کاربرد فرایند فتوکاتالیستی TiO_2/UV-C در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از فاضلاب سنتتیک نساجی

نویسندگان: محمد حسن احرامپوش* محمد تقی قانعیان قادر غنی زاده*** سمیه رحیمی*****

*استاد گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

**استادیار گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

*** نویسنده مسئول : استادیار گروه بهداشت محیط، مرکز تحقیقات بهداشت و دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه ا...(عج)، تهران تلفن:۰۹ ۱۲۵۵۹۹۸۲۷ E-mail:qanizadeh@gmail.com

****دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

طلوع بهداشت

فصلنامهٔ علمی پژوهشی دانشکده بهداشت یزد
سال دهم
شماره: سوم و چهارم
پاییزو زمستان۱۳۹۰
شماره مسلسل: ۳۲

تاریخ وصول: ۱۳۹۰/۳/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۶/۱۸

چکیده

سابقه واهداف: رنگ بارزترین آلاینده فاضلاب های نساجی می باشد که به دلیل اثرات سوء بهداشتی و زیست محیطی مورد توجه جدی می باشند. رنگ ها موادی با ساختار پیچیده، معمولاً سمی و مقاوم به تجزیه بیولوژیک هستند که از طریق فاضلابهای صنعتی وارد محیط زیست می شوند. هدف این مطالعه تجزیه فتوشیمیایی(UV) و فوتوکاتالیستی(TiO_2/UV-C) رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ بود.

روش بررسی: این مطالعه بصورت تجربی و در مقیاس آزمایشگاهی در راکتور ناپیوسته انجام شد. فاضلاب سنتتیک از انحلال رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ در آب شهر تهیه و تأثیر غلظت اولیه رنگ، جرم TiO_2، pH و زمان تماس در حذف رنگ بررسی شد. غلظت رنگ با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۸ نانومتر تعیین گردید.

یافته ها: فرایند TiO_2/UV-C نسبت به فرآیند UV-C تنها، موثرتر است. ثابت سرعت تجزیه فتوشیمیایی در pH اسیدی ۰/۰۰۱۹ و طی فرایند تجزیه فتوکاتالیستی ۰/۰۳۸۱ بر دقیقه می باشد. تجزیه نوری و فتوکاتالیستی رنگ مورد نظر از مدل سینتیک درجه اول پیروی می کند. افزایش جرم TiO_2 از ۰/۴ به ۱ گرم منجر به افزایش راندمان از ۹۷/۸ به ۱۰۰ در صد می گردد. افزایش غلظت رنگ از ۱۰۰ به ۲۵۰ میلی گرم در لیتر و pH از ۴ به ۱۰ منجر به کاهش راندمان به ترتیب از ۱۰۰ به ۹۷/۶۶ و از ۱۰۰ به ۹۴/۶ می گردد. بهترین راندمان در pH معادل ۴ حاصل می گردد.

نتیجه گیری: بیشترین کارآیی حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ با فرایندهای اکسیداسیون فتوشیمیایی و فتوکاتالیستی تحت شرایط اسیدی حاصل می شود که از این میان فرآیند فتوکاتالیستی موثر تر می باشد.

واژه های کلیدی: تجزیه فتوکاتالیستی، اشعه ماوراء بنفش، دی اکسیدتیتانیوم، رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸.

این مقاله برگرفته از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد بهداشت محیط،دانشگاه علوم پزشکی شهیدصدوقی یزد می باشد.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-16]

مقدمه

صنایع نساجی مقادیر زیادی از آب را طی مراحل رنگرزی، چاپ و شستشو مصرف می کنند(۱). بطوریکه میزان مصرف آب در این صنایع بین ۲۵ تا ۲۵۰ مترمکعب به ازاء هر تن محصول (با توجه به نوع فرایند تولید) می باشد (۲). بررسی ها نشان می دهد که سالانه حدود ۴۰ میلیون تن منسوجات در دنیا تولید می شود و پساب تولیدی این صنایع حدود۴ تا ۸ میلیون متر مکعب در سال می باشد (۳). رنگ بارزترین آلاینده فاضلاب های نساجی و صنایع مشابه می باشد که به دلیل اثرات سوء بهداشتی و زیست محیطی مورد توجه جدی است (۴). دو مرحله اصلی رنگرزی و تکمیل در صنایع نساجی باعث می شود تا حجم قابل توجهی از پساب با غلظت رنگ بالا تولید گردد (۶ و ۵). به طوریکه در طی فرآیند رنگرزی ممکن است بیش از ۵۰ درصد رنگها وارد پساب شوند (۵). صنایع نساجی بعلت تنوع رنگ مصرفی و روش های تولید، پساب هایی با کمیت و کیفیت شیمیائی متفاوت، تولید می کنند. فاضلاب های این صنایع که دارای مقادیر متنابهی رنگ هستند اغلب سمی، مقاوم به تجزیه بیولوژیک و پایدار در محیط زیست می باشد به طوریکه اغلب روش های بیولوژیکی متداول برای حذف رنگ های مصنوعی موجود در این فاضلابها ، به دلیل ساختار حلقوی پیچیده و ماهیت مقاوم رنگ، مؤثر نیستند (۱۰-۷) و فرایندهای تصفیه دیگر نظیر جذب سطحی، انعقاد و لخته سازی (۱۰) نیز به دلیل تولید پسماندهای جامد یا لجن های حاوی غلظتهای بالای رنگ روش های مناسبی نمی باشند. زیرا دفع نامناسب این زائدات مشکلات زیست محیطی جدی می تواند به دنبال داشته باشد (۱۱). بنابراین استفاده از فرآیندهایی که منجر به حذف یا اکسیداسیون آلاینده های رنگی به اشکال بی خطر می گردد می تواند به عنوان یک گزینه مناسب جهت حذف این نوع آلاینده ها مورد توجه باشد. فرآیندهای اکسیداسیون به ویژه اکسیداسیون پیشرفته یکی از روشهای مناسبی است که می تواند این نوع آلاینده ها را به طور موثر حذف کند.

