

## بررسی کارایی پودر آهن صفر ظرفیتی (ZVI) در حضور نور UV و پراکسید هیدروژن در حذف رنگ‌های اسید اورانژ ۷ و راکتیو بلک ۵ از محلول‌های آبی

منصور ضربایی<sup>۱</sup>، علیرضا رحمانی<sup>۲</sup>، محمدرضا سمرقندی<sup>۳</sup>، فاطمه برجسته عسکری<sup>۴</sup>

نویسنده مسئول: ایلام، بانگنجان، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، دانشکده بهداشت Fatemeh.Barjasteh@gmail.com

دریافت: ۹۰/۰۱/۲۴ پذیرش: ۹۰/۰۴/۲۰

### چکیده

زمینه و هدف: فاضلاب‌های رنگی یکی از مهم‌ترین منابع آلاینده محیط زیست هستند و تصفیه این فاضلاب‌ها به لحاظ مواد شیمیایی سمی که وارد محیط زیست کرده و همچنین مشکلات زیبایی شناختی فراوانی که ایجاد می‌کنند، اهمیت فراوانی دارد. تا کنون روش‌های متعددی نظیر تصفیه الکتروشیمیایی، انعقاد و لخته‌سازی و جذب سطحی برای تصفیه فاضلاب صنایع نساجی به کارگرفته شده‌اند. از اینرو در این تحقیق کارایی پودر آهن صفر ظرفیتی در حضور نور UV و پراکسید هیدروژن در حذف رنگ‌های اسید اورانژ ۷ و راکتیو بلک ۵ از محلول‌های آبی مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی: در این مطالعه که در یک راکتور ناپیوسته صورت گرفت، پارامترهای غلظت اولیه رنگ (۷۵، ۵۰، ۲۵ mg/L)، زمان تماس (۳۰، ۶۰، ۱۲۰ min)، pH=۳، ۷، ۱۱، میزان پودر آهن (۰/۶g/L، ۱/۳، ۲) و غلظت پراکسید هیدروژن (۱۵، ۲۵ mg/L، ۱۰) بررسی شد. یافته‌ها: نتایج حاصل از آزمایشات نشان داد که کارایی حذف هر دو نوع رنگ با افزایش زمان تماس، میزان پودر آهن و غلظت پراکسید هیدروژن نسبت مستقیم و با افزایش pH نسبت معکوس دارد. همچنین افزایش غلظت اولیه رنگ باعث کاهش کارایی حذف هر دو رنگ اسید اورانژ ۷ و راکتیو بلک ۵ گردید.

نتیجه‌گیری: بنابراین با توجه به نتایج حاصل از آزمایشات، روش تلفیقی  $ZVI/UV/H_2O_2$  کارایی بالایی را در حذف رنگ‌های اسید اورانژ ۷ و راکتیو بلک ۵ از خود نشان داده است.

واژگان کلیدی: پودر آهن صفر ظرفیتی، اسید اورانژ ۷، راکتیو بلک ۵، راکتور ناپیوسته، پراکسید هیدروژن

۱- کارشناس ارشد بهداشت محیط، مربی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز

۲- دکترای بهداشت محیط، استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان

۳- دکترای بهداشت محیط، دانشیار دانشکده بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی همدان

۴- کارشناس ارشد بهداشت محیط، مربی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایلام

