دانشگاه علوم پزشکي
و خدماتی بهداشتی درمانی کرمان

دانشکده بهداشت

پایان‌نامه مقطع دکتری تخصصی رشته بهداشت محیط

عنوان

تعیین بازدهی حذف آنتی بیوتیک های مترونیدازول و سیپروفلوکساسین از محلول های آبی با استفاده از فرآیندهای تلفیقی نورپالسی/ رادیکال پرسولفات/ نانوکامپوزیت مغناطیسی و الکتروکواگولاسیون سه بعدی/ رادیکال پرسولفات/ نانوکامپوزیت مغناطیسی و ارزیابی سمیت باقیمانده های دارویی با استفاده از بذر گیاه شاهی: مطالعه موردی در فاضلاب بیمارستانی

توسط

محمداحمدیان

استاد راهنما

دکتر محمد ملکوتیان

اساتید مشاور

دکتر مجید آقاسی، دکتر علی فاتحی زاده

شماره پایان نامه: ۱۰/۸/۱/۲۱ **سال تحصیلی ۱۳۹۹ـ ۱۴۰۰**

ب

بسمه تعالی

تاریخ ۹۸/۶/۱۱

شماره ۱۰۸۷.۱/۲۱

پیوست .....

صورتجلسه دفاع از پایان نامه

دانشگاه علوم پزشکی کرمان

مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه

جلسه دفاعیه پایان نامه تحصیلی آقای محمد احمدیان دانشجوی دکتری تخصصی (Ph.D) رشته مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کرمان تحت عنوان " بررسی راندمان حذف آنتی بیوتیک های مترونیدازول و سیپروفلوکساسین از محلول های آبی با استفاده از فرآیندهای تلفیقی نورپالسی/ رادیکال پرسولفات/ نانوکامپوزیت مغناطیسی و الکتروکواگولاسیون سه بعدی/ رادیکال پرسولفات/ نانوکامپوزیت مغناطیسی و ارزیابی سمیت باقیمانده های دارویی با استفاده از بذر گیاه شاهی؛ مطالعه موردی در فاضلاب بیمارستانی" درساعت ۱۱ روز سه شنبه مورخ ۹۹/۱۰/۰۲ با حضور اعضای محترم هیات داوران به شرح ذیل:

سمت	نام و نام خانوادگی	امضا
الف:استاد(ان) راهنما	آقای دکتر محمد ملکوتیان	
ب: استاد(ان) مشاور	آقای دکتر مجید آقاسی آقای دکتر علی فاتحی زاده	
ج: عضو هیات داوران (داخلی)	آقای دکتر مجید هاشمی	
ج: عضو هیات داوران (داخلی)	خانم دکتر هدی امیری	
د :عضو هیات داوران (خارجی)	آقای دکتر محمد حسن احرام پوش	
د :عضو هیات داوران (خارجی)	آقای دکتر نعمت الله جعفر زاده	
ه :نماینده تحصیلات تکمیلی	خانم دکتر مریم فرجی	

تشکیل گردید و ضمن ارزیابی به شرح پیوست با درجه عالی و نمره ۲۰ مورد تأیید قرار گرفت .

مهر و امضاء معاون آموزشی

فهرست مندرجات

فهرست جداول ..... ز
فهرست تصاویر ونمودارها ..... ح
فهرست کوتاه نوشته ها ..... ك
چکیده ۱۲

فصل اول: مقدمه و اهداف

۱-۱ مقدمه ..... **Error! Bookmark not defined.**
۱-۲ بیان مساله و اهمیت موضوع ..... **Error! Bookmark not defined.**
۱-۲-۱ هدف كلي طرح ..... **Error! Bookmark not defined.**
۱-۲-۲ اهداف اختصاصي يا ويژه طرح ..... **Error! Bookmark not defined.**
۱-۲-۳ اهداف كاربردي طرح ..... **Error! Bookmark not defined.**
۱-۲-٤ فرضيات يا سؤالات طرح: ..... **Error! Bookmark not defined.**

فصل دوم : بررسی متون

۲-۱ آلاینده های نوپدید و اثرات آن در محیط زیست ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۲ داروها در محیط- وقایع و چشم اندازهای جهانی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۳ صنایع دارویی ایران: وضعیت فعلی ، فرصت ها و تهدیدها ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-٤ دفع مواد دارویی و آلودگی محیط زیست ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-٤-۱ مواد داروئی در فاضلاب ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-٤-۲ منابع، مسیرها و خطرات نسبی داروها در آبهای سطحی و آبهای زیرزمینی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-٤-۳ مواد داروئی در آب های آشامیدنی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۵ آنتی بیوتیک ها و موارد استفاده از آنها ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۵-۱ مترونیدازول ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۵-۲ اثرات بهداشتی مترونیدازول ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۵-۳ روش های سنجش مقادیر مترونیدازول ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۵-٤ روشهای حذف مترونیدازول از محیط های آبی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۵-۵ سیپروفلوکساسین ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۵-٦ اثرات بهداشتی سیپروفلوکساسین ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۵-۷ روشهای سنجش سیپروفلوکساسین ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۵-۸ روشهای حذف سیپروفلوکساسین از محیط های آبی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-٦ فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-٦-۱ فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته مبتنی بر رادیکال هیدروکسیل ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-٦-۱-۱ فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته مبتنی بر رادیکال هیدروکسیل (ازن) ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-٦-۱-۲ فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته مبتنی بر رادیکال هیدروکسیل (ماوراء بنفش) **Error! Bookmark not defined.**
۲-٦-۱-۳ سایر فرآیند های اکسیداسیون پیشرفته مبتنی بر رادیکال هیدروکسیل ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-٦-۲ فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته مبتنی بر رادیکال سولفات ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-٦-۲-۱ فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته مبتنی بر رادیکال سولفات (آهن صفر ظرفیتی) **Error! Bookmark not defined.**
۲-٦-۲-۲ فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته مبتنی بر رادیکال سولفات (اشعه ماوراء بنفش) **Error! Bookmark not defined.**
۲-٦-۲-۳ جدیدترین فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته مبتنی بر رادیکال سولفات (نور پالسی) **Error! Bookmark not defined.**
۲-۷ جذب ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۸ نانوذرات ..... **Error! Bookmark not defined.**

۲-۸-۱ کامپوزیت ها ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۸-۲ نانوکامپوزیت ها ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۸-۳ مزایای طراحی و سنتز نانوکامپوزیت های جدید ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۸-٤ نانوکامپوزیت های کربن فعال مغناطیسی ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۹ فرایند الکترو کوگولاسیون ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۹-۱ فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۹-۲ مکانیسم فرایند الکترو کوگولاسیون سه بعدی ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۹-۲-۱ جذب/الکترو جذب در فرایند الکترو کوگولاسیون سه بعدی ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۹-۲-۲ اکسیداسیون/تجزیه کاتالیستی در فرایند الکترو کوگولاسیون سه بعدی ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۹-۲-۳ الکتروکواگولاسیون در فرایند الکترو کوگولاسیون سه بعدی ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۹-۲-٤ انتخاب آند، کاتد و الکترودهای ذره ای در فرایند الکترو کوگولاسیون سه بعدی .. Error! Bookmark not defined.
۲-۹-۲-۵ آند و مواد تشکیل دهنده آن در فرایند الکترو کوگولاسیون سه بعدی ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۹-۲-٦ کاتد و مواد تشکیل دهنده آن در فرایند الکترو کوگولاسیون سه بعدی ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۹-۲-۷ الکترود ذرات در فرایند الکترو کوگولاسیون سه بعدی ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۹-۳ مزایای فرایند الکتروکوگولاسیون سه بعدی ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۱۰ آزمون سمیت ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۱۰-۱ گونه های زیستی متداول برای آزمون سمیت ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۱۰-۲ شاهی و آزمون سمیت ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۱۰-۳ اصطلاحات متداول برای آزمون سمیت ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۱۱ بررسی متون ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۱۲ ضرورت انجام تحقیق ..... Error! Bookmark not defined.

فصل سوم : مواد و روش ها

۳-۱ مقدمه ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۲ جدول زمان بندی تحقیق ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۳ روش انجام آزمایش ها ..... Error! Bookmark not defined.
۳-٤ مراحل انجام تحقیق ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۵ وسایل و تجهیزات مورد استفاده ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۵-۱ تجهیزات مورد استفاده برای انجام آزمایشات ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۵-۲ مواد شیمیایی مصرفی برای انجام آزمایشات ..... Error! Bookmark not defined.
۳-٦ سنتز نانوکامپوزیت کربن مغناطیسی ..... Error! Bookmark not defined.
۳-٦-۱ تعیین مشخصات نانوکامپوزیت کربن مغناطیسی ..... Error! Bookmark not defined.
۳-٦-۱-۱ آزمایش طیف‌سنجی پرتو ایکس (XRD) ..... Error! Bookmark not defined.
۳-٦-۱-۲ آزمایش مغناطیس سنج نمونه مرتعش (VSM) ..... Error! Bookmark not defined.
۳-٦-۱-۳ آزمایش میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی (FESEM) ..... Error! Bookmark not defined.
۳-٦-۱-٤ آزمایش طیف سنجی پراش انرژی پرتو ایکس (EDS) ..... Error! Bookmark not defined.
۳-٦-۱-۵ نقشه برداری عنصری (Mapping) ..... Error! Bookmark not defined.
۳-٦-۱-٦ طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR) ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۷ فرآیند نورپالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/رادیکال پرسولفات ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۸ فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/رادیکال پرسولفات ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۹ بررسی هم افزایی و سینتیک فرآیندها ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۱۰ حذف آنتی بیوتیک ها با فرآیندها در پساب تصفیه خانه فاضلاب بیمارستانی ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۱۱ اندازه گیری آنتی بیوتیک باقیمانده در نمونه های سنتتیک ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۱۲ سمیت سنجی پساب با استفاده از بذر گیاه شاهی ..... Error! Bookmark not defined.

