



کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و

نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه

متعلق به دانشگاه رازی است.



دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی شیمی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی شیمی  
گرایش طراحی فرآیندهای نفت و گاز

**عنوان پایان نامه**

**مطالعه سینتیکی و ترمودینامیکی حذف رنگ اسیدی با استفاده از فرایند اکسیداسیون  
UV و پروکسی دی سولفات**

استاد راهنما:

دکتر مجتبی احمدی

نگارش:

فاتح حاجی عزیزی

اسفند ماه ۱۳۹۱



دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی شیمی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی شیمی  
گرایش طراحی فرآیندهای نفت و گاز

نام دانشجو

فاتح حاجی عزیزی

عنوان پایان نامه

مطالعه سینتیکی و ترمودینامیکی حذف رنگ اسیدی با استفاده از فرایند اکسیداسیون  
UV و پروکسی دی سولفات

در تاریخ ۱۳۹۱/۱۲/۲۰ توسط هیات داوران زیر بررسی و با درجه بسیار خوب به تصویب نهایی رسید.

- |                         |                      |                 |          |       |
|-------------------------|----------------------|-----------------|----------|-------|
| ۱- استاد راهنما         | دکتر مجتبی احمدی     | با مرتبه ی علمی | استادیار | امضاء |
| ۲- استاد داور داخل گروه | دکتر جمشید بهین      | با مرتبه ی علمی | دانشیار  | امضاء |
| ۳- استاد داور داخل گروه | دکتر مهدی امیری نژاد | با مرتبه ی علمی | استادیار | امضاء |

تقدیر و تشکر :

کلمه ها ناتوانند این را قلبی به من گفت که روز و شب می تپد وبا تپش او هزاران ستاره بیدار می شوند . راست می گوید، کلمه ها صدایی ندارند ،خاموشند و اگر کسی دهان به ترنم آنها باز نکند فراموش می شوند . حال با کدامین کلمه می توان لطف دوستان را پاسخ گفت.

با تشکر از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر مجتبی احمدی که جهت انجام این پروژه صمیمانه یاریم نمودند و کاستی هایم را با بزرگواریشان نادیده گرفتند . امیدوارم که همواره در تمامی مراحل زندگی موفق و شادمان باشید.

پیشکشی ناچیز به مرحوم پدرم ، مادر،همسر و دخترم

آنان که همواره بهترین را برایم خواستند،

ساختند و

خود بهترینند.

## چکیده

در این مطالعه رنگ زدایی و معدنی کردن نوع خاصی از رنگ از خانواده رنگ های اسیدی به نام Reactive Yellow 84 با استفاده از روش اکسیداسیون پیشرفته با استفاده از رادیکال های پروکسی دی سولفات پتاسیم و نور UV انجام گرفته است. همچنین شرایط عملیاتی بهینه برای حذف رنگ به دست آمد که درصد حذف در این شرایط، بیشترین مقدار را دارا می باشد شرایط بهینه در دمای  $50^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی گراد غلظت رنگ  $20\text{ mg/l}$ ، غلظت پروکسی  $1/5\text{ mM}$  و شدت نور UV  $125$  وات می باشد که در این شرایط بعد از گذشت ۱۸ دقیقه به درصد حذف  $98/45$  می رسد و تاثیر پارامترهایی نظیر شدت نور UV، غلظت رنگ، غلظت پروکسی و دما نیز بررسی گردید در این تحقیق داده های بدست آمده بر روی معادله های سنتتیک واکنش درجه اول و درجه دوم برازش شدند که در نهایت و با مقایسه داده ها مشخص گردید که سنتتیک واکنش از درجه اول می باشد. همچنین مطالعه پارامترهای مربوط به سنتتیک و ترمودینامیک واکنش انجام گردید و مقادیر آنها بدست آورده شد. واکنش از نظر خودبخودی بودن نیز بررسی گردید که این واکنش به علت منفی بودن  $\Delta G$  و پایین بودن انرژی فعال سازی یک واکنش خودبخودی می باشد.

