بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

خانم معصومه پنبه کار بیشه پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان مقایسه اثر اکسید کننده ها بر فرآیند فوتوکاتالیستی UV/Tio۲ در حذف رنگ در تاریخ ۱۳۹۱/۶/۲۰ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد محیط زیست پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر بیتا آیتی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر احمد خدادادی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر نادر مختار انی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر سید غلامرضا موسوی	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر نادر مختارانی	استادیار	

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی

امضاء

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه شوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته عمران-میکانیک است که در سال ۱۳۹۱ در دانشکده عمران-میکانیک دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر بیتا آتشی ، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر ——— و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر ——— از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب معصومه سنبه کاربیشه دانشجوی رشته عمران-میکانیک مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: معصومه سنبه کاربیشه

تاریخ و امضا:

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

گروه مهندسی محیط زیست

پایان نامه کارشناسی ارشد

مقایسه اثر اکسید کننده‌ها بر فرایند فتوکاتالیستی UV/TiO_2 در حذف رنگزا

دانشجو:

معصومه پنبه کار بیشه

استاد راهنما :

دکتر بیتا آیتی

شهریور۱۳۹۱

این پایان نامه:

به پیشگاه مقدس حضرت ولی عصر (عجل الله فرجه الشریف)

به روح پاک و ملکوتی حضرت امام خمینی (رحمه الله علیه) و شهیدان ایران اسلامی

به رهبر عظیم الشان انقلاب اسلامی امام خامنه ای (دامت برکاته)

به پدر و مادرم به پاس محبتهای بی دریغشان که هرگز پایان نمی پذیرد

به همسر مهربانم که با حمایتها و کمکهای بی پایانشان امیدم را برای ادامه کار دو چندان می-کردند

و به پیشگاه تمامی آنها که در محضرشان آموختم

تقدیم میکردد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات و مساعدتهای استاد گرانقدرم، سرکار خانم دکتر بیتا آیتی که راهنمایی این پروژه را بر عهده داشتند؛ کمال سپاس و قدردانی را داشته و سلامتی و تندرستی ایشان را خواستارم. همچنین از اساتید گرانقدرم جناب آقایان دکتر گنجی دوست، دکتر طاهری و دکتر مختارانی که در طول مدت تحصیل از علمشان بهره بردم کمال تشکر را دارم.

و بر خود لازم میدانم که از تلاشها و همفکریهای مفید سرکار خانم مهندس نائبی و دکتر حسن زاده وتمامی دوستانم که در طول تمام مراحل انجام آزمایشات اینجانب را یاری نمودند، صمیمانه سپاسگزاری کرده و توفیق و سربلندی روز افزون ایشان را خواستارم. همچنین از ستاد نانو که پشتیبانی این پایان نامه را بر عهده داشتند تشکر میکنم.

چکیده:

ازمشکلات عمده پساب‌های صنعتی، تخلیه پساب‌های ناشی از پروسه‌ها به محیط زیست بوده که سبب تخریب محیط بیولوژیک و تغییر اکولوژیک آن‌ها و بسیاری مسائل دیگر می‌شود. صنایع نساجی و رنگرزی، یکی از بزرگترین صنایع مصرف کننده آب می‌باشند. رنگزاها موادی با ساختار پیچیده هستند که طی مراحل مختلف صنعت نساجی به محیط زیست وارد می‌شوند. اکثر رنگزاهای مصرفی صنایع نساجی منشأ آلی داشته و بطور عمده از نمک‌های دی آزو، فتالوسیانین و آنتراکینون که دارای حلقه بنزن می‌باشند، تهیه شده است که می‌تواند سمی و سرطانزا باشد. اکثر رنگزاهای مورد استفاده صنایع نساجی به دلیل ایجاد کمپلکس‌های قوی، غیرقابل تجزیه بیولوژیکی بوده و فرایندهای تصفیه متداول فاضلاب مانند جذب سطحی، انعقاد و لخته‌سازی روش موثری برای حذف آن‌ها محسوب نمی‌گردد. یکی از روش‌های مناسب جهت حذف آن استفاده از فرایند اکسیداسیون پیشرفته می‌باشد.

