



دانشگاه علوم پزشکی اردبیل

دانشکده بهداشت

پایان نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد در رشته مهندسی بهداشت محیط

عنوان :

بررسی کارایی فرایند الکتروکواکولاسیون و اکسیداسیون پیشرفته $UV/Na_2S_2O_8$ در حذف رنگ
راکتیو آبی ۵۲ از محیط‌های آبی

نگارنده :

سمیه مقدمی اصل

استاد راهنما :

جناب آقای دکتر سید احمد مختاری

استاد مشاور:

جناب آقای دکتر مهدی وثوقی نیری

سال و فصل دفاع پایان نامه

تابستان ۹۸

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه علوم پزشکی اردبیل

دانشکده بهداشت

پایان نامه

جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد در رشته مهندسی بهداشت محیط

عنوان: بررسی کارایی فرایند الکتروکواکولاسیون و اکسیداسیون پیشرفته $UV/Na_2S_2O_8$ در حذف رنگ راکتیو آبی ۵۲ از محیط‌های آبی

محل انجام پژوهش: آزمایشگاه شیمی و میکروبیولوژی محیط

نگارنده: سمیه مقدمی اصل

استاد راهنما: دکتر سیداحمد مختاری

استاد مشاور: دکتر مهدی وثوقی

شماره پایان نامه: ۱۵

تاریخ تصویب پایان نامه: ۹۶/۱۰/۵

تاریخ دفاع پایان نامه: ۹۸/۵/۲۳

هزینه این پایان نامه از محل اعتبار طرح تحقیقاتی مصوب شماره ۹۶۱۵/ب

تامین شده است و کلیه حقوق این پایان نامه برای معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اردبیل محفوظ است

اظهار نامه اصالت پایان نامه

اینجانب سمیه مقدمی اصل دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اردبیل نویسنده پایان نامه: بررسی کارایی فرایند الکتروکواگولاسیون و اکسیداسیون پیشرفته UV/Na₂S₂O₈ در حذف رنگ راکتیو آبی ۵۲ از محیط‌های آبی تحت راهنمایی دکتر سید احمد مختاری متعهد می‌شوم:

تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده و از صحت و اصالت برخوردار است.

در استفاده از نتایج پژوهش محققان دیگر به مرجع مورد استفاده اسناد کرده‌ام.

مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی ارائه نگردیده است.

در تمامی مراحل این پایان نامه اصل رازداری و اصول اخلاق پژوهشی را رعایت نموده‌ام.

تاریخ - امضای دانشجو

اظهار نامه مربوط به انتشار مقاله

کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه علوم پزشکی اردبیل است. مقالات مستخرج با نام دانشگاه علوم پزشکی اردبیل و یا Ardabil University of Medical Science به چاپ خواهد رسید.

متعهد می‌گردم حقوق معنوی تمام افرادی که در به‌دست آوردن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند را در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت نمایم و در تمامی آن‌ها نام استاد راهنما به‌عنوان نویسنده مسئول و نیز نام تمامی استادان مشاور و نشانی الکترونیکی دانشگاهی آنان را قید نمایم.

تاریخ - امضای دانشجو

تقدیم به

پدر و مادر

عزیز و بزرگوارم که علی‌رغم تحمل سختی‌ها و دشواریهای فراوان مسیر پر پیچ و خم کسب دانش و معرفت را برایم هموار نموده و از دعای خیرشان بی‌نصیب نبوده‌ام.

وهمسر

بزرگوارم که با صبر و شکیبایی خود زمینه مساعد را برای نگارش این پایان

نامه فراهم نموده است.

تشکر و قدردانی

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت‌های او ندانند. بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی‌شائبه‌ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر مختاری که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛ از استاد صبور و کوشا، جناب آقای دکتر وثوقی، که زحمت مشاوره این رساله را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی‌رسید؛ در این میان از سرکار خانم مهندس صادقی همکار آزمایشگاه کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم و در امر داوری از اساتید گرانقدر جناب آقای دکتر عالیقدری و دکتر پرستار که زحمت داوری رساله اینجانب را قبول فرمودند، قدردانی نموده و برای ایشان آرزوی طول عمر و سربلندی دارم و از استادان فرزانه و دلسوز؛ جناب آقای دکتر صادقی، دکتر پورعشق کمال تشکر و قدردانی را دارم و نیز با تشکر خالصانه خدمت همه کسانی که به نوعی مرا در به انجام رساندن این مهم یاری نموده‌اند.

