مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره نهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۵، صفحات ۴۳۳ تا ۴۴۲

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

مقاله پژوهشی

بررسی حذف فتوکاتالیستی آلاینده متیل اورانژ در سوسپانسیون حاوی نانوذرات ZnO و SnO۲ و بررسی تاثیر متغیرهای موثر بر فرایند

صدیقه عباسی*
(نویسنده مسئول): دکتری مهندسی شیمی، استادیار مجتمع آموزش عالی فنی و مهندسی اسفراین، خراسان شمالی، اسفراین، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۵/۲۵
تاریخ ویرایش: ۹۵/۰۸/۱۷
تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۸/۲۳
تاریخ انتشار: ۹۵/۰۹/۳۰

واژگان کلیدی: آزمون آماری، فعالیت فوتوکاتالیستی، نانوذرات ZnO ، نانوذرات SnO_2، متیل اورانژ

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
abasi_1362@yahoo.com,
s.abbasi@esfarayen.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: *مواد فتوکاتالیستی به علت کاربرد گسترده‌ای که در حفاظت از محیط زیست دارند به طور گسترده مورد توجه قرار گرفته‌اند. هدف این تحقیق بررسی و مطالعه آنالیز آماری فعالیت فتوکاتالیستی نانوذرات ZnO و SnO_2 جهت حذف آلاینده متیل اورانژ از آب است.*

روش بررسی: *نانوذرات ZnO و SnO_2 به ترتیب به روش سل-ژل و شیمیایی سنتز شدند و متیل اورانژ به عنوان آلاینده مورد نظر انتخاب شد. تاثیر غلظت نانوذرات جهت حذف آلاینده در محدوده ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی تاثیر میزان تابش‌دهی، سوسپانسیون حاوی آلاینده و نانوذرات در مدت زمان‌های متفاوت و در محدوده ۵ تا ۲۵ min تحت تابش قرار گرفت. نتایج حاصل با استفاده از نرم افزار MSTATC, Ver ۱.۴۲ و آزمون آماری چند دامنه‌ای دانکن (Duncan's multiple range test) مورد بررسی قرار گرفت.*

یافته‌ها: *نتایج حاصل از آنالیز واریانس کارایی حذف متیل اورانژ نشان داد که در سوسپانسیون‌های حاوی ZnO و SnO_2، زمان تابش‌دهی، غلظت نانوذرات و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۵ درصد دارای تاثیر معنی‌داری بر روی حذف فتوکاتالیستی متیل اورانژ هستند. همچنین با افزایش زمان تابش‌دهی از ۵ تا مدت ۲۵ min میزان حذف آلاینده در سوسپانسیون حاوی ZnO و SnO_2 به ترتیب به ۹۷/۴۲ درصد و ۶۹/۵۵ درصد می‌رسد. بررسی تاثیر غلظت نانوذرات بر روی میزان حذف متیل اورانژ نیز نشان‌دهنده افزایش میزان فعالیت فتوکاتالیستی نانوذرات با افزایش غلظت است.*

نتیجه‌گیری: *طبق نتایج بدست آمده مشاهده شد که میزان فعالیت فتوکاتالیستی ZnO نسبت به SnO_2 بیشتر است. بنابراین استفاده از ZnO جهت حذف آلاینده موثرتر است.*

Please cite this article as: Abbasi S. Photocatalytic removal of methyl orange in suspension containing ZnO and SnO2 nanoparticles and investigation the influence of effective variables on the process. Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(3):433-42.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

