



کاربرد فرایند ازن زنی در حذف رنگ رآکتیو قرمز ۱۹۸ در شرایط قلیایی

نویسندگان: محمد تقی قانعیان* محمد حسن احرامپوش** قادر غنی زاده***
محسن عسکر شاهی**** سید مجتبی ممتاز*****

* استادیار بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد
** دانشیار بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد
*** استادیار بهداشت محیط، مرکز تحقیقات بهداشت و دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه... (عج)، تهران

**** عضو هیئت علمی گروه آمار حیاتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

***** نویسنده مسئول: دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد تلفن: ۰۹۱۳۲۵۸۸۳۵۳ Email: mojtaba.momtaz@yahoo.com

چکیده

سابقه و اهداف: فاضلاب های رنگی مهمترین معضل کارخانجات صنعت نساجی به شمار می روند که حاوی آلاینده هایی با ساختاری پیچیده و خصوصیات سمی، سرطان زایی، جهش زایی و عدم قابلیت تجزیه بیولوژیک هستند. این تحقیق با هدف بررسی کارایی حذف رنگ و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (Chemical oxygen demand) ناشی از رنگ رآکتیو قرمز ۱۹۸ طی فرایند ازن زنی در شرایط قلیایی خنثی انجام شده است.

روش بررسی: در این مطالعه میزان تأثیر pH های ۷، ۹، ۱۰ و ۱۱ در حذف رنگ و COD رنگ رآکتیو قرمز ۱۹۸ با غلظت ۲۵۰ میلی گرم در لیتر طی فرایند ازن زنی بررسی شده است. میزان حذف رنگ بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر UV-vis اندازه گیری شده و نتایج به دست آمده توسط نرم افزار آماری SPSS 16 و آزمون ANOVA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. میزان حذف COD نیز به روش رفلکس برگشتی مورد سنجش قرار گرفته است.

یافته ها: میزان حذف رنگ در pH های مختلف در طی ۶۰ دقیقه به بیش از ۹۶ درصد رسیده است. کارایی حذف رنگ در pH مختلف به تفکیک زمان های ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۶۰ دقیقه دارای اختلاف معنی داری با یکدیگر بوده است ($p < 0.05$) و با افزایش pH بهبود یافته است. راندمان حذف COD کمتر از راندمان حذف رنگ بوده و در طی زمان ۶۰ دقیقه در pH های ۷، ۹، ۱۰ و ۱۱ به ترتیب به ۳۱، ۴۰، ۴۳ و ۵۳ درصد رسیده است.

نتیجه گیری: با توجه به نتایج به دست آمده مشخص است که حذف سریع رنگ ناشی از واکنش مولکول های رنگ با ازن و رادیکال های هیدروکسیل تولیدی در شرایط قلیایی است اما حذف بیشتر COD تنها زمانی رخ می دهد که افزایش pH محلول منجر به تولید رادیکال های هیدروکسیل گردد.

واژه های کلیدی: سنتتیک نساجی، رنگ رآکتیو قرمز ۱۹۸، فرایند ازن زنی، شرایط قلیایی

طلوع بهداشت

فصلنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال نهم

شماره: دوم و سوم

تابستان و پاییز ۱۳۸۹

شماره مسلسل: ۲۹

تاریخ وصول: ۱۳۸۹/۱۱/۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۱۷

**مقدمه**

نمی شوند (۸,۹). از این رو رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ که در ترکیب خود دارای دو گروه رایج منوکلروتری آزین و سولفون است به عنوان آلاینده مدل انتخاب شده است (۱۰).

