

بررسی عوامل موثر بر فرایند شبه فنتون، در حذف پاراکلروفنل از محلول های آبی

محمدمنشوری^۱، احمدرضایزدانبخش^۲، مهدیه سردار^۳، امیر شیخ محمدی^۴

نویسنده مسئول: تهران، ولنجک، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط mahdiehsardar@yahoo.com

پذیرش: ۸۹/۰۸/۰۱

دریافت: ۸۹/۰۵/۰۳

چکیده

زمینه و هدف: ترکیبات کلروفنل در منابعی، اعم از پالایشگاه ها، صنایع پتروشیمی، صنایع تولید حشره کش و علف کش ها، صنایع تولید کننده عوامل ضدمیکروبی و صنایع دارویی دارای کاربرد فراوان هستند. بدیهی است این ترکیبات می توانند از طریق فاضلاب این صنایع به محیط زیست وارد شوند. در این مطالعه کاربرد فرایند شبه فنتون (Fe^{2+}/H_2O_2) جهت حذف پاراکلروفنل مورد بررسی قرار گرفته است.

روش بررسی: این مطالعه در مقیاس آزمایشگاهی و بر روی فاضلاب مصنوعی حاوی پاراکلروفنل انجام شده است. در این بررسی با غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر پاراکلروفنل، مقادیر بهینه پارامترهای موثر بر فرایند شامل pH ، پراکسید هیدروژن، پودر آهن و زمان در حذف پاراکلروفنل تعیین شد.

یافته ها: بر اساس نتایج حاصل pH بهینه برابر با ۴، نسبت مولی بهینه پراکسید هیدروژن بر پاراکلروفنل، ۱/۸/۸ و پراکسید هیدروژن بر پودر آهن برابر با ۰/۴ و زمان بهینه ۵ دقیقه به دست آمد. نتایج نشان داد که در شرایط بهینه راندمان حذف برای غلظت های ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر به ترتیب برابر با ۹۳/۹، ۹۴/۴ و ۹۴/۳ بوده است. بررسی های انجام شده نشان داد، میزان معدنی شدن پاراکلروفنل کامل نبوده است.

نتیجه گیری: با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه و مقاومت بالا در تجزیه توسط فرایندهای بیولوژیکی، می توان از فرایند شبه فنتون برای تبدیل ترکیب مقاوم پاراکلروفنل به سایر ترکیبات آلی که قابلیت تجزیه پذیری بیولوژیکی بالاتر و سمیت کم تری داشته باشند، استفاده نمود.

واژگان کلیدی: پاراکلروفنل، پراکسید هیدروژن، پودر آهن، pH ، فاضلاب

۱-دکترای تخصصی محیط زیست، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۲-دکترای بهداشت محیط دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

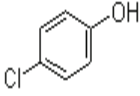
۳-کارشناس ارشد بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی لرستان

۴-کارشناس ارشد بهداشت محیط، مربی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی لرستان

مقدمه

در سال های اخیر فعالیت های صنعتی رو به رشدی در جهت رفع نیازهای جوامع انسانی، به وجود آمده است، در عین حال تمرکز بر کاهش تولید ضایعات و مصرف آب در سال های اخیر منجر به تولید پساب های غلیظ تر و با حضور مواد سمی بیش تر می گردد (۱). در حال حاضر بیش از ۵ میلیون ماده شیمیایی در دنیا در حال استفاده است که سالانه به طور تقریبی ۱۰۰۰ ماده جدید به این لیست اضافه می شود (۲). در سال های اخیر آلودگی آب های زیرزمینی و سطحی با آلاینده های آلی به عنوان یکی از مشکلات اساسی جوامع مطرح بوده است (۳). فنل و کلروفنل ها، از دسته مواد آلی با ترکیبات بسیار پایدار هستند که به مقدار فراوان در پساب صنایع وجود دارند. کلروفنل ها نیز که جزو مهم ترین ترکیبات فنل اند، به طور گسترده ای در تولید حشره کش ها، قارچ کش ها، علف کش ها، مواد دارویی و هم چنین به عنوان ماده نگه دارنده در چوب، رنگ های نقاشی، چرم و غیره به کار می رود (۴). پاراکلروفنل (Para-CP) با فرمول شیمیایی C_6H_5ClO یکی از انواع کلروفنل هایی است که در ساختمان خود دارای یک اتم کلر است و با توجه به استفاده گسترده از این ماده در صنایع مختلف، حذف آن از پساب صنایع مربوط حایز اهمیت فراوانی است. برخی از خصوصیات پاراکلروفنل در جدول ۱ ذکر شده است (۵ و ۶).

