

## بررسی کارایی فرایند ترکیبی انعقاد و اکسیداسیون پیشرفته شبه فنتون در حذف COD فاضلاب سنتتیک آنتی بیوتیک کلاریترومایسین از فاضلاب

احمد رضا یزدانبخش<sup>۱</sup>، امیر شیخ محمدی<sup>۲</sup>، مهدیه سردار<sup>۳</sup>، محمد منشوری<sup>۴</sup>  
۱-دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی  
۲-مربی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی لرستان  
۳- کارشناس ارشد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی لرستان  
۴-استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

یافته / دوره سیزدهم / شماره ۱ / بهار ۹۰ / مسلسل ۴۷

### چکیده

دریافت مقاله: ۸۹/۹/۸، پذیرش مقاله: ۸۹/۱۰/۱

- \* مقدمه: آنتی بیوتیک‌ها جزو آلاینده‌های مهم محیط‌های آبی به حساب می‌آیند. در این مطالعه حذف COD آنتی بیوتیک کلاریترومایسین از فاضلاب سنتتیک از طریق فرایند ترکیبی انعقاد و اکسیداسیون پیشرفته با شبه فنتون مورد بررسی قرار گرفته است.
- \* مواد و روش‌ها: این تحقیق در مقیاس آزمایشگاهی و به صورت ناپیوسته انجام گرفت. فاضلاب سنتتیک از آنتی بیوتیک کلاریترومایسین با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ساخته شد. شاخص COD به عنوان پارامتر مورد بررسی در این تحقیق انتخاب گردید. ابتدا فرایند انعقاد بر روی فاضلاب سنتتیک انجام شد و پس از حصول شرایط بهینه برای منعقدکننده مناسب، پساب این مرحله وارد فرایند اکسیداسیون شبه فنتون گردید. در فرایند شبه فنتون تاثیر تغییرات pH، پراکسید هیدروژن و  $Fe^0$  بر کارایی حذف COD فاضلاب حاوی آنتی بیوتیک کلاریترومایسین، مورد ارزیابی قرار گرفت و شرایط بهینه برای هر کدام از پارامترها تعیین شد.
- \* یافته‌ها: براساس نتایج حاصل از این تحقیق، منعقدکننده پلی‌آلومینیوم کلراید به عنوان بهترین منعقدکننده انتخاب گردید. برای این منعقدکننده در pH بهینه برابر ۷ و بامقدار ماده منعقدکننده برابر ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر میزان حذف COD فاضلاب برابر ۸۴/۳۷٪ حاصل شد. پارامترهای اپتیمیم در فرایند شبه فنتون، برای حذف کلاریترومایسین نیز، به ترتیب pH برابر ۷،  $Fe^0$  برابر ۰/۳ میلی‌مول بر لیتر، پراکسید هیدروژن ۰/۳ میلی‌مول بر لیتر و زمان ماند ۵/۵ ساعت تعیین شد. در ضمن نسبت بهینه  $H_2O_2/Fe^0$  برابر ۱ بدست آمد. با اعمال این شرایط میزان حذف COD فاضلاب با فرایند تلفیقی انعقاد و اکسیداسیون پیشرفته با شبه فنتون، ۹۷/۹۵٪ تعیین شد.
- \* بحث و نتیجه‌گیری: در مجموع با توجه به آزمایشات انجام شده، نتایج آزمایشات حاکی از آن است که فرایند ترکیبی انعقاد و شبه فنتون کارایی مناسبی در حذف COD فاضلاب حاوی آنتی بیوتیک دارد. ولی کاربرد این روش در صنعت باید مورد بررسی قرار گیرد.
- \* واژه‌های کلیدی: فاضلاب، کلاریترومایسین، انعقاد، شبه فنتون، COD

آدرس مکاتبه: خرم آباد، خیابان گلدشت، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، دانشکده بهداشت

پست الکترونیک: amir.sheikh123@yahoo.com

## مقدمه

آنتی‌بیوتیک‌ها گروه بزرگی از مواد دارویی می‌باشند. این گروه از مواد دارای اثرات پایدار در محیط زیست بوده و لذا از اهمیت بالایی برخوردار هستند. ورود مواد دارویی و آنتی‌بیوتیک‌ها و همچنین متابولیت‌های حاصل از آنها در محیط‌های آبی در سال‌های اخیر نگرانی‌های زیادی را به دنبال داشته است (۱). طبقه‌بندی آنتی‌بیوتیک‌ها بر حسب ساختمان موجود در آنها به صورت‌های مختلف می‌باشد. یکی از طبقه‌بندی‌های مهم وجود حلقه بتا لاکتامی<sup>۱</sup> در ساختمان آنها است، بر این اساس آنتی‌بیوتیک‌ها را به دو دسته بتالاکتام و غیر بتالاکتام<sup>۲</sup> تقسیم‌بندی می‌کنند (۲).