روش های مورد استفاده برای تصفیه فاضلاب های صنایع نساجی عبارتند از تصفیه بیولوژیکی، فیزیکی، شیمیایی و یا ترکیبی از این روش ها. به دلیل قابلیت تجزیه بیولوژیک کم رنگ های مصنوعی، سیستم های متداول تصفیه بیولوژیک فاضلاب دارای کارایی مناسبی در حذف رنگ نمی باشند. به همین دلیل معمولاً از فرایندها و روشهای متداول فیزیکی و شیمیایی نظیر انعقاد-لخته سازی، شناورسازی، فیلتراسیون غشایی، تجزیه الکتروشیمیایی، پرتودهی، رسوبدهی، ازن زنی، استفاده از امواج ماوراء صوت، احیاء شیمیایی، جذب سطحی بصورت مجزا و یا توأم با فرایندهای بیولوژیکی جهت حذف رنگ از فاضلاب صنعت نساجی استفاده می شود (۲). اکسیداسیون شیمیایی با استفاده از عواملی نظیر کلر، پراکسید هیدروژن و ازن می تواند بر معایب روش های دیگر غلبه نماید. از بین تمام روش های اکسیداسیون به نظر می رسد که ازن زنی یک روش کارآمد در تصفیه فاضلاب های رنگی باشد. ازن در اکثر کاربردهایش مانند حذف رنگ، ضدعفونی کردن، حذف بو و طعم و ترکیبات آلی موثر بوده و دارای خاصیت اکسید کنندگی بسیار قوی می باشد. در شرایط دما و فشار استاندارد، دارای حلالیت کم در آب بوده و ناپایدار است (۷). در ازن زنی فاضلاب های رنگی، مولکول های ازن با سرعت زیاد و به صورت انتخابی به پیوندهای غیر اشباع گروه های کروموفوری

رنگ ها ترکیبات آروماتیکی هستند که در بسیاری از صنایع از قبیل نساجی، دباغی، داروسازی، کاغذ و مقوا، صنایع غذایی و پلاستیک سازی مورد استفاده قرار می گیرند (۱). سالانه بیش از 7×10^4 تن رنگ در سراسر جهان تولید می شود که بخشی از آنها از طریق پساب های صنعتی دفع می شوند (۲,۳). حدود ۵۰ درصد رنگ های راکتیو، ۲۰-۸ درصد رنگ های دیسپرس و یک درصد پیگمنت های مورد استفاده از طریق پساب خروجی به محیط تخلیه می شوند (۴). این نوع فاضلاب ها معمولاً سمی، مقاوم به تجزیه بیولوژیک و پایدار در محیط زیست بوده و لذا روش های بیولوژیکی متداول برای حذف اغلب رنگ های سنتتیک، به دلیل ساختار حلقوی پیچیده و ماهیت مقاوم رنگ، مؤثر نیستند (۵,۶).

مطالعات نشان داده است که فاضلاب های نساجی دارای نسبت مطالعات نشان داده است که فاضلاب های نساجی دارای نسبت BOD (Biological oxygen demand) به COD پایین (۰/۱) بوده که ناشی از ماهیت غیر قابل تجزیه بیولوژیک رنگ ها است (۷). فاضلاب های رنگی با ورود به محیط های آبی باعث کاهش ظرفیت خودپالایی و جلوگیری یا کاهش فرایندهای فتوسنتزی شده و می توانند برای موجودات سمی و سرطان زا باشند (۴).

مدیریت فاضلاب های حاوی رنگ های راکتیو از دیدگاه زیست محیطی حائز اهمیت است. رنگ های راکتیو سولفوناته و بسیار محلول در آب بوده، جذب آنها بر روی توده های بیولوژیکی ضعیف است و تحت شرایط هوازی تجزیه



روش بررسی

رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ مورد استفاده در این تحقیق محصول شرکت دای استار و سایر مواد شیمیایی مورد استفاده در انجام آزمایشات محصول شرکت مرک آلمان بوده است. ویژگی های رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است (۱،۱۳).

در این مطالعه جهت سنجش غلظت رنگ از اسپکتروفتومتر (UV/Vis مدل Optima SP-3000 Plus، ژاپن) و جهت سنجش COD از روش رفلکس برگشتی مطابق با روش ۵۲۲۰D ارائه شده در کتاب روش های استاندارد آزمایش آب و فاضلاب استفاده شده است (۱۴). مطالعه فرایند ازن زنی در یک راکتور آزمایشگاهی استوانه ای شکل از جنس پلکسی گلاس با ارتفاع یک متر و حجم مفید یک لیتر انجام شده است (شکل ۱). ازن مورد نیاز توسط دستگاه ژنراتور ازن (NedGas Mk940) با استفاده از اکسیژن خالص به عنوان گاز ورودی تولید شده و مقدار تولید ازن توسط دستگاه و میزان ازن خروجی از سیستم بوسیله روش KI مورد سنجش قرار گرفت (۱۵).

