

## کارایی فرآیند انعقاد الکتریکی در کاهش کدورت از آب

حسن ایزانلو<sup>۱</sup>، سید محسن محسنی<sup>۲\*</sup>، شهرام نظری<sup>۳</sup>، مریم سرخوش<sup>۴</sup>، سودابه علیزاده متبوع<sup>۵</sup>

۱. استادیارمهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات آلاینده های محیطی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، عضو کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران ۳. کارشناس مسئول بهره برداری تصفیه خانه آب تهرانپارس، آب و فاضلاب تهران، تهران، ایران ۴. دانشجوی دکترای مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران ۵. کارشناس بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اردبیل  
\* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۲۵۱۱۷۹۳۸، فکس: ۰۲۱ ۷۷۳۱۰۱۰۲، ایمیل: eng\_mohseni\_env@yahoo.com

### چکیده

**زمینه و هدف:** کدورت و عوامل کلوئیدی، پناهگاه خوبی برای رشد و انتقال پارامترهای بیولوژیکی بوده. همچنین از نقطه نظر زیبایی شناختی در مصرف آب تاثیرگذار هستند. از طریق فرآیند الکترولیز، عوامل منعقدکننده مانند هیدروکسیدهای فلزی تولید می شوند. عامل منعقدکننده با آلاینده ها ترکیب شده و فلاک های بزرگی را تشکیل می دهند. هدف از این مطالعه بررسی کارایی انعقاد الکتریکی- شناورسازی الکتریکی در حذف کدورت از محیط های آبی است.

**روش کار:** این مطالعه از نوع بنیادی- کاربردی بود که در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد. مخزن انعقاد الکتریکی از جنس پلکسی گلاس با ابعاد ۲۴ × ۱۷ × ۱۸ سانتی متر ساخته شد. در داخل مخزن ۴ عدد صفحه فلزی (الکتروود) از جنس آلومینیوم و یا آهن به ابعاد ۱۵ × ۱۶ سانتی متر و ضخامت ۱ میلی متر به صورت موازی به فاصله ۱/۵ سانتی متری از هم قرار داده شد. از یک دستگاه ترانسفورماتور جهت تامین برق مستقیم با ولتاژ و آمپراژ قابل تنظیم (۶۰- و ۰-۶- آمپر) استفاده گردید.

**یافته ها:** نتایج آزمایش ها نشان داد که بالاترین میزان حذف کدورت از محلول با استفاده از الکتروود آلومینیوم (۹۷/۶۰٪) در pH برابر ۷، میزان ولتاژ ۵۰ ولت و زمان ماند ۳۰ دقیقه حاصل شد. همچنین بالاترین میزان حذف کدورت از محلول با استفاده از الکتروود آهن (۸۹/۹۲٪) در pH برابر ۷، میزان ولتاژ ۵۰ ولت و زمان ماند ۳۰ دقیقه حاصل شد.  
**نتیجه گیری:** با توجه به نتایج آزمایش ها، استفاده از انعقاد الکتریکی- شناورسازی الکتریکی در حذف کدورت کارایی مناسبی دارد. همچنین می توان گفت کارایی الکتروود آلومینیوم در حذف کدورت از محلول بیشتر از کارایی الکتروود آهن می باشد.

**واژه های کلیدی:** انعقاد الکتریکی، آب، کدورت، شناورسازی الکتریکی

پذیرش: ۹۲/۹/۲

دریافت: ۹۲/۴/۲۵

### مقدمه

مربوط به ذرات و ویژگی پراکندگی نور در سوسپانسیون، ارتباط دادن کدورت با غلظت وزنی مواد معلق بسیار مشکل است. همچنین ذرات سیاه مثل کربن فعال می توانند نور را جذب و مقدار کدورت را به طور موثر افزایش دهند (۱).

