

کارایی فرآیند اکسیداسیون پیشرفته UV/H₂O₂ در حذف رنگزای اسید گرین ۳ از محیط های آبی

رضا شکوهی، مهدی سالاری، حسین فرجی، ابوالفضل عرب کوهسار^{*}، روح الله ترکشوند

گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۳/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۴

چکیده

زمینه و هدف: رنگزاهای به علت داشتن ساختاری چند حلقوی و سمی، توانایی بالایی در ایجاد اثرات حاد و مزمن در صورت مواجهه با انسان دارند. در این مطالعه حذف اسید گرین ۳ از محلول آبی توسط روش UV/H₂O₂ مورد مطالعه قرار گرفت.

روش بررسی: مطالعه حاضر از نوع تجربی- کاربردی می باشد. پارامترهای pH در مقادیر ۳، ۷ و ۱۱، زمان تماس در مقادیر ۵، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه، دوز H₂O₂ در مقادیر ۱۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم در لیتر و غلظت اسید گرین ۳ در مقادیر ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر جهت تعیین مقادیر بهینه مورد مطالعه قرار گرفت. از فتوراکتور با حجم ۲ لیتر جهت تولید پرتو UV و از دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل DR5000 برای سنجش رنگ باقی مانده استفاده شد. برای تعیین میزان اکسیداسیون، از آزمایش تعیین اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) مورد نیاز براساس روش 5220C (کتاب استاندارد متد) استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که زمان تماس ۶۰ دقیقه، pH=۷، غلظت اسید گرین ۵۰ میلی گرم در لیتر و H₂O₂ با دوز ۳۰ میلی گرم در لیتر بعنوان شرایط بهینه می باشد و در این شرایط راندمان حذف رنگ و COD به ترتیب ۹۷ و ۸۵ درصد بدست آمد.

نتیجه‌گیری: در این مطالعه مشاهده شد که پارامترهای زمان تماس، pH، غلظت اولیه رنگ و دوز H₂O₂ دارای تاثیر قابل توجهی در حذف رنگ توسط روش UV/H₂O₂ دارند. با توجه به نتایج قابل قبول UV/H₂O₂ در اکسیداسیون رنگ و COD، می توان از این روش بعنوان یک فرآیند مطمئن جهت حذف اسید گرین ۳ از فاضلاب های صنعتی استفاده شود.

کلمات کلیدی: اکسیداسیون پیشرفته، پرتو فرابنفش، پراکسید هیدروژن، اسید گرین ۳، محلول آبی

مقدمه

صنایع نساجی بعنوان یکی از بزرگترین مصرف کنندگان ترکیبات شیمیایی رنگزا شناخته می شود که دارای پتانسیل تولید روزانه میلیون ها لیتر پساب حاوی مواد رنگزا می باشد.^۱ ورود پسابهای صنعتی حاوی رنگ به محیط های آبی، قابلیت نفوذ نور را کاهش می دهد و باعث اختلال در عمل فتوسنتز می گردد و همچنین شرایط ایجاد پدیده اتروفیکاسیون را فراهم می کند.^{۲،۳} رنگزا علاوه بر مسائل زیباشناختی، بدلیل خصوصیات سمی و ساختار شیمیایی حاوی حلقه های آروماتیک، دارای پایداری بالا و قابلیت تجزیه زیستی کمی می باشند.^۴ رنگ های اسیدی بعنوان یکی از مهمترین گروه های رنگزا و جزء بزرگترین کلاس ها از رنگهای تجاری بحاسب می آیند. رنگزاهای به علت داشتن ساختاری با حلقه های بنزن در صورت مواجهه با انسان، توانایی ایجاد اثرات حاد و مزمن همچون آلرژی، درماتیت، تحریکات پوستی، کارسینوژن و موتاژن دارند.^{۵،۶} بنابراین تصفیه پساب نساجی بعنوان یکی از منابع بالقوه آلودگی رنگی، پیش از ورود به محیط زیست امری ضروری است. بطور معمول روش های بکار رفته جهت حذف رنگ از فاضلاب صنایع دارای پایه فیزیکی، شیمیایی، فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی می باشد از جمله روش های اکسیداسیون شیمیایی، فرآیندهای غشایی، فرآیندهای فتوشیمیایی، تصفیه آنزیمی و فرآیندهای جذب جهت حذف رنگ که هر کدام از این روش ها دارای مزایا و معایبی هستند.^{۳،۷-۱۴} بطور مثال زمان طولانی جهت تصفیه بیولوژیکی و سمیت مواد رنگزا در روش های بیولوژیکی،^{۱۵} راندمان کم روش های جذب، انعقاد و لخته سازی، در حذف ترکیبات رنگی آلی بدلیل انحلال پذیری بالایی و وزن مولکولی پایین،^{۱۶،۱۷} نیاز به پیش تصفیه و هزینه انرژی بالا در سیستم های غشایی و مشکلات احیا رزین در مدت زمان های کوتاه و نقش مداخله ای یون های دو ظرفیتی در رزین ها از