ماکرو لیدینها در گروه آنتی‌بیوتیک‌های غیر بتا لاکتام قرار می‌گیرند. ماکرو لیدینها<sup>۳</sup> در ساختمان خود دارای حلقه لا کتام ماکرو سیکلیک ۱۴، ۱۵ و ۱۶ اتمی بوده که از طریق زنجیره گلیکوساید به قندها متصل می‌شوند. آنتی‌بیوتیک کلاریترومایسین در دسته ۱۴ اتمی قرار می‌گیرد (۳، ۴). ساختار کلاریترومایسین در شکل ۱ نشان داده شده است از راه‌های انتقال مواد دارویی و ترکیبات آنها به محیط زیست می‌توان به مواردی چون، انتقال از طریق پیش سازهای مواد دارویی به صورت عمدی و یا غیر عمدی در کارخانه تولید کننده این مواد دارویی، انتقال از طریق مصرف و یا دفع مواد دارویی اشاره نمود (۵).

از بیمارستان‌ها نیز می‌توان به عنوان یکی از مهم‌ترین اماکن مصرف کننده آنتی‌بیوتیک‌ها نام برد. البته نباید از کاربرد بسیار زیاد آنتی‌بیوتیک‌ها در دامپزشکی نیز غافل شد (۶). آنتی‌بیوتیک‌ها پایدار و چربی دوست بوده و می‌توانند ساختار شیمیایی خود را به مدت طولانی برای اهداف درمانی در بدن حفظ نمایند و سپس از طریق فاضلاب انسانی و کاربرد کود و لجن فاضلاب در خاک سبب آلودگی محیطی شوند. حضور مداوم آنتی‌بیوتیک‌ها در محیط، زنجیره غذایی، محیط‌های آبی و حتی تجمع زیستی آنها، سبب مقاوم شدن میکروب‌ها و باکتری‌ها می‌گردد (۷). گروه‌های مختلفی از

آنتی‌بیوتیک‌ها در آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی، فاضلاب شهری، آب آشامیدنی و حتی در خاک یافت می‌شوند. اهمیت عمده آنها، به دلیل ایجاد مقاومت باکتریایی بوده و لذا به این ترتیب تهدیدی برای سلامتی بشر به حساب می‌آیند. مواد دارویی از طریق مصرف و دفع انسان و یا متابولیت‌های آنها وارد فاضلاب شهری شده و چون عملیات تصفیه در تصفیه خانه‌های فاضلاب برای حذف این مواد کافی نمی‌باشد در نتیجه این مواد بدون تصفیه ناکافی وارد آب‌های پذیرنده می‌شوند، که به نوبه خود باعث آلودگی محیط زیست و در نتیجه آسیب به بهداشت عمومی می‌شوند و حتی ممکن است وارد رودخانه‌ها و دریاچه‌ها شده و سبب به خطر انداختن زندگی آبزیان شوند (۸-۱۰). چون در فرایندهای متداول در تصفیه خانه‌ها پایشی جدی در ارتباط با کنترل آنتی‌بیوتیک‌ها انجام نمی‌گیرد و آزمایش‌های روتین مثل COD و BOD نیز پاسخگو نیست و از آنجا که شواهد و نتایج موجود، وجود این ترکیبات را در پساب تایید می‌نماید، لذا لازم است یک روش دقیق، حساس و سریع برای تخمین آنها در نظر گرفت (۹). استفاده از فرایندهای تلفیقی یکی به دلیل افزایش کارایی حذف مواد آلی و دیگری به دلیل کاهش هزینه‌های مرتبط بسیار مفید می‌باشد. در سال‌های اخیر فرایند اکسیداسیون پیشرفته که بر مبنای تولید رادیکال‌های آزاد و فعال بویژه  $\text{OH}^\bullet$  متکی هستند، به دلیل قدرت بالای اکسایش بسیار مطرح بوده است (۱۱).

در این تحقیق از فرایند انعقاد به همراه فرایند شبه فنتون استفاده گردید. فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته<sup>۴</sup> (AOPs) به فرایندهایی اطلاق می‌شود که همراه با تولید رادیکال‌های آزاد ( $\text{OH}^\bullet$ ) هیدروکسیل است و بیشترین کارایی را در حذف ترکیبات

1. Betalactam
2. Non betalactam
3. Macrolidins
4. Advanced Oxidation Process

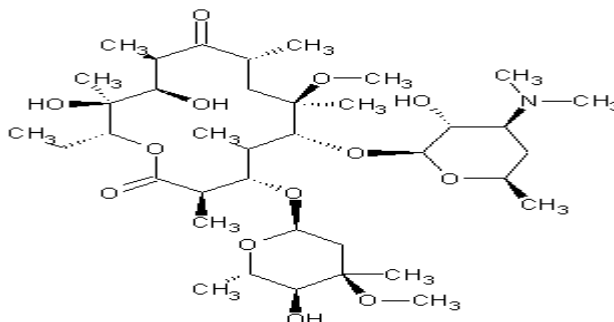
انتخابی بودن آن است. از مهمترین واکنش‌های اکسایش و کاهش فرایند فوتو-شبه فنتون (Fe<sup>3+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV-A) را در اکسیداسیون پنی‌سیلین نوع G از پساب مورد بررسی قرار داد. Kavitha (۱۷) و همکاران در سال ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ کارایی فرایند فوتو فنتون را بر روی مواد آلی فنول و نیترو فنول مورد ارزیابی قرار دادند (۱۸).

