**علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره شانزدهم، شماره ویژه ۹۳**

# بررسی کارائی فرآیند فنتون در حذف دترجنت آنیونی ستیل تری متیل آمونیوم بروماید(C-TAB) از محلول های آبی

**محمدرضا سمرقندی**[۱]

**منصور ضرابی***[۲]

Mansor62@gmail.com

**تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۱۸** **تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۲۸**

**چکیده**

فاضلاب های شهری و صنعتی یکی از عمده ترین منابع آلوده کننده آب های سطحی و زیرزمینی می باشند. استفاده از دترجنت ها در مصارف خانگی و صنعتی باعث افزایش غلظت این مواد در فاضلاب های شهری و صنعتی شده است. دترجنت ها مولکول های آلی بزرگی هستند که به مقدار کمی در آب محلول بوده و اغلب سمیت بالایی دارند و با ایجاد کف و کاهش انتقال اکسیژن به آب باعث ایجاد مشکلات بهره برداری در تصفیه خانه های فاضلاب می شوند.

جهت حذف دترجنت ها از روش های مختلفی از جمله انعقاد و لخته سازی، اسمز معکوس، اکسیداسیون توسط ازن و فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته استفاده می شود. در این تحقیق امکان حذف دترجنت ستیل تری متیل آمونیوم بروماید(C-TAB) از محلول سنتیتیک با استفاده از فرآیند فنتون به عنوان روش موثر و آسان مورد مطالعه قرار گرفت و نمونه مورد نظر با غلظت ۰/۲ mg/L ساخته شد. آزمایشات به طور مجزا با در تماس قرار دادن ۱۰۰ میلی لیتر از محلول سنتیتیک در۴ =pH و ۴ دامنه غلظت یون فرو(۵،۱۰، ۱۵و۲۰ میلی گرم در لیتر) و ۴ دامنه غلظت پراکسید هیدروژن(۴۰،۳۰،۲۰و۵۰ میلی لیتر در لیتر) در سیستم ناپیوسته در زمان تماس ۲۰،۴۰ و ۶۰ دقیقه انجام پذیرفت. نتایج حاصل از این تحقیق مشخص کرد که در سیستم ناپیوسته در pH اسیدی(pH=۴ ) با افزایش زمان ماند، افزایش غلظت یون فرو و افزایش غلظت پراکسید هیدروژن، کارایی حذف دترجنت افزایش یافت، به طوری که در pH=۴ و زمان ماند ۶۰ دقیقه و غلظت ۲۰mg/Lاز یون فرو، با افزایش غلظت پر اکسید هیدروژن از mg/L 20 به mg/L50 کارایی حذف دترجنت آنیونی، از ۵۴/۵ درصد به ۸۹/۵ درصد رسید. در مجموع با توجه به سهولت روش و کارایی مناسب این سیستم، استفاده از این روش جهت حذف دترجنت ها از فاضلاب های شهری و صنعتی توصیه می شود.

**واژه های کلیدی:** دترجنت آنیونی، فنتون، اکسیداسیون شیمیایی، سیستم ناپیوسته، آب اکسیژنه.

۱- استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، ایران.

۲- دانشکده بهداشت، کمیته تحقیقات دانشجوئی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران *(مسوول مکاتبات).