جمله مشکلاتی این روش در تصفیه ترکیبات آلی می باشد.^{۱۸} فرآیندهای فتواکسیداسیون از جمله فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته می باشد که توانایی بالای در تولید رادیکال های OH دارد. پرتو UV به تنهایی دارای سرعت کمی در تجزیه مولکول های آلی با ایجاد شکاف در باندها و تولید رادیکال های آزاد می باشد. از طرفی تنها تعدادی از مواد شیمیایی آلی می توانند در اثر جذب مستقیم پرتو UV تجزیه گردند درحالیکه برخی از ترکیبات آلی خطرناک سخت تجزیه پذیر می باشند و در کاربرد تنها پرتوهای UV حذف کارآمدی ندارند. روش های ترکیبی پرتو UV با اکسید کننده ها باعث افزایش سرعت و اثر بخشی در تجزیه ترکیبات آلی می شود. مطالعات گسترده ای استفاده از H₂O₂ بعنوان یک اکسیدان تحت تابش UV را جهت تجزیه ترکیبات آلی معرفی کرده اند. عدم تولید لجن، کاهش تولید بو و تولید دو رادیکال OH به ازای مصرف یک مولکول H₂O₂ از مزایای روش H₂O₂/UV می باشد. OH دارای بالاترین قدرت اکسید کنندگی بعد از فلور می باشد، بطوریکه که ظرفیت اکسیدکنندگی این رادیکال آزاد مقدار ۲/۸ ولت گزارش شده است (واکنش ۱).^{۱۹،۲۰}



در مطالعه محمدی و همکاران (۲۰۱۳) که حذف ۴ دی کلروفلن را با چندین روش اکسیداسیون پیشرفته بررسی نمودند، مشاهده شد که کاربرد H₂O₂/UV در شرایط بهینه از pH=7، غلظت ۰/۰۵ مول بر لیتر و زمان های بالاتر از ۴۰ دقیقه دارای راندمان ۹۹ درصدی می باشد.^{۱۹} کیم و همکاران (۲۰۰۹) مطالعه ای در بررسی کارایی حذف آلودگی های دارویی از پساب تصفیه خانه با فرآیند H₂O₂/UV انجام دادند. نتایج نشان داد که کاربرد پرتو UV حتی در دوزهای ۲۷۶۸ mJ/cm³ دارای راندمان پایینی در حذف برخی از داروها از پساب فاضلاب می باشد، درحالیکه در کاربرد همزمان پرتو UV با دوز ۹۲۳ mJ/cm³ همراه H₂O₂،

استوک ۱g از ماده رنگزا به یک لیتر آب دیونیزه اضافه شد و غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر از ماده رنگزا تهیه شد. برای ساخت سایر غلظت‌ها مورد استفاده جهت انجام آزمایشات از محلول استوک و با رقیق سازی در نسبت‌های مورد نظر استفاده می شد. پارامترهای pH (سنجش pH با دستگاه pH متر دیجیتال ساخت شرکت HACH) در مقادیر ۳، ۷ و ۱۱، زمان تماس در مقادیر ۵، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه، دوز H₂O₂ در مقادیر ۱۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم در لیتر و غلظت اسید گرین ۳ در مقادیر ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر جهت تعیین مقادیر بهینه مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه از فتوراکتور ساخت شرکت فیلیس هلند با حجم ۲ لیتر استفاده شد. در محور مرکزی این فتوراکتور یک لامپ کم فشار بخار جیوه ۵۵ وات با شدت تابش ۵۱۰ mJ/cm² و طول موج تابش ۲۵۴ nm می باشد که با سطح شیشه ای از جنس کوارتز پوشیده شده است. سطح خارجی فتوراکتور دارای ساختار استیل می باشد و در فضای بین دو سطح یک جریان منقطع برقرار می باشد. همچنین بمنظور اختلاط کامل از یک پمپ وکیوم جهت گردش پیوسته محتویات راکتور استفاده شد. پس از تنظیم پارامترهای مورد نظر، نمونه به درون فتوراکتور انتقال داده می شد و برای مدت زمان از قبل تعیین شده با پرتو UV مواجه می یافتند و در نهایت جهت سنجش رنگ باقی مانده در نمونه از دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل DR5000 ساخت کشور آمریکا در طول موج ۶۳۶ نانومتر استفاده شد.

راندمانی حذف ۹۰ درصدی برای ۳۹ ماده دارویی در پساب فاضلاب حاصل می شود^{۲۱} در مطالعه ونگ و همکاران (۲۰۰۶) از فرآیند UV/H₂O₂ جهت تجزیه مواد آلی طبیعی از محیط‌های آب استفاده شد و نتایج نشان داد که این فرآیند فتولیز در حالت کاربرد همزمان لامپ بخار جیوه فشار بالای ۴۵۰ وات و H₂O₂، دارای راندمان تجزیه ۹۰ درصد اسید هیومیک می باشد.^{۲۲} در این مطالعه به بررسی حذف اسید گرین ۳ از محلول های آبی توسط فرآیند فتوشیمیایی UV/H₂O₂ پرداخته شد و اثر پارامترهای زمان تماس، pH، دوز H₂O₂ و غلظت اولیه اسید گرین ۳ بر کارایی حذف مطالعه شد.