این تحقیق یک مطالعه تجربی بوده و هدف از انجام آن بررسی میزان تأثیر pH بر حذف رنگ و COD از محلول های حاوی رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ در راکتور ناپیوسته بوسیله فرایند ازن زنی بوده است. قبل از انجام هر سری آزمایش برای اندازه گیری میزان ازن وارد شده به سیستم، شدت جریان ورود اکسیژن به ژنراتور ازن در حد ۱۰۰ ml/min تنظیم و ازن تولید شده وارد دو ظرف حاوی KI شده و میزان ازن تولید شده توسط ژنراتور اندازه گیری شد.

حمله کرده و باعث حذف سریع رنگ می شود (۴).

Yang و همکارانش (۱۱) در مطالعه ای در مورد ازن زنی نیتروبنزن بیان کردند که ازن در pH های قلیایی به آسانی به رادیکال هیدروکسیل تبدیل شده و نیتروبنزن را نسبت به شرایط اسیدی با کارایی بسیار بهتری حذف می کند.

Beltran و همکارانش (۱۲) در ازن زنی اسید اگزالیک مشاهده کردند که کارایی فرایند به دلیل اسیدی بودن محیط واکنش مناسب نبوده و فقط در صورت استفاده از کاتالیزور، راندمان حذف افزایش می یافت.

Pirgalioglu (۴) نیز در فرایند ازن زنی سه نوع رنگ به این نتیجه رسید که رادیکال های هیدروکسیل تولید شده در اثر تجزیه ازن در pH بالا یا اضافه کردن کاتالیزور موجب افزایش راندمان حذف می گردند.

رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از نظر ساختار جزء رنگ های منو آزو است که در حال حاضر در صنایع نساجی داخل کشور کاربرد بسیار گسترده ای دارد. با توجه به حجم بالای تولید فاضلاب های رنگی در کشور و اثرات سوء آنها، توسعه راهکارهای علمی مناسب برای تصفیه چنین فاضلاب هایی ضروری است.

در این راستا مطالعه حاضر با هدف امکان کاربرد ازن در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ و مواد آلی مرتبط با آن از فاضلاب سنتتیک در محیط های قلیایی و مقایسه آن با شرایط محیطی خنثی انجام شده است زیرا pH محلول ها در فرایندهای اکسیداسیون یک عامل تعیین کننده به شمار رفته و تجزیه ازن در آب نیز کاملاً به pH وابسته بوده و با افزایش آن تسریع می شود (۱۱).

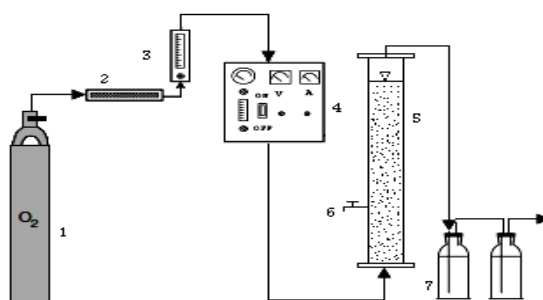


محلول به راکتور، جریان ازن از پائین به راکتور منتقل شد. نمونه های لازم در فواصل زمانی ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۶۰ دقیقه از راکتور برداشته شده و پس از اندازه گیری میزان جذب آن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV-vis، میزان غلظت رنگ باقی مانده در نمونه با استفاده از بهترین خط برازش بدست آمده از منحنی استاندارد رنگ مورد نظر مشخص گردید. میزان حذف COD نیز پس از پایان زمان واکنش (۶۰ دقیقه) مورد سنجش قرار گرفت.