فصل چهارم: یافته ها

٤-١ مقدمه ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٢ مشخصات کربن مغناطیسی سنتز شده ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٢-١ نتایج آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی (FESEM)..... Error! Bookmark not defined.
٤-٢-٢ نتایج آنالیز نقشه برداری عنصری (Mapping) ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٢-٣ نتایج آنالیز طیف سنجی پراش انرژی پرتو ایکس (EDS)..... Error! Bookmark not defined.
٤-٢-٤ نتایج آنالیز طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR) ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٢-٥ نتایج آنالیز طیف‌سنجی پرتو ایکس (XRD)..... Error! Bookmark not defined.
٤-٢-٦ نتایج آنالیز مغناطیس سنج نمونه مرتعش (VSM)..... Error! Bookmark not defined.
٤-٣ فرآیند نورپالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٣-١ تفاوت فرآیندهای مختلف در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
٤-٣-٢ تأثیر پارامترهای کلیدی بر فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٣-٢-١ تأثیر دوز نانوکامپوزیت مغناطیسی بر فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی /پرسولفات Error! Bookmark not defined.
٤-٣-٢-٢ تأثیر غلظت پرسولفات بر فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی /پرسولفات.. Error! Bookmark not defined.
٤-٣-٢-٣ تاثیر pH بر فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٣-٢-٤ تاثیر غلظت اولیه سیپروفلوکساسین بر فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/ پرسولفات Error! Bookmark not defined.
٤-٤ فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف مترونیدازول ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٤-١ تفاوت فرآیندهای مختلف در حذف مترونیدازول ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٤-٢ تأثیر پارامترهای کلیدی بر فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٤-٢-١ تاثیر pH بر فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٤-٢-٢ تأثیر دوز جاذب نانوکامپوزیت مغناطیسی بر فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات..... Error! Bookmark not defined.
٤-٤-٢-٣ تأثیر غلظت پرسولفات بر فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی /پرسولفات Error! Bookmark not defined.
٤-٤-٢-٤ تاثیر غلظت اولیه مترونیدازول بر فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات Error! Bookmark not defined.
٤-٥ فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی در حذف سیپروفلوکساسین... Error! Bookmark not defined.
٤-٥-١ تفاوت فرآیندهای مختلف در حذف سیپروفلوکساسین ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٥-٢ آنالیز لجن فرآیندهای مختلف..... Error! Bookmark not defined.
٤-٥-٣ تاثیر پارامترهای کلیدی بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی در حذف سیپروفلوکساسین ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٥-٣-١ تاثیر pH بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٥-٣-٢ تأثیر دوز جاذب بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی Error! Bookmark not defined.
٤-٥-٣-٣ اثر دانسیته جریان بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی Error! Bookmark not defined.
٤-٥-٣-٤ تأثیر غلظت اولیه سیپروفلوکساسین بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی /نانوکامپوزیت مغناطیسی ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٥-٣-٥ پایداری نانوکامپوزیت باقیمانده در فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/ نانوکامپوزیت مغناطیسی ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٥-٤ تأثیر پارامترهای کلیدی بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
٤-٥-٤-١ تاثیر غلظت پرسولفات بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات ..... Error! Bookmark not defined.

٤-٥-٤-٢ تاثیر دوز نانوکامپوزیت بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٥-٤-٣ تاثیر دانسیته جریان بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٥-٤-٤ تاثیر pH بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات Error! Bookmark not defined.
٤-٥-٤-٥ تاثیر غلظت اولیه سیپروفلوکساسین بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/ نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات Error! Bookmark not defined.
٤-٦ فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف مترونیدازول Error! Bookmark not defined.
٤-٦-١ تفاوت فرآیندهای مختلف در حذف مترونیدازول ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٦-٢ تأثیر پارامترهای کلیدی بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات برای حذف مترونیدازول ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٦-٢-١ تأثیر دوز نانوکامپوزیت بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات..... Error! Bookmark not defined.
٤-٦-٢-٢ تأثیر pH بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی /پرسولفات Error! Bookmark not defined.
٤-٦-٢-٣ تأثیر دانسیته جریان بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات..... Error! Bookmark not defined.
٤-٦-٢-٤ تأثیر غلظت پرسولفات بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٦-٢-٥ تأثیر غلظت اولیه مترونیدازول بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات. Error! Bookmark not defined.
٤-٧ مطالعه هم افزایی و سینتیکی فرآیندها..... Error! Bookmark not defined.
٤-٧-١ نتایج مطالعه هم افزایی و سینتیکی فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/ پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٧-٢ نتایج مطالعه هم افزایی و سینتیکی فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/ پرسولفات در حذف مترونیدازول Error! Bookmark not defined.
٤-٧-٣ نتایج مطالعه هم افزایی و سینتیکی فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
٤-٧-٤ نتایج مطالعه هم افزایی و سینتیکی فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف مترونیدازول ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٨ بازدهی حذف آنتی بیوتیک ها تحت بهترین شرایط آزمایش توسط دو فرآیند در پساب تصفیه خانه فاضلاب بیمارستانی . Error! Bookmark not defined.
٤-٩ سمیت سنجی پساب با استفاده از بذر گیاه شاهی..... Error! Bookmark not defined.
٤-٩-١ نتایج محاسبه شاخص جوانه زنی برای فرآیندهای مختلف ..... Error! Bookmark not defined.
٤-٩-٢ نتایج محاسبه شاخص متوسط غلظت موثر (EC_{50}) برای فرآیندهای مختلف..... Error! Bookmark not defined.
٥-١ مشخصات کربن مغناطیسی سنتز شده ..... Error! Bookmark not defined.
فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری
٥-٢ فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
٥-٢-١ تفاوت فرآیندهای مختلف در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
٥-٢-٢ تأثیر پارامترهای کلیدی بر فرآیند نورپالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
٥-٣ فرآیند نورپالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف مترونیدازول..... Error! Bookmark not defined.

۵-۳-۱ تفاوت فرآیندهای مختلف در حذف مترونیدازول ..... Error! Bookmark not defined.
۵-۳-۲ تأثیر پارامترهای کلیدی بر فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف مترونیدازول ..... Error! Bookmark not defined.
۵-٤ فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین Error! Bookmark not defined.
۵-٤-۱ انتخاب الکترود در فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/ پرسولفات Error! Bookmark not defined.
۵-٤-۲ تفاوت فرآیندهای تکی و ترکیبی فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
۵-٤-۳ آنالیز طیف سنجی پراش انرژی پرتو ایکس (EDS) لجن فرآیندهای مختلف و انتخاب فرآیند مناسب Error! Bookmark not defined.
۵-٤-٤ تأثیر پارامترهای کلیدی بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی در حذف سیپروفلوکساسین ..... Error! Bookmark not defined.
۵-٤-۵ تأثیر پارامترهای کلیدی بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
۵-٤-٦ مزایا و معایب فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی و ترکیب آن با پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
۵-۵ فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف مترونیدازول Error! Bookmark not defined.
۵-۵-۱ تفاوت فرآیندهای مختلف در حذف مترونیدازول ..... Error! Bookmark not defined.
۵-۵-۲ تأثیر پارامترهای کلیدی بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات برای حذف مترونیدازول ..... Error! Bookmark not defined.
۵-٦ مطالعه هم افزایی و سینتیکی فرآیندها..... Error! Bookmark not defined.
۵-٦-۱ مطالعه هم افزایی ..... Error! Bookmark not defined.
۵-٦-۲ مطالعه سینتیکی فرآیندها ..... Error! Bookmark not defined.
۵-۷ بازدهی حذف آنتی بیوتیک ها تحت بهترین شرایط آزمایش توسط دو فرآیند در پساب تصفیه خانه فاضلاب بیمارستانی . Error! Bookmark not defined.
۵-۸ سمیت سنجی پساب با استفاده از بذر گیاه شاهی..... Error! Bookmark not defined.
۵-۹ نتیجه گیری ..... Error! Bookmark not defined.
منابع و مآخذ ..... Error! Bookmark not defined.

فهرست جداول

جدول ۱-۳: زمان بندی مراحل مختلف تحقیق..... Error! Bookmark not defined.
جدول ۲-۳: فهرست تجهیزات و دستگاه های مورد نیاز در پژوهش ..... Error! Bookmark not defined.
جدول ۳-۳ : فهرست و فرمول مواد شیمیایی مصرفی..... Error! Bookmark not defined.
جدول ٤-۳: مدل های سینتیکی مورد استفاده..... Error! Bookmark not defined.
جدول ۱-٤: نتایج ثابت سرعت و هم افزایی فرآیند نور پالسی/ نانوکامپوزیت مغناطیسی/ پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
جدول ۲-٤: ثابت های سینتیکی فرآیند نور پالسی/ نانوکامپوزیت مغناطیسی/ پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین ..... Error! Bookmark not defined.
جدول ۳-٤: نتایج ثابت سرعت و هم افزایی فرآیند نور پالسی/ نانوکامپوزیت مغناطیسی/ پرسولفات در حذف مترونیدازول ..... Error! Bookmark not defined.

جدول ٤-٤: ثابت های سینتیکی فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف مترونیدازول ... **Error! Bookmark not defined.**

جدول ٥-٤: نتایج ثابت سرعت واکنش و هم افزایی فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/ نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول ٦-٤: ثابت های سینتیکی فرآیندهای الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی و الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین ..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول ٧-٤: نتایج ثابت سرعت و هم افزایی در فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف مترونیدازول..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول ٨-٤: ثابت های سینتیکی فرآیند فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف مترونیدازول ..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول ٩-٤: خصوصیات پساب تصفیه خانه بیمارستان افضلی پور پس از اضافه نمودن آنتی بیوتیک ها..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول ١-٥: شرایط بهینه فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی و ترکیب این فرآیند با پرسولفات ..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول ٢-٥: نتایج تاثیر سینرژیستی فرآیندهای مختلف ترکیبی در مطالعه حاضر برای حذف سیپروفلوکساسین... **Error! Bookmark not defined.**

جدول ٣-٥: نتایج تاثیر سینرژیستی فرآیندهای مختلف ترکیبی در مطالعه حاضر برای حذف مترونیدازول ..... **Error! Bookmark not defined.**

فهرست تصاویر ونمودارها

شکل ١-٢: ساختار شیمیایی سیپروفلوکساسین ..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ٢-٢: مکانیسم حذف آلاینده ها در فرآیند الکتروشیمیایی سه بعدی ..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ١-٣: مراحل انجام تحقیق ..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ٢-٣ : فرآیند ناشناخته با پنج ورودی، یک خروجی ..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ٣-٣: پایلوت مورد استفاده برای فرآیند نورپالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/رادیکال پرسولفات **Error! Bookmark not defined.**

شکل ٤-٣: پایلوت مورد استفاده در فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/ رادیکال پرسولفات Error! Bookmark not defined.

شکل ٥-٣: منحنی کالیبراسیون (الف) و پیک های به دست آمده (ب) برای سیپروفلوکساسین Error! Bookmark not defined.

شکل ٦-٣: منحنی کالیبراسیون (الف) و پیک های به دست آمده (ب) برای مترونیدازول Error! Bookmark not defined.

