Archive of SID

# بررسی فرآیند حذف ارتو کروزول از پساب های صنعتی به روش اکسیداسیون پیشرفته

رسول فلاح باران دوست[۱]، علی اکبر عظیمی[۲]، محمد رضا قانع[۳]، مریم جوادی اصل[۴]

۱- منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی، اداره محیط زیست سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی

Barandoust_env@yahoo.com

## چکیده

فرآیند اکسیداسیون پیشرفته به عنوان یک تکنولوژی کارآمد محسوب می شود که در آن مواد اکسید کننده شیمیایی نظیر رادیکال های هیدروکسیل به مقدار بهینه و کافی تولید می شوند تا به طور قابل ملاحظه ای اکسیداسیون و تخریب محدوده وسیعی از آلودگی های آلی را بهبود بخشند. مزیت اصلی روش در این است که می تواند مواد آلی را به طور کلی یا جزئی در درجه حرارت محیط به حدواسط های بی ضرر مختلف و یا محصولات نهایی(دی اکسید کربن و آب) تخریب نماید. در این تحقیق، کاربرد سیستم های ازن/پرتو فرابنفش و ازن/پراکسید هیدروژن / پرتو فرابنفش برای تجزیه و تخریب ارتوکروزول در یک رآکتور فوتولیتیک ناپیوسته به حجم ۲ لیتر و مجهز به یک لامپ فشار متوسط جیوه ای ۳۰۰ وات در مقیاس آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. در منبع تولید کننده ازن، هوا به عنوان خوراک اولیه دستگاه پس از انجام فعل و انفعالات الکتریکی به ازن تبدیل می شود. تاثیر پارامترهای مختلف نظیر pH محلول، غلظت پراکسید هیدروژن، مقدار میلی مولهایازن تزریقی، غلظت اولیه ارتوکروزول و زمان های تابش دهی پرتو فرابنفش مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که درمیان نسبت های مولی متفاوت پراکسید هیدروژن به ارتو کروزول (۱۵۰-۱۲) نسبت ۶۳ (۰/۰۵۸ مول بر لیتر پراکسید هیدروژن) به عنوان نسبت بهینه می باشد. همچنین در میان میلی مول های متفاوت ازن تزریقی به محلول (۰/۰۶ – ۰/۰۰۶ میلی مول بر دقیقه) میزان ۰/۰۳۱ میلی مول بر دقیقه از ازن به عنوان نسبت بهینه بدست آمد. نتایج آزمایشات نشان داد که در سیستم ازن/ پرتو فرابنفش در شرایط بهینه در محیط بازی( pH=10) ، غلظت ۰/۰۵۸ مولار پراکسید هیدروژن، ۰/۰۱۳۱ میلی مول بر دقیقه ازن تزریقی و غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر ارتو کروزول راندمان حذف پس از مدت زمان ۸۰ دقیقه به ۹۹/۹ درصد رسیده است. در سیستم ازن/ پراکسید هیدروژن/ پرتو فرابنفش نتایج آزمایشات حاکی از آن است که در شرایط بهینه در محیط خنثی( pH=7) ، غلظت ۰/۰۵۸ مولار پراکسید هیدروژن، ۰/۰۱۳۱ میلی مول بر دقیقه ازن تزریقی و غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر ارتو کروزول راندمان حذف پس از مدت زمان ۳۵ دقیقه به ۹۹/۹ درصد رسیده است و این نشان دهنده آن است که سیستم ازن/پراکسید هیدروژن/پرتو فرابنفش کارایی بالاتری نسبت به سیستم ازن/ پرتو فرابنفش در حذف ارتوکروزول از محیط آبی دارد.