کدورت در آب عموماً توسط مواد معلق مثل خاک و گل و لای، مواد آلی و معدنی ریز، ترکیبات آلی رنگی محلول و پلانکتون ها و سایر میکروارگانیسم ها ایجاد می شود. به علت اندازه، شکل، ضریب شکست نور

ذرات کوچک، به ویژه ذراتی با چگالی نزدیک به آب مانند باکتری‌ها و ذرات کلوییدی ممکن است هرگز ته‌نشین نشوند و همچنان در آب معلق بمانند، بنابراین تراکم ذرات و به هم پیوستن آنها گام ضروری برای حذف آنها توسط رسوب‌دهی است (۲). کدورت آب تصفیه شده به‌عنوان یک پارامتر مهم در تعیین کیفیت آب در کلیه تصفیه‌خانه‌ها اندازه‌گیری می‌شود، اما در سال‌های اخیر با توجه به موارد فوق و اندازه ذرات عبوری از فیلتر به دلیل رابطه آن با میزان عبور میکروارگانیسم‌هایی مثل ژیاوردیا و کریپتوسپوریدیوم اهمیت بیشتری یافته است. همچنین در مبحث مدیریت لجن تصفیه‌خانه‌ها به منظور تعیین میزان لجن تولیدی، علاوه بر مقدار مواد منعقدکننده و کمک منعقدکننده مصرفی، مقدار مواد معلق آب خام نیز می‌بایستی برآورد گردد. همچنین در بحث تامین آب صنایع و استخراج از معادن بسیار حائز اهمیت است (۱).

امروزه منعقدکننده‌هایی که عمدتاً دارای سولفات آلومینیوم (آلوم) و کلرید فریک هستند، بیشترین کاربرد را در حذف کدورت از آب و پساب دارند. محدودیت‌های استفاده از نمک آلوم، آلومینیوم باقیمانده و مشکوک بودن ارتباط بیماری آلزایمر با آن است. همچنین استفاده از کلرید فریک در حذف کدورت با ایجاد رنگ در آب همراه است که بر روی اجسام لکه زرد متمایل به قرمز قهوه‌ای ایجاد می‌کند و اگر مقدار آن در آب بیشتر از  $1 \text{ mg/l}$  باشد موجب کدورت شده و مزه دارویی به آب می‌دهد (۳). البته این مشکل وقتی به وجود می‌آید که آب تصفیه‌شده با کلریدفریک در معرض هوا قرار گیرد. بنابراین این مشکل در محل مصرف آب نمایان می‌شود. از سال ۲۰۰۰ علاوه بر منعقدکننده‌های شیمیایی از فناوری‌های الکتروشیمی برای حذف بسیاری از مواد محلول و غیر محلول از جمله کدورت استفاده گردیده است (۴).

در سال‌های اخیر، انعقاد الکتریکی به‌عنوان فرآیند سازگار با محیط زیست توجه زیادی به خود جلب کرده است. این فرآیند موثر و مقرون به صرفه است به طوری که در بعضی آلاینده‌ها راندمان حذف تا ۹۹٪ می‌باشد (۵). فرایند انعقاد الکتریکی در کاهش نیترات (۶)، آرسنیک (۷)، فلوراید (۸،۹) و دیگر مواد آلی و معدنی (۱۰) به‌کار رفته است. حرکت الکتروفوزیک موجب تجمع ذرات باردار منفی در ناحیه آند و یون‌های باردار مثبت در ناحیه کاتد می‌گردد. فلز آند، برای تولید پیوسته کاتیون‌های فلزی چند ظرفیتی استفاده می‌گردد. این کاتیون‌ها، بار ذرات حمل‌شده به طرف آند را به‌وسیله حرکت الکتروفوزیک خنثی می‌کنند و از این‌رو فرآیند انعقاد را تسهیل می‌نمایند. به عبارت دیگر، در فرآیند انعقاد الکتریکی- شناورسازی الکتریکی کاتیون‌های چند ظرفیتی از اکسایش آند و گازهای حاصل از کاتد به‌وجود می‌آیند تا عمل لخته‌سازی انجام گیرد. مکانیسم‌های حذف در انعقاد الکتریکی ممکن است شامل اکسایش، کاهش، تخریب، ترسیب، انعقاد، جذب، رسوب دهی باشد (۴). یکی از انواع روش‌های فیزیکوشیمیایی روش انعقاد الکتریکی است. به دلیل مزایایی چون بازده بالای حذف، تجهیزات ساده، بهره‌برداری آسان، بی‌نیازی از مواد شیمیایی ویژه، لجن دفعی اندک و زمان ماند کوتاه، این روش برای تصفیه فاضلاب‌های قوی و سمی بسیار مناسب است (۳،۵). در ساده‌ترین شکل یک راکتور انعقاد الکتریکی ممکن است از یک سلول الکترولیتی با یک آند و یک کاتد با استفاده از یک مولد برق مستقیم ایجاد شود (۴). هدف از اجرای این طرح کاهش کدورت (مواد کلئیدی) به‌وسیله انعقاد الکتریکی در یک جریان پیوسته با استفاده از الکترودهای آهن و آلومینیوم است. این طرح در پاییز سال ۹۱ شروع و در بهار سال ۹۲ به اتمام رسید. دلیل انتخاب جریان پیوسته نزدیک‌تر شدن به شرایط واقعی می‌باشد.