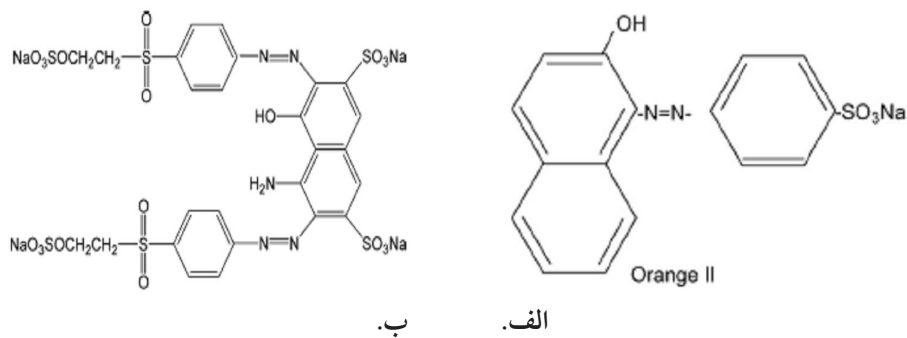
## مقدمه

صنایع نساجی و کارخانه‌های تولیدکننده رنگ جزو منابع عمده تولیدکننده آلودگی‌های زیست محیطی هستند. این صنایع یکی از بزرگترین صنایع مصرف‌کننده آب هستند، از این رو حجم بسیار زیادی از فاضلاب را به طبیعت خصوصاً منابع آب‌های سطحی وارد می‌کنند (۱). ترکیب فاضلاب این صنایع با توجه به مواد آلی، شیمیایی و رنگ‌های مورد استفاده در فرایندهای مختلف متفاوت است. امروزه رنگ موجود در فاضلاب‌های صنعتی به عنوان یک مشکل عمده زیست محیطی مطرح است (۱). رنگ معمولاً در نتیجه حضور ترکیبات مختلفی مانند گروه‌های آزو ایجاد می‌گردد. رنگ‌های آزو از معمول‌ترین و پرکاربردترین رنگ‌های مورد استفاده در صنایع هستند (۲). ورود پساب رنگی به محیط زیست نه تنها از نظر زیبایی‌شناختی بلکه به دلیل مشکلات بهداشتی فراوانی که برای انسان و دیگر موجودات زنده ایجاد می‌کند، حایز اهمیت‌اند. از خصوصیات آنها می‌توان به سمیت، مقاومت به تجزیه بیولوژیکی و پایداری در محیط زیست اشاره کرد (۳). به طور کلی روش‌های مورد استفاده برای تصفیه فاضلاب صنایع نساجی شامل روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است. با توجه به نوسانات کیفی زیاد در فاضلاب این صنایع، اغلب روش‌های متداول فاقد عملکرد مطلوب هستند (۴). روش‌های فیزیکی - شیمیایی متداول نظیر تصفیه الکتروشیمیایی (۵)، انعقاد و لخته‌سازی (۶)، استفاده از نور خورشید (۷) و یا اشعه ماوراءبنفش (۸) و جذب سطحی (۹) جهت حذف رنگ از فاضلاب نساجی استفاده شده‌اند. فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته (AOP) (ازن، ازن/پراکسید هیدروژن، ازن/اشعه ماوراءبنفش، پراکسید هیدروژن/اشعه ماوراءبنفش،  $Fe^{2+}$  پراکسید هیدروژن) برای تجزیه آلاینده‌های آلی غیر قابل تجزیه بیولوژیک از پساب‌های صنعتی گزینه‌ای جذاب در مقایسه با روش‌های متداول تصفیه هستند (۳). حذف آلاینده‌ها در روش AOP بر پایه تولید رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل ( $OH^{\cdot}$ ) با قدرت اکسیداسیون بالا بوده که بسیاری از ترکیبات شیمیایی آلی را به مواد معدنی تبدیل می‌کنند. از مزیت‌های فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته اینست که در نهایت موجب تخریب مواد آلی به  $H_2O$  و  $CO_2$  شده و قادرند غلظت‌های

پایین آلاینده را هم از بین ببرند (۱۰). از جمله فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته می‌توان به فرایند فتون اشاره کرد. واکنش فتون عبارت است از واکنش بین هیدروژن و یون آهن دو ظرفیتی که منجر به تولید حد واسط‌های فعال مانند رادیکال هیدروکسیل می‌شود. معمولاً فرایند فتون در pH‌های قلیایی عملکرد ضعیفی دارد (۱۱). امروز برای حل این مشکل معمولاً در فرایند فتون به جای آهن فرو از آهن صفر ظرفیتی استفاده می‌کنند (۱۲). هم‌چنین برای افزایش راندمان در pH‌های قلیایی از نور UV نیز در فرایند فتون استفاده می‌شود که به طور کلی تحت عنوان فرایند فتو-فتون شناخته می‌شود. فرایند فتو-فتون با استفاده از آهن صفر ظرفیتی نسبت به فرایند متداول فتون کارایی بالاتری داشته و در محدوده وسیعی از pH عمل می‌کند. از این رو هدف از این مطالعه بررسی کارایی پودر آهن صفر ظرفیتی در حضور نور UV و پراکسید هیدروژن در حذف رنگ‌های اسید اورانژ ۷ و راکتیو بلک ۵ از محلول‌های آبی است.

