



# مقایسه کارایی رآکتورهای منقطع و لوله ای در حذف رنگ متیلن بلو از فاضلاب مصنوعی نساجی با استفاده از فرآیند فتوکاتالیستی

TiO<sub>2</sub>/UV-C

نویسندگان: دکتر محمد حسن احرام پوش\* دکتر سید غلامرضا موسوی\*\* دکتر محمدتقی قانعیان\*\*\*

سجاد رحیمی\*\*\*\*\* دکتر حسین فلاح زاده\*\*\*\*\*

\* دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد  
 \*\* استادیار گروه بهداشت محیط و حرفه ای، دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس  
 \*\*\* استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد  
 \*\*\*\* کارشناسی ارشد بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد  
 \*\*\*\*\* دانشیار گروه آمار و اپیدمیولوژی عضو هیئت علمی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

## چکیده

**سابقه و اهداف:** رنگ ها موادی با ساختار پیچیده بوده که در نتیجه مراحل مختلف صنعت نساجی نظیر رنگرزی و تکمیل پارچه به محیط زیست وارد می شوند. رنگ متیلن بلو یکی از رنگ های کاتیونی بوده که در حال حاضر نیز در صنایع نساجی کاربرد دارد. فاضلاب های رنگی صنایع نساجی یکی از منابع مهم آلودگی محیط زیست اند. این تحقیق یک مطالعه کارآزمایی آزمایشگاهی است و هدف از انجام این تحقیق، تجزیه فتوکاتالیستی رنگ متیلن بلو با استفاده از نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم تحریک شده با پرتو فرابنفش (UV-C) با استفاده از رآکتورهای منقطع<sup>۱</sup> و لوله ای<sup>۲</sup> است.

**روش بررسی:** غلظت رنگ، غلظت نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم و میزان هوا دهی از جمله متغیر های مورد مطالعه در این تحقیق بوده اند.

**یافته ها:** نتایج این تحقیق نشان داد که حذف رنگ متیلن بلو ارتباط مستقیمی با زمان تابش پرتو دارد. تمام آزمایشات در شرایط خنثی pH: ۷ انجام شد. بهترین نتیجه حذف رنگ و COD در رآکتور منقطع به ترتیب ۱۰۰ و ۴۲/۲ درصد بود و این در حالی است که حداکثر حذف رنگ و COD در رآکتور لوله ای ۹۳ و ۴۷/۸ درصد در غلظت ۱/۲ گرم در لیتر نانوذره دی اکسید تیتانیوم و زمان ۶۰ دقیقه حاصل گردید. همچنین با افزایش غلظت رنگ، سرعت حذف رنگ کاسته می شد.

**نتیجه گیری:** در نهایت می توان نتیجه گیری نمود که استفاده از مدل منقطع جهت حذف رنگ و COD کارایی بیشتری دارد و با توجه به کارایی حذف مورد نیاز و استاندارد های تخلیه پساب می توان آن را در مقیاس های بزرگ تر نیز به کار برد.

## واژه های کلیدی

رآکتور منقطع و لوله ای، فتوکاتالیست دی اکسید تیتانیوم، حذف رنگ متیلن بلو، فاضلاب مصنوعی نساجی

## طلوع بهداشت

### فصلنامه پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال نهم

شماره: اول

بهار ۱۳۸۹

شماره مسلسل: ۲۸

تاریخ وصول: ۱۳۸۹/۴/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۹/۲

<sup>1</sup> - Batch reactor

<sup>2</sup> - Tubular reactor



## مقدمه

صنایع نساجی و رنگرزی مقادیر زیادی از آب را مصرف نموده و یکی از بزرگترین صنایع مصرف کننده آب می باشند. بطوریکه میزان مصرف آب در این صنایع بین ۲۵ تا ۲۵۰ مترمکعب به ازاء هر تن محصول (با توجه به نوع فرایند تولید) است (۱). رنگ ها گروهی از مواد آلی پیچیده هستند که در نتیجه مراحل مختلف نظیر رنگرزی و تکمیل در صنعت نساجی به محیط زیست وارد می شوند. یک روش تصفیه ایده آل برای آب و فاضلاب شامل تجزیه تمام مواد سمی موجود بدون خروج مواد خطرناک از فرآیند تصفیه است که می باید از نظر صرف هزینه و منابع نیز اثر بخش باشد. با وجود توسعه و پیشرفت روش های بدست آمده در این حوزه، عملاً هیچ روشی ما را به این هدف ایده آل نمی رساند. تصفیه بیولوژیک، هوادهی، جذب بر روی کربن فعال، سوزاندن و ازن زنی عملاً برای تصفیه و حذف مواد آلی مقاوم کارا نیستند. زیرا عموماً این مواد نسبت به تجزیه بیولوژیک مقاومند و همچنین تخریب نیز نمی شوند. روش های فوق هزینه بر هستند و تجزیه مواد آلاینده یاد شده توسط روش ازن زنی نیز جزیی است و علاوه بر این تولید محصولات جانبی سمی و مخاطرات زیست محیطی نیز از دیگر ملاحظاتی است که در این خصوص مطرح اند (۲).

