

Decolorization of Textile Wastewater Using UVA/MgO Nanoparticles from Aqueous Solution

Jaafarzadeh N¹, Jorfi S², Baboli Z³, Vosoughi M⁴, Hosseini S.S⁵, Barzegar G*⁶

1. Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran. Environmental Technologies Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran

2. Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran. Environmental Technologies Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran

3. Department of Environmental Health Engineering, Behbahan Faculty of Medical Sciences, Behbahan, Iran

4. Department of Environmental Health Engineering, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran

5. Behbahan Faculty of Medical Sciences, Behbahan, Iran

6. Department of Environmental Health Engineering, Behbahan Faculty of Medical Sciences, Behbahan, Iran

* *Corresponding author.* Tel: +989160370068, E-mail: g1989.barzegar@gmail.com

Received: Jan 12, 2017 Accepted: May 2, 2017

ABSTRACT

Background & objectives: The colored compounds, used in textile industries effluents, are one of the most dangerous sources of environmental pollution. These colors such as azo dyes are mainly bio-refractory. The aim of the current study was to determine the efficiency of the photocatalytic oxidation of Acid red 73 using MgO nanoparticles.

Methods: Following the synthesis and characterization of MgO nanoparticles by the sol-gel method the efficiency UVA/MgO nanoparticles for removal of Acid red 73 was studied. The effect of different parameters such as pH (3-9), MgO dosages (0.2-1.5 g/L), the reaction time (15-60 min), and dye concentrations (20 -100 mg/L) were investigated in a lab-scale study.

Results: The highest removal efficiencies were observed in initial dye concentrations of 20 (93%), 40 (92.2%) and 60 mg/L (90.5%) at pH=5, MgO concentration of 0.8 g/L and reaction time of 45 min.

Conclusions: The photocatalytic oxidation by UVA/MgO nanoparticles is an efficient method for removal of Acid red 73 from synthetic aqueous solutions.

Keywords: Acid Red73 Azo Dye; Photocatalytic Oxidation; MgO Nanoparticles; Textile Wastewater

حذف رنگ از فاضلاب نساجی با استفاده از نانوذرات اکسید منیزیم و اشعه ماوراء بنفش (UVA) از محلول‌های آبی

نعمت اله جعفرزاده^۱، سهند جرفی^۲، زینب بابلی^۳، مهدی وثوقی^۴، سیده سحر حسینی^۵، گلاویز برزگر^{۶*}

۱. استاد گروه مهندسی بهداشت محیط و عضو مرکز تحقیقات و فناوری‌های زیست محیطی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز
 ۲. استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط و عضو مرکز تحقیقات و فناوری‌های زیست محیطی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز
 ۳. مربی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی بهبهان، بهبهان، ایران
 ۴. استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط و عضو مرکز تحقیقات و فناوری‌های زیست محیطی، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران
 ۵. مربی گروه بهداشت عمومی، دانشکده علوم پزشکی بهبهان، بهبهان، ایران
 ۶. مربی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی بهبهان، بهبهان، ایران
- * نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۶۰۳۷۰۰۶۸ ایمیل: g1989.barzegar@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: ترکیبات رنگی و به طور عمده رنگ‌های آزو در پساب صنایع مختلف نظیر صنایع نساجی از بزرگترین آلاینده‌های زیست محیطی دارای مخاطرات بهداشتی به شمار می‌روند که مقاوم به تصفیه بیولوژیکی هستند. هدف از پژوهش فعلی تعیین کارایی اکسیداسیون فتوکاتالیتیکی مبتنی بر نانوذرات MgO در تصفیه فاضلاب نساجی بود که از رنگ آزو راکتیو رد ۱۹۸ به عنوان آلاینده مدل استفاده شد.

روش کار: پس از سنتز نانوذرات MgO به روش سل-ژل و تعیین خصوصیات نانوذره تولیدی، کارایی آن در حذف رنگ اسید رد ۷۳ در حضور پرتو UVA بررسی شد. اثر pH در محدوده ۹-۳، دزاد فتوکاتالیست در محدوده ۱/۵-۰/۲ g/L، زمان واکنش ۶۰-۱۵ دقیقه و غلظت‌های متغیر رنگ آزو به میزان ۱۰۰-۲۰ mg/L به روش یک عامل در زمان در مقیاس آزمایشگاهی مطالعه گردید.

یافته‌ها: بهترین بازدهی حذف معادل ۹۳/۲، ۹۲/۲ و ۹۰/۵ درصد به ازای غلظت اولیه رنگ به ترتیب ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم در لیتر در سطوح pH معادل ۵، دزاد MgO معادل ۰/۸ g/L و زمان واکنش ۴۵ دقیقه به دست آمد.