## مواد و روش‌ها

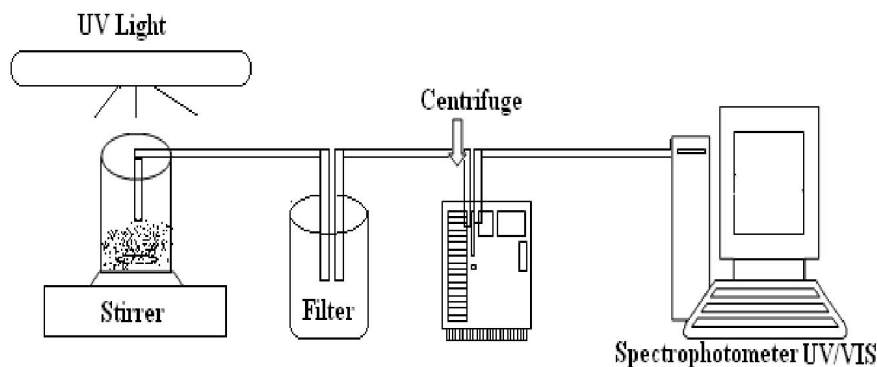
در این مطالعه بنیادی - کاربردی که در آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان انجام گردید، کارایی پودر آهن صفر ظرفیتی در حضور نور UV و پراکسید هیدروژن در حذف رنگ‌های اسید اورانژ ۷ و راکتیو بلک ۵ از محلول‌های آبی مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه پارامترهای مختلفی از جمله غلظت اولیه رنگ ( $25, 50, 75 \text{ mg/L}$ )، زمان تماس ( $10, 15, 20 \text{ min}$ )، pH ( $3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12$ )، میزان پودر آهن ( $2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20 \text{ g/L}$ ) و غلظت پراکسید هیدروژن ( $20, 30, 40 \text{ mL/L}$ ) مورد بررسی قرار گرفت. رنگ‌های مورد استفاده (درجه خلوص ۹۷٪) در این آزمایش از شرکت الوان ثابت واقع در شهر همدان تهیه گردیدند. ساختار شیمیایی رنگ‌های مورد استفاده در شکل ۱ آورده شده است. در این آزمایش از لامپ UV-C ( $40 \text{ W}$ ) با طول  $80 \text{ cm}$  استفاده گردید (نوژان تب، ایران). این لامپ در فاصله  $5 \text{ cm}$  بالای نمونه نصب گردید. کلیه روش‌های به کار رفته در این



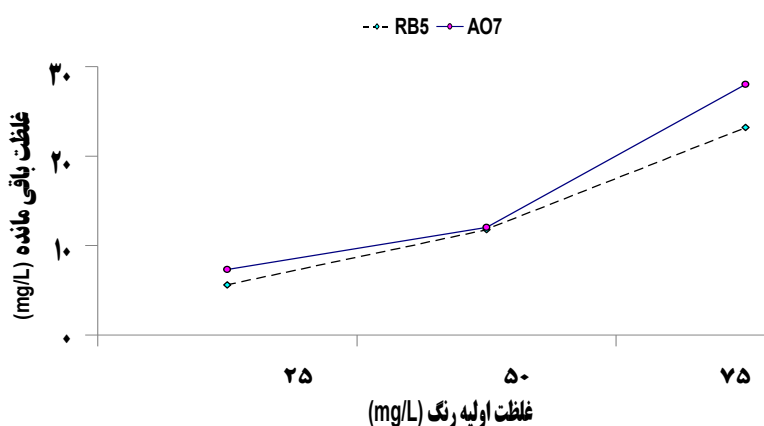
شکل ۱: ساختار شیمیایی الف. اسید اورانژ ۷ (AO7) و ب. راکتیو بلک ۵ (RB5)

گونه تصفیه‌ای مورد استفاده قرار گرفت. جهت بررسی تاثیر پارامترهای مختلف بروی کارایی حذف رنگ، یکی از پارامترها را تغییر داده و سایر پارامترهای ثابت نگه داشته شد و به این صورت کارایی حذف محاسبه گردید. برای مثال جهت بررسی تاثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف، ابتدا غلظت‌های اولیه ۷۵، ۵۰ و ۲۵ از رنگ‌های مورد نظر تهیه شد، سپس در pH=۷، میزان پودر آهن ۱/۳ g/L، غلظت پراکسید هیدروژن ۲۰ mL/L به نمونه اضافه کرده و بعد از ۱۲۰ min هیدروژن پراکسید باقی مانده رنگ به روش اسپکتروفتومتری تعیین گردید این کار برای سایر پارامترها نیز تکرار شده است. هم‌چنین به منظور اطمینان از نتایج حاصل هر یک از آزمایش‌ها سه بار تکرار شده و در نهایت میانگین نمونه‌ها جهت تعیین کارایی فرایند مورد استفاده قرار گرفت. شمای کلی پایلوت مورد استفاده در شکل ۲ آورده شده است.

مطالعه بر پایه روش‌های موجود در کتاب استاندارد متد برای آزمایشات آب و فاضلاب (۱۳) صورت گرفته است. جهت تهیه محلول رنگ، ابتدا محلول استوک با غلظت ۱۰۰۰ mg/L از هر دو نوع رنگ تهیه گردید و سپس محلول‌های کاربردی با غلظت‌های ۷۵، ۵۰ و ۲۵ mg/L به صورت روزانه از محلول استوک تهیه شد. هم‌چنین به منظور تعیین حداکثر طول موج جذب، ابتدا محلول رنگ با غلظت ۱۰۰ mg/L از هر دو نوع رنگ ساخته شد و سپس نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر UV/VIS (Shimadzo-1700, Japan) در محدوده طول موج ۸۰۰-۱۰۰ nm اسکن گردید و به این ترتیب حداکثر طول موج جذب برای هر دو نوع رنگ تعیین شد. با این روش حداکثر طول موج جذب برای رنگ‌های اسید اورانژ ۷ و راکتیو بلک ۵ به ترتیب ۴۸۷ و ۵۹۹ nm به دست آمد. پودر آهن مصرفی نیز با اندازه موثر ۱۵۰ μm و با سطح مخصوص (BET) ۱/۹ m<sup>3</sup>/g از شرکت Merck آلمان تهیه شده و بدون هیچ



