

## کارآیی فرآیند فنتون در حذف دترجنت و بهبود تصفیه پذیری بیولوژیکی پساب صنایع شوینده و پاک کننده

**سید علیرضا موسوی:** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

**دکتر امیر حسین محوی:** استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران  
نویسنده رابط: [ahmahvi@yahoo.com](mailto:ahmahvi@yahoo.com)

**دکتر علیرضا مصداقی نیا:** استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران  
**دکتر سیمین ناصری:** استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

دریافت: ۱۳۸۶/۷/۱۷ پذیرش: ۱۳۸۶/۱۲/۲۶

### چکیده

**زمینه و هدف:** تخلیه فاضلابهای صنایع شوینده و پاک کننده به محیط زیست بدلیل خصوصیات فیزیکی شیمیایی ویژه ای که دارند زیانهای جبران ناپذیری را بهمراه خواهد داشت از طرفی فاضلاب این صنایع از قدرت تصفیه پذیری بیولوژیکی پایین بعلت پایین بودن نسبت  $BOD_5/COD$  برخوردار است امروزه فرآیند اکسیداسیون پیشرفته یکی از کارآترین فرآیندهای بکار گرفته شده برای تصفیه این فاضلابها بشمار می رود. هدف از این تحقیق حذف دترجنت آنیونیک، حذف  $COD$  و افزایش نسبت  $BOD_5/COD$  این فاضلابها با استفاده از روش اکسیداسیون پیشرفته (فرآیند فنتون) می باشد.

**روش کار:** این تحقیق یک مطالعه تجربی- آزمایشگاهی می باشد. کارخانه پاکسان به عنوان محل نمونه برداری فاضلاب انتخاب و ۳۰ نمونه مرکب از پساب آن برداشت و از نظر پارامترهای فیزیکی شیمیایی ( $pH$ ,  $BOD_5$ ,  $MBAS$ ,  $COD$ ) مورد بررسی قرار گرفتند. اکسیداسیون در سیستم بسته در  $pH$  ثابت ۳ و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد در زمان ۶۰ دقیقه با پنج غلظت مختلف  $H_2O_2$  و سولفات آهن انجام گرفت، سپس برای آنالیز اثر  $H_2O_2$  و  $Fe^{+2}$  بر کارآیی حذف  $BOD_5$ ،  $MBAS$ ،  $COD$  از آزمون ANOVA یک طرفه استفاده گردید.

**نتایج:** نتایج نشان می دهد غلظت  $COD$  از ۶۲۵۶ تا ۱۳۰۴۰ میلی گرم در لیتر،  $BOD_5$  از ۲۴۵۹ تا ۳۲۰۰ میلی گرم در لیتر و غلظت  $MBAS$  در طول دوره مطالعه از ۲۴۵ میلیگرم در لیتر تا ۱۱۲۰ میلی گرم در لیتر متغیر و نسبت  $BOD_5 / COD$  برابر  $0.34 \pm 0.09$  می باشد. راندمان حذف  $MBAS$  با غلظت اولیه ۴۷۰ میلیگرم در لیتر در بالاترین غلظت  $H_2O_2$  برابر ۱۸۰۰ و یون فرو برابر ۳۴۰ میلی گرم در لیتر بیش از ۴۰ درصد در زمان ۶۰ دقیقه می باشد،  $COD$  از ۸۷۵۰ میلی گرم در لیتر به ۵۹۹۸ میلیگرم در لیتر کاهش داشت و نسبت  $BOD_5/COD$  در نمونه های واقعی از  $0.334$  به  $0.340$  بهبود یافت ( $p < 0.05$ ).

**نتیجه گیری:** فاضلاب این صنعت دارای مشخصات کیفی با دامنه تغییرات وسیع و بارآلی بالا می باشد و به علت داشتن غلظت بالای مواد کف کننده که نفوذ اکسیژن در فاضلاب را کاهش می دهند و وجود ترکیبات مقاوم به تجزیه بیولوژیکی، بطور مناسب بوسیله سیستم های متداول بیولوژیکی تصفیه نمی شوند لذا روش مناسب برای تصفیه این گونه فاضلابها باید علاوه بر کاهش بارآلی و افزایش نسبت  $BOD_5/COD$  مواد کفزا را نیز حذف نماید فرآیند اکسیداسیون پیشرفته یکی از کارآترین فرآیندها برای تصفیه این فاضلابها بشمار می رود.

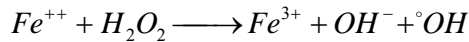
**واژگان کلیدی:** صنعت، دترجنت، اکسیداسیون پیشرفته، تصفیه بیولوژیکی

## مقدمه

وبهداشتی، صنایع نساجی و فرآیندهای شستشو صنایع مختلف می باشد (Papadopolos et al. 1997). در فاضلاب خام خانگی غلظت LAS بین ۱۵ تا ۱ میلی گرم در لیتر می رسد (Tchobanoglous et al. 2003). در صنایع پاک کننده بیشترین بار آلودگی ناشی از زمان شستشو دستگاهها و راکتورهای فرآیند تولید می باشد که در این حالت غلظت دترجنت در فاضلاب خام به چندین برابر شرایط معمول تولید می رسد (Papadopolos et al. 1997). در این صنایع به علت بکارگیری مواد با ساختار متفاوت و همچنین تولید انواع گوناگون محصولات یک کمپلکس کاملاً خاص از مواد شیمیایی و طبیعی را در فاضلاب می توان مشاهده کرد. بار آلی بالا و آلاینده های متفاوت، مسائل زیست محیطی خاصی مثل رشد آلگها، ایجاد کف، کاهش کارایی فرآیندهای تصفیه، مشکلات حمل و نقل و غیره را همراه دارد (Sanz et al. 2003; Madsen et al. 2001). تصفیه این فاضلابها بعلا وجود ترکیباتی با تجزیه پذیری پایین و یا غیر قابل تجزیه مشکل است لذا روشهای بیولوژیکی کارایی لازم برای تصفیه را نشان نمی دهند (Papadopolos et al. 1997). در این مطالعه کارخانه پاکسان با تولید ۳۰٪ از دترجنت کشور که یکی از بزرگترین صنایع تولید دترجنت در ایران می باشد انتخاب گردید (پاکسان ۱۳۸۴). دترجنتهای آنیونیک تصفیه پذیری بیولوژیکی پایینی دارند که علت آن قرار گرفتن آنها در دسته مواد مقاوم به تجزیه بیولوژیکی می باشد اصطلاح مواد مقاوم در برابر تجزیه بیولوژیکی به ترکیباتی اطلاق می شود که وقتی وارد محیطهای پذیرنده باز یا بخشهای ویژه نظیر تصفیه خانه فاضلاب می گردند سرعت جذب سلولی و یا تجزیه آنها در مقایسه با ترکیبات معمولی و طبیعی کمتر است (Bhair 2001). از علل مقاوم شدن ترکیبات آلی، استخلافی است که موجب بوجود آمدن کربن سوم یا چهارم می گردد نظیر ABS و دیگر دترجنتهایی که دارای مقاومت زیادی در برابر تجزیه بیولوژیکی هستند. گروه کربن چهارم از تأثیر آنزیمهای باکتریایی بر روی نقطه حساس جلوگیری می کند و