بررسی کارایی فرایند الکتروکواگولاسیون و اکسیداسیون پیشرفته UV/Na₂S₂O₈ در حذف رنگ راکتیو

آبی ۵۲ از محیط‌های آبی

چکیده

زمینه و هدف: فاضلاب رنگی، منشا اصلی آلودگی منابع آبی است و اگر بدون تصفیه به محیط زیست تخلیه شود، باعث کاهش قابلیت نفوذ نور و به دنبال آن ایجاد اختلال در انجام فرآیند فتوسنتز در منابع آبی، بروز آلرژی، درماتیت، تحریک پوستی، سرطان و نیز جهش‌های ژنتیکی در انسان می‌شوند. لذا هدف از این تحقیق بررسی کارایی فرایند الکتروکواگولاسیون و اکسیداسیون پیشرفته UV/Na₂S₂O₈ در حذف رنگ راکتیو آبی ۵۲ از محیط‌های آبی است.

روش کار: در این مطالعه تجربی جهت فرایند الکتروکواگولاسیون از یک راکتور الکتروشیمیایی ناپیوسته شامل یک بشر با حجم ۱ لیتر و مجهز به ۲ الکتروود آهن با سطح مؤثر ۶۰ سانتی‌مترمربع و در فرایند اکسیداسیون پیشرفته از یک راکتور شامل یک استوانه مجهز به ۲ لامپ UV_C با توان ۶ وات به‌عنوان منبع نوری برای حذف رنگ راکتیو آبی ۵۲ استفاده شد. برای انجام فرایند الکتروکواگولاسیون میزان حجم مورد نیاز آزمایش ۱ لیتر و برای فرایند اکسیداسیون پیشرفته میزان پساب حاصل از فرایند اول ۶۰۰ میلی‌لیتر وارد راکتور گردید. جهت سنجش میزان حذف رنگ در مدت زمان‌های تعیین شده، حجم نمونه استفاده شده ۱۰ سی سی بوده است. ابتدا تأثیر pH، دانسیته جریان الکتریکی، زمان واکنش و غلظت اولیه رنگ در فرایند الکتروکواگولاسیون مورد مطالعه قرار گرفت و سپس پساب حاصل، وارد فرایند اکسیداسیون پیشرفته UV/Na₂S₂O₈ گردید و تأثیر pH و غلظت پرسولفات سدیم آزمایش شد.

یافته‌ها: نتایج آزمایش‌ها نشان داد در pH برابر ۷، غلظت اولیه رنگ ۲۰۰ mg/L، دانسیته جریان ۲۰۰ mA/cm²، در زمان ۳۰ دقیقه کارایی فرایند الکتروکواگولاسیون به ۸۲/۴ درصد و در ترکیب سری با فرایند UV/Na₂S₂O₈ در pH برابر ۷ و غلظت پرسولفات سدیم ۱۵ mMol/L کارایی حذف رنگ و COD به ترتیب به ۱۰۰ و ۷۶/۹ درصد رسید.

نتیجه گیری: نتایج حاصل بیانگر آن بود که ترکیب فرایند الکتروکواگولاسیون و اکسیداسیون پیشرفته UV/Na₂S₂O₈ یک روش مؤثر در حذف رنگ راکتیو آبی ۵۲ از محیط‌های آبی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: الکتروکواگولاسیون، رنگ راکتیو آبی ۵۲، اکسیداسیون پیشرفته، محیط‌های آبی، UV/Na₂S₂O₈

