

سنتز نانوکامپوزیت ZnO-SnO₂-Ag و بررسی تجزیه فتوکاتالیستی آلاینده متیل اورانژ با استفاده از نانو کامپوزیت سنتز شده

اعظم قادری^۱، صدیقه عباسی^{۲*}، فرشاد فرهد^۳

^۱ کارشناسی ارشد، گروه مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان

^۲ استادیار، مجتمع آموزش عالی فنی و مهندسی اسفراین

^۳ استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فیروزآباد، گروه مهندسی شیمی، فیروزآباد، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۲/۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۳۰

چکیده

زمینه و هدف: حضور مواد آلاینده رنگی از جمله متیل اورانژ سبب ایجاد تهدیدی جدی در محیط زیست می‌باشد. لذا هدف اصلی این بررسی، سنتز نانوکامپوزیت ZnO-SnO₂-Ag و همچنین حذف آلاینده متیل اورانژ از آب با استفاده از روش اکسیداسیون پیشرفته در حضور نانوکامپوزیت فتوکاتالیستی سنتز شده می‌باشد.

مواد و روش‌ها: نانوکامپوزیت حاوی نانوذرات ZnO، SnO₂ و Ag جهت کاربرد فتوکاتالیستی سنتز و مورد استفاده قرار گرفت. نانوکامپوزیت سنتز شده با استفاده از طیف سنجی پراش اشعه ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) مورد آنالیز قرار گرفت. تأثیر زمان تابش‌دهی در بازه ۵ تا ۱۵ دقیقه و غلظت نانوکامپوزیت سنتز شده در بازه ۰/۱۲۵٪ تا ۰/۵٪ وزنی بر روی فعالیت فتوکاتالیستی جهت حذف آلاینده متیل اورانژ مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: با توجه به نتایج حاصل از طیف XRD مشاهده گردید که نانوذرات نقره با ساختار کریستالی مکعبی بر روی هیبرید ZnO-SnO₂ آرایش یافته است. نتایج حاصل از بررسی میزان راندمان حذف آلاینده آبی مورد بررسی نشان داد که با افزایش زمان تابش‌دهی محلول حاوی آلاینده و نانوکامپوزیت سنتز شده با اشعه UV و همچنین کسر وزنی نانوکامپوزیت سنتز شده، میزان راندمان حذف آلاینده نیز افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری در بین سطوح مختلف زمان تابش‌دهی محلول آلاینده با اشعه UV و کسر وزنی نانوکامپوزیت وجود دارد.

بحث و نتیجه‌گیری: تأثیر زمان تابش‌دهی محلول آلاینده با اشعه UV بر روی میزان راندمان حذف آلاینده بیشتر از تأثیر کسر وزنی نانوکامپوزیت سنتز شده می‌باشد.

کلمات کلیدی: نانوکامپوزیت ، ZnO-SnO₂-Ag ، فعالیت فتوکاتالیستی، متیل اورانژ

مقدمه

حضور مواد آلایندہ آلی رنگی از جمله متیل اورانژ در پساب‌های صنایع مختلف از جمله صنایع نساجی و رنگرزی به عنوان تهدیدی جدی برای محیط زیست به شمار می‌رود. سالانه حدود هفتصد هزار تن مواد آلایندہ رنگی در صنایع نساجی و رنگرزی تولید می‌شود که به طور میانگین ۲۰٪ از مواد رنگی تولید شده وارد پساب‌های این صنایع می‌شود. با توجه به تخلیه پساب‌های این صنایع در محیط زیست، مقدار قابل توجهی از این مواد آلایندہ وارد منابع آب‌های زیرزمینی می‌گردد که این امر سبب تهدید حیات موجودات آبی می‌گردد^۱. مواد آلایندہ رنگی موجود در منابع آبی، نور خورشید را در سطح آب جذب نموده و از نفوذ نور خورشید به اعماق آب ممانعت به عمل می‌آورد. بنابراین میزان اکسیژن محلول در اعماق آب کاهش و مرگ و میر جانوران آبی افزایش می‌یابد. از این رو حذف مواد آلایندہ رنگی موجود در پساب صنایع قبل از تخلیه به منابع آبی جهت حفظ محیط زیست بسیار حائز اهمیت می‌باشد^{۲، ۳}. با توجه به مطالعات صورت گرفته مشاهده می‌شود که روش‌های متعددی از جمله روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی جهت حذف و تجزیه مواد آلایندہ رنگی مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به شرایط عملیاتی و نوع مواد آلایندہ رنگی موجود در منابع آبی میتوان روش‌های متفاوتی از جمله کربن فعال، انعقاد، اکسیداسیون شیمیایی و اسمز معکوس را مورد استفاده قرار داد^{۳، ۴}. میزان کارایی روش‌های مذکور در حذف و تجزیه مواد آلایندہ رنگی بر اساس مزایا و معایب آن‌ها متفاوت می‌باشد. در بعضی از روش‌های تصفیه از جمله روش جذب سطحی و انعقاد، مواد آلایندہ از فاز آبی حاوی آلایندہ به فاز جامد منتقل می‌شوند. بنابراین در این روش‌ها فرایند تجزیه مواد آلایندہ و همچنین تصفیه منابع آبی قابل ملاحظه نخواهد