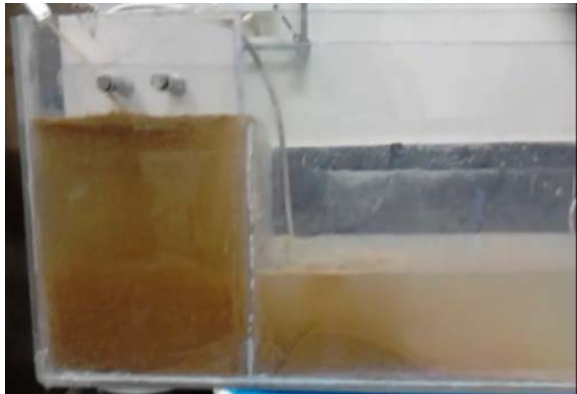
## روش کار

## ساخت مخزن انعقاد الکتریکی - شناورسازی الکتریکی

این مطالعه از نوع بنیادی- کاربردی است. در این مطالعه یک مخزن انعقاد الکتریکی به شکل مکعب مستطیل با ابعاد (عمق) ۲۴ × (عرض) ۱۷ × (طول) ۱۸ سانتی‌متر از جنس پلکسی‌گلاس به حجم ۷/۳۵ لیتر ساخته شد. در داخل مخزن ۴ عدد صفحه فلزی (الکتروود) از جنس آلومینیوم و یا آهن به ابعاد (عرض) ۱۵ × (طول) ۱۶ سانتی‌متر و ضخامت ۱ میلی‌متر به صورت موازی به فاصله ۱/۵ سانتی‌متری از هم قرار داده شد. در این تحقیق از چهار الکتروود آلومینیوم و چهار الکتروود آهن استفاده گردید. تمامی آزمایشات یک بار با الکتروود آلومینیوم و یک بار با الکتروود آهن انجام گردید. یک مگنت در کف مخزن جهت مخلوط کردن استفاده گردید (سرعت مگنت ۳۰۰ دور در دقیقه در نظر گرفته شد). محفظه ته‌نشینی به ابعاد (عمق) ۲۴ × (عرض) ۱۷ × (طول) ۵۳ سانتی‌متر از جنس پلکسی‌گلاس به حجم ۲۱/۵ لیتر (برای زمان ماند ۳۰ دقیقه) ساخته شده و راکتور انعقاد الکتریکی و ته‌نشینی به هم چسبیده و سری می‌باشند. از یک پیپت به منظور تزریق محلول (به نزدیکی محل اختلاط) استفاده شده است. پس از طی زمان ماند مورد نظر (۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه) محلول از مخزن انعقاد الکتریکی سرریز کرده وارد مخزن ته‌نشینی می‌گردد. در این مخزن (سه شیر که موقعیت آن‌ها به منظور تامین زمان ماند ۳۰ دقیقه از قبل مشخص و کارگذاری گردیده بود) محلول به آرامی عبور کرده و در انتها آب تصفیه‌شده از شیر خارج می‌گردد. نمونه‌برداری در زمانی از شیر انجام می‌شد که ارتفاع آب در مخزن به وسط شیر نمونه‌برداری می‌رسید. پس از نمونه‌برداری، نمونه توسط دستگاه کدورت‌سنج (HACH (2100N (کالیبره شده) قرائت می‌گردد.

برای تنظیم ولتاژ و جریان الکتریکی از یک دستگاه ترانسفورماتور جهت تامین برق مستقیم با ولتاژ و

آمپر قابل تنظیم (۶۰-۰ ولت و ۶-۰ آمپر) استفاده گردید. میزان جریان در سه وضعیت ۰/۸، ۱/۶ و ۳/۲ آمپر تنظیم گردید.



