

## تجزیه فتوکاتالیستی متیلن بلو با استفاده از نانوذرات اکسید روی

حسین معصوم بیگی<sup>۱</sup>، عباس رضائی<sup>۲</sup>، اکبر نصیری<sup>۳</sup>

نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده پزشکی، گروه بهداشت محیط، [rezaee@modares.ac.ir](mailto:rezaee@modares.ac.ir)

پذیرش: ۸۸/۰۵/۱۴

دریافت: ۸۸/۰۲/۲۸

### چکیده

**زمینه و هدف:** فاضلاب های رنگی صنایع نساجی یکی از منابع مهم آلودگی محیط زیست اند. استفاده از روش های مناسب دوستدار محیط زیست به منظور حذف این آلاینده ها ضروری است. در سال های اخیر، استفاده از فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته، بر پایه تولید اجزای بسیار فعال و واکنش پذیر مانند رادیکال هیدروکسیل پیشنهاد شده است. هدف از انجام این تحقیق، تجزیه فتوکاتالیستی رنگ متیلن بلو با استفاده از نانوذرات اکسید روی تحریک شده با پرتو فرابنفش (UVA) است.

**روش بررسی:** در این تحقیق تجزیه فتوکاتالیستی رنگ متیلن بلو به کمک غلظت های مختلف نانوذرات اکسید روی با قطر زیر ۵۰ نانومتر و پرتو فرابنفش (UVA) در یک راکتور ناپیوسته (Batch) مورد مطالعه قرار گرفت. غلظت رنگ، غلظت نانو ذرات اکسید روی، شدت پرتو اشعه اولتراویوله از جمله متغیرهای مورد مطالعه در این تحقیق بودند.

**یافته ها:** نتایج این تحقیق نشان داد که حذف رنگ متیلن بلو ارتباط مستقیمی با شدت تابش دارد. بهترین نتیجه حذف رنگ در غلظت ۱۵۰ میلی گرم در لیتر نانو ذرات اکسید روی و شدت تابش ۲۴۰ میکرووات بر سانتی متر مربع حاصل گردید. با افزایش غلظت رنگ سرعت حذف رنگ کاهش می یافت. متعاقب حذف رنگ، ۳۲٪ از میزان COD اولیه نیز کاسته می شد.

**نتیجه گیری:** فرایند تجزیه فتوکاتالیستی به کمک نانو ذرات اکسید روی تحت تابش UVA در حذف کامل رنگ متیلن بلو و کاهش COD است.

**واژگان کلیدی:** تجزیه فتوکاتالیستی، متیلن بلو، نانوذرات اکسید روی، پرتو UVA

۱- دانشجوی دکتری بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس

۲- دکترای میکروبی شناسی، دانشیار دانشکده بهداشت محیط دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس

## مقدمه

صنایع نساجی یکی از بزرگترین صنایع مصرف کننده آب، تولید کننده فاضلاب های رنگی با کمیت و کیفیت شیمیایی متفاوت و محتوی مقادیر قابل توجهی رنگ هستند. این صنایع، به طور معمول به ازای هر تن محصول تولیدی بین ۲۵-۲۵۰ مترمکعب آب مصرف می نمایند (۱ و ۲). رنگ های نساجی بزرگترین دسته از رنگ های مصنوعی محلول در آب بوده که دارای بیشترین تنوع از نظر نوع و ساختار رنگ اند (۳-۵). برخی از این رنگ ها و محصولات ناشی از تجزیه آن ها مانند آمین های آروماتیک به شدت سرطان زا هستند. عملکرد نامطلوب واحدهای رنگرزی و عدم تثبیت رنگ بر روی الیاف، شرایط ورود حدود ۱۵٪ رنگ ها را به فاضلاب فراهم می نماید. تخلیه فاضلاب های رنگی حاصل از صنایع نساجی به آب های پذیرنده، منجر به کاهش نفوذ نور خورشید و نامطلوب شدن وضعیت دید، بروز پدیده اتروفیکاسیون و تداخل در اکولوژی آب های پذیرنده می شود و با کاهش شدت فتوسنتز گیاهان آبی و جلبک ها در محیط های آبی، باعث آسیب رساندن به محیط زیست می شود (۶-۹). امروزه تکنولوژی های متنوعی برای حذف مواد آلی به ویژه رنگ ها از فاضلاب ها توسعه یافته اند. از جمله این روش های تصفیه ای، تصفیه فیزیکی نظیر جذب، روش های بیولوژیک نظیر تجزیه بیولوژیک، روش های اکسیداسیون شیمیایی مانند ازن زنی در حد گسترده ای استفاده می شوند. این رنگ ها معمولاً سمی و به تجزیه بیولوژیکی هوازی مقاوم بوده و با فرایندهای تصفیه بیولوژیکی متداول قابل حذف نمی باشند. دلیل احتمالی غیرقابل تجزیه بودن این رنگ ها در سیستم های متداول، فقدان آنزیم های ضروری برای تجزیه این رنگ ها در سیستم های بیولوژیک است (۱۰). مطالعات نشان داده است که فاضلاب های نساجی دارای نسبت BOD به COD پایین (۰/۱) هستند که ناشی از ماهیت غیر قابل تجزیه بیولوژیک بودن رنگ ها و عدم قابلیت کاربرد روش های بیولوژیک برای حذف آنهاست (۱۱). روش هایی مانند کوآگولاسیون، اکسیداسیون الکتروشیمیایی، لجن فعال،