بود. بنابراین روش‌های جذب سطحی و انعقاد کارایی چندانی در تصفیه پساب‌های صنایع ندارند^۴. راندمان حذف مواد آلایندہ رنگی با استفاده از روش‌های بیولوژیکی نیز قابل توجه نمی‌باشد که این امر ناشی از ساختار مولکولی حلقوی شکل مواد آلایندہ موجود در پساب صنایع رنگرزی می‌باشد^{۵، ۶}. در میان روش‌های متعدد حذف مواد آلایندہ از سیستم‌های آبی، روش اکسیداسیون مواد آلایندہ رنگی با استفاده از نانوذرات فتوکاتالیستی، به عنوان کارآمدترین روش جهت تصفیه پساب صنایع نساجی و رنگرزی محسوب می‌گردد. که این امر ناشی از راندمان بالای حذف مواد آلایندہ می‌باشد. در این روش آب آلوده حاوی نانوذرات فتوکاتالیستی مورد استفاده تحت تابش منبع نوری با انرژی بیشتر از گاف انرژی نانوذرات فتوکاتالیستی قرار می‌گیرد. تابش نور ماورابنفش به محلول سبب تحریک و برانگیختگی الکترون‌های لایه ظرفیت نانوذرات فتوکاتالیستی و انتقال آن‌ها به لایه هدایت می‌گردد. انتقال اکترون سبب تولید جفت الکترون-حفره در نانوذرات فتوکاتالیستی که نقش اساسی در تولید رادیکال‌های اکسیدکننده جهت تجزیه آلایندہ دارند، می‌شود^{۷، ۸}. نانوذرات فتوکاتالیستی متفاوتی تاکنون جهت انجام فرایند اکسیداسیون آلایندہ‌های رنگی موجود در آب مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این گونه مواد فتوکاتالیستی از جمله مواد نیمه‌هادی می‌باشند که قابلیت تحریک و انتقال اکترون را دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به^{۹، ۷} TiO₂، ZnO^{۱۰، ۱۱} و SnO₂^{۱۰، ۳} اشاره نمود. نانوذرات فتوکاتالیستی قابل استفاده در فرایند تصفیه آب، قابلیت تحریک الکترونی در اثر تابش منبع نوری را دارند. ترکیب مجدد جفت الکترون-حفره تولید شده طی فرایند تحریک الکترونی از جمله معایب استفاده از نانوذرات فتوکاتالیستی نیمه هادی می‌باشد. بنابراین ممانعت از نوترکیبی جفت الکترون-حفره تولید شده سبب افزایش راندمان حذف

سپس ۰/۱ گرم از هیبرید ZnO-SnO₂ سنتز شده در ۱۵ میلی لیتر اتیلن گلیکول حل می‌شود (محلول ۱). سپس محلولی حاوی ۰/۴۵ گرم PVP، ۰/۰۰۵ گرم NaCl و ۲۸ میلی لیتر اتیلن گلیکول تهیه و به عنوان محلول ۲ نامگذاری می‌گردد. محلول سوم شامل ۰/۴۵ گرم AgNO₃ با ۲۸ میلی لیتر اتیلن گلیکول می‌باشد. سپس محلول‌های مرحله ۱، ۲ و ۳ با هم مخلوط شده و به مدت ۱۵ دقیقه بر روی همزن مغناطیسی قرار داده می‌شود. محلول حاصل شده به مدت ۹۰ دقیقه در اتوکلاو با دمای ۱۶۰ درجه سانتیگراد قرار داده می‌شود. بعد از سرد شدن اتوکلاو تا دمای محیط، پودر حاصل فیلتر و چندین بار با آب مقطر شستشو داده می‌شود. در نهایت پودر شسته شده به مدت ۸ ساعت در اون با دمای ۸۰ درجه سانتیگراد خشک می‌شود.