**مقدمه**

فاضلاب های شهری یکی از عمده ترین منابع آلوده کننده آب های پذیرنده در بیشتر کشورهای در حال توسعه در دنیا می باشند. استفاده از دترجنت ها در مصارف خانگی و صنعتی باعث افزایش این مواد در فاضلاب های شهری و صنعتی شده است(۱و۲). سورفاکتانت ها یا عوامل فعال کننده سطحی، مولکول های آلی بزرگی هستند که به مقدار کمی در آب محلول بوده و باعث ایجاد کف در تصفیه خانه های فاضلاب و آب های پذیرنده می شوند(۳). هم چنین بسیاری از سورفاکتانت ها قابلیت تجزیه پذیری بیولوژیکی نسبتا پایین و اغلب سمیت بالایی دارند (۱و۴). بیش ترین نگرانی در مورد سورفاکتانت ها کاهش کشش سطحی آب و متعاقب آن کاهش انتقال اکسیژن به آب می باشد(۴و۵). طبقه بندی کلی عناصر فعال کننده سطحی که مبتنی بر طبیعت گروه هیدروفیلیکی است عبارتند از: سورفاکتانت های آنیونی[1]، سورفاکتانت های کاتیونی[2]، سورفاکتانت های آمفوتریک[3]، سورفاکتانت های غیر یونی[4]، سورفاکتانت های ویژه[5] (سورفاکتانت های فلوروکربنی و سیکلونی) و سورفاکتانت های پلیمری[6](۶). تاکنون جهت حذف دترجنت ها از فاضلاب روش های مختلفی از جمله فرآیندهای انعقاد و لخته سازی، شناورسازی، اسمز معکوس و تجزیه به کمک اشعه فراء بنفش مورد بررسی قرار گرفته است(۶،۷و۸). در دهه های گذشته نیز فرآیند اکسیداسیون توسط ازن و فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته توسط محققان زیادی برای پیش تصفیه سورفاکتانت های مقاوم مورد بررسی قرار گرفته است. این فرآیندها اغلب فرآیندهای نسبتا گرانی می باشند. روشی که بتواند سورفاکتانت ها را به طور موثر حذف کرده و در عین حال ارزان هم باشد، بسیار مطلوب است(۱و۹). به نظر می رسد فرآیندی که بتواند حایز شرایط فوق باشد فرآیند فنتون است (۱،۴و۹). آقای شنگ و همکاران (Seng et al.) از فرآیند فنتون جهت حذف سورفاکتانت ها استفاده کرده اند که راندمان حذف در این کاربرد بیش از ۷۵ درصد بود(۱). هم چنین آقای جان و همکاران(Jan et al.) جهت تصفیه فاضلاب های حاوی دترجنت با غلظت بالا از فرآیند فنتون استفاده کرده اند که راندمان حذف، ۹۷-۶۵ درصد بوده است(۴). فرآیند فنتون عبارتست از واکنش بین پراکسید هیدروژن و یون فرو که منجر به تولید حد واسط های فعال مثل رادیکال هیدروکسیل می شود (۴و۹). رادیکال های هیدروکسیل دارای پتانسیل استاندارد بالایی $E^0(OH^0/H_0O)=2/8V$ بوده و دومین جزء بسیار اکسید کننده پس از فلور می باشند (۱۰). مکانیسم واکنش یون آهن و پراکسید هیدروژن بصورت زیر است:

$$H_2O_2 + Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3} + OH^- + OH^0 \quad (۱)$$

$$RH + OH^0 \rightarrow R^0 + H_2O \quad (۲)$$

$$R^0 + Fe^{+3} \rightarrow R^+ + Fe^{+2} \quad (۳)$$

$$Fe^{+2} + OH^0 \rightarrow Fe^{+3} + OH^- \quad (۴)$$

به خاطر تشکیل یون $Fe^{+3}$ فرآیند فنتون با تشکیل رسوب $Fe(OH)_3$ همراه خواهد بود(۱۱). هدف از این مطالعه بررسی کارایی فرآیند فنتون در حذف دترجنت آنیونی سیتیل تری متیل آمونیوم بروماید (C-TAB) از محلول های آبی می باشد.

**روش کار**

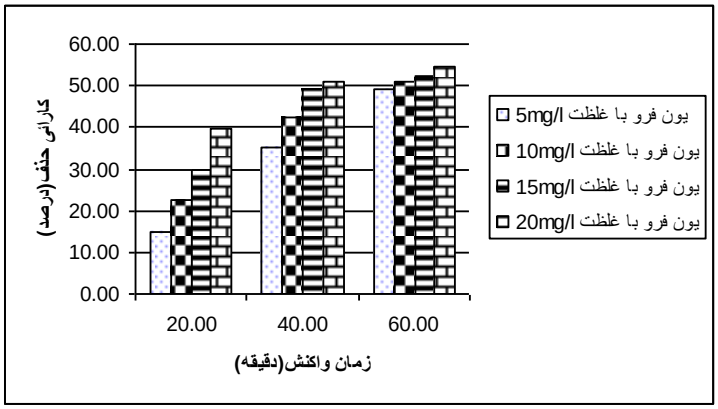
در این مطالعه کارایی فرآیند فنتون به عنوان روش موثر در حذف دترجنت ستیل تری متیل آمونیوم بروماید (C-TAB) از محلول های آبی مورد بررسی قرار گرفت. محلول سنتیتیک با غلظت ۰/۲ میلی گرم بر لیتر از دترجنت مورد نظر ساخته شد. آزمایش در۴ =pH و غلظت های ۵، ۱۰، ۱۵ و۲۰ میلی گرم در لیتر از یون فرو و غلظت های ۴۰،۳۰،۲۰و ۵۰ میلی لیتر در لیتر از محلول پراکسید هیدروژن در سیستم ناپیوسته و در زمان تماس ۲۰، ۴۰ و ۶۰ دقیقه انجام گردید. جهت اندازه گیری pH از pH متر مدل Sartorius PP-50 استفاده شد. برای تنظیم pH از اسید سولفوریک یک نرمال بهره برداری گردید. جهت انجام آزمایش، محلول سنتیتیک با غلظت ۰/۲mg/L از دترجنت آنیونی ستیل تری متیل آمونیوم بروماید ساخته شد، سپس ۱۰۰ سی سی از محلول مورد نظر در مراحل جداگانه ای در تماس با غلظت های مشخص از یون فرو و پر اکسید هیدروژن قرار گرفته و در زمان های ماند مشخص نمونه برداری و میزان دترجنت باقی مانده به روش اسپکتروفتومتری(اسپکتروفتومتر مدلDR4000 ) در طول موج ۶۵۲ نانومتر اندازه گیری شده و کارایی حذف محاسبه گردید. برای مثال در غلظت ثابت 30ml/L پراکسید هیدروژن و زمان ماند ثابت ۶۰ دقیقه، غلظت های مختلف یون فرو به محلول مورد نظر اضافه شد و کارایی حذف محاسبه گردید. کلیه روش های مورد استفاده در این بررسی براساس روش های استاندارد ذکر شده در ماخذ(۱۲) انجام گرفته است.