سورفاکتانتها یکی از بزرگترین ترکیبات استفاده شده در فرمولاسیون دترجنتها ی سنتتیک می باشند که بطور وسیعی در جهان دارای مصارف خانگی و کاربردهای صنعتی هستند (محو و همکاران ۱۳۸۴؛ Salanger 2002). آنها گروه بزرگی از ترکیبات آلی هستند که با داشتن دو قطب، یکی گروه آبدوست (زنجیره الکیل) و دیگری گروه آبگریز (سولفات سدیم) مشخص می شوند. سورفاکتانتها بر طبق طبیعت خاصی که دارند به چهار دسته آنیونیک، کاتیونیک، نانیونیک و آمفوتریک تقسیم می شوند (Madsen et al. 2001; Sawyer et al. 2003). ساخت اولین دترجنت سنتتیک، الکیل بنزن سولفونات Alkyl Benzene Sulfoanat (ABS) مصرف صابون به دلیل کارایی بالای ABS در پاک کنندگی، تولید رسوب و ایجاد لکه بر روی البسه رو به کاهش نهاد اما با کشف اثرات ابقایی ABS که ناشی از عدم تجزیه پذیری این ماده سنتتیک در محیط بود مصرف آن محدود گردید. تخلیه فاضلاب حاوی غلظت های بالای این ماده در محیط های آبی مشکلات و معضلات زیست محیطی متعددی را در بر داشت. لذا برای حل این مشکل دترجنت دیگری به نام الکیل بنزن سولفونات خطی (Linear Alkyl Benzene Sulfoanat) به بازار عرضه گردید که تحت شرایط هوای دارای قابلیت تجزیه پذیری بیولوژیکی بود (Mahvi et al. 2004). در حال حاضر LAS با بیش از ۱/۸ میلیون تن در سال بیشترین مصرف را در تولید دترجنت در جهان دارا می باشد (Sheng et al. 1999; Kolbener and Baumann 1995). از طرفی خود این ماده نیز به علت تولید کف و داشتن زنجیره های طولانی گروه آکیل و همچنین حلقه بنزنی قابلیت تجزیه پذیری بیولوژیکی سریعی را از خود نشان نمی دهد. منبع اصلی فاضلاب حاوی دترجنت شامل کارخانه های تولید مواد شوینده و پاک کننده، کارخانه های تولید مواد آرایشی

اکسیداسیون را انجام می دهند ( Harry 1998; Munter 2001).



پراکسید هیدروژن به تنهایی در فرآیندهای تصفیه آب وفاضلاب کاربرد دارد اما با توجه به اینکه بکار بردن آن به همراه یون فرو قدرت اکسید کنندگی پراکسید هیدروژن رابه جهت تولید رادیکال هیدروکسیل بیشترافزایش می دهد لذا غلظت هردو این اجزاء برای داشتن یک اکسیداسیون کارآ مهم می باشد. با افزایش غلظت آنها فرآیند اکسیداسیون پیشرفت بیشتری خواهد داشت اما باید به این مسئله توجه داشت که اگر نسبت مناسبی بین غلظت آلاینده ها و اکسیدان بکار گرفته نشود باعث مصرف غلظت اضافی از اکسیدان می شود که علاوه بر بالا رفتن هزینه های تصفیه، اضافی اکسیدان نیز می توان بعنوان یک آلاینده وارد محیط گردد. به همین دلیل ضروری است قبل از استفاده از روشهای مختلف تصفیه بخصوص فرآیند های شیمیایی ابتدا در مقیاس آزمایشگاهی نسبتهای بهینه از اکسیدان به آلاینده خاص و یا بار آلی بدست آید. تا بتوان تصفیه ای مناسب با حد اقل استفاده از مواد شیمیایی داشته باشیم (Marco et al. 1997). لذا در این مطالعه تلاش شد کارآبی روش اکسیداسیون پیشرفته با کاربرد فرآیند فنتون در حذف دترجنت آنیونیک، حذف COD و افزایش نسبت BOD<sub>5</sub>/COD در پساب صنایع شوینده و پاک کننده مورد بررسی قرار گیرد.

## روش کار

پژوهش از نوع مطالعات تجربی- آزمایشگاهی می باشد که بصورت فیلدی و در مقیاس آزمایشگاهی در دو مرحله به شرح زیر انجام گرفت.