بنابراین با توجه به مطالعات انجام شده در ارتباط با اثرات مضر آنتی بیوتیک‌ها در محیط، حذف آنها از محیط زیست امری ضروری می باشد. در این مطالعه نیز بدلیل قدرت بالای فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته در حذف مواد آلی مقاوم از فاضلاب، از فرایند انعقاد (بعنوان فرایند پیش تصفیه در جهت کاهش بار آلی ورودی به فرایند اکسیداسیون پیشرفته) در ترکیب با فرایند اکسیداسیون پیشرفته شبه فنتون برای حذف COD مربوط به آنتی بیوتیک کلاریترومایسین استفاده شد.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در مقیاس آزمایشگاهی و به صورت نا پیوسته انجام گرفت. در این تحقیق شاخص COD به عنوان شاخص تعیین کننده میزان آلودگی فاضلاب به آنتی بیوتیک انتخاب شد. برای انجام تحقیق در هر مرحله، محلول سنتتیک از آنتی بیوتیک کلاریترومایسین با غلظت ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر ساخته شد. در مرحله اول با انجام فرایند انعقاد با استفاده از دستگاه جارتست، کارایی چهار منعقد کننده کلرور فریک، آلوم، سولفات فرو و پلی کلرید آلومینیوم کلراید در حذف COD فاضلاب آنتی بیوتیک با هم مقایسه شد و از بین این چهار منعقد کننده، بهترین منعقد کننده انتخاب گردید.

آلی دارند. دلیل این کارایی بالا، پتانسیل اکسیداسیون بالا و غیر که منجر به تولیدرادیکال هیدروکسیل می‌شوند می‌توان به واکنش یون فرو با پراکسید هیدروژن (فنتون)، اشاره نمود (۱۲).



شکل ۱- ساختمان مولکولی آنتی بیوتیک کلاریترومایسین

در بین فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته، فرایند فنتون یکی از جالبترین رو های مورد مطالعه است. فرایند فنتون به انواع مختلفی تقسیم می‌گردد که شامل فنتون تاریک، شبه فنتون، فوتوفنتون و غیره می‌باشد. تنها تفاوت فنتون با فرایند شبه فنتون در این است که در فرایند شبه فنتون به جای استفاده از آهن دو ظرفیتی از آهن صفر و یا سه ظرفیتی استفاده می‌کنند (۱۳). فرایند فنتون یک سیستم الکتروشیمیایی است که در آن یون های Fe<sup>2+</sup> به عنوان احیاء کننده و مولکو های H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> به عنوان اکسنده می‌باشند (۱۴). تحقیقات گوناگونی در ارتباط با آنتی بیوتیک‌ها صورت گرفته است.

آنجلا و همکاران تحقیقی را بر روی چهار آنتی بیوتیک سیپرو فلاکسین<sup>۱</sup>، سولفا متو گزازول<sup>۲</sup>، تترا سیکلین<sup>۳</sup> و تری متیو پرین<sup>۴</sup> در چهار تصفیه خانه مختلف با روش‌های تصفیه متفاوت بررسی نمودند. متدهای انجام شده در این تصفیه خانه‌ها به صورت تصفیه ثانویه (لجن فعال دو مرحله ای همراه با تانک نیتریفیکاسیون، هوادهی گسترده، تماس دهنده‌های بیولوژیکی چرخان (RBC) و لجن فعال با اکسیژن خالص انجام می‌شد (۱۵). تسانگ و همکاران در تحقیق دیگری برای حذف آنتی بیوتیک‌ها از فرایند بیولوژیکی با سن لجن بالا استفاده نمودند (۱۶). Arslan-Alaton در سال ۲۰۰۴ کارایی