اسمز معکوس، جذب روی کربن فعال مورد تحقیق قرار گرفته اند. این روش ها منجر به تغلیظ آلاینده در یک فاز آلوده می گردند. روش های نوین مطرح شده مانند فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته از جمله روش ها و تکنولوژی های در حال توسعه هستند که می توانند آلاینده های آلی مختلفی را معدنی نمایند. امروزه چگونگی کاربرد نور خورشید برای تجزیه فتوکاتالیستی رنگ ها به دلیل ارزانی و قابل دسترس بودن آن، جایگاه خاصی در برنامه های تحقیقاتی یافته است. کاربرد روش های فتوکاتالیستی تحت شرایط مختلف برای حذف رنگ ها با استفاده از اکسیدهای فلزی تابه حال در مطالعات متعددی بررسی شده است (۱۲ و ۱۳). متیلن بلو یک ترکیب شیمیایی آروماتیک هتروسیکلیک با فرمول شیمیایی  $C_{16}H_{18}N_3ClS$  و وزن مولکولی ۳۱۹/۸۵ میلی گرم است که بعد از حل شدن در آب به رنگ آبی در می آید (۱۴). تا به حال حذف فتوکاتالیستی متیلن بلو توسط محققان تحت شرایط مختلفی با استفاده از انواع کاتالیست ها مثل اکسید روی، آهن صفر، روی صفر، دی اکسید تیتانیوم و  $WO_3$  و  $CdS$  مورد بررسی قرار گرفته است. بزرگترین مزیت اکسید روی که سبب شده بیشتر مورد توجه قرار گیرد و در این مطالعه استفاده شده قابلیت جذب طیف وسیعی از امواج الکترومغناطیسی، نسبت به دی اکسید تیتانیوم و قابلیت فتوکاتالیستی آن در معرض تابش پرتو UVA است (۸). با توجه به ضرورت های بیان شده در این تحقیق، قابلیت فتوکاتالیستی اکسید روی جهت تجزیه و حذف رنگ متیلن بلو به عنوان یک مدل، با استفاده از پرتوهای فرابنفش UVA مورد بررسی قرار گرفت.

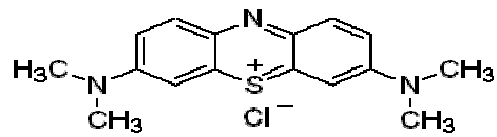
## مواد و روش ها

**رنگ مورد استفاده:** در این تحقیق از رنگ متیلن بلو ساخت شرکت Baker and May انگلیس استفاده گردید. ساختار شیمیایی رنگ مورد استفاده در شکل ۱ نمایش داده شده است.

**آماده‌سازی مواد:** سوسپانسیونی حاوی غلظت‌های مختلف متیلن بلو و نانوذرات اکسید روی در آب مقطر تهیه و به مدت ۳۰ دقیقه با مگنت استیرر هم زده شد و سپس با استفاده از حمام اولتراسونیک (مدل Starsonic ۱۸-۳۵ ایتالیا) با فرکانس ۵۰ کیلوهرتز به مدت ۳۰ دقیقه تحت امواج ماورای صوت قرار داده تا ذرات اکسید روی کاملاً از یکدیگر جدا شوند.