با عنایت به موارد فوق هدف اصلی از انجام این تحقیق، مقایسه اثر افـزودن اکسـیدکننده هـائی نظیـر $NaIO_4$، $Na_2S_2O_8$ و $NaBrO_3$بر فرایند فتوکاتالیستی با استفاده از نانو ذرات TiO_2 تثبیت شده بر بستر بتن به کمـک اشـعه UV از نظر بازده، هزینه‌ها و راندمان حذف جهت حذف رنگزای مستقیم آبی ۷۱ می‌باشد. پارامترهای غلظـت اولیـه رنگزا، pH، شدت تابش UV-C،زمان و دز اکسیدکننده در طی انجام آزمـایش جهـت تعیـین شـرایط بهینـه مـورد بررسی قرار گرفت. همچنین شکستن حلقه‌های بنزنی و تغییرات COD/COD_0 و رانـدمان حـذف فاضـلاب واقعـی صنعت نساجی در شرایط بهینه مورد بررسی قرار گرفت. در شرایط غلظت اولیه ۲۰۰ppm رنگزا ، مقدار ۴۰ گرم بـر متر مربـع ذرات TiO_2، لامـپ ۹۰ وات و مقـدار ۰/۰۶۴ گـرم بـر لیتـر اکسـیدکننده$NaIO_4$ومقـدار ۰/۲۴ گـرم بـر لیتراکسیدکننده $Na_2S_2O_8$در مدت زمان ۳۰ دقیقه برای سیستمهای UV/TiO_2، $UV/NaIO_4$ و $UV/TiO_2/NaIO_4$، $UV/Na_2S_2O_8$ و $UV/TiO_2/Na_2S_2O_8$ به ترتیب برابر ۳۸/۴، ۹۱/۳۵،۹۰/۷، ۹۳/۳۵ و ۹۷/۸۵ درصد راندمان حذف و همچنین با غلظت اولیه ۱۰۰ppmرنگزا، ۰/۰۴۵ گـرم بـر لیتـر اکسـید کننـده $NaBrO_3$ و حفـظ دیگـر شـرایط در سیستمهای $UV/NaBrO_3$ و $UV/TiO_2/NaBrO_3$به ترتیب ۶۷ و ۷۱/۴ درصد راندمان حذف مشاهده شد. همـانطور که مشاهده می‌شود اکسید کننده $NaIO_4$به مراتب قویتر و راندمان حذف بـالاتری نسـبت بـه دیگـر اکسـید کننـده‌هـا دارد.در واقع افزودن اکسید کننده موجب افزایش راندمان حذف رنگزا می‌شود. در آخـر در شـرایط بهینـه رانـدامان حذف فاضلاب واقعی صنعت نساجی لاله مهرگان قم مورد آزمایش قرار گرفت که به دلیل وجود انـواع رنگزاهـا بـا ساختارهای پیچیده سیستمهای UV/Oxidant و UV/TiO_2/Oxidant راندمان حذف پایین تری داشت و با افـزایش غلظت اکسید کننده‌ها راندمان حذف افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی:اکسیدکننده، فتوکاتالیست TiO_2، DB71، نساجی