تعداد تحقیقات انجام شده و مقالاتی که اخیراً در مورد حذف ترکیبات سمی و خطرناک از آب و فاضلاب و هوا با استفاده از روش های فتوکاتالیستی به چاپ رسیده اند بسیار قابل توجه است که این مسئله حاکی از اهمیت روش مذکور در حذف آلاینده ها است (۳). تجزیه فتوکاتالیستی رنگ با استفاده از کاتالیزور دی اکسید تیتانیوم همراه با پرتو فرابنفش از جمله روش های اکسیداسیون پیشرفته است که استفاده از آن روبه گسترش می باشد (۴). نانو ذرات  $TiO_2$  به دو روش فاز ثابت و فاز محلول به عنوان فتوکاتالیست استفاده می شوند. هر دو تکنیک مزایای خاص خود را دارند. اما فاز محلول، غلظت های آلودگی بیشتری را نسبت به فاز

ثابت حذف می کند، ولی به دلیل باقی ماندن دی اکسید تیتانیوم پس از عمل تصفیه در پساب، بایستی آنرا از محلول جدا نمود (۵).

هدف از انجام این تحقیق، بررسی و مقایسه دو رآکتور جریان لوله ای و منقطع و همچنین بررسی امکان استفاده از سیستم فتوکاتالیستی به کمک دی اکسید تیتانیوم همراه با اشعه UV-C جهت حذف رنگ متیلن بلو (MB)<sup>۱</sup> در فاضلاب مصنوعی است.

## روش بررسی

این مطالعه یک پژوهش کاربردی بوده که به صورت تجربی و در مقیاس آزمایشگاهی، در آزمایشگاه شیمی محیط دانشگاه علوم پزشکی یزد انجام گرفت. در این تحقیق از نانوذرات دی اکسید تیتانیوم به عنوان فتوکاتالیست در حضور UV-C استفاده گردید. مطالعه در رآکتورهای منقطع (حجم مفید یک نمونه) و لوله ای بر روی فاضلاب مصنوعی حاوی غلظت های ۱۵، ۳۰ و ۶۰ میلی گرم در لیتر رنگ متیلن بلو انجام شد. رنگ متیلن بلو مورد استفاده در این تحقیق محصول شرکت مرک آلمان، نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم (P25) محصول دگوسا آلمان و سایر مواد شیمیایی مورد استفاده در انجام آزمایشات محصول شرکت مرک بود. ویژگی های رنگ متیلن بلو مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است (۸-۶).

از دستگاه حمام اولتراسونیک (مدل Starsonic 18-35، ایتالیا) جهت یکنواخت نمودن سوسپانسیون  $TiO_2$  استفاده گردید. منبع پرتو ماوراء بنفش دو لامپ ۱۵ وات UV-C (Philips) بوده و جهت گردش فاضلاب در رآکتور و تزریق هوا به ترتیب از پمپ پرستالتیک مدل (OEM) و یک عدد پمپ هوا مدل (Dolphin EP-30) استفاده شده است. در این بررسی، جنس مخزن ذخیره سازی رآکتور از پلکسی گلاس بوده و لامپ UV از طریق لوله کوارتز جریان فاضلاب را پرتو دهی می کند.