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پاراکلروفنل (۶)

فرمول شیمیایی و ساختار شیمیایی	جامد
	C_6H_5ClO
حالت ماده	جامد
وزن مولکولی	۱۲۸ / ۵۶ gr/ mol
نقطه ذوب	$43/2^{\circ}C$
نقطه جوش	$218/5^{\circ}C$
دانسیته	$1/265 \text{ gr/cm}^3$
رنگ	زرد

با توجه به محدودیت های ناشی از تصفیه بیولوژیکی در حذف ترکیبات کلروفنل، نظیر کارایی بسیار پایین، نیاز به رقیق سازی غلظت های بالا، زمان تصفیه بسیار طولانی و غیره، استفاده از سایر فرایندها که موجب تجزیه کامل آنها گردد و نه فقط آنها را از فاز دیگر منتقل نماید ضروریست (۷). روش های مختلفی اعم از اکسیداسیون شیمیایی، جذب سطحی، اولترافیلتراسیون، اکسیداسیون الکتروشیمیایی، سوزاندن و تصفیه بیولوژیکی برای تصفیه فاضلاب های حاوی مواد آلی شناخته شده است (۲). تحقیقات متعدد انجام شده حاکی از آن است که فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته با تولید رادیکال هیدروکسیل، به عنوان یک اکسید کننده قوی، در تجزیه کامل کلروفنل ها دارای راندمان بالایی است (۸). اساس این فرایند ها بر پایه تشکیل رادیکال های هیدروکسیل فعال است که با ترکیبات آلی واکنش داده و موجب تخریب آنها می شود. در بین فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته، فرایند فنتون یکی از جالب ترین روش های مورد مطالعه است که در ساختمان آن یک یون فلزی شرکت دارد و این یون فلزی می تواند سبب انتقال یک الکترون شود (۹). فرایند فنتون برای تجزیه انواع مواد آلی و غیر آلی از قبیل فنل، کلروفنل، BTEX، نیتروبنزن و غیره به کار می رود. فرایند فنتون به تنهایی قادر است در حدود ۶۰-۴۰ درصد مواد آلی را به مواد معدنی تبدیل کند (۱ و ۹). روش فنتون به انواع مختلفی تقسیم بندی می شود که شامل فوتوفنتون، الکتروفنتون، فنتون تاریک، شبه فنتون و ... که تنها شرایط عمل در آنها متفاوت بوده ولی اساس واکنش ها یکسان است (۱۰). شبه فنتون (H_2O_2/Fe^0) یک سیستم الکتروشیمیایی است که در آن یون های Fe^0 به عنوان احیاکننده و مولکول های H_2O_2 به عنوان اکسنده مطرح است، در این فرایند نسبت به فرایند فنتون معمولی، تولید رادیکال هیدروکسیل در دو مرحله اتفاق می افتد بنابراین عملاً کارایی فرایند افزایش می یابد. از طرف دیگر در فرایند فنتون با تشکیل یون فروس کارایی فرایند کاهش یافته و متوقف می شود در حالی که در فرایند شبه فنتون (H_2O_2/Fe^0) ، ابتدا یون های

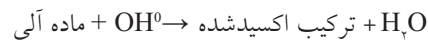
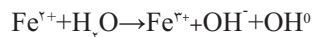
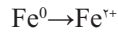
مواد و روش ها

