

نوراکسایش پساب رنگینه‌های پراکنده با ساختارهای مختلف به کمک فرایند UV/H₂O₂

Photo-oxidation of Disperse Dyes Wastewaters with Various Structures by UV/H₂O₂ Process

نفیسه هدایتی، حمیده نجفی، محمد خواجه مهریزی*، سید منصور بیدکی

یزد، دانشگاه یزد، دانشکده مهندسی نساجی، صندوق پستی ۷۴۱-۸۹۱۹۵

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۴/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۸/۲۷

چکیده

فرایند UV/H₂O₂ در رنگبری پساب کارخانه‌های نساجی استفاده شده است. در این پژوهش، رنگبری دو رنگینه پراکنده یکی با ساختار آزو (DR1، Red1) و دیگری با ساختار آنتراکینون (DB56، Blue56) با استفاده از فرایند اکسایش UV/H₂O₂ بررسی شد. برای به‌دست‌آوردن شرایط عملکرد بهینه و مؤثر در این روش اثر عوامل مؤثر شامل غلظت هیدروژن پراکسید، غلظت رنگزا، pH و نیز مقدار فاصله محلول رنگزا تا لامپ UV بررسی شده است. همچنین، کارایی این روش برای حذف رنگینه‌های DR1 و DB56 با مصرف ۳۴ mL/L هیدروژن پراکسید، برای غلظت ۱۰۰ mg/L رنگینه در پساب به ترتیب به مقدار ۵۸ و ۲۶٪ ارزیابی شد. نتایج تغییر pH در محلول‌های رنگینه نشان داد، با افزایش قدرت اسیدی بازده رنگبری به‌ویژه برای رنگینه DR1 افزایش می‌یابد. افزون بر این، با کاهش فاصله محلول رنگزا تا لامپ UV، مقدار رنگبری برای رنگینه DR1 با ساختار آزو به‌طور محسوسی بهبود می‌یابد. نتایج آزمون‌ها نشان داد، روش نوراکسایش روشی نسبتاً مؤثر برای حذف رنگینه‌های پراکنده از پساب است.

مقدمه

آن‌ها در پساب حمام‌های رنگرزی باقی می‌ماند و باعث آلودگی محیط زیست می‌شود. مطالعه در زمینه حذف مواد آلاینده از پساب‌های کارخانه‌های نساجی، به دلیل پیچیدگی و وجود طیف گسترده‌ای از مواد رنگزا، مواد افزودنی و شوینده‌ها مشکل است.

روش‌های مختلفی برای حذف مواد رنگزای آلی از پساب ارائه شده که بسیاری از آن‌ها فقط در مقیاس آزمایشگاهی انجام‌شدنی هستند و عملی کردن آنها در مقیاس صنعتی به دلیل مقرون به صرفه نبودن یا مشکلات متعدد فنی امکان‌پذیر نیست [۲،۳].

برای تصفیه پساب‌های حاوی مواد رنگزا، سه روش مختلف فیزیکی (مواد جاذب، اسمز معکوس و صاف کردن)، شیمیایی (اکسایش، کاهش و تبادل یونی) و

تولید سالیانه مواد رنگزا در جهان حدود هفت هزار تن و شامل دسته‌های مختلف مواد رنگزا از لحاظ کاربردی و ساختار شیمیایی است. این مواد برحسب ساختار شیمیایی به گروه‌های مختلف آزو، آنتراکینون، زانتن، آکریدین، فلاوین و... و از لحاظ کاربردی به انواع واکنش‌پذیر، اسیدی، خمی، مستقیم و... دسته‌بندی می‌شوند [۱]. از موارد مهم مصرف مواد رنگزا در صنعت نساجی است. حدود ۷۵٪ مواد رنگزای تولید شده در جهان در رنگرزی کالاهای نساجی، چرم و کاغذ به‌کار می‌روند. بدیهی است، هنگامی که این مواد رنگزا برای رنگ کردن کالای نساجی استفاده می‌شوند، مقداری از

کلمات کلیدی

فرایند نوراکسایش UV/H₂O₂، رنگینه پراکنده، رنگبری، پساب

* مسئول مکاتبات، پیام نگار: mkhajeh@yazd.ac.ir

بسیاری از پژوهشگران فرایند اکسایش پیشرفته را برای رنگبری پساب‌های مختلف استفاده کرده‌اند.

دانشور و همکاران اثر بحرانی غلظت هیدروژن پراکسید را در تخریب رنگینه اسید قرمز ۲۷ در فرایند UV/H_2O_2 بررسی کرده‌اند. نتایج پژوهش آنها نشان داد، ثابت سرعت واکنش در فرایند رنگبری، تابع غلظت هیدروژن پراکسید است و معادله ریاضی را برای آن پیش‌بینی کردند [۱۱]. همچنین بهنژادی و همکاران سینتیک رنگبری رنگینه‌های آزو را با استفاده از فرایندهای UV/H_2O_2 و UV به تنهایی بررسی کردند.

نتایج نشان داد، سینتیک هر دو فرایند اکسایش از مرتبه شبه‌اول پیروی می‌کند [۱۲]. Namato و همکاران رنگبری رنگینه آزو پراکنده قرمز ۳۵۴ را با روش‌های مختلف اکسایش از جمله UV/H_2O_2 مطالعه کرده‌اند، نتایج حاکی از رضایت‌مندی از روش مزبور برای این نوع رنگینه‌ها در کنار سایر روش‌های اکسایش مانند Fenton بوده است [۱۳]. Kim و همکاران در دو پژوهش مجزا، رنگبری رنگینه‌های پراکنده را با کلرید آهن و همچنین انعقاد الکتریکی انجام دادند که در هر دو روش استفاده شده، رنگبری پساب‌ها با بازده مطلوبی انجام شد [۱۴، ۱۵]. در مطالعه دیگری Merzouk و همکاران نیز به‌طور مقایسه‌ای روش انعقاد شیمیایی و انعقاد الکتریکی پیوسته را در حذف رنگینه پراکنده موجود در پساب بررسی کرده‌اند [۱۶].