شکل ۲: شمای کلی پایلوت مورد استفاده در این تحقیق



شکل ۳: تاثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف  
(pH=7، زمان تماس 120 min، میزان پودر آهن 1/3 g/L، غلظت پراکسید هیدروژن 20 mL/L)

### یافته‌ها

با غلظت 50 mg/L در pH=7 در تماس با میزان پودر آهن 1/3 g/L و غلظت پراکسید هیدروژن 20 mL/L قرار داده شد و نمونه‌برداری در فواصل زمانی 30، 60، 120 min انجام گرفت. شکل 4 نتایج حاصل از تاثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف رنگ را نشان می‌دهد. همان‌طوری که مشخص است، در سیستم اکسیداسیون پیشرفته ZVI/UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> با افزایش زمان تماس کارایی حذف رنگ افزایش می‌یابد و در فاصله زمانی 120 min -105 به تعادل می‌رسد. این افزایش برای هر دو نوع رنگ دارای شیب یکسانی است.

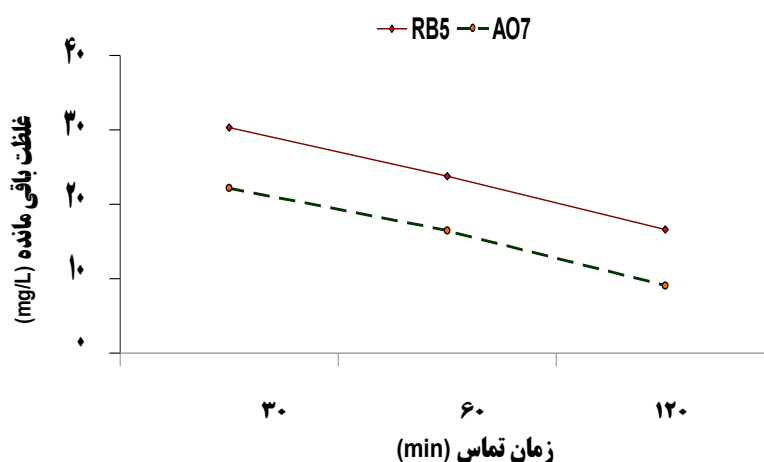
### تاثیر pH بر روی کارایی حذف رنگ

در این مطالعه کارایی حذف رنگ در pHهای 7، 11 و 3 مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور 200 mL/L محلول رنگ

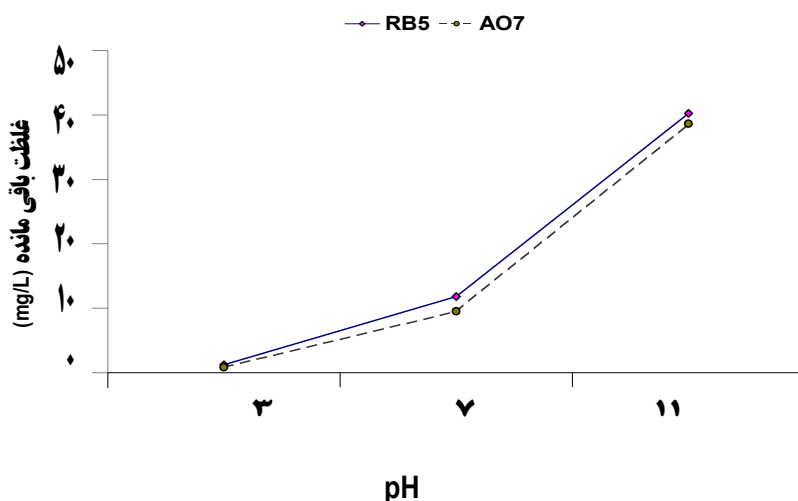
جهت بررسی تاثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف رنگ، آزمایشات در غلظت‌های اولیه 75 mg/L، 50 و 25 از رنگ‌های مورد نظر در pH=7، میزان پودر آهن 1/3 g/L، غلظت پراکسید هیدروژن 20 mL/L و زمان تماس 120 min انجام گرفت. نتایج حاصل از این بررسی در شکل 3 نشان داده شده است. با توجه به این شکل مشاهده می‌شود، در سیستم اکسیداسیون پیشرفته ZVI/UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> با افزایش غلظت اولیه رنگ راندامان حذف هر دو رنگ کاهش می‌یابد.

### تاثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف رنگ

جهت بررسی تاثیر زمان تماس، 200 mL محلول رنگ



شکل 4: تاثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف رنگ  
(pH=7، غلظت رنگ 50 mg/L، میزان پودر آهن 1/3 g/L، غلظت پراکسید هیدروژن 20 mL/L)



شکل ۵: تاثیر pH بر روی کارایی حذف رنگ

(غلظت رنگ ۵۰ mg/L، زمان تماس ۱۲۰ min، میزان پودر آهن ۱/۳ g/L، غلظت پراکسید هیدروژن ۲۰ mL/L)

در تماس با پودر آهن با غلظت‌های ۲، ۱/۳، ۰/۶ قرار داده شد و بعد از زمان تماس ۱۲۰ min نمونه برداری شده و غلظت نهایی رنگ تعیین گردید. نتایج حاصل از تاثیر میزان پودر آهن در شکل ۶ نشان داده شده است. نتایج حاصل نشان داد که با افزایش میزان پودر آهن کارایی حذف رنگ افزایش می‌یابد و حداکثر حذف در این مطالعه در میزان پودر آهن ۲ g/L به دست آمد.

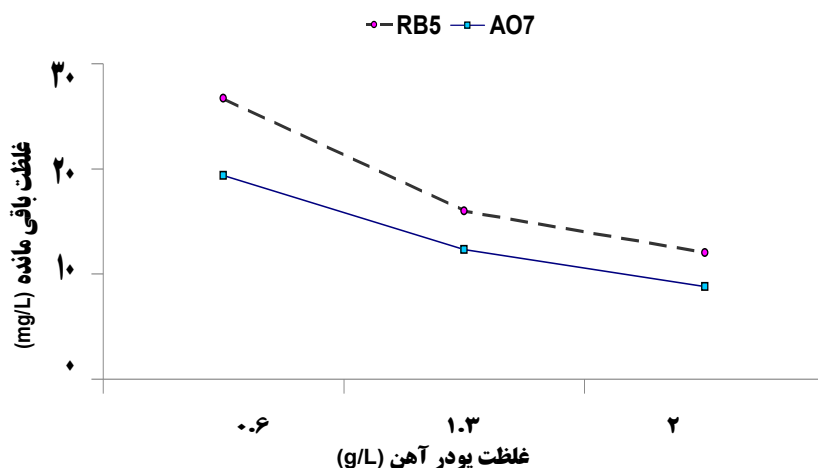
#### تاثیر میزان غلظت پراکسید هیدروژن بر روی کارایی حذف رنگ

به منظور بررسی تاثیر غلظت پراکسید هیدروژن، محلول رنگ با غلظت ۵۰ mg/L در pH=۷ و غلظت ۱/۳ g/L پودر آهن،

با غلظت ۵۰ mg/L در تماس با میزان پودر آهن ۱/۳ g/L و غلظت پراکسید هیدروژن ۲۰ mL/L قرار داده شد و در زمان تماس ثابت ۱۲۰ min نمونه برداری گردیده و غلظت باقی مانده رنگ مشخص گردید. شکل ۵ تاثیر pH بر روی کارایی حذف رنگ را نشان می‌دهد. در سیستم ZVI/UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> با افزایش pH از ۳ به ۱۱ کارایی حذف برای رنگ راکتیو بلک ۵ از ۹۷٪ به ۲۰٪ و برای رنگ اسید اورانژ ۷ از ۹۸٪ به ۲۴٪ کاهش یافت. هم‌چنین حداکثر حذف رنگ در pH=۳ به دست آمد.

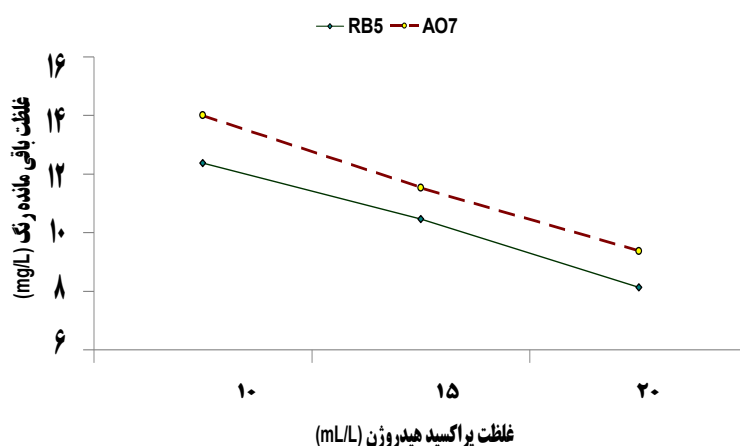
#### تاثیر میزان پودر آهن بر روی کارایی حذف رنگ

جهت بررسی تاثیر میزان پودر آهن، محلول رنگ با غلظت ۵۰ mg/L در pH=۷ و غلظت ۲۰ mL/L پراکسید هیدروژن،



شکل ۶: تاثیر دوز پودر آهن بر روی کارایی حذف رنگ

(pH=۷، غلظت رنگ ۵۰ mg/L، زمان تماس ۱۲۰ min و غلظت پراکسید هیدروژن ۲۰ mL/L)