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

پیشگفتار ۱

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه ۴

۱-۲- تاریخچه تولید و مصرف رنگ ۴

۱-۳- منابع تولید کننده فاضلاب رنگی ۵

۱-۴- ساختمان اصلی رنگ ۵

۱-۴-۱- مواد اولیه ۶

۱-۴-۲- مواد واسطه‌ای ۶

۱-۵- طبقه بندی رنگزا ۶

۱-۵-۱- طبقه بندی رنگزاها بر اساس عملکرد آنها ۸

۱-۵-۱-۱- مواد رنگزای طبیعی ۸

۱-۵-۱-۲- مواد رنگزای مصنوعی ۸

۱-۵-۲- طبقه بندی رنگزاها بر اساس کاربرد آنها ۹

۱-۵-۲-۱- رنگزای اسیدی ۹

۱-۵-۲-۲- رنگزای بازی..... ۹
۱-۵-۲-۳- رنگزای مستقیم (دایرکت) ۱۰
۱-۵-۲-۴- رنگزای دیسپرس..... ۱۱
۱-۵-۲-۵- رنگزای گوگردی..... ۱۲
۱-۵-۲-۶- رنگزای خمی..... ۱۲
۱-۵-۲-۷- رنگزای آزوئیک..... ۱۳
۱-۵-۲-۸- رنگزای راکتیو..... ۱۳
۱-۵-۲-۹- رنگزای دندانه‌ای (رنگهای کروم دار یا متا کروم) ۱۴
۱-۵-۲-۱۰- پیگمنت‌ها..... ۱۵
۱-۵-۳- طبقه بندی رنگزاها بر اساس ساختار شیمیایی..... ۱۵
۱ -۶- ضرورت تصفیه آلاینده‌های رنگی و اثرات زیست محیطی آلاینده‌ها..... ۱۵
۱-۷- روشهای مختلف تصفیه فاضلاب‌های رنگی..... ۱۷
۱-۷-۱- روشهای فیزیکی – شیمیایی..... ۱۷
۱-۷-۱-۱- جذب..... ۱۷
۱-۷-۱-۲- فیلتراسیون غشایی..... ۱۸
۱-۷-۱-۳- انعقاد و لخته سازی..... ۱۸