<sup>1</sup> Methylene blue dye



جدول شماره ۱: مشخصات رنگ متیلن بلو

	ساختار شیمیایی
کاتیونی	نوع رنگ
MB	علامت اختصاری
$C_{16}H_{18}N_3Cl$	فرمول شیمیایی
۳۱۹/۸۵	وزن مولکولی (g/mol)
۶۴۰	طول موج حداکثر جذب (nm)

در این مطالعه در هر بار آماده سازی نمونه، ۱ لیتر نمونه رنگ و پودر دی اکسید تیتانیوم توسط دستگاه اولتراسونیک هموژن و وارد رآکتور می شد همچنین تأثیر غلظت فتوکاتالیست، غلظت رنگ، میزان هوادهی و زمان پرتودهی در راندمان حذف رنگ بررسی گردید (شکل ۱).

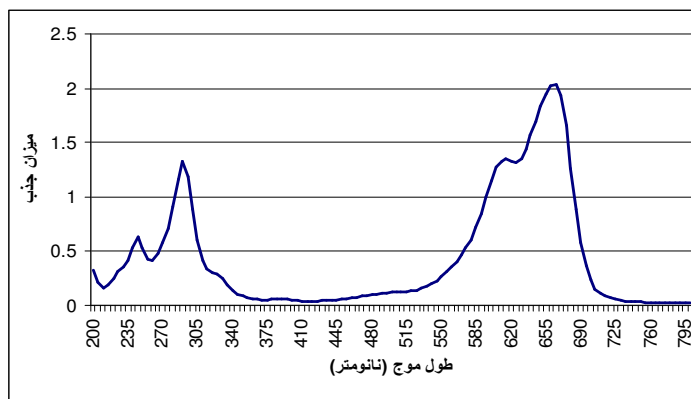


شکل ۱: رآکتور های مورد استفاده در این تحقیق، رآکتور لوله ای (سمت راست) و رآکتور ناپیوسته (سمت چپ)

با توجه به اینکه در مقالات مختلف، طول موج حداکثر جذب های متفاوتی برای رنگ متیلن بلو ذکر شده، جهت تعیین طول موج حداکثر جذب رنگ مورد نظر ( $\lambda_{max}$ ) از اسپکتروفتومتر UV/Vis استفاده و طیف جذب رنگ متیلن بلو در محدوده طول موج ۲۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر تهیه و بر اساس طیف جذبی بدست آمده  $\lambda_{max}$  رنگ مورد نظر ۶۴۰ نانومتر تعیین شد (شکل ۲).

در انتهای هر مرحله از تحقیق جهت حذف ذرات دی اکسید تیتانیوم از پمپ خلاء ( J/B Aurora, IL 60507)، کیف بوختر و فیلتر نیترات سلولز (سارتریوس) با منافذ ۰/۲ میکرون استفاده شده است. سنجش غلظت رنگ با اسپکتروفتومتر (UV/Vis مدل Optima SP-3000 Plus، ژاپن) و سنجش COD به روش رفلکس باز انجام شده است (۹).

حجم مفید رآکتور منقطع ۱ لیتر بود و زمان ماند نمونه در آن به ترتیب ۵، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه بود. در رآکتور منقطع به منظور کنترل درجه حرارت مایع داخل رآکتور، از محفظه شیشه‌ای بزرگتری نسبت به رآکتور به عنوان محفظه تنظیم کننده دما استفاده گردید. برای این کار رآکتور را در داخل محفظه قرار داده تا جریان آب سرد از قسمت ورودی داخل محفظه خنک کننده شده و از قسمت دیگر خارج شود. همچنین رآکتور لوله ای از سه قسمت مختلف تشکیل شده است: منبع UV، لوله واکنش و مخزن اختلاط. منبع UV از دو لامپ تشکیل شده است (۱۵ W)، لوله واکنش به صورت موازی بین دو لامپ UV قرار داده شد. جنس لوله از کوارتز (قطر ۱۵ mm و طول ۴۶۰ mm) انتخاب گردید. در این تحقیق پمپ پرستالتیک نمونه را با دبی ۱۲۵ ml/min از لوله واکنش عبور می داد. مخزن ذخیره ۱ لیتر می باشد، اطراف دو لامپ UV و لوله واکنش جهت جلوگیری از تفرق اشعه به محیط آزمایشگاه، با فویل آلومینیومی پوشیده شد، همچنین مخزن اختلاط توسط پمپ هوادهی و اختلاط می شود.



شکل ۲: طیف جذب رنگ متیلن بلو

و برای زمان واکنش ۶۰ دقیقه ۱۰۰ و ۹۳ درصد می باشد.