شکل ۱. مخزن انعقاد الکتریکی و مخزن ته‌نشینی

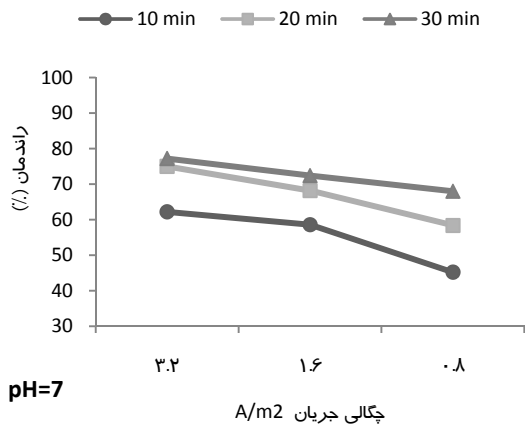
## تهیه محلول (مخلوط) کدورت

جهت تهیه محلول مورد نیاز برای آزمایش، از خاک رس استفاده گردید. این خاک ابتدا در آون با دمای ۱۰۰ درجه به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری گردید تا کاملاً خشک شود و پس از گذر از الک ۲۰۰ میکرومتر در مخزنی با آب مقطر مخلوط و به مدت ۳ ساعت بدون حرکت نگهداری شد تا در صورت وجود ذرات قابل ته‌نشینی، این ذرات حذف شوند. سپس وارد مخزنی دارای اختلاط با سرعت یک دور در دقیقه گردید تا از پایداری کدورت ناشی از خاک رس اطمینان حاصل گردد. در انتها نمونه با کدورت ۵۰۰ NTU ایجاد شد. برای تنظیم pH (۳٫۷، ۱۱) از محلول‌های اسیدسولفوریک ۱ نرمال و هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال و برای تنظیم هدایت الکتریکی (۱۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر) از کلرید سدیم ساخت شرکت مرک آلمان استفاده گردید. جهت پمپاژ مخلوط از یک پمپ ۱۴ وات با قابلیت تزریق ۱ سی سی در ثانیه تا ۱۲۰ سی سی در ثانیه استفاده گردید. این پمپ کمی بالاتر از پروانه اختلاط قرار گرفت. این پمپ از نوع سانتریفیوژ و از نوع پروانه کاملاً باز بود. در کل ۵۴ آزمایش با حجم ۳۰ لیتر برای هر آزمایش انجام گردید. در انتها تحلیل آماری

نتایج آزمایش با استفاده از نرم افزار SPSS و Excel انجام شد.

### یافته ها

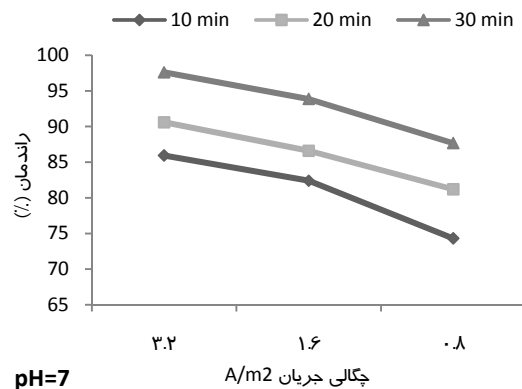
مقایسه کارایی آلومینیوم و آهن در حذف کدورت از محلول به وسیله انعقاد الکتریکی - شناورسازی الکتریکی تحت شرایط زمان های مختلف، جریان های الکتریکی و pH مورد بررسی قرار گرفت. شرایط بهینه را در نمودارهای ۳ و ۴ می توان مشاهده نمود. نمودار ۳ راندمان حذف کدورت را در زمان های ماند مختلف و pH متفاوت توسط الکتروود آهن با کدورت ابتدایی ۵۰۰ NTU نشان می دهد. این نمودار در بهینه ترین جریان الکتریکی یعنی ۳/۲ آمپر ترسیم شده است. بهینه ترین جریان الکتریکی همان طور که در نمودار ۱ و ۲ مشاهده می گردد ۳/۲ آمپر است. یعنی با افزایش جریان الکتریکی راندمان افزایش می یابد. بنابراین هم الکتروود آهن و هم آلومینیوم در جریان های الکتریکی بالاتر راندمان بیشتری دارند.