اساس کار در فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته بر پایه تولید رادیکال های فعال هیدروکسیل می باشد. این رادیکال اکسید کننده از میل ترکیبی بسیار قوی برخوردار است به طوریکه در نتیجه واکنش رادیکال هیدروکسیل با ماده آلی، دی اکسیدکربن و آب به عنوان محصولات نهایی بی ضرر تولید می گردد. درمیان این فرایندها، فرایند فوتوکاتالیز ناهمگن با استفاده از نانوذرات دی اکسید تیتانیوم (TiO_2)، فناوری بسیار موثر برای تجزیه آلاینده ها می باشد (۱۶-۱۲). در فرایند اکسیداسیون فوتو کاتالیستی هنگامی که یک فوتون با انرژی کافی به دی اکسید تیتانیوم برخورد می کند، یک الکترون از اربیتال خارجی تر لایه ظرفیت به لایه هدایت انتقال می یابد. اختلاف پتانسیل های دو لایه ذکر شده برای TiO_2 مقدار آن ۳/۲ الکترون ولت می باشد. سپس واکنش های مختلفی اتفاق می افتد تا گونه های بسیار فعال رادیکال هیدروکسیل تولید شود که قدرت اکسیدکنندگی بسیار بالایی داشته و می توانند بیشتر رنگها را به محصولات نهایی معدنی اکسید نمایند(۱۷).

این مطالعه با هدف بررسی کارآیی فرآیند TiO_2/UV-C در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از فاضلاب سنتتیک نساجی و تعیین تأثیر pH، مدت زمان پرتودهی، جرم دی اکسید تیتانیوم،

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-16]

غلظت اولیه رنگ و تعیین شرایط بهینه برای حذف رنگ فوق با این فرآیند انجام شد.

روش بررسی

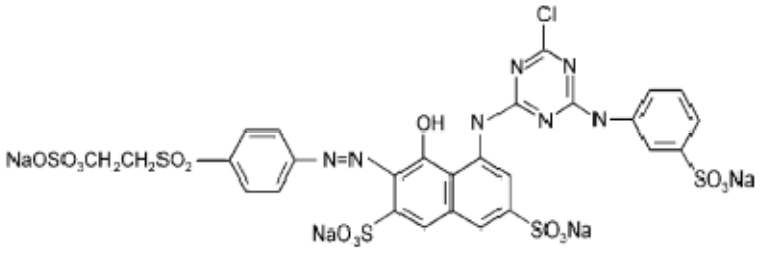
رنگ مورد استفاده در این تحقیق محصول شرکت مرک آلمان بود که مشخصات شیمیایی و طول موج حد اکثر جذب آن در جدول ۱ ارائه شده است. نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم (P25)، محصول شرکت دگوسا آلمان و سایر مواد شیمیایی مورد استفاده در انجام آزمایشات محصول شرکت مرک بود. محلولهای شیمیایی مورد استفاده در مطالعه با استفاده از آب مقطر و محلول رنگی مورد نظر با استفاده از آب شهر تهیه شد.

اندازه گیری رنگ در نمونه های مختلف با استفاده از اسپکتروفوتومتر (UV/Vis مدل Optima SP-3000 Plus، ژاپن) مطابق با دستور العمل کتاب روش های استاندارد آزمایشات آب و فاضلاب (۱۸) انجام شد. برای اندازه گیری pH از pH متر (Hach- HQ40D) و جهت یکنواخت سازی سوسپانسیون TiO_2 در محلولهای آبی ازدستگاه حمام اولتراسونیک ساخت ایتالیا (مدل Starsonic 18-35) استفاده گردید.

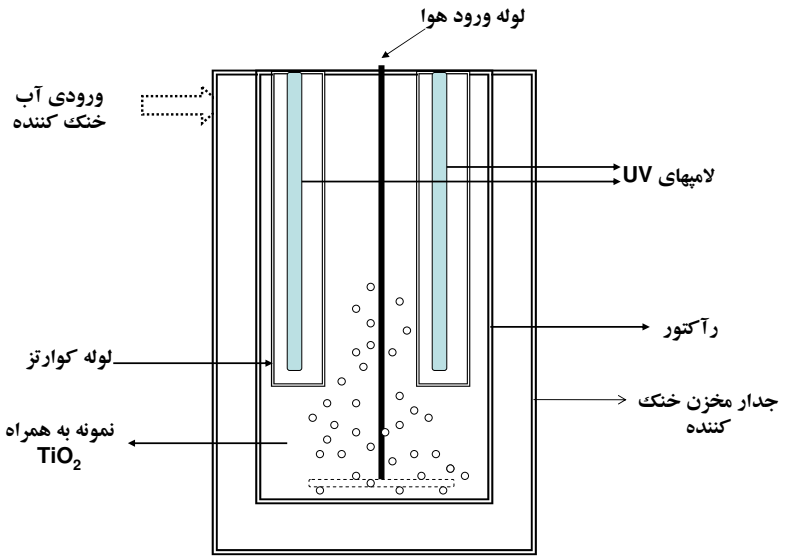
آزمایش ها در یک راکتور ناپیوسته با حجم مفید cc ۱۷۰۰ از جنس پلکسی گلاس که محتوی لامپ UV ، مخزن اختلاط و مخزن خنک کننده بود انجام گرفت (شکل۱). منبع تأمین پرتو ماوراء بنفش شامل دو عددلامپ UV-C (۱۵ وات) با پوشش کوارتز (قطرmm ۳۰ و طولmm ۴۹۰) بود. جداسازی ذرات دی اکسید تیتانیوم از محلول رنگی با استفاده از پمپ خلاء (J/B Aurora, IL 60507)، قیف بوخنر و فیلتر استات سلولز با منافذ ۰/۲ میکرون انجام شد.

