



تصفیه پساب خاکستری توسط انعقاد الکتریکی در مقیاس پایلوت برای حذف COD و استفاده مجدد برای آبیاری کشاورزی

محمد رضا موسی پور^۱، سید مرتضی موسوی راد^{۲*}، سید ضیا محمدی مبارک^۴

۱- گروه مهندسی معدن، پردیس علوم و تحقیقات سیرجان، دانشگاه آزاد اسلامی، سیرجان، ایران، mr_moosapour@yahoo.com

۲- گروه مهندسی معدن، واحد سیرجان، دانشگاه آزاد اسلامی، سیرجان، ایران

۳- عضو هیات علمی بخش مهندسی معدن، مجتمع آموزش عالی زرنده، دانشگاه شهید باهنر کرمان، s.m.moosavirad@gmail.com

۴- عضو هیات علمی بخش شیمی، دانشگاه پیام نور کرمان، szmohammadi@yahoo.com

چکیده

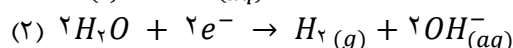
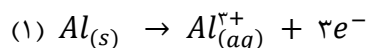
عملیات انعقاد شیمیایی از جمله فرآیندهای جدید و رو به رشدی است که به نحوه چشم گیری به منظور حذف آلایندها از آب فاضلاب مورد استفاده قرار گرفته اند در این مطالعه از الکترو کوگولاسیون توسط نمونه ساخته شده در مقیاس آزمایشگاهی به حجم ۳ لیتر و مجهز به ۶ الکتروود از جنس آهن، استیل و آلومینیوم استفاده گردید. که آزمایشات توسط الکتروودهای مجزا، به منظور حذف COD از پساب خاکستری صورت گرفت. تاثیر جنس الکتروود، زمان تماس ۵ تا ۲۵ دقیقه و ولتاژ ۵ تا ۳۰ ولت مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این تحقیق حاکی از آن می باشد که در حالت بهینه یعنی ولتاژ ۳۰ ولت و زمان ماند ۱۰ دقیقه میزان حذف COD در الکتروودهای آهن، آلومینیوم و استیل به ترتیب ۹۱ و ۹۰ و ۶۷ درصد بوده است و نتایج حاصله از این تحقیق بیانگر این بود که زمان تماس، ولتاژ ورودی و نوع الکتروود تاثیر به سزایی در حذف COD دارند که در آخر شاخص های کیفیت آب خروجی از این پایلوت، مناسب با استاندارد ایران جهت مصارف آب کشاورزی می باشد.

واژه های کلیدی: تصفیه پساب خاکستری، الکترو کوگولاسیون، COD، مصارف کشاورزی

۱-مقدمه

آب خاکستری به عنوان فاضلاب شهری تعریف شده است که شامل آب حمام - دوش - وان ها - حوضچه ها و ماشین های ظرفشویی و لباسشویی - سینک های آشپزخانه، به جز آب مصرفی در توالت ها می باشند [۱]. بعضی از محققان فاضلاب آشپزخانه را از دیگر مواد تولیدی جدا کرده اند [۲]. ۵۰ تا ۸۰٪ از فاضلاب خانگی را آب خاکستری تشکیل می دهد [۱]. به خاطر میزان پائین عوامل بیماری زا و نیتروژن، استفاده مجدد و بازیافت آب خاکستری مورد توجه افراد زیادی قرار گرفته است [۳]. که برای آبیاری کشاورزی استفاده شود. الکتروکوگولاسیون (EC) شیوه ای کامل و چند منظوره برای تصفیه ی آب و پساب می باشد که متکی بر تجزیه ی الکتروشیمیایی الکتروودهای فلزی (معمولاً آهن، آلومینیوم و استیل) درون گونه های حلال یا غیر حلال می باشد که ظرفیت افزایش کوگولاسیون، جذب و یا ته نشینی آلاینده های محلول و یا کلوییدی را دارد [۴].

هنگامی که کوگولاسیون کننده (با منعقد کننده) در اثر جریان ثابت یا پتانسیل باتری به تدریج در محل شکل می گیرد، EC قویاً با کوگولاسیون شیمیایی معمولی که منعقد کننده در ابتدا اضافه می شود، فرق می کند. واکنش های الکترولیتی EC با الکترودهای Al، انحلال فلز (آند) در معادله ۱ و کاهش آب (کاتد) در معادله ۲ آمده است.