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: کلیات و پیشینه تحقیق.....
۲	۱-۱- مقدمه.....
۳	۱-۲- بیان مسأله.....
۵	۱-۳- رنگ و تاریخچه آن.....
۵	۱-۴- انواع رنگ‌ها.....
۵	۱-۴-۱- رنگ‌های اسیدی.....
۵	۱-۴-۲- رنگ‌های کاتیونی (پایه).....
۶	۱-۴-۳- رنگ‌های پخش شده.....
۶	۱-۴-۴- رنگ‌های مستقیم.....
۶	۱-۴-۵- رنگ‌های واکنش پذیر.....
۶	۱-۴-۶- رنگ‌های حلال.....
۶	۱-۴-۷- رنگ‌های سولفور.....
۶	۱-۴-۸- رنگ‌های رنگری.....
۶	۱-۵- رنگ راکتیو آبی.....
۷	۱-۶- انواع روش‌های تصفیه فاضلاب‌های حاوی رنگ.....
۷	۱-۶-۱- فیلتراسیون غشایی.....
۸	۱-۶-۲- انعقاد و لخته‌سازی.....
۸	۱-۶-۳- جذب سطحی.....
۹	۱-۶-۴- تبادل یون.....

۹	۱-۶-۵- اکسیداسیون
۱۰	۱-۶-۶- تصفیه بیولوژیکی
۱۱	۱-۶-۷- فرایند فتوکاتالیستی
۱۲	۱-۶-۸- فتولیز
۱۲	۱-۶-۹- امواج فراصوت
۱۳	۱-۶-۱۰- فنتون و فتوفنتون
۱۳	۱-۷- فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته:
۱۴	۱-۸- الکتروکواگولاسیون
۱۴	۱-۹- پرسولفات
۱۵	۱-۱۰- مطالعه سینتیک واکنش
۱۵	۱-۱۰-۱- واکنش مرتبه صفر
۱۶	۱-۱۰-۲- واکنش مرتبه اول
۱۶	۱-۱۰-۳- واکنش مرتبه دوم
۱۶	۱-۱۰-۴- واکنش شبه مرتبه اول
۱۷	۱-۱۰-۵- واکنش شبه مرتبه دوم
۱۷	۱-۱۱- بررسی متون
۱۷	۱-۱۱-۱- مطالعات انجام گرفته در ایران
۲۲	۱-۱۱-۲- مطالعات جهان
۲۶	۱-۱۲- اهداف و فرضیات
۲۶	۱-۱۲-۱- هدف کلی:
۲۶	۱-۱۲-۲- اهداف ویژه:
۲۶	۱-۱۴-۲- اهداف کاربردی
۲۷	۱-۱۲-۴- فرضیات یا سوالات پژوهش
۲۸	فصل دوم: مواد و روش‌ها

- ۲-۱- طرح کلی تحقیق ۲۹
- ۲-۱-۱- بررسی منابع علمی ۲۹
- ۲-۱-۲- جامعه آماری، روش نمونه گیری و حجم نمونه ۲۹
- ۲-۱-۳- روش گردآوری اطلاعات ۳۰
- ۲-۲- مشخصات دستگاه‌های مورد استفاده در این پژوهش ۳۰
- ۲-۳- روش انجام آزمایش ۳۳
- ۲-۳-۱- مواد مورد استفاده ۳۳
- ۲-۳-۲- آماده سازی نمونه ۳۳
- ۲-۳-۳- آنالیز نمونه ۳۴
- ۲-۴- متغیرهای پژوهش ۳۵
- ۲-۵- آزمایش‌های مربوط به حذف رنگ راکتیو آبی ۵۲ توسط فرایند الکتروکواگولاسیون ۳۶
- ۲-۵-۱- رسم منحنی کالیبراسیون دستگاه اسپکتروفتومتری ۳۶
- ۲-۵-۲- بررسی تأثیر pH در فرایند الکتروکواگولاسیون ۳۶
- ۲-۵-۳- بررسی تأثیر دانسیته جریان بر فرایند الکتروکواگولاسیون ۳۷
- ۲-۵-۴- بررسی تأثیر غلظت اولیه رنگ بر فرایند الکتروکواگولاسیون ۳۷
- ۲-۵-۵- بررسی تأثیر زمان واکنش بر فرایند الکتروکواگولاسیون ۳۷
- ۲-۶- آزمایش‌های مربوط به حذف رنگ راکتیو آبی ۵۲ توسط فرایند اکسیداسیون پیشرفته UV/Na₂S₂O₈ ۳۷
- ۲-۶-۱- بررسی تأثیر pH بر فرایند اکسیداسیون پیشرفته ۳۷
- ۲-۶-۲- بررسی تأثیر غلظت پرسولفات سدیم بر فرایند اکسیداسیون پیشرفته ۳۸
- ۲-۶-۳- بررسی تأثیر هریک از عوامل UV و پرسولفات سدیم تحت شرایط بهینه بر فرایند اکسیداسیون پیشرفته ۳۸
- ۲-۶-۴- بررسی میزان حذف COD حاصل از فرایند الکتروکواگولاسیون و اکسیداسیون پیشرفته ۳۸
- ۲-۷- اندازه‌گیری میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) آب به روش تقطیر برگشتی باز ۳۹
- ۲-۷-۱- محلولهای مورد نیاز آزمایش COD ۳۹
- ۲-۷-۲- روش انجام آزمایش ۴۰