۱-۷-۱-۴- الکترو شیمیایی..... ۱۸

۱-۷-۱-۵- ازن زنی..... ۱۹

۱-۷-۱-۶- فنتون..... ۱۹

۱-۷-۱-۷- تجزیه فتوشیمیایی و فتوکاتالیستی..... ۱۹

۱-۷-۱-۸- فتوکاتالیز ناهمگن ۲۰

۱-۷-۱-۹- فتوکاتالیزوری TiO_2..... ۲۰

۱ -۷-۲- روشهای بیولوژیکی..... ۲۱

۱-۸- اکسید کننده‌ها..... ۲۱

۱-۸-۱- اکسید کننده‌های مورد استفاده در تحقیق..... ۲۲

۱-۸-۱-۱- سدیم متا پریدات..... ۲۲

۱-۸-۱-۲- سدیم برومات..... ۲۲

۱-۸-۱-۳- سدیم پراکسی دی سولفات..... ۲۳

۱-۸-۲- ضرورت استفاده از اکسید کننده‌ها..... ۲۳

فصل دوم: فرایند فتوکاتالیستی

۲-۱- مقدمه..... ۲۶

۲-۲- فتوکاتالیست..... ۲۶

۲-۳- راکتور فتوکاتالیست ۲۶

۲-۴- فتوکاتالیست TiO_2 ..... ۲۷

۲-۵- کاربرد TiO_2 و اثرات زیست محیطی آن ۲۸

۲-۶- مکانیسم فرایند فتوکاتالیست UV/TiO_2 ..... ۲۹

۲-۷- فاکتورهای مؤثر بر فرایند فتوکاتالیزوری ۳۰

۲-۷-۱- غلظت کاتالیست ۳۰

۲-۷-۲- غلظت اولیه آلاینده ۳۰

۲-۷-۳- pH ۳۱

۲-۷-۴- دما ۳۲

۲-۷-۵- حضور یونهای معدنی ۳۲

۲-۷-۶- طول موج اشعه ۳۲

۲-۷-۷- شدت نور ۳۲

فصل سوم: مطالعات موردی

۳-۱- مقدمه ۳۴

۳-۲- مطالعه موردی ۳۴

۳-۲-۱- مطالعات انجام شده بر روی حذف رنگزا با استفاده از اکسیدکننده‌ها ۳۴

۳-۲-۲- مطالعات انجام شده بر روی حذف رنگزای مورد استفاده در تحقیق..... ۳۶

۳-۲-۳- مطالعات انجام شده بر روی حذف رنگ با استفاده از روشهای مختلف..... ۳۷

۳-۲-۳-۱- روش فنتون..... ۳۷

۳-۲-۳-۲- روش انعقاد و لخته‌سازی..... ۳۸

۳-۲-۳-۳- روش الکتروشیمیایی..... ۳۸

۳-۲-۳-۴- روش ازن زنی..... ۳۹

۳-۲-۳-۵- روش فتوکاتالیستی..... ۴۰

۳-۲-۳-۶- روش بیولوژیکی..... ۴۱

۳-۲-۳-۷- روش ترکیبی..... ۴۲

۳-۳- هدف از انجام تحقیق..... ۴۴

فصل چهارم: روش انجام تحقیق

۴-۱- مقدمه..... ۴۷

۴-۲- روش کار..... ۴۷

۴-۲-۱- ساخت بستر بتنی..... ۴۷

۴-۲-۲- تثبیت و پوشش دهی بستر بتنی توسط نانوذرات TiO_2..... ۴۹

۴-۲-۳- ساخت پایلوت..... ۴۹

۴-۲-۴- انتخاب نوع رنگزا ۵۰
۴-۲-۵- انتخاب اکسیدکننده ها ۵۰
۴-۲-۶- کالیبراسیون رنگزای مورد استفاده در تحقیق ۵۱
۴-۳- انجام آزمایشات شاهد ۵۲
۴-۳-۱- تاثیر شدت UV ۵۲
۴-۳-۲- تاثیر pH تنها ۵۳
۴-۳-۳- بررسی اثر میزان فتوکاتالیست ۵۳
۴-۳-۴- تاثیر چسب بتن در تاریکی ۵۳
۴-۳-۵- تاثیر چسب تنها در حضور نور UV ۵۳
۴-۳-۶- بررسی میزان واکنش پذیری TiO_2 در تاریکی ۵۴
۴-۳-۷- بررسی واکنش پذیری اکسیدکننده‌ها در تاریکی و در حضور نور UV ۵۴
۴-۴- تعیین پارامترهای بهینه ۵۴
۴-۴-۱- تعیین pH بهینه ۵۴
۴-۳-۲- تعیین غلظت بهینه ۵۵
۴-۳-۲-۱- تعیین مصرف بهینه انرژی ۵۵
۴-۴-۳- تعیین UV بهینه ۵۵

۴-۴-۴- تعیین زمان بهینه..... ۵۶

۴-۵- مواد و تجهیزات مورد استفاده در تحقیق..... ۵۶

۴-۵- ۱- مواد..... ۵۶

۴-۵-۲- تجهیزات..... ۵۷

۴-۶- آزمایش COD ۵۷

فصل پنجم: نتایج آزمایشات

۵-۱- مقدمه..... ۵۹

۵-۲- نتایج آزمایشات شاهد..... ۵۹

۵-۲-۱- بررسی اثر نور UV به تنهایی در حذف رنگزا..... ۶۱

۵-۲-۲- بررسی اثر pH بر حذف رنگزا..... ۶۱

۵-۲-۳- بررسی اثر چسب بتن تنها در تاریکی در حذف رنگزا..... ۶۱

۵-۲-۴- بررسی اثر چسب بتن تنها در حضور نور UV در حذف رنگزا..... ۶۲

۵-۲-۵- بررسی اثر میزان واکنش پذیری TiO_2 در تاریکی در حذف رنگزا..... ۶۲

۵-۲-۶- بررسی اثر اکسیدکننده‌ها در تاریکی در حذف رنگزا..... ۶۳

۵-۲-۷- بررسی اثر اکسیدکننده در حضور UV در حذف رنگزا..... ۶۴

۵-۲-۸- مقایسه نتایج آزمایشات شاهد..... ۶۶

۵-۲-۹- مقایسه قدرت اکسید کنندگی اکسید کننده‌ها..... ۶۷

۵-۳- تعیین پارامترهای بهینه..... ۶۸

۵-۳-۱- تعیین pH بهینه..... ۶۸

۵-۳-۱-۱- تعیین pH بهینه در سیستم UV/TiO_2..... ۶۸

۵-۳-۱-۲- تعیین pH بهینه در سیستم UV/Oxidant..... ۷۰

۵-۳-۱-۳- تعیین pH بهینه در سیستم UV/TiO_2/Oxidant..... ۷۱

۵-۳-۱-۴- مقایسه pH بهینه در سیستمهای UV/TiO_2، UV/Oxidant و UV/TiO_2/Oxidant..... ۷۴