مقدمه

آلودگـی منابع آبی توسـط پسـاب‌های صنعتی باعـث ایجاد مشـکلات زیسـت محیطی بسـیاری در جوامع امروزی شده اسـت. مهمترین مـواد آلاینده موجود در پسـاب‌های صنعتی ترکیبـات آلی رنگـی از جمله متیلن بلو و متیل اورانژ اسـت. حضـور آنها در آب باعث جلوگیری از نفوذ نور خورشـید به عمق رودخانه‌ها شده و در نتیجه سبب اختلال در عمل فتوسنتز می‌گردد و از طرفی سـبب رشد سریع بعضی از انواع جلبک‌ها شده و در نتیجه، اکسـیژن محلول در آب کاهش و از دریافت نور توسـط آبزیان ممانعت به عمل می‌آورد. عدم دریافت نور توسـط آبزیان سـبب خفگی و مرگ و میر آنها می‌شود که این امر تهدیدی جدی برای هرم غذایی بشـر به شمار می‌رود (۱، ۲). از جملـه روش‌هـای کاهش و حذف مـواد آلاینده رنگی می‌توان به اسـتفاده از کربن فعال، فرایندهای غشـایی، تجزیه بیولوژیکی، اسـمز معکـوس، انعقاد، مبادله یونـی، فرایندهای اکسـایش و جاذب‌های زیستی انتخاب‌پذیر اشاره نمود (۱، ۳، ۴). فرایند اکسیداسیون پیشرفته از جمله روش‌های پرکاربرد و عملی جهت تصفیه آب‌های آلوده به مواد آلاینده رنگی اسـت. در این روش به دلیل اسـتفاده از مواد اکسـید کننده قوی مانند آب اکسیژنه، ازن و کاتالیست‌هایی همچون اکسید روی، اکسید تیتانیوم، نقره و اکسید قلع و همچنین تابش اشعه فرابنفش، مواد آلاینده شیمیایی به مواد معدنی تجزیه می‌شوند. حذف و تجزیه مواد آلاینده آلی در فرایند اکسیداسیون پیشرفته براساس تحریک الکترون‌های لایه ظرفیت مواد کاتالیستی اکسنده و انتقال آنها به لایه هدایت است. بنابراین انتقال الکترون‌ها سبب ایجاد حفره در لایه ظرفیت و تولید رادیکال‌های هیدروکسیل می‌گردد (۵، ۶). از میان مواد فتوکاتالیستی که به طور گسترده برای از بین بردن آلودگی‌های آلی و معدنی استفاده می‌شود، می‌توان به نانوذرات اکسـید روی (ZnO) با شکاف انرژی ۳/۲۵ ev و اکسید قلع (SnO_2) با شـکاف انرژی ۳/۸ ev اشـاره نمود. مزایای عمده ZnO شامل حساسـیت نوری بالا، ماهیت غیرسمی، پایداری زیـاد و راندمان بـالا در تولید الکترون اسـت (۷، ۸). SnO_2 به علت داشـتن خواص عالی مانند شفافیت، حساسیت نوری بالا، قیمت پایین و دوستدار محیط زیست بودن، کاربرد زیادی بویژه در پیل‌های خورشـیدی، سنسـورها، پیل‌های سـوختی، کاتالیزورها و سوپرخازن‌ها دارد (۹). تاکنون مطالعات بسیاری بر روی فعالیت فتوکاتالیسـتی نانوذرات مختلف از جمله Au (۱۰)، $Ag-SnO_2$ (۱۱)، $Ag-TiO_2$ (۱۲)، TiO_2 (۱۳) و $ZnO-SnO_2$(۱۴، ۱۵) جهت تجزیه فتوکاتالیستی آلاینده‌های متفاوت صورت گرفته اسـت. Dhanavel و همکاران (۱۶) فعالیت فتوکاتالیسـتی نانـوذرات ZnO را در حضور کیتوزان برای حذف آلاینده متیلن بلو مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از بررسی آنها نشان داد با افزایش زمان تابش‌دهی آب آلـوده به آلاینده متیلـن بلو و در حضور نانوذرات ZnO، میزان آلودگـی کاهش می‌یابد بطوریکـه حداکثر میزان حذف آلاینده پس از h ۴ تابش‌دهی را برابر ۸۰ درصد گزارش نمودند. Shan و همـکاران (۱۷) تاثیر نانوذرات ZnO آرایش یافته با مقادیر مختلف نانوذرات نقره (۱ و ۱۰ درصد) را بر روی تجزیه فتوکاتالیستی محلول آلوده R۶G مورد مطالعه قرار دادند. Liu و همکاران (۱۱) فعالیت فتوکاتالیستی $Ag-SnO_2$(ANSOs) توسـط تجزیه رنگی محلول رداميـن B(Rh B) در دمای اتاق تحت تابـش نور مرئی و UV را بررسـی کردند. Zhang و همکاران (۱۴)، نتایج آزمایشـاتی برروی فعالیت فتوکاتالیستی نانوسایزهای $ZnO-SnO_2$ برای تخریب متیل اورانژ، گزارش کردند. Wen و همکاران (۱۸) تخریب فتوکاتالیسـتی رداميـن B (Rh B) را با اسـتفاده از فتوکاتالیست‌های منفرد SnO_2 و SnO_2 آرایش یافته با نانوذرات ZnO بررسی نمودند. Yuan و همکاران (۱۹) نانوذرات SnO_2 را تحت شـرایط کلسـینه کـردن متفـاوت (۶۰۰،۷۰۰، ۸۰۰ و ۹۰۰) سـنتز نمودنـد و فعالیت فتوکاتالیسـتی نمونه‌های سنتز شـده را با تغییرات pH در محـدوده ۳ تـا ۹، غلظت فتوکاتالیسـت و زمان تابش‌دهی بر روی حـذف آلاینده متیل اورانژ از آب بررسـی نمودند. با توجه به بررسـی‌های صورت گرفته مشـاهده می‌شود که تاثیر پارامترهای مختلفی از جمله غلظت، pH و زمان تابش‌دهی بر

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

روی فعالیت فتوکاتالیستی نانوذرات SnO_2 و ZnO در حذف آلاینده‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. ولی آنالیز آماری پارامترهای عملیاتی مختلف که نشان‌دهنده معنی‌دار بودن سطح‌های مختلف زمان و غلظت است تاکنون بررسی نشده است. همچنین تاثیر متقابل پارامترهای عملیاتی جهت بررسی همزمان زمان و غلظت بر روی فعالیت فتوکاتالیستی گزارش نشده است. بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی و مطالعه تاثیر متغیرهای مورد مطالعه با استفاده از آزمون آماری و اثرات متقابل متغیرها (غلظت و زمان تابش‌دهی) بر روی فعالیت فتوکاتالیستی نانوذرات SnO_2 و ZnO در حذف آلاینده متیل اورانژ از آب است.