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول: اهمیت آب و ضرورت تصفیه آن

۲-۱-۱-۱	مقدمه	۲
۲-۱-۲-۱	اهمیت آب و لزوم تصفیه آن	۲
۳-۱-۳-۱	منابع آلودگی	۳
۴-۱-۴-۱	انواع روش های تصفیه	۶
۴-۱-۴-۱-۱	روش های فیزیکی	۶
۴-۱-۴-۱-۲	روش های شیمیایی	۶
۴-۱-۳-۴-۱	روشهای بیولوژیکی	۷
۴-۱-۳-۴-۱-۱	هوازی	۷
۴-۱-۳-۴-۱-۲	بی هوازی	۷
۴-۱-۳-۴-۱-۳	دوگانه	۷

### فصل دوم: فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته و حذف رنگ

۲-۱-۱-۲	روشهای تصفیه پساب	۹
۲-۲-۲-۲	فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته	۱۱
۳-۲-۳-۲	برخی از فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته	۱۴
۳-۲-۱-۳-۲	روشهای غیرفتوشیمیایی	۱۴
۳-۲-۱-۳-۲-۱	ازناسیون در pH بالا	۱۵
۳-۲-۱-۳-۲-۲	ازن و آب اکسیژنه	۱۷
۳-۲-۱-۳-۲-۴	سیستم فنتون	۱۷
۳-۲-۱-۳-۲-۵	اکسیداسیون توسط یون های پر سولفات	۱۹
۴-۲-۴-۲	روشهای فتوشیمیایی	۲۰
۴-۲-۱-۴-۲	ازن/تشعشعات UV	۲۱
۴-۲-۲-۴-۲	آب اکسیژنه و اشعه UV	۲۲
۴-۲-۳-۴-۲	ازن و آب اکسیژنه و اشعه UV	۲۳
۴-۲-۴-۴-۲	فتوفنتون و سیستمهای شبیه فنتون	۲۳
۴-۲-۵-۴-۲	اکسایش فتوکاتالیزوری	۲۵
۵-۲-۵-۲	طراحی و مقایسه روشهای اکسایش پیشرفته	۲۷
۶-۲-۶-۲	مثالهایی از کاربرد عملی اکسایش پیشرفته	۲۹
۷-۲-۷-۲	رنگ ها	۳۱
۷-۲-۱-۷-۲	رنگهای بازی (کاتیونی)	۳۱



۳۲	۲-۷-۲- رنگهای اسیدی (آنیونی).....
۳۲	۲-۷-۳- رنگهای آزو.....
۳۴	۲-۷-۴- رنگ های راکتیو.....
۳۷	۲-۸-۱- تکنولوژی حذف رنگ.....
۳۷	۲-۸-۱- روشهای فیزیکی.....
۳۷	۲-۸-۲- روش های شیمیایی.....
۳۸	۲-۸-۳- روش بیولوژیکی.....

### فصل سوم: مروری بر مقالات

#### فصل چهارم: مواد و روشها

۵۳	۴-۱- تعریف پروژه.....
۵۴	۴-۲- مواد شیمیایی بکار رفته.....
۵۴	۴-۲-۱- ساختار شیمیایی Reactive yellow84.....
۵۴	۴-۲-۲- خصوصیات پروکسی دی سولفات: $K_2S_2O_8$ .....
۵۵	۴-۳- تجهیزات و دستگاه.....
۵۵	۴-۳-۱- راکتور ساخته شده.....
۵۸	۴-۳-۲- دستگاه اسپکتروفتومتر.....
۵۹	۴-۴- تهیه محلول ها.....
۶۰	۴-۵- تعیین طول موج ماکزیمم رنگ.....
۶۰	۴-۶- تعیین منحنی استاندارد.....
۶۱	۴-۷- دستورالعملها:.....
۶۲	۴-۸- چگونگی رسم نمودارهای حذف.....
۶۳	۴-۹- رسم نمودار سینتیکی.....
۶۴	۴-۱۰- رسم نمودار ترمودینامیکی.....