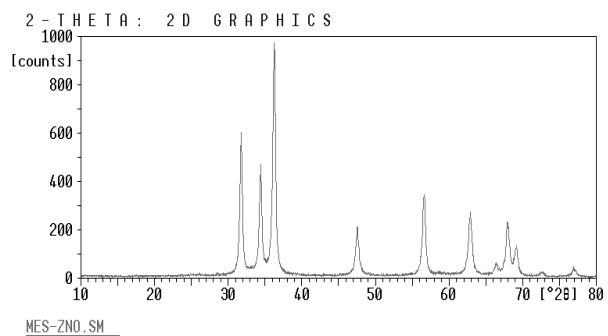
**اندازه‌گیری شدت تابش:** شدت تابش لامپ‌های UVA مورد استفاده به صورت ۱، ۲، ۳ و ۴ تایی در طول موج پرتوهای فرابنفش UVA با استفاده از دستگاه UV۳ (شرکت سانتک ژاپن) در فاصله ۵ سانتی متری سنسور دستگاه اندازه‌گیری شد.

**حذف فتوکاتالیستی رنگ متیلن بلو:** بعد از آماده شدن راکتور و تهیه غلظت لازم از رنگ و نانو ذرات اکسید روی و نصب لامپ‌ها در فاصله ۵ سانتی متری از سطح راکتور، آزمون‌های حذف رنگ متیلن بلو در راکتور بسته با پرتوتابی همراه با به هم‌زدن تا حذف کامل رنگ انجام شد. این آزمون‌ها با استفاده از پرتو دهی با شدت ۶۰ میکرو وات برسانتی مترمربع (یک عدد لامپ ۴ وات UVA مدادی)، ۱۲۰ میکرو وات برسانتی مترمربع (یک عدد لامپ ۸ وات UVA مدادی)، ۲۴۰ میکرو وات برسانتی مترمربع (دو عدد لامپ ۸ وات UVA مدادی) به صورت موازی و کنار هم)، ۴۸۰ میکرو وات برسانتی مترمربع (سه عدد لامپ ۸ وات UVA مدادی به صورت موازی و کنار هم) در غلظت‌های مختلف متیلن بلو (۳ و ۵ میلی گرم) و غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی گرم درلیتر نانو ذرات شرکت نانو آمور آمریکا توام با اختلاط انجام شد. دما و pH طی آزمون‌ها کنترل گردید. در این تحقیق بعد از کاهش رنگ نمونه مورد آزمون و حذف تقریبی ۹۰٪ رنگ متیلن بلو، تا حذف کامل آن نمونه برداری انجام شد. ابتدا نمونه‌ها سانتریفوژ شدند و سپس عدد جذب نمونه‌ها، به کمک دستگاه اسپکتروفوتومتریونیکا (Unico Model، آمریکا) در دامای آزمایشگاه و در طول موج ۶۶۰ نانومتر خوانده شد

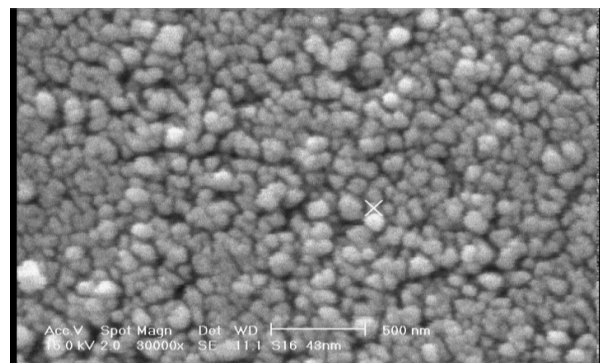


شکل ۱: ساختار شیمیایی رنگ متیلن بلو

**کاتالیست مورد استفاده:** نانوذرات اکسید روی (شرکت نانوامور) در این تحقیق استفاده گردید. مشخصات فیزیکی نانو ذرات اکسید روی (USA, Amor Nano) با استفاده از دستگاه XRD (شکل ۲) و میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به سیستم EDX (فیلیپس مدل XL۳۰، هلند) (شکل ۳) تعیین گردید.



