

بررسی حذف مواد رنگی آلی از فاضلابهای صنعتی با استفاده از سه روش UV/H₂O₂, UV/H₂O₂/Fe(II), UV/H₂O₂/Fe(III)

نظام‌الدین دانشور^۱ علیرضا ختانی^۲
محمد حسین رسولی‌فرد^۲ میر سعید سید دراجی^۳

(دریافت ۸۵/۷/۱۲ پذیرش ۸۵/۱۲/۳)

چکیده

فرآیندهای UV/H₂O₂/Fe(III)، UV/H₂O₂/Fe(II) و UV/H₂O₂ به علت دارا بودن سرعت بالا در حذف مواد آلاینده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند و می‌توان از آنها در تصفیه پسابهای کارخانه‌های رنگرزی استفاده نمود. در این تحقیق رنگ آلی ردآمین B به عنوان ماده رنگزای آلی نمونه انتخاب شده است. بیشترین استفاده از ردآمین B در تهیه لاکها، رنگرزی چرم و کاغذ می‌باشد. نتایج نشان داد که این ماده رنگزا در حضور آب اکسیژنه و تابش نور ماوراء بنفش (UV-C) حاصل از لامپ جیوه (۳۰ وات) و همچنین فرآیند فتوفتون قابل تجزیه می‌باشد. حذف ردآمین B در غیاب آب اکسیژنه و در اثر عمل فتولیز مستقیم کم بوده و در غیاب تابش نور UV بسیار ناچیز می‌باشد. در فرآیند UV/H₂O₂ عوامل مختلفی از جمله زمان تابش اشعه UV، مقدار H₂O₂ و غلظت اولیه رنگ، مورد بررسی قرار گرفتند. بررسی سینتیکی فرآیند UV/H₂O₂ نشان داد که نمودار نیمه لگاریتمی غلظت بر حسب زمان در این فرآیند تقریباً خطی می‌باشد که دلالت بر سینتیک درجه اول واکنش دارد. همچنین نتایج آزمایش‌ها نشان داد که فرآیندهای UV/H₂O₂/Fe(III) و UV/H₂O₂/Fe(II) در حذف آلاینده از قابلیت بالاتری نسبت به فرآیند UV/H₂O₂ برخوردار می‌باشند. به طوری که محلولی از ردآمین B با غلظت ۲۰ ppm در حضور ۱۸ mM پراکسید هیدروژن و تابش نور UV در مدت زمان ۱۵ دقیقه به صورت کامل رنگزدایی گردید. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که با افزایش ۱ mM Fe(II) یا Fe(III) به محلول حاوی ۲۰ ppm ماده رنگی و ۵ mM H₂O₂ تحت تابش نور UV مدت زمان حذف به ۱۰ دقیقه کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: فرآیندهای اکسایش پیشرفته، فرآیند فتوفتون، آب اکسیژنه، آبهای آلوده.

Removal of Organic Dyes from Industrial Wastewaters Using UV/H₂O₂, UV/H₂O₂/Fe (II), UV/H₂O₂/Fe (III) Processes

Nezamaddin Daneshvar¹ Alireza Khataee²
Mohammad Hossien Rasoulifard² Mirsaeed seyed Dorraji³

(Received Oct. 4, 2006 Accepted Feb. 22, 2007)

Abstract

UV/H₂O₂, UV/H₂O₂/Fe (II) and UV/H₂O₂/Fe (III) processes are very effective in removing pollutants from wastewater and can be used for treatment of dyestuff units wastewaters. In this study, Rhodamine B was used as a typical organic dye. Rhodamine B has found wide applications in wax, leather, and paper industries. The results from this study showed that this dye was degradable in the presence of hydrogen peroxide under UV-C irradiation (30W mercury light) and Photo-Fenton process. The dye was resistant to UV irradiation. In the absence of UV irradiation, the decolorization efficiency was very negligible in the presence of hydrogen. The

1- Professor of Applied Chemistry, University of Tabriz, nezam_daneshvar@yahoo.com
2- PhD Student of Applied Chemistry, University of Tabriz
3- M.Sc Student of Applied Chemistry, University of Tabriz

۱- استاد گروه شیمی کاربردی دانشگاه تبریز، nezam_daneshvar@yahoo.com
۲- دانشجوی دکتری شیمی کاربردی دانشگاه تبریز
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی کاربردی دانشگاه تبریز

effects of different system variables such as initial dye concentration, duration of UV irradiation, and initial hydrogen peroxide concentration were investigated in the UV/H₂O₂ process. Investigation of the kinetics of the UV/H₂O₂ process showed that the semi-log plot of the dye concentration versus time was linear, suggesting a first order reaction. It was found that Rhodamine B decolorization efficiencies in the UV/H₂O₂/Fe (II) and UV/H₂O₂/Fe (III) processes were higher than that in the UV/H₂O₂ process. Furthermore, a solution containing 20 ppm of Rhodamine B was decolorized in the presence 18 mM of H₂O₂ under UV irradiation for 15 minutes. It was also found that addition of 0.1 mM Fe(II) or Fe(III) to the solution containing 20 ppm of the dye and 5 mM H₂O₂ under UV light illumination decreased removal time to 10 min.

Keywords: Advanced Oxidation Processes, Photo-Fenton Process, Hydrogen Peroxide, Contaminated Water.

