعال هیدروکسیل و تجزیه ساختار اسید هیومیک با این رادیکال توجیه می شود (۳۸).
نادمان حذف اسید هیومیک با اوزایش زمان واکنش و کاهش غلظت اولیه اسید هیومیک افزایش می یابد. بر اساس نتایج بدست آمده، در غلظتهای بالاتر، مقادیر بیشتری از HA بدست آمده، در غلظتهای بالاتر، مقادیر بیشتری از GA کاهش روی صفحات تثبیت شده با نانو ذرات جذب شده که باعث مولکول اسید هیومیک با رادیکالهای فعال هیدروکسیل و تولید روی مفحات شده با نانو ذرات جذب شده که باعث مولکول اسید هیومیک با رادیکالهای فعال هیدروکسیل تولید مولکول اسید هیومیک با رادیکالهای فعال هیدروکسیل مولید مولید می می شره و کامش شده و حفرهای الکترونی می شود (۳۸).

Li و همکاران در مطالعه دیگری با بررسی تجزیه فتوکاتالیستی اسید هیومیک با استفاده TiO₂ پس از ۲/۵h به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت HA از ۵mg/L تا ۲۰mg/L

راندمان حذف کاهش یافت(۳۹). نتایج حاصل با مطالعات Huanga و همکاران کاملا مطابقت دارد(۳۷). از نظر زمان پرتودهی نیز برخورد پرتو ماورابنفش با سطح

کاتالیست ZnO موجب آزاد شدن جفت الکترون - فره می شود. بنابراین هر چه زمان تابش افزایش یابد، میزان الکترون های بیشتر و در نتیجه رادیکال هیدروکسیل بیشتری تولید شده و رادیکال فعال هیدروکسیل فرصت کافی برای تجزیه مولکول اسید هیومیک را خواهد داشت. در نتیجه با افزایش زمان واکنش، راندمان حذف افزایش مییابد(۳۸). در مطالعات Dehghani fard و همکاران، Asadi و همکاران و Rhag و همکاران نتایج مشابهی گزارش شده است

با افزایش شدت لامپ از ۲۰۳۰ µw/cm² به ۳۹۵۰µw/cm² راندمان حذف اسید هیومیک افزایش یافت. با توجه به نتایج آنالیز واریانس اختلاف راندمان بین دو شدت تابش ۲۰۳۰µw/cm² و ۷۹۵۰µw/cm² معنادار است(۲۰۵۵) اثیر شدت تابش اشعه ماورا بنفش در حذف اسید هیومیک در فرایند UV/ZnO در نمودار شماره ۴ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده میشود این افزایش در میزان حذف بعلت افزایش شدت تابش پرتو رسیده به بستر تثبیت شده و افزایش در تعداد الکترونهای پرتو رسیده به بستر تثبیت شده و افزایش در تعداد الکترونهای هیدروکسیل می شود. در مطالعات دیگری که النایج حاصل را هیدروکاران و Akyol و همکاران انجام دادهاند، نتایج حاصل را تایید می کند(۴۲، ۳۲).

pH یکی از پارامترهای مهم در واکنشهای فتوکاتالیستی pH محلول است. زیرا pH خصوصیات بار سطحی فتوکاتالیست محلول است. زیرا pH خصوصیات بار سطحی فتوکاتالیست را تحت تاثیر قرار می دهد(۳۲). جهت تعیین pH اکسید موی از محلول نمک طعام بعنوان الکترولیت و محلولهای pH اسید کلریدریک M /۰ بعنوان عوامل کنترل pH استفاده شد. برای این منظور ابتدا pH ا تا ۱۰ را تهیه و به هر کدام g ۰۰ اکسید روی افزوده و به مدت h ۸ روی همرز اولیه همزن قرار داده شد. پارامتر مورد نظر از رسم مقادیر اولیه در مقابل مقادیر نهای PH