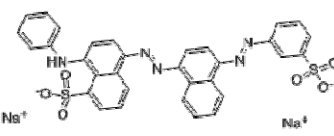
مواد و روش‌ها

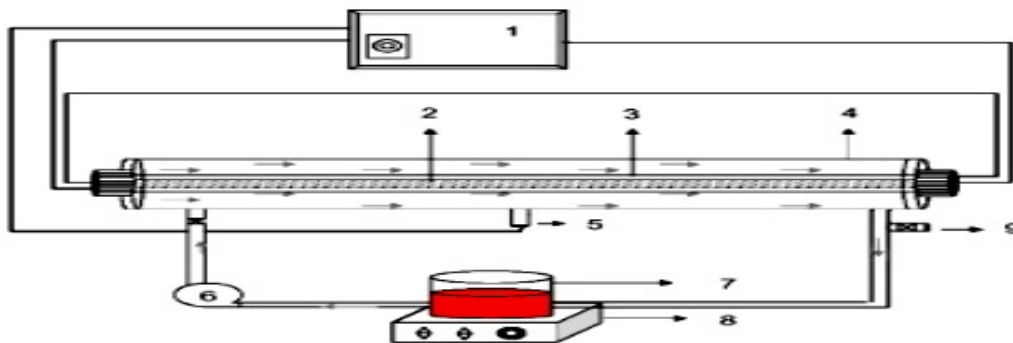
این پژوهش یک مطالعه تجربی - کاربردی است که در مقیاس آزمایشگاهی در یک فتوراکتور با جریان منقطع صورت پذیرفت. مواد مورد استفاده در این مطالعه شامل اسید گرین ۳ تهیه شده از شرکت الوان ثابت واقع در استان همدان، H₂O₂ (محلول ۳۰٪)، هیدروکسید سدیم (NaOH) و اسید سولفوریک (H₂SO₄) یک نرمال می باشد که از شرکت Merck خریداری شد. مشخصات و خصوصیات رنگزای اسید گرین ۳ در جدول ۱ نشان داده شد.

آماده‌سازی نمونه‌ها و مشخصات فتوراکتور

بدلیل خلوص قابل قبول، اسید گرین ۳ بدون هیچ گونه تصفیه و تغییری مورد استفاده قرار گرفت. برای تهیه محلول

جدول ۱: مشخصات و خصوصیات رنگزای اسید گرین ۳

| شاخص رنگ | Acid Green 3 |
|--------------------------|---|
| نوع | اسیدی |
| ساختمان مولکولی |  |
| فرمول شیمیایی | C ₃₇ H ₃₇ N ₂ O ₆ S ₂ Na |
| وزن مولکولی (گرم بر مول) | 690.82 |



شکل ۱: شماتیک اجزای تشکیل دهنده ی فتوراکتور مورد استفاده در مطالعه حاضر (۱-ترانسفورماتور، ۲-لامپ UV جیوه ای کم فشار، ۳- روپوش کوارتز، ۴- محفظه استیل ضد زنگ، ۵-فتوسل، ۶-لامپ، ۷-بشر، ۸-شیکر، ۹-لوله نمونه گیری)

۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه دارای مقادیر بالاتری نسبت به pHهای برابر با ۷ و ۱۱ می باشد. در زمان تماس ۶۰ و pH=۳، راندمان حذف رنگ به ترتیب حدود ۲۳ و ۳۹ درصد نسبت به pH های ۷ و ۹ افزایش نشان داد.

تاثیر غلظت پراکسید هیدروژن و اشعه UV به تنهایی و تلفیقی بر راندمان حذف رنگ اسید گرین ۳

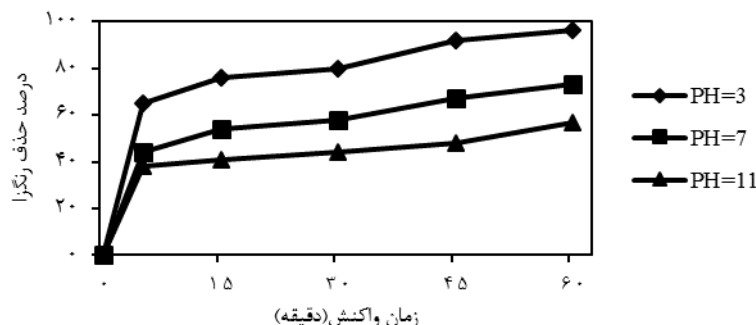
در بررسی تاثیر غلظت اولیه H₂O₂ بر کارایی راندمان حذف رنگ در فرایند فتوشیمیایی UV/H₂O₂، مشاهده شد که کمترین راندمان حذف در در حالت کاربرد پرتو UV به تنهایی می باشد و بیشترین راندمان در غلظت ۳۰ میلی گرم در لیتر ترکیب H₂O₂ بدست آمد.