نتیجه گیری: اکسیداسیون فتوکاتالیتیکی UVA/ نانوذرات MgO یک فرایند کارآمد برای تصفیه فاضلاب نساجی و حذف رنگ آزو راکتیو رد ۱۹۸ در محلول‌های آبی سنتتیک است.

واژه‌های کلیدی: رنگ آزو راکتیو رد ۱۹۸، اکسیداسیون فتوکاتالیتیکی، نانوذرات MgO، فاضلاب نساجی

پذیرش: ۹۶/۲/۱۲

دریافت: ۹۵/۱۰/۲۳

مقدمه

فاضلاب صنایع نساجی یک جریان غیریکنواخت و سرشار از آلاینده‌های پایدار و مقاوم به تجزیه است که فرایند تصفیه آن پیچیده خواهد بود. این فاضلاب بسیار رنگی، مملو از جامدات، غلظت‌های بالای COD و فلزات سنگینی نظیر کروم و مس، آروماتیک‌های کلرینه و سورفکتانت‌ها است (۱). رنگ‌های آزو از

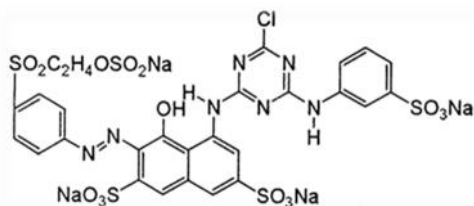
جمله مونسو آزو، دی آزو، تری آزو، پلی آزو، آنتراکینون، فتالوسیانین، و تری متان دسته مهمی از رنگ‌های نساجی هستند که بیشترین اهمیت شیمیایی را در کلاس رنگ‌های سنتتیک دارند (۲). عمدتاً مواد رنگزا دارای یک یا چند حلقه بنزنی بوده که به دلیل سمیت و مقاوم به تجزیه بودن، چنانچه بدون تصفیه وارد محیط شوند، مخاطرات حیران ناپذیری به

(۱۳). جامداتی که در حضور نور سرعت واکنش‌ها را افزایش داده، اما در واکنش کلی مصرف نمی‌شوند، فتوکاتالیست نامیده می‌شوند. فتوکاتالیست از جنس نیمه‌هادی‌ها بوده و دارای خصوصیتی نظیر فعال شدن به وسیله نور، خنثی بودن از نظر شیمیایی و بیولوژیکی، ارزان و غیرسمی بودن هستند (۱۴). اکسید منیزیم (MgO) یک ترکیب نیمه رسانا است که به دلیل حساسیت نوری بالا، ماهیت غیرسمی، پایداری بالا، شکاف انرژی گسترده و بازده بالای تولید الکترون‌ها بسیار مورد توجه است. خاصیت شکاف انرژی سبب جذب بخش اعظم طیف UV توسط این نانوذره می‌گردد. از این رو با ورود ترکیبات رنگی جدید به بازار مصرف، کاوش در زمینه ارائه روش‌های نوین، کارآمد، کم هزینه و ساده تر ضروری به نظر می‌رسد. هدف از مطالعه فعلی تعیین میانی فنی فرایند فتوکاتالیستی UVA/MgO در مقیاس آزمایشگاهی با استفاده از محلول حاوی رنگ آزو راکتیو رد ۱۹۸ به عنوان آلاینده مدل بود.

روش کار

مواد شیمیایی

نمونه رنگ آزو راکتیو رد ۱۹۸ مورد مطالعه به وزن مولکولی آن ۵۵۶/۴۹ max ۵۰۹ نانومتر و فرمول شیمیایی آن (C₂₂H₁₄N₄Na₂O₇S₂) از شرکت الوان ثابت خریداری گردید (شکل ۱). اسید سولفوریک و سود برای تنظیم pH، کلرور آلومینیم، کربنات سدیک، استات منیزیم، هیدروکسید سدیم، اسید کلریدریک، کلرید منیزیم ۶ آب و اتانول از مرکز خریداری شدند.



شکل ۱. ساختار شیمیایی رنگ راکتیو رد ۱۹۸ مورد استفاده در تهیه فاضلاب سنتتیک (۱۵)