**واژه های کلیدی:** ارتوکروزول، اکسیداسیون پیشرفته، ازن، هیدروژن پراکسید، پرتو فرابنفش

---

۱-کارشناسی ارشد شیمی تجزیه، رئیس آزمایشگاه محیط زیست سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی

۲- دکتری تخصصی بهداشت، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران

۳- کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، سرپرست محیط زیست سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی

۴-کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، کارشناس ارشد فرآیند HD مجتمع پتروشیمی امیرکبیر



www.SID.ir

Archive of SID

## ۱- مقدمه

ارتوکروزول یا ۲- متیل فنل با فرمول مولکولی $C_7H_8O$یکی از انواع کروزول ها می باشد که عموما" به صورت جامد کریستالی و شفاف می باشد. دارای وزن مولکولی ۱۰۸/۱۴ گرم بر مول، نقطه ذوب ۲۹/۸ درجه سانتی گراد و نقطه جوش ۱۹۱ درجه سانتیگراد می باشد.حلالیت ارتوکروزول به میزان ۲/۵ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر آب در دمای۲۵ درجه سانتی گراد است[۱]. این ماده و مشتقات آن در ساخت برخی رزین ها و پوشش های حفاظتی چوب، گندزداها و برخی معرف های آزمایشگاهی کاربرد دارد. همچنین به عنوان تثبیت کننده و تقویت رنگ پذیری بعضی مواد از قبیل پلی اولفین ها، پلی استرها و صنایع دارویی و پوشش های حفاظتی صنعتی و برخی چسب ها مورد استفاده قرار می گیرد.

بررسی دقیق و ارایه راهکارهای مناسب جمع آوری، تصفیه و دفع پساب های حاوی ترکیبات فنلی و مشتقات آنها از اهمیت خاصی برخوردار است. در بین ترکیبات شیمیایی موجود در پساب های صنعتی فنل ها و مشتقات آنها از قبیل کروزول ها، از ترکیبات فراگیری می باشند که علاوه بر اینکه از طرق مختلف وارد منابع آبی می شوند، بدلیل ساختاری که دارند در اکثر پساب های شیمیایی یافت می شوند و به دلیل پایداری در محیط و مشکلات بهداشتی که بوجود می آورند مورد توجه خاص قرار دارند.بنابراین لزوم تصفیه فاضلاب خروجی واحد های مختلف صنایع تولید کننده این مواد ضروریست. سوزانیدن، رها سازی در هوا، جذب سطحی، اکسیداسیون تر، اکسیداسیون الکتروشیمیایی، اکسیداسیون بیولوژیکی و اکسیداسیون شیمیایی پیشرفته مهم ترین روشهای تصفیه ترکیبات آلی از جمله کروزول ها می باشند[۲]. از میان روشهای مختلف فوق فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته کاربرد وسیعی در تجزیه و تخریب مواد آلی دارند. فرآیند اکسیداسیون پیشرفته به عنوان فرآیندی تعریف می شود که در آن مواد اکسید کننده شیمیایی نظیر رادیکال های هیدروکسیل به مقدار کافی و بهینه تولید می شوند تا به طور قابل ملاحظه ای اکسیداسیون و تخریب محدوده وسیعی از ترکیبات آلی را در محیط آبی بهبود بخشد. مزیت اصلی این فرآیند در آن است که می تواند مواد آلی را به طور کلی یا جزئی در درجه حرارت محیط بوسیله تبدیل به حدواسط های بی ضرر مختلف و یا محصولات نهایی(دی اکسید کربن و آب) تخریب نماید.در کل فرآیند اکسیداسیون پیشرفته شامل دو مرحله است. مرحله اول شامل تشکیل اکسیدانهای قوی نظیر رادیکال های هیدروکسیل و مرحله دوم واکنش این اکسیدانها با آلودگی های مختلف در محیط های آبی می باشد[۳]. به هر حال اصطلاح اکسیداسیون پیشرفته به طور تخصصی به فرآیندی گفته می شود که در آن اکسیداسیون آلودگی های آلی از طریق واکنش هایی اتفاق می افتد که با رادیکال هیدروکسیل انجام می شود.