شکل ۲: نمودار XRD نانو اکسید روی

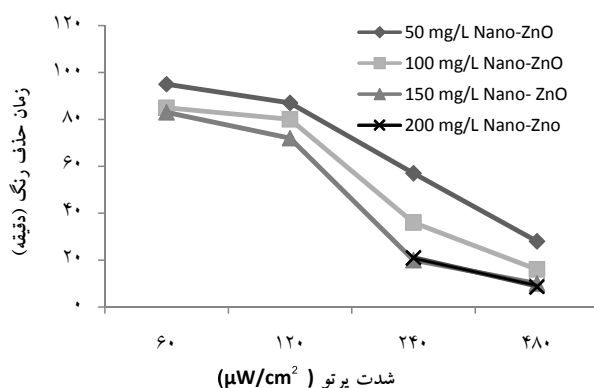


شکل ۳: تصویر میکروسکوپ الکترونی نانوذرات اکسیدروی

**فتوراکتور و منبع تحریک کاتالیست:** راکتور مورد استفاده از نوع ناپیوسته همراه با به هم‌زدن طی مدت پرتوتابی بود. منبع نورانی مورد استفاده لامپ‌های اولتراویوله از نوع (UVA) شرکت فیلیپس هلند) بودند که در فاصله ۵ سانتی متری از سطح راکتور نصب شدند.

و نتایج اختلاف قابل توجهی را نشان نمی داد. در نتیجه برای حذف ۳ و ۵ میلی گرم در لیتر متیلن بلو، شدت پرتو دهی ۲۴۰ میکرووات بر سانتی متر مربع و غلظت ۱۵۰ میلی گرم اکسید روی شرایط بهینه ای را فراهم می نماید.

حذف رنگ با غلظت ۳ میلی گرم در لیتر، بیشتر وابسته به شدت پرتو دهی است و غلظت های مختلف اکسید روی تاثیری بر افزایش قابل توجه سرعت حذف رنگ و نتایج حاصل نداشت. نتایج حاصل بیانگر این بودند که هر چه غلظت رنگ بیشتر می شود زمان لازم برای حذف کامل آن بیشتر می شود. در تمام آزمون های شاهد، شامل راکتورهای بدون اکسید روی و فقط با پرتو تابشی به کمک لامپ های ۸ وات UVA حذف رنگ به میزان بسیار جزئی پس از ۶۰ دقیقه انجام می شد. در راکتورهای شاهد فقط با حضور غلظت های مختلف نانو ذرات اکسید روی حداکثر ۱۲٪ حذف رنگ صورت می گرفت. افزایش غلظت نانو ذرات اکسید روی بیش از ۱۵۰ میلی گرم در لیتر تاثیری بر افزایش کارایی راکتور جهت حذف رنگ نداشت (شکل ۲). دمای نمونه ها در راکتورهایی که از پرتو UVA استفاده شد بدون تغییر بود. تغییرات معنی داری در pH نمونه ها در طی آزمایش ها (۷/۴۶ - ۷/۳۶) مشاهده نگردید. فرایند فتوکاتالیستی مورد استفاده توانست COD نمونه با غلظت ۵ میلی گرم در لیتر متیلن بلو را بعد از حذف کامل رنگ از ۲۹۰ به ۹۵ میلی گرم در لیتر کاهش دهد (شکل ۳).

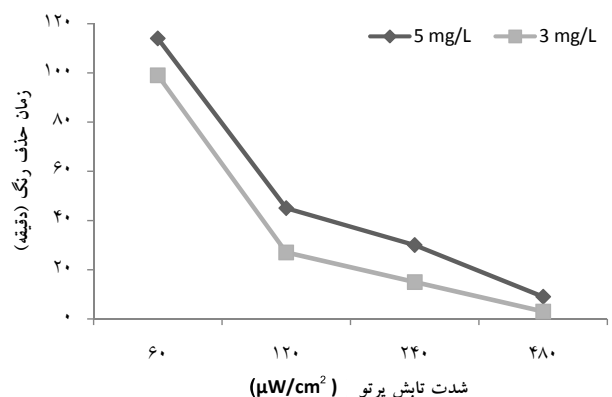


شکل ۵: اثر غلظت های (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر) نانو ذرات اکسید روی در حذف رنگ متیلن بلو

