

## Efficiency of Ozonation and Chemical Coagulation Using Aluminum Sulfate and Ferric Chloride for Reduction of COD from Wastewater of Rubber Industry

### Mohsen Mehdipoor

Tehran University of Medical Sciences, School of Public Health, Department of Environmental Health Engineering, Tehran, I.R.Iran.

### Mohammad Hadi Dehghani

\* Professor, Tehran University of Medical Sciences, School of Public Health, Department of Environmental Health Engineering, Tehran, I.R.Iran. (Corresponding author). Email: hdehghani@tums.ac.ir

### Simin Nasser

Professor, Tehran University of Medical Sciences, School of Public Health, Department of Environmental Health Engineering, Tehran, I.R.Iran.

### Kazem Nadafi

Professor, Tehran University of Medical Sciences, School of Public Health, Department of Environmental Health Engineering, Tehran, I.R.Iran.

### Amir Hossein Mahvi

Assistant Professor, Tehran University of Medical Sciences, School of Public Health, Department of Environmental Health Engineering, Tehran, I.R.Iran.

Received: 27 April 2015

Accepted: 26 July 2015

### ABSTRACT

**Background and objective:** One of the industries producing environmental pollutant is the rubber industry, which has a lot of in environmental dangers. This study was conducted in the purpose of investigation on Ozone and coagulant material's (Aluminum sulfate –Ferric chloride) efficiency in waste water treatment of Rubber Industry.

**Materials and Method:** In this work Rubber industries with the industrial waste volume over 2500 m<sup>3</sup> per mount was studied. In order to qualitative evaluation of wastewater in this industry, the reduction of turbidity and the amount of COD were considered as the qualitative criteria.

**Results:** In this study, the reduction rate of COD by chemical treatment with Ferric chloride after ozonation was 34 percent and the wastewater of chemical treatment with aluminum sulfate after ozonation shown 48 percent, the reduction of COD.

**Conclusion:** One of the scientific and practical approaches for the treatment of wastewater in these industries is the use of complex process like chemical coagulation and ozonation along with possible biological processes.

Paper type: Research article

**Keyword:** Rubber industry, Chemical coagulation, COD, Ozonation

► **Citation:** Mehdipoor, M. Dehghani, MH. Nasser, S. Nadafi, K. & Mahvi, AH. Efficiency of Ozonation and Chemical Coagulation Using Aluminum Sulfate and Ferric Chloride for Reduction of COD from Wastewater of Rubber Industry. Iranian Journal of Research in Environmental Health. Summer 2015;1 (2) : 79-84.

## کارایی فرایند ازن زنی و انعقاد شیمیایی به وسیله کلرورفریک و سولفات آلومینیوم در کاهش COD فاضلاب صنعت لاستیک سازی

محسن مهدی پور

کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

محمدهادی دهقانی

\* استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.  
(نویسنده مسئول).

Email: hdehghani@tums.ac.ir

سیمین ناصری

استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

کاظم ندافی

استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

امیرحسین محوی

استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

### چکیده

**زمینه و هدف:** یکی از صنایع تولیدکننده آلاینده‌های زیست‌محیطی، صنعت تولید لاستیک خودروهاس است که مخاطرات زیست‌محیطی فراوانی به همراه دارد. این مطالعه با هدف اساسی بررسی کارایی فرایندهای ازناسیون و انعقاد شیمیایی در کاهش COD فاضلاب صنعت لاستیک‌سازی انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه، کارخانه لاستیک‌سازی با حجم فاضلاب صنعتی بالغ بر ۲۵۰۰ مترمکعب در ماه بررسی شد. به منظور ارزیابی کیفی فاضلاب این صنعت و روند کاهش بار آلودگی آن، مقدار COD به عنوان معیار کیفی در نظر گرفته شد.

**یافته‌ها:** در این مطالعه، میزان کاهش COD پس از تصفیه شیمیایی با ماده کلرورفریک پس از ازن زنی ۳۴ درصد و پس از تصفیه شیمیایی با ماده سولفات آلومینیوم پس از ازن زنی ۴۸ درصد، کاهش میزان COD را نشان می‌دهد.

**نتیجه‌گیری:** یکی از راهکارهای علمی و عملی برای تصفیه این صنعت، استفاده از فرایندهای تلفیقی نظیر انعقاد شیمیایی و ازناسیون به همراه فرایندهای بیولوژیکی است.