مواد و روش‌ها

نانوذرات ZnO و SnO_2 مورد استفاده در این تحقیق به ترتیب به روش سل-ژل با استفاده از $SnCl_2.2H_2O$ و روش شیمیایی با استفاده از $ZnCl_2$ که در مقالات گزارش شده است (۱، ۲) سنتز گردید. آلاینده متیل اورانژ که یکی از مهمترین نوع آلاینده‌های موجود در پساب‌های صنعتی و مقاوم در برابر تجزیه نوری است جهت حذف و بررسی فعالیت فتوکاتالیستی انتخاب گردید (۹). جهت انجام فعالیت‌های فتوکاتالیستی، درون یک بشر، ۶۰ mL از محلول ۱۰ ppm متیل اورانژ ریخته و مقادیر متفاوتی از پودر فتوکاتالیست (۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی) طی آزمایش‌های جداگانه به آن اضافه گردید، اطراف بشر بایستی بطور کامل با استفاده از ورقه‌های آلومینیومی پیچیده شود و در ابتدا به مدت ۶۰min روی همزن مغناطیسی و در فضای تاریک همزده شد تا به تعادل جذب و واجذب رسید. سپس به مقدار ۳ mL از این محلول فیلتر شده و درون سل دستگاه اسپکتروفتومتری (Lambda EZ۲۰۱, Perkin Elmer company) قرار داده شد و در طول موج λ_{max} = ۴۶۴nm مقدار جذب اولیه آن که A_0 نامیده می‌شود ثبت گردید. سپس در بازه‌های زمانی ۵ دقیقه‌ای، محلول بصورت پی در پی (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵min) تحت تابش UV قرار گرفت و پس از مدت زمان‌های مورد نظر مقدار ۳ mL از محلول اصلی که تحت تاثیر قرار گرفته خارج نموده و جذب آن (A_t)، اندازه‌گیری شد تا جایی‌که واکنش به اتمام رسید و رنگ نارنجی متیل اورانژ، از بین رفت در نهایت طبق معادله ۱، می‌توان درصد کاهش آلاینده را محاسبه گردید. برای اطمینان از نتایج آزمایشات، هر آزمایش سه بار انجام شده و نتایج آنها به صورت میانگین، گزارش شده است.

در معادله بالا می‌توان میزان غلظت آلاینده در زمان اولیه (C_0)

$$\text{درصد کاهش آلاینده} = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times ۱۰۰ = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

و پس از گذشت مدت زمان مشخصی از تابش‌دهی (C_t) را متناسب با میزان جذب دانست (۱).

آنالیز آماری فعالیت فتوکاتالیستی نانوذرات SnO_2 و ZnO با استفاده از نرم افزار MSTATC, Ver ۱.۴۲ و طراحی کاملا تصادفی دو متغیره (Two factor completely randomized design) انجام گردید. بررسی وجود اختلاف معنی‌دار بین پاسخ‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncan's multiple range test) و با سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. تاثیر همزمان زمان تابش‌دهی و غلظت نانوذرات فتوکاتالیستی بر روی میزان حذف آلاینده متیل اورانژ با استفاده از نرم افزار Minitab, Ver ۱۱.۱۲ مورد مطالعه قرار گرفت.

یافته‌ها

- آنالیز واریانس فعالیت فتوکاتالیستی

جدول ۱ و ۲ به ترتیب آنالیز واریانس فعالیت فتوکاتالیستی سوسپانسیون حاوی نانوذرات ZnO و SnO_2 را جهت حذف آلاینده متیل اورانژ نشان می‌دهند. نتایج ارائه شده در ستون اول این دو جدول پارامتر مورد بررسی بر روی حذف آلاینده را نشان می‌دهد که شامل زمان تابش‌دهی، کسر وزنی نانوذرات و تاثیر متقابل این دو پارامتر است. ستون دوم میزان درجه

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

آزادی هر پارامتر را نشـــان می‌دهد. میزان درجه آزادی هر یک از پارامترهای مورد بررســـی برابر تعداد ســـطح‌های هر پارامتر منهای یک اســـت. بنابراین با توجه به اینکه تعداد ســـطح‌های زمـــان تابش‌دهی برابر ۵ ســـطح (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ min) و تعداد سطح‌های کســـر وزنی نانوذرات مورد استفاده برابر ۳ سطح (۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی) است بنابراین میزان درجه آزادی زمان تابش‌دهی و کسر وزنی به ترتیب برابر ۴ و ۲ است. میـــزان درجـــه آزادی اثر متقابل زمان تابش‌دهی و کســـر وزنی نانـــوذرات برابـــر حاصلضرب درجـــه آزادی پارامترهای منفرد اســـت. مقادیر ارائه شده در ستون پنجم از جداول ۱ و ۲ میزان اهمیت هر پارامتر را مشـــخص می‌نماید. بطوریکه پارامترهایی که دارای مقدار ارزش F بیشتری هستند، تاثیر بیشتری بر روی کارایـــی حذف آلاینده دارند (۲۰). با توجـــه به مقادیر احتمال (probability) که در ســـتون ششم از جداول ۱ و ۲ مشاهده می‌شـــود می‌تـــوان نتیجه‌گیری نمود کـــه پارامترهایی که دارای مقدار احتمال کمتر از سطح احتمال (۰/۰۵) هستند دارای تاثیر معنی‌دار و قابل توجهی بر روی کارایی حذف آلاینده دارند.

- **تاثیر** زمان تابش‌دهی **بر روی فعالیت فتوکاتالیستی و حذف**

جدول ۱- آنالیز واریانس فعالیت فتوکاتالیستی سوسپانسیون حاوی نانوذرات ZnO

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	ارزش F	احتمال
زمان تابش‌دهی	۴	۹۹۴۱/۰۴۶	۲۴۸۵/۲۶۱	۵۷۰/۳۷۴	۰/۰۰۰
کسر وزنی	۲	۳۶۱۱/۹	۱۸۰۵/۹۵	۴۱۴/۴۷	۰/۰۰۰
زمان تابش‌دهی- کسر وزنی	۸	۳۴۶۲/۶۲۶	۴۳۲/۸۲۸	۹۹/۳۳۵	۰/۰۰۰
خطا	۳۰	۱۳۰/۷۱۷	۴/۳۵۷	----	----
کل	۴۴	۱۷۱۴۶/۲۸۹	----	----	----