**نتایج**

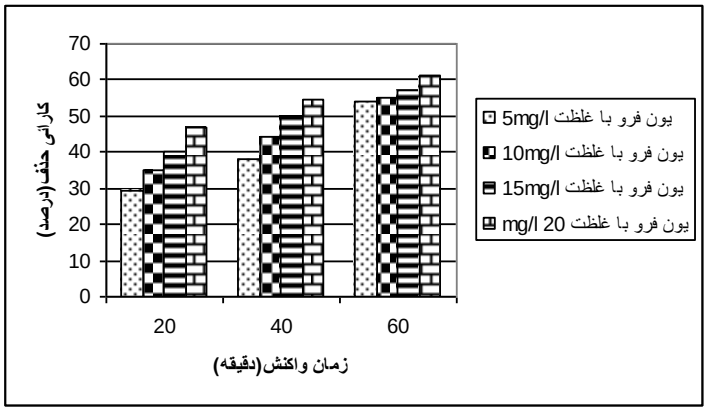
نتایج حاصل از این تحقیق در نمودارهای ۱تا ۴ آورده شده است. در این نمودارها کارایی حذف دترجنت ستیل تری متیل آمونیوم بروماید (C-TAB) با تغییرات زمان واکنش، تغییرات غلظت

1 -Anionic Surfactant
2- Cationic Surfactant
3 -Amphoteric Surfactant
4 -Nonionic Surfactant
5 -Speciality Surfactant
6 -Polymeric Surfactant

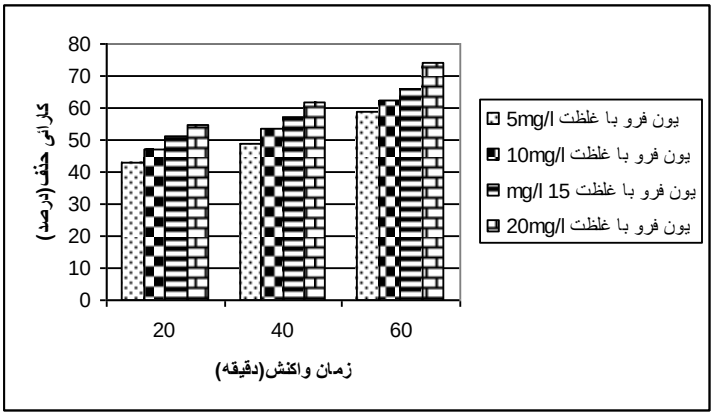
یون فرو و تغییرات غلظت پراکسید هیدروژن در pH=4 نشان داده شده است. نتایج نشان داد که کارایی حذف دترجنت ستیل تری متیل آمونیوم بروماید(C-TAB) درpH=4 با افزایش زمان ماند، افزایش غلظت یون آهن(Π) و افزایش غلظت پراکسید هیدروژن افزایش می یابد.