همان‌طور که اشاره شد، مقالات متعددی در زمینه استفاده از فرایند UV/H_2O_2 در رنگبری پساب‌های حاوی مواد رنگزا وجود دارد که هریک شرایط بهینه‌ای را برای رنگبری رنگینه‌های مختلف بررسی کرده‌اند. اما به‌نظر می‌رسد، به‌کارگیری فرایند اکسایش پیشرفته باعث می‌شود تا بتوان اطلاعات کامل‌تر و دقیق‌تری را درباره به‌کارگیری صنعتی فرایند مزبور به‌دست آورد. هدف از پژوهش حاضر، بررسی مقدار رنگبری پساب حاوی رنگینه‌های پراکنده Red1 و Blue56 با ساختارهای مختلف پرکاربرد (آزو و آنتراکینون) به روش UV/H_2O_2 است. بدین منظور اثر عوامل مؤثر مانند غلظت رنگزا، غلظت هیدروژن پراکسید، pH و فاصله محلول رنگزا از سطح لامپ UV بحث و بررسی شده است.

تجربی

مواد و دستگاه‌ها

ساختار شیمیایی رنگینه‌های پراکنده استفاده شده برای حذف در پساب در شکل ۱ نشان داده شده است. در آزمون‌های انجام شده نوع تجارتي این رنگینه‌ها به‌کار گرفته شد. از هیدروژن پراکسید ۳۳٪ وزنی و سولفوریک اسید غلیظ Merck برای تهیه محلول‌های مورد نیاز استفاده شده است.

برای اندازه‌گیری غلظت رنگینه باقی‌مانده در پساب، محلول‌های حاوی غلظت مشخص و معلوم ماده رنگزا پس از قرارگرفتن در معرض تابش لامپ فرابنفش با قدرت ۲۴۰ W، در فواصل زمانی مشخص در دستگاه

زیستی (عملیات هوازی و بی‌هوازی) وجود دارد. از جمله روش‌های پرکاربرد تصفیه شیمیایی، فرایند اکسایش پیشرفته است. در روش‌های اکسایش پیشرفته، رادیکال بسیار فعال هیدروکسیل به شکل بسیار مؤثر و به‌طور غیرگزینشی به آلودگی‌های اکسیدشدنی حمله می‌کند و آن‌ها را از بین می‌برد [۴، ۵].

با توجه به اینکه رادیکال هیدروکسیل قدرت اکسیدکنندگی بسیار زیادی دارد ($E^{\circ}=2/8 \text{ eV}$)، می‌تواند باعث حذف کامل بیشتر آلاینده‌ها به‌ویژه آلاینده‌های آلی شود. روش حذف پساب به کمک فرایند UV/H_2O_2 در طول دهه گذشته توسعه بسیار زیادی یافته است [۶]. این روش، فنی مؤثر برای تصفیه آب از مواد آلاینده سمی و خطرناک فاضلاب‌های رنگی است. مزیت این فرایند نبود مشکلات پس از تصفیه از جمله تشکیل رسوب زیاد و ممانعت از بازگشت ترکیبات آلوده‌کننده به سامانه است.

همچنین کاربرد این سامانه در صنعت، فضای محدودی را اشغال می‌کند و چون به‌طور خودکار در فضای بسته انجام می‌شود، از انتشار پرتوهای فرابنفش در اتمسفر جلوگیری می‌شود.

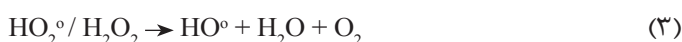
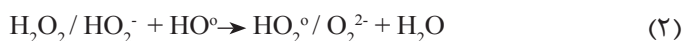
این موضوع مانع از آسیب رسیدن به بدن انسان می‌شود و معمولاً در طول مدتی که رنگینه تصفیه می‌کند، به‌طور هم‌زمان مواد آلوده موجود در فاضلاب تجزیه و حذف می‌شوند [۷].

سازوکارهای مختلفی در فرایند UV/H_2O_2 برای رنگبری پساب‌ها پیشنهاد شده اما آنچه که امروزه بیشتر گزارش شده و مورد قبول است، شامل تولید رادیکال‌های فعال هیدروکسیل در اثر تابش پرتوهای فرابنفش به محلول حاوی هیدروژن پراکسید است که مراحل آن در طرح ۱ آمده است [۸-۱۰].

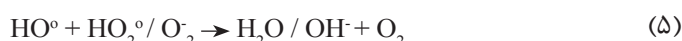
مرحله آغاز



مرحله انتشار



مرحله اختتام



طرح ۱- سازوکار رنگبری پساب‌ها به کمک فرایند UV/H_2O_2 .