میزان تولید ازن به ازاء شدت جریان اکسیژن ۱۰۰ ml/min معادل ۰/۱۱ g/hr بوده است. قبل از انجام آزمایشات محلول مادر رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ با غلظت ۱۰۰۰ mg/l تهیه شده و غلظت های مورد نظر در آزمایش (۱۰۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر) به حجم یک لیتر توسط رقیق سازی محلول مادر تهیه شده و پس از تنظیم pH محلول در مقادیر مورد نظر (۷، ۹، ۱۰ و ۱۱) بوسیله افزودن هیدروکسید سدیم، به راکتور انتقال یافت. پس از انتقال

جدول ۱: مشخصات رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸

	ساختار شیمیایی
منوآزو	نوع رنگ
$C_{27}H_{18}ClN_7Na_4O_{15}S_5$	فرمول شیمیایی
۹۶۷/۵	وزن مولکولی (g/mol)
۵۱۸	طول موج حداکثر جذب (nm)



شکل ۱: طرح شماتیک راکتور مورد استفاده و متعلقات آن. ۱- کپسول حاوی اکسیژن، ۲- محفظه خشک کن، ۳- فلومتر، ۴- ژنراتور ازن، ۵- راکتور، ۶- شیر برداشت نمونه و ۷- محلول KI



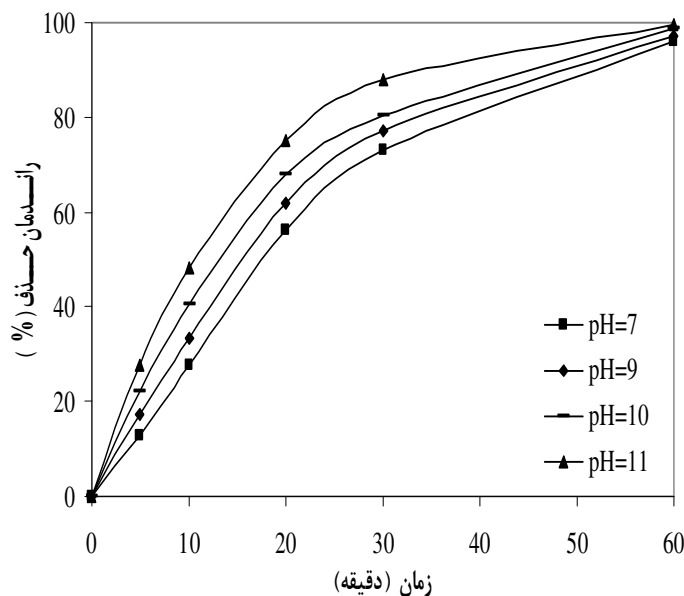
یافته ها

دست آمده از نمونه برداری در فواصل زمانی ذکر شده در pH

های مختلف اختلاف معنی داری وجود دارد ($P < 0/05$). شکل ۳ نیز نشان می دهد که سینتیک واکنش از سینتیک درجه اول پیروی کرده و مقادیر ثابت سرعت واکنش در pH های ۷، ۹، ۱۰ و ۱۱ به ترتیب به ۰/۰۵۵، ۰/۰۰۶، ۰/۰۷۲ و ۰/۰۸۸ بر دقیقه بوده که نشان دهنده افزایش سرعت واکنش با افزایش pH می باشد.

میزان حذف COD نیز پس از پایان زمان واکنش (۶۰ دقیقه) مورد سنجش قرار گرفته و نتایج آن در شکل شماره ۴ ارائه شده است. نتایج به دست آمده نشان می دهند که اگرچه راندمان حذف رنگ در pH های مختلف در پایان زمان واکنش بیش از ۹۰ درصد بوده است اما میزان حذف COD در pH های ۷، ۹، ۱۰ و ۱۱ در زمان ۶۰ دقیقه به ترتیب ۳۱، ۴۰، ۴۳ و ۵۳ درصد بوده است.

در این تحقیق به منظور بررسی نقش pH در حذف رنگ، از pH های ۷، ۹، ۱۰ و ۱۱، غلظت اولیه رنگ برابر با ۲۵۰ mg/l و دز ازن ۰/۱۱ g/hr استفاده شده و نتایج آن در شکل و جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به نتایج با افزایش pH راندمان حذف رنگ نیز افزایش می یابد به نحوی که حذف رنگ در زمان ۲۰ دقیقه در pH های ۷، ۹، ۱۰ و ۱۱ به ترتیب به ۷۵/۱، ۶۷/۹، ۶۱/۹، ۵۶/۴ درصد و در زمان ۶۰ دقیقه نیز به ترتیب به ۹۸/۶، ۹۷/۲، ۹۶/۱ و ۹۹/۵ درصد رسیده است. نتایج به دست آمده از نمونه برداری در زمان های ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۶۰ دقیقه با استفاده از آزمون ANOVA مورد تفسیر قرار گرفته و نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به نتایج ارائه شده مشخص است که بین نتایج به