#### فصل پنجم: نتایج و تفاسیر

۶۶	۵-۱- تغییرات درصد حذف رنگ در غلظتهای مختلف پروکسی و دماهای مختلف.....
۶۸	۵-۲- تغییرات درصد حذف رنگ در غلظتهای مختلف پروکسی.....
۶۹	۵-۳- تغییرات درصد حذف رنگ در غلظتهای مختلف رنگ.....
۷۰	۵-۴- تغییرات درصد حذف رنگ در شدت های تابش مختلف.....
۷۲	۵-۵- مطالعات سینتیکی فرایند حذف رنگ.....
۷۵	۵-۶- بررسی درجه واکنش نسبت به پروکسی دی سولفات.....
۷۷	۵-۷- مطالعات ترمودینامیکی فرایند حذف رنگ.....
۷۷	۵-۷-۱- رسم نمودار ترمودینامیکی.....

#### فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۸۴	۶-۱- نتیجه گیری.....
۸۶	۶-۲- پیشنهادات.....
۸۷	منابع.....

## فهرست شکلها

شکل	صفحه
شکل ۱-۲ ساختار بلور بنفش	۳۱
شکل ۲-۲ رنگ تارترازین	۳۲
شکل ۳-۲ رنگ دایرکت رد ۱۶	۳۳
شکل ۴-۲ رنگ متیل اورانژ	۳۳
شکل ۱-۳ راکتور حبایی	۴۴
شکل ۱-۴ ساختار شیمیایی Reactive Yellow 84	۵۴
شکل ۲-۴ تصویری از درب بالایی راکتور	۵۶
شکل ۳-۴ نمایی از ظرف واکنش و ژاکت حرارتی و پوسته بیرونی راکتور	۵۷
شکل ۴-۴ محل ورود آب از حمام دما به ژاکت حرارتی	۵۷
شکل ۵-۴ اسپکتروفتومتر	۵۸
شکل ۶-۴ نمودار رسم شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر برای تعیین طول موج ماکزیمم محلول رنگی	۶۰
شکل ۷-۴ منحنی استاندارد رنگ	۶۱
شکل ۱-۵ تغییرات درصد حذف رنگ در پروکسی ۰/۵ mM، غلظت رنگ ۲۰ mg/l، شدت تابش ۱۲۵W و دماهای مختلف	۶۶
شکل ۲-۵ تغییرات درصد حذف رنگ در پروکسی ۱ mM، غلظت رنگ ۲۰ mg/l، شدت تابش ۱۲۵W و دماهای مختلف	۶۷
شکل ۳-۵ تغییرات درصد حذف رنگ در پروکسی ۱/۵ mM، غلظت رنگ ۲۰ mg/l، شدت تابش ۱۲۵W و دماهای مختلف	۶۷
شکل ۴-۵ تغییرات درصد حذف رنگ در پروکسی ۲ mM، غلظت رنگ ۲۰ mg/l، شدت تابش ۱۲۵W و دماهای مختلف	۶۸
شکل ۵-۵ تغییرات درصد حذف رنگ در غلظت رنگ ۲۰ mg/l، دمای ۴۰°C، پروکسی ۱/۵ mM، شدت تابش ۱۲۵W و غلظتهای مختلف پروکسی	۶۹
شکل ۶-۵ تغییرات درصد حذف رنگ در دمای ۴۰°C، پروکسی ۱/۵ mM، شدت تابش ۱۲۵W و غلظتهای مختلف رنگ	۷۰
شکل ۷-۵ تغییرات درصد حذف رنگ در غلظت رنگ ۲۰ mg/l، دمای ۴۰°C، پروکسی ۱/۵ mM و شدت تابشهای مختلف	۷۱
شکل ۸-۵ تغییرات درصد حذف رنگ در غلظت رنگ ۲۰ mg/l، دمای ۴۰°C، پروکسی ۱/۵ mM و سطح تابشهای مختلف	۷۱