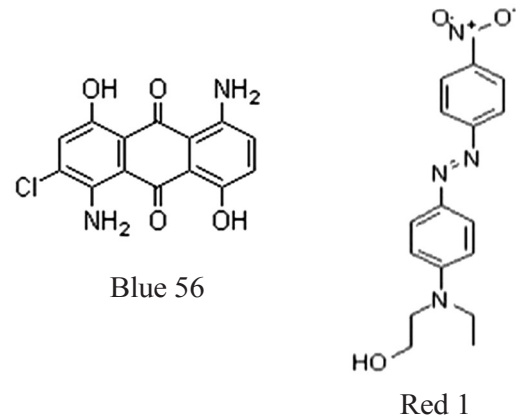
نتایج و بحث

اثر غلظت رنگزا و هیدروژن پراکسید

نمودار جذب پساب دارای غلظت‌های مختلف هیدروژن پراکسید در غلظت‌های متفاوت اولیه رنگینه در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، در هیچ یک از محلول‌های دارای غلظت‌های مختلف ماده رنگزا از $100-10 \text{ mg/L}$ تابش UV به تنهائی قابلیت تخریب مواد رنگزای پراکنده را در درون محلول ندارد. هنگامی که هیدروژن پراکسید به محلول رنگزا اضافه می‌شود، بازده رنگبری به مقدار قابل توجهی افزایش می‌یابد، به طوری که هر چه مقدار غلظت هیدروژن پراکسید زیاد می‌شود، جذب پرتو به وسیله پساب رنگزا کمتر می‌شود که این موضوع حاکی از مؤثر بودن استفاده از هیدروژن پراکسید به همراه پرتو فرابنفش در رنگبری رنگینه پراکنده است. علت این مسئله در واقع مربوط به تولید رادیکال‌های هیدروکسیل در اثر تابش پرتو فرابنفش است [۱۱]. همان‌طور که در شکل ۲ نیز مشخص است، ساختار شیمیایی رنگزا در مقدار رنگبری پساب‌های محتوی این رنگینه‌ها مؤثر بوده است. در مقایسه دو رنگینه DR1 و DB56 با ساختارهای متفاوت آزو و آنتراکینون، رنگینه DR1 با ساختار آزو از قابلیت رنگبری بیشتری برخوردار است.

اثر اضافه کردن هیدروژن پراکسید برای از بین بردن رنگینه پراکنده به روش نورشیمیایی در شکل ۲ نشان داده شده است. طبق این شکل در زمان $90-0 \text{ min}$ در pH خنثی با افزودن مقادیر $0.08/5$ ، 0.17 و 34 mmol/L هیدروژن پراکسید برای حذف رنگینه پراکنده، با افزایش غلظت هیدروژن پراکسید مقدار حذف افزایش می‌یابد، به طوری که برای محلول رنگینه با غلظت 100 mg/L با مصرف 0.17 ، 34 mmol/L هیدروژن پراکسید مقدار حذف رنگینه برای DR1 به ترتیب 27 ، 45 و 58% و برای رنگینه DB56 به ترتیب 6 ، 15 و 25% حاصل شد. با توجه به اینکه با افزایش مقدار مصرف هیدروژن پراکسید در معرض پرتو فرابنفش در غلظت ثابت رنگینه، مقدار تولید رادیکال هیدروکسیل افزایش می‌یابد، سرعت و بازده رنگبری پساب نیز افزایش می‌یابد.

همچنین در شکل ۳ مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت محلول رنگینه به بیش از 100 mg/L حتی با وجود 34 mmol/L هیدروژن پراکسید مقدار تخریب رنگینه کم است، به طوری که برای محلول رنگینه با غلظت 100 و 200 mg/L و استفاده از 17 mmol/L هیدروژن پراکسید مقدار رنگبری برای رنگینه DR1 از 45 به 23% و برای رنگینه DB56 از 15 به $4/8\%$ کاهش می‌یابد. نتایج در شکل ۴ نشان می‌دهد، با افزایش غلظت رنگینه و ثابت ماندن مقدار هیدروژن پراکسید، مقدار حذف رنگزا به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. در این حالت با وجود یکسان بودن تمام شرایط، مقدار رادیکال‌های هیدروکسیل تولید شده برای همه محلول‌ها برابرند. بنابراین، در نمونه‌های با غلظت کم از آلاینده، سرعت تجزیه بیشتر است [۱۷]. همچنین در فرایند اکسایش پیشرفته، با افزایش غلظت ماده رنگزا، مواد واسطه متعددی از تجزیه و تخریب ساختار شیمیایی ماده رنگزا ایجاد می‌شوند که می‌تواند در فرایند اکسایش اختلال ایجاد کنند. به همین دلیل، زمان لازم برای حذف کامل رنگینه از محلول‌های محتوی



Blue 56

Red 1

شکل ۱- ساختار رنگینه‌های پراکنده استفاده شده.