نمودار ۲. راندمان حذف کدورت بوسیله انعقاد الکتریکی با الکتروودهای آهن در pH خنثی.

همان طور که در نمودارهای ۳ و ۴ مشاهده می گردد، بهترین شرایط pH خنثی و طبیعی است و در pH های پایین تر و یا بالاتر راندمان کاهش می یابد. به عنوان مثال در pH خنثی (۷) بیشترین راندمان حذف (۹۰٪) رخ داده، ولی در pH های ۳ و ۱۱ راندمان به ترتیب به ۷۷٪ و ۸۳٪ کاهش یافته است. علاوه بر این متوسط کارایی حذف در ۲۰ دقیقه اول رخ داده است (۸۵٪). لذا می توان نتیجه گرفت که قسمت عمده حذف کدورت در ۲۰ دقیقه اول رخ می دهد و افزایش زمان ماند تاثیر به سزایی در حذف کدورت نخواهد داشت. در این مطالعه بالاترین میزان حذف کدورت از محلول با استفاده از الکتروود آهن (۸۹/۹۲٪) در pH برابر ۷، میزان ولتاژ ۵۰ ولت و زمان ماند ۳۰ دقیقه حاصل شد.

میانگین میزان حذف کدورت از محلول با الکتروود آلومینیوم (۸۱/۰۰۲٪) بیشتر از میانگین میزان حذف کدورت از محلول در الکتروود آهن (۷۳/۴۷٪) بود. بنابراین می توان گفت کارایی الکتروود آلومینیوم در حذف کدورت از آب بیشتر از کارایی الکتروود آهن می باشد و بیشترین میزان حذف کدورت از آب مربوط به الکتروود آلومینیوم است.

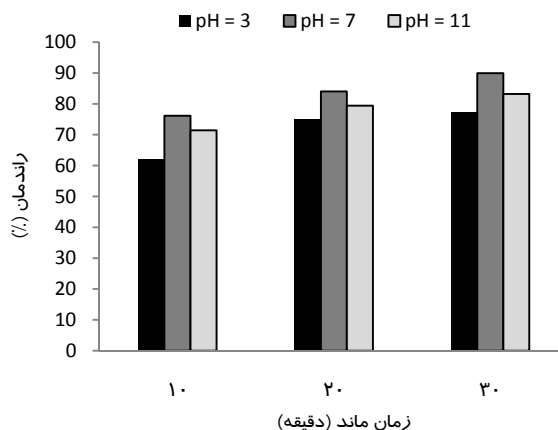


نمودار ۱. راندمان حذف کدورت بوسیله انعقاد الکتریکی با الکتروودهای آلومینیوم در pH خنثی

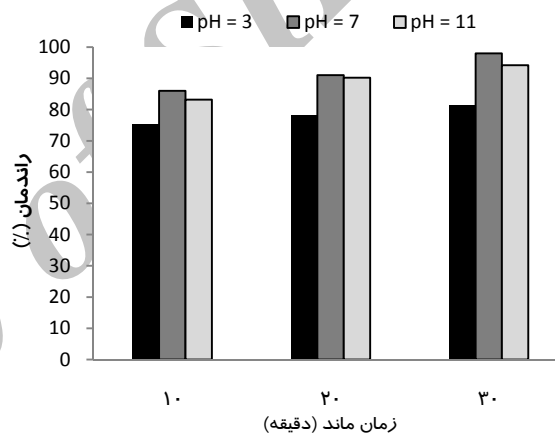
جنس آند و کاتد، راندمان فرآیند می‌تواند متفاوت باشد. ال نای و همکاران در مطالعه‌ای از ۳ جنس آهن، آلومینیوم و استیل به‌عنوان الکترود استفاده کردند. نتایج این تحقیق نشان داد زمانی که آلومینیوم به‌عنوان الکترود مورد استفاده قرار گرفت، راندمان تصفیه ۲/۵ برابر بیشتر از حالت‌های دیگر بود (۴). همچنین زاید و همکاران در تحقیق خود از ۲ جنس آهن و آلومینیوم به‌عنوان الکترود استفاده کردند. آنها در این تحقیق نشان دادند که هر دو جنس الکترود برای کاهش COD و پلی‌فنل‌ها کارایی یکسانی دارند، اما با افزایش زمان واکنش سرعت حذف COD و پلی‌فنل‌ها با الکترود Al مقدار اندکی بالاتر از الکترود Fe می‌باشد (۱۱).