1. Ciproflaxine
2. Sulphametogezazole
3. Tetracycline
4. Trymetioprine

در مرحله اول فرایند انعقاد ابتدا PH بهینه برای هر یک از منعقد کننده‌ها تعیین شد و سپس در مرحله بعد مقدار بهینه هر یک از منعقد کننده‌ها تعیین شد و با توجه به راندمان حذف COD توسط هر یک از منعقد کننده‌ها در شرایط بهینه، بهترین منعقد کننده انتخاب شد. بر روی پساب حاصل از مرحله انعقاد، COD پساب تعیین گردید. پساب فرایند انعقاد (با بالاترین کارایی)، وارد فرایند اکسیداسیون پیشرفته با شبه فنتون شد. در این فرایند نیز تاثیر هر یک از پارامترهای PH،  $Fe^0$  و  $H_2O_2$  بر فرایند شبه فنتون تعیین گردید. بدین ترتیب که ابتدا با ثابت نگه داشتن مقدار  $Fe^0$  و  $H_2O_2$  مصرفی و تغییر دادن pH، میزان بهینه PH تعیین شد و سپس در مرحله دوم با تنظیم PH بهینه در تمامی ظروف و ثابت نگه داشتن  $Fe^0$  در تمامی ظروف و تغییر میزان  $H_2O_2$ ، مقدار بهینه  $H_2O_2$  تعیین گردید و سپس در مرحله سوم با ثابت نگه داشتن مقادیر  $H_2O_2$  و PH در تمامی ظروف و تغییر دادن میزان  $Fe^0$  در ظروف، مقدار بهینه  $Fe^0$  نیز تعیین گردید. لازم به ذکر است که در این تحقیق در هر مرحله از اطلاعات مربوط به مرحله قبل استفاده شد. بعد از انجام فرایند شبه فنتون بر روی پساب خروجی از فرایند انعقاد، COD خروجی از فرایند شبه فنتون نیز تعیین شد و سپس از روی اختلاف میان COD ورودی به فرایند انعقاد و COD خروجی از فرایند شبه فنتون، راندمان حذف فرایند ترکیبی انعقاد و اکسیداسیون پیشرفته بدست آمد.

### یافته‌ها

انعقاد: تعیین PH بهینه برای هر یک از منعقد کننده‌ها: در این تحقیق COD اولیه مربوط به فاضلاب سنتتیک کلاریترو مایسین با غلظت ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر برابر ۳۵۰ میلی گرم بر لیتر تعیین شد. فاضلاب با این COD وارد فرایند

انعقاد شد. در مرحله اول PH بهینه مربوط به هر منعقد کننده تعیین گردید. مقدار ماده منعقد کننده مصرفی در این مرحله، ثابت و برابر ۵۰ میلی گرم بر لیتر بود. در نمودار (۲) نتایج مربوط به تاثیر PH بر کارایی انعقاد برای منعقد کننده‌های مورد استفاده در این تحقیق ارائه شده است. با توجه به نمودار، همانطور که مشخص است منعقد کننده پلی کلرید آلومینیوم در PH بهینه برابر ۷ دارای راندمان حذف COD بالاتر نسبت به سایر منعقد کننده‌ها می‌باشد.

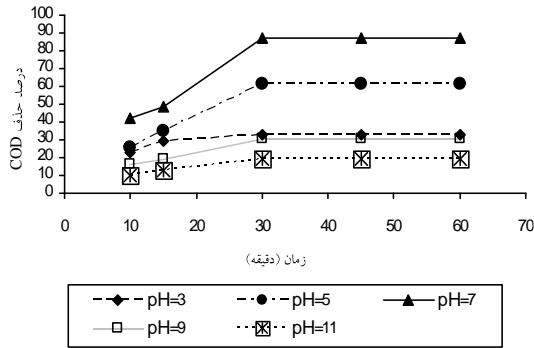
تعیین تاثیر میزان ماده منعقد کننده بر کارایی حذف COD آنتی بیوتیک: در این مرحله بعد از اعمال PH های بهینه بدست آمده از مرحله قبل، تاثیر میزان ماده منعقد کننده بر راندمان حذف مورد بررسی قرار گرفت. در این مرحله با تغییر دادن مقدار منعقد کننده مصرفی و اعمال PH های بهینه مربوط به هر منعقد کننده، مقدار بهینه آن منعقد کننده تعیین شد (نمودار ۳).

همانطور که در شکل نیز مشخص است پلی کلرید آلومینیوم در بین منعقد کننده‌های مورد استفاده در این تحقیق در PH بهینه برابر ۷ و مقدار منعقد کننده برابر ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر با داشتن راندمان ۸۴/۳۷٪ دارای بالاترین راندمان می‌باشد بنابراین منعقد کننده پلی کلرید آلومینیوم به عنوان منعقد کننده مناسب انتخاب شد.

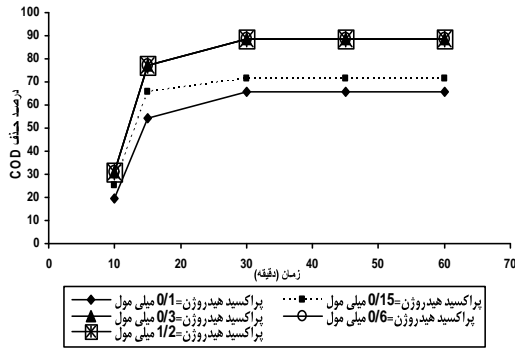
فرایند شبه فنتون: تاثیر PH بر فرایند شبه فنتون: نمودار شماره ۴ تاثیر PH بر راندمان حذف COD را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج حاصله در pH برابر ۷ و زمان ماند بهینه ۳۰ دقیقه بالاترین راندمان حاصل شده است.