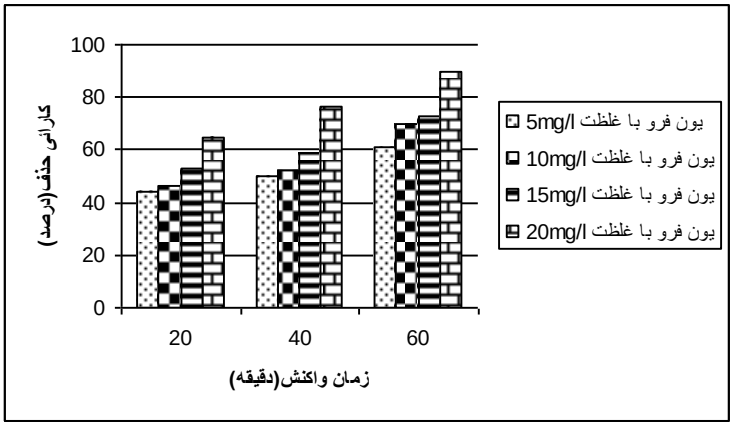

**نمودار ۱- کارایی حذف دترجنت ستیل تری متیل آمونیوم بروماید در pH=4 ، غلظت ۲۰میلی لیتر پراکسید هیدروژن و غلظت های مختلف یون فرو**




**نمودار۲- کارایی حذف دترجنت ستیل تری متیل آمونیوم بروماید در pH=4، غلظت ۳۰میلی لیتر پراکسید هیدروژن و غلظت های مختلف یون فرو**




**نمودار۳- کارایی حذف دترجنت ستیل تری متیل آمونیوم بروماید در pH=4، غلظت ۴۰میلی لیتر پراکسید هیدروژن و غلظت های مختلف یون فرو**




**نمودار۴- کارایی حذف دترجنت ستیل تری متیل آمونیوم بروماید در pH=4 ، غلظت ۵۰میلی لیتر پراکسید هیدروژن و غلظت های مختلف یون فرو**

**بحث و نتیجه گیری**

استفاده از فرآیند فنتون در جهت حذف آلاینده های مقاوم از روش های موثر و نسبتا ارزان محسوب می گردد(۱و۴). در این تحقیق کارایی حذف دترجنت آنیونی ستیل تری متیل آمونیوم برومائد(C-TAB) با استفاده از فرآیند فنتون در pH=4 و بررسی تاثیر زمان ماند، مقدار یون فرو و مقدار پراکسید هیدروژن مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده نشان داده است که میزان حذف دترجنت در pH پایین، افزایش قابل ملاحظه ای می یابد(۱۰و۱۱). تحقیقات گذشته نیز ثابت کرده اند که کارایی حذف دترجنت ها در شرایط اسیدی (pH=3-5) بسیار سریع اتفاق می افتد(۱و۱۱و۱۳). در pH پایین تر از ۲/۵ تشکیل $Fe(OH)^{+2}$ که با هیدروژن پراکساید به آرامی واکنش می دهد باعث کاهش مقدار رادیکال های $OH^0$ شده و در نتیجه بازدهی فرآیند کاهش می یابد. در pH های قلیایی نیز $Fe^{+2}$ به $Fe^{+3}$ تبدیل شده و به صورت $Fe(OH)_3$ رسوب می کند و از چرخه کاتالیستی حذف می شود. این مساله خود باعث تجزیه هیدروژن پراکساید و کاهش بازدهی فرآیند می شود. هم چنین تحقیقات نشان داده اند که پتانسیل اکسایشی رادیکال های هیدروکسیل با افزایش pH کاهش می یابد (۱و۱۰و۱۳). از طرفی با افزایش زمان ماند، افزایش غلظت یون فرو و پراکسید هیدروژن کارائی حذف دترجنت افزایش می یابد( ۹و۱۰). با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق کاربرد فرآیند فنتون در جهت حذف دترجنت ها در pH اسیدی(pH=4) پیشنهاد می گردد. دلیل عمده آن خوردگی و انحلال بیشتر یونهای $Fe^{+2}$ در محیط اسیدی و افزایش تولید رادیکال $OH^0$ می باشد. کارایی حذف دترجنت ها با افزایش غلظت یون فرو و افزایش غلظت پراکسید هیدروژن افزایش می یابد، به طوری که در غلظت ثابت ۴۰ ml/L از پراکسید هیدروژن، با افزایش غلظت یون فرو از ۵mg/L به ۲۰mg/L در زمان ماند ۲۰ دقیقه، کارایی حذف از ۴۲ درصد به بیش از ۵۵ درصد رسید (نمودار ۳). هم چنین در غلظت ثابت ۵ mg/L از یون فرو و زمان ماند ۲۰ دقیقه، با افزایش غلظت پراکسید هیدروژن از ۲۰ ml/L به ۴۰ ml/L، کارایی حذف از ۱۵ درصد به ۴۲ درصد رسید (نمودار ۱ و ۳). دلیل این امر آن است که افزایش غلظت پراکسید هیدروژن باعث اسیدی شدن محیط می شود و از طرف دیگر افزایش غلظت سولفات آهن باعث افزایش یون های $Fe^{+2}$ در محیط می گردد که هر دو این عوامل منجر به افزایش تولید رادیکال $OH^0$ می شود. هم چنین در غلظت ثابت ۳۰ ml/L از پراکسید هیدروژن و ۲۰ mg/L از یون فرو، با افزایش زمان ماند از ۲۰ دقیقه به ۶۰ دقیقه، کارایی حذف از ۴۸ درصد به بیش از۶۲ درصد رسید (نمودار ۲). در این تحقیق بالاترین کارایی حذف دترجنت آنیونی در غلظت ۲۰ mg/L یون فرو و غلظت ۵۰ ml/L آب اکسیژنه به دست آمد که ۹۰ درصد بود (نمودار ۴). در این حالت نسبت یون فرو به آب اکسیژنه ۰/۴ بوده است. در مجموع با توجه به نتایج حاصل شده مشخص گردید که می توان از فرآیند فنتون به عنوان روش موثر و نسبتا آسان برای حذف دترجنت ها از منابع آلاینده استفاده کرد.