pH یکی از پارامترهای مهم و اثرگذار در واکنش‌های شیمیایی می‌باشد. بسته به هدف تصفیه (تولید لخته از الکترودهای آلومینیوم و آهن، حذف کدام آلاینده و غیره)، میزان مطلوب pH متفاوت است. نمودارهای ۳ و ۴ اثر pH محلول در حذف کدورت را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد بهترین شرایط pH خنثی و طبیعی است و در pH‌های پایین‌تر و یا بالاتر راندمان کاهش می‌یابد. دلیل این امر می‌تواند به‌خاطر حلالیت آهن و آلومینیوم در pH خنثی باشد. در pH غالب یون‌های آهن و آلومینیوم حالت  $Fe(OH)_3$  و  $Al(OH)_2$  می‌باشد که حالت رسوبی داشته و مولکول‌های هیدروکربنی که ساختاری غیرقطبی و خنثی دارند، می‌توانند در محل‌های فعال روی این لخته‌ها جذب شوند و با ته‌نشینی و یا شناورسازی از سیستم حذف شوند.

این مساله که با کاهش pH و افزایش pH از این دامنه، راندمان کاهش پیدا کرده، می‌تواند به‌دلیل افزایش حلالیت در این pHها باشد که این امر سبب می‌شود لخته‌های تولید شده کاهش پیدا کند. در تحقیقی که تیر و همکاران روی حذف نفت از فاضلاب، توسط انعقاد الکتریکی انجام دادند؛ مشخص شد که در pHهای ۶ و ۷ راندمان فرآیند تقریباً



نمودار ۳. مقایسه راندمان حذف کدورت بوسیله انعقاد الکتریکی با الکترودهای آهن در زمان‌های ماند و pH های مختلف.



نمودار ۴. مقایسه راندمان حذف کدورت بوسیله انعقاد الکتریکی با الکترودهای آلومینیوم در زمان‌های ماند و pH های مختلف.

## بحث

جنس آند و کاتد یک عامل بسیار موثر در بحث فرآیند انعقاد الکتریکی است، به طوری که می‌توان گفت قسمت اصلی سیستم انعقاد الکتریکی جنس الکترودها می‌باشد. همان‌طور که در نمودارهای ۱ و ۲ نیز نشان داده شد، میزان حذف کدورت از محلول در الکترود آهن بین ۴۵/۲۰٪ تا ۸۹/۹۲٪ و در الکترود آلومینیوم بین ۵۷/۴۰٪ تا ۹۷/۶۰٪ به‌دست آمد. دلیل این امر می‌تواند به‌خاطر تفاوت ساختار فلزی جنس آلومینیوم و آهن؛ و همچنین تفاوت ساختار و ماهیت لخته‌های شکل‌گرفته و ماهیت آلاینده‌های موجود باشد. در نتیجه با تغییر حالت

کدورت در ۲۰ دقیقه اول رخ داده و افزایش زمان ماند تاثیر به‌سزایی در حذف کدورت نخواهد داشت. عبدالوهاب و همکاران در تحقیق خود اثر زمان ماند واکنش را تا ۱۲۰ دقیقه مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد با افزایش زمان، راندمان حذف فنل افزایش می‌یابد (۱۴). در تحقیقی که توسط تیر و همکاران انجام شد، در ۶ دقیقه اول راندمان حذف ۸۹٪ به‌دست آمد. با افزایش زمان به ۲۰ دقیقه راندمان حذف کدورت به ۹۹٪ رسید (۱۲).

### نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف کاهش کدورت به‌وسیله انعقاد الکتریکی در یک جریان پیوسته با الکترودهای آهن و آلومینیوم انجام گرفت. بالاترین میزان حذف کدورت از محلول با استفاده از الکتروده آلومینیوم (۹۷/۶۰٪) در pH برابر ۷، میزان ولتاژ ۵۰ ولت و زمان ماند ۳۰ دقیقه حاصل شد. همچنین بالاترین میزان حذف کدورت از محلول با استفاده از الکتروده آهن (۸۹/۹۲٪) در pH برابر ۷، میزان ولتاژ ۵۰ ولت و زمان ماند ۳۰ دقیقه حاصل شد. می‌توان نتیجه گرفت که فرآیند انعقاد الکتریکی می‌تواند یک فرآیند بسیار موثر در کاهش کدورت باشد.