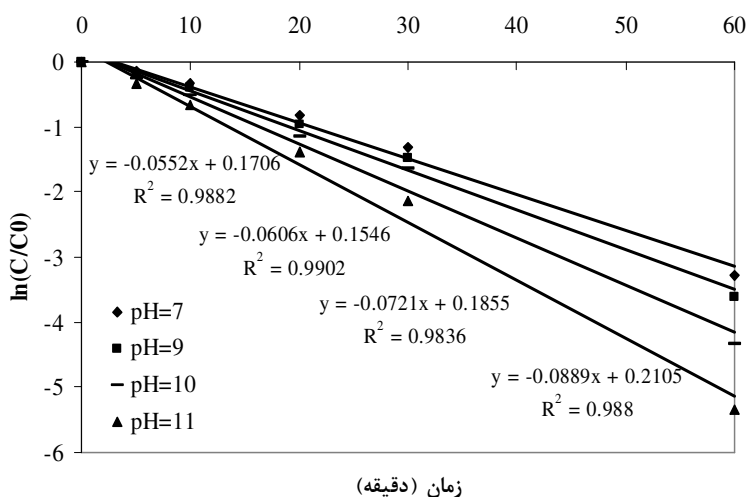


شکل ۲: میزان تاثیر pH بر فرایند اکسیداسیون رنگ RR ۱۹۸ (غلظت اولیه رنگ، ۲۵۰ mg/l = غلظت اولیه رنگ، ۰/۱۱ g/hr = دز ازن).

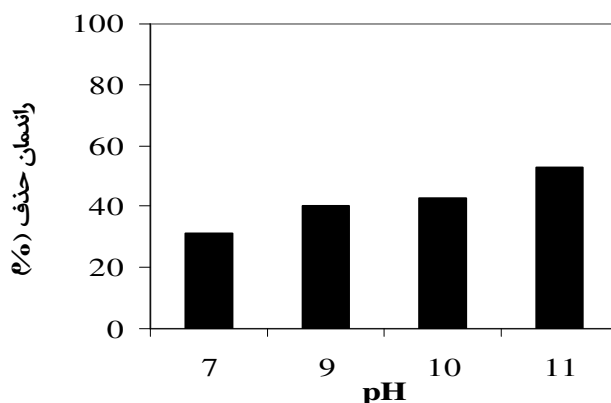


جدول ۲: مقایسه کارائی pHهای مختلف در حذف رنگ بر حسب زمان

P	Mean±SE (mg/l)	Min-Max (mg/l)	pH	زمان (دقیقه)
<۰/۰۰۱	۲۱۸/۱±۳/۲	۲۱۵/۸-۲۲۰/۴	۷	۵
	۲۰۷±۱/۸	۲۰۵/۲-۲۰۸/۸	۹	
	۱۹۴/۳±۲/۴	۱۹۱/۹-۱۹۶/۷	۱۰	
	۱۸۰/۳±۱/۶	۱۷۸/۳-۱۸۱/۹	۱۱	
<۰/۰۰۱	۱۸۰/۱±۱/۸	۱۷۸/۳-۱۸۱/۹	۷	۱۰
	۱۶۶/۲±۲/۲	۱۶۴-۱۶۸/۴	۹	
	۱۴۸/۲±۲/۲	۱۴۶-۱۵۰/۴	۱۰	
	۱۲۹/۸±۱/۸	۱۲۸-۱۳۱/۶	۱۱	
<۰/۰۰۱	۱۰۸/۹±۱/۷	۱۰۷/۲-۱۱۰/۶	۷	۲۰
	۹۵/۱±۲/۴	۹۲/۷-۹۷/۵	۹	
	۸۰/۱±۱/۶	۷۸/۵-۸۱/۷	۱۰	
	۶۲/۱±۱/۷	۶۰/۴-۶۳/۸	۱۱	
<۰/۰۰۱	۶۷/۱±۱/۲	۶۵/۹-۶۸/۳	۷	۳۰
	۵۷/۳±۱/۳	۵۶-۵۸/۶	۹	
	۴۸/۷±۰/۸	۴۷/۹-۴۹/۵	۱۰	
	۲۹/۶±۱/۲	۲۸/۴-۳۰/۸	۱۱	
<۰/۰۰۱	۹/۷±۰/۵	۹/۲-۱۰/۲	۷	۶۰
	۶/۸±۰/۶	۶/۲-۷/۴	۹	
	۳/۴۸±۰/۶	۲/۸۸-۴/۰۸	۱۰	
	۱/۲±۰/۵	۰/۷-۱/۷	۱۱	