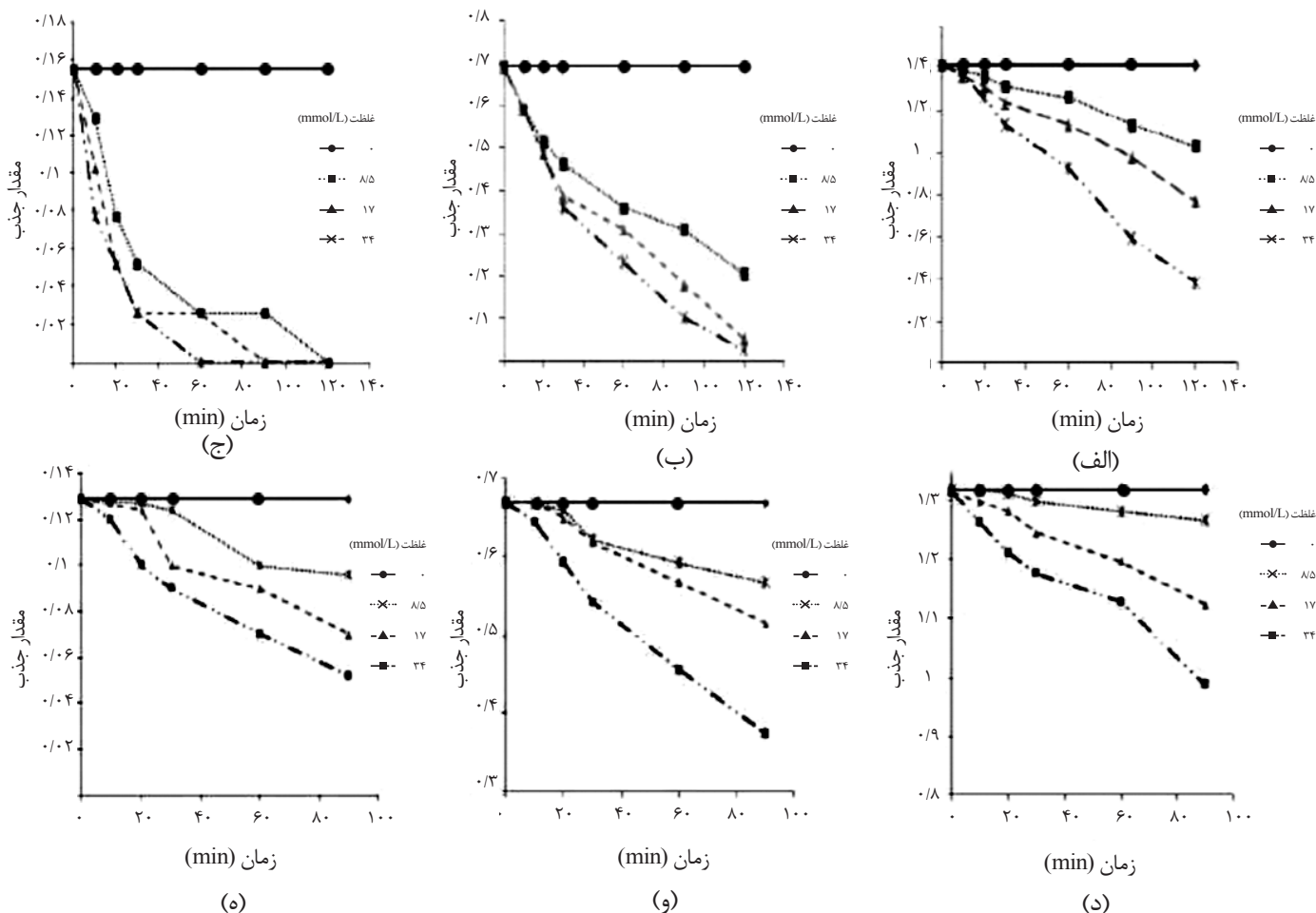
طیف نورسنج عبوری اسپکترومیک ۲۱ ساخت شرکت Milton-Roy قرار گرفتند و مقدار جذب محلول‌ها در بیشینه طول موج جذب نور مرئی اندازه‌گیری شد. پس از آن، به کمک منحنی کالیبره رسم شده با غلظت‌های معلوم رنگزا، غلظت ماده رنگزای باقی‌مانده در محلول پس از پرتو دهی با UV ارزیابی شد.

شایان ذکر است، به دلیل احتمال وجود تجمع‌های رنگی به سبب کامل نبودن انحلال پذیری رنگینه‌های پراکنده در آب و برای به حداقل رساندن مقدار خطای محاسباتی با استفاده از قانون بیر و لامبرت، نمونه محلول‌های از پیش آماده شده به عنوان پساب پیش از پرتو دهی با پرتو فرابنفش، به مدت 8 h داخل حمام فراصوت قرار گرفته و سپس از کاغذ صافی 0.45 میکرون عبور داده شدند. در ضمن، دقت محاسبه غلظت محلول‌های مجهول با استفاده از منحنی کالیبره تهیه شده از محلول‌های ماده رنگزا در آب اندازه‌گیری شد.

با توجه به نزدیکی مقادیر به دست آمده در محلول‌های آبی با مقادیر غلظت به دست آمده در حالت استفاده از حلال آلی برای تهیه محلول‌های ماده رنگزا و برای حفظ ماهیت محلول‌های واقعی پساب که همگی به حالت آبی‌اند، سنجش مقدار جذب نور مرئی در محلول‌های آماده‌سازی شده رنگزا در آب برای محاسبه مقدار غلظت باقی‌مانده ماده رنگزا استفاده شد. شایان ذکر است، تمام مقادیر به دست آمده فقط به طور مقایسه‌ای بین نمونه‌های به کار گرفته شده در این پژوهش مورد استناد قرار گرفته‌اند.

روش‌ها

فرایند رنگبری رنگینه‌های پراکنده DR1 و DB56 با استفاده از فرایند $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2$ در دمای محیط انجام شد. حجم محلول در تمام آزمون‌ها 50 mL در نظر گرفته شد و غلظت اولیه ماده رنگزا در تمام آزمون‌ها بجز بررسی اثر غلظت، 100 mg/L بود. واکنش رنگبری با افزودن هیدروژن پراکسید به محلول و قراردادن آن در معرض پرتو UV آغاز شد. نمونه‌برداری از محلول در فواصل زمانی $10-120 \text{ min}$ انجام و جذب محلول‌ها در بیشینه طول موج ماده رنگزا ارزیابی شد (بیشینه طول موج جذب برای DR1 و DB56 به ترتیب 482 و 510 nm بود).