این مطالعه در مقیاس آزمایشگاهی و به صورت ناپیوسته انجام شد. متغیرهای مورد بررسی در این مطالعه شامل pH، پراکسید هیدروژن، پودر آهن، زمان واکنش و غلظت های مختلف پاراکلروفنل بودند. آزمایش ها در چهار مرحله مجزا شامل، تعیین مقادیر بهینه pH، پراکسید هیدروژن، پودر آهن و نیز تعیین میزان معدنی شدن انجام گرفت. در این مطالعه از محلول سنتتیک پاراکلروفنل با غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر استفاده شد، در هر مرحله با ثابت نگه داشتن تمامی متغیرها و تغییر دادن یک متغیر مقدار بهینه هر یک از متغیرها تعیین شد. بنابراین در ابتدا با توجه به نقش بسیار حایز اهمیت pH در فرایند فنتون، pH بهینه تعیین شد. با توجه به این که در اکثر مطالعات بهترین pH برای به کارگیری فرایند فنتون محدوده ۲-۵ ذکر شده است لذا به منظور بررسی دقیق تر از محدوده ۷-۱ برای تعیین pH استفاده شد. پس از آن با لحاظ کردن pH بهینه در مرحله بعدی، میزان H_2O_2 بهینه تعیین شد، سپس با مد نظر قرار دادن H_2O_2 و pH بهینه، میزان پودر آهن بهینه به دست آمد. بهینه نیز در انتهای کار با اعمال مقادیر بهینه تعیین شده به دست آمد. در نهایت با توجه به مقادیر بهینه به دست آمده نسبت های $H_2O_2/Para-CP$ و H_2O_2/Fe^0 تعیین شد، سپس نسبت های تعیین شده بر غلظت های مختلف پاراکلروفنل اعمال گردید. در نهایت به منظور بررسی میزان معدنی شدن ترکیب پاراکلروفنل از شاخص COD استفاده شد. لازم به ذکر است که کلیه مراحل آزمایش ها مطابق با روش D-5530 استاندارد متد ۲۰۰۵ انجام گرفته است (۱۵).

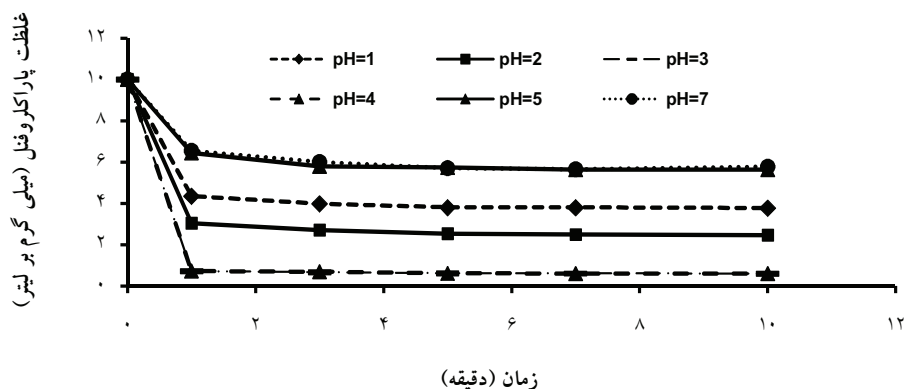
یافته ها

نتایج به دست آمده از این تحقیق در شکل های ۱ تا ۵ نشان داده شده است. شکل های ۱ تا ۳ به ترتیب تاثیر پارامترهای H_2O_2 ، Fe^0 ، pH را در حذف پاراکلروفنل توسط فرایند شبه فنتون نشان می دهد. در شکل ۴ تاثیر فرایند شبه فنتون بر غلظت های مختلف پاراکلروفنل مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل ۵، COD اولیه پاراکلروفنل و COD آن پس از اعمال فرایند شبه فنتون با هم مقایسه شده است.

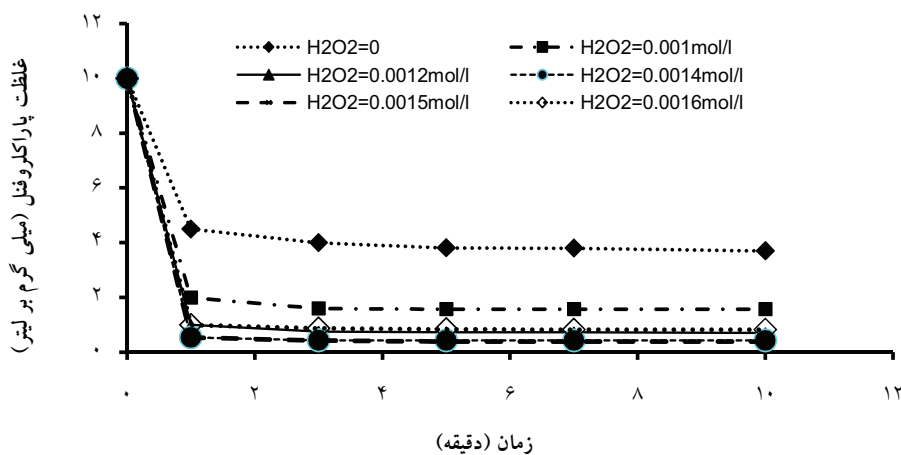
فرو و سپس یون فروس تشکیل می گردد، بنابراین عملاً کارایی فرایند در مقایسه با فرایند فنتون معمولی بیش تر خواهد بود (طبق واکنش های زیر) (۱۱).