۱- مقدمه

در جهان سالانه بیش از ده هزار نوع مختلف از رنگهای سنتزی تولید می‌گردد که به صورت گسترده در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. صنایع رنگرزی نساجی یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان آب و تولیدکنندگان مقدار قابل توجهی پساب به شمار می‌روند. این پسابها حاوی مقادیر قابل توجهی از ترکیبات آلی رنگزا می‌باشند. وجود مواد رنگزای آلی در پسابهای صنعتی به علت جلوگیری از نفوذ نور به داخل آب و اختلال در عمل فتوسنتز، و اثرات سمی آنها صدمات جبران‌ناپذیری به محیط زیست وارد می‌نماید. از اینرو تصفیه پسابهای رنگی قبل از تخلیه آنها به محیط زیست، ضروری می‌باشد. روشهای معمول تصفیه فیزیکی و شیمیایی همانند ترسیب شیمیایی، انعقاد و جذب سطحی توسط کربن فعال، قادر به تخریب این مواد نبوده و فقط می‌توانند این ترکیبات را از یک فاز به فاز دیگر منتقل نمایند [۱ و ۲].

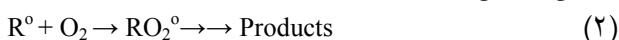
در سالهای اخیر استفاده از فرآیندهای اکسایش پیشرفته، رشد چشمگیری نموده است. به طور کلی فرآیندهای اکسایش پیشرفته در برگیرنده کلیه فرآیندهایی هستند که در آنها با روشهای مختلف، رادیکال‌های فعال هیدروکسیل تولید می‌شوند. با توجه به آن که رادیکال‌های هیدروکسیل قدرت اکسیدکنندگی بسیار بالایی دارند (E⁰=۲/۸ eV) باعث حذف کامل اکثر آلاینده‌ها به ویژه آلاینده‌های آلی می‌گردند. فرآیند UV/H₂O₂ شاخه‌ای از فناوری اکسایش پیشرفته به شمار می‌آید که در طول دهه گذشته به عنوان یک روش تصفیه، توسعه زیادی یافته است [۳]. در مقالات علمی، مکانیسم‌های مختلفی برای فرآیند فتو اکسایشی UV/H₂O₂ پیشنهاد شده است. مکانیسمی که امروزه مورد قبول می‌باشد و در بیشتر منابع نیز گزارش شده، شامل تولید رادیکال‌های فعال هیدروکسیل در اثر تابش نور UV به محلول حاوی H₂O₂ می‌باشد که در جدول ۱ نشان داده شده است [۴ و ۵]. واکنش‌های رادیکال‌های هیدروکسیل ایجاد شده در حضور یک سوبسترای آلی

ممکن است از نظر مکانیسم به سه گروه مختلف طبقه بندی شوند که در ادامه به آنها اشاره شده است.

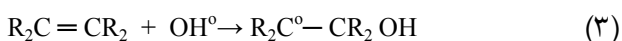
رادیکال‌های هیدروکسیل عمدتاً ترکیبات آلی را از طریق گرفتن هیدروژن به رادیکال‌های آلی تبدیل می‌نمایند

$$\text{OH}^\circ + \text{RH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{R}^\circ \quad (1)$$

این رادیکال‌های آلی در اثر واکنش با اکسیژن، رادیکال پراکسیل را ایجاد می‌کنند. حد واسط‌های رادیکالی حاصله، یک سری از واکنش‌های تخریبی زنجیری را آغاز می‌نمایند. به طوری که در نهایت منجر به تبدیل آلاینده آلی به دی اکسید کربن و سایر مواد بی‌ضرر می‌شوند



افزایش الکتروفیلی رادیکال هیدروکسیل به سیستم‌های π ترکیبات آلی، مکانیسمی دیگر برای تخریب اکسیداسیونی می‌باشد



همچنین رادیکال‌های هیدروکسیل می‌توانند در انتقال الکترون از سوبسترای آلی شرکت کرده و آنیون‌های هیدروکسیل را تشکیل دهند [۴ و ۵]



همچنین فرآیند فتوفنتون (UV/H₂O₂/Fe(II) و UV/H₂O₂/Fe(III)) که شامل پراکسید هیدروژن فعال شده با نمکهای آهن می‌باشد با تولید رادیکال‌های هیدروکسیل باعث حذف مواد آلاینده و تبدیل آنها به H₂O و CO₂ و سایر مواد بی‌ضرر می‌گردد [۶]. لازم به ذکر است، طی گزارشی که لی و همکارانش^۱ در مورد محصولات نهایی حاصل از تجزیه ردآمین B با استفاده از فرآیندهای اکسایش پیشرفته ارائه کرده‌اند، علاوه بر CO₂ و H₂O مقادیر جزئی از اسیدهای آلی نظیر اسید استیک، که به عنوان حد واسط در واکنش‌های تخریب ظاهر می‌شوند، با استفاده از دستگاه GC/MS قابل شناسایی هستند [۷]. در سیستم UV/H₂O₂/Fe(III).

¹ Lei et al.