جهت تعیین شرایط بهینه عملکرد فرایند فتوکاتالیستی دی اکسید تیتانیوم در حذف رنگ ، آزمایشات در سه سطح غلظت دی اکسید تیتانیوم (۰/۰،۴/۶، ۱g/L) ، سه غلظت مختلف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ (۱۰۰،۱۵۰، ۲۰۰mg/l) ، شش سطح زمان واکنش متفاوت (hr ۳، ۲/۵، ۲ ، ۱/۵، ۱، ۰/۵) و سه سطح pH (۱۰، ۷، ۴) انجام شد. . کلیه مراحل آزمایش در دمای آزمایشگاه (°C ۰/۵ ±۲۵) انجام شد و جهت کنترل دمای محتویات راکتور در این محدوده از مخزن خنک کننده استفاده گردید.

جدول ۱: مشخصات رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸

ساختار شیمیایی	
نوع رنگ	آنیونی
علامت اختصاری	RR 198
فرمول شیمیایی	$C_{27}H_{18}CLN_7Na_4O_{15}S_5$
وزن مولکولی(g/mol)	۹۶۷/۵
طول موج حداکثر جذب(nm)	۵۱۸

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-16]



شکل ۱: طرح ساده راکتور مورد استفاده در مطالعه

با توجه به طول موج حد اکثر جذب رنگ مورد نظر (nm λ_{max}=۵۱۸) ، غلظت رنگ نمونه های مختلف با استفاده از اسپکتروفتومتر و منحنی استاندارد تهیه شده با محلولهای استاندارد در طول موج فوق (رسم بهترین خط برازش و تعیین معادله خط) تعیین شد (۱۰). کلیه آزمایشات بصورت ۲ بار تکرار انجام و داده ها بر اساس میانگین آنها گزارش شد.

یافته ها

تغییرات طیف جذب مشاهده شده در طی تجزیه رنگ در راکتور فوتوکاتالیستی TiO_2/UV-C به دلیل تغییرات ساختار ملکولی رنگ در طی فرآیندهای فتوکاتالیستی طیف جذب این ترکیبات نیز تغییر می کند. شکل ۲ تغییرات طیف جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ و کاهش پیک جذب در زمانهای مختلف پرتودهی را نشان می دهد. همانطوری که در شکل مشاهده می گردد مقادیر قابل توجهی از حذف رنگ با غلظت اولیه mg/l ۱۰۰ در طی زمان ۶۰ دقیقه رخ داده که نشان دهنده تجزیه سریع این نوع رنگ است.

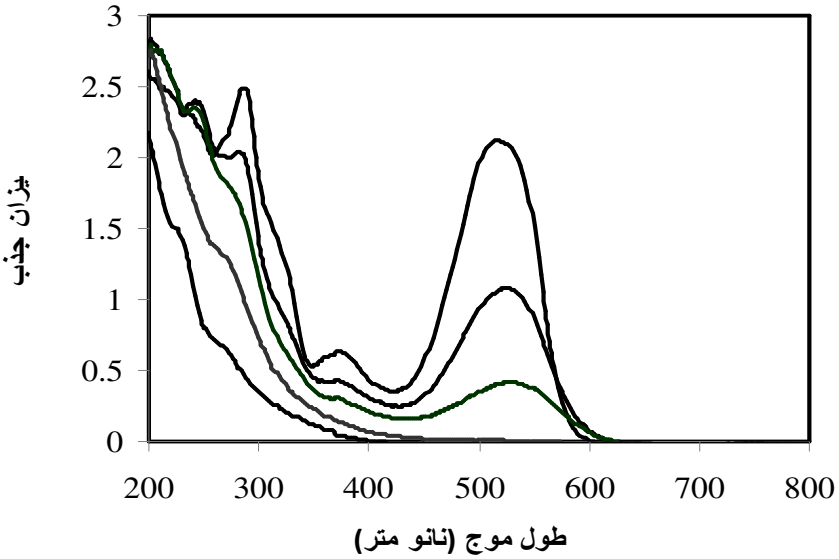
تأثیر pH در میزان حذف رنگ

pH یکی از مهمترین پارامترهایی است که از طریق تاثیر بر وضعیت یونیزاسیون آلاینده و خصوصیات سطحی عوامل کاتالیستی مورد استفاده در سیستمها راندمان حذف آلاینده های مورد نظر را تحت تاثیر قرار می دهد.