در تحقیق حاضر جهت شناسایی فاز نانوذرات سنتز شده از آنالیز اشعه ایکس (با دستگاه Philips، XRD) استفاده گردید. جهت بررسی مورفولوژی نانوکامپوزیت سنتز شده از میکروسکوپ الکترونی عبوری Philips (TEM) مدل CM120 استفاده شد.

تخریب فتوکاتالیستی متیل اورانژ به عنوان آلاینده مورد نظر با استفاده از فتوکاتالیست‌های تهیه شده در یک فتوراکتور به حجم ۸۰ میلی لیتر که حاوی ۶۰ میلی لیتر محلول متیل اورانژ با غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر و مقدار ۰،۱۲۵، ۰،۲۵ و ۰،۵ درصد وزنی از فتوکاتالیست می‌باشد مورد بررسی قرار گرفت. روش انجام فعالیت های فتوکاتالیستی مشابه روش ارائه شده توسط عباسی و همکاران^{۱۷} می‌باشد.

یافته‌ها

مشخصه‌یابی نانوکامپوزیت سنتز شده

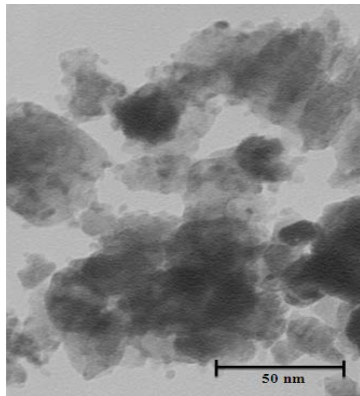
طیف XRD نانوکامپوزیت حاوی نانوذرات ZnO، SnO₂ و Ag در شکل ۱-الف نشان داده شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که سنتز نانوذرات نقره بر روی سطح هیبرید

آلاینده و فعالیت فتوکاتالیستی نانوذرات می‌گردد. از جمله روش‌های موثر جهت کاهش بازگشت الکترون‌های تحریک شده از لایه هدایت به لایه ظرفیت می‌توان به کاهش میزان انباشتگی نانوذرات فتوکاتالیستی نیمه هادی^{۱۲}، آرایش نانوذرات فتوکاتالیستی بر روی موادی که دارای نسبت سطح به حجم بالایی می‌باشند^{۱۳، ۱۴}، آرایش نانوذرات فتوکاتالیستی با نانوذرات نیمه‌هادی متفاوت که دارای شکاف انرژی بالاتری نسبت به فتوکاتالیست پایه می‌باشند^{۳، ۴} و اتصال نانوذرات نجیب به عنوان چاه الکترونی بر روی سطح نانوذرات فتوکاتالیستی^{۱۵، ۱۴} اشاره نمود. با وجود بررسی‌های متعددی که بر روی فعالیت فتوکاتالیستی نانوذرات نیمه‌هادی صورت گرفته است ولی تاکنون مطالعات آماری فعالیت فتوکاتالیستی نانوذرات کامپوزیتی حاوی اکسید روی-دی اکسید قلع-نقره صورت نگرفته است. نانوکامپوزیت استفاده شده در این مطالعه دارای روش سنتز ساده، سازگار با محیط و قیمت مناسب می‌باشد. بنابراین هدف اصلی از انجام این تحقیق، سنتز، مشخصه‌یابی، بررسی تغییرات فعالیت فتوکاتالیستی نانوکامپوزیت سنتز شده و بررسی مطالعات آماری نتایج حاصل بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشد. این آزمون یکی از روش‌هایی است که بطور وسیع برای مقایسه هم جفت مقادیر بحرانی میانگین‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