شکل ٧-٣: جداسازی نانوکامپوزیت با آهنربا Error! Bookmark not defined.

شکل ٨-٣: بذر گیاه شاهی تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان Error! Bookmark not defined.

شکل ٩-٣: جداسازی بذرهای یکسان شاهی (الف)، خیساندن بذرها (ب) Error! Bookmark not defined.

شکل ١٠-٣: آماده سازی تیمارهای مختلف جهت آزمون سمیت Error! Bookmark not defined.

شکل ١-٤: نتایج آنالیز نانوکامپوزیت کربن مغناطیسی توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی در مقیاس ٢٠٠ نانومتر (الف) و ١٠ میکرون (ب) Error! Bookmark not defined.

شکل ٢-٤: نتایج آنالیز نقشه برداری عنصری نانوکامپوزیت کربن مغناطیسی Error! Bookmark not defined.

شکل ٣-٤: نتایج کیفی طیف سنجی پراش انرژی پرتو ایکس Error! Bookmark not defined.

شکل ٤-٤: نتایج آنالیز FTIR مربوط به نانوکامپوزیت کربن مغناطیسی Error! Bookmark not defined.

شکل ٥-٤: نتایج آنالیز طیف‌سنجی پرتو ایکس طیف‌سنجی پرتو ایکس مربوط به نانوکامپوزیت کربن مغناطیسی (الف و ب) Error! Bookmark not defined.

شکل ٦-٤: آنالیز مغناطیس سنج نمونه مرتعش مربوط به نانوکامپوزیت کربن مغناطیسی Error! Bookmark not defined.

شکل ٧-٤: تاثیر فرآیندهای تکی و ترکیبی در حذف سیپروفلوکساسین Error! Bookmark not defined.

شکل ٨-٤: تاثیر دوز نانوکامپوزیت مغناطیسی در فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات برای حذف سیپروفلوکساسین Error! Bookmark not defined.

شکل ٩-٤: تاثیر غلظت اولیه پرسولفات بر فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات برای حذف سیپروفلوکساسین Error! Bookmark not defined.

شکل ١٠-٤: تاثیر pH در فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات برای حذف سیپروفلوکساسین .. Error! Bookmark not defined.

شکل ١٢-٤: تاثیر فرآیندهای مختلف در حذف مترونیدازول از محلول آبی Error! Bookmark not defined.

شکل ١٣-٤: تاثیر pH در فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات برای حذف مترونیدازول Error! Bookmark not defined.

شکل ١٤-٤: تاثیر دوز نانوکامپوزیت مغناطیسی بر فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات برای حذف مترونیدازول Error! Bookmark not defined.

شکل ١٥-٤: تاثیر غلظت پرسولفات بر فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی /پرسولفات برای حذف مترونیدازول Error! Bookmark not defined.

شکل ١٦-٤: غلظت اولیه آنتی بیوتیک بر بازدهی حذف مترونیدازول در فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات برای حذف مترونیدازول Error! Bookmark not defined.

شکل ١٧-٤: مقایسه بازدهی فرآیند نورپالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/رادیکال پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین و مترونیدازول در شرایط بهینه Error! Bookmark not defined.

شکل ١٨-٤: تاثیر فرآیندهای مختلف در حذف سیپروفلوکساسین Error! Bookmark not defined.

شکل ١٩-٤: نانو کامپوزیت های کربن مغناطیسی را در انتهای فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی Error! Bookmark not defined.

شکل ۲۰-٤: لجن تشکیل شده در فرآیندهای الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/کلرید سدیم (الف) و الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات (ب) ..... Error! Bookmark not defined.
شکل ۲۱-٤: نتایج طیف سنجی پراش انرژی پرتو ایکس (EDS) فرآیندهای الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی(الف)، الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/کلرید سدیم (ب) و الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات (ج) ..... Error! Bookmark not defined.
شکل ۲۲-٤: بررسی تاثیر pH بر روی فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
شکل ۲۳-٤: نتایج تاثیر دوزهای مختلف جاذب نانوکامپوزیت در فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
شکل ۲٤-٤: نتایج تاثیر دانسیته جریان بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
شکل ۲۵-٤: نتایج تاثیر غلظت اولیه سیپروفلوکساسین در فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی ..... Error! Bookmark not defined.
شکل ۲٦-٤: نتایج حاصل از آنالیز طیف‌سنجی پرتو ایکس (XRD) نانوکامپوزیت قبل (الف) و بعد (ب) از فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی..... Error! Bookmark not defined.
شکل ۲۷-٤: تاثیر غلظت پرسولفات بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
شکل ۲۸-٤: نتایج تاثیر دوز نانوکامپوزیت بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
شکل ۲۹-٤: نتایج تاثیر دانسیته جریان بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
شکل ۳۰-٤: نتایج تاثیر pH بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
شکل ۳۱-٤: نتایج تاثیر غلظت اولیه سیپروفلوکساسین بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین ..... Error! Bookmark not defined.
شکل ۳۲-٤: نتایج تاثیر فرآیندهای مختلف بر حذف مترونیدازول ..... Error! Bookmark not defined.
شکل ۳۳-٤: نتایج تأثیر دوز نانوکامپوزیت بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات برای حذف مترونیدازول..... Error! Bookmark not defined.
شکل ۳٤-٤: نتایج تأثیر pH بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات برای حذف مترونیدازول ..... Error! Bookmark not defined.
شکل ۳۵-٤: نتایج تأثیر دانسیته جریان بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات برای حذف مترونیدازول..... Error! Bookmark not defined.
شکل ۳٦-٤: نتایج تأثیر غلظت اولیه پرسولفات بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات برای حذف مترونیدازول..... Error! Bookmark not defined.
شکل ۳۷-٤: نتایج تأثیر غلظت اولیه مترونیدازول بر فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات برای حذف مترونیدازول..... Error! Bookmark not defined.
شکل ۳۸-٤: مقادیر حذف آنتی بیوتیک های سیپروفلوکساسین و مترونیدازول توسط فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در شرایط بهینه ..... Error! Bookmark not defined.
شکل ۳۹-٤: تصاویر جوانه زنی در روز چهارم در آب شیر (الف)، فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات برای حذف مترونیدازول با رقت ۰/۲ (ب)..... Error! Bookmark not defined.

شکل ٤٠-٤: مقادیر شاخص جوانه زنی فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی برای حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
شکل ٤١-٤: مقادیر شاخص جوانه زنی فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات برای حذف سیپروفلوکساسین ..... Error! Bookmark not defined.
شکل ٤٢-٤: مقادیر شاخص جوانه زنی برای فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف مترونیدازول..... Error! Bookmark not defined.
شکل ٤٣-٤: مقادیر شاخص جوانه زنی برای فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
شکل ٤٤-٤: مقادیر شاخص جوانه زنی برای فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف مترونیدازول ..... Error! Bookmark not defined.
شکل ٤٥-٤: نتایج آنالیز پروبیت برای فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
شکل ٤٦-٤: نتایج آنالیز پروبیت برای فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین..... Error! Bookmark not defined.
شکل ٤٧-٤: نتایج آنالیز پروبیت برای فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف مترونیدازول ..... Error! Bookmark not defined.
شکل ٤٨-٤: نتایج آنالیز پروبیت برای فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف سیپروفلوکساسین ..... Error! Bookmark not defined.
شکل ٤٩-٤: نتایج آنالیز پروبیت فرآیند نور پالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/پرسولفات در حذف مترونیدازول .... Error! Bookmark not defined.

فهرست کوتاه نوشته ها

Abbreviations	
MNZ	Metronidazole
CIP	Ciprofloxacin
PL	Pulse Light
PS	Persulfate
MAC	Magnetic Activated Carbon nanocamposite
XRD	X-ray powder diffraction
VSM	Vibrating-sample magnetometer
FESEM	Field Emission Scanning Electron Microscope
EDS	Energy-dispersive X-ray spectroscopy
FTIR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy
EC_{50}	Half maximal effective concentration

چکیده

هدف: هدف تحقیق تعیین بازدهی حذف آنتی بیوتیک های سیپروفلوکساسین و مترونیدازول از محلول های آبی با استفاده از فرآیند نورپالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/رادیکال پرسولفات و همچنین الکتروکواگولاسیون سه بعدی/ نانوکامپوزیت مغناطیسی/رادیکال پرسولفات و نهایتا ارزیابی سمیت پساب تولیدی با استفاده از بذر گیاه شاهی بود.

روش ها: در این تحقیق ابتدا نانوکامپوزیت کربن فعال مغناطیسی سنتز شد و مشخصات آن تعیین گردید. در مرحله بعد کارایی فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/ نانوکامپوزیت مغناطیسی/رادیکال پرسولفات و فرآیند نورپالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/رادیکال پرسولفات در شرایط مختلف برای حذف سیپروفلوکساسین و مترونیدازول مورد بررسی قرار گرفت. پس از تعیین بهترین شرایط آزمایش میزان حذف سیپروفلوکساسین و مترونیدازول در فاضلاب بیمارستانی نیز تعیین گردید.

یافته ها: نتایج آنالیز نانوکامپوزیت کربن فعال مغناطیسی نشان داد که نانوکامپوزیتها دارای ساختار کروی و با کمترین میزان گرفتگی، توزیع یکنواخت عناصر در سطح ذره و دارای خواص مغناطیسی مناسب می باشد. بازدهی حذف سیپروفلوکساسین در بهترین شرایط آزمایش (سیپروفلوکساسین = ۱۰ mg/L، نانوکامپوزیت= ۹۰۰ mg/L، pH= ۷ ، دانسیته جریان= ۰/۳ mA/cm^2 و زمان تماس=۳۵ min) در طی فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/ نانوکامپوزیت مغناطیسی برابر ۹۸/۲۱ % بود. تحت شرایط بهینه فرآیند (مترونیدازول = ۲۰ mg/L، نانوکامپوزیت= ۱۰۰۰ mg/L، pH =۳ ، دانسیته جریان= mA/cm^2 ۰/٦، پرسولفات = ٤۰۰ mg/L و زمان تماس=۸۰ min) بازدهی حذف مترونیدازول توسط فرآیند الکتروکواگولاسیون سه بعدی/ نانوکامپوزیت مغناطیسی/رادیکال پرسولفات به ترتیب برابر با ۹۲% بود. راندمان حذف سیپروفلوکساسین در فرآیند نور پالسی/ نانوکامپوزیت مغناطیسی/رادیکال پرسولفات در بهترین شرایط آزمایش (نانوکامپوزیت= ٦۰۰ mg/L، پرسولفات= ٤۰۰ mg/L، pH =۵ و سیپروفلوکساسین= ۱۰ mg/L) برابر ۹۸/۱ درصد بود.همچنین راندمان حذف مترونیدازول در فرآیند فرآیند نور پالسی/ نانوکامپوزیت مغناطیسی/رادیکال پرسولفات در بهترین شرایط آزمایش (نانوکامپوزیت= ۱۰۰۰ mg/L، پرسولفات= ۲۰۰ mg/L، pH =۷ و سیپروفلوکساسین= ۱۰ mg/L) برابر ۸۸/۲۸ درصد به دست آمد.