### تشکر و قدرانی

نویسندگان مقاله از مدیریت محترم تصفیه‌خانه‌های ۳ و ۴ تهران به‌خاطر حمایت مالی و معنوی از این تحقیق و فراهم نمودن امکانات لازم و همچنین از مسئول محترم آزمایشگاه شیمی و میکروبیولوژی تصفیه‌خانه‌های آب ۳ و ۴ تهران، به‌خاطر همکاری در انجام تحقیق، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

ثابت بوده، اما از pH ۸ افت راندمان بسیار چشمگیر بود (۱۲). در تحقیقی دیگر که توسط زو و همکاران، روی تصفیه فاضلاب‌های روغنی رستوران‌ها به‌وسیله فرآیند انعقاد الکتریکی انجام شد، بهترین راندمان حذف pH در حدود شرایط خنثی بود، اما تفاوت چندانی بین pHهای مختلف مشاهده نشد، فقط از pHهای ۱۰ به بالا راندمان کاهش یافت (۱۳). در فرآیند انعقاد الکتریکی دانسیته جریان یک فاکتور مهم بر کارایی فرآیند می‌باشد. در نمودارهای ۱ و ۲ اثر دانسیته جریان بر راندمان فرآیند انعقاد الکتریکی نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است با افزایش جریان الکتریکی راندمان حذف کدورت افزایش یافته است. به‌دلیل این که طبق قانون فارادی، با افزایش دانسیته جریان، میزان تولید هیدروکسیدهای فلزی افزایش می‌یابد و در نتیجه افزایش محل‌های فعال برای جذب مولکول‌ها اتفاق می‌افتد و این امر سبب افزایش راندمان با افزایش دانسیته جریان می‌شود، در نتیجه افزایش حذف کدورت را به دنبال خواهد داشت. در تحقیقی که توسط علیزاده گلستانی و همکاران انجام شد، نشان داده شد که کاهش کدورت و TSS پساب پالایشگاه با افزایش جریان الکتریکی در pH خنثی رخ داده است (۱۵). همچنین در تحقیقی که ال ناس و همکاران انجام دادند، در تمام حالت‌های الکتروده، افزایش دانسیته جریان سبب افزایش راندمان حذف سولفات از فاضلاب گردید (۴). یکی دیگر از پارامترهای مهم در واکنش‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی بحث زمان ماند یا زمان واکنش می‌باشد. نمودارهای ۳ و ۴ نشان می‌دهند که با افزایش زمان واکنش، راندمان حذف افزایش محسوسی نمی‌یابد. متوسط کارایی حذف در ۲۰ دقیقه اول رخ داده است (۸۵٪)، پس می‌توان نتیجه گرفت که قسمت عمده حذف