جدول ۲- آنالیز واریانس فعالیت فتوکاتالیستی سوسپانسیون حاوی نانوذرات SnO_2

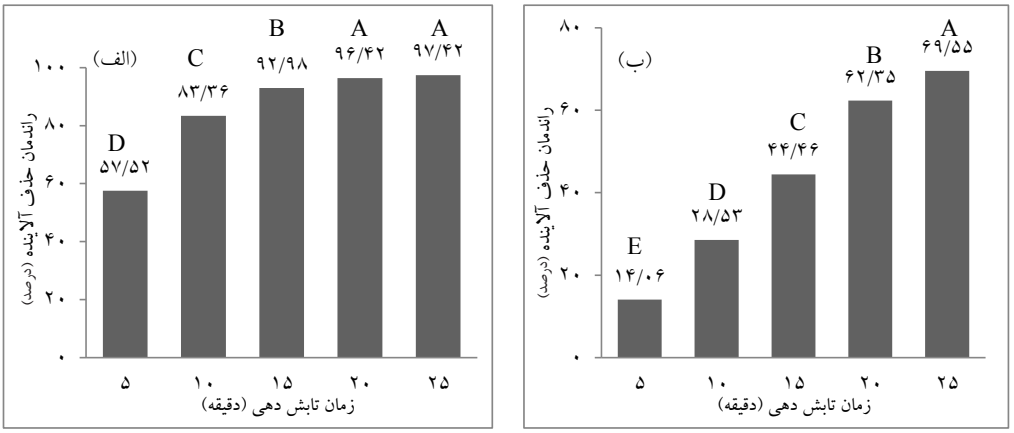
منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	ارزش F	احتمال
زمان تابش‌دهی	۴	۱۹۱۲۷/۴۰۴	۴۷۸۱/۸۵۱	۵۵۰/۶۱۷	۰/۰۰۰
کسر وزنی	۲	۳۱۵۲/۹۲۱	۱۵۷۶/۴۶۰	۱۸۱/۵۲۵	۰/۰۰۰
زمان تابش‌دهی- کسر وزنی	۸	۳۰۱/۷۹۳	۳۷/۷۲۴	۴/۳۴۳	۰/۰۰۴
خطا	۳۰	۲۶۰/۵۳۶	۸/۶۵۸	----	----
کل	۴۴	۲۲۸۴۲/۶۵۴	----	----	----

آلاینده متیل اورانژ

نمـــودار (۱-الف) تاثیـــر زمان تابش‌دهی اشـــعه UV بر روی میزان فعالیت فتوکاتالیستی نانوذرات ZnO را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج حاصل از این شـــکل مشاهده می‌شود که در بازه زمـــان تابش‌دهی از ۵ تا ۲۰min، تفاوت آماری معنی‌داری در میزان فعالیت فتوکاتالیستی و حذف آلاینده وجود دارد. ولی با افزایش زمان تابش‌دهـــی از ۲۰ تا ۲۵ min تفاوت معنی‌داری در میزان حذف آلاینده وجود ندارد. با توجه به نمودار (۱-ب) کـــه تاثیر زمان تابش‌دهی اشـــعه UV را بر روی میزان فعالیت فتوکاتالیســـتی نانوذرات SnO_2 نشان می‌دهد، مشاهده می‌شود

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

که در بازه زمانی ۵ تـا min ۲۵، تفاوت آماری معنی‌داری در میزان فعالیت فتوکاتالیستی براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن و با سـطح اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد. حداقل میزان حذف آلاینده متیل اورانژ در زمان تابش‌دهی min ۵ و معادل ۱۴/۰۶ درصد اسـت و با افزایش زمـان تابش‌دهی تا min ۲۵، میزان فعالیت فتوکاتالیستی به ۶۹/۵۶ درصد افزایش می‌یابد.



نمودار ۱- الف) تاثیر زمان تابش‌دهی بر روی میزان فعالیت فتوکاتالیستی محلول حاوی نانوذرات ZnO، ب) تاثیر زمان تابش‌دهی بر روی میزان فعالیت فتوکاتالیستی محلول حاوی نانوذرات SnO_2. (میانگین‌هایی با حروف متفاوت، دارای تفاوت آماری معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن و با سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند).

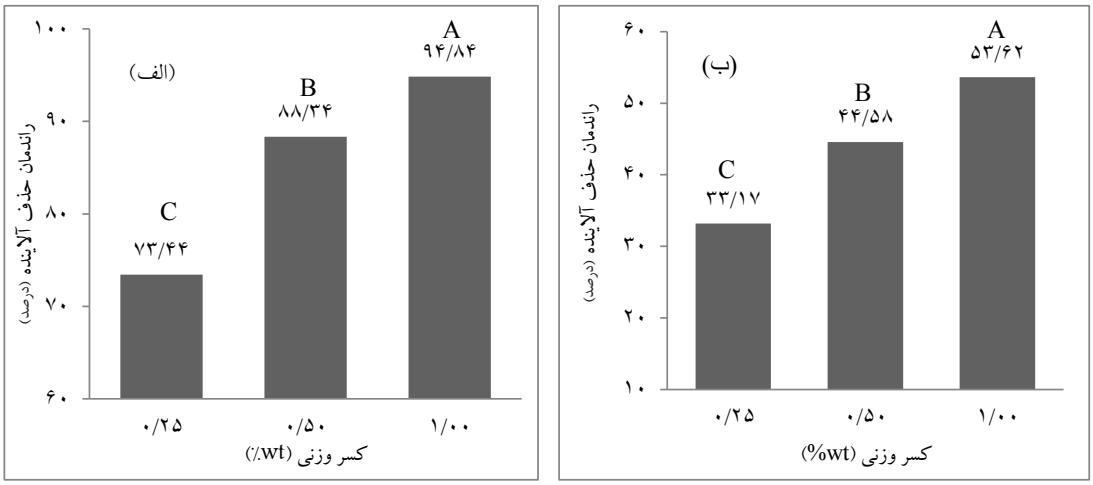
- تاثیر غلظت بر روی فعالیت فتوکاتالیستی و حذف آلاینده متیل اورانژ