نتیجه گیری: فرایندهای ترکیبی الکتروکواگولاسیون سه بعدی/ نانوکامپوزیت مغناطیسی/ رادیکال پرسولفات و نورپالسی/نانوکامپوزیت مغناطیسی/رادیکال پرسولفات میزان حذف سیپروفلوکساسین و مترونیدازول بسیار مناسب است.

کلیدواژه: مترونیدازول، سیپروفلوکساسین، نورپالسی، رادیکال پرسولفات، نانوکامپوزیت مغناطیسی، الکتروکواگولاسیون سه بعدی

Abstract

Background and Objectives: The aim of this study was to investigate the removal of ciprofloxacin and metronidazole antibiotics from aqueous solutions using pulsed light/radical persulfate/magnetic nanocomposite as well as three-dimensional electrocoagulation/persulfate radical/magnetic nanocomposite and finally the evaluation of the toxicity of the produced effluent using Lepidium sativum seeds.

Methods: In this research first, magnetic activated carbon nanocomposite was synthesized and its characteristics were determined. In the next step, the efficiency of the pulsed light/radical persulfate/magnetic nanocomposite and three-dimensional electrocoagulation/persulfate radical/magnetic nanocomposite under different conditions for ciprofloxacin and metronidazole removal were investigated. After determining the best experimental conditions, the amount of ciprofloxacin and metronidazole removal in hospital wastewater was determined.

Results: The results of analysis of magnetic activated carbon nanocomposite showed that the nanocomposite has a spherical structure with the least amount of clogging, uniform distribution of elements at the particle surface and has suitable magnetic properties. Ciprofloxacin removal efficiency under best experimental (ciprofloxacin=10 mg/L, nanocomposite = 900 mg/L, pH = 7, current density = 0.3 mA/cm^2 and contact time = 35 min) during the three-dimensional electrocoagulation process/magnetic nanocomposite was equal to 98.21%. Under best experimental conditions (metronidazole = 20 mg/L, nanocomposite = 1000 mg/L, pH = 3, current density = 0.6 mA/cm^2, persulfate = 400 mg/L and contact time = 80 min) metronidazole removal by three-dimensional electrocoagulation/magnetic nanocomposite/persulfate radical was 92%. The removal efficiency of ciprofloxacin in the pulsed light/magnetic nanocomposite/persulfate radical under best experimental conditions (nanocomposite = 600 mg/L, persulfate = 400 mg/L, pH = 5 and ciprofloxacin = 10 mg/L) was also equal to 98.1%. The removal efficiency of metronidazole in the pulsed light/magnetic nanocomposite/persulfate radical under best experimental conditions (nanocomposite = 1000 mg/L, persulfate = 200 mg/L, pH = 7 and ciprofloxacin = 10 mg/L) was 88.28%.

Conclusion: The removal efficiency in the three-dimensional electrocoagulation/magnetic nanocomposite and pulsed light/radical persulfate/magnetic nanocomposite combined processes for ciprofloxacin and metronidazole is very appropriate.

Keywords: Metronidazole, Ciprofloxacin, Pulse light, Persulfate radical, Magnetic nanocomposite, Three-dimensional electrocoagulation

1. Fang, Z., et al., *Effective removal of antibiotic metronidazole from water by nanoscale zero-valent iron particles.* Desalination, 2011. **268**(1): p. 60-67.
2. Shemer, H., Y.K. Kunukcu, and K.G. Linden, *Degradation of the pharmaceutical metronidazole via UV, Fenton and photo-Fenton processes.* Chemosphere, 2006. **63**(2): p. 269-276.
3. Sui, M., et al., *Heterogeneous catalytic ozonation of ciprofloxacin in water with carbon nanotube supported manganese oxides as catalyst.* Journal of hazardous materials, 2012. **227**: p. 227-236.
4. Vulliet, E. and C. Cren-Olivé, *Screening of pharmaceuticals and hormones at the regional scale, in surface and groundwaters intended to human consumption.* Environmental Pollution, 2011. **159**(10): p. 2929-2934.
5. Guengerich, F.P., *Cytochrome p450 and chemical toxicology.* Chem Res Toxicol, 2008. **21**(1): p. 70-83.
6. Rhmani, A., et al., *Efficiency of ciprofloxacin removal by ozonation process with calcium peroxide from aqueous solutions.* The Journal of Qazvin University of Medical Sciences, 2015. **19**(2): p. 55-64.
7. Bajpai, S., N. Chand, and M. Mahendra, *The adsorptive removal of a cationic drug from aqueous solution using poly (methacrylic acid) hydrogels.* Water SA, 2014. **40**: p. 49.
8. Bajpai, S., M. Bajpai, and N. Rai, *Sorptive removal of ciprofoxacin hydrochloride from simulated wastewater using sawdust: Kinetic study and effect of pH.* Water SA, 2011. **38**: p. 673-682.
9. Sun, S.-P., et al., *Degradation of Antibiotic Ciprofloxacin Hydrochloride by Photo-Fenton Oxidation Process.* Environmental Engineering Science, 2008. **26**(4): p. 753-759.
10. Sadeghi, A., et al., *Ability of the yeast Saccharomyces cerevisiae for biological removal of ciprofloxacin antibiotic in aqueous solution.* Journal of North Khorasan University of Medical Sciences, 2015. **7**: p. 71-79.
11. De Witte, B., et al., *Ciprofloxacin ozonation in hospital wastewater treatment plant effluent: effect of pH and H2O2.* Chemosphere, 2010. **78**(9): p. 1142-7.
12. Vasconcelos, T.G., et al., *Ciprofloxacin in hospital effluent: Degradation by ozone and photoprocesses.* Journal of Hazardous Materials, 2009. **169**(1): p. 1154-1158.
13. Chen, H., et al., *Preparation of particle electrodes from manganese slag and its degradation performance for salicylic acid in the three-dimensional electrode reactor (TDE).* Chemosphere, 2019. **216**: p. 281-288.
14. Ji, J., et al., *Zn-Fe-rich granular sludge carbon (GSC) for enhanced electrocatalytic removal of bisphenol A (BPA) and Rhodamine B (RhB) in a continuous-flow three-dimensional electrode reactor (3DER).* Electrochimica Acta, 2018. **284**: p. 587-596.
15. Jung, K.-W., et al., *Performance evaluation and optimization of a fluidized three-dimensional electrode reactor combining pre-exposed granular activated carbon as a moving particle electrode for greywater treatment.* Separation and Purification Technology, 2015. **156**: p. 414-423.
16. Jung, K.-W., et al., *Combining fluidized metal-impregnated granular activated carbon in three-dimensional electrocoagulation system: Feasibility and optimization test of color and COD removal from real cotton textile wastewater.* Separation and Purification Technology, 2015. **146**: p. 154-167.
17. Liu, Z., et al., *Continuous electrochemical oxidation of methyl orange waste water using a three-dimensional electrode reactor.* Journal of Environmental Sciences, 2011. **23**: p. S70-S73.
18. Long, Y., et al., *Removal of diclofenac by three-dimensional electro-Fenton-persulfate (3D electro-Fenton-PS).* Chemosphere, 2019. **219**: p. 1024-1031.
19. Pang, T., et al., *Dynamic model of organic pollutant degradation in three dimensional packed bed electrode reactor.* Chemosphere, 2018. **206**: p. 107-114.

20. Pedersen, N.L., et al., *Synergy of combined adsorption and electrochemical degradation of aqueous organics by granular activated carbon particulate electrodes.* Separation and Purification Technology, 2019. 208 : p. 51-58.
21. Wei, L., et al., *Electrochemical pretreatment of heavy oil refinery wastewater using a three-dimensional electrode reactor.* Electrochimica Acta, 2010. **55**(28) : p. 8615-8620.
22. Zhan, J., et al., *Enhanced treatment of pharmaceutical wastewater by combining three-dimensional electrochemical process with ozonation to in situ regenerate granular activated carbon particle electrodes.* Separation and Purification Technology, 2019. **208** : p. 12-18.
23. Zhang, Y., et al., *Three-dimensional heterogeneous Electro-Fenton system with a novel catalytic particle electrode for Bisphenol A removal.* Journal of Hazardous Materials, 2019.
24. Astereki, S., B. Kamarehie, and A. Jafari, *2-Chlorophenol Removal of Aqueous Solution Using Advanced Oxidation Processes Resulting from Iron/ Persulfate and Ultra Violet/ Persulfate.* IJT, 2016. **10**(4) : p. 1-8.
25. Choi, J. and J. Chung, *Evaluation of urea removal by persulfate with UV irradiation in an ultrapure water production system.* Water research, 2019. **158** : p. 411-416.
26. Gu, D., et al., *Removal of methamphetamine by UV-activated persulfate : Kinetics and mechanisms.* Journal of Photochemistry and Photobiology A : Chemistry, 2019. **379** : p. 32-38.
27. Sadeghi, M., et al., *Removal of Azithromycin from aqueous solution using UV- light alone and UV plus Persulfate (UV/Na2S2O8) processes.* Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 2018. **17**(Special Issue 2) : p. 54-64.
28. Tavassoli, P., et al., *Efficiency of UV Activated Persulfate in Removal of Ofloxacin from Aqueous Solutions.* J-Mazand-Univ-Med-Sci, 2018. **28**(159) : p. 116-129.
29. Xie, P., et al., *Removal of 2-MIB and geosmin using UV/persulfate : contributions of hydroxyl and sulfate radicals.* Water Res, 2015. **69** : p. 223-233.
30. Zhang, J., M. Chen, and L. Zhu, *Activation of persulfate by Co3O4 nanoparticles for orange G degradation.* RSC Adv., 2015. **6** : p. 758-768.
31. Abida, J., B. Rayees, and F.A. Masoodi, *Pulsed light technology : A novel method for food preservation.* International Food Research Journal, 2014. **21** : p. 839-848.
32. Kwaw, E., et al., *Impact of ultrasonication and pulsed light treatments on phenolics concentration and antioxidant activities of lactic-acid-fermented mulberry juice.* LWT, 2018. **92** : p. 61-66.
33. Pollock, A.M., et al., *Pulsed light destruction kinetics of L. monocytogenes.* LWT, 2017. **84** : p. 114-121.
34. Petrie, B., R. Barden, and B. Kasprzyk-Hordern, *A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment : Current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring.* Water Research, 2015. **72** : p. 3-27.
35. Stefanakis, A. and B. J.A, *A review of emerging contaminants in water : Classification, sources and potential risks.* 2015. p. 57-82.
36. Ternes, T., A. Joss, and J. Oehlmann, *Occurrence, fate, removal and assessment of emerging contaminants in water in the water cycle (from wastewater to drinking water).* Water Research, 2015. **72** : p. 1-2.
37. Apetroaei, M., et al., *Emerging pollutants-a potential threat to the marine environment.* Scientific Bulletin of Naval Academy, 2020. **23** : p. 171-178.
38. Sorensen, J.P.R., et al., *Emerging contaminants in urban groundwater sources in Africa.* Water Research, 2015. 72 : p. 51-63.