جدول ۱- مکانیسم پیشنهادی برای فرآیند UV/H₂O₂

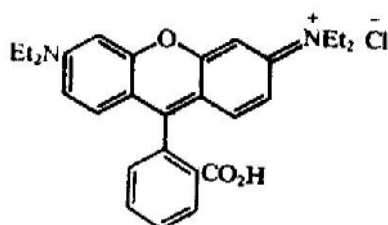
واکنش شیمیایی	ثابت سرعت (M ⁻¹ s ⁻¹)	مرحله
H ₂ O ₂ + hv → 2OH [°]		مرحله آغازین
H ₂ O ₂ + OH [°] → HO ₂ [°] + H ₂ O	۲/۷ × ۱۰ ^۷	مرحله انتشار
H ₂ O ₂ + OH [°] → O ₂ [°] + H ₂ O + H ⁺	۲/۷ × ۱۰ ^۷	
H ₂ O ₂ + HO ₂ [°] → OH [°] + H ₂ O + O ₂	۳/۰	
H ₂ O ₂ + O ₂ [°] → OH [°] + O ₂ + OH ⁻	۰/۱۳	
OH [°] + OH [°] → H ₂ O ₂	۵/۵ × ۱۰ ^۹	مرحله اختتام
OH [°] + HO ₂ [°] → H ₂ O + O ₂	۶/۶ × ۱۰ ^{۱۱}	
HO ₂ [°] + HO ₂ [°] → H ₂ O ₂ + O ₂	۸/۳ × ۱۰ ^۵	
OH [°] + O ₂ [°] → O ₂ + OH ⁻	۱/۰ × ۱۰ ^{۱۰}	
HO ₂ [°] + O ₂ [°] → HO ₂ ⁻ + O ₂	۹/۷ × ۱۰ ^۷	

غلظت اولیه رنگ، مقادیر مختلف Fe(III) و Fe(II) مورد مطالعه قرار گرفت.

۲- مواد و روشها

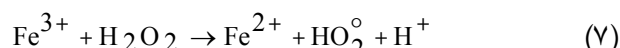
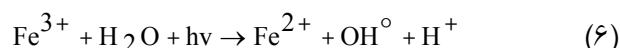
دستگاهها و مواد به کار برده شده در مراحل مختلف این بررسی عبارت بودند از: آب اکسیژنه (۳۰ درصد وزنی) از شرکت فلوکا^۱، رنگ ردآمین B به شماره Art 7599 از شرکت مرک آلمان (شکل ۱)، لامپ (۳۰ وات) UV ساخت شرکت فیلیپس^۲ (UV-C)، دستگاه اسپکتروفتومتر Shimadzu مدل ۱۲۰-۰۱، کلرید آهن (III) از شرکت مرک آلمان و سولفات آهن (II) از شرکت فلوکا.

کلیه کارهای عملی مربوط به این کار پژوهشی در یک سیستم فتو راکتور ناپیوسته انجام گردید (شکل ۲). وسایل به کار رفته در این سیستم فتو راکتور عبارتند از: محفظه، لامپ جیوه (۳۰ وات)، همزن مغناطیسی، جک آزمایشگاهی، لوله جریان هوا جهت سرد کردن لامپ و سیستم، بشر ۲۵۰ میلی لیتری به عنوان راکتور،

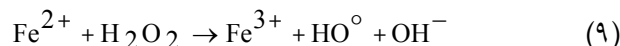


شکل ۱- ساختمان ردآمین B

رادیکالهای هیدروپراکسی و هیدروکسیل مطابق واکنشهای زیر تولید می گردند



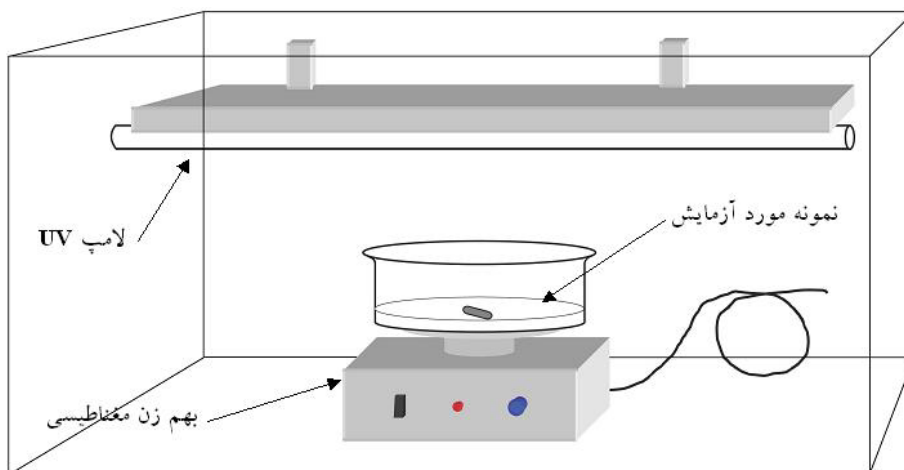
تولید رادیکالهای هیدروکسیل در سیستم UV/H₂O₂/Fe(II) مطابق واکنشهای زیر می باشد