برای تعیین غلظت دی اکسید تیتانیوم مناسب و کارایی آن در حذف COD ناشی از رنگ، نمونه فاضلاب مصنوعی با غلظت ۶۰ میلی گرم در لیتر و  $\text{pH}=7$  تهیه و در حضور غلظت های ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ و ۱/۲ گرم در لیتر دی اکسید تیتانیوم در زمان های مختلف تحت تاثیر پرتو UV-C و فرآیند فتوکاتالیستی قرار داده شد که داده های آن در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به شکل با افزایش غلظت دی اکسید تیتانیوم راندمان حذف COD افزایش یافته به طوری که برای غلظت دی اکسید تیتانیوم ۰/۹ گرم در لیتر و زمان ۶۰ دقیقه راندمان حذف COD در رآکتور های منقطع و لوله ای به ترتیب ۴۰/۱ درصد و ۴۴ درصد بوده که نسبت به غلظت ۱/۲ گرم در لیتر دی اکسید تیتانیوم دارای اختلاف زیادی نمی باشد.

برای تعیین اثر غلظت اولیه رنگ متیلن بلو در کارایی فرآیند فتوکاتالیستی محلول رنگ با غلظت های ۱۵، ۳۰ و ۶۰ میلی گرم در لیتر با غلظت های دی اکسید تیتانیوم ۱/۲ گرم در لیتر و  $\text{pH}:7$  تهیه و برای مدت زمان ۵ تا ۳۰ دقیقه در تماس با پرتو های UV-C قرار داده شد که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به جدول راندمان حذف رنگ برای فاضلاب مصنوعی با غلظت اولیه ۱۵، ۳۰ و ۶۰ میلی گرم در لیتر و زمان ۳۰ دقیقه در رآکتور منقطع به ترتیب ۹۷/۷

با توجه به طول موج حداکثر جذب برای رنگ مورد مطالعه ( $\lambda_{\text{max}}=640 \text{ nm}$ )، در این تحقیق سنجش غلظت رنگ با استفاده از منحنی استاندارد تهیه شده با غلظتهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ میلی گرم در لیتر بوسیله اسپکتروفوتومتر و معادله بهترین خط برازش به دست آمده با ضریب همبستگی مناسب ( $R^2=0.992$ ) انجام شد. در این مطالعه نمونه های انتخاب شده جهت آنالیز رنگ و بررسی تاثیر سایر فاکتورهای مورد نظر در مطالعه به صورت تصادفی و با سه بار تکرار آزمون شده و نتایج ارائه شده بر اساس میانگین این تکرارها می باشد. جهت آنالیز داده ها از میانگین و انحراف معیار داده ها و آزمون همبستگی استفاده گردید.

## نتایج

مقایسه کارایی حذف رنگ در غلظت های مختلف دی اکسید تیتانیوم نشان داد که با افزایش غلظت فتوکاتالیست حذف رنگ افزایش یافته با این حال راندمان حذف رنگ در غلظت ۰/۹ و ۱/۲ دارای اختلاف جزئی است. بنابراین در این مرحله اثر غلظت ۱/۲ گرم در لیتر دی اکسید تیتانیوم در حذف رنگ متیلن بلو با غلظت ۶۰ میلی گرم در لیتر بررسی که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به جدول راندمان حذف رنگ در رآکتور های منقطع و لوله ای، در زمان واکنش ۵ دقیقه به ترتیب ۱۵/۲ و ۳/۵ درصد



همان طور که در شکل ۳ ملاحظه می گردد، در زمان ۶۰ دقیقه و با جریان هوادهی  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  راندمان حذف با غلظت اولیه ۶۰ میلی گرم در لیتر، ۹۳ درصد و در حالت بدون هوادهی ۷۱ درصد حذف رنگ حاصل شد.

۹۴/۲ و ۹۲/۲ درصد و در راکتور لوله ای به ترتیب ۶۶/۷، ۶۴ و ۶۰ درصد بوده است. در این بخش از تحقیق، اثر هوادهی بر میزان کاهش رنگ مورد بررسی قرار گرفت. هوا در مقادیر ۰/۵، ۱ و ۲ سانتی متر مکعب توسط پمپ به راکتور تزریق شد.