شکل ۷: تاثیر میزان غلظت پراکسید هیدروژن بر روی کارایی حذف رنگ  
 (غلظت رنگ ۵۰ mg/L، زمان تماس ۱۲۰ min و میزان پودر آهن ۱/۳ g/L، pH=۷)

این افزایش برای هر دو نوع رنگ دارای شیب یکسانی است. کارایی فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته به تولید رادیکالهای هیدروکسیل بستگی دارد. افزایش زمان تماس در این نوع سیستم باعث افزایش تولید رادیکالهای هیدروکسیل خواهد گردید. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، در این سیستم هر قدر زمان تماس افزایش یابد کارایی حذف رنگ نیز افزایش خواهد یافت. در این سیستم سطح آهن فلزی در اثر تابش اشعه UV مدام تمیز نگه‌داشته خواهد شد. از طرف دیگر رادیکالهای OH<sup>o</sup> توسط اشعه UV تجزیه خواهد شد. همچنین تابش مستقیم اشعه UV نیز باعث تجزیه رنگ خواهد شد. بنابراین کارایی سیستم هم‌چنان ادامه خواهد یافت (۱۷). مطالعه انجام گرفته بر روی pH نشان داد که با افزایش pH، کارایی حذف هر دو رنگ کاهش می‌یابد. یکی از پارامترهای بسیار مهم در فرایندهای شیمیایی است. از طرفی پراکسید هیدروژن عمل تجزیه مواد آلاینده را از طریق تولید رادیکالهای هیدروکسیل در محیط انجام می‌دهد. به دلیل این که تولید رادیکالهای هیدروکسیل در محیطهای اسیدی کمی بیشتر از محیطهای قلیایی است و هم‌چنین پایداری آنها نیز بیشتر است، بنابراین فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته نیز در محیطهای اسیدی نسبت به محیطهای قلیایی عملکرد بهتری خواهند داشت (۱۵ و ۱۸) که نتایج به دست آمده در این مطالعه با نتایج پژوهش انجام شده توسط Catalkaya و Sengul (مطابقت دارد) (۱۷).

در تماس با پراکسید هیدروژن با غلظت‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰ mL/L در تماس با پراکسید هیدروژن با غلظت‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰ mL/L قرار داده شد و بعد از زمان تماس ۱۲۰ min نمونه‌برداری شده و غلظت نهایی رنگ تعیین گردید. در این سیستم، افزایش غلظت اولیه پراکسید هیدروژن باعث افزایش کارایی فرایند گردید.

## بحث

در سال‌های اخیر، استفاده از فرایندهای تلفیقی اکسیداسیون پیشرفته در تجزیه آلاینده‌های آلی غیر قابل تجزیه بیولوژیک از پساب‌های صنعتی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. مطالعه بررسی غلظت اولیه رنگ در سیستم اکسیداسیون پیشرفته ZVI/UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> نشان‌دهنده این نکته است که با افزایش غلظت اولیه رنگ راندمان حذف هر دو رنگ کاهش می‌یابد. در این نوع سیستم در شرایط ثابت مقدار تولید رادیکال هیدروکسیل نیز ثابت باقی خواهد ماند. بنابراین با افزایش مقدار آلاینده در محیط رادیکال‌های موجود مصرف خواهند شد و بنابراین با افزایش غلظت آلاینده کارایی فرایند کاهش خواهد یافت (۱۴ و ۱۵). در پژوهش Shu و همکاران نشان داده شد که با افزایش غلظت اولیه رنگ کارایی فرایند کاهش می‌یابد (۱۶).

هم‌چنین در سیستم اکسیداسیون پیشرفته ZVI/UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> افزایش زمان تماس باعث افزایش کارایی حذف رنگ گردید.

رادیکال‌های هیدروکسیل در محیط انجام می‌دهد. به دلیل این که تولید رادیکال‌های هیدروکسیل در محیط‌های اسیدی کمی بیشتر از محیط‌های قلیایی است و هم‌چنین پایداری آنها نیز بیشتر است، بنابراین فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته نیز در محیط‌های اسیدی نسبت به محیط‌های قلیایی عملکرد بهتری خواهند داشت. هم‌چنین نتایج نشان داد، کارایی حذف هر دو نوع رنگ با افزایش زمان تماس، میزان پودر آهن و غلظت پراکسید هیدروژن نسبت مستقیم دارد. با توجه به نتایج حاصل از آزمایشات، روش تلفیقی  $ZVI/UV/H_2O_2$  کارایی بالایی را در حذف رنگ‌های اسید اورانژ ۷ و راکتیو بلک ۵ از خود نشان داده است.

### تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از طرح پژوهشی با عنوان "مقایسه کارایی حذف رنگ‌های RB5 و AO7 با استفاده از آهن صفر ظرفیتی و اکسیداسیون پیشرفته  $UV/H_2O_2$  به همراه آهن صفر ظرفیتی" در سال ۱۳۸۸ در دوره کارشناسی ارشد، مصوب دانشگاه علوم پزشکی همدان است که با حمایت همان دانشگاه اجرا گردیده است.