شماتیک کلی راکتور در شکل ۱ آمده است. همچنین به منظور بررسی تاثیر روش مورد استفاده در کاهش مقدار اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)، COD باقی مانده با استفاده از روش 5220C کتاب استاندارد متد تعیین مقدار شد. تمام نمودارهای مورد استفاده در این مطالعه با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردید.^{۲۹}

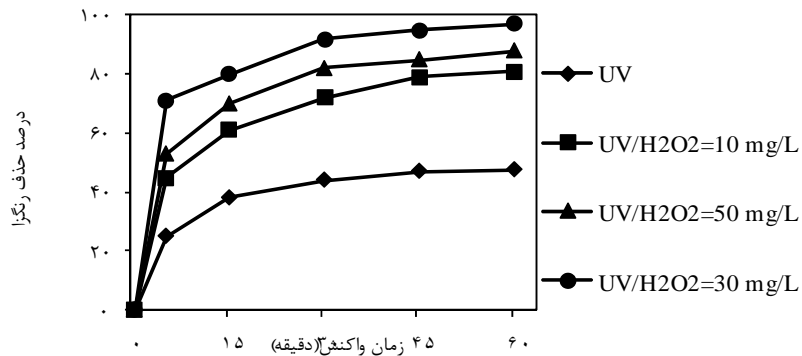
یافته ها

تاثیر pH بر راندمان حذف رنگ اسید گرین ۳

pH محلول یکی از پارامترهای موثر در فرایند فتوشیمیایی UV/H₂O₂ می باشد بنابراین تعیین مقادیر بهینه این پارامتر بسیار ضروری می باشد. همانطور که در نمودار ۱ مشاهده می شود، راندمان حذف رنگ در pH=۳ برای زمان های مواجه



نمودار ۱: تاثیر pH بر روی کارایی حذف رنگ (غلظت H₂O₂ = ۳۰ mg/L، غلظت رنگ = ۵۰ mg/L)



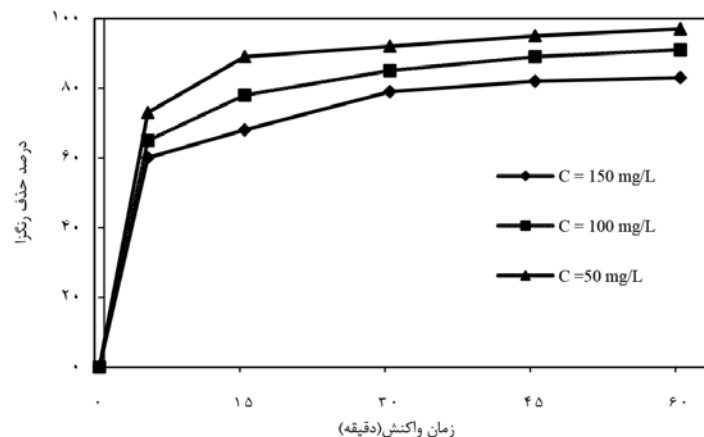
نمودار ۲: تاثیر غلظت پراکسید هیدروژن بر راندمان حذف رنگزا در فرایند UV/H₂O₂ (غلظت رنگزا ۵۰ میلی گرم بر لیتر، pH=3)

گرین برابر با ۵۰ میلی گرم در لیتر برای زمان تماس ها مختلف نسبت به غلظت های ۱۰۰ و ۱۵۰ دارای مقادیر بالاتری می باشد. راندمان حذف در غلظت ۵۰ میلی گرم در لیتر از اسید گرین به ۹۷ درصد رسید که نسبت به غلظت های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر دارای افزایش حذفی به ترتیب ۶ و ۱۴ درصدی می باشد. جهت تعیین سرنوشت حذف اسید گرین ۳ در فرآیند فتوشیمیایی، آزمایش تعیین مقدار COD در ابتدا و انتهای آزمایشات مربوط به تعیین تاثیر غلظت اولیه اسید گرین ۳ بر میزان حذف رنگ در زمان تماس ۶۰ صورت گرفت.

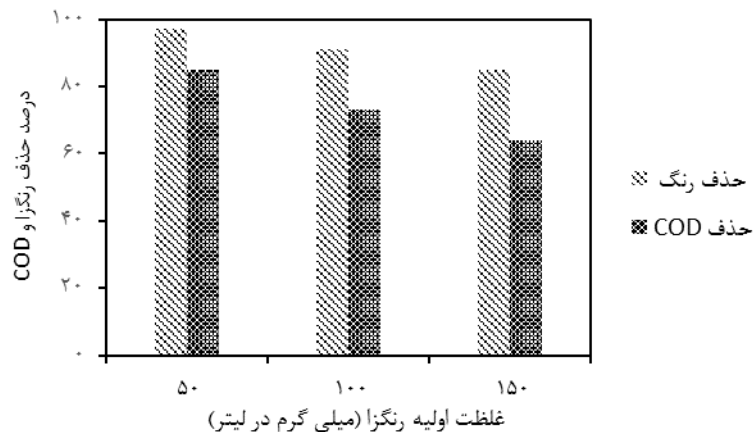
در زمان ۶۰ دقیقه راندمان حذف در غلظت ۳۰ میلی گرم در لیتر از H₂O₂ به ۹۷ درصد رسید و یک افزایش راندمان به ترتیب ۹، ۱۶ و ۴۷/۵ درصدی نسبت به غلظت های H₂O₂ در مقادیر ۵۰، ۱۰ و صفر مشاهده شد (نمودار ۲).