الکتروکواگولاسیون به خوبی در موارد صنعتی، کشاورزی [۵]، و فاضلاب های زیرزمینی [۶] و حتی قابل شرب سازی انواع آب خام استفاده می شود [۷]. EC در واقع قادر به حذف انواع آلاینده ها از جمله فلزات سنگین [۸]، آنیون های مختلف [۷] و حتی قطرات و ذرات معلق روغن [۹] و ترکیبات آلی شامل رنگ می باشد [۱۰]. EC مزایای زیادی نسبت به روش های مشابه دارد از جمله بازدهی بالا، سرمایه گذاری و هزینه ی عملیاتی پایین، سادگی، پایین بودن تعداد تجهیزات مورد نیاز و سادگی کنترل فرآیند؛ که همگی تاییدی بر اعتبار این روش می باشند. به علاوه نیاز به مواد شیمیایی اضافی را کاهش داده و یا از بین می برد و هم چنین با توجه به نیاز EC منابع برقی کم، استفاده از منابع انرژی بازگشت پذیر توصیه می شود [۱۱].

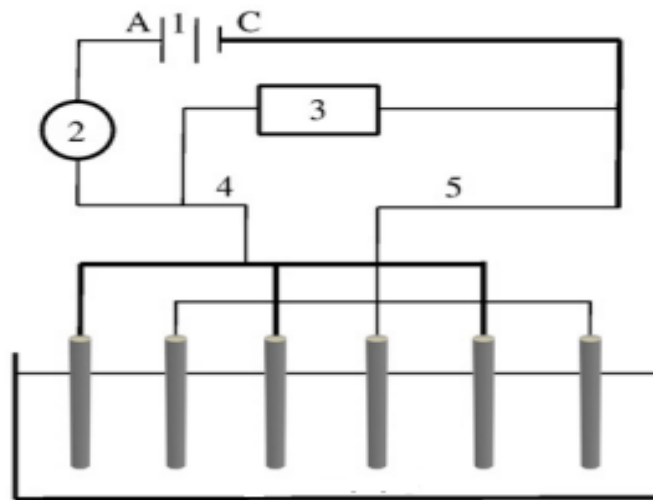
۲- منبع فاضلاب و ویژگیهای آن

فاضلاب مورد استفاده در این کار از لوله های جمع آوری پساب خاکستری در روستای فنود از توابع استان خراسان جنوبی با ظرفیت ۴۰ متر مکعب در روز، گرفته شد فاضلاب گرفته شده حاصل از سینک ظرفشویی، حمام، دستشویی و آشپزخانه می باشد. نمونه پساب گرفته شده برای انجام آزمایشات از یک مخزن معادل سازی جمع آوری شده بود که قبل از آن یک فیلتر شبکه ای برای حذف مو و جامدات وجود داشت نمونه خام گرفته شده از پساب خاکستری شامل چندین ترکیب ارگانیک از جمله روغن - گریس، کربو هیدرات ها، پروتئین ها، ذرات معلق و اجزای دیگر می باشد. ویژگیهای آب خاکستری ورودی عبارتند از: $\text{COD}=700 \text{ mg/l}$, $\text{BOD}=210 \text{ mg/l}$, $\text{tss}=59 \text{ mg/l}$, $\text{NTU}=17.1$ ، کدورت، $\text{PH}=6.48$ و $2700 \mu\text{c/cm}^3$ = هدایت الکتریکی.

۳- مواد و روش

در این روش پساب مورد نظر ابتدا به داخل مخزن پمپ شد. سپس الکترودها با استفاده از جریان برق فعال شده و در نتیجه عوامل منعقد کننده در آند و گاز هیدروژن در کاتد متصاعد می شود. عوامل منعقد کننده به مواد آلاینده چسبیده و باعث تشکیل لخته می شود و سپس گاز هیدروژن در حین بالا آمدن آنها را به سطح می آورد و پس از شناور شدن در سطح به حوض ته نشینی منتقل می شوند. معمولاً مقدار جریان خروجی همراه با مواد آلاینده از سطح، ۵٪ حجم کل جریان موجود در مخزن می باشد. در نهایت آب تمیز از سیستم به تانک ذخیره پمپ می شود. مدت زمان فرآیند به طبیعت مواد آلاینده و همچنین آهنگ مورد نیاز حذف مواد به آلاینده ها بستگی دارد، ولی به طور معمول این زمان تماس، ۲۵ تا ۳۵ دقیقه می باشد.