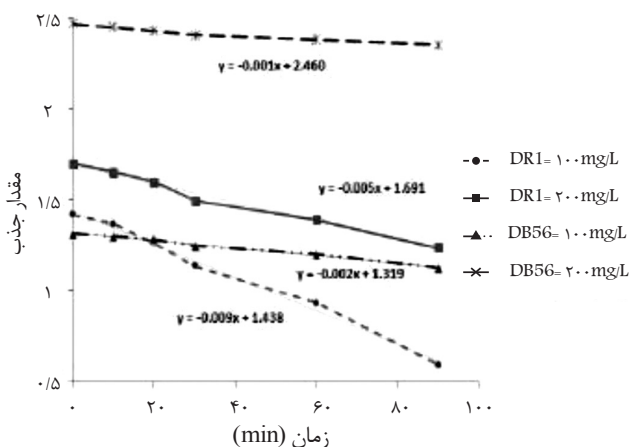
شکل ۲- تغییرات جذب پساب رنگزا با غلظت‌های مختلف هیدروژن پراکسید در محلول‌هایی با غلظت اولیه رنگینه DR1: (الف) ۱۰۰ mg/L، (ب) ۵۰ mg/L و (ج) ۱۰ mg/L و رنگینه DB56: (د) ۱۰۰ mg/L، (و) ۵۰ mg/L و (ه) ۱۰ mg/L.

محیط تقریباً خنثی (pH=۶/۵) و محیط قلیایی (pH=۸) برای غلظت‌های مختلف هیدروژن پراکسید و رنگینه‌ها نیز انجام شد.

غلظت‌های اولیه بیشتر ماده رنگزا طولانی‌تر می‌شود [۱۸]. بنابراین، با توجه به کاهش سرعت رنگبری در غلظت‌های بیش از ۱۰۰ mg/L رنگینه در شکل ۴، در ادامه مراحل پژوهش آزمون‌ها روی محلول‌های دارای غلظت ۱۰۰ mg/L رنگزا انجام شده است.

اثر ساختار شیمیایی رنگزا

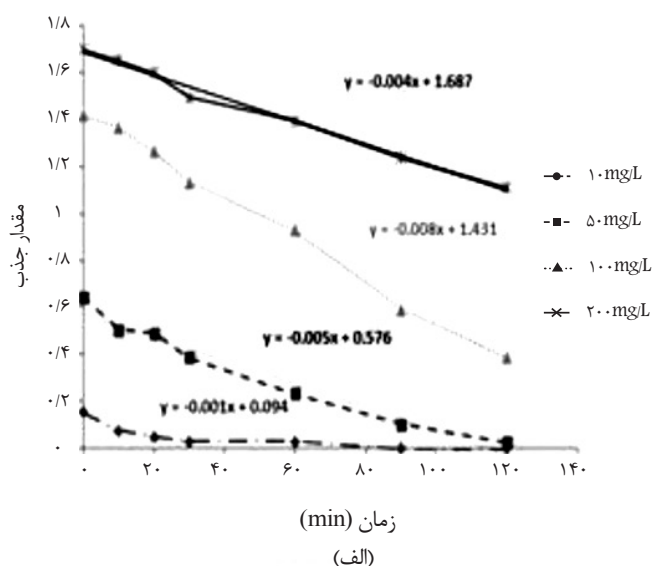
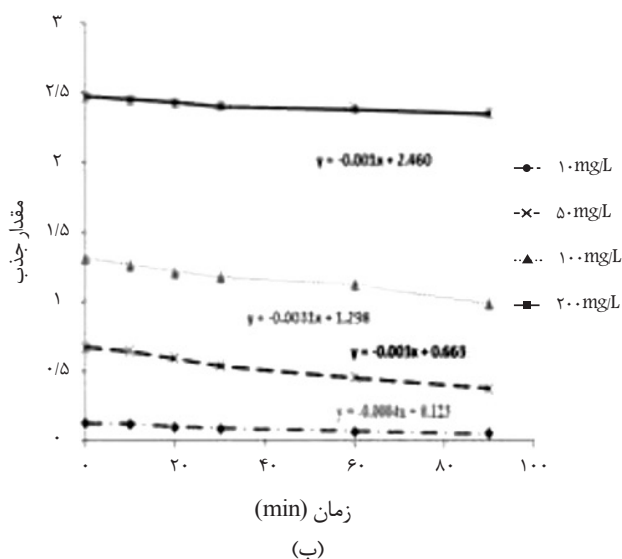
مقدار تخریب محلول‌های حاوی دو رنگزا با غلظت ۱۰۰ mg/L و هیدروژن پراکسید با غلظت ۳۴ mmol/L مقایسه شده و در شکل ۵ آمده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد، مقدار رنگبری در غلظت رنگزای به کار رفته برای رنگینه‌های DR1 و DB56 به ترتیب ۵۸٪ و ۲۵٪ است. این نتیجه حاکی از پایداری بیشتر رنگینه‌های با ساختار آنتراکینون نسبت به آزو در برابر فرایندهای اکسایش است، به عبارت دیگر، ساختار رنگ‌ساز رنگینه‌های آزو به گونه‌ای است که نسبت به تخریب و تجزیه در برابر یون هیدروکسیل مستعدترند.



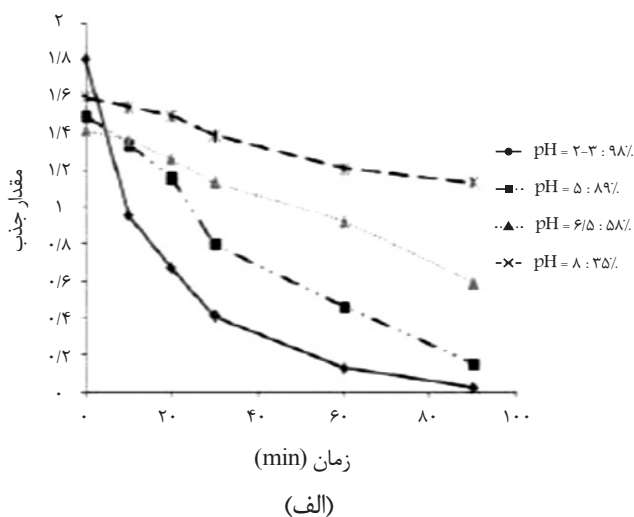
شکل ۳- اثر غلظت رنگزا بر رنگبری پساب در غلظت ۱۷ mmol/L هیدروژن پراکسید و pH برابر ۶/۵.