۵-۳-۲- تعیین غلظت بهینه رنگزا..... ۷۴

۵-۳-۲-۱-تعیین غلظت بهینه رنگزا در سیستم UV/TiO_2..... ۷۴

۵-۳-۲-۲-تعیین غلظت بهینه رنگزا در سیستم UV/ Oxidant..... ۷۵

۵-۳-۲-۳-تعیین غلظت بهینه رنگزا در سیستم UV/TiO_2/Oxidant ۷۸

۵-۳-۲-۴-مقایسه غلظت بهینه در سیستمهای UV/TiO_2، UV/Oxidant وUV/TiO_2/Oxidant..... ۸۰

۵-۳-۳-تعیین شدت تابش UV بهینه..... ۸۱

۵-۳-۳-۱- تعیین شدت تابشUV بهینه در سیستم UV/TiO_2 ..... ۸۱

۵-۳-۳-۲- تعیین شدت تابش UV بهینه در سیستم UV/Oxidant ۸۲

۵-۳-۳-۳- تعیین شدت تابش UV بهینه در سیستم UV/TiO_2/Oxidant ۸۳

۵-۳-۴- تعیین زمان بهینه و تکرارپذیری نتایج..... ۸۵

۵-۳-۵- بررسی شکسته شدن حلقه‌های بنزنی و تغییرات COD در شرایط بهینه..... ۸۶

۵-۴- مقایسه نتایج تحقیقات به همراه مطالعات مشابه..... ۸۹

فصل ششم: جمع بندی و پیشنهادات

۶-۱- مقدمه..... ۹۲

۶-۲- جمع بندی..... ۹۲

۶-۲-۱- نتایج سیستم UV/TiO_2..... ۹۲

۶-۲-۲- نتایج سیستم UV/Oxidant..... ۹۳

۶-۲-۳- نتایج سیستم UV/TiO_2/Oxidant..... ۹۳

۶-۳- پیشنهادات..... ۹۴

منابع..... ۹۶

فهرست اشکال

عنوان **شماره صفحه**

شکل ۱-۱- نمونه کریستالی $NaIO_4$ ۲۲

شکل ۲-۱- ساختار بلوری TiO_2 الف) آناتاز، ب) روتایل، ج) بروکیت ۲۸

شکل ۲-۲- فرایند فتوکاتالیستی UV/TiO_2 ..... ۳۰

شکل ۴-۱- فلوچارت مراحل انجام آزمایش..... ۴۸

شکل۴-۲- نمونه بستر بتنی مورد آزمایش الف) داخل قالب– ب) سر پوش روی آن - ج) نمونه خشک شده..... ۴۸