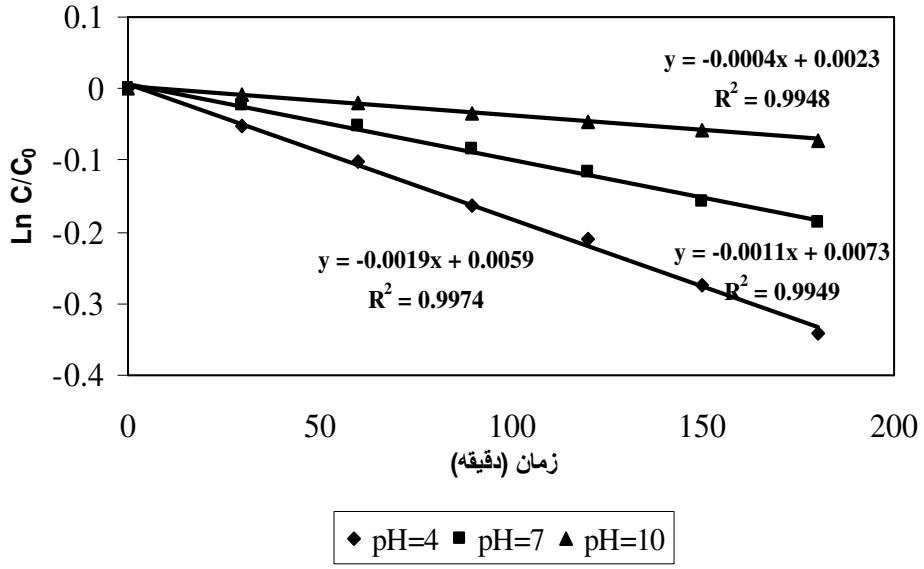
همانطوریکه در شکل ۳ و ۴ نشان داده شده است حذف رنگ مورد نظر طی فرایند فتواکسیداسیون UV-C و اکسیداسیون فتوکاتالیستی TiO_2/UV-C، واکنش درجه اول بوده و شیب خط مربوطه نشان دهنده سرعت واکنش حذف رنگ می باشد. بررسی سرعت واکنش حذف رنگ در pH متفاوت نشان می دهد که تغییرات pH محیط بر سرعت حذف رنگ موثر است به طوریکه حداکثر سرعت رنگ زدایی یا بیشترین شیب خط در pH حدود ۴ حاصل شده است. مقایسه نتایج ارائه شده در شکل

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-16]

۳ و ۴ نشان می دهد که در شرایط یکسان فرآیند TiO_2/UV-C نسبت به فرآیند UV-C تنها تاثیر بیشتری در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ دارد بطوری که شیب خط سرعت واکنش در شرایط مختلف تاثیر بیشتر فرایند TiO_2/UV-C را تأیید می کند.

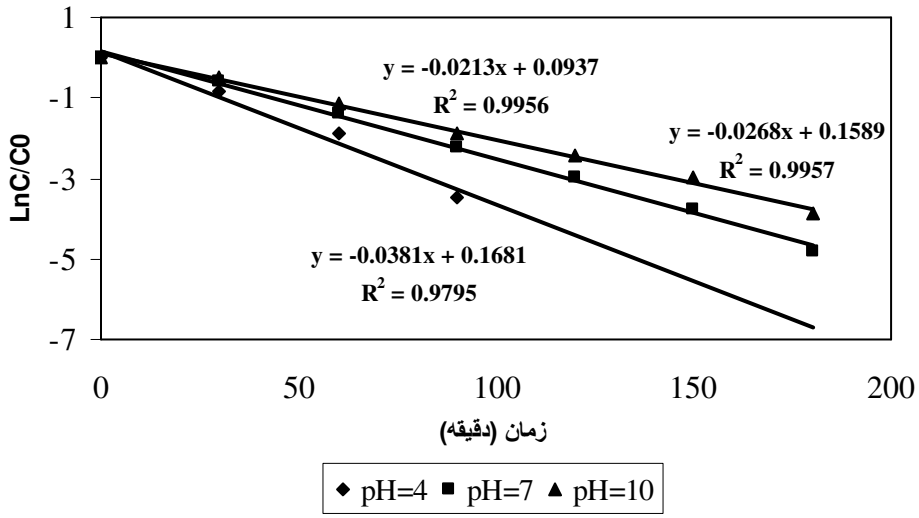


شکل ۲: تغییرات وضعیت طیف جذب درطی تجزیه فوتوکاتالیستی رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸
(C_0=۱۰۰ mg/L ،TiO_2=۰/۴g/L ،pH: ۴)



شکل ۳: تأثیر pH بر میزان حذف رنگ رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ در فرایند فتواکسیداسیون UV-C
(غلظت اولیه رنگ: ۱۰۰ میلی گرم در لیتر)

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-16]



شکل ۴: تأثیر pH بر میزان حذف رنگ رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸در فرایند TiO_2/UV-C
(C_0=۱۰۰ mg/L ،TiO_2=۰/۴g/L)

نتایج این مطالعه نشان دهنده تأثیر بیشتر فرآیند TiO_2/UV-C نسبت به فرآیند منفرد UV-C است، محاسبه اثر هم افزایی TiO_2 در حضور UV-C که بر اساس ضریب هم افزایی و معادله ۳ قابل محاسبه است نیز چنین نتایجی را اثبات می کند: (۵).

هم افزایی $KTiO_{2/UVC}$-K_{UVC}/ $KTiO_{2/UVC}$ =معادله (۳)

همانطوریکه در جدول ۳ مشاهده می گردد میزان ثابت سرعت واکنش حذف رنگ در فرآیند تلفیقی نسبت به فرآیند منفرد UV-C دارای یک هم افزایی است که میزان آن در محدوده قلیایی نسبت به pH خنثی و اسیدی بیشتر می باشد.

تأثیر میزان دی اکسید تیتانیوم در حذف رنگ

مقدار فتوکاتالیست یکی از پارامترهای مهم و اساسی در تجریه رنگ ها از نقطه نظر اقتصادی می باشد. به منظور جلوگیری از مصرف کاتالیست اضافی، تعیین مقدار بهینه کاتالیست برای حذف موثر رنگ مورد نیاز می باشد. شکل ۵ تأثیر میزان دی اکسید تیتانیوم در حذف رنگ مورد نظر برای غلظت ۱۵۰ mg/l را نشان می دهد. براساس نتایج، افزایش جرم دی اکسید تیتانیوم از ۰/۴ به ۱ گرم در لیتر منجر به افزایش میزان حذف رنگ از ۶۸/۳۳ به ۸۵ درصد در طی زمان ۶۰ دقیقه می گردد. مقادیر ثابت سرعت واکنش برای غلظت های رنگ ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر در جدول ۴ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۴، با افزایش غلظت رنگ و کاهش جرم نانوذرات دی اکسید تیتانیوم، ثابت سرعت واکنش کاهش می یابد.