- شکل ۵-۹ داده های سنتیکی واکنش درجه اول در غلظت رنگ ۲۰ mg/l، شدت تابش ۱۲۵ W و دمای ۴۰°C در پروکسی های مختلف ..... ۷۳
- شکل ۵-۱۰ داده های سنتیکی واکنش درجه دوم در غلظت رنگ ۲۰ mg/l، شدت تابش ۱۲۵ W و دمای ۴۰°C در پروکسی های مختلف ..... ۷۳
- شکل ۵-۱۱ بررسی درجه واکنش نسبت به پروکسی دی سولفات در غلظت رنگ ۲۰ mg/l، دمای ۳۰°C، شدت تابش ۱۲۵W ..... ۷۷
- شکل ۵-۱۲ نمودار ترمودینامیکی درجه اول در غلظت رنگ ۲۰ mg/l، پروکسی ۰/۵ mM، شدت تابش ۱۲۵W و دماهای مختلف ..... ۷۹
- شکل ۵-۱۳ نمودار ترمودینامیکی درجه اول در غلظت رنگ ۲۰ mg/l، پروکسی ۱/۰ mM، شدت تابش ۱۲۵W و دماهای مختلف ..... ۸۰
- شکل ۵-۱۴ نمودار ترمودینامیکی درجه اول در غلظت رنگ ۲۰ mg/l، پروکسی ۱/۵ mM، شدت تابش ۱۲۵W و دماهای مختلف ..... ۸۱
- شکل ۵-۱۵ نمودار ترمودینامیکی درجه اول در غلظت رنگ ۲۰ mg/l، پروکسی ۲/۰ mM، شدت تابش ۱۲۵W و دماهای مختلف ..... ۸۲

## فهرست جدول‌ها

صفحه	جدول
۱۲.....	جدول ۱-۲ قدرت اکسید کنندگی برخی از گونه های اکسید کننده.....
۱۳.....	جدول ۲-۲ ثابت سرعت واکنش ازن در برابر رادیکال هیدروکسیل.....
۱۳.....	جدول ۲-۳ فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته.....
۱۳.....	جدول ۲-۴ مقایسه هزینه عملیاتی برخی از فرایندهای AOPs.....
۱۴.....	جدول ۲-۵ مقادیر تئوری اکسید کننده های مورد نیاز برای بدست آوردن یک مقدار معلوم از رادیکالهای OH <sup>·</sup> در سیستم های O <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV.....
۲۲.....	جدول ۲-۶ مقایسه O <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....
۲۸.....	جدول ۲-۷ مزایا و معایب فرآیندهای اکسایش پیشرفته.....
۷۴.....	جدول ۵-۱ داده های درجه اول ودرجه دوم با غلظت ۰/۵ mM پروکسی.....
۷۴.....	جدول ۵-۲ داده های درجه اول ودرجه دوم با غلظت ۱ mM پروکسی.....
۷۴.....	جدول ۵-۳ داده های درجه اول ودرجه دوم با غلظت ۱/۵ mM پروکسی.....
۷۵.....	جدول ۵-۴ داده های درجه اول ودرجه دوم با غلظت ۲ mM پروکسی.....
۷۶.....	جدول ۵-۵ داده های سنتیکی درجه اول در غلظت رنگ ۲۰ mg/l، دمای ۳۰°C، شدت تابش ۱۲۵W وغلظت های مختلف پروکسی.....
۷۹.....	جدول ۵-۶ پارامترهای ترمودینامیکی در غلظت رنگ ۲۰ mg/l، پروکسی ۰/۵ mM، شدت تابش ۱۲۵W و دماهای مختلف.....
۸۰.....	جدول ۵-۷ پارامترهای ترمودینامیکی در غلظت رنگ ۲۰ mg/l، پروکسی ۱/۰ mM، شدت تابش ۱۲۵W و دماهای مختلف.....
۸۱.....	جدول ۵-۸ پارامترهای ترمودینامیکی در غلظت رنگ ۲۰ mg/l، پروکسی ۱/۵ mM، شدت تابش ۱۲۵W و دماهای مختلف.....
۸۲.....	جدول ۵-۹ پارامترهای ترمودینامیکی در غلظت رنگ ۲۰ mg/l، پروکسی ۲/۰ mM، شدت تابش ۱۲۵W و دماهای مختلف.....