**کلیدواژه‌ها:** صنعت لاستیک‌سازی، COD، انعقاد شیمیایی، ازن زنی

◀ **استناد:** مهدی پور م، دهقانی م، ناصری س، ندافی ک، محوی ا. کارایی فرایند ازن زنی و انعقاد شیمیایی به وسیله کلرورفریک و سولفات آلومینیوم در کاهش COD فاضلاب صنعت لاستیک‌سازی. فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط. تابستان ۱۳۹۴؛ ۱(۲): ۷۹-۸۴.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۰۴

## مقدمه

امروزه با وجود صنایع گوناگون و توسعه و پیشرفت فناوری، حجم آلاینده‌های تولیدی افزایش می‌یابد. صنایع تولید لاستیک خودروها یکی از صنایع تولیدکننده آلاینده‌های زیست‌محیطی است. تولید پساب‌های ناشی از فرایندهای تولید لاستیک طبیعی به دلیل بار آلودگی بسیاری که دارند، همیشه مورد توجه کارشناسان محیط‌زیست بوده و تخلیه پساب آنها به محیط نیز اعتراض‌هایی را در پی داشته است. از سوی دیگر، تولید محصولات لاستیکی مشتق از کائوچوی طبیعی در فرایند بهره‌برداری، نیازمند مقدار زیادی آب است؛ بنابراین، رشد سریع تولید این محصولات سبب تولید حجم زیادی از پساب با کیفیت متفاوت شده است. ترکیب این پساب‌ها شامل آب ناشی از شستشو، مقادیری جزئی از منعقد کننده‌های لاستیک همراه با پروتئین، کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، کارتنوئیدها و نمک‌هاست (۱-۵).

صنایع لاستیک از مهم‌ترین صنایعی است که در حجم زیاد، سبب تولید فاضلابی با بار آلی بالا، مواد معلق زیاد و نیتروژن بالا می‌شود. بدون تصفیه مناسب، تخلیه فاضلاب ناشی از فرایندهای کارخانه‌های لاستیک‌سازی در محیط‌زیست می‌تواند پیامدهای خطرناک و جدی را در پی داشته باشد؛ بنابراین، تصفیه این نوع فاضلاب در شرایط کنترل‌شده، گامی اساسی برای جلوگیری از رهاسازی مواد زائد خطرناک در محیط‌زیست است. (۵-۷)

برای تصفیه فاضلاب صنعت لاستیک از روش‌های متعددی استفاده شده است. روش انعقاد و لخته سازی یکی از این روش‌هاست. آزمایش جارست در فرایند انعقاد و لخته سازی شیمیایی، امکان ارزیابی نوعی تصفیه فیزیکی شیمیایی را برای کاهش مواد نامحلول، معلق-کلوئیدی و ته‌نشین نشدنی از فاضلاب فراهم می‌کند؛ بنابراین، چنین آزمایش‌هایی ابزاری باارزش در تصفیه پساب هستند (۸-۱۰). افزون بر فرایند انعقاد و لخته سازی که در این مطالعه بررسی شده است، از فرایند ازن زنی نیز برای کاهش میزان اکسیژن خواهی شیمیایی استفاده می‌شود. فرایند ازن زنی برای شکستن و اکسید کردن ترکیبات

آلی مقاوم و ترکیبات آلی با وزن مولکولی زیاد و تبدیل آنها به ترکیبات مولکولی با اندازه کمتر استفاده می‌شود. ازن به دوروش مختلف با مواد آلی واکنش می‌دهد: ۱- به وسیله اکسیداسیون مستقیم با مولکول ازن و ۲- اکسیداسیون غیرمستقیم به وسیله رادیکال‌های آزاد-رادیکال هیدروکسیل آزاد. ازن زنی مواد آلی به روش‌های یادشده، سبب حذف COD و رنگ و نیز افزایش قابلیت تجزیه بیولوژیکی کربن آلی در مرحله‌های بعدی تصفیه بیولوژیکی می‌شود. (۸-۱۴)

در خصوص حذف آلاینده‌ای خروجی از پساب صنایع و کارخانه‌ها، به وسیله مواد منعقد کننده و فرآیند ازن زنی مطالعات متعددی انجام گردیده است. در هر مطالعه، با توجه به نوع آلاینده تولیدی و کیفیت پساب هر صنعت یا کارخانه، کارایی حذف آلاینده‌ها به وسیله فرآیندهای اشاره شده با هم تفاوت داشته‌اند (۵-۷، ۱۵، ۱۹، ۲۰). هدف از انجام این تحقیق، بررسی تأثیر مواد منعقد کننده شیمیایی نظیر کلرورفریک و سولفات آلومینیوم و فرایند ازن زنی برای کاهش بار آلودگی فاضلاب صنعت لاستیک‌سازی در یکی از استان‌های ایران، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین صنایع مهم کشور است.