**تشکر و قدردانی**

نویسندگان این مقاله از دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان به خاطر حمایت مالی از این تحقیق و فراهم نمودن امکانات لازم و هم چنین از کارشناس محترم گروه مهندسی بهداشت محیط، خانم مهندس ناظمی و از آقای سعید محمودی و سید اسلام

بابایی یه خاطر همکاری در انجام ایـن تحقیـق تشـکر و قـدردانی مـی نماید.

**منابع**


1. Sheng H. Lin, Chi M. Lin and Horng G.Leu, 1999, Operating characteristics and kinetic studies of surfactant wastewater treatment by fenton oxidation, Wat. Res, Vol.33, No 7, pp 1735-1741.

۲. محوی، امیر حسین، علوی، نغمه، ندافی، کاظم، ۱۳۸۳، بررسـی راندمان حذف دترجنت در تصفیه خانه فاضلاب شـهرک قـدس به روش لجن فعال، مجلـه دانشـکده علـوم پزشـکی و خـدمات بهداشتی درمانی گناباد، دوره ۱۰، شماره ۲.

3. Metcalf and Eddy, 2004, wastewater engineering, Fourth Edition, McGraw Hill
4. 4.Jan Perkowski, Wojciech Jozwiak, Lech Kos, Pawel Stajszczyk, 2006, Application of fenton reagent in detergent separation in highly concentrated water solutions, Fibres and Textiles in Eastern Europe, Vol.14, No.5.
5. Izabela Kowalska, 2008, Surfactant removal from water solutions by means of ultrafiltration and ion exchange, Desalination, Vol.221, pp 351-357.

۶. جاوید، امیر حسین، میرباقری، سید احمد، پورتـالاری، مهـران، ۱۳۸۵، بررسی روش های حذف دترجنـت از فاضـلاب صـنعتی صنایع خودروسازی و اسـتاندارد سـازی آن، علـوم و تکنولـوژی محیط زیست، دوره هشتم، شماره ۳ .

۷. چنگـانی، ابوالفضـل، ۱۳۸۰، تصـفیه فاضـلاب صـنعتی، جهـاد دانشگاهی صنعتی شریف، مرکز آموزشهای کاریردی، تخصصـی و علمی.

۸. دانشور، نظام الـدین، ۱۳۷۵، تجزیـه آب هـای آلـوده بـه مـواد شوینده به کمـک اشـعه فـرا بـنفش در حضـور کاتالیسـت دی اکسید تیتانیم.

9. M. Kitis, C. D. Adams and G. T. Daigger, 1999, Effects of fenton reagent pretreatment on the biodegradability of nonionic surfactants, Wat Res, Vol.33, No.11, pp.2561-2568
10. E. Chamarro, A. Marco and S. Esplugas, 2001, Use of fenton reagent to improve organic chemical biodegradability, Wat. Res, Vol. 35, No.4, pp.1047-1051
11. Yun Whan Kang and Kyung-Yub Hwang, 2000, effects of reaction conditions on the oxidation efficiency in the fenton process, Wat. Res, Vol. 34, No. 10, pp.2786-2790
12. American Public Health Association, 1999, Standard methods for the examination of water and wastewater, Twentieth Edition

۱۳. علی آبادی، مجید، فاضل، شهرزاد، وهـاب زاده، فرزانـه، ۱۳۸۵، کاربرد عملیات اسید کراکینگ و فرآیند فنتون در تصفیه پساب روغن زیتون، مجله آب و فاضـلاب شـرکت مهندسـین مشـاور، شماره ۵۷.