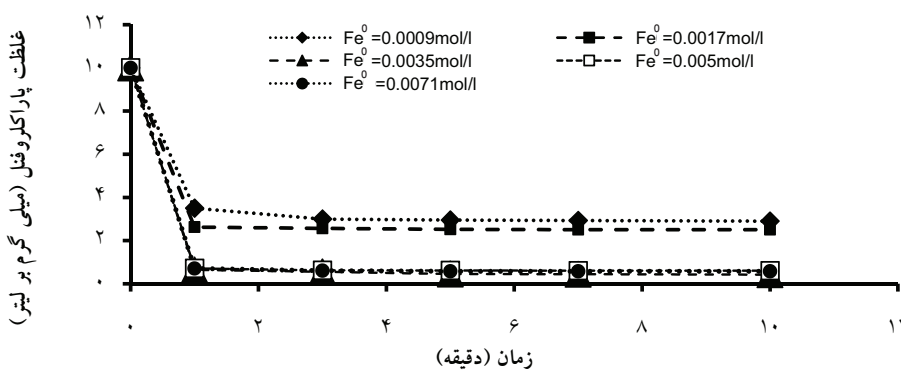
تاکنون تحقیقات مختلفی برای حذف پاراکلروفنل از طریق فرایند اکسیداسیون انجام شده است. چامارو و همکاران در سال ۲۰۰۱ با بررسی اکسیداسیون فنتون پاراکلروفنل، ۲ و ۴ دی کلروفنل رابطه مستقیم بین میزان حذف ترکیبات اولیه را با بهبود قابلیت تجزیه پذیری به دست آوردند. به طوری که با کاهش پاراکلروفنل و دی کلروفنل، نسبت BOD_5/COD افزایش یافت و این نسبت به ترتیب به ۰/۳ و ۰/۴ برای پاراکلروفنل و ۲ و ۴ کلرو فنل به دست آمد (۱۲). مونتاسر و همکاران در سال ۲۰۰۱ مقایسه ای را بین فرایندهای UV/H_2O_2 و فوتوفنتون با آهن دو و سه ظرفیتی به منظور حذف پاراکلروفنل انجام دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که میزان اکسیداسیون با فاکتورهایی اعم از pH، میزان H_2O_2 ، مقدار نمک آهن اضافه شده در ارتباطند. نتایج آنها نشان داد که در سیستم $Fe(II)/H_2O_2/UV$ ، مقدار بهینه pH برابر ۳، غلظت بهینه آهن ۱ میلی مول بر لیتر و میزان H_2O_2 بهینه ۰/۳ مول در لیتر می باشد، هم چنین غلظت بهینه $Fe(III)$ ۰/۴ میلی مول در لیتر و H_2O_2 بهینه ۰/۰۱ میلی مول در لیتر برای سیستم $Fe(III)/H_2O_2/UV$ است (۱۳) و همکاران در سال ۲۰۰۹ تجزیه پاراکلروفنل موجود در آب های آلوده را با کمک دو فرایند فنتون و فوتوفنتون انجام دادند. نتایج آنها نشان داد که تجزیه پاراکلروفنل در سیستم فوتوفنتون با گذشت زمان ۳۰ دقیقه و نسبت بهینه $[H_2O_2]/[Fe^{2+}]$ برابر با ۴۰، به حدود ۹۰٪ رسیده است. در صورتی که در سیستم فنتون حداکثر راندمان حذف در حدود ۶۵٪ بوده است (۱۴). در مطالعه حاضر تاثیر عوامل موثر بر فرایند شبه فنتون، در حذف پاراکلروفنل از محلول های آبی مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۱: تاثیر pH بر کارایی حذف پاراکلروفنل توسط فرایند شبه فتوتون ($H_2O_2=0/002mol/L$, $Fe^0=0/002mol/L$, Time=5 min)