مطالعه حاضر در یک راکتور با جریان ناپیوسته در آزمایشگاه انجام گردید. پیلوت مورد نظر که طرح شماتیک آن در شکل ۱ نشان داده شده از جنس شیشه به ابعاد ۱۰۰*۱۰۰*۳۰۰ میلی متر به حجم ۳ لیتر مجهز به دستگاه مولد جریان الکتریسیته بود. تعداد ۶ الکترودها از جنس آلومینیوم در مرحله نخست و آهن در مرحله دوم و استیل در مرحله سوم هر یک به ابعاد ۱۰۰*۲۰*۲ میلی متر به فاصله ۲ سانتی متر از یکدیگر و به صورت شناور در راکتور تعبیه شده بودند در هر مرحله الکترودها به صورت دو به دو آلومینیوم-آلومینیوم و آهن-آهن و استیل-استیل به مولد جریان الکتریسیته از نوع DC متصل بود و سه الکترودها نقشه کاتد و سه الکترودها نقش آند را داشتند. دستگاه مولد انرژی قابلیت تولید جریان الکتریسیته در مقادیر استفاده در جریان های ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ ولت را دارا بود.



شکل ۱ - شمای پابلوت واحد الکتروکوگولاسیون
۱-منبع تغذیه ۲-آمپر متر ۳-ولتاژ ۴-ورودی آند ۵-ورودی کاتد

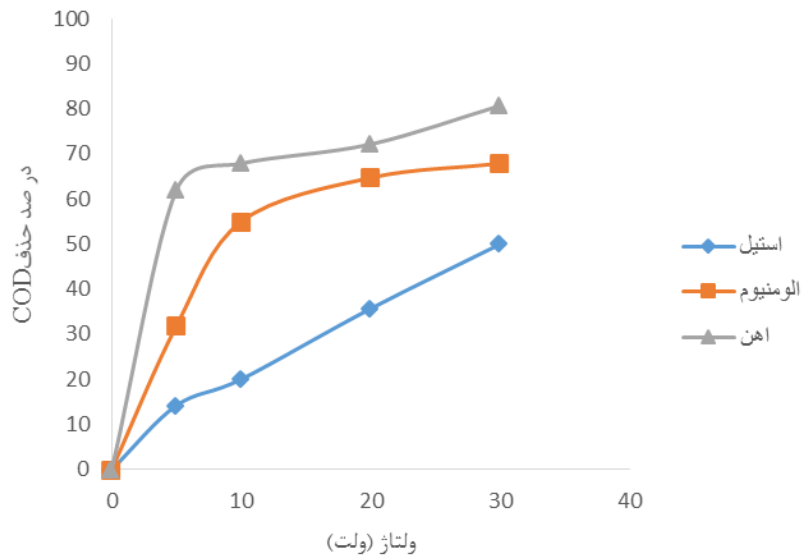
پس از آن متغیرات آزمایش که شامل تاثیر جنس الکتروود، زمان تماس ۵ تا ۲۵ دقیقه و ولتاژ ۵ تا ۳۰ ولت بود مورد مطالعه قرار گرفت و سپس با استفاده از پیپت نمونه گیر از عمق ۷ سانتیمتری راکتور نمونه گیری به عمل آمد و به صورت برجها به آزمایشگاه جهت اندازه گیری COD فرستاده شد