جدول شماره ۲: تأثیر زمان واکنش بر حذف رنگ متیلن بلو در غلظت های مختلف دی اکسید تیتانیوم (غلظت اولیه رنگ ۶۰ میلی گرم در لیتر،  $\text{pH}=7$ )

کاهش رنگ در زمان ۶۰ دقیقه بر حسب درصد		کاهش رنگ در زمان ۳۰ دقیقه بر حسب درصد		کاهش رنگ در زمان ۱۵ دقیقه بر حسب درصد		کاهش رنگ در زمان ۵ دقیقه بر حسب درصد		دی اکسید تیتانیوم گرم در لیتر
راکتور لوله ای	راکتور منقطع	راکتور لوله ای	راکتور منقطع	راکتور لوله ای	راکتور منقطع	راکتور لوله ای	راکتور منقطع	
۷۴/۳	۹۹	۳۸/۲	۸۸/۸	۴	۴۲/۲	۰/۴	۱۰/۲	۰/۳
۷۶/۲	۹۹/۹	۴۹/۹	۹۱/۵	۱۲/۵	۴۶/۵	۲	۱۳/۳	۰/۶
۹۰/۷	۱۰۰	۵۶/۶	۹۲/۱	۲۰	۵۴/۴	۳	۱۵/۱	۰/۹
۹۳	۱۰۰	۶۰	۹۳/۲	۲۱/۷	۵۵	۳/۵	۱۵/۲	۱/۲

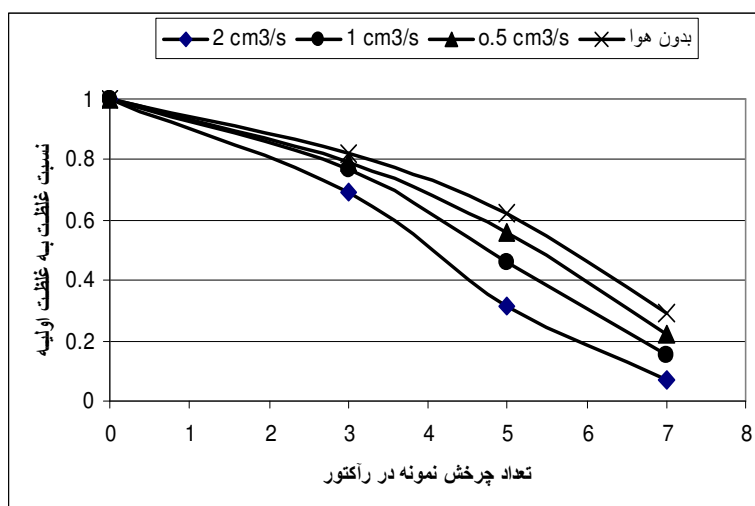
جدول شماره ۳: تأثیر غلظت دی اکسید تیتانیوم بر حذف COD ناشی از رنگ متیلن بلو در زمان های مختلف ( غلظت رنگ ۶۰ میلی گرم در لیتر،  $\text{pH}=7$ )

کاهش COD در زمان ۶۰ دقیقه بر حسب درصد		کاهش COD در زمان ۳۰ دقیقه بر حسب درصد		کاهش COD در زمان ۱۵ دقیقه بر حسب درصد		کاهش COD در زمان ۵ دقیقه بر حسب درصد		دی اکسید تیتانیوم گرم در لیتر
راکتور لوله ای	راکتور منقطع	راکتور لوله ای	راکتور منقطع	راکتور لوله ای	راکتور منقطع	راکتور لوله ای	راکتور منقطع	
۳۳/۳	۳۷/۷	۷/۷	۲۸/۸	۴/۵	۷/۷	۲	۳/۵	۰/۳
۳۹/۸	۳۹/۹	۷/۸	۳۰/۳	۴/۷	۸	۲/۷	۴	۰/۶
۴۴	۴۰/۱	۸/۳	۳۶/۶	۵/۹	۹/۹	۲/۷	۵/۵	۰/۹
۴۷/۸	۴۲/۲	۹	۳۸	۶/۴	۱۰/۲	۳/۳	۵/۵	۱/۲



جدول شماره ۴: تأثیر غلظت اولیه رنگ بر حذف رنگ متیلن بلو ( غلظت دی اکسید تیتانیوم ۱/۲ گرم در لیتر، pH=۷)