محیط زیست وارد خواهند نمود (۳). این رنگ‌ها دارای پایداری بالایی در محیط زیست بوده و تخلیه فاضلاب‌های رنگی به منابع آبی منجر به کاهش نفوذ نور خورشید، تداخل در اکولوژی آب‌های پذیرنده و کاهش شدت فتوسنتز گیاهان آبی و جلبک‌ها خواهد شد (۴). بسیاری از رنگ‌های آزو و محصولات شکسته شده آن سمی و بالقوه سرطان‌زا بوده و می‌تواند به سرطان مثانه در انسان منجر شود. تومورها، آلرژی‌ها، ناهنجاری‌های هسته‌ای در حیوانات آزمایشگاهی و جهش‌های کروموزومی در سلول‌های پستانداران توسط آنها اثبات شده است (۵). رنگ‌ها به دلیل ایجاد کمپلکس‌های پایدار، به صورت بیولوژیکی سخت تجزیه بوده و فرآیندهای متداول تصفیه فاضلاب به دلیل کارآمدی اندک، تولید لجن شیمیایی و هزینه بالای مصرف مواد شیمیایی روش مؤثری برای تصفیه آن محسوب نمی‌گردد (۶). روش‌های گوناگونی نظیر انعقاد و لخته سازی، اکسیداسیون شیمیایی، تصفیه الکتروشیمیایی و فرایند جذب سطحی برای تصفیه فاضلاب صنایع نساجی مطالعه شده است (۱۱-۷). اخیراً فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته به عنوان جایگزین فرایندهای متداول بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. در فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته رادیکال هیدروکسیل (OH) به عنوان عامل اصلی اکسیداسیون ترکیبات آلی در محیط تولید می‌شود. این رادیکال بسیار واکنشگر بوده و به دلیل حضور الکترون جفت‌نشده می‌تواند به صورت غیرانتخابی ترکیبات آلی را اکسید نماید (۱۲). امروزه تجزیه فتوکاتالیستی محلول‌های رنگی به دلیل امکان ساخت نانو فتوکاتالیست‌های کارآمد، ارزان، بازدهی بالای تجزیه و سرعت بالای واکنش فتوکاتالیکی جایگاه خاصی در برنامه‌های تحقیقاتی یافته است. فرآیندهای فتوکاتالیستی ترکیبی از فتوکاتالیست (ZnO, TiO₂) و نور UV یا مرئی است که منجر به انتقال سریع‌تر یک الکترون به اکسیژن مولکولی می‌گردد

سنتز نانوذرات اکسید منیزیم (MgO)

معمولاً از دو روش گرمایی (هیدروترمال) و سل-ژل برای تولید نانوذرات اکسید منیزیم استفاده می‌شود (۱۶-۱۸). در این مطالعه برای تولید نانوذرات MgO از یک روش سل-ژل استفاده شد (۱۹). به منظور تهیه نانو ذرات اکسید منیزیم، ابتدا در یک بشر یک لیتری، ۱۰۰ گرم $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ در ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل شد و به آن ۵۰ میلی لیتر محلول NaOH یک نرمال اضافه شد. محلول حاصله به مدت ۴ ساعت بر روی یک همزن مگنتیک، جهت تولید رسوب هیدروکسید منیزیم، اختلاط داده شد. این سوسپانسیون به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به منظور بدست آوردن ژل $Mg(OH)_2$ سانتریفوژ شد. سپس چندین بار با آب مقطر شسته شده و در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شد. در نهایت پودر خشک شده در یک کوره در دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲ ساعت کلسینه شده و نانوذرات MgO استخراج گردیدند. خصوصیات نانوذره با انجام آنالیزهای XRD (مدل GNR-MPD3000 ساخت ایتالیا)، آنالیز BET مدل Nanosord ساخت ایران و میکروسکوپ الکترونی گسیل میدانی مدل Mira 3-XMU تعیین شد.

راکتور مقیاس آزمایشگاهی تجزیه فتوکاتالیتیکی

آزمایش‌های تجزیه فتوکاتالیتیکی به صورت ناپیوسته در یک راکتور مقیاس آزمایشگاهی شیشه ای به حجم ۵۰۰ میلی لیتر انجام شد. یک لامپ UVA فشار متوسط با توان اسمی ۲۰ وات با طول موج ۳۵۰-۴۰۰ نانومتر درون یک محفظه کوارتزی به قطر ۴ سانتیمتر جاگذاری شده و کل مجموعه درون راکتور شیشه ای تجزیه فتوکاتالیتیکی قرار گرفتند. به منظور کنترل افزایش دما، راکتور تجزیه فتوکاتالیتیکی درون یک پوسته آب قرار گرفت. اختلاط از طریق یک همزن مغناطیسی با دور ۲۵۰ rpm تأمین می‌شد.