تأثیر غلظت رنگ در میزان حذف رنگ

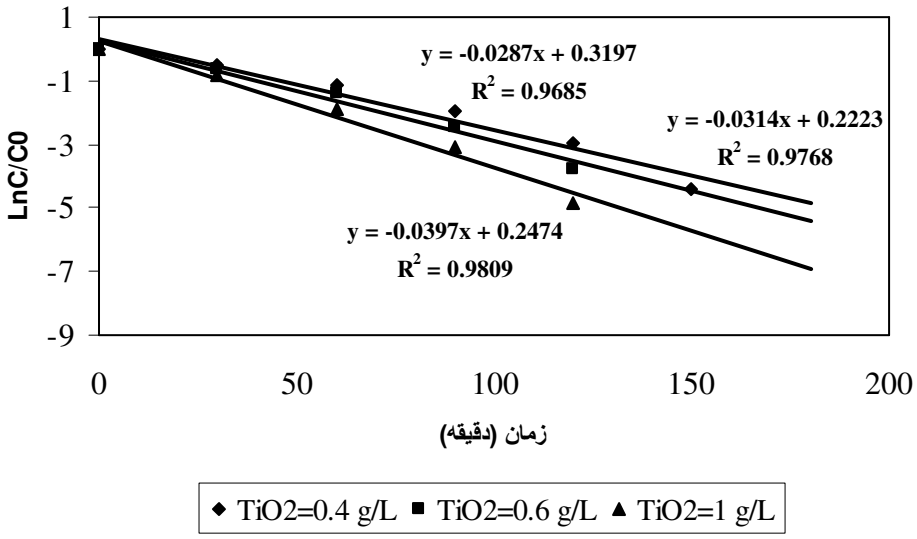
دامنه غلظت رنگ در این مرحله از مطالعه، mg/L ۲۰۰-۱۰۰ ، pH ۴ و غلظت نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم در فرایند TiO_2/UV-C ۰/۴ گرم در لیتر بود. شکل ۶ و ۷ نشان می دهد که افزایش غلظت رنگ در فرایند فتوشیمیایی (UV-C) و

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-16]

فتوکاتالیستی (TiO_2/UV-C) منجر به کاهش ثابت سرعت واکنش می گردد. براساس نتایج با افزایش غلظت رنگ از ۱۰۰ به ۲۰۰ میلی گرم در لیتر در راکتور فتوشیمیایی (UV-C) طی زمان ۶۰ دقیقه راندمان حذف رنگ از ۹/۸ به ۷/۳ درصد و در فرایند فتوکاتالیستی (TiO_2/UV-C) با زمان مشابه، میزان حذف رنگ از۸۴/۹ به ۶۰/۵ درصد کاهش می یابد. این نتایج با یافته های کااور و سینگ در سال ۲۰۰۷ مطابقت دارد زیرا این محققین نیز در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که افزایش غلظت رنگ، باعث کاهش راندمان حذف آن می گردد(۵).

جدول ۳: اثر هم افزایی فرآیندTiO_2/UV-C بر میزان حذف رنگ (غلظت رنگ ۱۰۰ mg/l و ۰/۴ g/l :TiO_2)

سری	pH	$KTiO_{2/UVC}$	K_{UVC}	هم افزایی
۱	۴	۰/۰۳۸	۰/۰۰۱۹	۰/۹۵
۲	۷	۰/۰۲۶	۰/۰۰۱۱	۰/۹۵۷
۳	۱۰	۰/۰۲۱	۰/۰۰۰۴	۰/۹۸

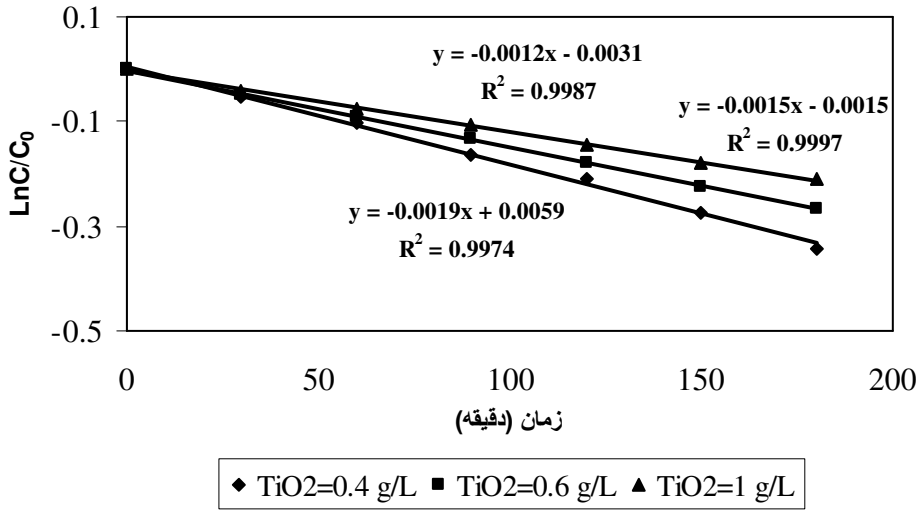


شکل ۵: تأثیر مقدار TiO_2 بر میزان حذف رنگ رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ در فرایندTiO_2/UV-C
(C_0=۱۵۰ mg/L ،pH: ۴)