در کاربردهای تصفیه آب و پساب، فرآیند اکسیداسیون پیشرفته معمولا" یک زیر مجموعه ای از فرآیند هایی است که در آنها ازن($O_3$)، هیدروژن پراکسید($H_2O_2$) و یا پرتو فرابنفش(UV) دخالت دارند. تمامی این فرآیندها رادیکال هیدروکسیلیتولید می نمایند که باعث تجزیه و تخریب محدوده وسیعی از آلودگی های آلی می شود. بنابراین موثر بودن یک فرآیند اکسیداسیون پیشرفته با توانایی آن در تولید رادیکال های هیدروکسیل رابطه مستقیم دارد[۴]. ازن نیز یک اکسنده قوی محسوب می شود که به سرعت با اکثر آلودگی ها سمی واکنش می دهد و محصولاتی با درجه سمیت پایین تر تولید می نماید. واکنش بین رادیکال هیدروکسیل و بسیاری از آلودگی های آلی به سرعت اتفاق می افتد. به هر حال نتیجه این واکنش به طور مستقیم تولید دی اکسید کربن و آب نیست اما قادر است محصولات جانبی اکسایشی تولید نماید که می توانند به میزان بیشتر و موثر تری با رادیکال هیدروکسیل واکنش دهند[۵]. پرتو فرابنفش نیز می تواند یکی از عوامل تاثیر گذار بر فرآیند اکسیداسیون پیشرفته باشد. این پرتو دارای محدوده طول موجی بین ۱۰۰ تا ۳۸۰ نانومتر می باشد که انرژی تولید شده توسط پرتو فرابنفش می تواند براحتی توسط مولکول های واکنش دهنده جذب شود و با عبور از محل های تحریک شده در داخل مولکول پیشرفت واکنش ها را در زمان کوتاهتری تسریع بخشد[۶].



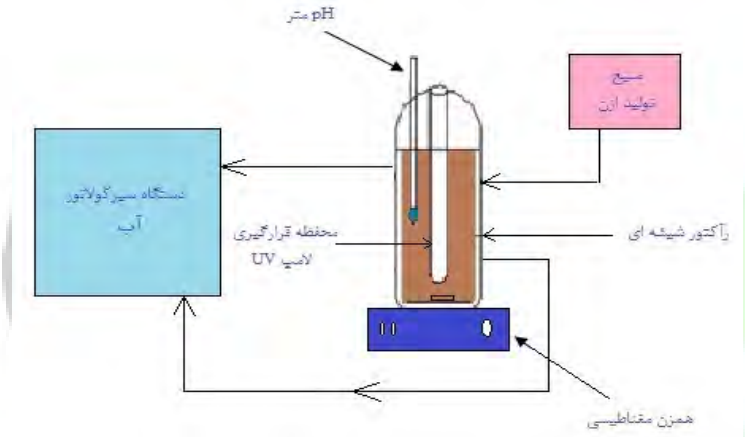
www.SID.ir

Archive of SID

هدف از انجام این تحقیق، بررسی حذف ارتوکروزول از پساب های صنعتی با استفاده از دو سیستم ازن/پرتو فرابنفش و ازن/پراکسیدهیدروژن/ پرتو فرابنفش می باشد که در آن تاثیر پارامترهای مختلف بر کارآیی فرآیند حذف مورد بررسی قرار می گیرد.

## ۲- مواد و روش ها

این تحقیق به صورت پایلوت در مقیاس آزمایشگاهی و به طور ناپیوسته راهبری گردید. رآکتور به شکل استوانه ای و به حجم مفید ۲ لیتر و به صورت دو جداره بوده که در جدار خارجی آن جریان آب با دمای ثابت توسط دستگاه سیرکولاتور آب تامین می شود. پرتو فرابنفش مورد استفاده در این تحقیق توسط لامپ تابش پرتو فرابنفش بخار جیوه ای از نوع فشار متوسط ۳۰۰ وات تامین می گردید. این لامپ درون پوشش کوارتزی بسیار شفاف در امتداد ارتفاع رآکتور و به صورت مرکزی داخل رآکتور محتوی محلول پساب به حجم ۲ لیتر قرار داده شد. از دستگاه ازن ژنراتور به عنوان منبع تامین کننده ازن استفاده شد که در این دستگاه، هوا به عنوان خوراک اولیه وارد آن می شود که پس از انجام یکسری فعل و انفعالات الکتریکی تبدیل به ازن می شود. ازن تولید شده از طریق یک دیفیوزر وارد رآکتور می شود. شکل ۱ شمای کلی رآکتور پرتو فرابنفش و سایر تجهیزات مرتبط با آن را نشان می دهد.