# فصل اول

اهمیت آب و ضرورت تصفیه آن

در این فصل، ابتدا به اهمیت آب و جایگاه فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته<sup>۱</sup> (AOPs) در تصفیه پسابها پرداخته می‌شود. منابع آلوده کننده آب و سهم صنعت نساجی در این آلودگی‌ها بیان می‌گردد. انواع روش‌های تصفیه پساب و تئوری روش‌های مختلف اکسایش پیشرفته مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در ادامه مزیت بکارگیری فرآیند اکسایش پیشرفته بیان می‌گردد و در آخر ساختار رنگ‌های آلوده‌کننده پساب‌های صنعتی<sup>۲</sup> معرفی می‌گردند.

## ۱-۲- اهمیت آب و لزوم تصفیه آن

آب یکی از ضروری‌ترین عناصر حیات روی زمین است و همانطور که می‌دانید بیش از ۷۰ درصد کره زمین را آب تشکیل می‌دهد، که البته کمتر از ۳ درصد آن شیرین و قابل استفاده برای مصارف انسانی است. از این مقدار ۷۹ درصد به قله‌های یخی تعلق دارد، ۲۰ درصد آن آب‌های زیرزمینی است که به راحتی قابل دسترسی نبوده و فقط ۱ درصد آن شامل دریاچه‌ها و رودخانه‌ها و چاه‌ها می‌باشد که به راحتی قابل دست‌یابی است. در دسترس بودن آب سالم و پاک از مهم‌ترین مسائل پیش روی بشر می‌باشد و به تدریج که مقدار مصرف آب بیشتر می‌شود مواد آلاینده نیز به طرق مختلف باعث آلوده کردن منابع آبی می‌گردند و این مساله در آینده بحرانی‌تر خواهد شد. [۱]

برخی پساب‌ها شامل مواد شیمیایی هستند که از لحاظ شیمیایی و بیولوژیکی پایدار می‌باشند و منجر به خطرات زیست محیطی می‌گردند. در دهه‌های اخیر بدلیل گسترش روز افزون صنایع، افزایش تولید پساب در طبیعت رشد چشمگیری داشته است. رهاسازی

<sup>1</sup> Advanced Oxidation Processes

<sup>2</sup> Industrial Wastewater

آلاینده های سمی و مضر در محیط زیست از جمله مواد رنگزا<sup>۱</sup> و ترکیبات فنولی توسط همین صنایع انجام می گیرد [۲]. لذا تصفیه چنین ترکیباتی برای حفظ محیط زیست از اهمیت خاصی برخوردار است.