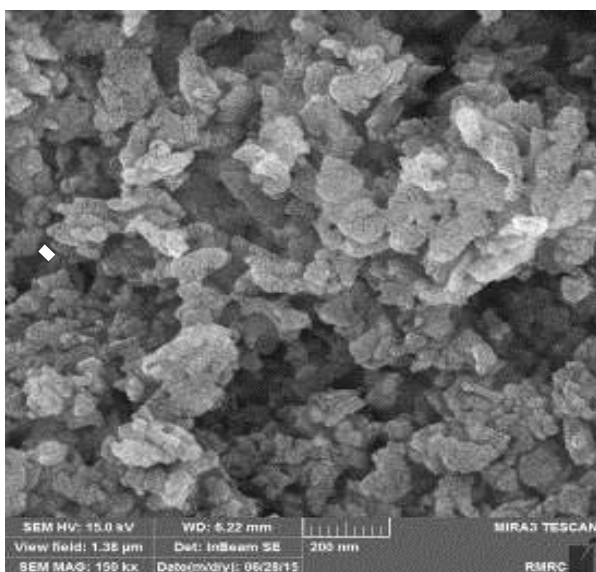
روش اجرای مطالعه

عوامل مؤثر بر واکنش شامل به صورت متوالی و بر مبنای روش یک عامل در زمان مطالعه شدند. تاثیر pH در محدوده ۱۱-۳ و در دزاتر ثابت نانوذرات MgO به میزان ۵ g/L، دمای محیط 24 ± 3 درجه سانتیگراد و دور اختلاط ۲۵۰ rpm در زمان واکنش ۶۰ دقیقه مطالعه شد. در مراحل بعدی دزاتر فتونانو کاتالیست به میزان ۰/۲ الی ۱/۵ g/L و زمان واکنش در محدوده ۶۰-۱۵ دقیقه مطالعه شدند. در آخرین مرحله اثر غلظت‌های متغیر رنگ آزو اسیدرد ۷۳ در محدوده ۱۰۰-۲۰ mg/L مطالعه شد. پس از تنظیم سطح مورد نظر هر متغیر، محلول رنگ درون راکتور شیشه ای در معرض تابش UVA قرار می گرفت. کلیه آزمایش‌ها با استفاده از آب مقطر و حجم نهایی محلول رنگی به میزان ۲۵۰ میلی لیتر انجام و سپس در فواصل معین نمونه برداری صورت می گرفت.

روش‌های آزمایشگاهی

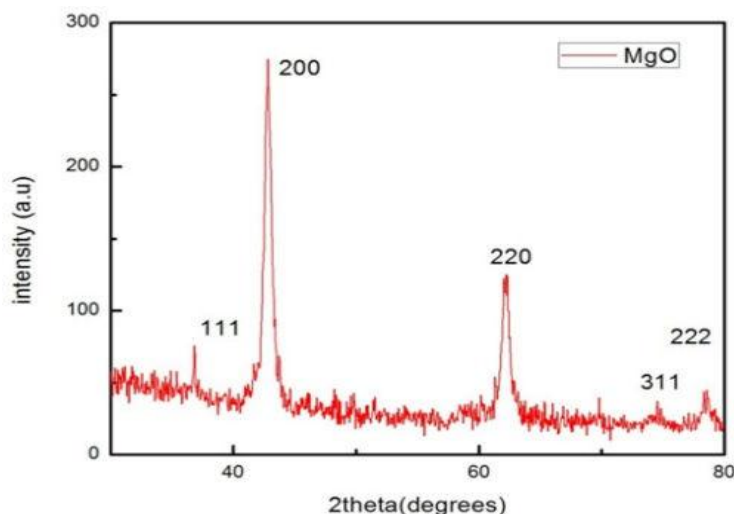
برای سنجش رنگ در انتهای هر آزمایش، ۱۰ mL نمونه برداشته شده و به منظور حذف فتوکاتالیست‌های MgO به مدت ۵ دقیقه در دور ۴۴۰۰ rpm سانتریفوژ شدند. غلظت رنگ با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل DR5000 در طول موج جذب حداکثر ۵۰۹ نانومتر در محدوده مرئی اندازه گیری می‌شد (۲۰). دما به وسیله ترمومتر و pH به وسیله یک متر دیجیتال مدل Cyberscan اندازه گیری می‌شدند. همه داده‌های آزمایشگاهی ارائه شده در طول مطالعات بر مبنای میانگین حسابی، با حداقل ۳ بار تکرار آزمایش بوده که پس از حذف داده‌های مخدوش و غلط ثبت گردیده اند. یک میکروسکوپ الکترونی گسیل میدانی مدل Mira 3-XMU برای بررسی ساختار سطحی فتوکاتالیست تولیدی استفاده شد. الگوی پراش اشعه (XRD) با استفاده از یک دستگاه GNR-MPD3000 ساخت

نشان داد که سطح ویژه نانوفتوکاتالیست تولیدی $37/03 \text{ m}^2/\text{g}$ بود.



شکل ۲. تصویر میکروسکوپ الکترونی ساختار مورفولوژیکی نانوفتوکاتالیست MgO تولیدی

شکل ۳ الگوی پراش اشعه ایکس نانوفتوکاتالیست MgO را نشان می‌دهد. وجود پیک‌های بلند پراش در 2θ و زوایای $36/95^\circ$ ، $42/95^\circ$ ، $74/7^\circ$ ، $78/6^\circ$ ، با ارتفاع پیک به ترتیب 48.276 ، 162 ، 30 و 54 ، نمایانگر تشکیل مکعب‌های نانوذرات MgO خلوص بالای آن بود و با کارت استاندارد نانوذره MgO (JCPDS No: 45-0946) مطابقت دارد (۲۲).