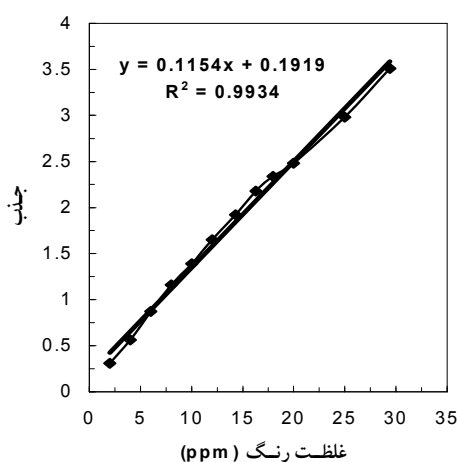
کارایی بالای این فرآیندها باعث شده که این روشها مورد توجه دانشمندان و محققان در زمینه تصفیه آب و پسابهای صنعتی قرار گیرد. مطالعات صورت گرفته نشان می دهد که فرآیند فتوفنتون در مقایسه با فرآیند UV/H₂O₂ و همچنین فرآیندهای فتوکاتالیزی نظیر UV/TiO₂ از راندمان بالایی برخوردار می باشد [۳، ۶ و ۸]. تحقیقات مختلفی در زمینه بررسی کارایی فرآیندهای UV/H₂O₂/Fe(III)، UV/H₂O₂/Fe(II) و UV/H₂O₂ در تصفیه پسابهای حاوی مواد رنگی و ترکیبات آلی سمی انجام گرفته است که می توان به بررسی کارایی فرآیند UV/H₂O₂ در تخریب فتواکسایشی ۴- نیترو فنل و اسید قرمز ۲۷ و بررسی کارایی فرآیندهای فتوفنتون در تخریب فنل اشاره کرد [۹، ۱۰ و ۱۱]. در کار پژوهشی حاضر فرآیندهای UV/H₂O₂/Fe(II)، UV/H₂O₂/Fe(III) برای تجزیه رنگ ردآمین B به عنوان ماده رنگزای آلی مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور تأثیر پارامترهای مختلف از جمله زمان تابش اشعه نور UV، مقدار H₂O₂

¹ Fluka

² Philips



شکل ۲- سیستم فتوراکتور مورد استفاده



شکل ۳- نمودار کالیبراسیون برای اندازه‌گیری غلظت رنگ ردآمین B در نمونه‌های مجهول در طول موج ۵۵۵ نانومتر

$$X = \frac{C_0 - C}{C_0} = 1 - \frac{C}{C_0} \quad (10)$$

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی نقش مؤثر تابش نور UV و محلول H_2O_2 در تجزیه ماده رنگی در فرآیند UV/H_2O_2
در این قسمت نقش مؤثر اشعه UV و محلول H_2O_2 به تنهایی و همزمان در فرآیند UV/H_2O_2 مورد بررسی قرار گرفت. به طوری که در شکل ۴ دیده می‌شود، زمانی که محلول رنگ حاوی H_2O_2 در تاریکی قرار گیرد، کسر تبدیل، X، بسیار ناچیز می‌باشد و موقعی که محلولی از رنگ بدون H_2O_2 در معرض تابش نور UV قرار می‌گیرد در نتیجه فرآیند فتولیز مستقیم کسر تبدیل، اندکی افزایش می‌یابد و هنگامی که محلولی از رنگ به همراه H_2O_2 در معرض تابش نور UV قرار می‌گیرد، درصد حذف به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. چنانچه در شکل ۴ مشاهده می‌شود در عرض ۱۰

دستگاه اسپکتروفوتومتر دو شعاعی به منظور اندازه‌گیری جذب نمونه‌ها و تعیین غلظت باقیمانده آلاینده بعد از زمان مورد نظر. به منظور اندازه‌گیری غلظت ماده رنگی در این پروژه از مشخصات جذبی آن در ناحیه UV-Vis استفاده شده است. بدین منظور در ابتدا جهت تعیین طول موج ماکسیمم، طیف جذبی محلولی از رنگ به غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر در محدوده ۸۵۰-۲۰۰ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر رسم شد. طیف جذبی محلول مذکور در ناحیه مرئی پیک جذبی در طول موج ۵۵۵ نانومتر نشان داد. پس از تعیین طول موج ماکسیمم، محلولهایی با غلظتهای متفاوت از رنگ ردآمین B تهیه و جذب آنها در طول موج ۵۵۵ نانومتر اندازه‌گیری و منحنی کالیبراسیون رسم گردید (شکل ۳). میزان حذف رنگ در طول آزمایش‌ها با محاسبه کسر تبدیل رنگ (X) بر اساس رابطه ۱۰ به دست آمد که در آن C_0 غلظت اولیه رنگ، C غلظت رنگ در هر لحظه و X کسر تبدیل رنگ می‌باشد

دقیقه بیش از ۹۵ درصد رنگ از محلول رنگی حذف می‌گردد. علت این امر در واقع مربوط به تولید رادیکال‌های هیدروکسیل در اثر فتولیز پراکسید هیدروژن تحت تابش نور UV می‌باشد [۹ و ۱۰].

۲-۳- بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف H_2O_2 در تجزیه رنگ با استفاده از فرآیند UV/H_2O_2