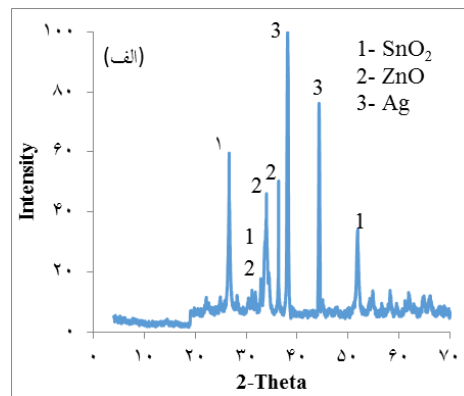
مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده در این بررسی جهت آرایش نانوذرات نقره بر روی سطح هیبرید ZnO-SnO₂ شامل نترات نقره (Merck، M= ۱۶۹/۸۷)، PVP، اتیلن گلیکول (Merck)، NaCl می‌باشد. جهت سنتز نانوکامپوزیت مورد نظر بایستی نانوذرات Ag بر روی سطح خارجی هیبرید آرایش یابد. بدین منظور، در ابتدا هیبرید ZnO-SnO₂ با استفاده از روش ارائه شده توسط عباسی و همکاران^{۱۶} سنتز گردید.

تجزیه آلاینده متیل اورانژ در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش زمان تابش‌دهی، تخریب فتوکاتالیستی آلاینده در هر سه محلول با غلظت‌های متفاوت از فتوکاتالیست (۰/۱۲۵، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد وزنی) افزایش می‌یابد. با توجه به این شکل مشاهده می‌شود که پس از گذشت ۱۵ دقیقه از زمان تابش‌دهی درصد حذف آلاینده متیل اورانژ در محلول حاوی ۰/۵ درصد وزنی از نانوکامپوزیت برابر ۹۹/۲۱٪ می‌باشد که نشان دهنده خاتمه عمل می‌باشد در حالی که در محلول حاوی ۰/۲۵ و ۰/۱۲۵ درصد وزنی از نانوکامپوزیت میزان حذف آلاینده به ترتیب به ۸۶/۱۴٪ و ۶۳/۳۶٪ می‌رسد.



شکل ۱: الف) طیف XRD نانوکامپوزیت ZnO-SnO₂-Ag، ب) تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری از نانوکامپوزیت ZnO-SnO₂-Ag



ZnO-SnO₂ موفقیت‌آمیز بوده است. با توجه به این شکل مشاهده می‌شود که علاوه بر پیک‌های مشخصه مربوط به نانوذرات ZnO و SnO₂ که توسط قادری و همکاران^۳ نشان داده شده است، چندین پیک در زاویه ۲θ برابر ۳۸/۱۱ درجه و ۴۴/۲۹ درجه قابل مشاهده می‌باشد که به بازتاب صفحات (۱۱۱) و (۲۰۰) نانوذرات نقره با ساختار کریستالی مکعبی با ثابت شبکه a=b=c=۴/۰۸۶۲ نسبت داده می‌شود. تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانوکامپوزیت ZnO-SnO₂-Ag سنتز شده نیز در شکل ۱-ب نشان داده شده است.

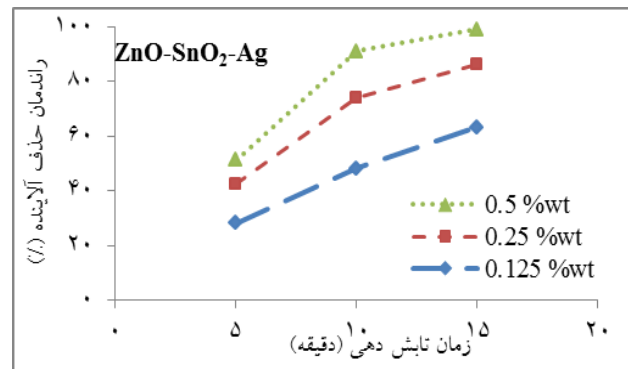
تغییرات میزان فعالیت فتوکاتالیستی نانوکامپوزیت ZnO-SnO₂-Ag