شکل ۳: پراکنش و خط رگرسیونی برازش شده کاهش غلظت رنگ و زمان بر حسب سطوح مختلف pH



شکل ۴: میزان تاثیر pH بر حذف COD

بحث و نتیجه گیری

ازن مواد آلی موجود در آب را از طریق دو مکانیسم واکنش مستقیم (اثر ازن مولکولی بر گروه های عامل خاص از آلانده ها) و واکنش غیر مستقیم (تجزیه ازن و تولید رادیکال هیدروکسیل) تخریب می کند (۱۶). واکنش ازن مولکولی با مواد آلی معمولاً منجر به تشکیل آلدئیدها و اسیدهای کربوکسیلیک می شود که هیچ کدام دیگر با ازن وارد واکنش

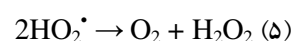
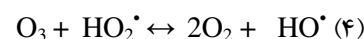
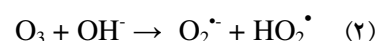
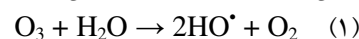
نمی شوند. یکی از محدودیت های مهم استفاده از ازن نیز همین مطلب است که قادر به معدنی کردن کامل مواد آلی نمی باشد. علاوه بر این واکنش های اکسیداسیون ازن تا حدودی کند و انتخابی است. بنابراین در صورتی که سرعت عملکرد ازن به اندازه کافی زیاد نباشد می توان از فرایندهایی استفاده کرد که منجر به تولید رادیکال می شوند (۱۵). تجزیه ازن در آب کاملاً به pH وابسته بوده و با بالا رفتن آن تسریع می گردد. ازن در



فواصل زمانی بلند مدت میزان حذف در pH های مختلف به یکدیگر نزدیک می شود. با توجه به نتایج ارائه شده در شکل ۲ نیز این مطلب مشاهده می شود که راندمان حذف رنگ در زمان ۶۰ دقیقه به یکدیگر نزدیک شده است به نحوی که راندمان حذف در pH های مختلف بیش از ۹۶ درصد بوده است. این پدیده می تواند به کاهش pH و خنثی شدن محلول در اثر تولید محصولات میانی واسطه اسیدی از قبیل اسیدهای کربوکسیلیک مرتبط باشد (۱۶).

میزان اثر pH بر روی حذف COD و معدنی شده رنگ ۱۹۸ RR در فرایند ازن زنی نیز در شکل ۴ ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می شود راندمان حذف COD نسبت به راندمان حذف رنگ بسیار کمتر بوده اما با افزایش pH افزایش می یابد. در pH=۷ فقط ازن مولکولی با مولکول رنگ واکنش می دهد، ازن مولکولی به دلیل دارا بودن واکنش های انتخابی قادر به معدنی کردن کامل مواد آلی نمی باشد (۱۵). به همین دلیل بر اساس نتایج میزان حذف COD در این pH تنها به ۳۱ درصد رسیده است. اما افزایش pH موجب افزایش تولید رادیکال های هیدروکسیل که به طور غیر انتخابی با مواد واکنش می دهند، شده و تا حدودی موجب افزایش راندمان حذف COD می گردد. Selena Maria و همکارانش (۱۸) بیان کردند که تولید محصولات میانی از جمله اسید استیک، آلدهیدها و کتون ها که به سختی قابل اکسید شدن هستند موجب کاهش راندمان حذف COD می گردد. Zhang و همکارانش (۲) نیز مشاهده کردند که معدنی شدن رنگ متیلن بلو در فرایند ازن زنی به آهستگی صورت می گیرد اما افزایش کاتالیزور موجب افزایش