تاثیر غلظت اولیه اسید گرین ۳ بر راندمان حذف رنگ و COD

در نمودار ۳ تاثیر غلظت اولیه اسید گرین ۳ بر کارایی حذف در فرایند فتوشیمیایی UV/H₂O₂ مشاهده می شود. نتایج نشان می دهد که راندمان حذف در غلظت اولیه اسید



نمودار ۳: تاثیر غلظت اولیه اسید گرین ۳ بر راندمان حذف در فرایند UV/H₂O₂ (غلظت پراکسید هیدروژن ۳۰ میلی گرم بر لیتر، pH=3)



نمودار ۴: تاثیر غلظت اولیه رنگزا بر راندمان حذف رنگزا و COD (در شرایط بهینه: زمان ۶۰ دقیقه، مقدار H₂O₂ ۳۰ میلیگرم بر لیتر، pH=3)

قلیائی می تواند بدلیل واکنش بخشی از H₂O₂ با قلیائیت و تولید H₂O و O₂ باشد و در نتیجه مقدار تولید رادیکال OH° که توانایی بالایی در اکسیداسیون ترکیبات آلی دارد، کاهش یابد (واکنش ۲). از طرفی فرایند H₂O₂/UV در pH های قلیائی به مداخله کننده های کربنات حساس تر می باشد و کارایی اکسیداسیون در این شرایط کاهش می یابد.^{۲۴} در مطالعه امین و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده شد که راندمان حذف رنگ گوگرد آبی از فاضلاب سنتیک در pH های خنثی نسبت به pH های قلیائی ۱۳ درصد افزایش داشته است.^{۲۰} در مطالعه موحدیان و همکاران (۲۰۰۹) بیشترین حذف P-کلروفنل در pH های ۳ و ۷ برای زمان های بیشتر از ۴۰ دقیقه با راندمان ۹۰ درصد بدست آمد.^{۲۵}

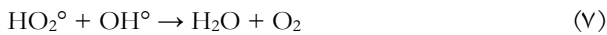


با افزایش زمان تماس، راندمان حذف اسید گرین ۳ افزایش یافت. نتایج پر واضح می باشد چراکه در زمان های تماس بالاتر، فرصت کافی برای تماس و اکسید شدن آلودگی رنگی توسط عوامل اکسید کننده فراهم می شود. البته شیب نمودار حذف با گذر زمان کاهش می یابد چرا که به دلیل قدرت بالایی رادیکال های آزاد در اکسید کردن، بخشی بالایی از رنگ در ابتدا اکسید و حذف می گردد و در زمان های

نتایج کاهش ۸۵، ۷۳ و ۶۴ درصدی از COD را در غلظت های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر از اسید گرین ۳ نشان دادند. درصد حذف COD نسبت به درصد حذف اسید گرین ۳ بطور متوسط ۱۷ درصد کاهش داشت (نمودار ۴).

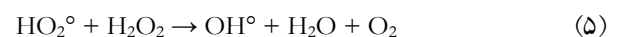
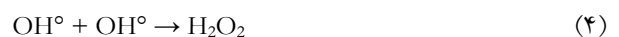
بحث

فاضلاب های نساجی مقادیر بالایی آب و مواد شیمیایی برای واحدهای پردازش محصول نیاز دارند که منجر به خروجی فاضلابی با غلظت های بالای مواد آلی و غیر آلی می گردد. حوضچه های رنگ و عملیات شستشوی رنگزها در صنعت نساجی منجر به خروج فاضلابی با انواع رنگزهای می شوند و محیط به شدت رنگی را ایجاد می کنند. بنابراین جهت حفظ محیط زیست نیاز به رعایت استانداردهای خروجی می باشد و حرکت بسوی یافتن روش های تصفیه کارا تر و ارزان تر امر ضروری می باشد.^{۳۳} در این مطالعه حذف رنگزا اسید گرین ۳ با روش اکسیداسیون پیشرفته UV/H₂O₂ مورد مطالعه قرار گرفت. در بررسی تاثیر pH بر راندمان حذف، مشاهده شد که فرآیند حذف در pH های اسیدی راندمان بالاتری را نسبت به pH های خنثی و قلیائی دارد. مطالعات گذشته نشان دادند که کاهش راندمان در محیط های