۱- بررسی کیفی پساب: در این تحقیق طی یک دوره پنج ماهه ازپساب صنعتی کارخانه پاکسان نمونه برداری انجام گرفت. در طول دوره مطالعه تعداد ۷۲۰ نمونه ساده بصورت ساعتی، جمعا ۳۰" نمونه مرکب برداشت گردید. نمونه ها تحت شرایط

به همین دلیل تجزیه صورت نمی گیرد ( Droste et al. 1998). دترجنتها را از نظر قابلیت تجزیه بیولوژیکی به دو دسته تقسیم می کنند. دترجنتهای نرم مثل آلکیل سولفاتها، استرها و آمیدها که دراثرتصفیه بیولوژیکی فاضلاب تجزیه شده و ایجاد اشکال نمی کنند و دیگری دترجنتهای سخت مثل آلکیل بنزن سولفونات شاخه ای ABS، آلکیل فتوکسی پلی اتیلن گلیکول جزء این دسته قرار می گیرند ( EPA 2005). آلکیل بنزن سولفونات شاخه ای بعلت داشتن شاخه های جانبی گروه متیل وهمچنین کربن نوع سوم قابلیت تجزیه بیولوژیکی بسیار پایینی دارد. لذا با روشهای متداول تصفیه بطور کامل حذف نمی شوندو با ورود به آبهای پذیرنده مشکلات خاص زیست محیطی را از جمله مسمومیت آبزیان، آلودگی آبهای زیر زمینی و ایجاد کف بوجود می آورند ( EPA 2005 ; حسینی و همکاران ۱۳۸۰). لذا روشهای انتخابی برای تصفیه این گونه فاضلابها باید بصورتی باشد که علاوه بر کاهش بار آلودگی، مواد کفزا را نیز حذف نمایند بنابراین روشهای پیش تصفیه فاضلاب سورفاکتانتها با توجه به تصفیه پذیری بیولوژیکی پایین آنها مورد نیاز می باشد (Schroder et al. 2001). دردهه های گذشته ازناسیون و دیگر روشهای اکسیداسیون، فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته بعنوان پیش تصفیه بر روی سورفاکتانتها مقاوم مورد بررسی قرار گرفته اند این تحقیقات نشان می دهند که تجزیه پذیری سورفاکتانتها مقاوم بوسیله تصفیه با ازناسیون وروشهای فتوشیمیایی افزایش می یابد استفاده از ازناسیون وروشهای فتوشیمیایی برای بهبود تصفیه پذیری بیولوژیکی سورفاکتانتها یک روش پر هزینه است اما یک گزینه دیگر ازروشهای اکسیداسیون پیشرفته که کارآ تر و هزینه پایینی دارد فرآیند اکسیداسیون با فنتون است (Farrokhi et al. 2004; Sheng et al. 1999). در این فرآیند پراکسید هیدروژن H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> و سولفات آهن (FeSO<sub>4</sub>) بعنوان کاتالیست با تولید یک عامل اکسیداسیون قوی (رادیکال هیدروکسیل) مطابق واکنش زیر عمل

$$H_2O_2(mg/L) = 600, 900, 1200, 1500, 1800$$

$$Fe^{2+}(mg/L) = 100, 160, 220, 280, 340$$

و سپس تاثیر غلظت های مختلف اکسیدان در زمانهای مورد نظر بر روی نمونه ها مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه زمان در انجام فرآیندهای شیمیایی از دو جهت اهمیت دارد یکی اینکه کاهش زمان می تواند افزایش مصرف مواد شیمیایی را به همراه داشته باشد و دیگر اینکه اهداف تصفیه را بدست ندهد و یا اینکه افزایش زمان اکسیداسیون افزایش هزینه ساخت تاسیسات را به همراه داشته باشد لذا ضروری است در چنین فرآیندهایی زمان بهینه واکنش که می تواند مارا به اهداف تصفیه نزدیک کند مشخص گردد به همین جهت بر طبق مطالعات سنوات قبل زمان اکسیداسیون ۶۰ دقیقه برای این پژوهش مد نظر قرار گرفت. نمونه های فاضلاب خام برای اکسیداسیون در فرآیند فنتون از کانال ورودی تصفیه خانه پاکسان و با روش نمونه برداری مرکب زمانی (۲۴ ساعته) برداشت و با روشهای مناسب حفاظت به آزمایشگاه منتقل شدند. ابتدا پارامترهای کیفی فاضلاب خام مثل COD, BOD, MBAS, T, pH اندازه گیری شد سپس یک لیتر از فاضلاب به داخل ظروف مناسب ریخته شد و pH نمونه ها توسط pH متر اندازه گیری و با اسید سولفوریک یک نرمال روی ۳ تنظیم گردید و مقدار مورد نظر  $Fe^{2+}$  به صورت سولفات فرو ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ) به محلول اضافه شد و زیردستگاه جار در ۲۰۰ دور در دقیقه قرار داده شدند سپس مقدار مناسب از پراکسید هیدروژن ۳۵٪ به نمونه اضافه و در زمان ۶۰ دقیقه اکسیداسیون انجام می گرفت، بعد نمونه ها را برداشته و با استفاده از سود یک نرمال اقدام به خنثی سازی نمونه ها در pH (۸ - ۷) گردید و با توجه به روشهای استاندارد اقدام به اندازه گیری COD, MBAS و BOD گردید. سپس برای آنالیز آماری داده های بدست آمده از نرم افزار Excel و SPSS استفاده شد و برای آنالیز اثر  $H_2O_2$  و  $Fe^{+2}$  بر کارایی حذف COD, MBAS و BOD از آزمون ANOVA یک طرفه استفاده گردید. در

مناسب به آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه تهران انتقال و از نظر پارامترهای فیزیکوشیمیایی از جمله pH، دما، COD، BOD<sub>5</sub> (روش تقطیر برگشتی - رفلکس باز) و غلظت دترجنت آنیونیک به روش استاندارد (MBAS) Metilen blue active substanses با استفاده از اسپکترو فتومتر مدل (PerkinElmer LAMBDA25) طبق کتاب روشهای استاندارد آزمایشات آب و فاضلاب چاپ ۱۹۹۸ مورد بررسی قرار گرفتند (APHA 1998). در ضمن آزمایش هر نمونه سه بار تکرار گردید که با توجه به این شرایط ۹۰ مرتبه آزمایش COD، ۹۰ مرتبه آزمایش BOD و ۹۰ مرتبه آزمایش MBAS انجام گرفت جهت اندازه گیری غلظت دترجنت آنیونیک به روش استاندارد MBAS ابتدا منحنی کالیبراسیون تهیه گردید. به این منظور نمونه هایی با غلظتهایی در محدوده ۰/۲-۰ میلی گرم در لیتر از محلول استاندارد LAS محصولی از شرکت آکروس (Acros) آمریکا تهیه گردید سپس جذب نور آنها در طول موج ۶۵۲ نانومتر اندازه گیری شد و منحنی کالیبراسیون مطابق شکل ۱ رسم گردید.