رنگ های موجود در پساب صنعت نساجی و صنایع مرتبط با آن، یکی از بزرگترین گروه های ترکیبات آلی آلوده کننده هستند که خطر بزرگی برای محیط زیست بشمار می آیند. به همین منظور رنگبری از پساب های رنگی اخیراً بسیار مورد توجه قرار گرفته است. حذف آلودگی های رنگی با فرآیندهای فیزیکی متداول مانند جذب روی کربن فعال، اولترافیلتراسیون، اسمز معکوس و انعقاد و رسوب دهی شیمیایی تا حدی می تواند مفید باشد ولی آنها معمولاً فقط ترکیبات آلی را از پساب به فاز دیگر منتقل می کنند بنابراین باعث آلودگی دیگری می شوند و در نتیجه نیازمند بازیابی ماده جاذب و پس تصفیه پساب حاوی ذرات جامد می باشد که همگی عملیاتی پرهزینه می باشد. بخاطر اندازه بزرگ آروماتیک-های موجود در ملکول های رنگ و پایداری رنگ های جدید روش های تصفیه بیولوژیکی قدیمی برای حذف و نابودی رنگ کم اثرتر شده اند [۳]. از آنجا که رنگ های آزو باعث تولید ترکیبات آروماتیک سمی مقاوم در برابر تصفیه بیولوژیکی می گردند لذا بکارگیری روش های اکسیداسیون پیشرفته می تواند روشی کارآمد برای تخریب و ازبین بردن رنگ های آزو باشد. روش های اکسیداسیون پیشرفته برای تجزیه چنین ملکول هایی که از لحاظ شیمیایی و بیولوژیکی پایداری روشی کارآمد می باشد [۴].

به طور معمول فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته دربر گیرنده تولید و استفاده از گونه های بسیار فعال، عمدتاً از جنس رادیکال هیدروکسیل ( $OH^\circ$ ) به عنوان یک اکسنده قوی برای تجزیه و تخریب آلاینده های آلی می باشند [۵].

### ۱-۳- منابع آلودگی

منبع اصلی آلودگی ها مصارف محلی، صنعتی و ضایعات کشاورزی به اضافه آلوده شدن حرارتی، ضایعات روغن و ضایعات رادیواکتیو می باشند. ضایعات محلی اغلب در نتیجه مصارف خانگی و مصارف کشاورزی و تا حدی صنعتی می باشند. این مواد تقریباً به طور کامل

<sup>1</sup> Dye

آلی بوده و توسط عملیات باکتری‌ها از هم پاشیده شده و به نیترات، فسفات، دی‌اکسید کربن و آب تبدیل می‌شود. عملیات‌های کشاورزی باعث انتقال مقدار متنابهی مواد غذایی و گیاه-کش‌ها به سیستم آبی می‌گردد این مواد در زنجیره‌های غذایی آب‌های شیرین و شور وارد گردیده و سبب آلوده کردن منابع آبی می‌گردند. به‌طور مثال مواد گیاه‌کش که بر روی گیاهان به هنگام رشد پاشیده می‌شود به همراه رسوبات و کودهای شیمیایی و باقی‌مانده-های حیوانی و گیاهی نیز به هنگام بارندگی و جاری شدن آب‌مجاور و در حال حرکت وارد می‌گردند.

صنایع یکی دیگر از منابع آلوده‌کننده محسوب می‌گردند. ضایعات صنعتی چون در یک محدوده جغرافیایی کوچک ایجاد می‌شوند، از نقطه نظر تصفیه به مراتب ساده‌تر مورد جمع-آوری و تصفیه قرار می‌گیرند. ضایعات صنعتی از شست‌وشوی الیاف شروع و به پسماندهای کارخانجات شیمیایی منتهی می‌شود. اکثر اوقات این ضایعات منشأ آلی داشته و به شدت قلیایی می‌باشند.

در صنایع غذایی، تهیه مواد غذایی از گوشت، لبنیات و نیشکر به همراه عملیات پخت، تقطیر نمودن و کنسرو نمودن مقدار زیادی مواد جانبی آلی به وجود می‌آورند که به عنوان ضایعات به صورت پساب دور ریخته می‌شوند. در صنعت تولید کاغذ، موادی در ضایعات وجود دارد که خود خورنده به حساب می‌آیند و به همراه تکه‌های چوب، پنتاکلروفنل، پنتاکلروفنات-سدیم، متیل‌مرکاپتان وارد آب شده و به صورت پساب خارج می‌گردند.

صنعت نساجی یک صنعت پیشرو برای بسیاری از کشورها از جمله چین، سنگاپور و انگلیس و ایتالیا و غیره محسوب می‌گردد. اما پساب‌های این صنعت شامل مقادیر زیادی از رنگ‌ها و سایر مواد شیمیایی آلی که در نتیجه چالش‌های زیست‌محیطی را برای صنعت نساجی به همراه داشته است.