و در ادامه با استفاده از منحنی رگرسیون استاندارد تهیه شده غلظت رنگ در نمونه ها و زمان حذف کامل رنگ تعیین گردید (۱۵ و ۱۴). میزان حذف بار آلی هم با استفاده از آزمون COD (رفلکس باز) تعیین گردید. تمام آزمون ها سه بار تکرار و میانگین نتایج حاصل گزارش گردید.

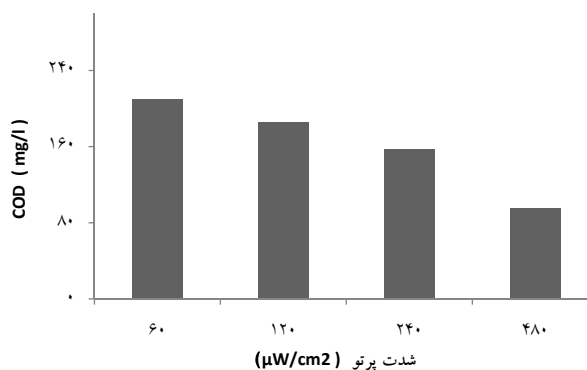
## یافته ها

فرایند فتوکاتالیستی مورد استفاده تحت شرایط مختلف می توانست رنگ متیلن بلو را در رنج زمانی ۱۱۰-۲ دقیقه بسته به شرایط فراهم شده، کاملاً حذف و COD نمونه های مورد آزمایش را تا ۶۰٪ کاهش دهد. مشخصات فیزیکی نانو ذرات اکسید روی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی اسکینینگ (SEM) مجهز به سیستم EDX و XRD تعیین گردید (شکل های ۲ و ۳). تصویر XRD بیانگر این است که نانو ذرات اکسید روی کاملاً خالص اند. تصویر SEM نشان می دهد که نانو ذرات استفاده شده دارای تخلخل مطلوب بوده و دارای ابعاد کمتر از ۵۰ نانومتر است. افزایش شدت تابش و یا افزایش مدت زمان پرتو تابشی ارتباط مستقیمی با حذف رنگ متیلن بلو داشت. با افزایش شدت تابش تا ۲۴۰ میکرووات بر سانتی متر مربع، افزایش سرعت حذف رنگ طی فرایند فتوکاتالیستی را در حضور نانو ذرات اکسید مشاهده شد. پس از آن، افزایش شدت تابش تاثیر قابل توجهی بر افزایش حذف رنگ نداشت.



شکل ۴: حذف رنگ متیلن بلو در غلظت های ۳ و ۵ میلی گرم بر لیتر تحت تابش اشعه UVA در شدت های ۶۰ تا ۴۸۰ میکرووات بر ثانیه در حضور غلظت ۱۰۰ mg/l نانو ذرات اکسید روی