هم‌چنین بررسی تاثیر میزان پودر آهن در سیستم اکسیداسیون پیشرفته  $ZVI/UV/H_2O_2$  نشان داد که افزایش میزان پودر آهن، کارایی حذف هر دو رنگ را افزایش می‌دهد، این پدیده را می‌توان بدین شکل توجیه کرد که افزایش پودر آهن باعث افزایش تولید رادیکال هیدروکسیل خواهد گردید چراکه افزایش غلظت اولیه پودر آهن باعث افزایش سطح فعال فلز برای تماس با پراکسید هیدروژن و اشعه UV خواهد شد. در این سیستم افزایش غلظت پودر آهن صفر ظرفیتی تا حدودی می‌تواند باعث افزایش سریع کارایی فرایند گردد (۱۴). هم‌چنین در پژوهش که Zhang و همکاران نشان داد که با افزایش میزان پودر آهن کارایی فرایند نیز افزایش می‌یابد. (۱۵)

شکل ۷ بررسی تاثیر میزان غلظت اولیه پراکسید هیدروژن را در کارایی فرایند سیستم اکسیداسیون پیشرفته  $ZVI/UV/H_2O_2$  نشان می‌دهد، در این سیستم، افزایش غلظت اولیه پراکسید هیدروژن باعث افزایش کارایی فرایند گردید. به طور کلی، افزایش غلظت اولیه پراکسید هیدروژن باعث افزایش تولید رادیکال‌های هیدروکسیل خواهد شد بنابراین کارایی فرایند افزایش خواهد یافت. در صورتی که فقط از پراکسید هیدروژن استفاده گردد با افزایش غلظت اولیه پراکسید هیدروژن، کارایی فرایند تا حدودی افزایش می‌یابد و چنانچه غلظت پراکسید هیدروژن از حد مشخصی فراتر رود به دلیل تولید رادیکال‌های  $OH_2^0$  کارایی فرایند کاهش می‌یابد. ولی در سیستم  $ZVI/UV/H_2O_2$  و در اثر تابش اشعه UV هیچ نوع رادیکال  $OH_2^0$  تشکیل نخواهد شد بنابراین کارایی فرایند با شیب تندی ادامه خواهد یافت (۱۷، ۱۶، ۱۹) که نتایج این مطالعه با نتایج به دست آمده از پژوهش انجام شده توسط Wu و Linden مطابقت دارد. (۲۰)

### نتیجه‌گیری

در این بررسی کارایی سیستم تلفیقی  $ZVI/UV/H_2O_2$  در حذف دو نوع ماده رنگزای اسید اورانژ ۷ و راکتیو بلک ۵ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمایشات نشان داد که با افزایش pH محلول، کارایی حذف رنگ کاهش می‌یابد. پراکسید هیدروژن عمل تجزیه مواد آلاینده را از طریق تولید