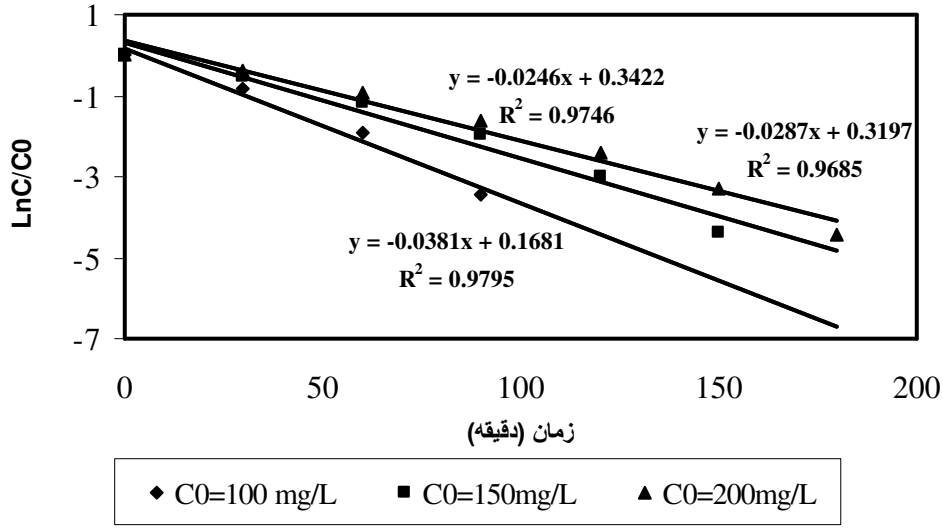
جدول ۴: ثابت سرعت واکنش برای غلظتهای مختلف رنگ و دی اکسیدتیتانیوم در pH:۴

سری	غلظت رنگ	جرم TiO_2	ثابت سرعت واکنش(بر دقیقه)
		۰/۴	۰/۰۳۸
۱	۱۰۰	۰/۶	۰/۰۴۸
		۱	۰/۰۶۵
		۰/۴	۰/۰۲۸
۲	۱۵۰	۰/۶	۰/۰۳۱
		۱	۰/۰۳۹
		۰/۴	۰/۰۲۴
۳	۲۰۰	۰/۶	۰/۰۲۶
		۱	۰/۰۳

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-16]



شکل ۶: تاثیر غلظت رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ بر میزان حذف رنگ در فرایندفتواکسیداسیون UV-C
(C_0=۱۰۰ mg/L ،TiO_2=۰/۴g/L ،pH: ۴)



شکل۷: تاثیر غلظت رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ بر میزان حذف رنگ در فرایند TiO_2/UV-C (pH: ۴)

بحث و نتیجه گیری

نتایج تغییر پیک جذب نشان دهنده سرعت حذف نسبتاً سریع این رنگ در طی فرآیند فتوکاتالیستی است. علل این سرعت حذف می تواند به ساختار رنگ و پیوندهای شیمیایی موجود در ساختـــار آن مرتبط باشد و نشان می دهد که انرژی پیوندهای موجود در رنگ دارای استحکام نسبتاً کمی بوده و شرایط اکسیداسیون ایجاد شده توسط انرژی فتون های ساطع شده از پرتو ماوراء بنفش بر سطح دی اکسید تیتانیوم پتانسیل مناسبی برای شکست این پیوندها و تجزیه رنگ مورد نظر را دارد.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-16]

نتایج مطالعه نشان داد که تغییرات pH محیط تأثیر قابل توجهی در میزان حذف رنگ دارد. علل این تأثیر در تجزیه رنگ مورد نظر می تواند به تأثیر pH محیط بر خصوصیات سطحی نانو ذره دی اکسید تیتانیوم و شرایط یونیزاسیون آلاینده مورد نظر مرتبط باشد. مطالعات نشان می دهد که تغییرات pH محیط می تواند بر اساس معادلات زیر خصوصیات سطحی یا بار الکتریکی موجود در سطح دی اکسید تیتانیوم را تحت تاثیر قرار دهد.

معادله (۱) $TiOH+H^+ \rightarrow TiOH^+_2$

معادله (۲) $TiOH+ OH^- \rightarrow TiO^-$

همانطوریکه در شکل ۴ نشان داده شده، افزایش pH در محدوده ۴ تا ۱۰ منجر به کاهش میزان حذف رنگ می گردد. علت این پدیده می تواند به تأثیر این عامل در تغییر بار الکتریکی غالب در سطح دی اکسید تیتانیوم مرتبط باشد. از آنجائیکه pH_{ZPC} دی اکسید تیتانیوم مورد استفاده در این مطالعه در محدوده ۶/۳ بود می توان چنین نتیجه گیری کرد که در مقادیر $pH<pH_{ZPC}$ نظیرpH:۴ بار الکتریکی موجود در سطح TiO_2 مثبت بوده که نتیجه آن جذب بیشتر این آلاینده در سطح TiO_2 است. از آنجائیکه تولید رادیکال آزاد هیدروکسیل در اثر تحریک سطح دی اکسید تیتانیوم انجام می گیرد جذب بیشتر آلاینده در سطح آن منجر می شود که رادیکالهای تولید شده در سطح TiO_2 سریعتر بر ملکول رنگ تأثیر گذاشته و باعث حذف آن شود(۱۹). در صورتیکه در pH بالاتر بار الکتریکی غالب در سطح TiO_2 منفی بوده که این امر باعث پیدایش نیروی دافعه الکتروکولونی میان رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ و بارهای الکتریکی هم نام موجود در سطح فتوکاتالیست مورد نظر می گردد که نتیجه آن کاهش راندمان حذف رنگ از محلول می باشد. چنین نتایجی توسط کا اور و سینگ نیز گزارش شده است. محققین دیگر نظیر وو(Wu) و همکارانش نیز در بررسی تأثیر pH بر میزان حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ به این نتیجه رسیدند که با افزایش pH از ۴ به ۱۰ راندمان حذف رنگ از ۹۸ درصد به ۳۵ درصد کاهش می یابد که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. این محققین نیز علت بالا بودن راندمان در شرایط اسیدی را به تأثیر pH در وضعیت بار سطحی ذرات دی اکسید تیتانیوم نسبت داده اند (۱ و ۱۹). علل این پدیده به ماهیت فرآیند فتوکاتالیستی در pH های مختلف مرتبط می باشد. بر این اساس می توان نتیجه گیری کرد که فرآیند TiO_2/UV-C نسبت به فرآیند منفرد UV-C در تجزیه رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ موثرتر بوده و این تأثیر در شرایط اسیدی بسیار بالاتر می باشد. بر این اساس سایر بخشهای مطالعه در شرایط اسیدی و pH فاضلاب ۴ انجام شده است. هرچند میزان حذف آلاینده در شرایط اسیدی بیشتر از سایر دامنه های pH است اما اثر هم افزایی فرآیند تلفیقی دی اکسید تیتانیوم و پرتو ماوراء بنفش در این محدوه از pH نسبت به سایر شرایط کمتر است .علل کم بودن میزان هم افزایی در pH اسیدی نسبت به سایر شرایط(قلیایی و خنثی) را می توان چنین توجیه کرد که در این شرایط فرآیند UV-C مجزا نیز تأثیر قابل توجهی در حذف رنگ داشته که مقادیر ثابت سرعت واکنش های مورد نظر نیز (جدول ۳) موید این نتایج می باشد. نتایج این مطالعه از نظر تأثیر میزان دی اکسید تیتانیوم بر حذف رنگ تا حدودی با نتایج مطالعات انجام شده توسط کا اور و