39. aus der Beek, T., et al., *Pharmaceuticals in the environment—Global occurrences and perspectives.* Environmental Toxicology and Chemistry, 2016. **35**(4): p. 823-835.
40. Ebrahimzadeh, A., H. Hosseinifar, and M. Jü nemann. *PHARMACEUTICAL INDUSTRY IRAN, Current status, Opportunities and Threats*. 2016; Available from: http://www.ilia-corporation.com/insights/white-papers/pharmaceutical-industry-iran/.
41. Bound, J.P., K. Kitsou, and N. Voulvoulis, *Household disposal of pharmaceuticals and perception of risk to the environment.* Environmental Toxicology and Pharmacology, 2006. **21**(3): p. 301-307.
42. Bound, J.P. and N. Voulvoulis, *Household disposal of pharmaceuticals as a pathway for aquatic contamination in the United kingdom.* Environmental health perspectives, 2005. **113**(12): p. 1705-1711.
43. Desbiolles, F., et al., *Occurrence and ecotoxicological assessment of pharmaceuticals: Is there a risk for the Mediterranean aquatic environment?* Science of The Total Environment, 2018. **639**: p. 1334-1348.
44. Moreno-González, R., et al., *Do pharmaceuticals bioaccumulate in marine molluscs and fish from a coastal lagoon?* Environmental Research, 2016. **146**: p. 282-298.
45. Shraim, A., et al., *Analysis of some pharmaceuticals in municipal wastewater of Almadinah Almunawarah.* Arabian Journal of Chemistry, 2017. **10**: p. S719-S729.
46. Ritter, L., et al., *Sources, pathways, and relative risks of contaminants in surface water and groundwater: a perspective prepared for the Walkerton inquiry.* J Toxicol Environ Health A, 2002. **65**(1): p. 1-142.
47. Sui, Q., et al., *Occurrence, sources and fate of pharmaceuticals and personal care products in the groundwater: A review.* Emerging Contaminants, 2015. **1**(1): p. 14-24.
48. WHO, *Information sheet: Pharmaceuticals in drinking-water*. 2018.
49. Kapoor, G., S. Saigal, and A. Elongavan, *Action and resistance mechanisms of antibiotics: A guide for clinicians.* Journal of anaesthesiology, clinical pharmacology, 2017. **33**(3): p. 300-305.
50. Ibrahim, M., et al., *Current trends of antimicrobials used in food animals and aquaculture.* Antibiotics and Antimicrobial Resistance Genes in the Environment, 2020: p. 39-69.
51. O'Rourke, A., et al., *Mechanism-of-Action Classification of Antibiotics by Global Transcriptome Profiling.* Antimicrobial Agents and Chemotherapy, 2020. **64**(3): p. e01207-19.
52. Wikipedia. *Metronidazole*. 2020.
53. Carrales-Alvarado, D.H., et al., *Removal of the antibiotic metronidazole by adsorption on various carbon materials from aqueous phase.* Journal of Colloid and Interface Science, 2014. **436**: p. 276-285.
54. Dai, Q., et al., *Electrochemical oxidation metronidazole with Co modified PbO2 electrode: Degradation and mechanism.* Separation and Purification Technology, 2016. **166**: p. 109-116.
55. Alejandra, H.-C., et al., *Therapeutic uses of metronidazole and its side effects: an update.* European review for medical and pharmacological sciences, 2019.
56. Hussain, S. and M. Ansari, *Quantitation of Metronidazole in Pharmaceutical Suspension Using High Performance Liquid Chromatographic Method.* Pakistan journal of zoology, 2011. **43**: p. 909-914.
57. Nasseh, I., et al., *Metronidazole Removal Methods from Aquatic Media: A Systematic Review.* Ann Mil Health Sci Res, 2016. **14**(4): p. e13756.
58. Behrouzi-Navid, M., M. Olya, and M. K, *Removal of Metronidazole in pharmaceutical industrial effluents by UV/H2O2*, in *5th national conference andexhibition on environmental engineering,*. 2011: Tehran, Iran.
59. Ammar, H.B., et al., *Enhanced degradation of metronidazole by sunlight via photo-Fenton process under gradual addition of hydrogen peroxide.* Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, 2016. **420**: p. 222-227.

60. Carrales-Alvarado, D.H., et al., *Removal of the antibiotic metronidazole by adsorption on various carbon materials from aqueous phase.* J Colloid Interface Sci, 2014. **436**: p. 276-85.
61. Khataee, A., et al., *Photocatalytic ozonation of metronidazole by synthesized zinc oxide nanoparticles immobilized on montmorillonite.* Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 2017. **74**: p. 196-204.
62. Agarwal, S., et al., *Iron doped SnO2/Co3O4 nanocomposites synthesized by sol-gel and precipitation method for metronidazole antibiotic degradation.* Materials Science and Engineering : C, 2017. **70**: p. 178-183.
63. Ammar, H.B., *Sono-Fenton process for metronidazole degradation in aqueous solution : Effect of acoustic cavitation and peroxydisulfate anion.* Ultrasonics Sonochemistry, 2016. **33**: p. 164-169.
64. Khan, G.J., et al., *CIPROFLOXACIN; THE FREQUENT USE IN POULTRY AND ITS CONSEQUENCES ON HUMAN HEALTH.* 2015. **22**: p. 1-5.
65. Sharma, P.C., et al., *Ciprofloxacin : review on developments in synthetic, analytical, and medicinal aspects.* Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry, 2010. **25**(4): p. 577-589.
66. Kanakapura, B., et al., *Spectrophotometric and titrimetric determination of ciprofloxacin based on reaction with cerium (IV) sulphate.* ScienceAsia, 2006. **32**.
67. Homem, V. and L. Santos, *Degradation and removal methods of antibiotics from aqueous matrices-a review.* Journal of environmental management, 2011. **92**(10): p. 2304-2347.
68. Igwegbe, C.A., et al., *Efficiency comparison of advanced oxidation processes for ciprofloxacin removal from aqueous solutions : Sonochemical, sono-nano-chemical and sono-nano-chemical/persulfate processes.* Environmental Engineering Research, 2020. **25**(2): p. 178-185.
69. Zhuang, Y., F. Yu, and J. Ma, *Enhanced Adsorption and Removal of Ciprofloxacin on Regenerable Long TiO₂ Nanotube/Graphene Oxide Hydrogel Adsorbents.* Journal of Nanomaterials, 2015. 2015: p. 675862.
70. Zhuang, Y., et al., *Adsorption of ciprofloxacin onto graphene-soy protein biocomposites.* New Journal of Chemistry, 2015. **39**(5): p. 3333-3336.
71. Sharma, A., J. Ahmad, and S.J.S. Flora, *Application of advanced oxidation processes and toxicity assessment of transformation products.* Environmental Research, 2018. **167**: p. 223-233.
72. Deng, Y. and R. Zhao, *Advanced Oxidation Processes (AOPs) in Wastewater Treatment.* Current Pollution Reports, 2015. **1**(3): p. 167-176.
73. Moreira, F.C., et al., *Electrochemical advanced oxidation processes : A review on their application to synthetic and real wastewaters.* Applied Catalysis B : Environmental, 2017. **202**: p. 217-261.
74. Zhang, S., et al., *Dual roles of hydroxyl radicals and effects of competition on ozonation kinetics of two phenazone-type pollutants.* Emerging Contaminants, 2015. **1**(1): p. 2-7.
75. Ikehata, K., M. Gamal El-Din, and S.A. Snyder, *Ozonation and advanced oxidation treatment of emerging organic pollutants in water and wastewater.* Ozone : Science and Engineering, 2008. **30**(1): p. 21-26.
76. Ikehata, K., N. Jodeiri Naghashkar, and M. Gamal El-Din, *Degradation of aqueous pharmaceuticals by ozonation and advanced oxidation processes : a review.* Ozone : Science and Engineering, 2006. **28**(6): p. 353-414.
77. Wang, J.L. and L.J. Xu, *Advanced oxidation processes for wastewater treatment : formation of hydroxyl radical and application.* Critical reviews in environmental science and technology, 2012. **42**(3): p. 251-325.

78. Glaze, W.H., J.-W. Kang, and D.H. Chapin, *The chemistry of water treatment processes involving ozone, hydrogen peroxide and ultraviolet radiation.* 1987.

79. Duan, X., et al., *Limitations and prospects of sulfate-radical based advanced oxidation processes.* Journal of Environmental Chemical Engineering, 2020. **8**(4): p. 103849.

80. Leitner, N.K.V., *Sulfate radical ion - based AOPs*, in *Advanced Oxidation Processes for Water Treatment: Fundamentals and Applications*, M.I. Stefan, Editor. 2017, IWA Publishing. p. 0.

81. Khatri, J., et al., *Advanced oxidation processes based on zero-valent aluminium for treating textile wastewater.* Chemical Engineering Journal, 2018. **348**: p. 67-73.

82. Rodríguez-Chueca, J., et al., *Micropollutants removal by full-scale UV-C/sulfate radical based advanced oxidation processes.* Science of the Total Environment, 2018. **630**: p. 1216-1225.

83. Xiao, R., et al., *Experimental and theoretical insight into hydroxyl and sulfate radicals-mediated degradation of carbamazepine.* Environ Pollut, 2020. **257**: p. 113498.

84. Garvey, M., et al., *Ecotoxicological assessment of pulsed ultraviolet light-treated water containing microbial species and Cryptosporidium parvum using a microbiotest test battery.* Water and Environment Journal, 2015. **29**(1): p. 27-35.