۲- اکسیداسیون نمونه های پساب با فرآیند فنتون: کارایی فرآیند تابع عوامل مختلفی از جمله pH، دما، غلظت پراکسید هیدروژن، غلظت آهن و زمان واکنش می باشد. با توجه به اینکه در اکثر مطالعات بهترین pH برای بکارگیری فرآیند محدوده ۵-۲ اعلام شده است و در اکثر موارد از pH برابر با ۳ استفاده شده است لذا در این مطالعه نیز این pH برای تمام نمونه ها استفاده شد. دمای محیط آزمایشگاه ۲۵ درجه سانتیگراد بعنوان دمای آزمایش مد نظر قرار گرفت با توجه به مطالعات انجام گرفته در پژوهشهای قبلی و همچنین با استفاده از یک آزمون دامنه یابی در نسبت های  $\frac{H_2O_2}{LAS}$  برابر (۸۰، ۶۰، ۴۰، ۲۰، ۱۵، ۱۰، ۸، ۴، ۲، ۱، ۰/۵) غلظتهای مناسب از پراکسید هیدروژن و یون فرو برای انجام مطالعه به شرح ذیل انتخاب گردید.

۲- اکسیداسیون نمونه‌های پساب: جهت بررسی کارآیی فرآیند فنتون بر روی نمونه واقعی پساب که از کارخانه پاکسان تهیه گردید ابتدا غلظت اولیه پارامترهای MBAS، COD و BOD<sub>5</sub> پساب اندازه گیری شد که به ترتیب برابر با ۷۰، ۸۷۵۰ و ۲۹۲۴ میلی گرم در لیتر گزارش شدند، در ضمن نسبت BOD<sub>5</sub> به COD با توجه به غلظت اولیه آنها در پساب برابر ۰/۳۳۴ گزارش گردید. سپس نمونه ها در pH برابر ۳ و دمای حدود ۲۵ درجه تحت فرآیند فنتون اکسید شدند که راندمان حذف MBAS با غلظت اولیه ۷۰ میلیگرم در لیتر مطابق شکل ۲ در بالاترین غلظت H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> برابر ۱۸۰۰ و یون فرو برابر ۳۴۰ میلی گرم در لیتر بیش از ۴۰٪ در زمان ۶۰ دقیقه بود براساس شکل ۳ طی فرآیند اکسیداسیون COD از ۸۷۵۰ به ۵۹۹۸ میلی گرم در لیتر و براساس شکل ۴ طی فرآیند اکسیداسیون BOD<sub>5</sub> از ۲۹۲۲ به ۲۰۳۹ کاهش داشت و نسبت BOD<sub>5</sub>/COD در نمونه ها مطابق شکل ۵ از ۰/۳۳۴ به ۰/۳۴۰ بهبود یافت. اندازه گیری pH بعد از واکنش نشان می دهد که pH بعلت تولید مواد حد واسط اسیدی از ۳ به ۲/۶ کاهش می یابد که می توان برای کنترل فرآیند مورد بررسی قرار گیرد.

### بحث

در این کارخانه انواع محصولات با ساختارهای متفاوت فیزیکی شیمیایی تولید می شود لذا فاضلاب تولیدی نیز مطابق نتایج آزمایشات انجام گرفته از نظر کیفی تغییرات وسیعی را شامل می شود. این نتایج نشان می دهد بار آلی COD بالا و با توجه به واحدهای فعال در کارخانه از ۶۲۵۶ تا ۱۳۰۴۰ متغیر است، همچنین غلظت دترجنتهای با خاصیت کف کنندگی و تجزیه پذیری بیولوژیکی کم در فاضلاب بالاست، علاوه بر آن دما در محدوده ۲۰ تا ۶۵ درجه سانتیگراد و pH با دامنه تغییرات ۵/۴ تا ۱۴ بعلت تغییرات وسیع می توانند بعنوان عوامل باز دارنده در تصفیه بیولوژیکی عمل نمایند، هرچند طی فرآیند اکسیداسیون ۴۰٪ از غلظت دترجنت و

ضمن با توجه به اینکه در طی این آزمایشات عوامل مداخله کننده همچون H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> در اندازه گیری COD تداخل می نمود و مقدار آن را بیشتر از مقدار واقعی نشان می داد (هر میلی گرم در لیتر H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> برابر ۰/۲۷ میلی گرم در لیتر COD) لذا به روشهای مختلف قبل از اندازه گیری پارامترهای شیمیایی اقدام به حذف H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> باقی مانده گردید pH نمونه ها در محدوده قلیایی ۸-۷ تنظیم گردید که باعث هیدرولیز پراکسید به آب و اکسیژن شد همچنین نمونه ها با در پوش مناسب در دمای ۶۰ درجه بمنظور حذف باقی مانده H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> قرار داده شدند.