تاثیر غلظت نانوذرات ZnO بر روی فعالیت فتوکاتالیسـتی و حذف آلاینده متیل اورانژ در نمودار (۲-الف) نشـان داده شـده اسـت. با توجه به این نمودار مشـاهده می‌شـود که کمترین و بیشـترین کارایی حذف آلاینده متیل اورانژ در غلظت‌های وزنی ۰/۲۵ و ۱ درصد حاصل می‌شـود. براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکـن و سـطح اطمینان ۹۵ درصد، مشـاهده می‌شـود که در سوسپانسیون حاوی نانوذرات ZnO، تفاوت معنی‌داری در میان راندمان فعالیت فتوکاتالیسـتی وجود دارد. نتایج حاصل از آنالیز آماری کارایی حذف آلاینده در محلول حاوی نانوذرات SnO_2 با اسـتفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (نمودار ۲-ب) نشـان می‌دهد که بین سـطوح متوالی غلظت، تفاوت آماری معنی‌داری در اکسیداسیون و حذف آلاینده متیل اورانژ وجود دارد. کمترین میزان حذف آلاینده در غلظـت وزنی ۰/۲۵ درصد از نانوذرات SnO_2 برابـر ۳۳/۱۷ درصد و بیشـترین میزان حذف آلاینده در غلظت وزنی ۱ درصد از نانوذرات SnO_2 برابر ۵۳/۶۲ است.

- بررسی پاسخ سطح و تاثیر متقابل زمان تابش‌دهی و غلظت

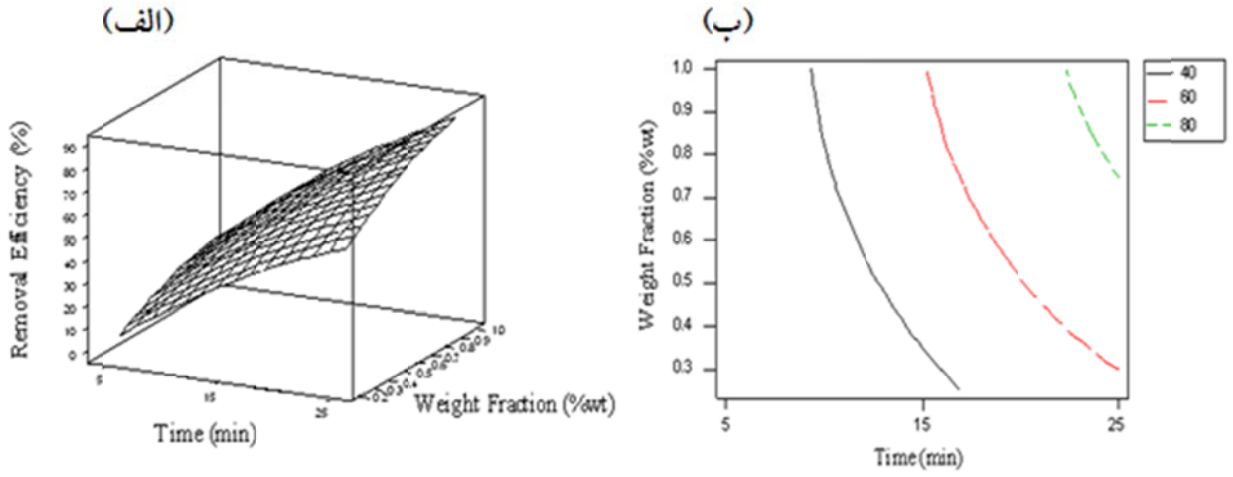
بـا توجه به نتایج ارائه شـده مشـاهده می‌شـود کـه کارایی حـذف آلاینده‌ها با اسـتفاده از نانـوذرات فتوکاتالیسـتی در سوسپانسـیون‌های مورد بررسـی تحت تاثیـر زمان تابش‌دهی و غلظت نانوذرات اسـتفاده شده، اسـت. هرچند که این نتایج فقـط تاثیر یکی از ایـن پارامترها را نشـان می‌دهد. لذا جهت بررسـی تاثیر همزمان زمان تابش‌دهی و غلظت، تکنیک پاسخ سـطح روشی مناسب و مفیدی اسـت. نمودار (۳- الف و ب) تغییرات میزان کارایی حذف آلاینده و خطوط کانتور را با زمان تابش‌دهی و غلظت در سوسپانسـیون حاوی نانوذرات ZnO نشـان می‌دهد. با توجه به نمودار ۳-الف مشـاهده می‌شود که بـا افزایش همزمـان زمان تابش‌دهی و غلظـت، میزان فعالیت فتوکاتالیسـتی نانوذرات ZnO نیز افزایش می‌یابد. همچنین با توجه به نتایج حاصل از نمودار ۳-ب مشاهده می‌شود که برای رسیدن به میزان مشـخصی از حذف آلاینده متیل اورانژ، زمان تابش‌دهـی مورد نیـاز افزایش یافته و درصـد وزنی نانوذرات کاهش می‌یابد. نمودار (۴-الـف و ب) تغییرات میزان فعالیت

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]