غلظت رنگ متیلن بلو ۶۰ میلی گرم در لیتر		غلظت رنگ متیلن بلو ۳۰ میلی گرم در لیتر		غلظت رنگ متیلن بلو ۱۵ میلی گرم در لیتر		زمان دقیقه
رآکتور لوله ای	رآکتور منقطع	رآکتور لوله ای	رآکتور منقطع	رآکتور لوله ای	رآکتور منقطع	
۳/۵	۱۵/۲	۸/۳	۳۰/۸	۲۲/۵	۴۸/۸	۵
۲۱/۷	۵۵	۲۲	۷۷/۱	۳۹/۹	۸۳/۳	۱۵
۶۰	۹۲/۲	۶۴	۹۴/۲	۶۶/۷	۹۷/۷	۳۰
۹۳	۱۰۰	۹۶	۱۰۰	۹۸/۳	۱۰۰	۶۰



شکل ۳: بررسی تأثیر میزان هوادهی

( غلظت دی اکسید تیتانیوم ۱/۲ گرم در لیتر، غلظت رنگ متیلن بلو ۶۰ میلی گرم در لیتر، pH = ۷)

مختلف نظیر غلظت های مختلف دی اکسید تیتانیوم در حذف رنگ متیلن بلو مورد مطالعه قرار گرفت. اثر غلظت های مختلف دی اکسید تیتانیوم بر راندمان حذف رنگ و COD در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که با افزایش غلظت  $TiO_2$  ( $p=0/0021$ )، کاهش غلظت اولیه رنگ

### بحث و نتیجه گیری

با توجه به اهمیت حذف رنگ از فاضلاب صنایع نساجی در این مطالعه، کارایی فرایند فتوکاتالیستی دی اکسید تیتانیوم در حذف رنگ متیلن بلو که در حال حاضر در صنایع نساجی داخل کشور نظیر پتوبافی مصرف می شود، در رآکتورهای منقطع و لوله ای بررسی و مقایسه گردید. در این تحقیق، اثر پارامترهای



نتایج حاصل از تحقیق حاضر کاملاً با یافته های Chakrabarti و همکاران مطابقت دارد (۱۳). با توجه به شکل ۳ در فرآیند فتوکاتالیستی تولید الکترون، توسط فوتون های نوری با ایجاد حفره در سطح کاتالیست ایجاد می شود. اکسیژن یکی از گازهای فراوان و در دسترس و همچنین ارزان قیمت که در این فرآیند قادر به بدام انداختن الکترون ها در رادیکال هیدروکسیل است. بنابراین اکسیژن محلول موجود در نمونه خود به طور چشمگیر و فزاینده ای باعث افزایش راندمان حذف می شود.

از نقطه نظر تشکیل رادیکال هیدروکسیل ثابت شده است که علت عمده تشکیل این رادیکال فعال ایجاد حفره های الکترونی و تولید الکترون آزاد است که اکسیژن محلول موجود باعث افزایش تولید رادیکال هیدروکسیل می شود (۱۴). با افزایش میزان اکسیژن محلول میزان تشکیل  $MB(H_2)^+$  نیز افزایش می یابد. میلز نشان داد که سطح کم میزان اکسیژن محلول اثر منفی در راندمان حذف دارد. به عبارتی در سطوح کم اکسیژن رنگ متیلن بلو، اکسید و میل به احیاء مجدد و تبدیل به MB را دارد (۱۵).

بر اساس نتایج این تحقیق، فرآیند حذف رنگ با غلظت نانو ذرات در اکسید تیتانیوم ۹/ تا ۱/۲ گرم در لیتر تحت شرایط بهینه بوده، به علاوه کارایی فرآیند حذف رنگ با افزایش غلظت رنگ و افزودن مقادیر بیش از حد بهینه  $TiO_2$ ، کاهش و با افزایش تعداد دفعات چرخش نمونه در راکتور لوله ای افزایش می یابد. با توجه به اینکه در این روش دی اکسید تیتانیوم استفاده شده به عنوان فتوکاتالیست مجدداً قابل بازیافت و جداسازی است، می توان گفت که فرآیند  $UV/TiO_2$  در حذف رنگ یک روش سازگار با محیط زیست است.

### پیشنهادات

۱- استفاده از دی اکسید تیتانیوم به عنوان فتوکاتالیست، یک تکنیک مناسب و کاربردی برای تخریب کامل آلاینده های نامطلوب در فاز مایع و گازی با استفاده از نور مصنوعی یا پرتو خورشید می باشد.