فصل سوم: یافته‌ها	۴۲
۳-۱- فرایند الکتروکواگولاسیون	۴۳
۳-۱-۱- تأثیر pH بر کارایی فرایند الکتروکواگولاسیون	۴۳
۳-۱-۲- تأثیر دانسیته جریان بر فرایند الکتروکواگولاسیون	۴۴
۳-۱-۳- تأثیر زمان واکنش بر فرایند الکتروکواگولاسیون	۴۵
۳-۱-۴- تأثیر غلظت اولیه رنگ بر فرایند الکتروکواگولاسیون	۴۶
۳-۲- فرایند اکسیداسیون پیشرفته UV/Na ₂ S ₂ O ₈	۴۶
۳-۲-۱- تأثیر pH بر فرایند اکسیداسیون پیشرفته	۴۷
۳-۲-۲- تأثیر غلظت پرسولفات سدیم بر کارایی فرایند اکسیداسیون پیشرفته	۴۸
۳-۲-۳- تأثیر هم افزایی الکتروکواگولاسیون، UV و پرسولفات سدیم تحت شرایط بهینه بر فرایند اکسیداسیون پیشرفته	۴۸
۳-۳- تغییرات COD محلول در طی فرایندهای الکتروکواگولاسیون و اکسیداسیون پیشرفته	۴۸
۳-۴- بررسی سینتیک واکنش حذف رنگ راکتیو آبی ۵۲	۵۰
فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری	۵۲
۴-۱- مکانیسم فرایند الکتروکواگولاسیون	۵۳
۴-۲- مکانیسم فرایند اکسیداسیون پیشرفته (UV/Na ₂ S ₂ O ₈)	۵۷
۴-۱-۱- تأثیر pH بر کارایی فرایند الکتروکواگولاسیون	۵۷
۴-۱-۲- تأثیر دانسیته جریان بر فرایند الکتروکواگولاسیون	۵۸
۴-۱-۳- تأثیر غلظت اولیه رنگ بر فرایند الکتروکواگولاسیون	۵۹
۴-۱-۴- تأثیر زمان واکنش بر فرایند الکتروکواگولاسیون	۶۰
۴-۲-۱- تأثیر pH بر فرایند اکسیداسیون پیشرفته	۶۰
۴-۲-۲- تأثیر غلظت پرسولفات سدیم بر کارایی فرایند اکسیداسیون پیشرفته	۶۱
۴-۳- بررسی روند تغییرات COD طی فرایندهای الکتروکواگولاسیون و اکسیداسیون پیشرفته	۶۲
۴-۴- نتیجه گیری	۶۲

۶۳	..... پیشنهادات ۴-۵
۶۴	..... مراجع ۵-۱
۷۰	..... Abstract

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۶	..... ۱-۱- مشخصات رنگ راکتیو آبی ۵۲
۳۲	..... ۱-۲- تعداد کل نمونه‌ها با توجه به متغیرهای مورد مطالعه
۳۵	..... ۲-۲- متغیرها