بیانگر آن است که بیشترین کارایی حذف اسید هیومیک در فرایند UV/ZnO در PH برابر با ۳ است. کاهش حذف اسید هیومیک در PH بالا به علت ساختار آنیونی اسید هیومیک و pH_{zpc} اکسید روی است (۴۴). pH نانوذرات اکسید روی برابر با ۹ هست. در PH بالاتر از ۹ بار سطحی غالب در سطح اکسید روی منفی است و به دلیل اینکه اسید هیومیک هم ماهیت آنیونی دارد، بر آیند تاثیر شرایط حاکم منجر به کاهش میزان حذف اسید هیومیک در شرایط حاکم منجر به کاهش آنیونی آلاینده از یک سو و افزایش PH محیط از طرف دیگر که باعث تجمع بارهای الکتریکی منفی در سطح OD شده است، منجر به کاهش راندمان حذف اسید هیومیک می گردد (۴۶،۴۵). از طرف دیگر در PH پایین اسید هیومیک بصورت مولکولی حضور دارد که در این حالت آلاینده فوق شرایط مناسبتری برای حذف دارد(۴۶).

مطالعهای که Asgari و همکاران و Capasso و همکاران روی حذف اسید هیومیک انجام دادند نشان داد که با افزایش pH از ۳ به ۱۲ میزان حذف کاهش یافت (۴۷، ۴۵). در مطالعات مشابهی که Yigit و همکاران، Chu و همکاران، Liu و همکاران انجام دادند، گزارش دادند که کاهش pH از ۹ به ۳ راندمان حذف HA را بطور چشمگیری افزایش می دهد(۵۰–۴۸).

آزمون آماری ویلکاکسون جهت تعیین میزان فلز روی خروجی از راکتور، نشان داد که فلز روی به آب خروجی وارد نشده است. میانگین اعداد بین ورودی و خروجی آنالیز آماری

- 4- Ke-Xin Z, Hong W, Shu-Guang X. Performance of combined pre-ozonation and biofiltration for the purification of water from china Yellow river. Environmental Science. 2007;1:52–61.
- 5- Kenneth P. Associations of cancer mortality with THMs in drinking water. National Cancer. 1978;61:124–29.
- 6- Babi K, Koumenides K. Pilot study of the removal of THMs, HAAs and DOC from drinking water by GAC adsorption. Desalination. 2007;80:215–24.

گردید و آزمون ویلکاکسون نشان داد که تفاوت معنی داری در دادههای ورودی و خروجی وجود دارد (P=۰٬۰۴۳). میانگین غلظت روی خروجی از راکتور Mg/L ۱۳۵٬۰ بوده است. با توجه به اینکه سازمان بهداشت جهانی هیچ رهنمودی بر پایه سلامت برای روی در آب آشامیدنی در نظر نگرفته است و از نظر طعم و بو مقدار بیش از Mg/L ۳ قابل قبول نیست، غلظت روی خروجی از سیستم در حد مطلوب است(۵۱).

نتيجه گيرى

در این سیستم فتوکاتالیزوری مشخص شد که با افزایش زمان و کاهـش غلظت اولیه HA و کاهش pH راندمان مطلوبی در حذف اسـید هیومیک حاصل شده است. در این تحقیق pH برابر با ۳، غلظت اولیه ۲mg/L اسـید هیومیک و شدت تابش پرابر با ۳، غلظت اولیه ۲mg/L اسـید هیومیک و شدت تابش پیشـنهاد می گردد با توجه به ارزانی و دسـترس بودن انرژی خورشیدی، در مطالعات آتی بجای پرتوهای مصنوعی پرهزینه و پرخطر مانند پرتو ماورابنفش مورد اسـتفاده قرار گیرد تا در حوزه تصفیه آب و فاضلاب کاربردیتر باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل (بخشی از) پایاننامه با عنوان تجزیه فتوکاتالیستی مواد آلی طبیعی با استفاده از نانوذرات اکسید روی تثبیت شده بر روی شیشه از محلولهای آبی در مقطع کارشناسی ارشد در سال۱۳۹۲ است که با حمایت دانشکاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی لرستان اجرا شده است.