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق، برای انجام آزمایش‌ها از فاضلاب خروجی هر یک از واحدهای صنعتی کارخانه لاستیک‌سازی نمونه‌گیری شد. همه واحدهای فعال این صنعت در سه شیفت کاری کار می‌کنند و در هر سه شیفت تولید پساب آنها یکنواخت است و تنها در میزان دبی خروجی تفاوت دارند؛ بنابراین، برای نمونه‌برداری به تناسب حجم دبی خروجی هر یک از واحدها، ۳ نمونه در هر شیفت تهیه شد. سپس نمونه‌های برداشت‌شده با یکدیگر ترکیب و نمونه مرکب نهایی هر واحد جداگانه بررسی گردید.

مواد منعقد کننده استفاده شده در این بررسی، عبارت بودند از:

الف- کلرورفریک به فرمول شیمیایی  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

ب- سولفات آلومینیوم به فرمول شیمیایی  $18\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

مطالعات انعقاد و لخته سازی ابتدا با انتخاب یک نوع ماده منعقد کننده و در pH های گوناگون (۳ تا ۱۲) برای تعیین دوزاژ و pH بهینه برای ماده منعقد کننده یادشده به انجام رسید. برای تعیین میزان دقیق pH از دستگاه pH متر مدل ATication استفاده گردید. مقدار گوناگون مواد منعقد کننده به نمونه‌های یادشده افزوده گردید تا بدین وسیله، میزان بهینه ماده منعقد کننده از طریق آزمایش جار به دست آید. برای تعیین اثر اضافه کردن مواد منعقد کننده از آزمایش کدورت استفاده شد؛ زیرا کدورت موجود در فاضلاب‌ها با میزان مواد معلق آلی و معدنی رابطه‌ای مستقیم دارد. همچنین، برای تعیین pH بهینه، مقدار اولیه ماده منعقد کننده با استفاده از سنجش مداوم میزان کدورت کاهش یافته در هر یک از محفظه‌های دستگاه جار بررسی شد. پس از تعیین میزان بهینه ماده منعقد کننده و pH بهینه، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی در نمونه‌های منعقدشده سنجیده شد. از سوی دیگر، پس از تعیین COD هر یک از نمونه‌های منعقدشده به وسیله کلروفریک و سولفات آلومینیوم و تعیین راندمان حذف COD به وسیله این مواد، نمونه نهایی منعقدشده به وسیله هر کدام از مواد منعقد کننده، جداگانه برای آزمایش‌های ازن زنی استخراج گردید. اندازه‌گیری کدورت با دستگاه کدورت سنج الکتریکی مدل میکرونفلومتر- ساخت کشور انگلستان- با حساسیت ده هزارم اعشار انجام شد. فاضلاب و مواد منعقد کننده ابتدا به وسیله دستگاه جارتست به مدت ۱ دقیقه با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه به شدت مخلوط شدند. سپس در مرحله لخته سازی به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۲۰ دور در دقیقه، عمل لخته سازی اجرا شد. پس از آن به مدت ۳۰ دقیقه به نمونه‌ها اجازه داده شد ته‌نشین شوند. در نهایت، نمونه‌گیری و آنالیز پارامترهای مورد نیاز روی محلول‌های منعقدشده انجام گردید (۱۶).