فعالیت فتوکاتالیستی نانوکامپوزیت ZnO-SnO₂-Ag جهت

مطالعه آماری میزان فعالیت فتوکاتالیستی

نانوکامپوزیت ZnO-SnO₂-Ag

جدول ۱ آنالیز واریانس فعالیت فتوکاتالیستی نانوکامپوزیت سنتز شده را نشان می‌دهد. آنالیز واریانس فعالیت فتوکاتالیستی نانوکامپوزیت در سه سطح مختلف از زمان تابش‌دهی (۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه) و سه سطح از درصد وزنی نانوکامپوزیت (۰/۱۲۵، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد وزنی) مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به این جدول مشاهده می‌شود که در سطح خطای اطمینان کمتر از ۰/۰۵ (P-value < ۰/۰۵) نتایج



شکل ۲: فعالیت فتوکاتالیستی نانوکامپوزیت ZnO-SnO₂-Ag (pH=7) و غلظت ppm ۱۰ از متیل اورانژ

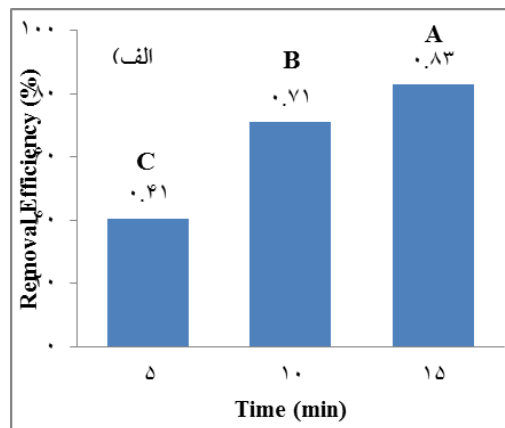
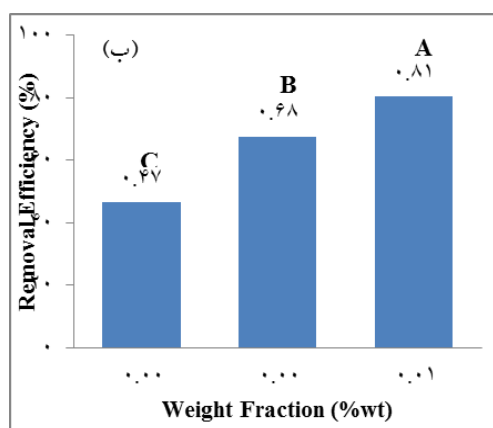
ارزش F، میزان اهمیت پارامترهای مورد بررسی نیز افزایش می‌یابد.^۱

شکل ۳-الف تأثیر زمان تابش‌دهی بر روی میزان فعالیت فتوکاتالیستی نانوکامپوزیت سنتز شده و راندمان حذف آلاینده را نشان می‌دهد.

آماري معنی‌داری برای فعالیت فتوکاتالیستی نانوکامپوزیت سنتز شده وجود دارد و همچنین می‌توان نتیجه گرفت که زمان تابش‌دهی، درصد وزنی و اثر ترکیبی این دو پارامتر تأثیر معنی‌داری بر روی فعالیت فتوکاتالیستی نانوکامپوزیت سنتز شده دارند. میزان اهمیت هر پارامتر با توجه مقادیر ارزش F (F Value) مشخص می‌گردد. به طوریکه با افزایش میزان

جدول ۱: آنالیز واریانس فعالیت فتوکاتالیستی نانوکامپوزیت سنتز شده.

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	ارزش F	احتمال
زمان تابش‌دهی	۲	۸۵۸۱/۶۳۶	۴۲۹۰/۸۱۸	۴۹۶/۹۹۹	۰/۰۰۰
کسر وزنی	۲	۵۲۹۶/۶۰۱	۲۶۴۸/۳۰۱	۳۰۶/۷۴۹	۰/۰۰۰
زمان تابش‌دهی - کسر وزنی	۴	۳۰۷/۱۱۵	۷۶/۷۷۹	۸/۸۹۳	۰/۰۰۰۴
لک آف فیت (Lack of fit)	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	---	---	---
خطا	۱۸	۱۵۵/۴۰۲	۸/۸۳۳	---	---
کل	۲۶	۱۴۳۴۰/۷۵	---	---	---



شکل ۳: الف) تأثیر تأثیر زمان تابش‌دهی بر راندمان حذف آلاینده، ب) تأثیر کسر وزنی نانوکامپوزیت بر راندمان حذف آلاینده

همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش زمان تابش‌دهی، میزان راندمان حذف آلاینده متیل اورانژ نیز افزایش می‌یابد. بطوریکه با افزایش زمان تابش‌دهی از ۵ دقیقه تا ۱۵ دقیقه میزان راندمان حذف آلاینده متیل اورانژ از ۴۰/۶۲٪ تا ۸۲/۹۱٪ افزایش می‌یابد، که میزان افزایش میزان راندمان حذف آلاینده در بازه

باتوجه به نتایج حاصل از این شکل مشاهده می‌شود که در بازه زمان تابش‌دهی مورد بررسی تفاوت آماری معنی‌داری در میزان راندمان حذف آلاینده وجود دارد (میانگین‌هایی با حروف متفاوت دارای تفاوت آماری معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن و با سطح اطمینان ۹۵٪ می‌باشند).

استنباط نمود که با افزایش غلظت فتوکاتالیست استفاده شده در محدوده مورد بررسی در این مطالعه، فعالیت فتوکاتالیستی نیز افزایش می‌یابد که این امر نیز ناشی از افزایش میزان جفت الکترون-حفره و در نتیجه رادیکال‌های اکسیدکننده تولیدی می‌باشد. زیرا با افزایش غلظت فتوکاتالیست‌های استفاده شده، سطح تماس نانوکامپوزیت فتوکاتالیستی مورد استفاده با مواد آلاینده نیز افزایش می‌یابد. در نتیجه سطح تماس فتوکاتالیست با اشعه ماورابنفش تابیده شده توسط منبع نوری نیز افزایش می‌یابد که این امر سبب افزایش میزان تحریک الکترونی و همچنین جفت الکترون-حفره تولیدی می‌گردد.^{۱۳} مقایسه بین تأثیر زمان تابش‌دهی و کسر وزنی نانوکامپوزیت سنتز شده بر روی راندمان حذف آلاینده نشان می‌دهد که در بازه زمان تابش‌دهی مورد بررسی (۵ تا ۱۵ دقیقه) و کسر وزنی مورد بررسی (۰/۱۲۵٪ تا ۰/۵٪ وزنی)، تأثیر زمان تابش‌دهی (۰/۱۰۴/۱۱٪) به مراتب بیشتر از تأثیر کسر وزنی نانوکامپوزیت سنتز شده (۰/۷۲/۹۸٪) می‌باشد. نتایج حاصل شده با نتایج گزارش شده جهت حذف آلاینده متیل اورانژ توسط نانوذرات ZnO و SnO₂ مطابقت دارد.^{۱۷}

نتیجه‌گیری

در این بررسی نانوکامپوزیت ZnO-SnO₂-Ag جهت بررسی راندمان حذف آلاینده متیل اورانژ سنتز گردید. نتایج حاصل از طیف XRD نشان داد که نانوذرات ZnO، SnO₂ و Ag به طور موفقیت آمیزی در نانوکامپوزیت سنتز گردید. نتایج حاصل از بررسی تغییرات میزان فعالیت فتوکاتالیستی نانوکامپوزیت سنتز شده جهت حذف آلاینده متیل اورانژ نشان داد که با افزایش زمان تابش‌دهی و کسر وزنی نانوکامپوزیت سنتز شده، میزان راندمان حذف آلاینده متیل اورانژ افزایش می‌یابد. بررسی آنالیز آماری تأثیر زمان تابش‌دهی و کسر وزنی نانوکامپوزیت سنتز شده با استفاده از آزمون

زمان تابش‌دهی ذکر شده معادل ۰/۱۰۴/۱۱٪ می‌باشد. نتایج حاصل از تأثیر کسر وزنی نانوکامپوزیت سنتز شده بر روی راندمان حذف آلاینده با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان می‌دهد که بین سطوح متوالی کسر وزنی، تفاوت آماری معنی‌داری در راندمان حذف آلاینده وجود دارد. کمترین میزان راندمان حذف آلاینده در کسر وزنی ۰/۱۲۵٪ برابر ۰/۴۶/۵۷٪ و بیشترین راندمان حذف آلاینده در کسر وزنی ۰/۵٪ نانوکامپوزیت برابر ۰/۸۰/۵۶٪ می‌باشد (شکل ۳-ب). بنابراین با افزایش کسر وزنی نانوکامپوزیت سنتز شده از ۰/۱۲۵٪ تا ۰/۵٪ وزنی، میزان راندمان حذف آلاینده به میزان ۰/۷۲/۹۸٪ افزایش می‌یابد.