نتایج رابطه عکس بین افزایش غلظت اولیه رنگ با درصد حذف اسید گرین^۳ و COD نشان داد به طوری که با افزایش غلظت آلاینده، راندمان حذف کاهش می یافت. افزایش نسبت ترکیب آلاینده در غلظت ثابت از عوامل اکسید کننده و پرتو UV باعث می شود که بخشی از آلودگی رنگی توسط عوامل اکسید کننده حذف گردد و بدلیل مصرف شدن تمام رادیکال های اکسید کننده، بخش قابل توجه ای از آلاینده بدون اکسید شدن باقی بماند. درحالی که در غلظت های پایین تر از آلاینده بخش قابل توجهی از آلودگی قبل از مصرف تمام رادیکال های آزاد، حذف می گردد. از طرفی با افزایش غلظت رنگزا نفوذ فتون های نوری UV به داخل محلول کمتر می شود و به دنبال کاهش نفوذ این فتون ها، تجزیه پراکسید هیدروژن به رادیکال های هیدروکسیل هم کاهش خواهد یافت. به این ترتیب غلظت ها بالای رنگ منجر به کاهش راندمان حذف می گردد.^{۲۹} تعیین سرانجام یک ترکیب آلی در فرآیند حذف توسط اکسیداسیون پیشرفته بسیار مهم می باشد. بهترین حالت مورد انتظار در فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته تبدیل آلاینده به CO₂ و H₂O می باشد. اما بطور معمول بخشی از ترکیب آلی در فرآیند اکسیداسیون به ترکیبات میانه تبدیل می شوند که غیر قابل مشاهده می باشند ولی در مقایسه با آلودگی رنگی مقدار اکسیژن کمتری برای حذف نیاز دارند.^{۲۴} در این مطالعه راندمان حذف COD پایتتر از راندمان حذف رنگ مشاهده شد. این اختلاف راندمان نشان می دهد که بخشی از رنگ تبدیل به ترکیبات واسطه شده است. در مطالعه امین و همکاران (۲۰۰۸)، در شرایط ۱۰۰ درصد حذف رنگ، ۹۳ درصد حذف TOC بدست آمد و نشان داد که فرآیند اکسیداسیون به خوبی صورت گرفته است.^{۲۰} همچنین جورجیو و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه حذف رنگ راکتیو آزو با پرتو UV به همراه H₂O₂، حذف ۸۰ تا ۸۲ درصد TOC مشاهده نمودند. در مطالعه مذکور بعد از یک ساعت رنگ

تماس بالاتر بخش درسترس برای تجزیه کاهش می یابد. در مطالعه کریمی و همکاران در حذف نفتالین با روش اکسیداسیون پیشرفته UV/H₂O₂ مشاهده شد که با افزایش زمان ماند از ۵ به ۱۰ دقیقه راندمان حذف از ۱۵ به ۷۳ درصد افزایش می یابد.^{۲۶} نتایج نشان داد که کاربرد تنهای UV در حذف رنگ دارای راندمان کمتری نسبت به کاربرد تلفیقی با H₂O₂ دارد. با افزایش غلظت H₂O₂ از ۱۰ به ۳۰ میلی گرم بر لیتر افزایش راندمان حذف مشاهده شد درحالی که با افزایش غلظت از ۳۰ به ۵۰ میلی گرم بر لیتر H₂O₂، راندمان حذف روند کاهش از خود نشان داد. پرتو UV به تنهایی در تجزیه ترکیبات آلی دارای مکانیسم مستقیم می باشد بطوریکه با تابش پرتو UV، باندهای شیمیایی در ترکیب آلاینده تخریب و متعاقباً با شکستن پیوند در واکنش های بعدی باعث تجزیه ترکیب آلی می شوند. اما روش تابش پرتو UV در تجزیه ترکیبات آلی دارای سرعت کم و راندمان پایین و از طرفی ناکارآمد برای بعضی از ترکیبات آلی سخت تجزیه پذیر می باشد. بنابراین اضافه شدن H₂O₂ بدلیل تولید رادیکال های فعالی مانند OH[°] منجر به افزایش راندمان حذف می گردند.^{۲۷} در غلظت های پایین H₂O₂ نیز بدلیل کاهش تولید رادیکال های OH[°] راندمان حذف کاهش می یابد و از طرفی اضافه شدن H₂O₂ بیشتر از غلظت های بهینه نه تنها در افزایش راندمان موثر نمی باشد بلکه ممکن است که باعث کاهش راندمان حذف شود. این رفتار می تواند بدلیل تجزیه خودکار H₂O₂ به اکسیژن و آب و یا تبدیل رادیکال های OH[°] به HO₂[°] در غلظت های بالای H₂O₂ باشد.^{۲۸} در نتیجه بدلیل کاهش OH[°] در غلظت های بالاتر از حد بهینه راندمان حذف کاهش می یابد.^{۱۹} (واکنش ۳ تا ۷)



طرفی تبدیل درصد بالایی از COD به CO₂ و H₂O، می توان از این روش بعنوان یک فرآیند مطمئن جهت حذف اسید گرین ۳ و سایر رنگ از فاضلاب های صنعتی استفاده شود.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می دانند از دانشگاه علوم پزشکی همدان به دلیل پشتیبانی مالی از این پژوهش در قالب طرح تحقیقاتی مصوب مرکز پژوهش دانشجویان با شماره طرح ۹۵۰۵۱۲۲۷۱۱ و کارشناسان آزمایشگاه آب و فاضلاب گروه مهندسی بهداشت محیط صمیمانه قدردانی نمایند.