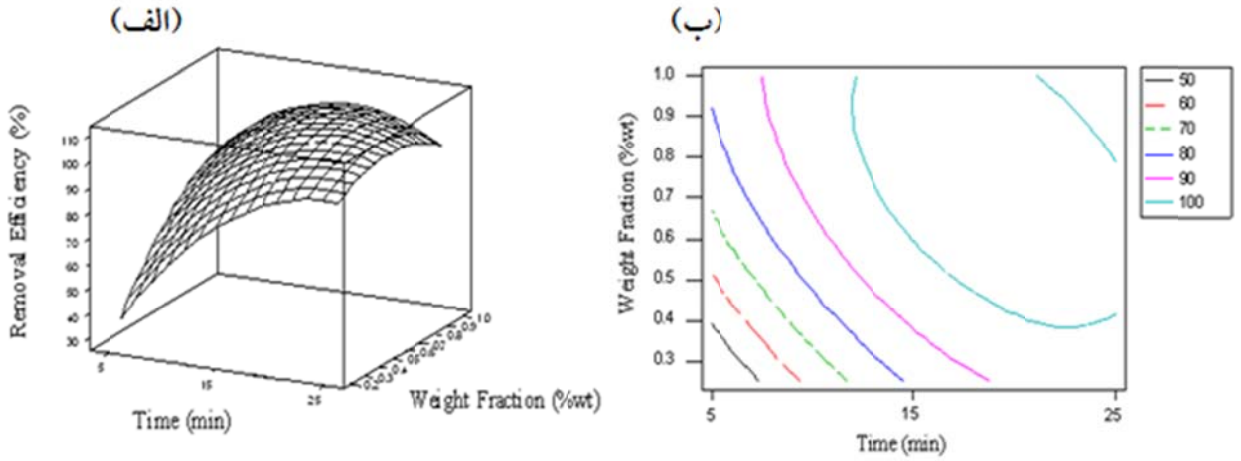
نمودار ۲- الف) تاثیر زمان غلظت بر روی میزان فعالیت فتوکاتالیستی محلول حاوی نانوذرات ZnO، ب) تاثیر زمان غلظت بر روی میزان فعالیت فتوکاتالیستی محلول حاوی نانوذرات SnO_2. (میانگین‌هایی با حروف متفاوت، دارای تفاوت آماری معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن و با سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند)

فتوکاتالیستی و خطوط کانتور را با زمان تابش‌دهی و غلظت نانوذرات SnO_2 نشان می‌دهد. با توجه به نمودار ۴-الف مشاهده می‌شود که با افزایش همزمان زمان تابش‌دهی و غلظت نانوذرات SnO_2، میزان تجزیه و حذف متیل اورانژ نیز افزایش می‌یابد. همچنین با توجه به نمودار ۴-ب مشاهده می‌شود که برای رسیدن به میزان کارایی حذف مشخصی از متیل اورانژ زمان تابش‌دهی مورد نیاز افزایش یافته و غلظت نانوذرات SnO_2 کاهش می‌یابد.



نمودار ۳- الف) پاسخ سطح کارایی حذف آلاینده سوسپانسیون حاوی نانوذرات ZnO نسبت به زمان تابش‌دهی و غلظت، ب) خطوط کانتور کارایی حذف آلاینده سوسپانسیون حاوی نانوذرات ZnO در زمان تابش‌دهی و درصدهای وزنی متفاوت

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]



نمودار ۴- الف) پاسخ سطح کارایی حذف آلاینده سوسپانسیون حاوی نانوذرات SnO_2 نسبت به زمان تابش‌دهی و غلظت، ب) خطوط کانتور کارایی حذف آلاینده سوسپانسیون حاوی نانوذرات SnO_2 در زمان تابش‌دهی و درصدهای وزنی متفاوت

بحث

نتایج حاصل از تاثیر پارامترهای عملیاتی مورد بررسی از جمله زمان تابش‌دهی سوسپانسیون با اشعه UV و کسر وزنی و اثر ترکیبی این دو پارامتر نشان می‌دهد که تمام پارامترهای ذکر شده دارای تاثیر معنی‌داری بر فعالیت فتوکاتالیستی سوسپانسیون‌های مورد بررسی دارند. همچنین با توجه به نتایج حاصل از آنالیز واریانس مشاهده می‌شود که در هر دو نوع نانوذره مورد استفاده، زمان تابش‌دهی دارای بیشترین تاثیر بر روی حذف متیل اورانژ است. نتایج بدست آمده با نتایج گزارش شده توسط Masombaigi و همکاران (۲۱) نیز مطابقت دارد. با توجه به نتایج حاصل از تاثیر زمان تابش‌دهی سوسپانسیون حاوی نانوذرات فتوکاتالیستی و مواد آلاینده مشاهده می‌شود که با افزایش زمان تابش‌دهی، کارایی حذف آلاینده متیل اورانژ نیز افزایش می‌یابد. بطوری‌که با افزایش زمان تابش‌دهی از ۵ تا ۲۵ min میزان درصد حذف آلاینده توسط نانوذرات ZnO از ۵۷/۵۲ تا ۹۷/۴۲ افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که با افزایش زمان تابش‌دهی از ۵ تا ۲۵ min میزان فعالیت فتوکاتالیستی نانوذرات ZnO به میزان قابل توجهی افزایش یافت. حداکثر میزان حذف آلاینده در سوسپانسیون حاوی نانوذرات SnO_2 در زمان ۲۵ min حاصل می‌شود که میزان آن برابر ۶۹/۵۵ درصد است که در مقایسه با میزان فعالیت فتوکاتالیستی نانوذرات ZnO در زمان تابش‌دهی مشابه (۹۷/۴۲ درصد) کمتر است. که این امر ناشی از تفاوت در باند گپ نانوذرات ZnO و SnO_2 است. نانوذرات SnO_2 دارای باند گپ عریض‌تر (۳/۸ eV) (۲۲) نسبت به نانوذرات ZnO (۳/۲ eV) هستند (۲۳) که برای برانگیختن جفت الکترون- حفره، نیاز به تابش بیشتر نور UV دارند و دیرتر از نانوذرات ZnO که دارای باند گپ کوتاه‌تر هستند، برانگیخته می‌شوند (۱). بنابراین در مدت زمان مشابه نانوذرات ZnO دارای تحریک الکترونی بیشتر هستند و جفت الکترون – حفره بیشتری تولید می‌نمایند که سبب تولید بیشتر رادیکال‌های اکسیدکننده هیدروکسیل می‌شود. بنابراین در مدت زمان تابش‌دهی مشابه نانوذرات ZnO توانایی تجزیه بیشتر آلاینده را دارند. نتایج حاصل از تاثیر غلظت نانوذرات فتوکاتالیستی ZnO و SnO_2 برروی میزان کارایی حذف آلاینده متیل اورانژ نشان می‌دهد که افزایش غلظت نانوذرات