جهت حذف رنگ متیلن بلو مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این تحقیق مکمل سایر تحقیقات مشابه بوده و ضرورت این کار حذف فتوکاتالیستی متیلن بلو با استفاده از پرتو UVA تحت تابش های مختلف و نانو ذرات اکسید روی و جهت دادن به تحقیقات آینده برای توسعه فرایندهای فتوکاتالیستی با استفاده از پرتوهای مرئی و نور خورشید برای تصفیه فاضلاب های صنعتی و به ویژه حذف رنگ ها به عنوان یکی از متنوع ترین آلاینده ها است. فرایند مذکور تحت شرایط مختلف توانست رنگ متیلن بلو را در محدوده زمانی ۱۱۰ - ۲ دقیقه بسته به شرایط فراهم شده، کاملاً حذف و COD نمونه های مورد آزمایش را تا ۳۲/۷٪ کاهش دهد. طی این آزمایش متغیرهای شدت تابش، غلظت نانو ذرات اکسید روی، غلظت رنگ و زمان تماس لازم برای حذف کامل رنگ مورد مطالعه قرار گرفت. با افزایش شدت تابش در یک شرایط ثابت، تا حدی کارایی حذف رنگ در راکتور افزوده می شود ولی با افزایش شدت تابش افزایش کارایی حذف رنگ مشاهده نمی شد. مطالعات انجام شده نشان داده است در صورتی که راکتور شاهد فقط با حضور نانو ذرات اکسید روی و بدون پرتو استفاده شود، جذب رنگ توسط نانو ذرات، حداکثر به ۱۰٪ می رسد. اثر غلظت های نانو ذرات اکسید روی در شکل ۲ نشان داده شده است. آزمایشات صورت گرفته با مقادیر مختلف نانو ذرات اکسید روی نشان می داد که اثر فتوکاتالیستی با افزایش مقدار کاتالیست به میزان ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر افزایش می یابد. گونکالو و همکاران در سال ۱۹۹۹ افزایش عملکرد کاتالیست را در غلظت های بیشتر ناشی از حضور جایگاه های فعال بیشتر در سطح کاتالیست و امکان اثر بیشتر پرتوهای UVA بر روی آن نسبت دادند (۱۶). محققان مختلف دیگری نیز اثر مثبت افزایش غلظت کاتالیست را بیان نموده اند (۸ و ۱۲). کارتال (۲۰۰۱) گزارش کرد با افزایش میزان کاتالیست، به علت افزایش کدورت در سوسپانسیون، کاهش در نفوذ پرتو UV رخ می دهد و می تواند باعث کاهش اثر فتوکاتالیست گردد. نتایج تحقیق انجام شده نیز بیانگر این نتایج است و



شکل ۶: کاهش COD رنگ متیلن بلو متعاقب فرایند فتوکاتالیستی با استفاده از نانو ذرات اکسید روی

### بحث و نتیجه گیری

فرایندهای فتوکاتالیستی از جمله فرایندهای پاک و دوستدار محیط زیست هستند که امروزه کاربرد آن ها در مقیاس وسیع مورد توجه قرار گرفته و در حال توسعه است. ناتوانی فرایندهای تصفیه بیولوژیکی متداول در تجزیه مطلوب رنگ موجود در فاضلاب صنایع نساجی، باعث شده تا از تصفیه های شیمیایی و فیزیکی به عنوان یک مرحله پیش تصفیه ضروری قبل از فرایندهای تصفیه بیولوژیکی استفاده شود. این شرایط با بهبود قابلیت تجزیه بیولوژیک رنگ و آلاینده های مقاوم، کاهش انرژی و هزینه مورد نیاز، کاهش اثر سمیت و بازدارندگی مواد رنگی بر راکتورهای بیولوژیکی، عملکرد پایدار و مطلوب تر تصفیه بیولوژیکی و کاهش تولید لجن همراه است. در این موارد فاضلاب قبل از فرایند بیولوژیکی از یک مرحله پیش تصفیه عبور می کند. با توجه به هزینه بالای فرایندهای شیمیایی و احتمال تشکیل محصولات جانبی سمی در طی تصفیه، کاربرد فرایندهای فتوکاتالیستی در طی سال های اخیر افزایش یافته است. در این روش آلاینده آلی غیرقابل تجزیه بیولوژیک در طی مرحله شیمیایی مورد تجزیه جزئی قرار گرفته و مراحل نهایی تا رسیدن به استانداردهای دفع پساب به محیط زیست در مرحله بیولوژیکی انجام می شود. با توجه به اهمیت این فرایندها، طی این تحقیق تاثیر فرایند فتوکاتالیستی در یک راکتور بسته و با استفاده از غلظت های مختلف نانو ذرات اکسید روی و پرتو UVA با شدت تابش های مختلف،