بطور کامل حذف شد درحالیکه حذف ۹۰ درصد آروماتیک های حلقوی و ۷۰ درصد COD بعد از ۲ بدست آمد. بنابراین می توان با افزایش زمان ماند در فرآیندهای اکسیداسیون حذف کامل COD را بدست آورد.^{۳۰}

نتیجه گیری

در این مطالعه مشاهده شد که پارامترهای زمان تماس، pH، غلظت اولیه رنگ و دوز H₂O₂ دارای تاثیر قابل توجه ای در میزان تجزیه و حذف رنگ توسط روش UV/H₂O₂ دارند. در شرایط بهینه از پارامترهای فوق الذکر راندمان حذف رنگ و COD به ترتیب ۹۷ و ۸۵ درصد بدست آمد. با توجه به نتایج قابل قبول UV/H₂O₂ در اکسیداسیون حذف رنگ و از

References

1. Manu B, Chaudhari S. Decolorization of indigo and azo dyes in semicontinuous reactors with long hydraulic retention time. *Process Biochem* 2003;38(8): 1213-21.
2. Bayramoglu M, Eyvaz M, Kobya M. Treatment of the textile wastewater by electrocoagulation: economical evaluation. *Chem Eng J* 2007;128(2): 155-61.
3. Liu H-L, Chiou Y-R. Optimal decolorization efficiency of reactive red 239 by UV/ZnO photocatalytic process. *J Chin Inst Chem Eng* 2006;37(3): 289-98.
4. Daneshvar N, Sorkhabi HA, Kasiri M. Decolorization of dye solution containing Acid Red 14 by electrocoagulation with a comparative investigation of different electrode connections. *J Hazard Mater* 2004;112(1): 55-62.
5. Pajootan E, Arami M, Mahmoodi NM. Binary system dye removal by electrocoagulation from synthetic and real colored wastewaters. *J Taiwan Inst Chem Eng* 2012;43(2): 282-90.
6. Mollah MYA, Schennach R, Parga JR, Cocke DL. Electrocoagulation (EC)—science and applications. *J Hazard Mater* 2001;84(1): 29-41.
7. Akbari A, Desclaux S, Rouch J, et al. New UV-photografted nanofiltration membranes for the treatment of colored textile dye effluents. *J Membr Sci* 2006;286(1): 342-50.
8. Can O, Kobya M, Demirbas E, Bayramoglu M. Treatment of the textile wastewater by combined electrocoagulation. *Chemosphere* 2006;62(2): 181-7.
9. Daneshvar N, Ashassi-Sorkhabi H, Tizpar A. Decolorization of orange II by electrocoagulation method. *Sep Purif Technol* 2003;31(2): 153-62.
10. Hameed B, Ahmad A, Latiff K. Adsorption of basic dye (methylene blue) onto activated carbon prepared from rattan sawdust. *Dyes Pigm* 2007;75(1): 143-9.
11. Li W, Zhang L, Peng J, et al. Tobacco stems as a low cost adsorbent for the removal of Pb (II) from wastewater: Equilibrium and kinetic studies. *Ind Crops Prod* 2008;28(3): 294-302.
12. Lin L, Zhai S-R, Xiao Z-Y, et al. Dye adsorption of mesoporous activated carbons produced from NaOH-pretreated rice husks. *Bioresour Technol* 2013;136: 437-43.
13. Muruganandham M, Swaminathan M. Photochemical oxidation of reactive azo dye with UV-H₂O₂ process. *Dyes Pigm* 2004;62(3): 269-75.
14. Shen D, Fan J, Zhou W, et al. Adsorption kinetics and isotherm of anionic dyes onto organo-bentonite from single and multisolute systems. *J Hazard Mater* 2009;172(1): 99-107.
15. Chan YJ, Chong MF, Law CL, Hassell D. A review on anaerobic-aerobic treatment of industrial and municipal wastewater. *Chem Eng J* 2009;155(1): 1-18.
16. Tyagi VK, Lo S-L. Application of physico-chemical pretreatment methods to enhance the sludge disintegration and subsequent anaerobic digestion: an up to date review. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol* 2011;10(3): 215.