( $p=0/001$ ) و افزایش زمان واکنش ( $p=0/0012$ ) راندمان حذف رنگ و COD ناشی از آن افزایش می یابد، که با نتایج مطالعات مشابه مطابقت دارد (۱۰). بر اساس مطالعه حاضر راندمان حذف رنگ و COD در راکتور منقطع برای غلظت ۰/۳ گرم در لیتر دی اکسید تیتانیوم به ترتیب ۹۹ و ۳۷/۷ درصد و در راکتور لوله ای به ترتیب ۷۴/۳ و ۳۳/۳ درصد و برای غلظت ۱/۲ گرم در لیتر دی اکسید تیتانیوم در راکتور منقطع به ترتیب ۱۰۰ و ۴۲/۲ درصد و همچنین در راکتور لوله ای به ترتیب ۹۳ و ۴۷/۸ درصد در زمان ۶۰ دقیقه بوده است.

احتمالاً دلیل مهم افزایش راندمان با افزایش جرم دی اکسید تیتانیوم این است که با افزایش سطح کاتالیست در نمونه میزان بیشتری حفره الکترونی ایجاد و الکترون های آزاد شده رادیکال های  $OH^-$  بیشتری تولید می کنند و افزایش رادیکال های فعال باعث افزایش تجزیه ساختار مولکول رنگ متیلن بلو در نمونه می شوند. Kuo در مطالعه خود به این نکته اشاره نموده (۱۱).

نتایج تحقیق حاضر در جدول ۲ و ۴ نشان داد که راندمان حذف رنگ با افزایش زمان واکنش و کاهش غلظت رنگ افزایش می یابد. براساس این نتایج، در غلظت های بالاتر مقادیر زیادی از رنگ بر روی نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم جذب شده که مانع از واکنش مولکول رنگ با رادیکال های آزاد و حفره های الکترونی می گردد. به همین دلیل در غلظت های بالاتر رنگ، راندمان حذف کاهش یافته است. این نتایج با نتایج ارائه شده توسط لینگ و همکاران در سال ۲۰۰۴ نیز مطابقت دارد (۱۲).

با افزایش غلظت رنگ، انتقال فوتون نوری کاهش می یابد زیرا فوتون های نوری قبل از این که به ذرات کاتالیست برسند، توسط رنگ جذب می شوند. همچنین با افزایش غلظت و ایجاد لخته های رنگی رقابت برای جذب روی سوبسترا افزایش می یابد، به عبارتی فتوکاتالیست در داخل لخته های رنگی به دام می افتد.



فیلتر نیتروسولوز از جمله مسائلی هستند که در حین کار ایجاد مشکلات زیادی می کنند بنابراین بایستی در این موارد احتیاطات و دقت لازم را بکار برد.

### سپاسگزاری

بدینوسیله از زحمات کارشناسان محترم آزمایشگاه شیمی محیط که در انجام این پژوهش ما را یاری و راهنمایی کردند، نهایت سپاس را داریم.

۲- با توجه به اینکه انرژی خورشیدی جهت استفاده، ارزان قیمت و فراوان است بنابراین توصیه می گردد که در مطالعات آتی این انرژی به جای پرتوهای مصنوعی پر هزینه مانند پرتو UV جایگزین گردد تا در حوزه تصفیه آب و فاضلاب کاربردی سازد. بنابراین لازم است این رویکرد در مطالعات آینده مد نظر قرار گیرد.

### محدودیت ها

خطرات کار با پرتو UV، نحوه هموزن کردن پودر دی اکسید تیتانیوم، نحوه فیلتر کردن نمونه ها با استفاده از