## منابع

1. Dos Santos Ab, Cervantes FJ, van Lier JB. Review paper on current technologies for decolourisation of textile wastewaters: Perspectives for anaerobic biotechnology. *Bioresource Technology*. 2007; 98(12):2369–85.
2. Lodha B, Chaudhari S. Optimization of Fenton-biological treatment scheme for the treatment of aqueous dye solutions. *Journal of Hazardous Materials*. 2007;148(1-2):459-66.
3. 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(1):35-43.
4. Rahmani AR, Zarrabi M, Samarghandi MR, Afkhami A, Ghaffari HR. Degradation of Azo Dye Reactive Black 5 and acid orange 7 by Fenton-like mechanism. *Iranian Journal of Chemical Engineering*. 2010;7(1):87-94.
5. Wang KS, Chen HY, Huang LC, Su YC, Chang SH. Degradation of Reactive Black 5 using combined electrochemical degradation-solar-light/immobilized  $TiO_2$  film process and toxicity evaluation. *Chemosphere*. 2008;72(2): 299–305.
6. Merzouk B, Gourich B, Sekki A, Madani K, Vial C, Barkaoui M. Studies on the decolorization of textile dye wastewater by continuous electro-coagulation process. *Chemical Engineering Journal*. 2009;149(1-3):207-14.
7. Neppolian B, Choi HC, Sakthivel S, Arabindoob B, Murugesan V. Solar light induced and  $TiO_2$  assisted degradation of textile Dye Reactive Blue 4. *Chemosphere*. 2002;46(8):1173-81.
8. Peternel I, Koprivanac N, Kusic H. UV-based processes for Reactive Azo Dye mineralization. *Water Research*. 2006;40(3):525-32.
9. SHokoohi R, Vatanpoor V, Zarrabi M, Vatani A. Adsorption of Acid Red 18 (AR18) by activated carbon from poplar wood – A kinetic and equilibrium study. *E-Journal of Chemistry*. 2010;7(1):65-72.
10. Valdes H, Farfan VJ, Manoli JA, Zaror CA. Catalytic ozone aqueous decomposition promoted by natural zeolite and volcanic sand. *Journal of Hazardous Materials*. 2009;165(1-3):915-22.
11. Pupo Nogueira RF, Trovó AG, Modé DF. Solar photodegradation of dichloroacetic acid and 2,4-dichlorophenol using an enhanced photo-Fenton process. *Chemosphere*. 2002;48(4):385–91.
12. Boussahel R, Harik D, Mammam M, Lamara-Mohamed S. Degradation of obsolete DDT by Fenton oxidation with zero-valent iron. *Desalination*. 2007;206(1-3):369–72.
13. APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 18th ed. Washington DC: American Public Health Association (APHA); 1992.
14. Fan J, Guoa Y, Wang J, Fan M. Rapid decolorization of Azo Dye Methyl Orange in aqueous solution by nanoscale zerovalent iron particles. *Journal of Hazardous Materials*. 2009;166(2-3):904-10.
15. Zhang H, Duan L, Zhang Y, Wu F. The use of ultrasound to enhance the decolorization of the C.I. Acid Orange 7 by zero-valent iron. *Dyes and Pigments*. 2005;65(1):39-43.
16. Shu HY, Chang MC. Decolorization and mineralization of a phthalocyanine dye C.I. Direct Blue 199 using  $UV/H_2O_2$  process. *Journal of Hazardous Materials*. 2005;125(1-3):96-101.
17. Çatalkaya EC, Şengül F. Application of Box–Wilson experimental design method for the photodegradation of bakery's yeast industry with  $UV/H_2O_2$  and  $UV/H_2O_2/Fe(II)$  process. *Journal of Hazardous Materials*. 2006;128(2-3):201-7.
18. Hu Q, Zhang C, Wang Z, Chen Y, Mao K, Zhang X, Xiong Y, Zhu M. Photodegradation of methyl tert-butyl ether (MTBE) by  $UV/H_2O_2$  and  $UV/TiO_2$ . *Journal of Hazardous Materials*. 2008;154(1-3):795–803.



19. Aleboyeh A, Kasiri MB, Olya ME, Aleboyeh H. Prediction of Azo Dye decolorization by UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> using artificial neural networks. *Dyes and Pigments*. 2008;77(2):288-94.
20. Wu C, Linden KG. Degradation and byproduct formation of parathionin aqueous solutions by UV and UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment. *Water Research*. 2008;42(19):4780-90.

## **Investigation the Zero-Valent Iron (ZVI) Performance in the Presence of UV light and Hydrogen Peroxide on Removal of Azo Dyes Acid Orange 7 and Reactive Black 5 from Aquatic Solutions**

**Mansur Zarrabi<sup>1</sup>, Ali Reza Rahmani<sup>2</sup>, Mohammad Reza Samarghandi<sup>2</sup>, \*Fatemeh Barjasteh Askary<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Department of Environmental Health, Faculty of Health, Alborz University of Medical Sciences, Alborz, Iran

<sup>2</sup>Department of Environmental Health, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

<sup>3</sup>Department of Environmental Health, Faculty of Health, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran

Received: 13 April 2012 ; Accepted: 11 July 2012

### **ABSTRACT**

**Background and Objectives:** Colored wastewaters are known as one of the most important sources of environmental pollutants. Having toxic chemicals and aesthetic problems has made treatment of these wastewaters very crucial. So far a number of methods such as electrochemical treatment, coagulation and flocculation, and adsorption have been used for treatment of textile industries wastewater. Hence, the efficiency of zero-valent iron powder in the presence of UV light and hydrogen peroxide to remove Acid Orange 7 and Reactive Black 5 from the synthetic solutions was investigated.

**Materials and Methods:** Conducting all experiments in a batch reactor, we examined different parameters including initial concentration of the color (25, 50, 75 mg/L), contact time (30, 60, 120 min), pH (3, 7, 11), the amount of iron powder (0.6, 1.3, 2 g/l), and hydrogen peroxide concentration (10, 15, 20 ml/l).

**Result:** The results showed that dye removal efficiency was increased by increasing contact time, the amount of iron powder and hydrogen peroxide concentration. On the other hand, with the increasing pH and initial concentration of dye, removal efficiency decreased in both AO7 and RB5 dyes.

**Conclusion:** We found that the integrated ZVI/UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> method has high efficiency in removing azo dyes Acid Orange 7 and Reactive Black 5.

**Keywords:** Zero-valent iron powder, Acid Orange 7, Reactive Black 5, Batch reactor, Hydrogen peroxide

---

\*Corresponding Author: [Fatemeh.Barjasteh@gmail.com](mailto:Fatemeh.Barjasteh@gmail.com)

Tel: +98 841 2235733 , Fax: +98 841 2235733