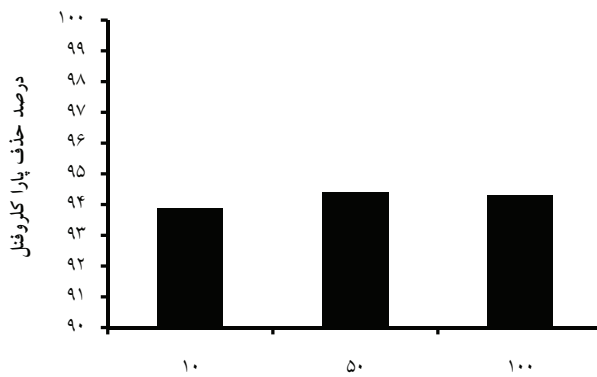


شکل ۲: تاثیر H_2O_2 بر کارایی حذف پاراکلروفنل توسط فرایند شبه فتوتون ($Fe^0=0/002mol/L$, pH=4, Time=5 min)

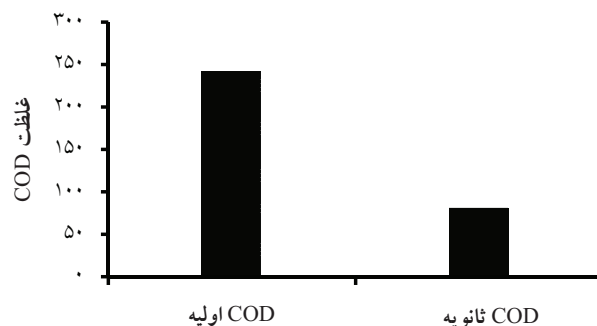


شکل ۳: تاثیر Fe^0 بر کارایی حذف پاراکلروفنل توسط فرایند شبه فتوتون ($H_2O_2=0/0014mol/L$, pH= 4, Time =5 min)

مطالعات دیگران نیز به اثبات رسیده است (۱۷). بنابراین با توجه به اهمیت pH نهایی فرایند (به منظور توجیه اقتصادی و نیز مشکلات کم تر پساب به منظور خنثی سازی) pH مساوی با ۴ به عنوان pH بهینه انتخاب شد. ایکس یو و همکارانش هم در تحقیق خود مبنی بر حذف کلروفنل ها توسط فرایند فنتون ۳ و pH = ۴ را به عنوان pH بهینه انتخاب نمودند (۱۸). در شکل ۲ تاثیر افزایش پراکسید هیدروژن بر راندمان فرایند شبه فنتون بررسی شده است. چنان که شکل ۲ نشان می دهد افزایش میزان H_2O_2 تا یک حد معین (۰/۰۱۴ مول برلیتر) سبب افزایش راندمان حذف می گردد و افزایش مقدار پراکسید هیدروژن از این مقدار به بعد تاثیر چشم گیری در کارایی فرایند ندارد. علت امر آن است که H_2O_2 در غلظت های بیش از حد، به عنوان مصرف کننده رادیکال های هیدروکسیل عمل می کند و با حذف این رادیکال ها از محیط واکنش، کارایی فرایند را کاهش می دهد (۱۹). بنابراین با توجه بهینه بودن میزان H_2O_2 در ۰/۰۱۴ مول بر لیتر، نسبت مولی بهینه H_2O_2 /para-CP = ۱۸/۸ است. موریسیا و همکارانش نیز در تحقیق خود مبنی بر استفاده از فرایند فنتون در حذف پاراکلروفنل به نسبت مولی H_2O_2 /para-cp=۲۵ دست یافتند (۲۰). شکل ۳ نشان می دهد افزایش میزان پودر آهن تا ۰/۰۳۵ مول بر لیتر سبب افزایش کارایی فرایند می گردد و با افزایش پودر آهن از این مقدار به بعد افزایشی در راندمان حذف دیده نمی شود، علت امر آن است که مقدار ۰/۰۳۵ مول بر لیتر پودر آهن برای تجزیه نسبتا کامل پاراکلروفنل کافی بوده و افزایش بیش از آن سبب بهبود فرایند نمی گردد، بنابراین می توان نسبت مولی بهینه H_2O_2 /Fe⁰ را برابر با ۰/۴ ذکر نمود. در ضمن در این تحقیق زمان بهینه برای واکنش ۵ دقیقه تعیین شد که نشان دهنده تجزیه پذیری این ترکیب در دقایق اولیه واکنش است، فرخی نیز در تحقیق خود مبنی بر تجزیه پنتاکلروفنل توسط فرایند فنتون به این نتیجه رسید که ماکزیم کارایی حذف در زمان کوتاه ۱ تا ۲ دقیقه ابتدایی انجام می گیرد (۱۶). شکل ۴ به خوبی نشان می دهد که چنانچه مقادیر بهینه