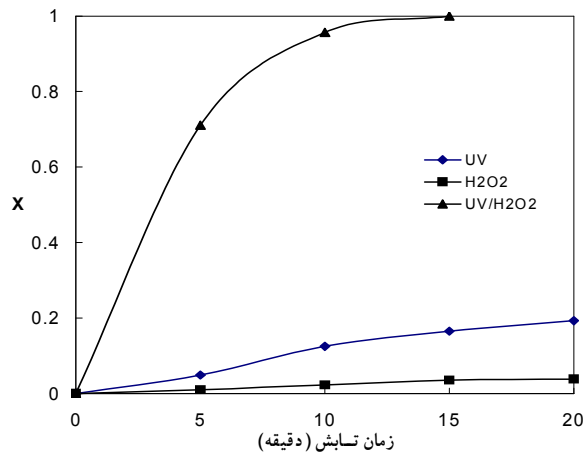
همان طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار H_2O_2 راندمان حذف نیز افزایش می‌یابد، به طوری که محلولی از ردآمین B به غلظت ۲۰ ppm در عرض ۱۵ دقیقه در حضور ۱۸ میلی‌مولار از H_2O_2 به صورت کامل حذف می‌گردد. همچنین با توجه به این شکل مشاهده می‌شود که افزایش غلظت H_2O_2 از یک حد معین، تأثیر چندانی در حذف رنگ نخواهد داشت و علت این امر مربوط به ترکیب دوباره رادیکال‌های هیدروکسیل می‌باشد. بنابراین مقدار بهینه پراکسید هیدروژن در فرآیند UV/H_2O_2 برای محلول فوق، ۱۸ میلی‌مولار می‌باشد [۹].

۳-۳- بررسی تأثیر غلظت‌های اولیه مختلف از رنگ در فرآیند UV/H_2O_2

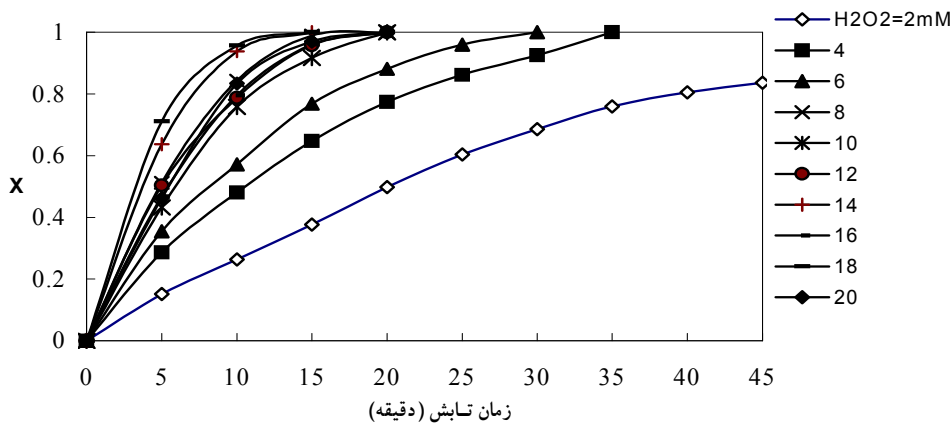
با توجه به شکل ۶ مشاهده می‌گردد که با ثابت ماندن مقدار H_2O_2 و سایر شرایط، با افزایش غلظت رنگ، میزان حذف رنگ به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد، علت این امر به این صورت توجیه می‌گردد که با وجود یکسان بودن تمام شرایط، مقدار رادیکال‌های هیدروکسیل تولید شده برای تمام نمونه‌ها برابر خواهد بود. بنابراین در نمونه‌هایی با غلظت کم از آلاینده، سرعت تجزیه بالا خواهد بود [۱۰].

۴-۳- بررسی حذف ماده رنگزا در اثر فرآیندهای $UV/H_2O_2/Fe(II)$ و $UV/H_2O_2/Fe(III)$

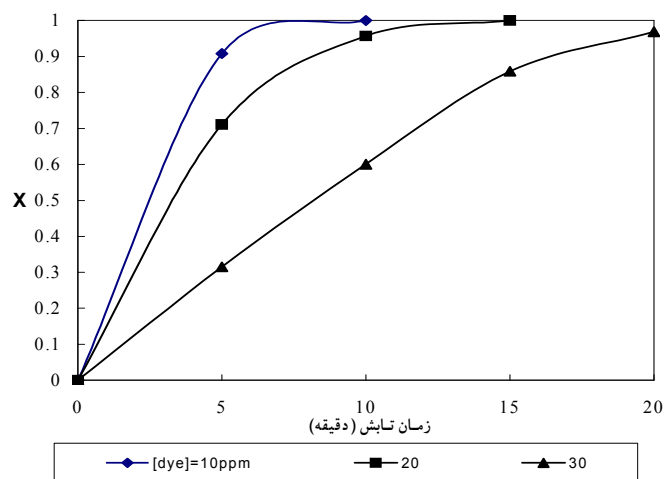
همان طور که در شکل‌های ۷ و ۸ مشاهده می‌شود، زمانی که محلول تحت تابش لامپ UV، فقط حاوی یون‌های $Fe(II)$ یا $Fe(III)$ باشد، کسر تبدیل، افزایش قابل توجهی نشان نمی‌دهد ولی زمانی که



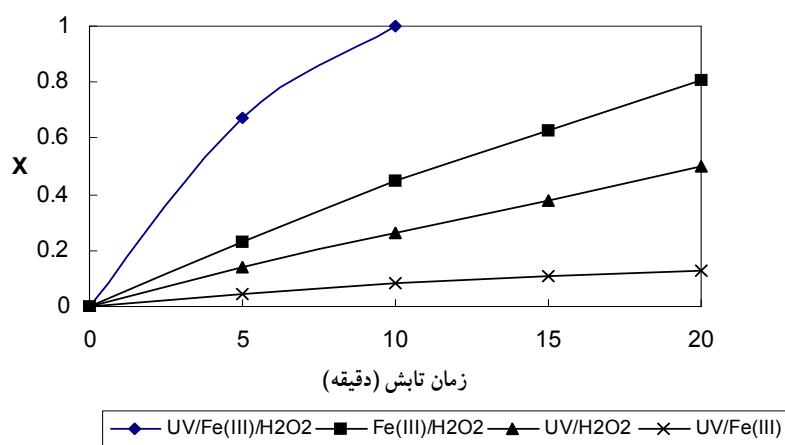
شکل ۴- نقش مؤثر اشعه UV و محلول H_2O_2 در تجزیه ردآمین B در فرآیند UV/H_2O_2
شرایط عمل: تحت همزدن مناسب، $[H_2O_2]_0 = 18 \text{ ppm}$ ، $[R]_0 = 20 \text{ ppm}$ (رنگ)