### نتایج

۱- بررسی کیفی پساب : مطابق جدول ۱ نتایج آنالیز ۳۰ نمونه مرکب ۲۴ ساعته نشان می دهد که فاضلاب صنعتی این کارخانه از نظر مقدار پارامترهای کیفی گستره تغییرات وسیعی را شامل می شود که به نوع واحدهای تولیدی فعال در کارخانه بر می گردد دمای فاضلاب ۱۲/۳۱±۰/۸۶ و pH آن ۲/۹۶±۰/۵۶ بود این در حالی است که اگر واحد تولید صابون و یا واحدهای تولیدی دارای pH و دمای بالا فعال بوده و تولید پساب نمایند pH به حدود ۱۴ و دما به حدود ۶۵ درجه سانتیگراد می رسد. غلظت COD، BOD<sub>5</sub> و MBAS نیز با توجه به نوع تولیدات کارخانه دامنه تغییرات وسیعی را نشان می دهد بطوری که گستره غلظت COD از ۶۲۵۶ تا ۱۳۰۴۰ میلیگرم در لیتر و غلظت BOD<sub>5</sub> از ۲۴۵۹ تا ۳۲۰۰ میلیگرم در لیتر در فاضلاب این کارخانه متغیر می باشد در این بررسی غلظت MBAS در طول دوره مطالعه از ۲۴۵ میلیگرم در لیتر تا ۱۱۲۰ میلیگرم در لیتر متغیر بود. بطور کلی میانگین نسبت BOD<sub>5</sub>/COD بدست آمده از ۳۰ نمونه مرکب ۲۴ ساعته ۰/۳۴ می باشد این در حالی است که گستره تغییرات آن در طول دوره مطالعه از ۰/۱۸۷ تا ۰/۴۶ می باشد.

شیمیایی و فتولیتیک (UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) مورد بررسی قرار دادند، نتایج آزمایش نشان داد که بهترین کارایی حذف در نسبت مولی H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/LAS برابر ۵۰ می‌باشد اما در نسبت مولی ۱۵ و pH برابر ۳ تقریباً ۹۰٪ از LAS حذف گردید. در مطالعه آقای شنگ اچ لین (Sheng H.Lin) و همکاران برای حذف دترجنتهای آنیونی در غلظت (۱۰ mg/l) در شرایط بهینه اکسیداسیون (Fe<sup>2+</sup> = ۶۰ و H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = ۹۰ و pH = ۳) میزان حذف LAS و ABS برابر با ۹۵٪ بود. در مطالعه فرخی و همکاران در یک سیستم بسته که در بهینه غلظت فنتون (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = ۱/۸ mM و Fe<sup>2+</sup> = ۶ mM) و pH مناسب ۳ در زمان ۱۰ دقیقه ۹۹٪ از کلرو فنل تجزیه شد. در این حالت میزان کاهش COD نیز بهبود یافته و به ۷۰٪ رسید. دلیل تفاوت‌های موجود بین نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر با تحقیقات مشابه صورت گرفته مربوط به نوع فاضلاب انتخاب شده، مدت زمان اکسیداسیون، غلظت آب اکسیژنه و سولفات آهن مصرفی می‌باشد. این فاضلاب به علت داشتن غلظت بالایی از مواد کف ساز که نفوذ اکسیژن در فاضلاب را کاهش می‌دهد و همچنین وجود ترکیبات مقاوم به تجزیه بیولوژیکی که بطور مناسبی تصفیه نمی‌شوند عملاً باعث عدم کارایی سیستم‌های تصفیه بیولوژیکی و متعاقباً باعث مخاطرات زیست محیطی می‌شوند. لذا پیشنهاد می‌گردد با بکارگیری روشهای پیش تصفیه و تصفیه تلفیقی، بار آلی فاضلاب کارخانه پاکسان را کاهش و آن را برای ورود به فرآیندهای بیولوژیکی آماده سازیم. لذا در این مطالعه با بکارگیری فرآیند فنتون در پی رفع این مشکل می‌باشیم.

### نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد فاضلاب این صنعت دارای مشخصات کیفی با دامنه تغییرات وسیع و بارآلی بالایی باشد. لذا جهت تصفیه بیولوژیکی فاضلاب کارخانه پاکسان و دیگر صنایع مشابه که دارای واحدهای تولیدی گوناگونی هستند مدیریت و ممیزی فاضلاب از اهمیت

بیش از ۳۰٪ از بار آلی COD کاهش یافت ارتباط بین غلظت و کارایی حذف در چهار غلظت مختلف پراکسید هیدروژن معنی دار است ( $p < 0.05$ ). اما تغییر چشمگیری در نسبت BOD<sub>5</sub>/COD بوجود نیامد که دلیل آن شاید حذف مقداری از مواد قابل تجزیه پذیر بیولوژیکی در فرآیند اکسیداسیون باشد. این نتایج همچنین در مطالعات مشابه به اثبات رسیده است. مطالعه آ-پا دو پولوس نشان می‌دهد فاضلاب این صنایع دارای دامنه تغییرات PH از ۲/۷ تا ۱۱/۶ و نسبت BOD<sub>5</sub>/COD پایین در حدود ۰/۱ می‌باشد لذا سیستمهای بیولوژیکی کارایی مناسبی را در تصفیه این گونه فاضلابها از خود نشان نمی‌دهند. در مطالعه محوی و همکاران پارامترهای شیمیایی فاضلاب این صنایع مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن pH حدود ۱۱ و میانگین غلظت COD و MBAS به ترتیب برابر با ۴۵۰ mg/l و ۴۳۰ mg/l را نشان می‌داد (Mahvi et al. 2004). باتوجه به این نتایج روشهای تصفیه متداول کارایی چندانی در تصفیه پساب این صنایع نشان نمی‌دهند. لذا پیشنهاد می‌گردد در مواردی که نسبت BOD<sub>5</sub>/COD مناسب نیست با استفاده از روش تصفیه مشترک فاضلاب صنعتی و فاضلاب خانگی این نسبت را اصلاح نموده و یا با بکارگیری روشهای پیش تصفیه و تصفیه تلفیقی، بار آلی فاضلاب را کاهش و آن را برای ورود به فرآیندهای بیولوژیکی آماده سازیم. بر همین اساس در مطالعات از روشهای مختلف مثل فرآیند انعقاد، ستون جذب، ازن زنی، UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> و فرآیند فنتون برای حذف ویا کاهش دترجنتهای مختلف مثل دترجنتهای آنیونی LAS و ABS استفاده شده است در تحقیقاتی که آقای برگن دال (Bergen Dahl) روی کارائی فرآیند فنتون برای کاهش COD فاضلاب صنعتی انجام داد این فرآیند توانایی کاهش بیش از ۹۶٪ COD را داشت (Bergendahl 2004). جی- سانز و همکارانش تصفیه محلول سنتیک LAS با غلظت ۲۵۰۰ میلی گرم در لیتر را بوسیله اکسیداسیون

۳- به جهت کاهش بیشتر دترجنت آنیونی و بار آلی می توان از یک سیستم فنتون دو مرحله ای استفاده کرد که در این روش بعد از فرآیند فنتون یک مرحله انعقاد بکار گرفته می شود.