تخریب محلول‌های حاوی دو رنگزا در محیط اسیدی (۵ و ۳-۲ pH)،

اثر pH

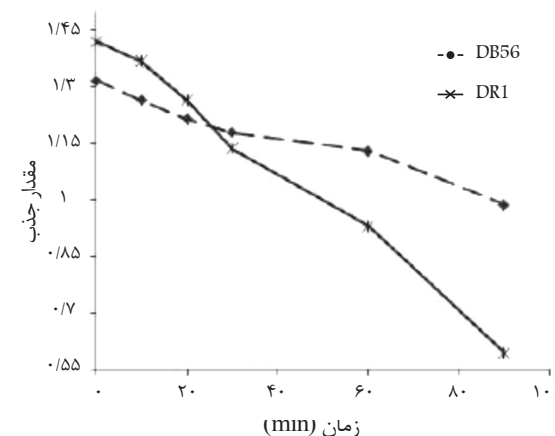
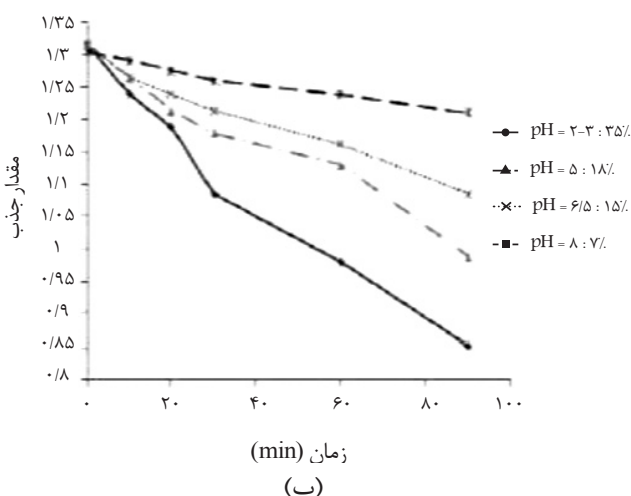


شکل ۴- اثر غلظت رنگزا بر رنگبری پساب در غلظت ۳۴ mmol/L هیدروژن پراکسید و pH برابر ۶/۵: (الف) DR1 و (ب) DB56.



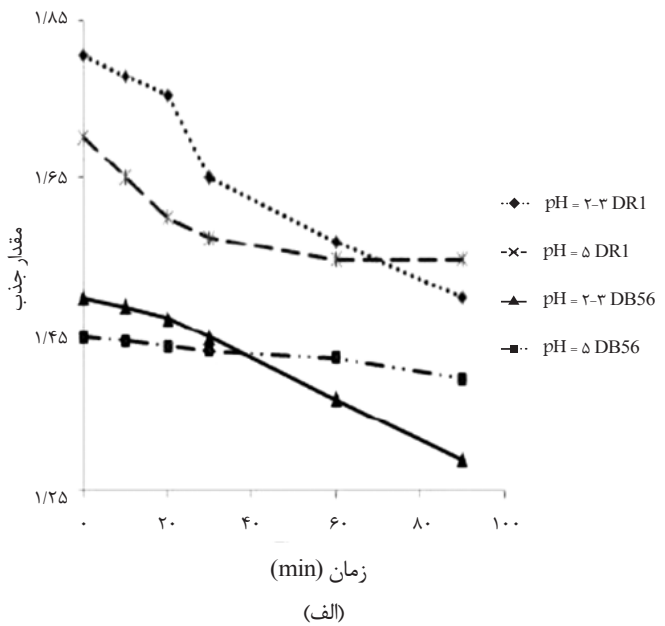
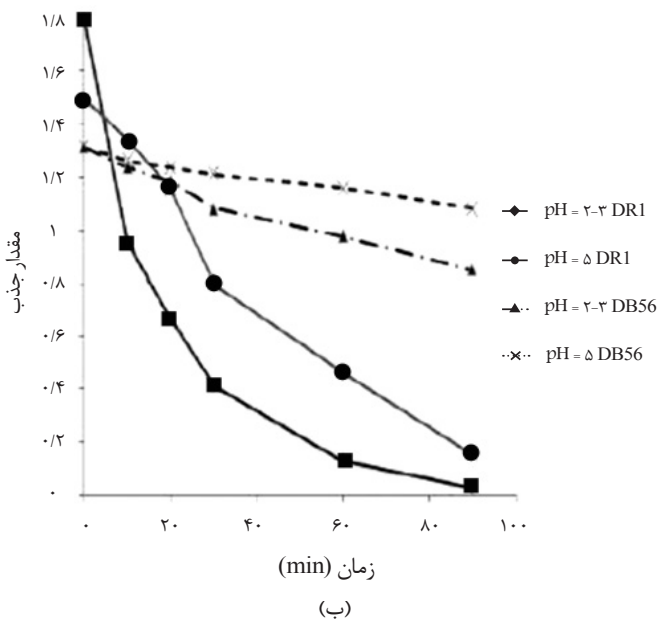
همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، بهترین نتیجه در محیط اسیدی قوی (pH=۲-۳) و ضعیف‌ترین نتیجه در محیط قلیایی (pH=۸) به دست آمد. بنابراین همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، افزایش غلظت هیدروژن پراکسید از حد معینی، اثر چندانی بر حذف رنگینه ندارد. علت این موضوع مربوط به ترکیب دوباره رادیکال‌های هیدروکسیل است [۱۹]. همچنین، در محلول رنگینه DR1 با غلظت ۱۰۰ mg/L و غلظت ۳۴ mmol/L هیدروژن پراکسید با افزایش pH از ۲-۳ به ۵ مقدار رنگبری از ۹۸ به ۸۹٪، برای محلول رنگینه DB56 مقدار حذف رنگینه از ۳۵ به ۱۸٪ کاهش یافته است (شکل ۷).