85. Nag, R., M. Savian, and M. Bhattacharjee, *A REVIEW ON PULSED LIGHT TECHNOLOGIES IN WATER TREATMENT*. 2016.

86. Baranda, A.B., O. Fundazuri, and I. Martínez de Marañón, *Photodegradation of several triazidic and organophosphorus pesticides in water by pulsed light technology.* Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 2014. **286**: p. 29-39.

87. Gómez-López, V.M., et al., *Pulsed light for food decontamination: a review.* Trends in Food Science & Technology, 2007. **18**(9): p. 464-473.

88. Rashed, M.N., *Adsorption technique for the removal of organic pollutants from water and wastewater.* Organic pollutants-monitoring, risk and treatment, 2013: p. 167-194.

89. Sweetman, M.J., et al., *Activated carbon, carbon nanotubes and graphene: materials and composites for advanced water purification.* C—Journal of Carbon Research, 2017. **3**(2): p. 18.

90. Moosavi, S., et al., *Application of Efficient Magnetic Particles and Activated Carbon for Dye Removal from Wastewater.* ACS Omega, 2020. **5**(33): p. 20684-20697.

91. Cao, Y., et al., *Sodium ion insertion in hollow carbon nanowires for battery applications.* Nano letters, 2012. 12(7): p. 3783-3787.

92. Liu, X. and M. Antonietti, *Molten salt activation for synthesis of porous carbon nanostructures and carbon sheets.* Carbon, 2014. **69**: p. 460-466.

93. Sen, M., *Nanocomposite Materials*, in *Nanotechnology and the Environment*. 2020, IntechOpen.

94. Yang, C., et al., *Nanoconfined antimony in sulfur and nitrogen co-doped three-dimensionally (3D) interconnected macroporous carbon for high-performance sodium-ion batteries.* Nano Energy, 2015. **18**: p. 12-19.

95. Wang, S., et al., *Carbon nanofibers/nanosheets hybrid derived from cornstalks as a sustainable anode for Li-ion batteries.* Journal of Materials Chemistry A, 2015. **3**(13): p. 6742-6746.

96. Al-Johani, H. and M.A. Salam, *Kinetics and thermodynamic study of aniline adsorption by multi-walled carbon nanotubes from aqueous solution.* Journal of Colloid and Interface Science, 2011. **360**(2): p. 760-767.

97. Badi, M.Y., et al., *Modification of activated carbon with magnetic Fe3O4 nanoparticle composite for removal of ceftriaxone from aquatic solutions.* Journal of Molecular Liquids, 2018. **261**: p. 146-154.

98. Muntean, S.G., et al., *Removal of Colored Organic Pollutants from Wastewaters by Magnetite/Carbon Nanocomposites: Single and Binary Systems.* Journal of Chemistry, 2018. **2018**: p. 6249821.

99. Bao, X., et al., *Synthesis of carbon-coated magnetic nanocomposite (Fe3O4@C) and its application for sulfonamide antibiotics removal from water.* Journal of Environmental Sciences, 2014. **26**(5): p. 962-969.

100. Sadik, M.A., *A Review of Promising Electrocoagulation Technology for the Treatment of Wastewater.* Advances in Chemical Engineering and Science, 2019. **9**(01): p. 109.

101. Zhang, C., et al., *Three-dimensional electrochemical process for wastewater treatment: A general review.* Chemical Engineering Journal, 2013. **228**: p. 455-467.

102. Aslani, E., N. Naghsh, and M. Ranjbar, *Cytotoxic effects of hydro-alcoholic extracts of cress (Lepidium Sativum)-made from different stages of the plant-on k562 Leukemia cell line.* Hormozgan Medical Journal, 2014. 18(5): p. 370-378.

103. Imade, O., et al., *Effects of Lepidium sativum supplementation on growth and gonadotropins secretion in ovariectomized, estrogen-implanted rabbits.* Asian Pacific Journal of Reproduction, 2018. 7(4): p. 155-160.

104. Janecka, B. and K. Fijalkowski. *Using Lepidium as a Test of Phytotoxicity from Lead/Zinc Spoils and Soil Conditioners*. in *Soil Chemical Pollution, Risk Assessment, Remediation and Security*. 2008. Dordrecht: Springer Netherlands.

105. Maila, M.P. and T.E. Cloete, *Germination of Lepidium sativum as a method to evaluate polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) removal from contaminated soil.* International Biodeterioration & Biodegradation, 2002. 50(2): p. 107-113.

106. Marciulioniene, D., et al., *Lepidium sativum L. as test-organism for assessment of environmental pollution.* Linnaeus Eco-Tech, 2005: p. 553-561.

107. Studzińska, S. and B. Buszewski, *Study of toxicity of imidazolium ionic liquids to watercress (Lepidium sativum L.).* Analytical and bioanalytical chemistry, 2009. **393**(3): p. 983-990.

108. Baranda, A.B., A. Barranco, and I.M. de Marañón, *Fast atrazine photodegradation in water by pulsed light technology.* Water Research, 2012. **46**(3): p. 669-678.

109. Hu, J.S., et al. *Hydroquinone wastewater treatment by means of electrochemical oxidation in three-dimensional bipolar cell*. in *Advanced Materials Research*. 2012. Trans Tech Publ.

110. Uslu, G., A. Demirci, and J.M. Regan, *Disinfection of synthetic and real municipal wastewater effluent by flow-through pulsed UV-light treatment system.* Journal of Water Process Engineering, 2016. **10**: p. 89-97.

111. Baranda, A., A. Lasagabaster, and I. Marañón, *Static and Continuous flow-through pulsed light technology for pesticide abatement in water.* Journal of Hazardous Materials, 2017. **340**.

112. Navarro, P., J.A. Gabaldón, and V.M. Gómez-López, *Degradation of an azo dye by a fast and innovative pulsed light/H2O2 advanced oxidation process.* Dyes and Pigments, 2017. **136**: p. 887-892.

113. Shen, B., X.-h. Wen, and X. Huang, *Enhanced removal performance of estriol by a three-dimensional electrode reactor.* Chemical Engineering Journal, 2017. **327**: p. 597-607.

114. Ajo, P., et al., *Hospital wastewater treatment with pilot-scale pulsed corona discharge for removal of pharmaceutical residues.* Journal of Environmental Chemical Engineering, 2018. **6**(2): p. 1569-1577.

115. Martínez-López, S., et al., *Pulsed light for a cleaner dyeing industry : Azo dye degradation by an advanced oxidation process driven by pulsed light.* Journal of Cleaner Production, 2019. **217** : p. 757-766.

116. Mengelizadeh, N., et al., *Electrochemical Degradation of Reactive Black 5 Using Three-Dimensional Electrochemical System Based on Multiwalled Carbon Nanotubes.* Journal of Environmental Engineering, 2019. 145(5) : p. 04019021.

117. Navarro, P., et al., *Degradation of malachite green by a pulsed light/H2O2 process.* Water Science and Technology, 2019. **79**(2) : p. 260-269.

118. Gómez-Morte, T., et al., *Removal and toxicity evaluation of a diverse group of drugs from water by a cyclodextrin polymer/pulsed light system.* Journal of Hazardous Materials, 2021. **402** : p. 123504.

119. Serrano-Martínez, A., et al., *Degradation and toxicity evaluation of azo dye Direct red 83 :1 by an advanced oxidation process driven by pulsed light.* Journal of Water Process Engineering, 2020. **37** : p. 101530.

120. Shokoohi, R., et al., *Optimization of three-dimensional electrochemical process for degradation of methylene blue from aqueous environments using central composite design.* Environmental Technology & Innovation, 2020. **18** : p. 100711.

121. Juang, R.-S., et al., *Synthesis of magnetic Fe 3 O 4 /activated carbon nanocomposites with high surface area as recoverable adsorbents.* Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 2018. **90**.

122. Nayeri, D. and S.A. Mousavi, *Dye removal from water and wastewater by nanosized metal oxides - modified activated carbon : a review on recent researches.* Journal of Environmental Health Science and Engineering, 2020. **18**(2) : p. 1671-1689.

123. Zamudio-Ortega, C., et al., *Morphological, chemical and structural characterisation of deciduous enamel : SEM, EDS, XRD, FTIR and XPS analysis.* European journal of paediatric dentistry, 2014. **15**(3) : p. 275.

124. Kabdaşl , I., et al., *Electrocoagulation applications for industrial wastewaters: a critical review.* Environmental Technology Reviews, 2012. **1**(1) : p. 2-45.

125. Lin, H., J. Wu, and H. Zhang, *Degradation of clofibric acid in aqueous solution by an EC/Fe3+/PMS process.* Chemical Engineering Journal, 2014. **244** : p. 514-521.

126. Mirzaei, R., et al., *The efficiency of the conventional wastewater treatment plant in antibiotics removal and the determination of their concentration in Ekbatan and Southern Tehran wastewater treatment plants : a case report.* Iranian Journal of Health and Environment, 2018. **11**(3) : p. 321-336.

127. Danal oğlu, S.T., et al., *Efficient removal of antibiotics by a novel magnetic adsorbent : Magnetic activated carbon/chitosan (MACC) nanocomposite.* Journal of Molecular Liquids, 2017. **240** : p. 589-596.

128. Hu, L., et al., *Catalytic degradation of p-nitrophenol by magnetically recoverable Fe3O4 as a persulfate activator under microwave irradiation.* Chemosphere, 2020. **240** : p. 124977.

129. Liu, Y., et al., *Kinetics and mechanism investigation on the destruction of oxytetracycline by UV-254nm activation of persulfate.* Journal of Hazardous Materials, 2016. **305** : p. 229-239.

130. Malakootian, M. and M. Ahmadian, *Removal of ciprofloxacin from aqueous solution by electro-activated persulfate oxidation using aluminum electrodes.* Water Science and Technology, 2019. **80**(3) : p. 587-596.

131. Malakootian, M. and M. Ahmadian, *Ciprofloxacin removal by electro-activated persulfate in aqueous solution using iron electrodes.* Applied Water Science, 2019. **9**(5) : p. 140.

132. Pellicer, J.A., P. Navarro, and V.M. Gómez-López, *Pulsed Light Inactivation of Mushroom Polyphenol Oxidase : a Fluorometric and Spectrophotometric Study.* Food and Bioprocess Technology, 2018. **11**(3) : p. 603-609.

133. Kakavandi, B., et al., *Magnetic Fe3O4@C nanoparticles as adsorbents for removal of amoxicillin from aqueous solution.* Water Sci Technol, 2014. **69**(1): p. 147-55.

134. John, T., et al., *Effect of pH on Adsorption of Amoxycillin Trihydrate using Activated Charcoal from Maerua Decumbens.* 2020.