۴- در صورت عدم دستیابی به استانداردهای خروجی می توان از این فرآیند برای تصفیه نهایی پساب تصفیه خانه استفاده کرد.

### تشکر و قدردانی

مراتب تشکر خود را از کلیه اساتید و پرسنل آزمایشگاه شیمی گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران و مدیریت کارخانه پاکسان اعلام می دارد که بدون همکاری آنها انجام این تحقیق امکان پذیر نبود.

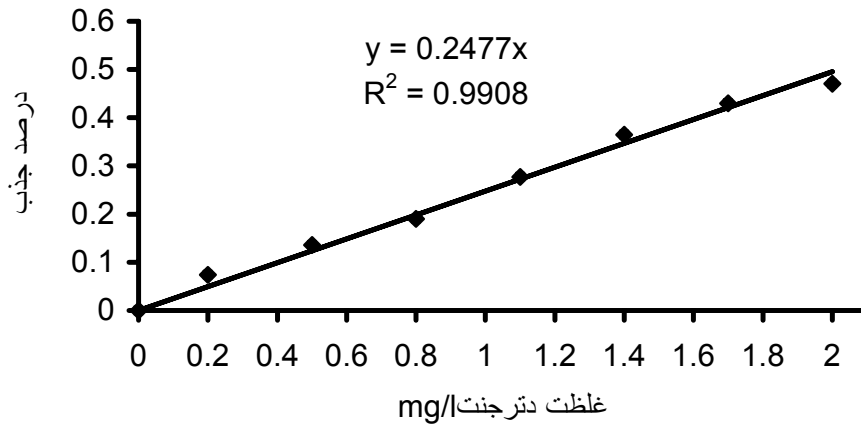
ویژه ای بر خوردار است که با کاهش در مبداء و پیش تصفیه جداگانه فاضلاب واحد تولید پودر شوینده و واحدهایی که مواد غیر قابل تجزیه و کف ساز تولید می نمایند می توان نسبت  $BOD_5/COD$  را بهبود بخشید و مشکلات تصفیه بیولوژیکی این فاضلابها را بطور چشمگیری کاهش داد. در این مطالعه کارآبی فرآیند فنتون در حذف دترجنتهای آنیونیک، کاهش  $COD$  و بهبود تجزیه پذیری بیولوژیکی نمونه ها مورد بررسی قرار گرفت که نتایج مناسبی را نشان داد.

پیشنهادات:

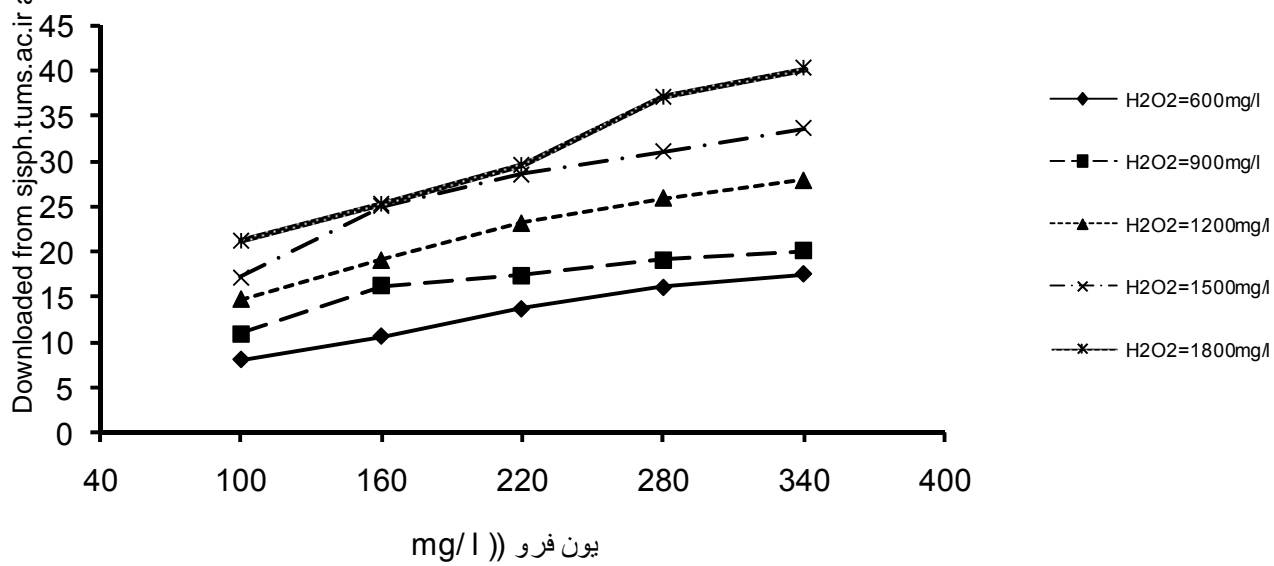
- ۱- حمایت از صنایع تولید کننده دترجنتهای نرم و تشویق صنایع به استفاده از دترجنتهای نرم در چرخه تولید
- ۲- استفاده از سولفات آهن در این مقدار توجیه اقتصادی ندارد لذا بازیابی سولفات آهن در این سیستم ضروری است.