بخش عمده این آلودگی‌ها در مراحل رنگ‌رزی پارچه و در عملیات‌های پایانی وارد پساب‌ها می‌گردند. پساب‌های نساجی به دلیل غلظت بالای مواد آلی و معدنی موجود در آن و همچنین مقادیر زیاد مواد فعال سطحی، مواد جامد محلول و احتمالاً فلزات سنگین (به عنوان مثال کروم و نیکل) و رنگ‌های مقاوم در برابر تجزیه بیولوژیکی را می‌توان در دسته خطرناکترین پساب‌ها قرار داد. حضور آلاینده‌های آلی از قبیل رنگ‌ها، آفت‌کش‌ها و غیره در هیدروسفر، سبب نگرانی‌هایی درباره آب‌های شیرین و شرایط محیط‌زیست سواحل



گردیده است، از طرفی طبیعت بالقوه سرطان‌زای اکثر این ترکیبات نگرانی‌ها را چندین برابر کرده است.

در صنایع نساجی بیش از ده هزار نوع رنگ مختلف استفاده می‌گردد [۶] که در این بین بیشترین سهم مربوط به رنگ‌های آزو می‌باشد که بسته به تعداد پیوندهای آزو<sup>۱</sup> (-N=N-) موجود در رنگ به منوآزو، دی آزو و تری آزو تقسیم بندی می‌گردند. دلیل اصلی این رنگ‌ها در پساب صنعت نساجی، مربوط به استفاده از مقادیر بسیار زیاد رنگدانه‌ها در مراحل رنگ‌رزی تولید پارچه می‌باشد که به دلیل قابل رؤیت بودن، شکل بسیار بدی به پساب این صنعت نیز می‌دهد و این خود امری بسیار نگران‌کننده است. جدای از مشکلات بصری مربوط به پساب‌های رنگی، رنگ‌نور خورشید را به شدت جذب کرده و از فعالیت فتوسنتزی گیاهان آبی جلوگیری می‌نماید و تهدیدی جدی برای اکوسیستم محسوب می‌گردد.

الزامات سخت‌گیرانه‌تر سازمان حفاظت محیط‌زیست، همراه با افزایش تقاضاهای عمومی برای پارچه‌های رنگی، اهمیت حذف رنگ پساب صنعت نساجی را چندین برابر کرده است. فرآیند لجن فعال برای تصفیه پساب صنعت نساجی امروزه به خوبی شناخته شده و به کار گرفته می‌شود. ترکیب این فرآیند با فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی را می‌توان در بسیاری از برنامه‌های کاربردی این صنعت مشاهده کرد، اما در بسیاری از موارد ترکیب این فرآیندها در تصفیه ضایعات رنگی ناکارآمد می‌باشد و نیاز به فرآیندی نوین و جایگزین به - شدت محسوس می‌باشد.

از سوی دیگر فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی مانند فرآیندهای غشایی، جذب کربن فعال و غیره تنها قادر به انتقال آلاینده‌ها از یک فاز به فاز دیگر می‌باشند و بازهم نیاز به تصفیه ثانویه دارند. در این مرحله فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته دارای مزیت‌هایی بر روش‌های متداول قدیمی ذکر شده می‌باشد. فرآیند AOP با تخریب اجزای آلی غیر قابل تجزیه سبب حذف آن‌ها از پساب می‌گردد، به همین دلیل شاهد گسترش تحقیقات بر روی این روش در سال‌های اخیر هستیم.

<sup>1</sup> Azo

## ۱-۴- انواع روش های تصفیه

مواد در آب و پساب اغلب دارای ترکیبات پیچیده‌ای هستند. ذرات حل شده، معلق و شناور با اندازه‌های مختلف در آب وجود دارند. تصفیه وابستگی ویژه‌ای به اندازه ذرات دارد. هرچه ذرات در ترکیبات پساب کوچکتر باشد یا ذره در محلول حل شده باشد تصفیه مشکل‌تر خواهد بود، واضح است که اندازه ذرات بستگی به چگالی و دیگر مشخصات فیزیکی دارد. سه نوع روش متداول برای کلیه پساب‌ها وجود دارد که شامل روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی هستند.