در محیط قلیایی هیدروژن پراکسید هیدروژن‌زدایی شده و H_2O_2/HO_2^- به تعادل می‌رسد که HO_2^- مولکول H_2O_2 را به سمت تولید آب به جای تشکیل رادیکال هیدروکسیل هدایت می‌کند. بنابراین، در اثر تابش UV غلظت OH^\bullet کم می‌شود.



شکل ۶- اثر pH بر رنگبری پساب محلول دو رنگزا با غلظت ۱۰۰ mg/L و هیدروژن پراکسید با غلظت ۳۴ mmol/L: (الف) DR1 و (ب) DB56.

شکل ۵- اثر ساختار شیمیایی رنگزا بر رنگبری پساب در غلظت ۳۴ mmol/L هیدروژن پراکسید



شکل ۷- اثر pH اسیدی بر رنگبری پساب برای دو رنگزا در غلظت 100 mg/L و غلظت‌های مختلف هیدروژن پراکسید: (الف) 0 mmol/L و (ب) 34 mol/L .

رادیکال هیدروکسیل در بی‌رنگ کردن رنگینه مؤثرند.



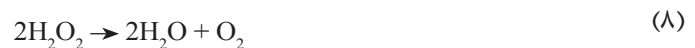
اثر مقدار فاصله محلول رنگزا از سطح لامپ UV

اثر فاصله محلول رنگزا از سطح لامپ UV بر رنگبری پساب در غلظت‌های مختلف هیدروژن پراکسید بررسی و در شکل ۸ ارائه شده است. نتایج این شکل نشان می‌دهد، برای رنگزا با غلظت 100 mg/L به همراه 34 mmol/L هیدروژن پراکسید، با تغییر فاصله از 8 cm به 4 cm مقدار رنگبری برای رنگینه DR1 از 58% به 84% و برای رنگینه DB56 از 25% به 30% افزایش یافت. این افزایش سرعت تخریب ناشی از افزایش شدت پرتودهی و در نتیجه افزایش سرعت تجزیه هیدروژن پراکسید و تولید غلظت زیاد رادیکال هیدروکسیل در فاصله زمانی کوتاه است، بنابراین با کاهش فاصله پساب از لامپ، سرعت حذف رنگینه‌ها افزایش می‌یابد.

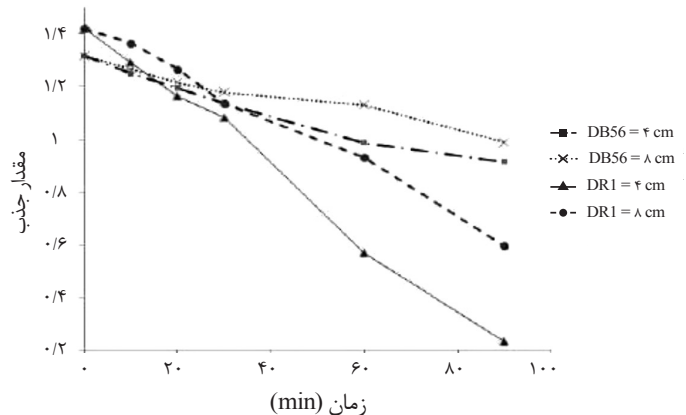
نتیجه‌گیری

پارامترهای مؤثر بر رنگبری پساب حاوی رنگینه‌های پراکنده DB56 و DR1 با استفاده از فرایند $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2$ بررسی شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد، پرتو UV در محیط خنثی به تنهایی قابلیت رنگبری رنگینه پراکنده را ندارد و با افزایش غلظت هیدروژن پراکسید مقدار رنگبری نیز افزایش می‌یابد. همچنین، با انجام آزمون در چهار pH خنثی، اسیدی قوی، اسیدی ضعیف و قلیایی ضعیف مشاهده شد، مقدار رنگبری در pH اسیدی قوی برای هر دو رنگینه استفاده شده بیشتر است. از نتایج دیگر حاصل شده می‌توان به این مطلب اشاره کرد که تغییر pH بدون وجود

همچنین، بی‌اثرسازی رادیکال هیدروکسیل در محیط قلیایی بسیار مهم است، به این دلیل که واکنش رادیکال هیدروکسیل با HO_2^- تقریباً 100 بار سریع‌تر از واکنش با H_2O_2 است و نیز دلیل دیگر تجزیه شدن خودبه‌خودی H_2O_2 در محیط قلیایی است:



در محیط اسیدی که با اضافه کردن مقداری سولفوریک اسید به دست می‌آید، SO_4^{2-} با رادیکال هیدروکسیل واکنش می‌دهد و رادیکال را به سمت معدنی شدن هدایت می‌کند. این رادیکال‌های آلی کمی بیشتر از



شکل ۸- اثر فاصله محلول رنگزا از سطح لامپ UV بر رنگبری پساب در غلظت 100 mg/L رنگینه، غلظت 34 mmol/L هیدروژن پراکسید و pH برابر $6/5$.