شکل ۴: مقایسه راندمان حذف در غلظت های ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر توسط فرایند شبه فنتون (H_2O_2 /para-cp=18/8 H_2O_2 /Fe⁰=0/4)



شکل ۵: بررسی میزان COD حذف شده در شرایط بهینه برای پاراکلروفنل (H_2O_2 /para-cp=18/8 pH=4, H_2O_2 =0/4 و Time=۵ min)

بحث

pH مهم ترین نقش را در فرایند فنتون داراست. بنابراین می توان دلیل کارایی کم فرایند در pH برابر با ۱ و ۲ را، به خاطر تجزیه نامناسب H_2O_2 و متعاقبا تولید کم رادیکال های هیدروکسیل و در pH بالا و برابر با ۵ و ۷ نیز، کاهش پتانسیل اکسیداسیون رادیکال های هیدروکسیل با افزایش pH، ذکر نمود (۱۶). همان طور که در شکل ۱ دیده می شود، در ۳ و ۴ pH بیش ترین کارایی حذف حاصل شده که این موضوع در

بوده است و این نشان دهنده عدم معدنی شدن ترکیبات آلی است پس همان طور که در سایر مطالعات نیز ذکر شده است، فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته یا ترکیب آلی را به طور کامل به ماده معدنی (دی اکسید کربن و آب) تبدیل می نمایند و یا این که ساختار ترکیب آلی را به ساختاری که حداقل مقاومت را در مقابل تجزیه پذیری بیولوژیکی داشته باشد، تبدیل می نمایند (۸). بنابراین نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که فرایند شبه فنتون قادر به معدنی کردن کامل پاراکلروفنل نبوده است، بنابراین می توان از این فرایند به عنوان یک فرایند پیش تصفیه جهت حذف پاراکلروفنل استفاده نمود.

تعیین شده را بر غلظت های مختلف از پاراکلروفنل اعمال نماییم، برای غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر میزان H_2O_2 و پودر آهن مصرفی به ترتیب برابر با ۰/۰۰۷ مول بر لیتر و ۰/۰۱۷ مول بر لیتر و برای غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر موارد ذکر شده به ترتیب ۰/۰۱۴ مول بر لیتر و ۰/۰۳۵ مول بر لیتر به دست می آید. بنابراین با در نظر گرفتن مقادیر بهینه یادشده در رابطه با هر سه غلظت به راندمان تقریباً مشابه دست یافتیم که این نکته اطمینان از درست بودن مقادیر بهینه تعیین شده را قوت می بخشد.

نتیجه گیری

در نهایت با توجه به شکل ۵، با وجود حذف بیش از ۹۳ درصدی پاراکلروفنل، میزان حذف COD در حدود ۶۶٪