شکل ۴-۳- سیستم مورد استفاده در تحقیق..... ۴۹

شکل ۴-۴- ساختار شیمیایی رنگزای مورد استفاده در تحقیق..... ۵۰

شکل ۴-۵- منحنی λ_{max} رنگزای مورد استفاده در تحقیق..... ۵۱

شکل ۴-۶- نمودار کالیبراسیون غلظت رنگزای مورد استفاده در تحقیق..... ۵۲

شکل ۴-۷- راکتور مورد استفاده در طول آزمایش..... ۵۳

نمودار ۵-۱- اثر نورUV تنها در حذف رنگزا (pH طبیعی و لامپ ۹۰ وات)..... ۶۰

نمودار ۵-۲- اثر نورUV تنها در حذف رنگزا (pH طبیعی و لامپ ۲۱۰ وات)..... ۶۰

نمودار ۵-۳- میزان مصرف انرژی در غلظتهای مختلف رنگزا..... ۶۰

نمودار ۵-۴- بررسی اثر pH بر فرآیند جذب رنگزا (غلظت اولیه رنگزا ۵۰ppm) ۶۱

نمودار ۵-۵- بررسی اثر چسب بتن در تاریکی بر روی رنگزا ۶۱

نمودار ۵-۶- بررسی اثر چسب تنها در حضور نور UV بر روی رنگزا مستقیم آبی ۷۱..... ۶۲

نمودار ۵-۷- بررسی اثر میزان واکنش پذیری TiO_2 در تاریکی در حذف رنگزا ۶۲

نمودار ۵-۸- بررسی اثر اکسید کننده $Na_2S_2O_8$ بر روی رنگزا در تاریکی..... ۶۳

نمودار ۵-۹- بررسی اثر اکسید کننده $NaIO_4$ بر روی رنگزا در تاریکی..... ۶۴

نمودار ۵-۱۰- بررسی اثر اکسید کننده $NaBrO_3$ بر روی رنگزا در تاریکی..... ۶۴

نمودار ۵-۱۱- بررسی اثر میزان دز اکسید کننده $Na_2S_2O_8$ بر روی رنگزا..... ۶۵

نمودار ۵-۱۲- بررسی اثر میزان دز اکسید کننده $NaIO_4$ بر روی رنگزا..... ۶۵

نمودار ۵-۱۳- بررسی اثر میزان دز اکسید کننده $NaBrO_3$ بر روی رنگزا ۶۶

نمودار ۵-۱۴- مقایسه قدرت اکسید کنندگی اکسید کننده‌ها (دز اکسید کننده‌ها ۱mM)..... ۶۷

نمودار ۵-۱۵- بررسی pH بهینه بر روی رنگزا مستقیم آبی ۷۱..... ۶۸

نمودار ۵-۱۶- تغییرات pH در طی انجام واکنش..... ۶۹

نمودار ۵-۱۷- میزان مصرف انرژی در pH مختلف رنگزا..... ۷۰

نمودار ۵-۱۸- اثر pH بر رنگزدایی رنگزا در سیستم $UV/Na_2S_2O_8$..... ۷۰

نمودار ۵-۱۹- اثر pH بر رنگزدایی رنگزا در سیستم $UV/ NaIO_4$..... ۷۱

نمودار ۵-۲۰- اثر pH بر رنگزدایی رنگزا در سیستم $UV/ NaBrO_3$ ۷۱

نمودار ۵-۲۱- اثر pH بر رنگزدایی رنگزا در سیستم $UV/TiO_2/Na_2S_2O_8$ ۷۲

نمودار ۵-۲۲- اثر pH بر رنگزدایی رنگزا در سیستم $UV/TiO_2/NaIO_4$ ۷۳

مودار ۵-۲۳- اثر pH بر رنگزدایی رنگزا در سیستم $UV/TiO_2/NaBrO_3$ ۷۳

نمودار ۵-۲۴- میزان حذف رنگزا در سیستم UV/TiO_2 (لامپ ۹۰ وات، pH معادل ۹ و $TiO_2=۴۰ gr/m^2$) ۷۵

نمودار ۵-۲۵- میزان مصرف انرژی در سیستم UV/TiO_2 ..... ۷۵

نمودار ۵-۲۶- میزان حذف رنگزا در سیستم $UV/Na_2S_2O_8$ ۷۶

نمودار ۵-۲۷- میزان مصرف انرژی در سیستم $UV/Na_2S_2O_8$ ۷۶

نمودار ۵-۲۸- میزان حذف رنگزا در سیستم $UV/NaIO_4$ ۷۷

مودار ۵-۲۹- میزان مصرف انرژی در سیستم $UV/NaIO_4$ ۷۷

نمودار ۵-۳۰- میزان حذف رنگزا در سیستم$UV/NaBrO_3$ ۷۷

نمودار ۵-۳۱- میزان مصرف انرژی در سیستم $UV/NaBrO_3$ ۷۸

نمودار ۵-۳۲ میزان حذف رنگزا در سیستم $UV/TiO_2/Na_2S_2O_8$ ۷۸

نمودار ۵-۳۳- میزان مصرف انرژی در سیستم $UV/TiO_2/Na_2S_2O_8$ ۷۹

نمودار ۵-۳۴- میزان حذف رنگزا در سیستم $UV/TiO_2/NaIO_4$ ۷۹