۴- بحث و نتایج

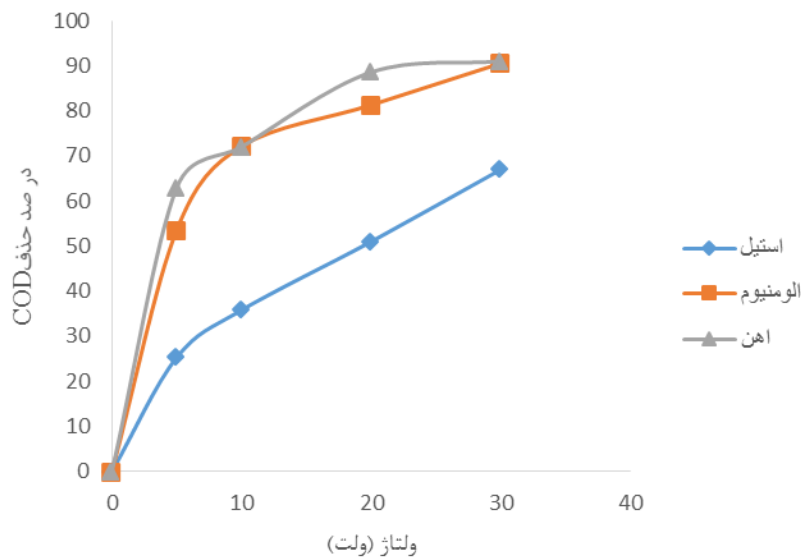
در پساب خاکستری مورد استفاده، اندازه ذرات با افزایش ولتاژ (مشابه با زمان)، افزایش می یابد. افزایش ولتاژ، به خوردگی بیشتر آلومینیوم از آند منجر می شود. از این رو، ممکن است استنباط شود که افزایش ولتاژ و زمان، برای تولید سوسپانسیون بی ثبات تری اجازه داده می شوند که در طول زمان منعقد سازی و شناور سازی می شود و به افزایش اندازه ی موثر ذره در آب خاکستری منجر می شود. بنابراین، یک افزایش در برداشتن تیرگی وجود دارد. انعقاد و الکتروکوگولاسیون به شدت با یکدیگر مرتبط هستند. بنابراین، با استفاده از روش فعلی با سلول الکتروشیمیایی آلومینیوم هرچه چگالی جریان بالاتر رود، فلوک بیش تری تشکیل می شود، که به گرفتن مولکول های آلودگی ها کمک خواهد کرد و به همین ترتیب حذف آلاینده بهبود می یابد. در چگالی جریان بالا، مقدار فلز یون افزایش یافته و حباب های گاز توسط اکسیداسیون گسترش می یابند و نیز آب تشکیل شده کاهش می یابد. این حباب ها به افزایش حذف آلاینده های فلوکی منجر می شود. به همین ترتیب، در نتیجه از الکتروولیز آب، تغییرات در pH بسیار متفاوت تر از آن است که در انعقاد مشاهده می شود در این مطالعه اثر ولتاژ و زمان ماند بر روی حذف COD برای الکتروودهای آلومینیوم، آهن و استیل در زمان های ماند (۵،۱۰،۱۵،۲۵) دقیقه و همچنین ولتاژهای (۵،۱۰،۱۵،۲۰،۲۵) ولت بررسی و در شکل ۲، ۳، ۴ و ۵ آورده شده است به طور کلی؛ با افزایش ولتاژ راندمان حذف COD نیز برای هر سه الکتروود افزایش یافته است. همان طور که مشاهده می شود این درصد حذف برای آلومینیوم در ولتاژ ۳۰ ولت و زمان ماند ۱۵ دقیقه به مقدار ۹۵.۲۸٪ حذف COD (۳۳mg/l) رسیده است که در مقایسه با عملکرد کوبی و همکاران در سال ۲۰۰۵ که توانسته بودند میزان COD را به ۳۰ mg/l کاهش دهند [۱۲]، نتایج تقریباً یکسانی بدست آمده است



. و برای الکتروود آهن در ولتاژ ۳۰ ولت و زمان ماند ۱۵ دقیقه مقدار ۹۳٪ حذف COD (۴۹ mg/l) به دست آمد، کوبی و همکاران در سال ۲۰۰۳ توانسته بودند مقدار COD را به (۳۰ mg/l) برسانند [۱۳]. که عملکرد بهتری را نسبت به مطالعه حاضر می‌رساند و همچنین برای الکتروود استیل در ولتاژ ۲۰ ولت و زمان ماند ۲۵ دقیقه در صد حذف COD برابر با ۷۰.۷٪ (۲۰۵ mg/l) بدست آمد که در مقایسه با عملکرد ژان و همکاران در سال ۲۰۰۵ که توانسته بودند COD را ۸۰٪ کاهش دهند [۱۴] درصد COD کمتری در مطالعه حاضر حذف شده است.