135. Pachauri, P., et al., *Removal of amoxicillin in wastewater using adsorption by powdered and granular activated carbon and oxidation with hydrogen peroxide.* Nat Environ Pollut Technol, 2009. **8**(3): p. 481-488.

136. Freire Pego, M.F., et al., *IMPACT OF CORONA TREATED ACTIVATED CARBON IN ANIONIC AND CATIONIC DYE ADSORPTION CERNE, vol. 23, núm. 2, 2017, pp. 219-227 Universidade Federal de Lavras Lavras, Brasil.* CERNE, 2017. **23**(2): p. 219-227.

137. Guo, H., et al., *Kinetic analysis of acid orange 7 degradation by pulsed discharge plasma combined with activated carbon and the synergistic mechanism exploration.* Chemosphere, 2016. **159**: p. 221-227.

138. Faria, P., J. Orfao, and M. Pereira, *Adsorption of anionic and cationic dyes on activated carbons with different surface chemistries.* Water research, 2004. **38**(8): p. 2043-2052.

139. Guo, H., et al., *Degradation and mechanism analysis of bisphenol A in aqueous solutions by pulsed discharge plasma combined with activated carbon.* Separation and Purification Technology, 2018. **190**: p. 288-296.

140. Ahmadian, M., et al., *Ultraviolet activated persulfate based AOP for MTBE decomposition in aqueous solution.* Desalin. Water Treat., 2019. **161**: p. 269-274.

141. Cai, C., Z. Zhang, and H. Zhang, *Electro-assisted heterogeneous activation of persulfate by Fe/SBA-15 for the degradation of Orange II.* Journal of Hazardous Materials, 2016. **313**: p. 209-218.

142. Aseman-Bashiz, E. and H. Sayyaf, *Metformin degradation in aqueous solutions by electro-activation of persulfate and hydrogen peroxide using natural and synthetic ferrous ion sources.* Journal of Molecular Liquids, 2020. **300**: p. 112285.

143. Salehi, H., et al., *Integration of photo-oxidation based on UV/Persulfate and adsorption processes for arsenic removal from aqueous solutions.* Groundwater for Sustainable Development, 2020. **10**: p. 100338.

144. Ioannidi, A., Z. Frontistis, and D. Mantzavinos, *Destruction of propyl paraben by persulfate activated with UV-A light emitting diodes.* Journal of Environmental Chemical Engineering, 2018. **6**.

145. Stathoulopoulos, A., D. Mantzavinos, and Z. Frontistis, *Coupling Persulfate-Based AOPs: A Novel Approach for Piroxicam Degradation in Aqueous Matrices.* Water, 2020. **12**: p. 1530.

146. Yan, J., et al., *Degradation of sulfamonomethoxine with Fe3O4 magnetic nanoparticles as heterogeneous activator of persulfate.* Journal of hazardous materials, 2011. **186**(2-3): p. 1398-1404.

147. Liu, M., et al., *Degradation of ciprofloxacin by TiO 2/Fe 2 O 3/zeolite catalyst-activated persulfate under visible LED light irradiation.* Rsc Advances, 2017. **7**(81): p. 51512-51520.

148. Pervez, M., et al., *New Sustainable Approach for the Production of Fe3O4/Graphene Oxide-Activated Persulfate System for Dye Removal in Real Wastewater.* Water, 2020. **12**(3): p. 733.

149. Sadeghi, M., et al., *Removal of Azithromycin from aqueous solution using UV-light alone and UV plus Persulfate (UV/Na2S2O8) processes.* Iranian journal of pharmaceutical research: IJPR, 2018. **17**(Suppl2): p. 54.

150. Faghihzadeh, F., et al., *Pulse UV light effect on microbial biomolecules and organic pollutants degradation in aqueous solutions.* Chemosphere, 2019. **216**: p. 677-683.

151. Saïd, N., et al., *Pulsed-light system as a novel food decontamination technology: A review.* Canadian journal of microbiology, 2007. **53**: p. 813-21.

152. Mm, L., et al., *Synthesis and Potential Adsorption of Fe3O4@C Core-Shell Nanoparticles for to Removal of Pollutants in Aqueous Solutions: A Brief Review.* Journal of Advanced Chemical Engineering, 2017. **07**.

153. Kakavandi, B., et al., *Application of Fe3O4@C catalyzing heterogeneous UV-Fenton system for tetracycline removal with a focus on optimization by a response surface method.* Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 2016. **314**: p. 178-188.

154. Wan Ngah, W.S., L.C. Teong, and M.A.K.M. Hanafiah, *Adsorption of dyes and heavy metal ions by chitosan composites: A review.* Carbohydrate Polymers, 2011. **83**(4): p. 1446-1456.

155. Yavuz, Ö. and C. Saka, *Surface modification with cold plasma application on kaolin and its effects on the adsorption of methylene blue.* Applied Clay Science, 2013. **85**: p. 96-102.

156. Nasseh, I., et al., *Metronidazole removal methods from aquatic media: a systematic review.* Annals of Military and Health Sciences Research, 2016. **14**(4).

157. Aleanizy, F.S., et al., *Determination and characterization of metronidazole-kaolin interaction.* Saudi Pharmaceutical Journal, 2015. **23**(2): p. 167-176.

158. Srivastava, V., et al., *Economically viable synthesis of Fe3O4 nanoparticles and their characterization.* Polish Journal of Chemical Technology, 2011. **13**.

159. Davis, J.R., J.C. Baygents, and J. Farrell, *Effect of current density and sulfuric acid concentration on persulfuric acid generation by boron-doped diamond film anodes.* Journal of Applied Electrochemistry, 2014. 44(7): p. 841-848.

160. Boukhelkhal, A., et al., *Adsorptive removal of amoxicillin from wastewater using wheat grains: equilibrium, kinetic, thermodynamic studies and mass transfer.* Desalination and Water Treatment, 2016. 57: p. 1-13.

161. Mohammadi, L., et al., *Polystyrene Magnetic Nanocomposites as Antibiotic Adsorbents.* Polymers, 2020. 12(6): p. 1313.

162. Chen, Y., et al., *Adsorptive Removal and Adsorption Kinetics of Fluoroquinolone by Nano-Hydroxyapatite.* PloS one, 2015. **10**(12): p. e0145025-e0145025.

163. Mohammed, A.A. and S.L. Kareem, *Adsorption of tetracycline fom wastewater by using Pistachio shell coated with ZnO nanoparticles: Equilibrium, kinetic and isotherm studies.* Alexandria Engineering Journal, 2019. 58(3): p. 917-928.

164. Balarak, D., M. Zafariyan, and K. Chandrika, *ADSORPTION OF CIPROFLOXACIN FROM AQUEOUS SOLUTION ONTO FE3O4/GRAPHENE OXIDE NANOCOMPOSITE.* International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 2020. **11**(1): p. 268-274.

165. Harja, M. and G. Ciobanu. *Removal of oxytetracycline from aqueous solutions by hydroxyapatite as a low-cost adsorbent*. in *E3S Web of Conferences*. 2017. EDP Sciences.

166. Zhao, H.-Z., et al., *Removal of Acid Orange 7 in simulated wastewater using a three-dimensional electrode reactor: Removal mechanisms and dye degradation pathway.* Chemosphere, 2010. **78**(1): p. 46-51.

167. Liu, W., Z. Ai, and L. Zhang, *Design of a neutral three-dimensional electro-Fenton system with foam nickel as particle electrodes for wastewater treatment.* Journal of Hazardous Materials, 2012. **243**: p. 257-264.

168. Pikaar, I., et al., *Electrochemical sulfide oxidation from domestic wastewater using mixed metal-coated titanium electrodes.* Water Research, 2011. **45**(17): p. 5381-5388.

169. Malakootian, M., et al., *Facile and green synthesis of ZnFe2O4@CMC as a new magnetic nanophotocatalyst for ciprofloxacin degradation from aqueous media.* Process Safety and Environmental Protection, 2019. 129: p. 138-151.

170. Nasiri, A., et al., *A microwave assisted method to synthesize nanoCoFe2O4@methyl cellulose as a novel metal-organic framework for antibiotic degradation.* MethodsX, 2019. **6**: p. 1557-1563.

171. Y ld z, Y., A. Koparal, and B. Keskinler, *Effect of initial pH and supporting electrolyte on the treatment of water containing high concentration of humic substances by electrocoagulation.* Chemical Engineering Journal, 2008. **138**(1-3): p. 63-72.

172. EPA), I.E.p.A.I., *Environmental regulations and standards of effluent reuse in Iran*, I.r.o. Iran, Editor. 2003.

173. Zeiner, M., T. Rezić, and B. Santek, *Monitoring of Cu, Fe, Ni, and Zn in wastewater during treatment in a horizontal rotating tubular bioreactor.* Water Environ Res, 2010. **82**(2): p. 183-6.

174. Danal oğlu, S.T., et al., *Removal of ciprofloxacin from aqueous solution using humic acid-and levulinic acid-coated Fe3O4 nanoparticles.* Chemical Engineering Research and Design, 2017. **123**: p. 259-267.

175. Peng, X., et al., *Adsorption behavior and mechanisms of ciprofloxacin from aqueous solution by ordered mesoporous carbon and bamboo-based carbon.* Journal of colloid and interface science, 2015. **460**: p. 349-360.

176. He, W., et al., *Preparation of novel kaolin-based particle electrodes for treating methyl orange wastewater.* Applied clay science, 2014. **99**: p. 178-186.

177. Zhou, M. and L. Lei, *Electrochemical regeneration of activated carbon loaded with p-nitrophenol in a fluidized electrochemical reactor.* Electrochimica acta, 2006. **51**(21): p. 4489-4496.

178. Lei, X., et al., *Electrochemical regeneration of zeolites and the removal of ammonia.* Journal of hazardous materials, 2009. **169**(1-3): p. 746-750.

179. Zhu, X., et al., *Synergies between electrochemical oxidation and activated carbon adsorption in three-dimensional boron-doped diamond anode system.* Electrochimica acta, 2011. **56**(3): p. 1270-1274.

180. Wu, J., H. Zhang, and J. Qiu, *Degradation of Acid Orange 7 in aqueous solution by a novel electro/Fe2+/peroxydisulfate process.* Journal of Hazardous Materials, 2012. **215-216**: p. 138-145.

181. Carlesi Jara, C., et al., *Electrochemical removal of antibiotics from wastewaters.* Applied Catalysis B: Environmental, 2007. **70**(1): p. 479-487.

182. Chen, W.-S. and C.-P. Huang, *Mineralization of aniline in aqueous solution by electrochemical activation of persulfate.* Chemosphere, 2015. **125**: p. 175-181.