شکل ۳. الگوی پراش اشعه X نانوفتوکاتالیست MgO

ایتالیا با استفاده از آند $Cu (\lambda = 0.154)$ ، جریان ۳۰ میلی آمپر و ولتاژ ۴۰ کیلو ولت ثبت گردید. pH_{zpc} نانوذرات MgO با اختلاط 0.2 g نانوفتوکاتالیست با 50 mL محلول استاندارد NaCl 0.1 M در 10 ارلن جداگانه تعیین شد. به هر ارلن مایر مقادیر موردنیاز HCl یا NaOH اضافه شد تا pHهای $2/5$ ، 3 ، 4 ، 5 ، 6 ، 7 ، 8 ، 9 ، 10 و 11 تنظیم شود. مخلوط به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط با دور 120 rpm شیک شده و سپس pH تعادلی اندازه گیری شد. مقدار pH_{zpc} معادل pH ای خواهد بود که در آن، مقدار pH اولیه و ثانویه پس از اختلاط به مدت ۲۴ ساعت یکسان باشند (۲۱).

یافته‌ها

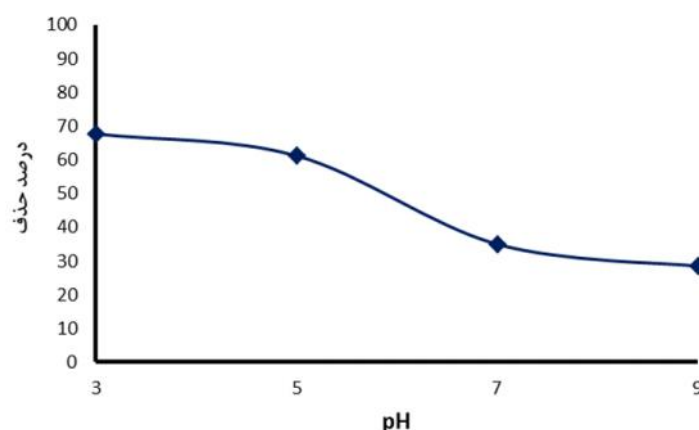
خصوصیات نانوذرات MgO

آنالیز میکروسکوپ الکترونی گسیل میدانی (FESEM) برای مطالعه مورفولوژی نانوذرات MgO خالص انجام شد. تصاویر (شکل ۲ الف) حاکی از ساختار به شدت متخلل و توزیع نسبتاً یکنواخت MgO تولیدی با ابعاد در محدوده تقریبی $15-25$ نانومتر (شکل ۲ ب) است. ابعاد نانویی ذرات MgO تولیدی مؤید خصوصیات واکنش پذیری و جذب نوری مطلوب این نانوفتوکاتالیست می‌باشد. آنالیز BET

اثر pH

تأثیر pH در محدوده ۳-۹، در دزای ثابت نانوذرات MgO به میزان ۰/۵ g/L، دمای محیط 24 ± 3 درجه سانتیگراد و دور اختلاط ۲۵۰ rpm در زمان واکنش ۶۰ دقیقه مطالعه شد. بازده حذف رنگ به موازت افزایش pH کاهش یافته است. بیشترین بازده حذف رنگ به میزان ۶۷/۷ و ۶۱/۲ درصد در pHهای ۳ و ۵

مشاهده شد (شکل ۵). pH_{zpc} نانوفتوکاتالیست MgO معادل ۸/۳ بود. با توجه به معنی‌دار نبودن اختلاف بازده‌های رنگ ($p < 0.05$) میان pHهای ۳ و ۵، pH برابر ۵ به دلیل امکان راهبری ساده‌تر به عنوان مقدار برتر انتخاب شد.

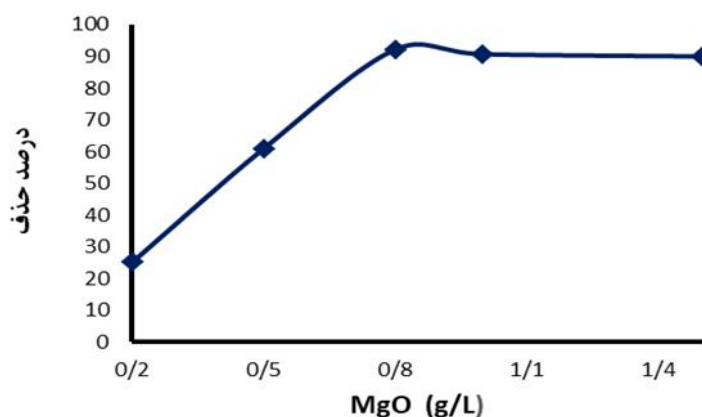


شکل ۴. اثر pH بر بازدهی فرایند تجزیه فتوکاتالیتیکی مبتنی بر نانوذرات MgO در حذف رنگ راکتیور رد ۱۹۸ (زمان واکنش ۶۰ دقیقه، غلظت اولیه رنگ ۲۰ mg/L، دزای کاتالیست ۰/۵ g/L)