این گونه راکتورها ضرورت بازیافت نانو ذرات از سوسپانسیون در پایان آزمایشات است که این کار با سانتریفوژ نمودن نمونه قابل انجام است. در صورت انجام این کار می توان با بازیافت نانو ذرات مجدد از آن ها در فرایند فتوکاتالیستی حداقل برای یک نوبت دیگر به همین صورت استفاده نمود. البته مقداری از کارایی آن ها کاسته می شود چون بخشی از سطح فعال آن ها اشغال می شود. در خصوص نانو ذرات بعضا این مورد را به عنوان یک مشکل کاربرد آن ها مطرح می نمایند (۸، ۹ و ۱۳). نتایج حاصل از مجموعه آزمایش های انجام شده نشان داد فرایندهای فتوکاتالیستی قابلیت بالقوه بالایی جهت حذف رنگ متیلن بلو و سایر رنگ های آلی از فاضلاب های رنگی دارند و می توان این فرایندها را برای تصفیه فتوکاتالیستی فاضلاب های رقیق شده در صنایع نساجی استفاده نمود. به کارگیری شرایط بهینه معرفی شده، راکتور را از کارایی بیشتری نسبت به سایر مطالعات مشابه انجام شده برخوردار می نماید. نتیجه آن که در این مطالعه ما نشان دادیم که فرایند فتوکاتالیستی به کمک نانو ذرات اکسیدروی تحت تابش پرتومرئی و UVA در تصفیه و حذف کامل رنگ متیلن بلو و کاهش COD تا ۳۲/۷٪ موثر می باشد و کارایی فرایند معمولا با افزایش غلظت کاتالیست و شدت تابش هم تا حدی افزوده می شود.

افزایش غلظت کاتالیست تا غلظت مشخصی می توانست اثر افزایشی داشته باشد. افزایش زمان پرتو تابشی، اثر بیشتری را در حذف غلظت های رنگ متیلن بلو در پی داشت (۱۱). به منظور بررسی شرایط مختلف برای حذف رنگ متیلن بلو، غلظت های ۳ و ۵ میلی گرم در لیتر این رنگ در آب مقطر به همراه غلظت های مختلف نانو ذرات اکسید روی در معرض تابش با UVA مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان می دهد با افزایش غلظت رنگ تحت شرایط یکسان برای حذف کامل رنگ، علاوه بر افزایش شدت پرتو دهی، زمان پرتو دهی بیشتری هم نیازست. البته در صورت پایین بودن شدت تابش برای حذف کامل رنگ، زمان تماس بیشتری لازم است. در نتیجه فرایند مذکور برای حذف رنگ از فاضلاب های با غلظت رنگ پایین دارای کارایی مناسبی می باشد و این مطلب در سایر مطالعات نیز گزارش شده است (۱۰). طی فرایند فتوکاتالیستی انجام شده حذف رنگ و کاهش COD مشاهده گردید. کاهش COD متعاقب فرایند فتوکاتالیستی نانو ذرات اکسید روی در شکل ۳ نشان داده شده است. لاجسب (۲۰۰۲) نیز کاهش COD را به دنبال عملکرد فتوکاتالیستی سیستم گزارش کرده است (۱۷). نتایج محققان مختلفی نیز بیانگر کاهش COD پس از انجام فعالیت های فتوکاتالیستی می باشد (۱۸). نکته قابل توجه در

### منابع

1. Kartal, OE, Erol, E, Uz, HO, et al. Photocatalytic destruction of phenol by TiO<sub>2</sub> powders. *Chemical Engineering and Technology* 2001; 24: 645-786.
2. Lucas MS, Peres JA, Degradation of Reactive Black 5 by Fenton/UV-C and ferrioxalate/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/solar light processes. *Dyes and Pigment* 2006; 46: 1-8.
3. Al-Momani, F, Touraud, E, Degorce-Dumas, JR, et al., Biodegradability enhancement of textile dyes and textile wastewater by VUV photolysis. *Journal of Photochemistry and Photobiology A*. 2002; 153: 191-197.
4. Xu, XR, Li, HB, Wang, WH, et al. Degradation of dyes in aqueous solutions by the Fenton process. *Chemosphere* 2004; 57: 595-600.
5. Azbar, N, Yonar, T, Kestioglu, K, et al. Comparison of various advanced oxidation processes and chemical treatment methods for COD and color removal from a polyester and acetate fiber dyeing effluent. *Chemosphere* 2004; 55: 35-43.
6. Neppolian, B, Choi, HC, Sakthivel, S, et al. Solar light induced and TiO<sub>2</sub> assisted degradation of textile dye reactive blue 4. *Chemosphere* 2002; 42: 1173-1181.
7. Houas, A, Lachheb, H, Ksibi, M, et al. Photocatalytic