منابع

- Simpson D. Biofilm processes in biologically active carbon water purification. Water Research. 2008;42:2839–48.
- 2- Kawamura S. Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities. New York: John Wiley; 2000.
- 3- Golsan E, Fearing D, Banks J, Wilson D, Hillis P, Campbell A, et al. Seasonal variations in the disinfection by-product precursor profile of a reservoir water. Water Supply. 2002;51(8):475–82.

دوره هشتم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۴ بر المحصف و کی ا فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایر ان

- 7- Çapar Ge, Yetış Ü. Removal of THM precursors by GAC: Ankara case study. Water Research. 2002;36(5):1379-84.
- 8- Koparal AS, Yildiz YŞ, Keskinler B, Demircioğlu N. Effect of initial pH on the removal of humic substances from wastewater by electrocoagulation. Separation and Purification Technology. 2008;59(2):175-82.
- 9- Humbert H, Gallard H, Suty H, Croue J. Natural organic matter (NOM) and pesticides removal using a combination of ion exchange resin and powdered activated carbon (PAC). Water Research. 2007;42:635–43.
- 10- Farrokhi M, Kouti M, Mousavi G, Takdastan A. The study on biodegradability enhancement of landfill leachate by Fenton oxidation. Iranian Journal Health & Environment. 2009;2(2):114–23 (in Persian).
- 11- Legube B, Leitner N. Catalytic ozonation: a promising advanced oxidation technology for water treatment. Catalysis Today. 1999;53:61–72.
- 12- Carlson K, Via S, Bellamy B, Carlson M. Secondary effects of enhanced coagulation and softening. Journal the American Water Works Association. 2000;92:63–70.
- 13- Rahmani A, Samarghandi M. Performance analysis of coliforms removed from drinking water by electrolysis. Journal of Hamedan University of Medical Sciences. 2008;15(2):60-65 (in Persian).
- 14- Kristiansen H. Corrosion and corrosion prevention in distribution system. Water Research. 1981;1:561– 82.
- 15- Mesdaghinia A., Tayefeh-Rafiee M, Mahvi A., Vaezi F. Using coagulation process in optimizing natural organic matter removal from low turbidity waters. Journal of Water and Wastewater. 2006:57;1-7 (in Persian).
- 16- Chang H, Wu N, Zhu F. A kinetic model for photocatalytic degradation of organic contaminants in a thin-film TiO2 catalyst. Water Research. 2000;3:407–16.
- 17- Murray C, Parsons S. Comparison of AOPs for the removal of natural organic matter: performance and economic assessment. Water Science & Technology. 2004;49(4):267–74.
- 18- Murray CA, Parsons SA. Preliminary laboratory investigation of disinfection by-product precursor removal using an advanced oxidation process. Water and Environment Journal. 2006;20(3):123-29.

- 19- McCullagh C, Robertson J, Bahnemann D, Robertson P. The application of TiO2 photocatalysis for disinfection of water contaminated with pathogenic micro-organisms: a review. Research Chemistry International. 2007;33(3-5):359–75.
- 20- Bulter E, Davis A. Photocatalytic oxidation in aqueous titanium dioxide suspensions: the influence of dissolved transition metals. Journal of Photochemical & Photobiological. 1993;(70):273–83.
- 21- Matthews W. Potooxidative degradation of coloured organics in water using supported catalysis TiO2 on sand. Water Research. 1991;25(10):1169– 76.
- 22- Sanly, Lim M, Chiang K, Amal R, Fabris R, Chow C, et al. A Study on the Removal of Humic Acid Using Advanced Oxidation Processes. Separation Science and Technology. 2007;42(7):1391-404.
- 23- Asgari G, Mortazavi B, Hashemian J, Mousavi G. Performance evaluation of catalytic ozonation process with activated carbon in removal of humic acids from aqueous solutions. Journal of Hamedan University of Medical Sciences. 2010;7(4):25–33 (in Persian).
- 24- Godini H, Mirhosseini S. The application of ironcoated activated carbon in humic acid removal from water. Proceeding of 2nd International Conference on Environmental Science and Technology; Singapore; 2011.
- 25- Mori M, Sugita T, Mase A, Funatogawa T, Kikuchi M, Aizawa K, et al. Photodecomposition of humic acid and natural organic matter in swamp water using a TiO2-coated ceramic foam filter: Potential for the formation of disinfection byproducts. Chemosphere. 2013;90:1359–65.
- 26- Penru Y, Raaijmakers MJ., Guastalli A., Esplugas S, Baig S. Influence of high salinity on the degradation of humic acid by UV254 and H2O2/UV254.
 Ozone: Science & Engineering. 2012;34(2):101–108.
- 27- Uyguner C, Suphandag S, Kerc A, Bekbolet M. Evaluation of adsorption and coagulation characteristics of humic acids preceded by alternative advanced oxidation techniques. Desalination. 2007;210:183–93.
- 28- APHA, AWWA, WEF. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington DC: American Public Health Association; 1998.
- 29- Owen D, GHowdhury G, Paode Z, McCoy R,

Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-13

Viscosil K. NOM characterization and treatability. Journal the American Water Works Association. 1995;87:46–63.

- 30- Thurman M., Wershaw R., Malcolm R., Pinckney D. Molecular size of aquatic humic substances. Organic Geochemistry. 1982;4:27–35.
- 31- Masombaigi H, Rezaee A, Khataee A, Hashemian J. Effect of UV radiation intensity on photocatalytic removal of E. coli using immobilized ZnO nanoparticles. Kowsar Medical Journal. 2009;14(3):25–32 (in Persian).
- 32- Noori Motlagh Z. Photocatalyst decomposition of methylene blue dye pollutants in wastewater by using synthetic zinc oxide fixed on glass. Yafteh. 2012;14(5):51-61 (in Persian).
- 33- Kitis M, Kaplan S., Karakaya E, Yigit N., Civelekoglu G. Adsorption of natural organic matter from waters by iron coated pumice. Chemosphere. 2007;66:130–38.
- 34- Mijin D, Savic M, Perovi. A study of the photocatalytic degradation of metamitron in ZnO water suspensions. Desalination. 2009;249:286–92.
- 35- Imoberdorf G, Mohseni M. Degradation of natural organic matter in surface water using vacuum-UV irradiation. Journal of Hazardous Materials. 2011;186:240–46.
- 36- Lamsal R, Walsh M, Gagnon A. Comparison of advanced oxidation processes for the removal of natural organic matter. Water Research. 2011;45:3263– 69.
- 37- Huanga X, Lealc M, Lia Q. Degradation of natural organic matter by TiO2 photocatalytic oxidation and its effect on fouling of low-pressure membranes. Water Research. 2008;42:1142–50.
- 38- Ehrampoosh M, Moussavi G, Ghaneian M, Rahimi S, Fallah Zade H. A Comparison between tubular and batch reactors in removal of methylene blue dye from simulated textile wastewater using TiO2 /UV-C photocatalytic process. Journal of Yazd University of Medical Sciences. 2010;9(1) (in Persian).
- 39- Li X, Fan C, Sun Y. Enhancement of photocatalytic oxidation of humic acid in TiO2 suspensions by increasing cation strength. Chemosphere. 2002;48:453–60.
- 40- Asadi A, Dehghani M., Zare M., Rahmani A, Golestani far H. Photocatalytic removal of chromium VI by UV/TiO2, UV/ZnO, UV/H2O2. Journal of North Khorasan University of Medical Sciences. 2011;3(4):7–13 (in Persian).