## References

- 1-Bustamante J, Pacios F, Díaz-Delgado R, Aragonés D. Predictive models of turbidity and water depth in the Doñana marshes using Landsat TM and ETM+ images. *Journal of environmental management*. 2009; 90(7): 2219-2225.
- 2-Annadurai G, Sung S, Lee D. Floc characteristics and removal of turbidity and humic acid from high-turbidity storm water. *Journal of environmental engineering*. 2003; 129(6): 571-575.
- 3-Sadeddin K, Naser A, Firas A. Removal of turbidity and suspended solids by electro-coagulation to improve feed water quality of reverse osmosis plant. *Desalination*. 2011; 268(1): 204-207.
- 4-El-Naas MH, Al-Zuhair S, Al-Lobaney A, Makhlof S. Assessment of electrocoagulation for the treatment of petroleum refinery wastewater. *Journal of environmental management*. 2009; 91(1): 180-185.
- 5-Emamjomeh MM, Sivakumar M. Review of pollutants removed by electrocoagulation and electrocoagulation/flotation processes. *Journal of environmental management*. 2009; 90(5): 1663-1679.
- 6-Koparal AS, Ogutveren UB. Removal of nitrate from water by electroreduction and electrocoagulation. *Journal of hazardous materials*. 2002; 89(1): 83-94.
- 7-Ali I, Khan TA, Asim M. Removal of arsenic from water by electrocoagulation and electrodialysis techniques. *Separation & Purification Reviews*. 2011; 40(1): 25-42.
- 8-Hu CY, Lo SL, Kuan WH, Lee Y D. Removal of fluoride from semiconductor wastewater by electrocoagulation-flotation. *Water Research*. 2005; 39(5): 895-901.
- 9-Hu, CY, Lo SL, Kuan WH, Lee, YD. Treatment of high fluoride-content wastewater by continuous electrocoagulation-flotation system with bipolar aluminum electrodes. *Separation and Purification Technology*. 2008; 60(1): 1-5.
- 10- Yildiz YŞ, Koparal AS, İrdemez Ş, Keskinler B. Electrocoagulation of synthetically prepared waters containing high concentration of NOM using iron cast electrodes. *Journal of hazardous materials*. 2007; 139(2): 373-380.
- 11- Zaied M, Bellakhal N. Electrocoagulation treatment of black liquor from paper industry. *Journal of hazardous materials*. 2009; 163(2): 995-1000.
- 12- Tir M, Moulai-Mostefa N. Optimization of oil removal from oily wastewater by electrocoagulation using response surface method. *Journal of hazardous materials*. 2008; 158(1): 107-115.
- 13- Xu X, Zhu X. Treatment of refractory oily wastewater by electro-coagulation process. *Chemosphere*. 2004; 56(10): 889-894.
- 14- Abdelwahab O, Amin N, El-Ashtoukhy E. Electrochemical removal of phenol from oil refinery wastewater. *Journal of hazardous materials*. 2009; 163(2): 711-716.
- 15- Alizadeh-Golestani H, Layeghizadeh H. To decrease of turbidity, TSS of waste water of Shahid Hasheminezhad Gas Refinery of Sarakhs in the form of Electrocoagulation. *The First international Conference of Oil, Gas, Petrochemical And Power Plant*, 2012; 367.

## Efficiency of Electrical Coagulation Process in Reduction of Water Turbidity

Isanloo H<sup>1</sup>, Mohseni M<sup>2\*</sup>, Nazari sh<sup>2</sup>, Sarkhosh M<sup>3</sup>, Alizadeh Matboo S

<sup>1</sup>Assistant Professor of Environmental Health engineering, Research Center for Environmental Pollutants, Faculty of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran.

<sup>2</sup>School of Public Health, Qom University of Medical Sciences, member of Student Research Committee, Qom, Iran.

<sup>3</sup>Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

<sup>4</sup>School of Public Health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, IRAN

\*Corresponding Author. Tel: +989125117938 Fax: +982177310102 E-mail: eng\_mohseni\_env@yahoo.com

Received: 15 Jul 2013 Accepted: 22 Nov 2013

### ABSTRACT

**Background & Objectives:** Turbidity and colloidal factors are good shelters for growth and transmission of biological parameters as well as the factors affecting water usage from aesthetic point of view. Coagulating agents such as metal hydroxides are produced by the process of electrolysis. The coagulating agent combines with the pollutants to form large size flocs. This study aimed to investigate the efficiency of electrocoagulation-electrofloatation in removal of turbidity from aquatic environments.

**Methods:** In a laboratory-scale fundamental-applicable study a plexiglass electrocoagulation reactor (24 × 17 × 18 cm) was made. 4 iron/aluminum plates (electrode) with a dimension of 15 × 16 cm and thickness of 1mm were placed in parallel and 1.5 cm apart in the tank. A DC power supply with adjustable voltage (0-60 v) and amperage (0-6 amps) was used.

**Results:** The results showed that the highest turbidity removal from solution was obtained by aluminum electrode (97.60 %) at pH of 7, potential difference of 50 volts, and contact time of 30 minutes. The maximum rate of turbidity removal from aqueous solution by using iron electrodes (89.92%) was achieved at pH=7, potential difference of 50 volts, and contact time of 30 minutes.

**Conclusion:** based on experiments' results, using electrocoagulation-electrofloatation has an appropriate efficiency in turbidity removal. It can also be concluded that the efficiency of Al electrode to remove turbidity from solution is higher than that of Fe electrode.

**Keywords:** Electrocoagulation; Water; Turbidity; Electrofloatation