شکل ۵- اثر مقادیر مختلف H_2O_2 در میزان تجزیه ردآمین B در فرآیند UV/H_2O_2
شرایط عمل: تحت همزدن مناسب، $[R]_0 = 20 \text{ ppm}$ (رنگ)

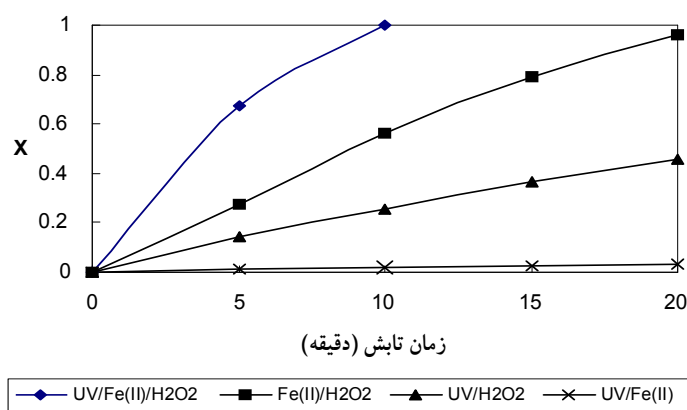


شکل ۶- اثر مقادیر مختلف ردآمین B در فرآیند UV/H₂O₂ شرایط عمل: تحت همزدن مناسب، [H₂O₂]₀=۱۸ mM



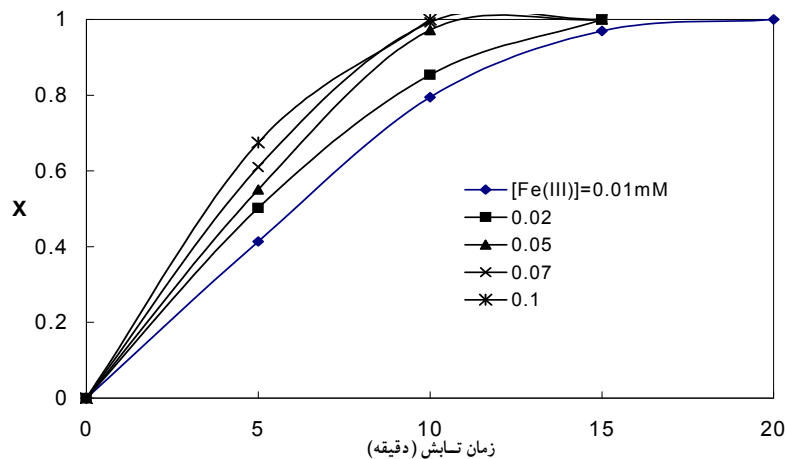
شکل ۷- نقش مؤثر تابش نور UV و محلولهای Fe(III) و H₂O₂ در تجزیه ردآمین B در فرآیند UV/H₂O₂/Fe(III)

شرایط عمل: تحت همزدن مناسب، [رنگ]₀=۲۰ ppm، [Fe(III)]₀=۰/۱ mM، [H₂O₂]₀=۵ mM



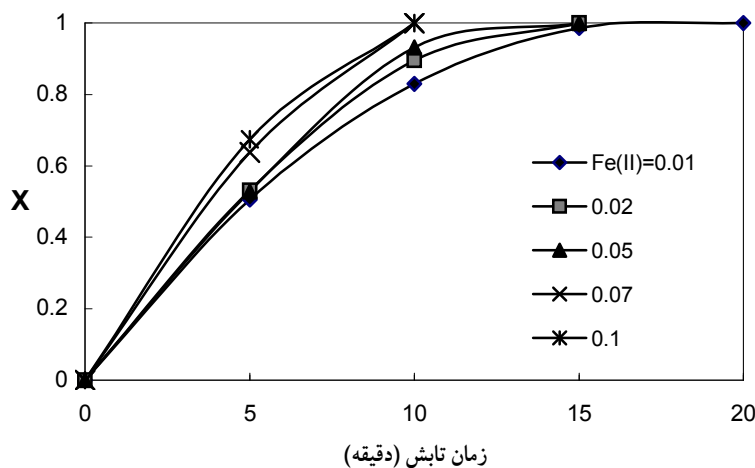
شکل ۸- نقش مؤثر تابش نور UV و محلولهای Fe(II) و H₂O₂ در تجزیه ردآمین B در فرآیند UV/H₂O₂/Fe(II)

شرایط عمل: تحت همزدن مناسب، [رنگ]₀=۲۰ ppm، [Fe(II)]₀=۰/۱ mM، [H₂O₂]₀=۵ mM



شکل ۹- اثر مقادیر مختلف Fe(III) در میزان تجزیه ردآمین B در فرآیند UV/H₂O₂/Fe(III)

شرایط عمل: تحت همزدن مناسب، [رنگ]₀ = ۲۰ ppm، [H₂O₂]₀ = ۵mM.