شرایط قلیایی نسبت به شرایط اسیدی با سهولت بیشتری به رادیکال های هیدروکسیل تبدیل می شود زیرا یون های هیدروکسید نقش آغاز کننده واکنش های زنجیره ای تجزیه ازن و تولید رادیکال های هیدروکسیل را ایفا می کنند. میزان کارایی تجزیه مواد آلی در pH های قلیایی ($pH > 10$) تقریباً مشابه میزان حذف در ازن زنی کاتالیزوری می باشد (۱۱). واکنش های زنجیره ای پنج مرحله ای تجزیه ازن در آب که منجر به تشکیل رادیکال های هیدروکسیل می شوند عبارتند از (۴):



همانگونه که در شکل ۲ نشان داده شده است افزایش pH موجب افزایش سرعت حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ شده که می تواند ناشی از تولید رادیکال های آزاد هیدروکسیل باشد. در مطالعه انجام شده توسط موسوی و همکارانش (۱) نیز نتایج مشابهی گزارش شده است. آنها کارایی بهتر حذف رنگ در pH های قلیایی را به تشکیل رادیکال های هیدروکسیل که دارای پتانسیل اکسیداسیون-حیاء بیشتری نسبت به ازن مولکولی هستند مرتبط می دانند. Yixin Yang و همکارانش (۱۱) نیز بیان کردند که سرعت حذف نیتروبنزن توسط ازن در pH=۲ بسیار پایین بوده ولی با افزایش pH میزان حذف نیز افزایش یافته است. Srinivasan و همکارانش (۱۷) نیز اظهار داشتند که افزایش pH در فواصل زمانی کوتاه مدت موجب افزایش سرعت حذف رنگ های چرمی توسط ازن می شود اما در



بی رنگ نماید. این مطالعه در ۴ سطح مختلف pH انجام گرفته و مشاهده شد که با افزایش pH میزان کارایی فرایند، افزایش می یابد زیرا افزایش pH و یون های هیدروکسید موجب آغاز و تسریع واکنش های زنجیره ای تجزیه ازن و تولید رادیکال هیدروکسیل می گردد.

راندمان حذف COD شده است. آنها راندمان بیشتر حذف رنگ نسبت به حذف COD را به این دلیل دانستند که تخریب گروه های کروموفوری راحت تر از تبدیل مواد آلی به CO_2 و H_2O صورت می گیرد. بر اساس نتایج ازن یک عامل اکسید کننده قوی است که می توان فاضلاب های رنگی سنتتیک را در مدت زمان کوتاهی

References

- 1- Moussavi G, Mahmoudi M. Degradation and biodegradability improvement of the reactive red 198 azo dye using catalytic ozonation with MgO nanocrystals. *Chemical Engineering Journal* 2009; 152: 1–7[Persian].
- 2- Zhang J, Lee K, Cui L, Jeong T. Degradation of methylene blue in aqueous solution by ozone-based processes. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 2009; 15: 185–189.
- 3- Mahmoodi N M, Arami M, Yousefi N. Photocatalytic degradation of triazinic ring-containing azo dye (Reactive Red 198) by using immobilized TiO_2 photoreactor: Bench scale study. *Journal of Hazardous Materials* 2006; B133: 113-118[Persian].
- 4- Pirgalioglu S, zbelge T. Comparison of non-catalytic and catalytic ozonation processes of three different aqueous single dye solutions with respect to powder copper sulfide catalyst. *Applied Catalysis A: General* 2009; 363: 157–163.
- 5- Dince, A R, Gunesn Y, Karakaya N. Coal-based bottom ash (CBBA) waste material as adsorbent for removal of textile dyestuffs from aqueous solution. *J. Hazard. Mater* 2007; 141: 529-535.
- 6- Ledakowicz S, Solecka M, Zylla R. Biodegradation, decolourisation and detoxification of textile wastewater enhanced by advanced oxidation processes. *Journal of Biotechnology* 2001; 89: 175–184.
- 7- Chao H, Yun Y, Xing F H, Larbot A. Influence of silver doping on the photocatalytic activity of titania films. *Applied Surface Science* 2002; 239–247.
- 8- Lee Y H, Pavlostathis S G. Decolorization and toxicity of reactive anthraquinone textile dyes under methanogenic conditions. *Water Research* 2004; 38: 1838–1852.
- 9- Andrade L S, Ruotolo L A M, Rocha-Filho R, Bocchi N, Biaggio S R, Iniesta J, Montiel V. On the performance of Fe and Fe,F doped Ti–Pt/PbO₂ electrodes in the electrooxidation of the Blue Reactive 19 dye in simulated textile wastewater. *Chemosphere* 2007; 66: 2035–2043.