- degradation pathway of methylene blue in water. *Applied Catalysis B: Environmental* 2001; 41: 145–157.
8. Chakrabarti, S, Dutta, BK, Photocatalytic degradation of model textile dyes in wastewater using ZnO as semiconductor catalyst. *Journal of Hazardous Materials B* 2004; 11:2269–278.
  9. Yua, J, Li, B, Sunb, X, et al. Adsorption of methylene blue and rhodamine B on baker's yeast and photocatalytic regeneration of the biosorbent. *Biochemical Engineering Journal* 2009; 45:145–151.
  10. Akhtar, S, Khan, AA, Husain, Q, Potential of immobilized bitter gourd peroxidases in the decolorization and removal of textile dyes from polluted wastewater and dyeing effluent. *Chemosphere* 2005; 60: 291–301.
  11. Kuo, WS, Solar, PHH, Photocatalytic decolorization of Methylene in water. *Chemosphere* 2001; 45: 77–83.
  12. Cesconeto, ST, Jose, NG, Moreira, RFPM, Kinetics of photocatalytic degradation of reactive dyes in a TiO<sub>2</sub> slurry reactor. *Journal of photochemical and photobiology* 2002; 149:147-154.
  13. Tang, C, Chen, V, The photocatalytic degradation of reactive black 5 using TiO<sub>2</sub>/ UV in an annular photoreactor. *Water Research* 2004; 38: 2775–2781.
  14. Lachheb, H, Puzenat, E, Houas, A, et al. Photocatalytic degradation of various types of dyes in water by UV-irradiated titania. *Applied Catalysis B: Environmental* 2002; 39: 75–90.
  15. Yoo, S, Lee, S, Wak, D, et al. Photocatalytic degradation of methylene blue and acetaldehyde by TiO<sub>2</sub>/glaze coated porous red clay tile. *Korean journal of chemical engineering*. 2008; 25:1232-1238.
  16. Gonçalves, MST, Campos, AMF, Pinto, EM, et al. Photochemical treatment of solutions of azo dyes containing TiO<sub>2</sub>. *Chemosphere* 1999; 39: 781-786.
  17. Lachheb H, Puzenat E, Houas A, et al. Photocatalytic degradation of various types of dyes (Alizarin S, Crocein Orange G, Methyl Red, Congo Red, Methylene Blue) in water by UV-irradiated titania. *Applied Catalysis B: Environmental* 2002; 39: 75-90.
  18. Azbar, N, Yonar, T, Kestioglu, K, Comparison of various advanced oxidation processes and chemical treatment methods for COD and color removal from a polyester and acetate fiber dyeing effluent. *Chemosphere* 2004; 55: 35-43.

## Photocatalytic Degradation of Methylene Blue using ZnO Nano-Particles

Masombaigi H.<sup>1</sup>, \*Rezaee A.<sup>1</sup>, Nasiri A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Health, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received 18 May 2009; Accepted 5 August 2009

### ABSTRACT

**Backgrounds and Objectives:** Textile industrial wastewaters are one of the important sources of environmental contaminants. In the recent years, use of advanced oxidation processes, by producing highly active and reactive components such as hydroxyl radicals has been proposed. The aim of this research is photocatalytic degradation of methylene blue dye using the ZnO-nanoparticle with UVA irradiation.

**Materials and Methods:** photocatalytic degradation of methylene blue color using the ZnO-nanoparticles excited with UVA irradiation. In this research, photocatalytic degradation of methylene blue dye was study using different concentration of ZnO-nanoparticles under UVA irradiation in a batch reactor.

**Results:** The results of this research show that removal of methylene blue dye has direct correlation with UVA intensity. The best results of dye degradation were reported in concentration of 150 mg/L ZnO nano-particles and the radiation intensity of 240  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Rate of dye removal was decrease with increasing of color concentration. Subsequent of color degradation, the initial COD were decreased by %60.

**Conclusion:** The photocatalytic degradation process using ZnO nano-particles under UVA irradiation could be remove the methylene blue dye and 60% of COD.

**Key Words:** photocatalytic degradation, methylene blue, zno nano-particle, UVA irradiation.

---

\*Corresponding Author: rezaee@modares.ac.ir  
Tel: +98 21 82883575, Fax: +98 21 82883575