بحث

با توجه به نتایج گزارش شده در جدول ۱ مشاهده می‌شود که میزان ارزش F برای زمان تابش‌دهی (A)، کسر وزنی نانوکامپوزیت (B) و اثر متقابل این دو (A-B) به ترتیب برابر با ۴۹۶/۹۹۹۶، ۳۰۶/۷۴۹۱ و ۸/۸۹۳۲ می‌باشد. بنابراین با توجه به مقادیر حاصل شده می‌توان نتیجه‌گیری نمود که زمان تابش‌دهی محلول حاوی آلاینده دارای بیشترین میزان تأثیر بر روی میزان فعالیت فتوکاتالیستی نانوکامپوزیت سنتز شده و راندمان حذف آلاینده می‌باشد. درحالی‌که اثر متقابل پارمترهای مورد بررسی دارای کمترین میزان تأثیر می‌باشد. نتایج حاصل شده در این بررسی با نتایج ارائه شده در مطالعات پیشین سازگار می‌باشد.^{۱۸، ۱۶} بررسی تأثیر افزایش زمان تابش‌دهی محلول حاوی آلاینده و نانوذرات فتوکاتالیستی سنتز شده نشان می‌دهد که افزایش میزان فعالیت فتوکاتالیستی با افزایش زمان تابش‌دهی به دلیل افزایش میزان تحریک الکترون‌ها و افزایش میزان انتقال الکترون از لایه ظرفیت به لایه هدایت می‌باشد. بنابراین با افزایش میزان جابجایی الکترون‌ها، میزان جفت الکترون-حفره تولید شده و در نتیجه رادیکال‌های اکسیدکننده (OH⁻ و O₂⁻) نیز افزایش می‌یابد.^{۱۶} همچنین می‌توان

حذف آلاینده و در سطح اطمینان ۹۵٪ ($P < 0.05$) وجود دارد.

چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که بین سطوح مختلف زمان تابش‌دهی و کسر وزنی، تفاوت آماری معنی‌داری در راندمان

References

- Juanga R-S, Lin S-H, Hsueh P-Y. Removal of binary azo dyes from water by UV irradiated degradation in TiO₂ suspensions. *J Hazard Mater* 2010;182: 820–6.
- Behnajady M, al. e. Photocatalytic degradation of an azo dye in a tubular continuous-flow photoreactor with immobilized TiO₂ on glass plates. *Chem Eng J* 2007;127(1): 167-76.
- Ghaderi A, Abbasi S, Farahbod F. Synthesis of SnO₂ and ZnO Nanoparticles and SnO₂-ZnO Hybrid for the Photocatalytic Oxidation of Methyl Orange. *J Chem Eng* 2015;12(3): 96-105.
- Abbasi S, Hasanpour M. The effect of pH on the photocatalytic degradation of methyl orange using decorated ZnO nanoparticles with SnO₂ nanoparticles. *J Mater Sci: Mater Electron* 2017;28(2): 1307-14.
- Ghaderi A, Abbasi S, Farahbod F. Photocatalytic degradation of methyl orange by ZnO and SnO₂ nanoparticles. 1st national conference of nanotechnology in chemistry and chemical engineering; Gachsaran Iran 2015.
- Roozban N, Abbasi S, Ghazizadeh M. Statistical analysis of the photocatalytic activity of decorated Multi-Walled carbon nanotubes with ZnO nanoparticles. *J Mater Sci: Mater Electron* 2017;28(8): 6047–55.
- Mirjalili M, Zahed F, Karimi L, Mirjalili M. Photocatalytic decolourisation of azo dye by nano TiO₂-UV process. The 3rd National Conference on Textile and Clothing Engineering; Yazd 2011.
- Rangkooy HA, Rezaee A, Khavanin A, et al. A Study on Photocatalytic Removal of Formaldehyde from Air Using ZnO Nanoparticles Immobilized on Bone Char. *QOM UNIVERSITY OF MEDICAL SCIENCES JOURNAL* 2013;7: 17-26.
- Ahmed AAE, Hassan MAS, Kamal AM. Preparation and Using of TiO₂ Nanoparticles for Treatment of Water Containing Formic Acid or Coliform Bacteria. *J Nanosci Nanotechnol* 2013;3(4): 90-5.
- Wang WW, Zhu YJ, Yang LX. ZnO-SnO₂ hollow spheres and hierarchical nanosheets: hydrothermal preparation, formation mechanism, and photocatalytic properties. *Adv Funct Mater* 2007;17: 59–64.
- Zhang M, Sheng G, Fu J, et al. Novel preparation of nanosized ZnO-SnO₂ with high photocatalytic activity by homogeneous co-precipitation method. *Mater Lett* 2005;59: 3641–4.
- Azarang M, Shuhaimi A, Yousefi R, et al. Synthesis and characterization of ZnO NPs/reduced graphene oxide nanocomposite prepared in gelatin medium as highly efficient photo-degradation of MB. *Ceram Int* 2014;40: 10217–21.
- Roozban N, Abbasi S, Ghazizadeh M. The experimental and statistical investigation of the photo degradation of methyl orange using modified MWCNTs with different amount of ZnO nanoparticles. *J Mater Sci: Mater Electron* 2017;28(10): 7343–52.
- Chen L, T TT, Huang Ca, et al. Synthesis and photocatalytic application of Au/Ag nanoparticle-sensitized ZnO films. *Appl Surf Sci* 2013;273: 82– 8.
- Kuriakose S, Choudhary V, Satpati B, Mohapatra S. Enhanced photocatalytic activity of Ag-ZnO hybrid plasmonic nanostructures prepared by a facile wet chemical method. *Beilstein J Nanotechnol* 2014;5: 639–50.
- Abbasi S, Hasanpour M. The effect of pH on the photocatalytic degradation of methyl orange using decorated ZnO nanoparticles with SnO₂ nanoparticles. *J Mater Sci: Mater Electron* 2017;28: 1307–14.
- 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.
- Abbasi S, Hasanpour M, Ekrami-Kakhki MS. Removal efficiency optimization of organic pollutant (methylene blue) with modified multi-walled carbon nanotubes using design of experiments (DOE). *J Mater Sci: Mater Electron* 2017;28(13): 9900–10.