**شکل( ۱): طرح شماتیک رآکتور**

در این تحقیق تاثیر پارامترهای مختلف نظیر pHمحلول، غلظت اولیه ارتوکروزول، مقدار میلی مولهای متفاوت ازن، غلظت های متفاوت پراکسید هیدروژن و زمانهای تابش دهی پرتو فرابنفش در دو سیستم ازن/پرتو فرابنفش وازن/پراکسید هیدروژن/پرتو فرابنفش مورد بررسی قرار گرفت. برای شروع کار در سیستم ازن/پرتو فرابنفش برای یک غلظت ثابت ارتوکروزول در pH خنثی از میلی مول های مختلف ازن تزریقی به محلول استفاده گردید. سپس با بدست آوردن مقدار بهینه ازن تزریقی به محلول اثر سایر پارامترهای متغیر بررسی گردید. همچنین برای شروع کار با سیستم ازن/ پراکسیدهیدروژن/پرتو فرابنفش در pH خنثی و میلی مولهای بهینه و ثابت ازن تزریقی در یک غلظت ثابت ارتوکروزول از غلظت های متفاوت پراکسید هیدروژن استفاده گردید. سپس با بدست آوردن نسبت بهینه پراکسید هیدروژن به ارتوکروزول تاثیر سایر پارامترهای متغیر در حذف ارتوکروزول مورر بررسی قرار گرفت. به منظور فراهم نمودن یک محلول همگن و توزیع بهتر رادیکال های هیدروکسیل تولید شده در حین فرآیند اکسیداسیون پیشرفته از یک مگنت مناسب در داخل محلول استفاده گردید و کل رآکتور روی یک دستگاه همزن مغناطیسی قرار داده شد تا یک شرایط همگن برای محلول ارتوکروزول و سایر مواد افزودنی نظیر هیدروکسید سدیم و اسید سولفوریک یک نرمال به منظور کنترل pH، پراکسید هیدروژن و همچنین پخش مناسب ازنتزریقی در محلول



www.SID.ir

Archive of SID

فراهمشود.برای اینکه هر یک از فرآیندهای ازن/پرتو فرابنفش و ازن/پراکسید هیدروژن/پرتو فرابنفش دارای راندمان بالایی در حذف ارتوکروزول از محیط آبی باشند بایستی کلیه پارامترهای موثر بر فرآیند حذف به طور بهینه تعیین می شدند. بدین منظور برای تعیین میزان ازن تزریقی بهینه در سیستم ازن/پرتو فرابنفش از میلی مولهای مختلف ازن تزریقی (۰/۰۶۲-۰/۰۵۶-۰/۰۴۴-۰/۰۳۱-۰/۰۲۵-۰/۰۱۸-۰/۰۰۶ میلی مول در دقیقه) در محدوده pH خنثی و غلظت ثابت ارتوکروزول(۱۰۰ میلی گرم بر لیتر) استفاده شده است لازم به ذکر است که مقادیر میلی مول های ازن تزریقی به یک لیتر پساب حاوی ارتوکروزول با غلظت مشخص افزوده شده است.

برای تعیین نسبت مولی بهینه پراکسید هیدروژن در سیستم ازن/پرتو فرابنفش/پراکسید هیدروژن از غلظت های مختلف پراکسید هیدروژن (۰/۱۴-۰/۱۲-۰/۹۳-۰/۵۸ -۰/ ۰/۰۳۴ -۰/۰۱۱ مول بر لیتر) استفاده گردید. به منظور بررسی تاثیر غلظت های مختلف پراکسید هیدروژن از یک غلظت ثابت ارتوکروزول(۱۰۰ میلی گرم بر لیتر) و مقدار میلی مول های بهینه ازن تزریقی به محلول در یک pH خنثی استفاده گردید. برای تعیین بهترین محیط برای انجام واکنش که در آن راندمان بالایی از حذف ارتوکروزول داشته باشیم از سه محدوده واکنش اسیدی(pH=3)، خنثی(pH=7)و بازی(pH=10) در محلولی با غلظت ثابت ارتوکروزول(۱۰۰ میلی گرم بر لیتر)، میلی مولهای بهینه ازن تزریقی و نسبت مولی بهینه پراکسید هیدروژن به ارتوکروزول استفاده گردید. برای تعیین تاثیر غلظت اولیه ارتوکروزول بر کارآیی فرآیند حذف در هر یک از سیستم های ازن/پرتو فرابنفش و ازن/پراکسید هیدروژن/پرتو فرابنفش غلظت های مختلف ارتوکروزول (۴۰۰-۳۰۰-۲۰۰-۱۰۰-۵۰-۲۵ میلی گرم بر لیتر) در ناحیه pH بهینه از مرحله قبل و میلی مولهای ازن تزریقی بهینه و غلظت پراکسید هیدروژن که در مراحل قبل بهینه گردید استفاده شد.مقدار ارتوکروزول موجود در نمونه های مورد بررسی مطابق روش 5530D از کتاب روش های استاندارد آزمایشات آب و فاضلاب و به روش رنگ سنجی توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر دو پرتوی در طول موج ۵۰۳ نانومتر اندازه گیری شد[۷].