در انجام آزمایش‌های ازن زنی، غلظت ازن تزریقی به راکتور برابر ۵ گرم در ساعت ثابت بوده و زمان به عنوان متغیر اصلی در نظر گرفته شده است. در ۷ زمان متفاوت (۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ دقیقه) عمل ازن زنی به نمونه‌ها انجام شد. پس

از پایان ازن زنی نمونه‌های برداشت شده در پایان هر مرحله زمانی از نظر میزان COD آزمایش شدند. آزمایش COD در این مطالعه، طبق روش Open Reflux از استاندارد شماره ۵۲۲۰ کتاب روش‌های استاندارد اجرا شد (۱۶). دستگاه ازن زنی به کاررفته (OZONEUF) از نوع دیواری و مدل ۵-۶-۱۱۰۱۵ ساخت کشور فرانسه، با توان تولید ۵ گرم در ساعت و با جریان هوای ۲/۵ لیتر در دقیقه بود. محفظه دستگاه به صورت راکتوری بسته به ارتفاع ۱/۲ متر، قطر ۲۰ سانتی‌متر و ظرفیت گنجایش ۲۰ لیتر مجهز به شیر برداشت نمونه بود که تزریق ازن در آن به صورت دیفیوژری انجام می‌شد.

### یافته‌ها

در جدول شماره (۱) ویژگی‌های نخست فاضلاب صنعت لاستیک‌سازی از جمله pH، COD، TSS و مقادیر روغن و چربی در هر یک از واحدها ارائه گردیده است. واحدهای مورد نظر در این کارخانه عبارت بودند از:

جدول ۱: مشخصات فاضلاب نمونه برداری شده از واحدهای فعال کارخانه لاستیک‌سازی

روغن و چربی mg/L	TSS mg/L	COD mg/L	pH	نام واحدها	ردیف
۶۲۴۹۲	۳۴۹۰۰	۲۶۱۴۵	۹/۹	واحد بنبوری قدیم	۱
۲۹۲۵	۱۰۳۱	۶۳۹۱	۸/۹	واحد بنبوری جدید	۲
۴۸۱	۲۲۰	۳۰۷۱	۶/۶	حوضچه نهایی خروج پساب	۳
۲۵۵	-	۳۴۰۳	۱۰/۳	حوضچه پساب دیگ‌های بخار	۴
۷۹۰۳	۷۷	۵۱۴۶	۶/۶	واحد سمنت سازی	۵
۸۵۳	۱۳۲۸	۳۲۳۷	۵/۸	واحد پخت تیوب	۶
۷۳۰	۱۰۸۰	۲۸۳۰	۷	واحد پخت تایر	۷
۰	۳۰۰	۲۷۰	۸	واحد اسمز معکوس	۸
۳۹۰۱	۳۱	۳۹۰۱	۱۱/۲	خروجی آب بلودان	۹
۵۶۵۱	۵۶۱	۵۶۱۳	۸/۳	نمونه نهایی مخلوط پساب همه واحدها	۱۰

واحد بنبوری قدیم، واحد بنبوری جدید، حوضچه نهایی خروج پساب، حوضچه پساب دیگ‌های بخار، واحد سمنت سازی، واحد

۹۰ دقیقه با دوز ازن ۳۷/۲۰، ۵۶/۹۰ و ۶۶/۴۴ L/mg O<sub>۳</sub> بررسی شد. همچنین، در طی ۳۰ دقیقه زمان تماس و ۹pH کارایی بالایی در حذف آلاینده‌ها مشاهده گردید. دیگر این که در این تحقیق مشخص شد ترکیب لجن فعال سرپوشیده و ازن‌زنی، در مقایسه با دیگر فرایندهای تصفیه کارایی بیشتری در حذف آلاینده‌ها دارد. در این پژوهش، راندمان حذف COD حدود ۹۱/۵ درصد و کارایی حذف BOD حدود ۹۶ درصد به دست آمد (۲). در تحقیق دیگری که در سال ۲۰۰۸ انجام شد، مشخص گردید تصفیه بی‌هوازی فاضلاب تغلیظ‌شده صنعت لاستیک‌سازی، حدود ۹۷ درصد میزان اکسیژن خواهی شیمیایی را در طی ۵۰ روز کاهش می‌دهد (۴).