تاثیر میزان پراکسید هیدروژن بر فرایند شبه فنتون: نمودار ۵ تاثیر مقادیر متفاوت پراکسید هیدروژن را بر فرایند شبه فنتون نشان می‌دهد. نتایج حاصله حاکی است که افزایش پراکسید هیدروژن تا ۰/۳ میلی مول بر لیتر سبب افزایش راندمان حذف می‌گردد ولی

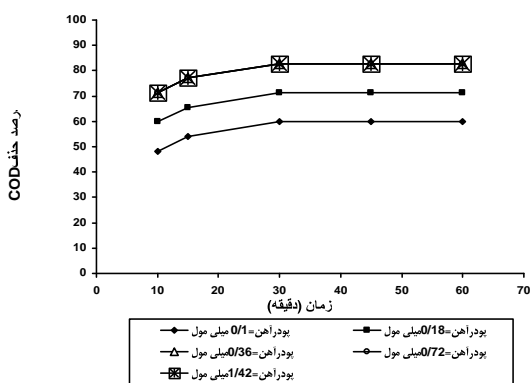
نمودار ۳- تاثیر مقدار منعقد کننده بر کارایی فرایند انعقاد



نمودار ۴- تغییرات pH و راندمان حذف COD برای فرایند شبه فنتون در زمان‌های مختلف (پودر آهن برابر ۱ میلی مول بر لیتر ، پراکسید هیدروژن برابر ۱ میلی مول بر لیتر)



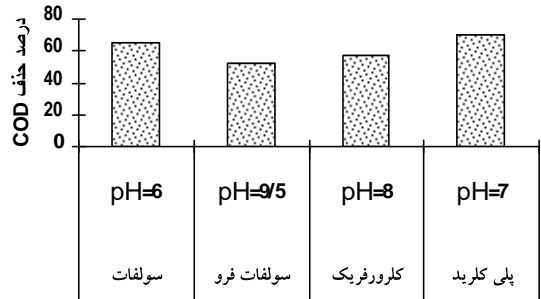
نمودار ۵- تغییرات میزان پراکسید هیدروژن بر راندمان حذف COD در زمان‌های مختلف (پودر آهن برابر ۱ میلی مول بر لیتر ، pH=7)



نمودار ۶- تغییرات پودر آهن و راندمان حذف COD برای فرایند شبه فنتون در زمان‌های مختلف (پراکسید هیدروژن برابر ۳ میلی مول بر لیتر ، pH=7)

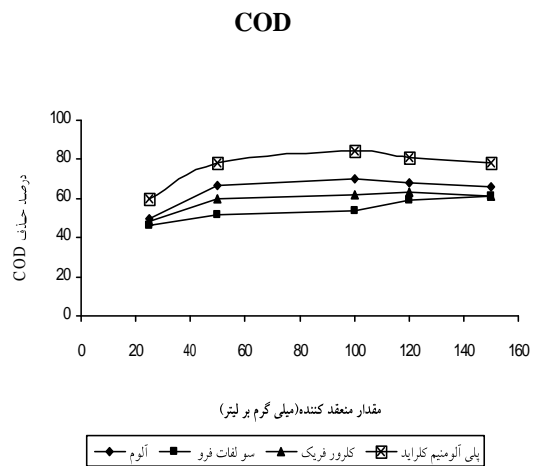
افزایش آن به ۰/۶ میلی مول بر لیتر تاثیر چندانی در کارایی حذف COD فاضلاب کلاریترومایسین ندارد. بنابراین مقدار بهینه پراکسید هیدروژن در فرایند شبه فنتون ۰/۳ میلی مول بر لیتر انتخاب شد (نمودار ۵).

تاثیر میزان پودر آهن بر فرایند شبه فنتون: با توجه به نقش بارز آهن در واکنش با پراکسید هیدروژن که سبب افزایش تولید HO<sup>•</sup> می‌گردد، تعیین مقدار بهینه آن بسیار حائز اهمیت است. در نمودار ۶ تاثیر مقدار متفاوت آهن بر فرایند شبه فنتون مشخص شده است. افزایش آهن تا ۰/۳ میلی مول بر لیتر سبب افزایش کارایی فرایند شده و افزایش بیش از این مقدار تاثیری بر فرایند نداشته است. لذا مقدار بهینه Fe<sup>0</sup> برای کلاریترومایسین برابر ۰/۳ میلی مول بر لیتر مشخص شد.



بهینه pH مربوط به هر یک از منعقد کننده ها

نمودار ۷- pH بهینه مربوط به هر یک از منعقد کننده ها و راندمان حذف COD



مقدار منعقد کننده (میلی گرم بر لیتر)

پلی آلومینیم کلراید - کلور فریک - سولفات فرو - آلوم

## بحث و نتیجه‌گیری

امروزه اکثر محققان در تلاش هستند تا روش‌های موثر و در عین حال مناسب از لحاظ اقتصادی را در جهت تصفیه فاضلاب‌های صنعتی ارائه دهند. پلی‌کلرید آلومینیوم جزو مواد منعقد کننده‌های جدید و با راندمان بالاست که در اکثر قسمت‌های دنیا و بخصوص در کشورهای اروپای غربی از آن استفاده بیشتری شده است (۲۰۱۹). نمک‌های پلیمری فلزی نظیر پلی‌کلرید آلومینیوم از طریق پل‌سازی بین ذرات و فشرده نمودن لایه دو گانه الکتریکی باعث ناپایدار نمودن ذرات کلوئیدی می‌گردد، این امر منجر به بهبود و پیشرفت عمل ناپایدار سازی می‌گردد (۲۱).