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-16]

سینگ مطابقت دارد. این محققین در سال ۲۰۰۷ حذف رنگ راکتیو قرمز را با استفاده از فرآیند سونوفتوکاتالیست در حضور TiO_2 بررسی و گزارش کرده اند که حذف آلاینده مورد نظر در سیستم اولتراسونیک پایین بوده و تغییر غلظت TiO_2 تأثیری در راندمان سیستم فوق ندارد. اما در شرایطی که از نورمرئی و اولتراسونیک استفاده گردید راندمان حذف رنگ تحت تأثیر جرم دی اکسید تیتانیوم قرار گرفت بطوری که با افزایش میزان TiO_2 تا حد ۳۰۰ mg/L راندمان حذف افزایش یافته و در مقادیر بالاتر باعث کاهش راندمان حذف شده است. علل این پدیده به افزایش کدورت محلول،کاهش میزان نفوذ پرتو UV، افزایش مسیر طی شده توسط فتون های نوری و کاهش سطح کل قابل تحریک مرتبط است (۵،۲۰).

چنین دلایلی برای سیستم منفرد مطالعه شده در این پژوهش نیز صدق می کند زیرا با افزایش میزان غلظت رنگ از ۱۰۰ mg/l به ۲۰۰ mg/l میزان نفوذ نور تا حد زیادی تحت تأثیر قرار گرفته و منجر به کاهش میزان حذف رنگ می گردد.

نتایج کلی این مطالعه نشان می دهد که فرایند اکسیداسیون پیشرفته (TiO_2/UV-C) به دلیل ایجاد هم افزایی در تجزیه رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ نسبت به فرآیند فتواکسیداسیون (UV-C)، فرایند مناسبتری است. علل این تأثیر به تولید رادیکال آزاد هیدروکسیل ($^{\bullet}OH$) مرتبط است که محدوده وسیعی از آلاینده ها را سریعاً و به صورت غیر انتخابی اکسید و تجزیه می نماید. نتایج این مطالعه نشان می دهد که تجزیه/حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ با فرآیند فتواکسیداسیون (UV-C) و فرآیند تلفیقی TiO_2/UV-C یک واکنش درجه اول است که سرعت حذف رنگ در شرایط اسیدی > شرایط خنثی > شرایط قلیایی می باشد. همچنین میزان حذف رنگ مورد نظر در محدوده جرم های مورد استفاده دی اکسید تیتانیوم با افزایش جرم آن افزایش می یابد. بر اساس نتایج ارائه شده در مطالعه انجام شده توسط برکات (۲۰۱۱) و سوتساس و همکاران (۲۰۱۰)، حذف رنگ های نساجی طی فرایند های فتوکاتالیستی از سینتیک درجه اول تبعیت نموده که داده های حاصل از تحقیق حاضر مطابقت دارد (۲۱،۲۲).

با توجه به نتایج مطلوب فرایند تجزیه فوتوکاتالیستی TiO_2/UV-C در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸،می توان اظهار داشت که کارایی فرایند مورد نظر در حذف سایر رنگها و آلاینده ها نیز مورد بررسی قرار گیرد تا با تعیین دامنه عملکرد این فرآیند، قابلیت استفاده از آن برای تصفیه فاضلاب های حاوی آلاینده های رنگی مختلف تعیین گردد.

تقدیر و تشکر

این تحقیق در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد و با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد انجام شده است که بدین وسیله نهایت تقدیر و تشکر به عمل می آید.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-16]

Refernces

1- Kaur S, Singh V. TiO_2 mediated photocatalytic degradation studies of Reactive Red 198 by UV irradiation. J Hazard Mater. 2007; 141(1): 230- 6.

2- Lucas M.S, Peres J.A. Degradation of Reactive Black 5 by Fenton/UV-C and ferrioxalate/H_2O_2/solar light processes. Dyes Pigments 2007; 74(3): 622-9.

3- Wang L, Hung Y, Lo H et al. Handbook of Industrial and Hazardous Wastes Treatment. Mercel Dekker: 2004.

4- Muthukumar M، Thalamadai Karuppiah M، Raju B. Electrochemical removal of C.I. Acid orange 10 from aqueous solutions. Sep. Purif. Technol 2007; 55(2):198-205.

5 - Kaur S، Singh V. Visible light induced sonophotocatalytic degradation of Reactive Red dye 198 using dye sensitized TiO_2 .Ultrason Sonochem 2007; 14(5): 531-7.