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۳۱	..... ۱-۲- تصویر دستگاه مولد برق DC مدل: DAZHENG PS-302D
۳۱	..... ۲-۲- تصویر لامپ UV-C
	..... ۲-۳- طرح شماتیک راکتور الکتروکواگولاسیون و راکتور اکسیداسیون پیشرفته مورد استفاده برای حذف رنگ
۳۲	..... راکتیو آبی ۵۲
۳۶	..... ۲-۴- منحنی کالیبراسیون دستگاه اسپکتروفتومتری جهت سنجش رنگ راکتیو آبی ۵۲

- ۳-۱- تأثیر pH بر کارایی حذف رنگ راکتیو آبی ۵۲ توسط فرایند الکتروکواگولاسیون: غلظت اولیه رنگ: mg/L: ۱۰۰ دانسیته جریان: ۱۶/۶۶ mA/cm² ۴۳
- ۳-۲- تغییرات pH در طی فرایند الکتروکواگولاسیون ۴۴
- ۳-۳- تأثیر دانسیته جریان بر کارایی حذف رنگ راکتیو آبی ۵۲ توسط فرایند الکتروکواگولاسیون: غلظت اولیه رنگ: ۱۰۰ mg/L ، pH: ۷ ۴۵
- ۳-۴- تأثیر مدت زمان واکنش بر کارایی حذف رنگ راکتیو آبی ۵۲ توسط فرایند الکتروکواگولاسیون: غلظت اولیه رنگ: ۱۰۰ mg/L ، pH: ۷، دانسیته جریان: ۱۶/۶۶ mA/cm² ۴۵
- ۳-۵- تأثیر غلظت اولیه رنگ بر کارایی حذف رنگ راکتیو آبی ۵۲ توسط فرایند الکتروکواگولاسیون: دانسیته جریان: ۱۰ mA/cm² ، pH: ۷ ۴۶
- ۳-۶- تأثیر pH بر کارایی حذف رنگ راکتیو آبی ۵۲ توسط فرایند اکسیداسیون پیشرفته: غلظت پرسولفات سدیم: ۱۰ mMol/L ۴۷
- ۳-۷- تأثیر غلظت پرسولفات سدیم بر کارایی حذف رنگ راکتیو آبی ۵۲ توسط فرایند اکسیداسیون پیشرفته: pH: بهینه: ۷ ۴۸
- ۳-۸- تأثیر هم افزایی الکتروکواگولاسیون، UV و پرسولفات سدیم (تحت شرایط بهینه) بر کارایی حذف رنگ راکتیو آبی ۵۲ ۴۹
- ۳-۹- میزان تغییرات COD محلول در طی فرایندهای الکتروکواگولاسیون و اکسیداسیون پیشرفته ۵۰
- ۳-۱۰- مدل سینتیک درجه صفر حذف رنگ با الکتروکواگولاسیون ۵۰
- ۱۱-۳- مدل سینتیک درجه یک حذف رنگ با الکتروکواگولاسیون ۵۱
- ۴-۱- شماتیک واکنش‌های موجود در راکتور الکتروکواگولاسیون ۵۴
- ۴-۲- ساختار کمپلکس‌های هیدروکسید آلومینیوم ۵۵
- ۴-۳- دیاگرام ترکیبات آلومینیوم در pHهای مختلف در دما ۲۵ درجه سانتی گراد ۵۶
- ۴-۴- دیاگرام ترکیبات آهن در pHهای مختلف در دما ۲۵ درجه سانتی گراد ۵۷

لیست علائم اختصاری

AOP: Advanced Oxidation Process

BOD: Biological Oxygen Demand

COD: Chemical Oxygen Demand

EC: Electro Coagulation

EF: Electro Fenton

H₂O₂: Hydrogen Peroxide

H₂SO₄: Sulfuric Acid

NaOH: Sodium Hydroxide

Na₂S₂O₈: Sodium Persulfate

OH⁻: Hydroxyl ions

OH[•]: Hydroxyl radical

pH: potential of Hydrogen

PS: Persulfat Sodium

RB52: Reactive Blue52

SO₄^{•-}: sulfat radical

TOC: Total Organic Carbon

TiO₂: Titanium Oxide

UV: Ultra Violent