### References

- 1- Lucas MS. Peres J.A. Degradation of Reactive Black 5 by Fenton/UV-C and ferrioxalate/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/solar light processes. *Dyes and Pigments*. 2006; 1-8.
- 2- Ollis DF. Pelizzetti E. Photocatalyzed destruction of water contaminants. *Environ. Sci. Technol.* 2003; 25, 1522–1529.
- 3-Arslan I. Balcioglu IA. Advanced chemical oxidation of reactive dyes in simulated dyehouse e.uents by ferrioxalate-Fenton/UV-A and TiO<sub>2</sub>/UV-A processes. *Dyes and Pigments* 2000; 47: 207-218.
- 4-Kawaguchi H. Oxidation efficiency of hydroxyl radical in the 5otooxidation of 2-chloroPhenol using ultraviolet radiation and hydrogen peroxide. *Environ. Technol.* 1993; 14 (3): 289–295.
- 5-Jafari JA. Simultaneous Photo-oxidative degradation of EDTA and extra-oxidativerecovery of copper from industrial effluents. *J. Iran Chem. & Chem. Eng* 2004; 23 (2): 65-71.
- 6-Poudyal K. Clark D. Titanium dioxide Photocatalysis of metals.” *Enve 436-01, Bulletin: Hazardous Waste Management*. 2002; 1-4.
- 7-Lachheb H. Puzenat E. Houas A and et al. Photocatalytic degradation of various types of dyes in water by UV-irradiated titania. *Applied Catalysis B: Environmental* 2002; 39: 75.90.
- 8-Wainwright M. Byrne MN. *Photochem. Photobiol. B* 96 2008; 227–230.
- 9-Clesceri Lenore S. Greenberg AE. Eaton AD. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 edition, American Public Hwelth Association 2000; 1015 Fifteenth St., Washinfon Dc.





- 10-An TC. Zhu XH. Feasibility study of photo electrochemical degradation of methylene blue. *Chemosphere* 2002; 46: 897-903
- 11-Kuo WS. Photocatalytic decolorization of Methylene in water. *Chemosphere* 2001; 45: 77. 83.
- 12-Ling C. Mohamed A. Photo degradation of methylene blue dye in aqueous stream. *Jurnal Teknologi* 2004; 40: 91-103
- 13-Chakrabarti S. Dutta BK. Photo catalytic degradation of model textile dyes in wastewater using ZnO as semiconductor catalyst. *Hazard mater* 2004; 112: 269-278
- 14-Ming LY. Treatment of dye aqueous solution by UV/TiO<sub>2</sub> procecc with applying bias potential, *water sci.* 2009, 36:189-106
- 15-Mills A. Wang J. photobleaching of methylene blue sensitized by TiO<sub>2</sub>, *Photochem. Photobio.* 1999; 127:123-134



## *A Comparison Between Tubular and Batch Reactors in Removal of Methylene blue Dye from Simulated Textile Wastewater Using TiO<sub>2</sub>/UV-C Photocatalytic Process.*

Ehrampoosh M.H\* (Ph.D), Moussavi S.GH\*\* (Ph.D), Ghaneian M.T\* (Ph.D), Rahimi S\*\*\*\* (MS), Fallah zadeh H\*\*\*\*\* (Ph.D)

\*Associate Professor, Dept. of Environment Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences yazd.

\*\*Assistant Professor, Dept. of Environment and Occupational Health in Tarbiyatmodares University.

\*\*\*\*Corresponding Author: MS, Student of Environment Health Engineering in Shahid Sadoughi University of Medical Sciences yazd.

\*\*\*\*\*Associate Professor, Depts. of Biostatistics and Epidemiology, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences yazd.

### **Abstract**

**Background:** Dyes are structurally complex materials which enter the environment due to various textile industry processes like dyeing and cloth completion processes. Methylene blue is one of the cationic dyes which is now used in textile industry. Textile industrial wastewaters are one of the important sources of environmental contaminants. The aim of this research is photocatalytic degradation of methylene blue dye with the TiO<sub>2</sub> Nan particle with UV-C irradiation using batch and tubular reactor.

**Methods:** In this research, photocatalytic degradation of methylene blue dye was studied using different concentration of TiO<sub>2</sub> Nan particles (with lower than 21 nm of size) under UV irradiation in a batch and tubular reactor. The variables were: concentrations of color, titanium dioxide nana-particles and air Bubbling. The results of this research show that removal of methylene blue dye has direct correlation with the time of UV irradiation. All tests were performed in neutral pH (pH:7).

**Results:** The best efficiency results for dye removal and COD in the batch reactor were 100 and 42.2 % respectively. However the best color removal efficiency and COD results in tubular reactor were 93 and 47.8 % for titanium dioxide nana particle concentration of 1.2 gr/l<sup>1</sup> during 60 minutes. Furthermore as color concentrations increased, color removal rate decreased.

**Conclusion:** Finally, it was concluded that model of batch reactor is the best efficiency that may be selected with regard to the characteristic of textile wastewater, desired treatment efficiency and the discharge standards.

**Key Words:** Batch reactor, Tubular reactor, TiO<sub>2</sub> photo catalyst, Methylene blue dye, Photocatalytic degradation