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

ZnO از ۰/۲۵ درصد وزنی تا ۱ درصد وزنی سبب افزایش میزان حذف آلاینده متیل اورانژ از ۷۳/۴۴ تا ۹۴/۸۴ درصد می‌گردد. همچنین با افزایش غلظت نانوذرات SnO_2 از ۰/۲۵ تا ۱ درصد وزنی، میزان راندمان فعالیت فتوکاتالیستی نیز افزایش می‌یابد. که این امر را می‌توان به افزایش میزان جفت الکترون – حفره و در نتیجه رادیکال‌های اکسیدکننده تولیدی ناشی از افزایش غلظت نانوذرات فتوکاتالیستی ZnO و SnO_2 نسبت داد. بررسی تاثیر همزمان زمان تابش‌دهی و غلظت نانوذرات فتوکاتالیستی ZnO و SnO_2 نشان می‌دهد که شیب تغییرات میزان فعالیت فتوکاتالیستی با غلظت نانوذرات ZnO و SnO_2 بسیار کمتر از شیب تغییرات آن با زمان تابش‌دهی است. که این امر نشان‌دهنده تاثیر بیشتر زمان تابش‌دهی بر روی کارایی حذف آلاینده است. زیرا با افزایش زمان تابش‌دهی میزان تحریک الکترونی بسیار بیشتر می‌گردد و در نتیجه جفت الکترون– حفره تولیدی که سبب اکسیداسیون و تجزیه آلاینده می‌گردد در واحد حجم افزایش می‌یابد (۱). همچنین برای رسیدن به میزان مشخصی از حذف آلاینده متیل اورانژ، زمان تابش‌دهی مورد نیاز افزایش یافته و درصد وزنی نانوذرات کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

حذف آلاینده متیل اورانژ از آب با استفاده از نانوذرات فتوکاتالیستی ZnO و SnO_2 و تحت تابش اشعه UV مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه متیل اورانژ نشان داد که کارایی حذف آلاینده تحت تاثیر پارامترهایی از جمله زمان تابش‌دهی اشعه UV و غلظت نانوذرات ZnO و SnO_2 است. با توجه به نتایج حاصل از آنالیز واریانس مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری بین تمام سطوح زمان و غلظت وجود دارد. همچنین مشاهده گردید که با افزایش زمان تابش‌دهی و غلظت، میزان کارایی حذف آلاینده نیز افزایش می‌یابد. مقایسه بین میزان راندمان فعالیت فتوکاتالیست نانوذرات ZnO و SnO_2 نیز نشان‌دهنده بالاتر بودن میزان حذف آلاینده متیل اورانژ در سوسپانسیون حاوی نانوذرات ZnO نسبت به سوسپانسیون حاوی نانوذرات SnO_2 است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله مراتب تشکر خود را از سرپرست آزمایشگاه مرکزی مجتمع آموزش عالی فنی و مهندسی اسفراین بابت همکاری جهت استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی اعلام می‌دارند.

منابع

1. Ghaderi A, Abbasi S, Farahbod F. Synthesis of SnO_2 and ZnO nanoparticles and SnO_2-ZnO hybrid for the photocatalytic oxidation of Methyl Orange. Iranian Journal of Chemical Engineering. 2015;12(3):96-105.
2. Ghaderi A, Abbasi S, Farahbod F. Photocatalytic degradation of methyl orange by ZnO and SnO_2 nanoparticles. 1st National Conference of Nanotechnology in Chemistry and Chemical Engineering; 2015; Gachsaran, Iran (in Persian).
3. Khorramfar S, Mahmoodi N, Arami M, Gharanjig K. Dye removal from colored textile wastewater using Tamarindus Indica Hull: Isotherm and kinetics study. Journal of Color Science and Technology. 2009;3:81-88 (in Persian).
4. Mahmoodi N, Rayat-Tari K, Borhany S, Arami M, Nourmohammadian F. Decolorization of colored wastewater containing azo acid dye using photo-fenton process: operational parameters and a comparative study. Journal of Color Science and Technology. 2008;2:31-40 (in Persian).
5. Ren C, Yang B, Wu M, Xu J, Fu Z, Guo T. Synthesis of Ag/ZnO nanorods array with enhanced photocatalytic performance. Journal of Hazardous Materials. 2010;182 123-29.
6. Al-Momani F, Touraud E, Degorce-Dumas JR, J. Roussy OT. Biodegradability enhancement of textile dyes and textile wastewater by VUV photolysis. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry. 2002;153 191-99.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