جدول ۱ - محدوده غلظت، میانگین و انحراف معیار پارامترهای کیفی پساب

پارامترها	گستره تغییرات غلظت	واحد	تعداد نمونه	تعداد آزمایشات	Mean $\pm$ SD
MBAS	۱۱۷۱-۲۳۰	mg/l	۳۰	۱۲۰	۵۵۷/۸ $\pm$ ۳۲۹/۴
COD	۱۳۰۴۰-۶۲۵۶	mg/l	۳۰	۹۰	۸۷۹۵ $\pm$ ۲۳۱۷
$BOD_5$	۳۲۰۰-۲۵۹۰	mg/l	۳۰	۹۰	۲۸۲۱ $\pm$ ۳۱۲
$BOD_5 / COD$	۰/۱۸-۰/۴۶	-	۳۰	۹۰	۰/۳۴ $\pm$ ۰/۰۹
T	۶۵-۲۰	C°	۳۰	۷۲۰	۴۰/۸۶ $\pm$ ۱۲/۳۱
pH	۵/۴-۱۴	-	۳۰	۷۲۰	۱۰/۵۶ $\pm$ ۲/۹۶

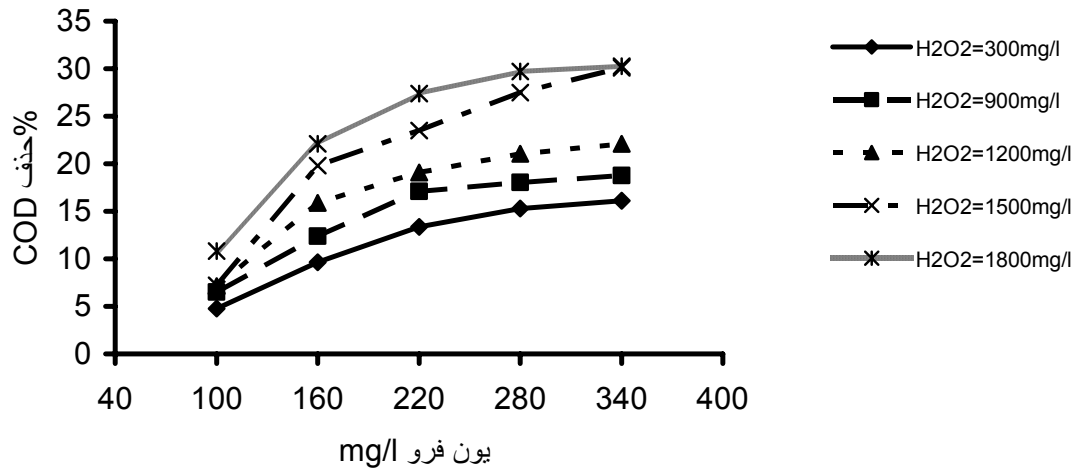


نمودار ۱- منحنی کالیبراسیون جهت اندازه گیری غلظت دترجنت آنیونیک (MBAS) در نمونه های مجهول  $\lambda_{max}(nm) = 652$

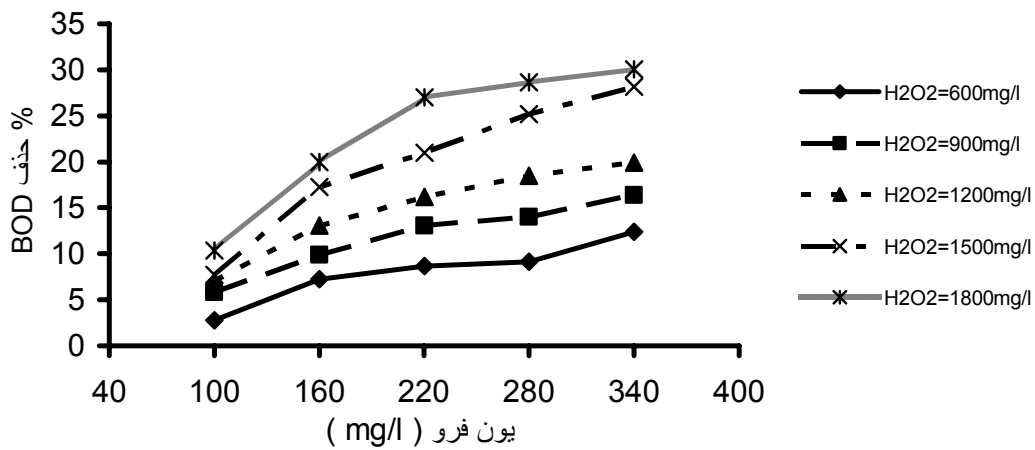


نمودار ۲- راندمان حذف MBAS پساب کارخانه پاکسان با فرآیند فنتون در زمان ۶۰ دقیقه

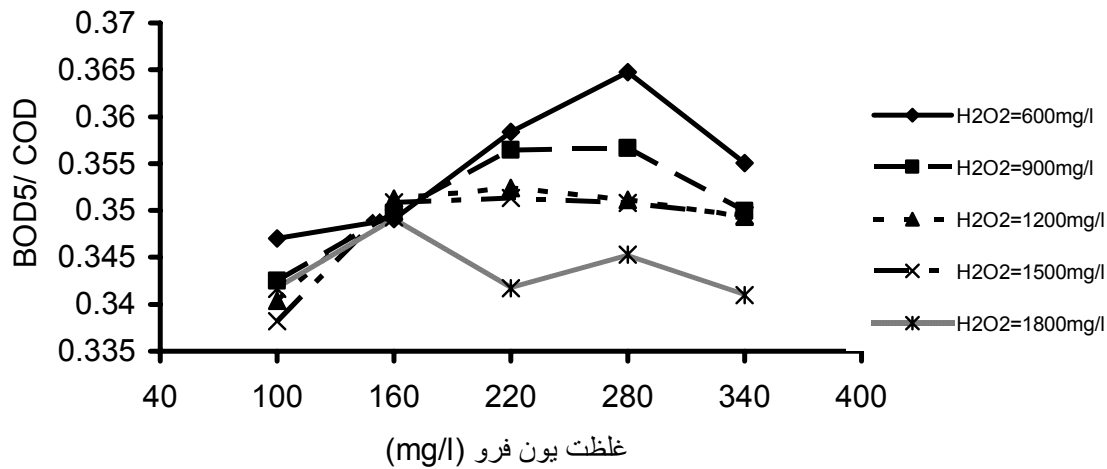




نمودار ۳- راندمان حذف COD پساب کارخانه پاکسان با فرآیند فنتون در زمان ۶۰ دقیقه



نمودار ۴- راندمان حذف BOD<sub>5</sub> پساب کارخانه پاکسان با فرآیند فنتون در زمان ۶۰ دقیقه