در حالی است که برای غلظت‌های بیش از 100 mg/L رنگینه با شرایط مشابه، افزایش سرعت رنگبری به‌ویژه برای رنگینه DB56 محسوس نیست. نتیجه اینکه مقدار رنگبری پساب حاوی رنگینه پراکنده آزو با استفاده از روش $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2$ هنگام تغییر پارامترهای مؤثر بیشتر از پساب حاوی رنگینه پراکنده آنتراکینون است.

هیدروژن پراکسید اثر زیادی بر رنگبری پساب ندارد. همچنین، با کاهش فاصله محلول پساب رنگزا از لامپ UV از ۸ به ۴ cm، مقدار رنگبری پساب به‌طور محسوسی به‌ویژه برای رنگینه دارای ساختار آزو افزایش می‌یابد.

مقدار سرعت رنگبری با افزایش غلظت رنگینه تا 100 mg/L در غلظت 34 mmol/L هیدروژن پراکسید برای هر دو رنگینه افزایش می‌یابد. این

مراجع

- Xu X.R., Li H.B., Wang W.H., and Gu J.D., Degradation of dyes in aqueous solution by the Fenton process, *Chemosphere*, 57, 595-600, 2004.
- Daneshvar N., Vatanpour V., Khataee A.R., Rasoulifard M.H., and Rastegar M., Decolorization of mixture of dyes containing malachite green and orange II by Fenton-like reagent, *J. Color Sci. Technol.*, 1, 83-89, 2008.
- Saadatjou N., Rasoulifard M.H., and Heidari A., Removal of basic Red 46 using low-cost adsorbent of hardened paste of portland cement from contaminated water, *J. Color Sci. Technol.*, 2, 221-226, 2009.
- Kusic H., Bozic A.L., and Koprivance N., Fenton type processes for minimization of organic content in colored wastewater: Part I: Processes optimization, *Dye. Pigment.*, 74, 380-387, 2007.
- Hauser P.J., *Advances in Treating Textile Effluent*, In Tech, Croatia, 2011.
- Daneshvar N., Salari D., Niaei A., and Khataee A.R., Photocatalytic degradation of the herbicide Erioglaucine in the presence of nanosized titanium dioxide: Comparison and modeling of reaction kinetics, *J. Environment. Sci. Health, Part B*, 41, 1-18, 2006.
- Nambodri C.G. and Walsh W.K., Decolorization spent dye bath with hot peroxide, *American Dyestuff Reporter*, 84, 86-95, 1995.
- Sehested K., Rasmussen O., and Frick H., Rate constants of $\text{HO}\cdot$ with HO_2 , O_2 , and H_2O_2 from hydrogen peroxide formation in pulse-irradiated oxygenated water, *J. Phys. Chem.*, 72, 626-631, 1968.
- Bielsky B., Cabelli D., Arudi R., and Ross A., Reactivity of $\text{H}_2\text{O}_2/\text{O}_2$ radicals in aqueous solution, *J. Phys. Chem.*, 14, 1014-1100, 1985.
- Crittenden J.C., Hu S., Hand D.W., and Green S.A., A kinetic model for $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2$ process in a completely mixed batch reactor, *Water Res.*, 33, 2315-2328, 1999.
- Daneshvar N., Rabbani M., Modirshahla N., and Behnajady M.A., Critical effect of hydrogen peroxide concentration in photochemical oxidative degradation of C.I. Acid Red 27 (AR27), *Chemosphere*, 56, 895-900, 2004.
- Behnajady M.A., Modirshahla N., and Fathi H., Kinetics of decolorization of an azo dye in UV alone and $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2$ processes, *J. Hazard Mater.*, 136, 816-21, 2006.
- Neamtu M., Yediler A., Siminiceanu L., Macoveanu M., and Kettrup A., Decolorization of disperse Red 354 azo dye in water by several oxidation processes-A comparative study, *Dye. Pigment.*, 60, 61-68, 2004.
- Kim T.H., Park Ch., Shin E.B., and Kim S., Decolorization of disperse and reactive dye solutions using ferric chloride, *Desalination*, 161, 49-58, 2004.
- Kim T.H., Park Ch., Shin E.B., and Kim S., Decolorization of disperse and reactive dyes by continuous electrocoagulation process, *Desalination*, 150, 165-175, 2002.
- Merzouk B., Gourich B., Madani K., Vial Ch., and Sekki A., Removal of a disperse red dye from synthetic wastewater by chemical coagulation and continuous electrocoagulation: A comparative study, *Desalination*, 272, 246-253, 2011.
- Daneshvar N., Behnajady M.A., and Zorriyeh Asghar Y., Photooxidative degradation of 4-nitrophenol (4-NP) in $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2$ process: Influence of operational parameters and reaction mechanism, *J. Hazard. Mater.*, 139, 275-279, 2007.
- Song S., Xu X., Xu L., He Z., Ying H., Chen J., and Yan B., Mineralization of C.I. Reactive Yellow 145 in aqueous solution by ultraviolet-enhanced ozonation, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 47, 1386-1391, 2008.

۱۹. دانشور، ن.، ختائی، ع.، رسولی فرد، م.ح.، سید دراجی، م. س.، بررسی حذف مواد رنگی آلی از فاضلاب‌های صنعتی با استفاده از سه روش $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe(III)}$ و $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe(II)}$ و $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2$ ، آب و فاضلاب، ۶۱، ۳۴-۴۲، ۱۳۸۶.