6- Low BT، Ting YP، Deng S. Surface modification of Penicillium chrysogenum mycelium for enhanced anionic dye removal. Chem. Eng. J 2008; 141(1-3): 9–17.

7-Khalaf M.A. Biosorption of reactive dye from textile wastewater by non-viable biomass of Aspergillus niger and Spirogyra sp. Bioresource. Technol 2008; 99(14):6631-34.

8-Renault F، Morin-Crini N، Gimbert F، et al. Cationized starchbased material as a new ion-exchanger adsorbent for the removal of C.I. Acid Blue 25 from aqueous solutions. Bioresour Technol 2008; 99(16): 7573–86.

9- Song S، He Z، Qiu J، et al. Ozone assisted electrocoagulation for decolorization of C.I. Reactive Black 5 in aqueous solution: An investigation of the effect of operational parameters. Sep Purif Technol 2007; 55(2): 238-45.

10-Dutta S، Parsons SA، Bhattacharjee C، et al. Kinetic study of adsorption and photo decolorization of Reactive Red 198 on TiO_2 surface. Chem Eng J 2009; 155(3): 674-9.

11-Behnejadi M، Rabbani M، Modir N. synthetic modeling of breakdown & decolourization photo catalysis mono Azo dye from tannery industry in TiO_2/UV process. Proceedings of the 9th congress of Iran chemical engineering. 2004.Tehran 851-4.[Persian]

12-Rodrigues AC، Boroski M، Shimada NS، et al. Treatment of paper pulp and paper mill wastewater by coagulation–flocculation followed by heterogeneous photocatalysis. J Photochem Photobiol. A: Chem. 2008; 194(1): 1-10.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-16]

13-Ao Y، Xu J، Fu D، et al. Low temperature preparation of anatase TiO_2-coated activated carbon. Colloid Surf A: Physicochem. Eng. 2008; 312(2-3): 125–30.

14-Aleboyeh A، Olya ME، Aleboyeh H. Electrical energy determination for an azo dye decolorization and mineralization by UV/H_2O_2 advanced oxidation process. Chem Eng J. 2008; 137(3): 518–24.

15- Bahgat M، Khedr MH، Abdel-Moaty SA. Reduction kinetics, photocatalytic activity and magnetic properties of $CoFe_2O_4$/$BaFe_{12}O_{19}$ core/shell nanoparticles.Mater Technol 2007; 22(3): 139–46.

16-Baeza B، Lizama C، Caneo C، et al. Factorial design for the photodegradation of chloramphenicol with immobilized TiO_2. Adv Oxid Technol 2007; 10(2): 411–14.

17- Arslan- Alaton I. A Review of the effects of dye-assisting chemicals on advanced oxidation of reactive dyes in wastewater. Color Technol 2003; 119(6): 345-53.

18-Clesceri LS، Greenberg AE، Eaton AD. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington Dc: American Pablic Heealth Association; 2000.

19-Wu CH. Effects of operational parameters on the decolorization of C.I. Reactive Red 198 in UV/TiO_2-based systems. Dyes Pigments 2008; 77(1): 31-8.

20- Konstantinou K، Albanis TA. TiO_2-assisted photocatalytic degradation of azo dyes in aqueous solution: Kinetic and mechanistic investigation. A review Appl Catal. B: Environ 2004; 49(1): 1- 14.

21- Barakat MA. Adsorption and photodegradation of Procion yellow H-EXL dye in textile wastewater over TiO_2 suspension. J Hydro-environ Res. 2011; 5(2): 137-142.

22- Soutsas K, Karayannis V, Poulios I, et al. Decolorization and degradation of reactive azo dyes via heterogeneous photocatalytic processes. Desalination, 2010; 250(1): 345-350

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-16]

Application of TiO_2/UV-C Photocatalytical Processes for the Removal of Reactive Red 198 Dye from Synthetic Textile Wastewater

EhrampoushMH*(Ph.D) Ghaneian MT(Ph.D) Ghanizadeh Gh***(Ph.D) Rahimi S ****(MS.c)**

*Professor, Department of Environmental Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran
**Assistant Professor Department of Environmental Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.
***Corresponding Author: Assistant Professor Department Environmental Health, Baqiyatallah (a.s) University of Medical Sciences. Thran,Iran.
****MS.c Student of Environmental Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

Abstract

Background: Dyes have complicated structure, are usually toxic and resistant to biological treatment which entere into environment by industrial waste streams. The aim of this study was the removal of reactive red 198 dye (RR 198) by photolysis (UV) and photocatalytical (TiO2/UVC) processes. This study was conducted to investigate the effects of dye concentration, pH, TiO_2 dose, and contact time.

Methods: The study was carried out by drawing on batch reactor. Synthetic wastewater was prepared by solving of RR198 in tap water.Dye concentration was determined with spectrophotometer on 518 nm.

Results: The results of this study show that Tio_2/UV process is more effective than UV-C process alone. The results of the study also show that constant rate of photochemical degradation in acidic pH and during photocatalytic degradation process was 0.0019 and o.0381 min^{-1}, respectively. Photolysis and photocatalytic degradation of considered dye follow the first order kinetic model. Increasing 0f Tio_2 dose from 0.4 to 10 gr led to Increasing of dye removal efficiency from 97.8 to 100%. Increasing of dye concentration from 100 to 250 mg/l and pH from 4 to 10 led to decreasing of dye degradation efficiency from 100 to 97.66 and from 100 to 94.6, respectively. The best efficiency was at pH=4.

Conclusion: Removal of RR 198 with photolysis and photocatalitical processes has the best efficiency in acidic condition (pH=4) among which the TiO2/UVC process is better than the UVC.

Keywords: Photocatalytical degradation, UV ray, TiO_2, Reactive Red 198 dye.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-09-16]