- 41- Dehghani fard E, Jonidi Jafari A, Rezae Kalantari R, Gholami M, Esrafili A. Photocatalytic removal of aniline from synthetic wastewater using ZnO nanoparticle under ultraviolet irradiation. Iranian Journal of Health and Environment. 2012;5(2):167-78 (in Persian).
- 42- Akyol A, Bayramoglu M. Photocatalytic degradation of Remazol Red F3B using ZnO catalyst. Journal of Hazardous Materials. 2005;B124:241–46.
- 43- Benhebal H, Chaib M, Salmon D, Geens J, Leonard A, Lambert S, Crine M, et al. Photocatalytic degradation of phenol and benzoic acid using zinc oxide powders prepared by the sol–gel process. Alexandria Engineering Journal. 2013;52:517–23.
- 44- Ghanizadeh G., Ehrampoosh M., Ghaneian M. Application of iron impregnated activated carbon for removal of arsenic from water. Iranian Journal of Health & Environment. 2010;7(2):145–56 (in Persian).
- 45- Capasso S, Salvestrini S, Coppola E, Boudonno A, Collelo C. Sorption of humic acid on zeolitic tuff: a preliminary investigation. Applied Clay Science. 2005;28(1-4):159–65.
- 46- Orfao J, Silva A, Pereira J. Adsorption of a reactive dye on chemically modified activated carbons: influence of pH. Journal of Colloid & Interface Science. 2006;296(2):480–89.
- 47- Asgari G, Ghanizadeh G, Seyd Mohammadi A. Adsorption of humic acid from aqueous solutions onto modified pumice with hexadecyl trimethyl ammonium bromide. Journal of Babol University of Medical Sciences. 2012;14(1):14–22 (in Persian).
- 48- Cho Y, Choi W. Visible light-induced reactions of humic acids on TiO2. Journal of Photochemical & Photobiological. 2001;148:129–35.
- 49- Liu S, Lim M, Fabris R, Chow C, Chiang K, Drikas M, et al. Removal of humic acid using TiO2 photocatalytic process – Fractionation and molecular weight characterisation studies. Chemosphere. 2008;72:263–71.
- 50- Yigit Z, Inan H. A Study of the photocatalytic oxidation of humic acid on anatase and mixed-phase anatase–rutile TiO2 nanoparticles. Water, Air and Soil Pollution. 2009;9:237–43.
- 51- WHO. Zinc in Drinking-Water: Background Document for Preparation of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality. Geneva: World Health Organization; 2003.

دوره هشتم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۴ میل می فصلنامه علمى پژوهشى انجمن علمى بهداشت محيط اير ان

Photocatalytic removal of natural organic matter from aqueous solutions using zinc oxide nanoparticles immobilized on glass

M.S Mansoury^{1*}, H. Godini², Gh. Shams Khorramabadi³

¹ MSc student of environmental health engineering, Lorestan university of medical science.

² Phd environmental health engineering, associated professor, Lorestan university of medical science.

³ Phd environmental health engineering, associated professor, Lorestan university of medical science.

Received: 17 March 2015; Accepted: 17 June 2015

ABSTRACT

Background and Objective: Natural organic matters (NOM) are known as precursors to disinfection byproducts. As conventional treatment processes cannot get disinfection by-product standards, novel methods have been increasingly applied for the removal of disinfection by-products precursors. The UV/ZnO process is one of the advanced oxidation processes using photocatalytic technology. The present study aims to investigate the effect of UV/ZnO photocatalytic technology on the NOM removal from aqueous solution.

Materials and methods: This study was conducted in a lab-scale batch photocatalytic reactor. The volume of reactor was 1 liter and covered with UV lamps. Peristaltic pump was used for complete mixing. Humic acid is a key component of natural organic matter and it was used in this study. Each of the samples taken from the UV/ZnO process and other processes were analyzed for their UV absorbance at 254 nm by spectrophotometric. Initial concentration of Humic acid, contact time, pH, and UV irradiation were investigated.

Results: The highest efficiency of the UV/ZnO photocatalytic process for removal of Humic acid from aqueous solution was achieved at initial concentration = 2 mg/L, contact time = 120 min, UV irradiation = 3950 μ w cm2, and pH=3. In this process, the removal efficiency for 2 mg/L humic acid was 100 % at 2h retention time.

Conclusion: The research showed that performance of system was increased by increasing contact time and UV irradiation and was decreased by increasing HA initial concentration and pH and UV radiation with ZnO agent could not remove NOM lonely. Photocatalytic system using zinc oxide immobilized on glass have high performance to remove humic acid from aqueous solution. The UV/ZnO process was efficient and environmental friendly for natural organic matter removal.

Keywords: Natural organic matter, Humic acid, Disinfection by-product, Photocatalytic oxidation.

*Corresponding Author: mary.mansoury@gmail.com