## ۳- بحث و نتایج

### ۳-۱- کارایی سیستم ازن/پرتو فرابنفش در حذف ارتوکروزول

هنگامی که از پرتودهی فرابنفش برای تولید رادیکال های هیدروکسیل از ازن استفاده می شود واکنش ذیل اتفاق می افتد[۴].

معادله (۱) $O_3 + H_2O + UV \longrightarrow O_2 + H_2O_2$ (طول موج‹300 nm)

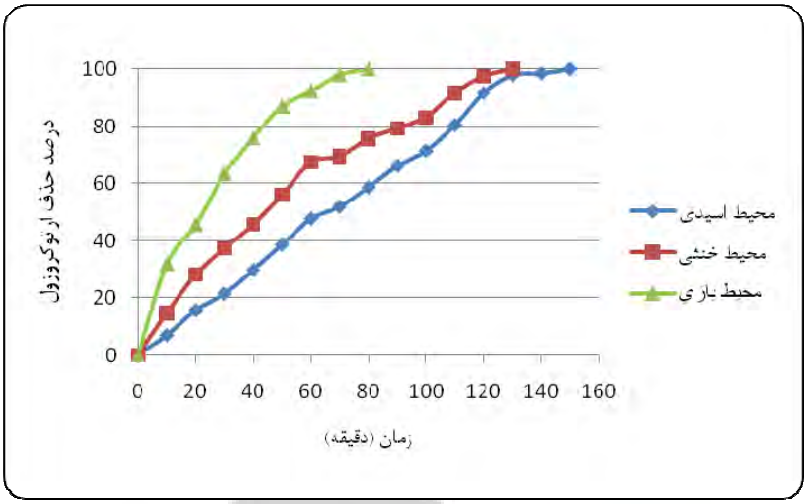
معادله (۲) $2O_3 + H_2O_2 \longrightarrow 2OH^{o} + 3O_2$

در فرآیند اکسیداسیون پیشرفته به روش ازن/ پرتو فرابنفش تاثیر pH محیط بر درصد حذف ارتوکروزول از محیط آبی مورد بررسی قرار گرفت. pH محلول یکی از پارامترهای مهم و تاثیر گذار بر سرعت انواع واکنش های شیمیایی می باشد که روش های مختلف تصفیه پساب ها را تحت تاثیر قرار می دهد و در فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته pH محلول بدلیل تاثیری که بر تولید رادیکال های هیدروکسیل می گذارد بر کارآیی سیستم و افزایش راندمان حذف انواع ترکیبات آلی موثر است[۳].تاثیر pH محلول بر میزان حذف ارتوکروزول در محیط هایی با pH اسیدی، خنثی و بازی در غلظت بهینه ارتوکروزول (۱۰۰ میلی گرم بر لیتر)، میلی مولهای بهینه ازن تزریقی به محلول (۰/۰۳۱ میلی مول بر دقیقه) بررسی گردید. همانطور که در نمودار(۱) مشاهده می شود با استفاده از سیستم اکسیداسیون پیشرفته ازن/پرتو فرابنفش درصد حذف ارتوکروزول در محیط بازی دارای راندمان بالاتری نسبت به محیط های خنثی و اسیدی می باشد به طوریکه پس از گذشت مدت زمانی برابر با ۸۰ دقیقه در محلول بازی(pH=10) مقدار ارتوکروزول به میزان ۹۹/۹ درصد تجزیه و تخریب گردید.