در تحقیقی ماترا کاربالا و همکاران<sup>۱</sup> از فرایند انعقاد و لخته‌سازی در کنار فرایند شناورسازی برای حذف داروها از فاضلاب استفاده نمودند. میزان COD این فاضلاب ۳۰۰ تا ۸۰۰ میلی گرم بر لیتر بود. منعقد کننده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل کلرید فربک، آلوم و پلی‌کلرید آلومینیوم بود. محدوده پلی‌کلرید آلومینیوم اولیه مورد استفاده برابر ۲۵۰ تا ۱۲۵۰ میلی گرم بر لیتر بود، که ۷۰۰ تا ۹۵۰ میلی گرم بر لیتر کارایی بالایی را در حذف مواد دارویی داشت. در حذف دو داروی گالاکسولید<sup>۲</sup> و تونالید<sup>۳</sup> کارایی حذف دو منعقد کننده آلوم و کلرید فربک به صورت مشابه و برابر ۵۰٪ بود، در حالیکه کارایی حذف پلی‌کلرید آلومینیوم برای حذف گالاکسولید ۶۳٪ و برای تونالید ۷۱٪ بود که نشان‌دهنده کارایی بالای این منعقد کننده بود (۲۲). نکته قابل توجه در اینجاست که فرایند انعقاد تاثیر خوبی بر حذف کلاریترومایسین دارد و در نتیجه سبب می‌گردد تا فاضلابی با COD پایین وارد فرایند اکسیداسیون پیشرفته گردد.

این عمل هم از لحاظ اقتصادی و هم از لحاظ کارایی حذف آنتی‌بیوتیک به نفع سیستم است. COD خروجی از فرایند انعقاد، برای آنتی‌بیوتیک کلاریترومایسین، برابر ۶۰ میلی گرم بر لیتر تعیین شد و فاضلاب با COD ۶۰ میلی گرم بر لیتر وارد فرایند شبه

فنتون شد. همانطور که مشخص است این مقدار COD بسیار پایین بوده و برای تصفیه با فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته مناسب است. با توجه به نمودار ۴ لازم به ذکر است که در pH های قلیایی  $H_2O_2$  سریعاً تجزیه شده و از چرخه فرایند خارج می‌شود و به این دلیل راندمان حذف به شدت پایین می‌آید، در عین حال تبدیل آهن دو ظرفیتی به آهن سه ظرفیتی به سرعت اتفاق افتاده و در نتیجه آهن به سرعت به شکل  $Fe(OH)_3$  رسوب کرده و کارایی فرایند کاهش می‌یابد. در pH های پایین نیز تشکیل  $Fe(OH)_2$  که با پراکسید هیدروژن به آرامی واکنش می‌دهد، باعث کاهش مقدار تولید رادیکال‌های هیدروکسیل شده و در نتیجه بازدهی فرایند کاهش می‌یابد (۲۳).

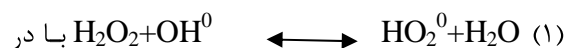
ویوی بن و همکاران<sup>۴</sup> مطالعه‌ای را در ارتباط با حذف آنتی‌بیوتیک‌های حیوانی انجام دادند. آنها بعد از انجام عمل پیش تصفیه با راکتور ناپیوسته متوالی (SBR) پس‌اب حاصله را وارد فرایند فنتون نمودند. در این تحقیق چهار آنتی‌بیوتیک گروه سولفانامیدها و یک آنتی‌بیوتیک از گروه ماکرولیدینها بررسی شد.

تاثیر pH اولیه، COD و  $SS$  و  $TOC$  پس‌اب خروجی از SBR بر روی تجزیه آنتی‌بیوتیکها بررسی شد pH اولیه برابر ۵ اعمال شد. در نهایت فرایند فنتون توانست به طور موثری تمامی COD و  $SS$  با غلظت اولیه به ترتیب ۴۱۹ و ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر را حذف نماید. معرف فنتون نه تنها کل کر بن آلی (TOC) را حذف نمود بلکه فلزات سنگین از جمله  $As$ ,  $Cu$ ,  $Pb$  و کل فسفر را حذف نموده و کل باکتری‌ها را غیرفعال نمود و سمیت فاضلاب را کاهش داد (۲۴). با توجه به نمودار ۵ می‌توان اینگونه بیان نمود که در مقادیر بالاتر از بهینه پراکسید هیدروژن، رادیکال‌های

1. Marta Carballa et al
2. Galaxolide
3. Tonalide
4. Weiwei Ben

اسکاونجر<sup>۱</sup> ( $\text{HO}_2^0$ ) تولید می‌گردند که راند مان حذف را کاهش می‌دهد (مطابق با معادله ۱).