شکل ۱۰- اثر مقادیر مختلف Fe(II) در میزان تجزیه ردآمین B در فرآیند UV/H₂O₂/Fe(II)

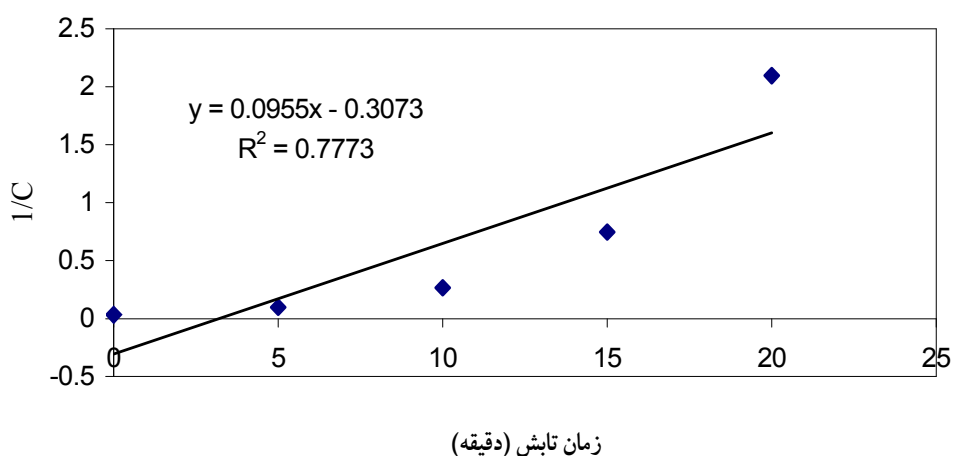
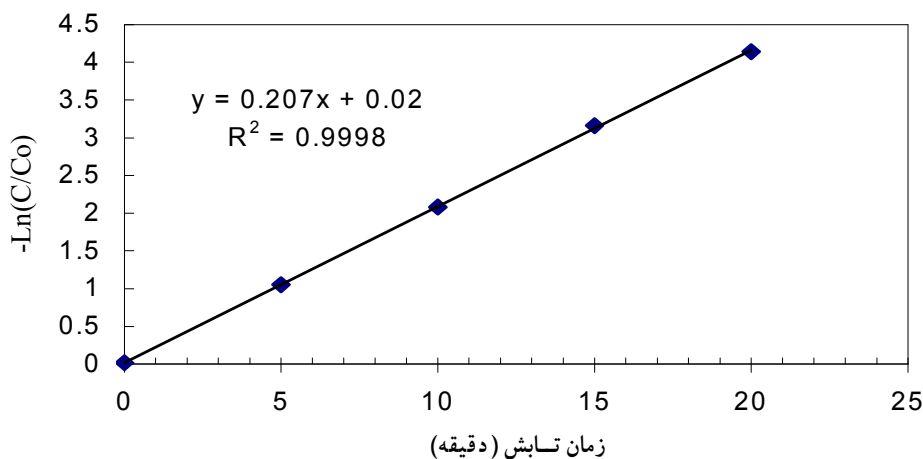
شرایط عمل: تحت همزدن مناسب، [رنگ]₀ = ۲۰ ppm، [H₂O₂]₀ = ۵mM.

افزایش می‌یابد، که در این حالت بعد از گذشت ۱۰ دقیقه در حضور ۰/۱ میلی‌مولار از Fe(II) رنگ به صورت کامل حذف می‌گردد. به طوری که مقدار بهینه Fe(II) برابر با ۰/۱ میلی‌مولار در فرآیند UV/H₂O₂/Fe(II) می‌باشد و در فرآیند UV/H₂O₂/Fe(III) با نظر گرفتن شرایط ثابت برای تمام نمونه‌ها کسر تبدیل ردآمین B با افزایش غلظت Fe(III) افزایش پیدا می‌نماید و مقدار بهینه Fe(III) نیز برابر ۰/۱ میلی‌مولار خواهد بود.

۳-۶- بررسی سینتیک فرآیند UV/H₂O₂ در حذف ماده رنگی آلی همان طور که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود، با توجه به خطی بودن تغییرات $-\ln(C/C_0)$ بر حسب زمان و همبستگی خطی بالای نمودار فوق نسبت به نمودار تغییرات بر حسب زمان، می‌توان

محللول رنگ حاوی H₂O₂ تحت تابش نور UV قرار می‌گیرد به دلیل تولید رادیکال‌های هیدروکسیل، کسر تبدیل افزایش می‌یابد. در نمونه‌ای که شامل H₂O₂ و Fe(II) باشد و در تاریکی قرار بگیرد، به علت انجام فرآیند فنتون و تولید رادیکال‌های هیدروکسیل در اثر فرآیند فنتون کسر تبدیل، افزایش پیدا می‌کند. بیشترین میزان حذف مربوط به فرآیندهای UV/H₂O₂/Fe(III) و UV/H₂O₂/Fe(II) می‌باشد. علت این امر مربوط به افزایش شدید تولید رادیکال‌های هیدروکسیل می‌باشد [۸ و ۶].