اثر دزای نانوفتوکاتالیست

دزای نانوفتوکاتالیست در محدوده ۰/۲ الی ۱/۵ g/L در pH معادل ۵ و زمان واکنش ۶۰ دقیقه مطالعه شد. بازده حذف به موازات افزایش دزای نانوذرات MgO تا غلظت ۰/۸ g/L افزایش یافته و پس از آن

تأثیر معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۵). بازده حذف رنگ در دزای نانوذرات MgO معادل ۰/۸ g/L معادل ۹۲/۲ درصد بود.

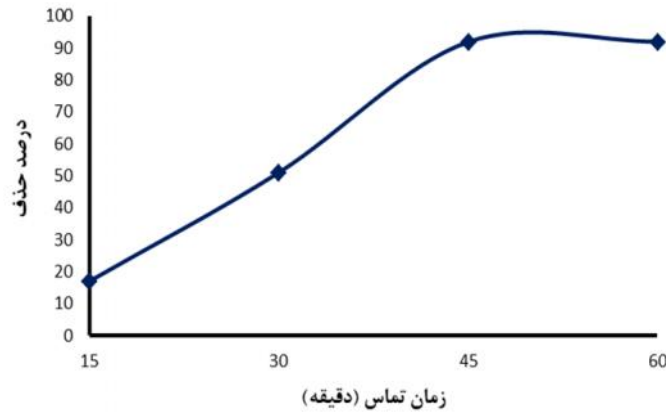


شکل ۵. اثر غلظت نانوذره MgO بر بازدهی فرایند تجزیه فتوکاتالیتیکی در حذف رنگ راکتیور رد ۱۹۸ (زمان واکنش ۶۰ دقیقه، غلظت اولیه رنگ ۲۰ mg/L، pH=۵)

اثر زمان واکنش

اثر زمان واکنش در محدوده ۱۵ الی ۶۰ دقیقه در دزای MgO معادل ۰/۸ g/L، pH برابر ۵، تابش UVA بر بازده رنگ راکتیور رد ۱۹۸ مطالعه گردید (شکل ۶). به موازات افزایش زمان بازده حذف افزایش یافته است. بازده حذف رنگ در زمان‌های

واکنش ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه به ترتیب ۱۷، ۵۷، ۹۱/۹ و ۹۲ درصد بود. به دلیل عدم مشاهده اختلاف معنی‌دار بین مقادیر بازده حذف زمان‌های واکنش ۴۵ دقیقه و ۶۰ دقیقه، زمان واکنش ۴۵ دقیقه به عنوان سطح بهینه انتخاب شد.

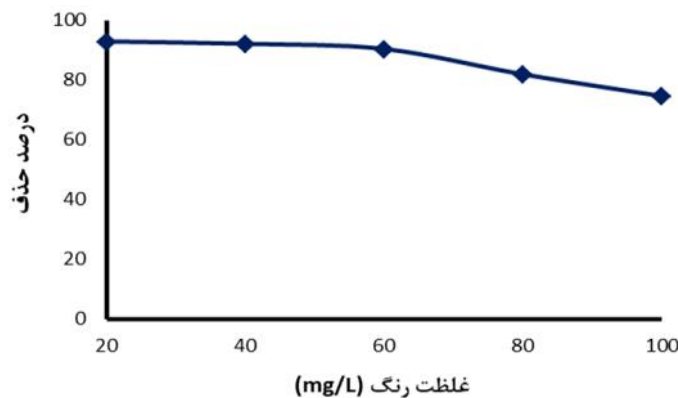


شکل ۶. اثر زمان تماس بر بازدهی فرایند تجزیه فتوکاتالیتیکی در حذف رنگ راکتیور رد ۱۹۸ (غلظت اولیه رنگ ۲۰ mg/L، pH=۵، دزای کاتالیست ۰/۸ g/L)

اثر غلظت اولیه رنگ

اثر غلظت اولیه رنگ در سطوح بهینه سایر متغیرها شامل pH معادل ۵، دزای MgO برابر ۰/۸ g/L و زمان واکنش ۴۵ دقیقه مطالعه شد. افزایش غلظت اولیه رنگ تا غلظت اولیه ۶۰ mg/L اثر چندانی بر کاهش بازدهی رنگ نداشته، اما در غلظت‌های بالاتر،

بازده حذف رنگ کاهش محسوسی داشت. کارایی حذف رنگ به ازای غلظت‌های اولیه ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ mg/L به ترتیب ۹۳، ۹۲/۲، ۹۰/۵، ۸۲ و ۷۴/۷ درصد بود.