در حقیقت مازاد پراکسید هیدروژن موجود به عنوان مصرف‌کننده رادیکال‌های هیدروکسیل موجود در محلول عمل می‌کند و در نتیجه سرعت واکنش را پایین می‌آورد و همکاران<sup>۲</sup> در استفاده از یک روش نو به نام شبه فنتون به همراه امواج مایکروویو برای تصفیه فاضلاب دارو سازی با COD اولیه ۴۹۹۱۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر، مقدار پراکسید هیدروژن بهینه مصرفی را ۱۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تعیین نمود. ارسال آلآتون و گورسس کارایی فرایند فوتو شبه فنتون ( $\text{Fe}^{3+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-A}$ ) را در اکسیداسیون پنی‌سیلین نوع G با ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر COD مورد بررسی قرار دادند و مقدار بهینه پراکسید هیدروژن را، ۲۵ میلی‌مول بر لیتر تعیین نمودند (۲۵).



نظر گرفتن تمامی شرایط بهینه برای فرایند شبه فنتون راندمان حذف کلاریترومایسین توسط این فرایند ۸۷ درصد بدست آمد (نمودار ۶). ارسال آلآتون و گورسس کارایی فرایند فوتو شبه فنتون ( $\text{Fe}^{3+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-A}$ ) را در اکسیداسیون پنی‌سیلین نوع G با ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر COD مورد بررسی قرار دادند و مقدار بهینه آهن را، ۱/۵ میلی‌مول بر لیتر تعیین نمود (۱۷).

زی<sup>۳</sup> و همکاران کارایی فرایند تلفیقی انعقاد، اکسیداسیون توسط فنتون و ته‌نشینی را در حذف آنتی بیوتیک‌های غیر قابل تجزیه از فاضلاب صنایع مورد بررسی قرار دادند، که مقدار بهینه سولفات آهن ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر تعیین شد (۲۶). در نهایت با توجه به مقادیر بهینه بدست آمده برای فرایند شبه فنتون نسبت مولی بهینه  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$  برابر ۱ بدست آمد. لازم به ذکر است که با

توجه به راندمان حذف آنتی‌بیوتیک کلاریترومایسین توسط فرایند انعقاد و فرایند شبه فنتون، که به ترتیب برابر ۸۴/۳۷ و ۸۷ درصد حاصل شد راندمان حذف فرایند ترکیبی برابر ۹۷/۹۵٪ بدست آمد. در تحقیقی زی و همکاران کارایی فرایند تلفیقی انعقاد، اکسیداسیون توسط فنتون و ته‌نشینی را در حذف آنتی‌بیوتیک‌های غیرقابل تجزیه از فاضلاب صنایع مورد بررسی قرار دادند، ماده منعقدکننده مناسب در این تحقیق پلی‌سولفات فریک انتخاب شد. pH بهینه برای ماده منعقدکننده برابر ۴ و مقدار بهینه ماده منعقدکننده، ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر انتخاب شد. در ضمن مقدار بهینه سولفات آهن ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر، پراکسید هیدروژن ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و مدت زمان تماس بهینه ۱ ساعت انتخاب شد. در نهایت میزان حذف رنگ و درصد COD حذف شده با فرایند انعقاد تنها و فرایند تلفیقی انعقاد، فنتون و ته‌نشینی اندازه‌گیری شد.

راندمان حذف رنگ و COD با فرایند انعقاد به ترتیب ۶۶/۶٪ و ۷۲/۴٪ برای فرایند تلفیقی انعقاد و فنتون راند مان حذف رنگ و COD و SS به ترتیب ۹۷/۳٪، ۹۶/۹٪ و ۸۶/۷٪ به دست آمد (۲۶). لذا با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان به این موضوع اشاره نمود که در ارتباط با فاضلاب‌هایی که دارای مواد معلق و کلوئیدی بالا هستند، استفاده از فرایند انعقاد به عنوان یک پیش تصفیه برای فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته بسیار مفید خواهد بود و سبب می‌گردد که بار آلی کمی وارد این فرایندها گردد که هم از لحاظ راندمان و هم از لحاظ اقتصادی توجیه داشته باشد. بنابراین این روش می‌تواند به عنوان روشی موثر در حذف آنتی‌بیوتیک‌هایی با ساختار مشابه مورد استفاده قرار گیرد.