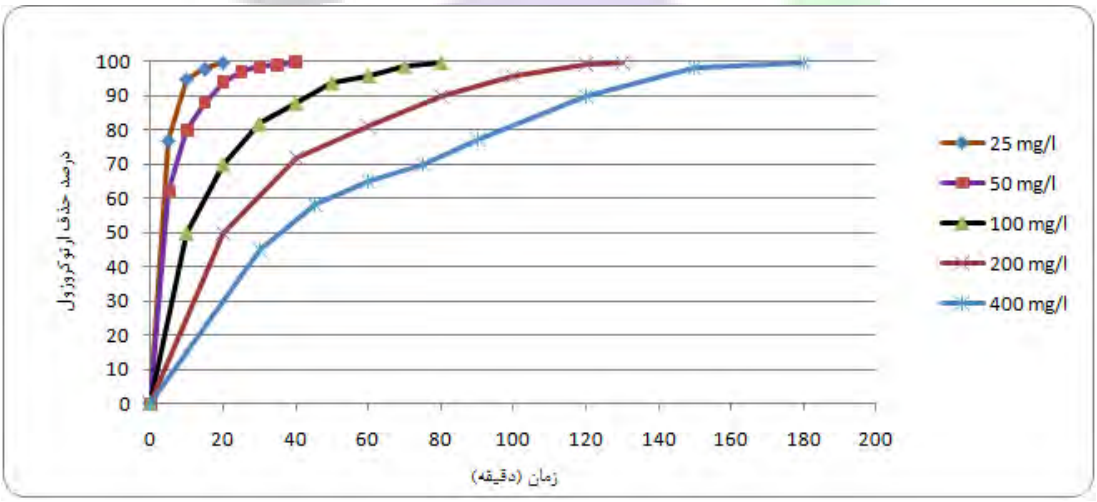
www.SID.ir

Archive of SID




**نمودار(۱): مقایسه درصد حذف ارتوکروزول در سیستم ازن/پرتو فرابنفش در محیط های مختلف**

همچنین در سیستم ازن/ پرتو فرابنفش تاثیر غلظت اولیه ارتوکروزول در کارآیی راندمان حذف این ماده آلی مورد بررسی قرارگرفت. نتایج حاصل از آزمایشات نشان داد که درصد حذف ارتوکروزول با افزایش غلظت اولیه آن در محلول کاهش می یابد. به گونه ای که در غلظت ۲۵ میلی گرم بر لیتر ارتوکروزول بعد از مدت زمانی برابر ۲۰ دقیقه ۹۹/۹ درصد ماده آلی ارتوکروزول حذف می شود در حالیکه در غلظت های بالاتر ارتوکروزول (۴۰۰ میلی گرم بر لیتر) برای رسیدن به این میزان حذف مدت زمان بیشتری مورد نیاز است. نمودار (۲) درصد حذف ارتوکروزول بر حسب زمان در یک محیط بازی با pHبهینه (pH=10)، میلی مول های بهینه ازن تزریقی به محلول (۰/۰۳۱ میلی مول بر دقیقه) را نشان می دهد. مطالعات دیگری که در خصوص حذف مواد آلی توسط فرآیند های اکسیداسیون پیشرفته انجام شده است بر این نکته که درصد حذف ترکیبات با افزایش غلظت اولیه آنها کاهش می یابد را تایید نموده است[۸].