- 10- Hsin Wu C. Effects of sonication on decolorization of C.I. Reactive Red 198 in UV/ZnO system. *Journal of Hazardous Materials* 2008; 153: 1254–1261.
- 11- Yang Y, Ma J, Qin Q, Zhai X. Degradation of nitrobenzene by nano-TiO₂ catalyzed ozonation. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 2007; 267: 41–48.
- 12- Beltran F, Rivas F, Montero-de-Espinosa R. A TiO₂/Al₂O₃ catalyst to improve the ozonation of oxalic acid in water. *Applied Catalysis B: Environmental* 2004; 47: 101–109.
- 13- Janus M, Kusiak E, Choina J, Ziebro H, Morawski A W. Enhanced adsorption of two azo dyes produced by carbon modification of TiO₂. *Desalination* 2009; 249: 359–363.
- 14- Andrew D, Arnold E, Lenore S, et al. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st ed, USA: American Public Health Association. 2005: 5220-D.
- 15- Nawrockia J, Kasprzyk-Hordern B. The efficiency and mechanisms of catalytic ozonation, Review. *Applied Catalysis B: Environmental* 2010; 99: 27-42.
- 16- Brltran F, Rivas F, Spinosa R M. Catalytic ozonation of oxalic acid in an aqueous TiO₂ slurry reactor. *Applied Catalysis. B. Environmental* 2002; 39: 221-231.
- 17- Srinivasan S V, Rema T, Chitra K, Balakameswari K, Suthanthararajan R, Maheswari B U, Ravindranath R, Rajamani s. Decolourisation of leather dye by ozonation. *Desalination* 2009; 235: 88–92.
- 18- De Souza S M, Bonilla K A, De Souza A A. Removal of COD and color from hydrolyzed textile azo dye by combined ozonation and biological treatment. *Journal of Hazardous Materials* 2010; 179: 35–42.



Application of Ozonation on the removal of Reactive Red 198 dye at alkaline Condition

Ghaneian MT^{*}(Ph.D) Ehrampoush MH^{**}(Ph.D) Ganizadeh Gh^{***}(Ph.D) Askar Shahi M^{****}(Ph.D)
Momtaz M^{*****}(M.Sc)

*Assistant Professor, Dept.of Environment Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences yazd.

**Associate Professor, Dept.of Environment Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences yazd.

***Assistant Professor of Environmental Health, Health Research Center and Health School, Baqiyatallah University of Medical Sciences. Tehran.

**** Faculty Member of Biostatistics, Dept. of Environmental Health. Faculty of Public Health, Yazd University of Medical Sciences. Yazd.

*****Corresponding Author: Graduate Student in Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences yazd.Email:mojtaba.momtaz@yahoo.com

Abstract

Background: Dyes are the most important pollutants of textile industries which have complex structures as well as toxic, carcinogenic, teratogenic and nonbiodegradable properties. This research was performed to compare the efficacy of removal and mineralization of Reactive Red 198 dye at alkaline and neutral pH.

Methods: The effect of different pH: 7,9,10 and 11 in dye and COD removal from 250 mg/l aqueous solution of RR198 was evaluated. Dye removal efficiency was measured by UV-vis spectrophotometer and data were analyzed using SPSS16, via statistical tests including One-Way ANOVA. COD removal efficiency was also measured by closed reflex method.

Results: Dye removal efficiency was higher than 96% in all different types of pH and also showed significant difference in different time intervals ($P<0.05$). COD removal was lower than dye removal and in different types of pH: 7, 9, 10 and 11 which after 60 minutes of reaction reached to 31, 40, 43 and 53% respectively.

Conclusion: From the collected data it is obvious that rapid dye removal is due to the reaction of both molecular ozone and free radicals with dye molecules but more COD was removed only after the generation of hydroxyl radicals via pH elevation.

Keywords: Textile wastewater, Reactive Red 198 dye, Ozonation process, Alkaline condition