نمودار ۵- راندمان بهبود  $\frac{BOD_5}{COD}$  پس از کارخانه پاکسان با فرآیند فنتون در زمان ۶۰ دقیقه

## منابع

- مجوی، ا.م.، هنری، ح.ر. و موسوی، ع.، ۱۳۸۴. مخاطرات زیست محیطی ناشی از صنایع شوینده و پاک کننده در ایران. فصلنامه پژوهشی دانشکده بهداشت یزد (طلوع بهداشت)، سال چهارم، شماره اول، صفحه ۵۷۰-۵۰.
- حسینی، م.، زینالی دانالو، ن. و میرعلی، ا.، ۱۳۸۰. شوینده ها و محیط زیست. تهران، پژوهشکده توسعه صنایع شیمیایی ایران.
- پاکسان، ۱۳۸۴. وضعیت تولیدات؛ تاریخ دریافت Available from: <http://www.Paksan.com>. [cited 2004 Mar 23]
- APHA, AWWA, WPCF., 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association/American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Washington DC, USA; 20<sup>th</sup>ed, 4, pp.103
- Bergendahl, J., 2004. Application of Advanced oxidation for waste treatment. Drpt. Of civil and Environmental Engineering, WPI. 2004.
- Bhair, S.M., 2001. Detergents, a guide to the properties and uses of detergents in biological systems. copyright up dated by calbiochem- Novabiochem corporation.
- Droste, R.L.K., Kennedy, J., Lu. M., 1998. Removal of chlorinated phenol in UP Flow anaerobic sludge blanket reactors, *Wat, Sci, tech*, **38**(8-9), pp. 359, 368.
- EPA ., 2005. Detergents. Available from: <http://www.epa.nsw.gov.au/small-business/car-yardsdetergents.htm>. [cited 2007 Sep 28]
- Farrokhi, .M., Mesdaghinia, .A. and Nasser, S., 2004. Characteristics of Fenton's oxidation of 2,4,6 Trichlorophenol. *Iranian J Env Health Sci Eng*, **1**(1), pp. 12 – 18.
- Harry, M., 1998. Freeman, Standard handbook of Hazardous waste treatment and disposal, Second Edition, *Mc Graw Hill*, New York, pp. 7 – 54.
- Kolbener, P., Baumann, U., 1995. Linear Alkyl benzene sulfonate (LAS) Surfactant in a Simple to Detect Refractory Organic Carbon (ROC). *J. Environmental Toxicology and Chemistry*, **14**(4), pp.571-577.
- Madsen, T., Boyd, H., Nylen, D., Pedersen, A. and Simonsen, F., 2001. Environmental

- Surfactants, *Waste manage*, **12**(19), pp.125 – 131.
- Sheng, H., Chi, M. and Horng, G., 1999. Operating characteristics and kinetic studies of surfactant wastewater treatment by Fenton oxidation. Elsevier Science, *Wat. Res.* **33**(7), pp.1735-1741.
- Sheng, H., Lin, C.H. and Lin, M., 1999. Operating characteristics and kinetic studies of surfactant wastewater treatment by fenton oxidation, *Wat. Res.* **33**(7), pp. 1735 – 1741.
- Tchobanoglous, G., Burrton, F. and Stensel H.D., 2003. METCALF and EDDY. Wastewater engineering Treatment and Reuse. MC Graw Hill, New York, Forth Edition, pp. 98-99.  
Available from: <http://www.epa.sa.gov.au/pdfs/soaps-detergentspdf>. (EPA, South Australia, the Disposal of Soaps and Detergents. EPA 547/04 – [ cited 2007 Apr 28]
- and Health assessment of Substances in Household Detergents and Cosmetic Detergent products, Environmental proj Danish, *EPA*, **615**, pp. 28-35.
- Mahvi, A.H. and Maleki, A., 2004. Removal of Anionic Surfactants in Detergent Wastewater by Chemical Coagulation. *Pakistan Journal of Biological Sciences*; **7**(12), pp. 2222-2226.
- Mahvi, A.H., Vaezi, F. and Alavi, N., 2004. Evaluating GAC for detergent Removal from the Secondary Effluent of Ghods Wastewater Treatment Plant. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **7**(12), pp. 2121-2124.
- Marco, A., Splugus, E. and Saum, G., 1997. How and why combined chemical and biological processes for waste water treatment, *wat, Sci, tech*, **35**(4), pp. 321 – 327.
- Munter, R., 2001. Advanced oxidation processes – current status and prospects, Department of chemistry Engineering, Tallinn ,prco. *Estonian Acad. Sci. chem*, **5082**, pp.59-80.
- Papadopoulos, A., Savvides, C., Loizidis, Haralambous, M. and Loizidou, K.J., 1997. An assessment of the quality and treatment of detergent wastewater. Elsevier Science. *Wat. Sci. Tech.* **36**, pp.2-3, pp. 337-381.
- Salager, J., 2002. Surfactant's types and uses. Fire p booket-E300- attaching aid in surfactant Science and engineering in English .Merida-Venezuela ,Version, **2**, pp. 3.
- Sanz, J., Lombrana, I. and deluis, A., 2003. Ultraviolet-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oxidation of surfactant. Springer-verlag 2003, *J Environ Chem Lett*; **1**, pp. 32-37.
- Sawyer, C., McCarty, P. and Parkin, G.F., 2003. Chemistry for Environmental Engineering and Since. fifth edition, *MC grow-Hill*, pp.252-254.
- Schroder, F.R. and Schmitt, M.U., 2001. The Effects of wastewater treatment on Ellimino tion of anionic surfactants,