در سال ۲۰۰۴ در مالزی، کارایی حذف به‌وسیله فرایندهای تلفیقی فیزیکی- شیمیایی به همراه روش‌های بیولوژیکی با تزریق گاز در تصفیه فاضلاب صنایع لاستیک‌سازی بررسی شد. در این تحقیق، کارایی حذف COD و BOD به ترتیب حدود ۶۷ و ۷۷ درصد گزارش شد (۱۷). در مطالعه‌ای دیگر با استفاده از ۲۲۰۰ میلی‌گرم آلوم، حذف COD و TSS به ترتیب بالغ بر ۶۵ و ۸۸/۶ درصد بوده است (۱۸). در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۰ برای تصفیه فاضلاب بیمارستانی به‌وسیله فرآیند کوآگولاسیون-فلوکولاسیون انجام شد، کلورفریک در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در pH ۱۰، میزان COD را حدود ۶۰ درصد کاهش داد (۱۹).

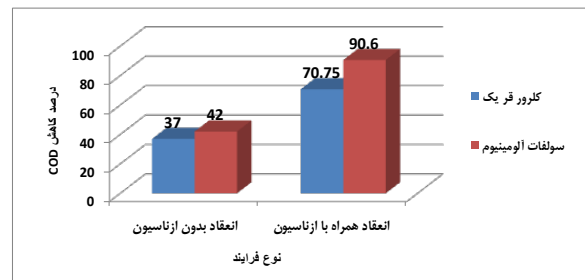
مطالعه انجام‌شده در سال ۲۰۱۰ در تصفیه فاضلاب کارخانه پنیر سازی به‌وسیله نمک‌های فریک در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر، توانست میزان COD را حدود ۵۰ درصد کاهش دهد؛ درحالی‌که در غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و pH ۵/۶ میزان COD به ۷۶ درصد کاهش یافت (۲۰).

نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های یادشده با نتایج به‌دست آمده از این پژوهش متفاوت است؛ علت آن می‌تواند ناشی از نوع و کیفیت پساب تولیدشده و نیز نوع استفاده از مواد مصرفی در حذف آلاینده‌های موردنظر در شرایط گوناگون آزمایشگاهی و دیگر شرایط باشد.

پخت تیوب، واحد پخت تایلر، واحد اسمز معکوس، خروجی آب بلودان و پساب همه واحدها. در جدول زیر به بیشترین و کمترین مقدار ثبت‌شده نمونه‌های موردنظر اشاره شده است.

در این مطالعه، هنگام اضافه کردن کلورفریک (۸۰۰-۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و آلوم (۱۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر) مقدار بهینه به ترتیب برابر با ۷۷۵ و ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر محاسبه شد. همچنین، محدوده pH بهینه برای انجام فرایند انعقاد و لخته‌سازی با کلورفریک و سولفات آلومینیوم، به ترتیب ۶/۵ و ۶/۵-۷ به دست آمد.

نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق، نشان داد کارایی حذف COD به‌وسیله فرایند انعقاد با کلورفریک و سولفات آلومینیوم به همراه ازن‌زنی، به ترتیب ۷۵/۷۰ و ۶۰/۹۰ درصد و بدون ازن‌زنی ۳۷ و ۴۲ درصد است؛ بنابراین، تلفیق فرایند انعقاد و ازن‌زنی نسبت به شرایط بدون تلفیق در حذف COD کارایی بیشتری از خود نشان داد (شکل ۱).



نمودار ۱: مقایسه درصد کاهش میزان COD در مرحله تصفیه به‌وسیله مواد منعقد کننده با و بدون ازن‌زنی

## بحث

نظر به اهمیت تصفیه فاضلاب صنایع لاستیک‌سازی و مخاطرات زیادی که برای محیط‌زیست و زنجیره غذایی انسان‌ها در بر دارد، پژوهش‌های متعددی در این زمینه در سراسر جهان صورت گرفته است. در مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۸، کارایی حذف آلاینده‌های این صنعت به‌وسیله فرایند لجن فعال با ازن‌زنی و بدون آن بررسی گردید. در این مطالعه، تأثیر زمان‌های تماس متفاوت بین ۰ تا

## نتیجه گیری

با توجه به حساسیت‌هایی که به مباحث مربوط به فاضلاب ناشی از صنایع لاستیک‌سازی در محافل دانشگاهی دنیا و مخاطرات زیست‌محیطی این صنعت به وجود آمده و در کشور ما نیز عملاً تصفیه مناسبی روی فاضلاب خروجی این صنایع صورت نگرفته است و گاهی تخلیه به‌طور مستقیم در محیط‌زیست انجام می‌شود، به پژوهشگران توصیه می‌گردد نسبت به بررسی نوع فرایند تصفیه سازگار با کشورمان اقدام کنند. در هر صورت، نتایج این تحقیق نیز نشان می‌دهد فرایندهای انعقاد و لخته

سازی به همراه ازن‌زنی، در کاهش بار آلودگی فاضلاب صنعت لاستیک‌سازی نقش مؤثری دارند و می‌توانند به‌عنوان چند راهکار تصفیه توأم فاضلاب صنایع لاستیک‌سازی به کار روند.