Synthesis of ZnO-SnO₂-Ag Nanocomposite and Investigation of the Photocatalytic Decomposition of Methyl Orange Using Synthesized Nanocomposite

Azam Ghaderi¹, Sedigheh Abbasi^{2*}, Farshad Farahbod³

1. Master of Science, Department of Chemical Engineering, Sirjan Branch, Islamic Azad University, Sirjan, Iran

2. Assistant professor, Esfarayen University of Technology, Esfarayen, North khorasan, Iran

3 Assistant professor, Department of Chemical Engineering, Firoozabad Branch, Islamic Azad University, Firoozabad, Iran

*

* E-mail: abasi_1362@yahoo.com, s.abbasi@esfarayen.ac.ir

Received: 29 Apr 2018 ; Accepted: 21 Aug 2018

ABSTRACT

Background and Objectives: The presence of dye organic pollutants such as methyl orange is an imperative threat for environment. Therefore, the main aim of this study is synthesize of the ZnO-SnO₂-Ag nanocomposite and elimination of methyl orange from water using advanced oxidation process and synthesized photocatalytic nanocomposite.

Material and Methods: The nanocomposite containing ZnO, SnO₂ and Ag nanoparticles is synthesized for photocatalytic application. The synthesized nanocomposite is characterized using X-ray diffraction (XRD) spectroscopy and transmission electron microscopy (TEM). The effect of irradiation time ranging from 5 min to 15 min and weight fraction of nanocomposite ranging from 0.125 %wt to 0.5 %wt is investigated on the photocatalytic decomposition of methyl orange.

Results: The results of the XRD pattern reveal that the Ag nanoparticles with cubic structure decorate on the surface of ZnO-SnO₂. The results of the photocatalytic activity of the synthesized nanocomposite show that the removal efficiency of the pollutant increases with UV irradiation time and weight fraction. The results of the Duncan's multiple range test confirm that there is a significant difference among different level of the UV irradiation time and weight fraction of nanocomposite.

Conclusion: Base on the experimental results, it is clear that the effect of UV irradiation time is more significant rather than weight fraction.

Keywords: nanocomposite, ZnO-SnO₂-Ag, photocatalytic activities, methyl orange, removal efficiency