1. Scavenger  
2. Yang et al  
3. Zi et al

## References

1. Rosario S, Valverde A, Dolores Gil A, Maria G, HectorC. Determination of tetracyclines in surface water by partial least squares using multivariate calibration transfer to correct the effect of solid phase preconcentration in photochemically induced fluorescence signals. *Analytica Chimica Acta*. 2006; 562: 85–93.
2. Botsoglou N and Fletouris DJ. *Drugs Residues in Foods: Pharmacology Food Safety and Analysis* Marcel Dekker. Inc New York. 2000 ; p. 41.
3. Elks J and Ganellin CR (Eds). *Dictionary of Drugs*, Chapman and Hall, London, 1991; pp:1001-1009.
4. Reynolds J .E. F (Ed) *Martindale. The Extra Pharmacopoeia*, The Pharmaceutical Press 30th ed., London1993; pp: 112-118.
5. Gulkowskaa A, Leunga HW, Soa MK, Taniyasub S, Yamashitab Leo, Richardsona J.A.P. Removal of antibiotics from wastewater by sewage treatment facilities in Hong Kong and Shenzhen, China. *Water Research*. 2008; 42 :395 – 403.
6. Marcela S, Lucie N. An overview of analytical methodologies for the determination of antibiotics in environmental waters. *Analytica Chimica Acta*. 2009; 649: 158–179.
7. Drewes J, Shore L, *Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment*. *Water research*. 2001; 252: 206-228.
8. Angela Yu-Chen, Lin Cheng-Fang, Lin Jia-Ming. O<sub>3</sub> and O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment of sulfonamide and macrolide antibiotics in wastewater. *Journal of Hazardous Materials*. 2009; 171: 452-458.
9. Niina M, Vieno AB, Tuula Tuhkanen B, Leif, Kronberg. Analysis of neutral and basic pharmaceuticals in sewage treatment plants and in recipient rivers using solid phase extraction and liquid chromatography–tandem mass spectrometry detection. *Journal of Chromatography*. 2006; 1134: 101–111.
10. Virender K. Oxidative transformations of environmental pharmaceuticals by Cl<sub>2</sub>, ClO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, and Fe(VI): Kinetics assessment. *Chemosphere*. 2008; 73: 1379-1386.
11. KestioSlu K, Yonar T. Feasibility of physico-chemical treatment and advanced oxidation processes (AOPs) as a means of pretreatment of olive mill effluent. *J Process Biochemistry*. 2005; 40: 2409 – 2416.
12. Yanbiao Liu, Xiaojie Gan, Baoxue Zhou, Bitao Xiong Jinhua Li, Chaoping Dong, Jing. Photoelectrocatalytic degradation of tetracycline by highly effective TiO<sub>2</sub> nanopore arrays electrode. *Journal of Hazardous Materials*. 2009; 171: 678-683.
13. Pude Kadu, Munu samy. Two-stage removal of nitrate from grand water using biological and chemical treatments. *J Biotech and Bioeny*. 2007; 104:129-134.
14. Pignatell J. Dark and photoassisted Fe<sup>3+</sup>-catalyzed degradation of chlorophenoxy herbicides by hydrogen peroxide. *Environ. Sci. Technol*. 1992; 26: 944-951.
15. Angela L, Batt A, Ian B, Bruce B. Evaluating the vulnerability of surface waters to antibiotic contamination from

- varying wastewater treatment plant discharges. *Environmental Pollution*. 2006; 142 :295-302.
16. Tsung-Hsien Yu, Angela Yu-Chen Lin, Shaik Khaja Lateef, Cheng-Fang Lin. Removal of antibiotics and non-steroidal anti-inflammatory drugs by extended sludge age biological process. *Chemosphere*. 2009; 77: 175-181.
17. Arslan-Alatonand F. Photo-Fenton-like and photo-fenton-like oxidation of Procaine Penicillin G formulation effluent. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. 2004; 165:165-175.
18. Kavita V and Palanivelu K. Degradation of nitrophenol by Fenton and photo fenton processes. *J Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. 2005; 170: 83-95.
19. Wang D, Sun W, Xu Y, Tang H. Speciation stability of inorganic polymer flocculant-PACl. *Colloids and Surfaces*. 2004; 243: 1-10.
20. Parker DR and Bersch PM. Formation of the "A113" tridecameric polycation under diverse synthesis conditions. *Environ. Sci. Technol*. 1992; 26: 914-921.
21. LaMer V K and Healy TW. Adsorption-flocculation reactions of micromolecules at the solid-liquid interface. *Rev. Pure App. Chem*. 1963; 13:112-132.
22. Marta Carballa, Francisco Omil, Juan M. Removal of cosmetic ingredients and pharmaceuticals in sewage primary treatment. *Water Research*. 2005; 39: 4790-4796.
23. Farrokhi M, Mesdaghinia AR, Naseri S, Yazdanbakhsh AR. Oxidation of Pentachlorophenol by Fenton's Reagent. *Iranian J of Pub Health*. 2003; 32: 6-10.
24. Weiwei Ben, Zhimin Qiang, Xun Pan and Meixue Chen. Removal of veterinary antibiotics from sequencing batch reactor (SBR) pretreated swine wastewater by Fenton's reagent. *Water Research*. 2009; 43: 4392-4402.
25. Yu Yang, Peng Wang, Shujie Shi and Yuan Liu. Microwave enhanced Fenton-like process for the treatment of high concentration pharmaceutical wastewater. *Journal of Hazardous materials*. 2009; 168: 238-245.
26. Zi-Peng Xing and De-Zhi Sun. Treatment of antibiotic fermentation wastewater by combined polyferric sulfate coagulation Fenton and sedimentation process. *Journal of Hazardous Materials*. 2009; 229: 321-329.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.