**نمودار(۲) – درصد حذف ارتوکروزول نسبت به زمان در غلظت های اولیه متفاوت ارتوکروزول**

### ۳-۲- کارآیی سیستم ازن/پراکسید هیدروژن/پرتو فرابنفش در حذف ارتوکروزول

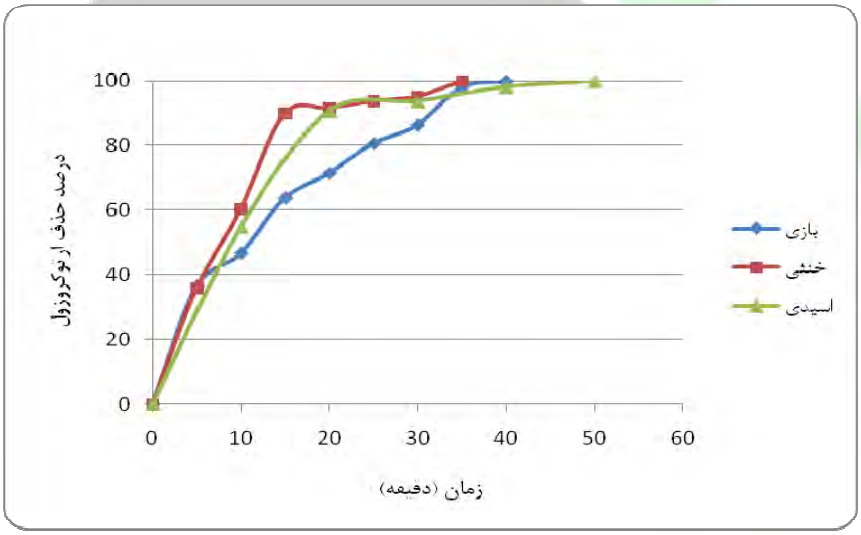


www.SID.ir

Archive of SID

وقتی ازن به محلول حاوی پراکسید هیدروژن تزریق می شود در زنجیره ای از واکنش هایی که منجر به تولید رادیکال هایی نظیر رادیکال های هیدروکسیل($OH^{o}$) و سوپراکسید($O_2^{o-}$) می شود به نحو موثری شرکت می نماید[۵]. نظیر ازن، محصولات رادیکال ($HO_3^{o}$ ، $HO_2^{o}$) اکسیدان هایی هستند که قادرند ارتوکروزول را اکسید و ساختار آن را تخریب نمایند. از حدواسط های رادیکال تشکیل شده در محلول آبی ازن زنی شده، رادیکال هیدروکسیل قوی ترین اکسید کننده است که حتی خیلی قوی تر از خود ازن عمل می نماید[۹]،[۱۰]. پراکسید هیدروژن می تواند با ازن ترکیب شود تا تبدیل ازن به رادیکال هیدروکسیل در محلول را تسریع نماید. پراکسید هیدروژن یک اسید ضعیف است که در محلول آبی به طور جزئی به یون هیدروپروکسید($HO_2^-$) تفکیک می شود. یون سوپر اکسید به سرعت با ازن برای تشکیل رادیکال هیدروکسیل واکنش می نماید[۵]، [۹]. نتایج این تحقیق نشان داد که بالاترین درصد حذف ارتو کروزول در غلظت ۰/۰۵۸ مولار پراکسید هیدروژن بدست می آید که در مدت زمان کمتر از ۵۰ دقیقه و در غلظت مولی بهینه ازن (۰/۰۳۱ میلی مول بر دقیقه ) و غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر ارتوکروزول راندمان حذف به ۹۹/۹ درصد رسید.

بر اساس نمودار (۳) که تغییرات درصد حذف ارتوکروزول در pH های مختلف نسبت به زمان را نشان می دهد، هرچند که در محیط خنثی درصد حذف ارتوکروزول نسبت به زمان کارآیی بالاتری نسبت به دو محیط اسیدی و بازی دارد می توان گفت که سرعت اکسیداسیون ارتوکروزول در pHهای اسیدی و خنثی تقریبا" یکسان بوده و لذا تجزیه ارتوکروزول توسط فرآیند اکسیداسیون پیشرفته و با استفاده از سیستم ترکیبی ازن/پراکسید هیدروژن/پرتو فرابنفش در محیط های خنثی و اسیدی دارای راندمان بالاتری نسبت به تجزیه ارتوکروزول در محیط بازی می باشد.




**نمودار(۳)- مقایسه درصد حذف ارتوکروزول در سیستم ترکیبی ازن/پراکسید هیدروژن/پرتو فرابنفش در pH های مختلف**

## ۴- نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق و بررسی های انجام شده بیان کننده آن است که:

۱- فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته با استفاده از سیستم های ازن/پرتوفرابنفش و ازن/پرتوفرابنفش/ پراکسید هیدروژن می توانند در اکسیداسیون و تخریب ارتوکروزول در محلول های آبی بسیار موثر باشند.