۳-۵- بررسی تأثیر مقادیر غلظتهای مختلف Fe(II) و Fe(III) در تجزیه رنگ در فرآیندهای UV/H₂O₂/Fe(III) و UV/H₂O₂/Fe(II) چنانچه در شکل‌های ۹ و ۱۰ مشاهده می‌شود با در نظر گرفتن شرایط ثابت برای تمام نمونه‌ها، با افزایش مقدار Fe(II) کسر تبدیل رنگ



شکل ۱۱- تعیین ثابت سرعت ظاهری تجزیه ماده رنگی در فرآیند UV/H₂O₂
 شرایط عمل: تحت همزدن مناسب، [رنگ]₀ = ۳۰ ppm، [H₂O₂]₀ = ۱۸ mM.

برای حذف ۲۰ ppm از رنگ، تحت تابش نور UV مقدار بهینه H₂O₂ برابر ۱۸ میلی مولار در فرآیند UV/H₂O₂ است. بررسی‌های سینتیکی نشان داد که فرآیند UV/H₂O₂ از سینتیک درجه اول تبعیت می‌کند. آزمایش‌ها نشان داد که با افزایش نمکهای آهن به فرآیند UV/H₂O₂، سرعت تجزیه رنگ به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. همچنین مقدار بهینه Fe(II) و Fe(III) برای ۲۰ ppm از رنگ در حضور ۵ میلی مولار از H₂O₂ برابر ۱/۰ میلی مولار می‌باشد.

۵- تشکر و قدردانی

مؤلفین از دانشگاه تبریز به خاطر پشتیبانی مالی و همچنین از شرکت الوان ثابت به خاطر ارسال نمونه‌های رنگ، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

نتیجه گرفت که معادله سرعت تجزیه رنگ در فرآیند UV/H₂O₂ از درجه یک پیروی می‌کند. مقدار ثابت سرعت ظاهری درجه اول تجزیه رنگ از روی شیب نمودار در محلولی حاوی ۳۰ ppm رنگ در حضور ۱۸ میلی مولار آب اکسیژنه برابر با ۰/۲۰۷ به دست آمد.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از آزمایش‌ها نشان می‌دهد که فرآیندهای UV/H₂O₂/Fe(III)، UV/H₂O₂/Fe(II) و UV/H₂O₂ قادر به حذف ماده رنگی ردآمین B از آبهای آلوده می‌باشند که این عمل در اثر تولید عوامل اکسید کننده نظیر رادیکال‌های هیدروکسیل اتفاق می‌افتد. میزان تجزیه رنگ تحت تأثیر مقدار H₂O₂، مقدار Fe(II)، مقدار Fe(III)، غلظت اولیه رنگ و مدت زمان تابش UV می‌باشد.

- 1- Daneshvar, N., Salari, D., and Khataee, A.R. (2003). "Photocatalytic degradation of azo dye acid red 14 in water: Investigation of the effect of operational parameters." *J. Photochem. Photobiol.*, 157, 111-116.
- 2- Daneshvar, N., Salari, D., and Khataee, A.R. (2004). "Photocatalytic degradation of azo dye acid red 14 in water on ZnO as an alternative catalyst to TiO₂." *J. Photochem. Photobiol.*, 162, 317-322.
- 3- Daneshvar, N., Salari, D., Niaei, A., and Khataee, A.R. (2006). "Photocatalytic degradation of the herbicide Erioglaucine in the presence of nanosized titanium dioxide: comparison and modeling of reaction kinetics." *J. Environmental Science and Health*, part B, 41, 1-18.
- 4- Crittenden, J.C., Hu, S., Hand, D.W., and Green, S.A. (1999). "A kinetic model for UV/H₂O₂ process in a completely mixed batch reactor." *Water Res.*, 33(10), 2315-2328.
- 5- De laat, J., and Gallard, H. (1999). "Comparative study of the oxidation of Atrazine and acetone by UV/H₂O₂, Fe(III)/UV, UV/ H₂O₂/Fe(III) and Fe(III) or Fe(II)/H₂O₂." *Chemosphere*, 39, 2693-2706.
- 6- Kusic, H., and Koprivanac, N. (2006). "Photo-assisted Fenton type process for dye degradation of phenol, a kinetic study." *J. Hazard. Mater.*, 136, 632-644.
- 7- Lei, P., Chen, C., and Yang, J. (2005). "Degradation of dye pollutants by immobilized polyoxometalate with H₂O₂ under visible-light irradiation." *Environ. Sci. Technol.*, 39, 8466-8474.
- 8- Chen, F., Xie, Y., and He, J. (2001). "Photo-Fenton degradation of dye in methanolic solution under both UV and visible irradiation." *J. Photochem. Photobiol.*, 138, 139-146.
- 9- Daneshvar, N., Rabbani, M., Modirshahla, N., and Behnajady, M.A. (2004). "Critical effect of hydrogen peroxide concentration in photochemical oxidative degradation of C.I. Acid Red 27 (AR27)." *Chemosphere*, 56, 895-900.
- 10- Daneshvar, N., Behnajady, M.A., and Zorriyeh Asghar, Y. (2006). "Photooxidative degradation of 4-nitrophenol (4-NP) in UV/H₂O₂ process: Influence of operational parameters and reaction mechanism." *J. Hazard. Mater.*, in press.
- 11- Kang, N., and Lee, D.S. (2002). "Kinetic modeling of Fenton oxidation of phenol and monochlorophenol." *Chemosphere*, 47, 915-924.