منابع

1. Feigelson L, Muszket L, Bir L, Muszkat KA. Dye photo-enhancement of TiO₂-photocatalyzed degradation of organic pollutants: the organobromine herbicide bromacil. *Water Sci Technol*. 2000;42(1-2),275-79.
2. Ricciardi M. Wastewater treatment by high efficiency heterogeneous photo-fenton process [dissertation]. Salerno: University of Salerno; 2006
3. Kolpin D.W, Furlong E.T, Meyer M.T, Thurman E.M, Zaugg S.D, Buxton B.H.T. Pharmaceuticals, hormones and other organic wastewater contaminants in US streams. *Environmental Sci Technology*. 2002;36:1202-11.
4. US Environmental Protection Agency. National pollutant discharge elimination system. Washington DC: USEPA; 2009 [cited 2010 Jul 9]. Available from: <http://cfpub.epa.gov/npdes/>.
5. World Health Organization (WHO), International Programme on Chemical Environmental Health Criteria 93. Chlorophenols Other Than Pentachloro phenol, Geneva. 1987-1989.
6. EuroChlor. Risk Assessment for the marine environment OSPARCOM Region, Monochlorophenols. Final report. 2002.
7. Pude Kadu MSA, Kuppusamy S. Two-stage removal of nitrate from groundwater using biological and chemical treatments. *Journal of Biotech and Bioeny*. 2007;104:129-34
8. Farrokhi, M. Investigation of (advanced oxidation/activated sludge) system efficiency to improve the ability of biodegradation persistent compounds [dissertation]. Tehran: Tarbiat Modarres University; 2003.
9. Matheson L J and Tratnyek PG. Reductive dehalogenation of chlorinated methanes by iron metal. *Environmental Sci Technol*. 1994;28(12):2045-53.
10. Pignatello JJ. Dark and photoassisted Fe³⁺ catalyzed degradation of chlorophenoxy herbicides by hydrogen peroxide. *Environmental Sci Technol*. 1992;26:944-51.
11. Kusic H, Koprivanac N, Srsan L. Azo dye degradation using Fenton type processes assisted by UV irradiation: A kinetic study, *Journal of Photochemistry and Photobiology*. 2006;181:195-202.
12. Chmarro E, Marco A, Esplugas S. Use of Fenton reagent to improve organic chemical biodegradability. *Water Res*. 2001;35:1047-51.
13. Ghaly MY, Hartel G, Mayer R, Haseneder R. Photochemical oxidation of p-chlorophenol by UV/H₂O₂ and photo-Fenton processes; A comparative study. *Waste Management*. 2001;21:41-47.
14. Kuo WS, Wu LN. Fenton degradation of 4-chlorophenol contaminated water promoted by solar irradiation. *Health and Environmental Engineering*. 2009;84(1):59-65
15. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington DC: APHA; 1998.
16. Farrokhi M, Mesdaghinia AR, Naseri S, Yazdanbakhsh AR. Oxidation of pentachlorophenol by Fenton's reagent. *Iranian J Pub Health*. 2003;32(1):6-10.
17. Sedlak DL and Andren AW. Oxidation of chlorobenzene with fenton reagent. *Journal of Environmental Sci Tech*. 1991;25:772-82.
18. Xu XH, Zhao WR, Huang YQ, Wang DH. 2-Chlorophenol oxidation kinetic by photo-assisted Fenton process. *Journal of Environmental Sciences*. 2003;15(4):475-81.
19. Zhihui A, Peng Y, Xiaohua L. Degradation of 4-chlorophenol by a microwave assisted photocatalysis method. *Journal of Hazardous Materials*. 2005; 124: 147-52.
20. Murcia MD, Gomez M, Gomez E, Gomez JL, Christofi N. comparison of different advanced oxidation processes for degrading 4-chlorophenol. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2009;55:249-53

Investigation of Effective Factors for Fenton like Process in Para-Chlorophenol Removal from Aqueous Solutions

Manshouri M., Yazdanbakhsh A.R., *Sardar M., Sheykh Mohammadi A.

Department of Environmental Health, Faculty of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received; 25 August 2010 Accepted; 23 October 2010

ABSTRACT

Backgrounds and Objectives: Chlorophenol compounds are used frequently in industries including: petrochemical, producing pesticide and herbicides, producing antimicrobial agents, pharmaceutical and refineries. These compounds can enter the environment through the wastewater industries. This investigation has studied the application of Fenton-like process ($\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$) in removal of Para-chlorophenol.

Materials and Methods: A laboratory scale study was done on a synthetic wastewater containing Para-chlorophenol. Concentration of 10 mg/L of Para-chlorophenol was prepared then optimal values of affecting parameters such as pH, hydrogen peroxide, and iron powder and detention time in the process for Para-chlorophenol removal were determined.

Results: The optimum pH, molar ratio of hydrogen peroxide on Para-chlorophenol, hydrogen peroxide on iron powder and time were 4, 18.8, 0.4 and 5 minutes respectively. The results showed that removal efficiency in optimal conditions for concentrations of 10, 50 and 100 mg/L are 93.9, 94.4 and 94.3 respectively. The study showed the rate of mineralization of Para-chlorophenol is not completed.

Conclusion: According to the results of this study and high resistance in degradation by biological processes, Fenton like process can be used for conversion Para-chlorophenol resistant compound to other compounds with ability of higher biological degradation and lower toxicity.

Key words: Para-chlorophenol, Hydrogen peroxide, Iron powder, pH, Wastewater

*Corresponding Author: mahdiehsardar@yahoo.com
Tel: +98 0914 1466066 Fax: +98 21 22432043