شکل ۷. اثر غلظت اولیه رنگ بر بازدهی فرایند تجزیه فتوکاتالیتیکی در حذف رنگ راکتیور رد ۱۹۸ (زمان واکنش ۴۵ دقیقه، pH=۵، دزای کاتالیست ۰/۸ g/L)

بحث

بازده حذف رنگ به موازات افزایش pH کاهش یافته است. فرایندهای تجزیه نوری بسیار تحت تاثیر pH هستند و در مطالعه فعلی pHهای اسیدی اثر مطلوبتری بر بازده حذف داشتند. سطح نانوذرات MgO در $pH < pH_{zpc}$ بار مثبت و در $pH = pH_{zpc}$ حالت خنثی دارد. با توجه به مقدار pH_{zpc} نانوذرات MgO به میزان ۸/۳، pHهای کمتر از این مقدار تمایل رنگ را کمیو رد ۱۹۸ را به جذب بر روی نانوذرات MgO بیشتر کرده و واکنش اکسیداسیون نوری به شکل مؤثرتری مولکول رنگ را هدف قرار می‌دهند. تغییرات pH نه تنها خواص سطحی نانوذره MgO، بلکه ساختار آلاینده را نیز تغییر می‌دهد (۲۴، ۲۳). به موازات افزایش pH تعداد سایت‌های دارای بار منفی افزایش پیدا کرده و امکان جذب مولکول آنیونی رنگ به نانوذره MgO و رخداد واکنش تجزیه نوری در محلول به دلیل نیروهای دافعه الکترواستاتیک کاهش می‌یابد. همچنین یک علت دیگر اثر نامطلوب pHهای بالا می‌تواند اثر رقابتی ناشی از یون‌های هیدروکسید باشد (۲۱). بسیاری از مطالعات گزارش شده است که سرعت تجزیه نوری تحت تاثیر سایت‌های فعال و توانایی جذب نور کاتالیست مورد استفاده می‌باشد (۲۵). بنابراین سرعت واکنش‌های فتوکاتالیتیکی تحت تاثیر

غلظت فتوکاتالیست است. تعیین غلظت بهینه فتوکاتالیست برای اجتناب از مصرف اضافی آن و همچنین اطمینان از جذب کل فتون‌های موثر، اهمیت دارد. با افزایش دزازه نانوذرات MgO تا غلظت ۰/۸g/L بازدهی حذف رنگ افزایش یافته ولی پس از آن تاثیر معنی‌داری مشاهده نشده است. کاهش قابلیت نفوذ نور به محلول در نتیجه افزایش غلظت فتوکاتالیست یکی از دلایل احتمالی عدم بهبود راندمان حذف به شمار می‌رود. اثر مشابه در بعضی تحقیقات در طول واکنش‌های فتوکاتالیتیکی گزارش شده است (۱۴).

نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گیری نمود که نانوذرات MgO قابلیت مناسبی به عنوان فتوکاتالیست داشته و بازده بالای حذف رنگ را کمیو رد ۱۹۸ مؤید آن است که فرایند مورد مطالعه می‌تواند به عنوان یک گزینه کارآمد برای تصفیه نهایی پساب‌های حاوی غلظت‌های کم تا متوسط ترکیبات رنگی بکار رود.

تشکر و قدردانی

از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشکده علوم پزشکی بهبهان کمال تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

- 1- Mahmoodi NM. Surface modification of magnetic nanoparticle and dye removal from ternary systems. The Korean Society of Industrial and Engineering Chemistry; 2015;27:251-9.
- 2- Kono H, Kusumoto R. Removal of anionic dyes in aqueous solution by flocculation with cellulose ampholytes. J Water Process Eng. 2015;7:83-93.
- 3- Wawrzkievicz M, Wi niewska M, Gun'ko VM, Zarko VI. Adsorptive removal of acid, reactive and direct dyes from aqueous solutions and wastewater using mixed silica-alumina oxide. Powder Technol. 2015;278:306-15.
- 4- Ezechi EH, Kutty SRBM, Malakahmad A, Isa MH. Characterization and optimization of effluent dye removal using a new low cost adsorbent: Equilibrium, kinetics and thermodynamic study. Institution of Chemical Engineers; 2015;98:16-32.
- 5- Almasian A, Olya ME, Mahmoodi NM. Synthesis of polyacrylonitrile/polyamidoamine composite nanofibers using electrospinning technique and their dye removal capacity. J Taiwan Inst Chem Eng. 2015;49:119-28.