## تشکر و قدردانی

این مقاله از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران استخراج گردید. بدین‌وسیله، از زحمات کارشناسان محترم آزمایشگاه شیمی محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران تشکر می‌کنیم.

## Reference

- Guha A. Environmental constraints to Pacific Rim agriculture. United States Department of Agriculture (USDA) and the Centre of Agricultural Policy Studies, Massey University, New Zealand. 1995.
- Rungruang N, Babel S. Treatment of natural rubber processing wastewater by combination of ozonation and activated sludge process. Environmental technology and management. International Conference on Environmental Research and Technology (ICERT 2008), 2008. pp. 259-263.
- Yassin HM. Environmental Management. Malaysian Industrial Development Authority (MIDA), 2008.
- Kumlanghan A, Kanatharana P. Microbial BOD sensor for monitoring treatment of wastewater from a rubber latex industry. Enzyme and Microbial Technology. 2008; 42: 483 – 491.
- Miranzadeh MB, Mahvi, AH. Investigation of quality and quantity and coagulants effects on wastewater plant of Tabriz. J. Fayez of Kashan University Medical Sciences. 1992; 24 (3): 40-47.
- Shiyuna Z, Xuesong Z. Ozonation of naphthalene sulfonic acids in aqueous solutions: Part II—Relationships of their COD, TOC removal and the frontier orbital energies. Water Research. 2003; 37:1185–1191.
- Mohammadi M, Che Man H. Treatment of wastewater from rubber industry in Malaysia. African Journal of Biotechnology. 2010; 9(38): 6233-6243.
- Masten SJ, Davies SHR. The use of ozonation to degrade organic contaminants in wastewater. Environmental Science and Technology. 1994; 28(4): 181- 185.
- Roshani B. Investigation of wastewater treatment in detergent industries using coagulation process in pilot scale. J. Kordestan University Medical Sciences. 2002; 8(3): 75-67.
- Bes-pia A, Mendoza-Roca JA. Reuse of wastewater of the textile industry after its treatment with a combination of physico-chemical treatment and membrane technology. Desalination. 2002;149:169-174.
- Gottschalk C. Ozonation of water and wastewater Handbook . 2002. pp.10 -81.
- Kaulbach R. AOX and COD removal from landfill leachates with ozone and radical reactions. OZONIA LTD, Switzerland. Proceedings of 11 th. Ozone world congress Sanfrancisco. 1993.
- Edwards M, Benjamin MM. A mechanism study of ozone induced-particle destabilization. Journal of American water works association. 1991. pp. 96-105.
- Gordon G. Redox reactions and the analytical chemistry of chlorine dioxide and ozone. Chemical Oxidation. 1992. pp. 157-169.
- Nasseri S. Hezri M. Investigation of wastewater treatment in paper industry of paper in Khuzestan using coagulation and flocculation process. J. Iran Health, 1992; 23 (4): 71-87.
- Eaton AD, Clesceri LS, Rice, EW. Standard methods for the examination of water and wastewater, American Water Works Association (AWWA), Washington DC. 2012.
- Yusoff H, Sulaiman NM, Auoua MK. Ultrafiltration using gas sparging technique for treatment of natural rubber effluent. Malaysia J. Sci. 2004; 23:177-184.
- Berna JL, Morenoand A, Ferrer J. The behavior of LAS in the environment. Chemistry Technology Biotechnology. 1997; 5: 387-398.
- Ozkan O, Mihciokur H, Azgin ST, Ozdemir O. (2010) Characterisation of medical-waste sterilisation-plant wastewater and a preliminary study of coagulation-flocculation Treatment Options. Water Sci. Technol. 2010; 62 (2): 266-272.
- Rivas J, Prazeres AR, Carvalho F, Beltran F. Treatment of cheese whey wastewater: Combined coagulation-flocculation and aerobic biodegradation. J. Agric. Food Chem. 2010; 58 (13):7871-7877.