17. Daneshvar N, Khataee A. Removal of azo dye CI Acid Red 14 from contaminated water using Fenton, UV/H₂O₂, UV/H₂O₂/Fe (II), UV/H₂O₂/Fe (III) and UV/H₂O₂/Fe (III)/oxalate processes: a comparative study. *J Environ Sci Health B* 2006;41(3): 315-28.
18. Azari A, Salari M, Dehghani MH, et al. Efficiency of Magnitized Graphene Oxide Nanoparticles in Removal of 2, 4-Dichlorophenol from Aqueous Solution. *JMUMS* 2017;26(144): 265-81.
19. Mohammadi AS, Asgari G, Ebrahimi A, et al. Application of several advanced oxidation processes for degradation of 4-chlorophenol from aqueous solution. *Int J Environ Health Eng* 2013;2(1): 38.
20. Amin H, Amer A, Fecky A, Ibrahim I. Treatment of textile wastewater using H₂O₂/UV system. *Physicochem Probl Mi Journal* 2008;42: 17-28.
21. Kim I, Yamashita N, Tanaka H. Performance of UV and UV/H₂O₂ processes for the removal of pharmaceuticals detected in secondary effluent of a sewage treatment plant in Japan. *J Hazard Mater* 2009;166(2-3): 1134-40.
22. Wang G, Liao C-H, Chen H-W, Yang H. Characteristics of natural organic matter degradation in water by UV/H₂O₂ treatment. *Environ Technol* 2006;27(3): 277-87.
23. Tehrani-Bagha AR, Mahmoodi NM, Menger FM. Degradation of a persistent organic dye from colored textile wastewater by ozonation. *Desalination* 2010;260(13): 34-8.
24. Kalra SS, Mohan S, Sinha A, Singh G, editors. Advanced oxidation processes for treatment of textile and dye wastewater: a review. 2nd International conference on environmental science and development 2011: IACSIT Press Singapore.
25. Movahedian H, Mohammadi A, Assadi A. Comparison of different advanced oxidation processes degrading P-chlorophenol in aqueous solution. *IJEHSE* 2009;6: 153-60.
26. Karimi B, Rajaei MS, Habibi M, et al. Effect of UV/H₂O₂ advanced oxidation processes for the removal of naphthalene from the water solution. *AMUJ* 2013;16(9): 50-64.
27. Yuan F, Hu C, Hu X, et al. Photodegradation and toxicity changes of antibiotics in UV and UV/H₂O₂ process. *J Hazard Mater* 2011;185(2-3): 1256-63.
28. Ku Y, Tu YH, Ma CM. Effect of hydrogen peroxide on the decomposition of monochlorophenols by sonolysis in aqueous solution. *Water Res* 2005;39(6): 1093-8.
29. Elmorsi TM, Riyad YM, Mohamed ZH, El Bary HMA. Decolorization of Mordant red 73 azo dye in water using H₂O₂/UV and photo-Fenton treatment. *J Hazard Mater* 2010;174(1): 352-8.
30. Georgiou D, Melidis P, Aivasidis A, Gimouhopoulos K. Degradation of azo-reactive dyes by ultraviolet radiation in the presence of hydrogen peroxide. *Dyes Pigm* 2002;52(2): 69-78.

Performance of UV/H₂O₂ Advanced Oxidation Process in Decolorization of Acid Green 3 from Aqueous Solutions

Reza Shokoohi¹, Mehdi Salari, Hossein Faraji, Abolfazl arabkoohsar^{*}, Roholla torkashvand

*Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health,
Hamadan University of Medical Health, Hamadan, Iran*

** E-mail: arabkoohsarf@gmail.com*

Received: 7 Jun. 2017 ; Accepted: 24 Jan. 2018

ABSTRACT

Background: Due to their polycyclic and toxic structure, dyes have a high ability in causing adverse acute and chronic effects on human exposed to them. In present study, the decolorization of acid green3 from aqueous solution by UV/ H₂O₂ method was investigated

Methods: This is an applied-experimental study. Parameters of pH in the amount of 3,7 and 11, contact time in 5,15, 30, 45 and 60 min, dose of H₂O₂ in 10, 30 and 50 mg/l and initial concentration of acid green3 in 50, 100 and 150 mg/l were examined to reveal the optimum amounts of these parameters. In order to emit the UV radiation, photo reactor with a 2-lit volume was applied, also to measure remaining concentration of dye, spectrophotometer device, model DR 5000 was employed. Chemical oxygen demand (COD) test based on 5220C method (standard method book) was used for determining amount of oxidation.

Results: Results showed that contact time = 60 min, pH=7, acid green concentration=50 mg/l and dose of H₂O₂ =30 mg/l are optimum condition at which the removal amounts of dye and COD were obtained about 97 and 85%, respectively.

Conclusion: In the study, it is observed that parameters of contact time, pH, initial concentration of dye, and dose of H₂O₂ have a significant influence on the removal of the dye by UV/H₂O₂ process. Due to acceptable results of UV/H₂O₂ in the oxidation of the dye and the reduction of COD, this method can be introduced as reliable process to remove of acid green 3 from industrial wastewaters.

Keywords: Advanced oxidation, UV Radiation, Hydrogen peroxide, Acid green 3, Aqueous solution