۲- عواملی نظیر pHمحلول، میزان میلی مول های ازن تزریقی، غلظت پراکسید هیدروژن، غلظت اولیه ارتوکروزول و زمان تماس در تجزیه و تخریب ارتوکروزول توسط فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته دخالت دارند.

۳- سیستم ازن/پرتو فرابنفش در شرایط بهینه با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر ارتوکروزول و مقدار بهینه میلی مولهای ازن تزریقی به محلول (۰/۰۳۱ میلی مول بر دقیقه) می تواند ارتو کروزول را در مدت زمانی برابر با ۸۰ دقیقه به میزان ۹۹/۹ درصد در محیط بازی تجزیه و تخریب نماید.



www.SID.ir

Archive of SID

۴ - افزودن پراکسید هیدروژن به فرآیند ازن/ پرتو فرابنفش سبب افزایش سرعت تولید رادیکال های هیدروکسیل می شود که این رادیکال ها به نوبه خود باعث اکسیداسیون ارتوکروزول و کاهش چشمگیر غلظت آن در پساب می شود.

۵- سیستم ازن/ پراکسید هیدروژن/ پرتو فرابنفش در شرایط بهینه با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر ارتوکروزول، نسبت مولی پراکسید هیدروژن به ارتوکروزول برابر ۶۳ و مقدار بهینه میلی مولهای ازن تزریقی به محلول (۰/۰۳۱ میلی مول بر دقیقه) می تواند ارتو کروزول را در مدت زمانی برابر با ۳۵ دقیقه به میزان ۹۹/۹ در محیط خنثی درصد تجزیه و تخریب نماید.

۶- فرآیند ازن/ پراکسید هیدروژن/ پرتو فرابنفش می تواند یکی از کارآمدترین سیستم ها برای حذف ارتوکروزول از پساب های صنعتی در نظر گرفته شود.

## منابع


1. Karel,V., “Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals”, Vol.2, 4thed, John Wiley & Sons, Canada, p.82-100, 200

2. Rodriguez, M., (2003), Fenton and UV-Vis Based Advanced Oxidation Processes in Wastewater Treatment: Degradation, Mineralization and Biodegradability Enhancement, Doctoral thesis, Department Of Chemical Engineering, University of Barcelona.

3. Hoigne J. and Bader H., “The Role of Hydroxyl Radical Reactions in Ozontion Processes in Aqueous Solution”, Water Research, V.10, p.377-386, 1976

4.Glaze W.H., Kang J.W. , and Chapin D.H. m, “The Chemistry of Water Treatment Processes Involving Ozone, Hydrogen Peroxide and Ultraviolet Radiation”, Ozone Science and Engineering, Vol.9, p.335-352

5.Hoigne, J. “Chemistry of Aqueous Ozone and Transformation of pollutants by Ozonation and Advanced Oxidation Processes” in the Handbook of Invironmental Chemistry, Vol.5, part C, Quality and Treatment of Drinking Water (Edited by j.hrubec) springver – Verlag, Berlin, 1998

6.Legrini, O. ,Oliveros, E. , Braun AM., Photochemical Processes for Water Treatment, Chem Rev 1983, 93:671-98

7.APHA, AWWA, WEF, (2005), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition, Washington DC.

8.Benitez, F.J., Heredia, J.B., Acero, J.L., Rubio,J., Contribution of free Radicals to Chlorophenols Decomposition by Sevral Advanced Oxidation Processes, Chemosphere, 41(8), 1271-1277.

9.Buxton G.V. et al. “Critical Review of Rate Constant for Hydrated Electrons, Hydrogen Atoms and Hydroxyl Radicals in Aqueous Solution”, Journal of Physical and Chemical Refrence Data, V.17, n.2, p.13, 1988.

10.KarpelVelLeitner N., Papailhou A., Croue J., Peyrot J., and Dore M. “Oxidation of Methyl Tert Butyl Ether (MTBE) and Ethyl Tert Butyl Ether (ETBE) by Ozone and Combined Ozone/Hydrogen Peroxide” Ozone Science and Engineering, v. 16 (41), 1994.




www.SID.ir