### ۱-۴-۱- روش‌های فیزیکی

روش‌های فیزیکی عمدتاً بستگی به مشخصات فیزیکی ناخالصی مانند اندازه ذره، چگالی و گرانشی<sup>۱</sup> دارد. از مهمترین مشخصه فیزیکی فاضلاب‌ها، کل مقدار مواد جامد بوده که شامل مواد شناور، مواد معلق، مواد کلوئیدی و مواد محلول می‌باشد. سایر مشخصات فیزیکی شامل بو، دما و رنگ می‌باشد. از روش‌های فیزیکی که برای تصفیه پساب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌توان غربال کردن، ته نشین سازی، فیلتراسیون و انتقال گاز را نام برد و از آنجا که اغلب این روش‌ها مستقیماً از دید اولیه بشر نسبت به طبیعت ناشی شده، باید اولین مرحله‌ای باشد که در تصفیه فاضلاب به کار گرفته می‌شود.

### ۱-۴-۲- روش‌های شیمیایی

این روش‌ها بستگی به خواص شیمیایی ناخالصی‌ها در پساب صنعتی دارند، ناخالصی‌هایی مانند مواد آلی و غیرآلی و همچنین گازهای موجود در پساب‌های صنعتی در این روش‌ها حذف یا تبدیل به عوامل آلوده توسط افزودن مواد شیمیایی و یا سایر واکنش‌های شیمیایی می‌شوند. روش‌های ترسیب و تبدیل یون، جذب سطحی و فرآیند اکسایش پیشرفته از فرآیندهای تصفیه شیمیایی محسوب می‌گردند.

<sup>1</sup> Viscosity

در این نوع فرآیند واکنش های بیوشیمیایی جهت حذف ناخالصی ها و مواد کلونیدی و محلول در پساب صورت می گیرد. ناخالصی های موجود عمدتاً از نوع مواد آلی هستند و به طور کلی سه نوع فرآیند بیولوژیکی هوازی، بی هوازی و دوگانه وجود دارد.

۱-۴-۳-۱- هوازی

در این نوع فرایندهای تصفیه پساب، مواد آلاینده محلول پساب به گونه ای با هوا در تماس هستند مثل فیلتراسیون بیولوژیکی و لجن فعال.

۱-۴-۳-۲- بی هوازی

این گونه فرآیندها بدون تماس مستقیم با هوا انجام می گیرد.

۱-۴-۳-۳- دوگانه

در این جا فرآیندها به گونه ای است که قسمتی از پساب با هوا در تماس است و قسمت دیگر پساب بدون هواست. مانند حوضچه های اکسیداسیونی، البته برای اینکه بتوان تصفیه بیولوژیکی را انجام داد، ابتدا باید اطلاعاتی در مورد مشخصات بیولوژیکی فاضلاب داشت.

این اطلاعات شامل موارد زیر است:

۱) گروه های مهم میکروارگانیسم<sup>۱</sup> هایی که در آب های سطحی و فاضلاب موجودند.

۲) ارگانیزم های بیماری زایی که درون فاضلاب می باشند.

۳) ارگانیزم هایی که نشان دهنده آلودگی فاضلاب می باشد.

۴) روش های مورد نیاز برای ارزیابی میزان سمی بودن فاضلاب.

در این روش مواد قابل تجزیه بیولوژیکی به گازهایی تبدیل می شوند که می توانند در جو و یا در بافت های سلولی بیولوژیکی که توسط ته نشینی قابل حذف است، رها شوند.

<sup>1</sup> Micro Organism

## **فصل دوم**

**فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته و حذف رنگ**