7. Behnajady MA, Modirshahla N, Hamzavi R. Kinetic study on photocatalytic degradation of C.I. Acid Yellow 23 by ZnO photocatalyst. Journal of Hazardous Materials. 2006;133:226-32.
8. Alijani S, Vaez M, Moghadam AZ. Comparative study on the photodegradation of Acid Black 26 from synthetic wastewater using slurry and immobilized TiO2 on the sackcloth fiber. Iranian Journal of Health and Environment. 2013;6(2):243-56 (in Persian).
9. Wang W, Zhang J, Chen F, He D, Anpo M. Preparation and photocatalytic properties of Fe3+-doped Ag@TiO2 core–shell nanoparticles. Journal of Colloid and Interface Science. 2008;323:182-86.
10. Ayati A, Ahmadpour A, Bamoharram FF, Heravi MM, Rashidi H. Photocatalytic synthesis of gold nanoparticles using preyssler acid and their photocatalytic activity. Chinese Journal of Catalysis. 2011;32:978-82.
11. Liu H, Liu T, Dong X, Hua R, Zhu Z. Preparation and enhanced photocatalytic activity of Ag-nanowires@SnO2 core–shell heterogeneous structures. Ceramics International. 2014;40:16671-75.
12. Wang W, Zhang J, Chen F, He D, Anpo M. Preparation and photocatalytic properties of Fe3+-doped Ag@TiO2 core–shell nanoparticles. Journal of Colloid and Interface Science. 2008;323:182-86.
13. Ahmed AAE, Hassan MAS, Kamal AM. Preparation and using of TiO2 nanoparticles for treatment of water containing formic acid or coliform bacteria. Nanoscience and Nanotechnology. 2013;3(4):90-95.
14. Zhang M, Sheng G, Fu J, An T, X.Wang, Hu X. Novel preparation of nanosized ZnO-SnO2 with high photocatalytic activity by homogeneous co-precipitation method. Materials Letters. 2005;59:3641-44.
15. Wen Z, Wang G, Lu W, Wang Q, Zhang Q, Li J. Enhanced photocatalytic properties of mesoporous SnO2 induced by low concentration ZnO doping. Crystal Growth & Design. 2007;7:1722-25.
16. Dhanavel S, Nivethaa EAK, Narayanan V, Stephen A. Photocatalytic activity of Chitosan/ZnO nanocomposites for degrading methylene blue. International Journal of ChemTech Research. 2014;6(3):1880-82.
17. Shan G, Zheng S, Chen S, Chen Y, Liu Y. Multifunctional ZnO/Ag nanorod array as highly sensitive substrate for surface enhanced Raman detection. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 2012;94:157-62.
18. Wen Z, Wang G, Lu W, Wang Q, Zhang Q, Li J. Enhanced photocatalytic properties of mesoporous SnO2 induced by low concentration ZnO doping. Crystal Growth & Design. 2007;7:1722-25.
19. Yuan H, Xu J. Preparation, Characterization and photocatalytic activity of nanometer SnO2. International Journal of Chemical Engineering and Applications. 2010;1(3):214-46.
20. Abbasi S, Hasanpour M. The effect of pH on the photocatalytic degradation of methyl orange using decorated ZnO nanoparticles with SnO2 nanoparticles. Journal of Materials Science: Materials in Electronics. 2016;doi:10.1007/s10854-016-5660-65.
21. Masombaigi H, Rezaee A, Nasiri A. Photocatalytic degradation of Methylene Blue using ZnO nanoparticles. Iranian Journal of Health and Environment. 2009;2 (3):188-95 (in Persian).
22. Yang GD, Yan ZF, Xiao TC. Preparation and characterization of SnO2/ZnO2/TiO2 composite semiconductor with enhanced photocatalytic activity. Applied Surface Science. 2012;258:8704-12.
23. Balachandran S, Selvam K, Babub B, Swaminathan M. The simple hydrothermal synthesis of Ag–ZnO–SnO2 nanochain and its multiple applications. Dalton Transactions. 2013;42:16365-74.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

Photocatalytic Removal of Methyl Orange in Suspension Containing ZnO and SnO_2 Nanoparticles and Investigation the Influence of Effective Variables on the Process

S Abbasi*

Esfarayen University of Technology, North Khorasan, Esfarayen, Iran

ARTICLE INFORMATIONS:

Received: 15 August 2016
Revised: 7 November 2016
Accepted: 13 November 2016
Published: 20 December 2016

Key words: Statistical analysis, Photocatalytic activity, ZnO nanoparticles, SnO_2 nanoparticles, Methyl orange

***Corresponding Author:**
abasi_1362@yahoo.com,
s.abbasi@esfarayen.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Owing to the extended usage in the safekeeping of environments, the photocatalytic materials have been widely applied. The purpose of the present study was to investigate the photocatalytic activity of ZnO and SnO_2 nanoparticles in removal of methyl orange from aqueous media.

Materials and Methods: ZnO and SnO_2 nanoparticles were synthesized through sol-gel and chemical precipitation respectively. Methyl orange was selected as model pollutant. The effect of weight fraction on the removal of pollutant was investigated in the range of 0.25, 0.5, and 1 weight percent. Meanwhile, for investigating the effect of radiation time, the suspension containing pollutant and nanoparticles was irradiated. The obtained results were analyzed by MSTATC, Ver 1.42 software and Duncan's multiple range test.

Results: The analysis of variance results of removal efficiency of methyl orange showed that in the suspension involving ZnO and SnO_2, radiation time, weight fraction and the combined effect of them have a significant effect on the removal of methyl orange at 5% level of probability. Meanwhile, by increasing irradiation time from 5 to 25 min, the removal efficiency in suspensions containing ZnO and SnO_2 reached 97.42 and 65.55% respectively. Investigation on the effect of concentration on the removal of methyl orange shows that the removal of methyl orange increases with respect to the weight fraction.

Conclusion: According to the obtained results, it was observed that the photocatalytic activity of ZnO is higher than that of SnO_2. Therefore, the application of ZnO is more effective for removal of methyl orange from aqueous media.

Please cite this article as: Abbasi S. Photocatalytic removal of methyl orange in suspension containing ZnO and SnO2 nanoparticles and investigation the influence of effective variables on the process. Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(3):433-42.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]