183. Haidar, M., et al., *Electrochemical degradation of the antibiotic sulfachloropyridazine by hydroxyl radicals generated at a BDD anode.* Chemosphere, 2013. **91**(9): p. 1304-1309.

184. Mandal, S., et al., *Uses of K2S2O8 in Metal-Catalyzed and Metal-Free Oxidative Transformations.* ACS Catalysis, 2018. **8**(6): p. 5085-5144.

185. Song, W., et al., *A mini review of activated methods to persulfate-based advanced oxidation process.* Water Sci Technol, 2019. **79**(3): p. 573-579.

186. de Amorim, K.P., L.L. Romualdo, and L.S. Andrade, *Electrochemical degradation of sulfamethoxazole and trimethoprim at boron-doped diamond electrode: Performance, kinetics and reaction pathway.* Separation and Purification Technology, 2013. **120**: p. 319-327.

187. Fabiańska, A., et al., *Electrochemical degradation of sulfonamides at BDD electrode: Kinetics, reaction pathway and eco-toxicity evaluation.* Journal of Hazardous Materials, 2014. **280**: p. 579-587.

188. Baran, W., et al., *Removal of veterinary antibiotics from wastewater by electrocoagulation.* Chemosphere, 2018. 194: p. 381-389.

189. Oturan, N., et al., *Electrocatalytic destruction of the antibiotic tetracycline in aqueous medium by electrochemical advanced oxidation processes: Effect of electrode materials.* Applied Catalysis B: Environmental, 2013. **140-141**: p. 92-97.

190. Ndjomgoue-Yossa, A.C., et al., *Effect of electrode material and supporting electrolyte on the treatment of water containing Escherichia coli by electrocoagulation.* International Journal of Environmental Science and Technology, 2015. **12**(6): p. 2103-2110.

191. Zaidi, S., et al., *Electro-coagulation coupled electro-flotation process: Feasible choice in doxycycline removal from pharmaceutical effluents.* Arabian Journal of Chemistry, 2019. **12**(8): p. 2798-2809.

192. Frontistis, Z., D. Mantzavinos, and S. Meriç, *Degradation of antibiotic ampicillin on boron-doped diamond anode using the combined electrochemical oxidation - Sodium persulfate process.* Journal of Environmental Management, 2018. **223**: p. 878-887.

193. Liu, J., et al., *Degradation of tetracycline hydrochloride by electro-activated persulfate oxidation.* Journal of Electroanalytical Chemistry, 2018. **809**: p. 74-79.

194. Shmychkova, O., et al., *Electrooxidation of some phenolic compounds at Bi-doped PbO2.* Applied Catalysis B: Environmental, 2015. **162**: p. 346-351.

195. Iram, M., et al., *Adsorption and magnetic removal of neutral red dye from aqueous solution using Fe3O4 hollow nanospheres.* Journal of Hazardous Materials, 2010. **181**(1): p. 1039-1050.

196. Shariati, S., et al., *Fe3O4 magnetic nanoparticles modified with sodium dodecyl sulfate for removal of safranin O dye from aqueous solutions.* Desalination, 2011. **270**(1): p. 160-165.

197. Zhang, X., et al., *Adsorption of methylene blue onto humic acid-coated Fe3O4 nanoparticles.* Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2013. **435**: p. 85-90.

198. Lin, H., H. Zhang, and L. Hou, *Degradation of C. I. Acid Orange 7 in aqueous solution by a novel electro/Fe3O4/PDS process.* Journal of Hazardous Materials, 2014. **276**: p. 182-191.

199. Wu, N., et al., *Removal of Sulfonamides in Water Using an Electro/Peroxydisulfate System Catalyzed with Activated Carbon.* Polish Journal of Environmental Studies, 2019. **28**(3): p. 1957-1965.

200. Samarghandi, M.R., et al., *Decomposition of sodium dodecylbenzene sulfonate surfactant by Electro/Fe2+-activated Persulfate process from aqueous solutions.* Global Nest Journal, 2017. **19**: p. 115-121.

201. Li, J., et al., *Degradation of Acid Orange 7 using peroxymonosulfate catalyzed by granulated activated carbon and enhanced by electrolysis.* Chemosphere, 2017. **188**: p. 139-147.

202. Xu, Y., et al., *The mechanism and efficiency of MnO2 activated persulfate process coupled with electrolysis.* Science of The Total Environment, 2017. **609**: p. 644-654.

203. Forouzesh, M., A. Ebadi, and A. Aghaeinejad-Meybodi, *Degradation of metronidazole antibiotic in aqueous medium using activated carbon as a persulfate activator.* Separation and Purification Technology, 2019. 210: p. 145-151.

204. Zhang, H., et al., *Enhanced photocatalytic degradation of ciprofloxacin using novel C-dot@Nitrogen Deficient g-C3N4: synergistic effect of nitrogen defects and C-dots.* Applied Surface Science, 2019. **465**: p. 450-458.

205. Karim, A.V. and A. Shriwastav, *Degradation of ciprofloxacin using photo, sono, and sonophotocatalytic oxidation with visible light and low-frequency ultrasound: Degradation kinetics and pathways.* Chemical Engineering Journal, 2020. **392**: p. 124853.

206. Asgari, E., et al., *The comparison of ZnO/polyaniline nanocomposite under UV and visible radiations for decomposition of metronidazole: Degradation rate, mechanism and mineralization.* Process Safety and Environmental Protection, 2019. **128**: p. 65-76.

207. Wang, X., Y. Du, and J. Ma, *Novel synthesis of carbon spheres supported nanoscale zero-valent iron for removal of metronidazole.* Applied Surface Science, 2016. **390**: p. 50-59.

208. Talwar, S., et al., *Once through continuous flow removal of metronidazole by dual effect of photo-Fenton and photocatalysis in a compound parabolic concentrator at pilot plant scale.* Chemical Engineering Journal, 2020. 388: p. 124184.

209. Bajpai, S.K., M. Bajpai, and N. Rai, *Sorptive removal of ciprofloxacin hydrochloride from simulated wastewater using sawdust: Kinetic study and effect of pH.* Water SA, 2012. **38**(5): p. 673-682.

210. Asgari, E., A. Sheikhmohammadi, and J. Yeganeh, *Application of the Fe3O4-chitosan nano-adsorbent for the adsorption of metronidazole from wastewater: Optimization, kinetic, thermodynamic and equilibrium studies.* International Journal of Biological Macromolecules, 2020. **164**: p. 694-706.

211. Jafarzadeh, N., et al., *Taguchi optimization approach for metronidazole removal from aqueous solutions by using graphene oxide functionalized β-cyclodextrin/Ag nanocomposite.* Water Science and Technology, 2018. 2017(1): p. 36-47.

212. Shemer, H., Y. Kunukcu, and K. Linden, *Degradation of the Pharmaceutical Metronidazole via UV, Fenton and Photo-Fenton Processes.* Chemosphere, 2006. **63**: p. 269-76.

213. Fang, Z., et al., *Effective removal of antibiotic metronidazole from water by nanoscale zero-valent iron particles.* Desalination, 2011. **268**: p. 60-67.

214. Teymoori, F., et al., *Investigation of using Fenton oxidation process for ampicillin and ciprofloxacin removal from hospital wastewater.* 2017.

215. Vo, T.-K.-Q., et al., *Hospital wastewater treatment by sponge membrane bioreactor coupled with ozonation process.* Chemosphere, 2019. **230**: p. 377-383.

216. Pham, T.D., et al., *Adsorptive removal of antibiotic ciprofloxacin from aqueous solution using protein-modified nanosilica.* Polymers, 2020. **12**(1): p. 57.

217. Ahmadzadeh, S., et al., *Removal of ciprofloxacin from hospital wastewater using electrocoagulation technique by aluminum electrode: Optimization and modelling through response surface methodology.* Process Safety and Environmental Protection, 2017. **109**: p. 538-547.

218. Amouei, A., et al., *Removal of Metronidazole Antibiotic from Hospital Wastewater by Biosorbent Prepared from Plantain Wood.* Journal of Babol University Of Medical Sciences, 2020. **22**(1): p. 45-52.

219. Malakootian, M., et al., *Removal of metronidazole from wastewater by Fe/charcoal micro electrolysis fluidized bed reactor.* Journal of Environmental Chemical Engineering, 2019. **7**(6): p. 103457.

220. Okhovat, N., M. Hashemi, and A. Golpayegani, *Photocatalytic decomposition of Metronidazolein aqueous solutions using titanium dioxide nanoparticles.* J Mater Environ Sci, 2015. **6**(3): p. 792-799.

221. Ellouze, M., et al., *Assessment of the impact of excessive chemical additions to municipal wastewaters and comparison of three technologies in the removal performance of pathogens and toxicity.* Microbiological Research, 2009. **164**(2): p. 138-148.

222. Mañas, P. and J. Heras, *Phytotoxicity test applied to sewage sludge using Lactuca sativa L. and Lepidium sativum L. seeds.* International Journal of Environmental Science and Technology, 2017. **15**: p. 1-8.

223. Moukrad, N., et al., *Phytotoxic activity of the zinc oxyde nanoparticles synthesized from different precursors on germination and radicle growth of seeds Lepidium sativum.* International Journal of Scientific and Research Publications, 2014. **4**(12): p. 1-6.

224. Kwarciak-Kozłowska, A. and A. Krzywicka, *Toxicity of coke wastewater treated with advanced oxidation by Fenton process supported by ultrasonic field.* Environmental Protection and Natural Resources; The Journal of Institute of Environmental Protection-National Research Institute., 2016. **27**(1): p. 42-47.

225. Felten, A., et al., *Short-term effects of Olive mill wastewater application on phytotoxicity towards Lepidium sativum, microbial soil respiration and extractable total phenolic content*. 2013.

226. Arienzo, M., E.W. Christen, and W.C. Quayle, *Phytotoxicity testing of winery wastewater for constructed wetland treatment.* Journal of hazardous materials, 2009. **169**(1-3): p. 94-99.

Kerman University

of Medical Sciences

Faculty of Health

In parritl fulfillment of the requirments for the Ph.D degree

Title:

Survey the elimination efficiency of metronidazole and ciprofloxacin antibiotics from aqueous solutions by combined process pulse light/persulfate radical/magnetic nanocomposite and electrocoagulation/persulfate radical/magnetic nanocomposite and toxicity evaluation of pharmaceutics residues using Lepidium sativum seed: Case study in hospital wastewater

By:

Mohammad Ahmadian

Supervisor**:**

Dr. Mohammad Malakotian

Advisors:

Majid Aghasi, Ali Fatehizadeh

Thesis No: (**10/8/1/21)** Date **(2020-2021**