- 6- An S, Liu X, Yang L, Zhang L. Enhancement removal of crystal violet dye using magnetic calcium ferrite nanoparticle: Study in single- and binary-solute systems. *Chem Eng Res Des.* 2015;94:726-35.
- 7- Kernazhitsky L, Shymanovska V, Gavrilko T, Naumov V, Fedorenko L, Kshnyakin V, et al. Photoluminescence of Cr-doped TiO₂ induced by intense UV laser excitation. *J Lumin.* 2015;166:253-8.
- 8- Tan KB, Vakili M, Horri BA, Poh PE, Abdullah AZ, Salamatinia B. Adsorption of dyes by nanomaterials: Recent developments and adsorption mechanisms. *Sep Purif Technol.* 2015;150:229-42.
- 9- Haque MM, Smith WT, Wong DKY. Conducting polypyrrole films as a potential tool for electrochemical treatment of azo dyes in textile wastewaters. *J Hazard Mater.* 2015;283:164-70.
- 10- Liang C-Z, Sun S-P, Li F-Y, Ong Y-K, Chung T-S. Treatment of highly concentrated wastewater containing multiple synthetic dyes by a combined process of coagulation/flocculation and nanofiltration. *J Memb Sci.* 2014;469:306-15.
- 11- Wei Y, Ding A, Dong L, Tang Y, Yu F, Dong X. Characterisation and coagulation performance of an inorganic coagulant-poly-magnesium-silicate-chloride in treatment of simulated dyeing wastewater. *Colloids Surfaces A Physicochem Eng Asp.* 2015;470:137-41.
- 12- Hisaindee S, Meetani M a., Rauf M a. Application of LC-MS to the analysis of advanced oxidation process (AOP) degradation of dye products and reaction mechanisms. *TrAC Trends Anal Chem.* 2013;49:31-44.
- 13- Hou X. Facile fabrication and enhanced photocatalytic properties of ZnO/Au nanocomposites through a mild wet-chemistry route. *Mater Lett.* 2015;140:39-42.
- 14- Hayat K, Gondal M a., Khaled MM, Ahmed S, Shemsi AM. Nano ZnO synthesis by modified sol gel method and its application in heterogeneous photocatalytic removal of phenol from water. *Appl Catal A Gen.* 2011;393(1-2):122-9.
- 15- Xu L, Zhang L, Du L, Zhang S. Electro-catalytic oxidation in treating C.I. Acid Red 73 wastewater coupled with nanofiltration and energy consumption analysis. *J Memb Sci.* 2014;452:1-10.
- 16- Nagappa B, Chandrappa GT. Mesoporous nanocrystalline magnesium oxide for environmental remediation. *Microporous Mesoporous Mater.* 2007;106(1-3):212-8.
- 17- Aramend A, Borau V, Jiménez C, Marinas JM, Ruiz JR, Urbano FJ. Influence of the preparation method on the structural and surface properties of various magnesium oxides and their catalytic activity in the Meerwein-Ponndorf-Verley reaction. 2003;244:207-15.
- 18- Zhou Q, Yang J-W, Wang Y-Z, Wu Y-H, Wang D-Z. Preparation of nano-MgO/Carbon composites from sucrose-assisted synthesis for highly efficient dehydrochlorination process. *Mater Lett.* 2008;62(12-13):1887-9.
- 19- Moussavi G, Mahmoudi M. Removal of azo and anthraquinone reactive dyes from industrial wastewaters using MgO nanoparticles. *J Hazard Mater.* 2009;168(2-3):806-12.
- 20- Wang L. Application of activated carbon derived from "waste" bamboo culms for the adsorption of azo disperse dye: kinetic, equilibrium and thermodynamic studies. *J Environ Manage.* 2012;102:79-87.
- 21- Furlan FR, de Melo da Silva LG, Morgado AF, de Souza AAU, Guelli Ulson de Souza SMA. Removal of reactive dyes from aqueous solutions using combined coagulation/flocculation and adsorption on activated carbon. *Resour Conserv Recycl.* 2010;54(5):283-90.
- 22- Athar T, Hakeem A, Ahmed W. Synthesis of MgO nanopowder via non aqueous sol-gel method. *Adv Sci Lett.* 2012;7(July 2015):27-9.
- 23- Riga a., Soutsas K, Ntampeglitis K, Karayannis V, Papapolymerou G. Effect of system parameters and of inorganic salts on the decolorization and degradation of Procion H-ex1 dyes. Comparison of H₂O₂/UV, Fenton, UV/Fenton, TiO₂/UV and TiO₂/UV/H₂O₂ processes. *Desalination.* 2007;211(1-3):72-86.
- 24- Al-Naser QH, Zhou J, Wang H, Liu G, Wang L. Synthesis and optical properties of MgO-doped ZnO microtubes using microwave heating. *Opt Mater (Amst).* 2015;46:22-7.
- 25- Juang 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(1-3):820-6.