شکل ۲- تاثیر تغییرات ولتاژ و نوع الکتروود بر روی حذف COD در زمان ماند ۵ دقیقه

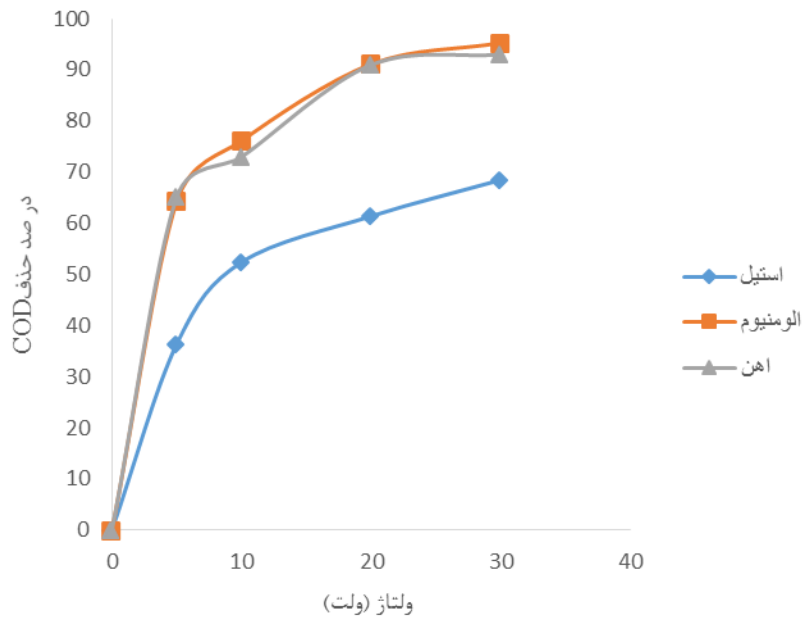


شکل ۳- تاثیر تغییرات ولتاژ و نوع الکتروود بر روی حذف COD در زمان ماند ۱۰ دقیقه

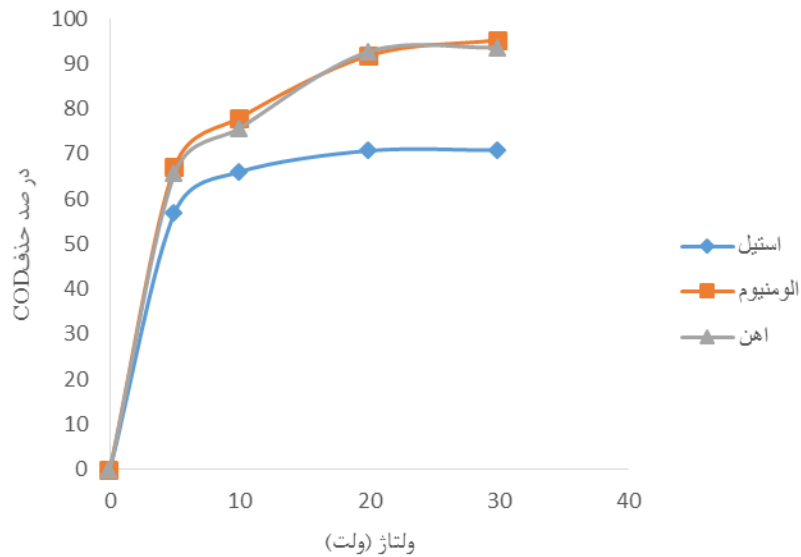


Third International Symposium on Environmental and Water Resources Engineering

۲-۳ June ۲۰۱۵, Tehran, Iran



شکل ۴- تاثیر تغییرات ولتاژ و نوع الکترود بر روی حذف COD در زمان ماند ۱۵ دقیقه



شکل ۵- تاثیر تغییرات ولتاژ و نوع الکترود بر روی حذف COD در زمان ماند ۲۵ دقیقه



۵- نتیجه گیری

در این مطالعه از الکترودهای آهن، آلومینیوم، و استیل برای تصفیه پساب خاکستری به منظور استفاده مجدد در آبیاری کشاورزی استفاده شد با توجه به راندمان حذف COD می توان اینگونه بیان کرد که الکتروده آلومینیوم توانسته است میزان COD را به ۳۳ mg/l و آهن میزان COD را به ۴۵ mg/l و استیل به مقدار ۱۹۹ mg/l کاهش دهد بنابر این با توجه به استاندارد های استفاده مجدد از پساب خاکستری در ایران، استفاده از الکتروده های آلومینیوم و آهن برای حذف COD مناسب می باشد. بنابر این با مقایسه مقادیر حذف COD می توان به این نتیجه رسید که استفاده از فرایند الکترو کاتولایسیون با استفاده از الکتروده آلومینیوم روش موثر برای حذف COD می باشد.

۶- قدردانی

مولفین این مقاله بر خود لازم می دانند از زحمات تمامی همکاران اداره آب و فاضلاب روستایی بیرجند و اساتید دانشکده بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کرمان که در انجام این طرح یاریگر ما بودند کمال امتنان و تشکر را داریم.

مراجع

- [۱] Eriksson E., Potential and problems related to reuse of water in households. Ph.D. Thesis. Environment and Resources DTU, Technical University of Denmark, ISBN.۲-۶۹-۸۹۲۲۰-۸۷ (۲۰۰۲).
- [۲] Little VL. Graywater Guidelines, The water conservation alliance of southern Arizona, Tucson, Arizona; ۲۰۰۲.
- [۳] Li Z, Gulyas H, Jahn M, Gajurel DR, Otterpohl R. Greywater treatment by constructed wetland in combination with TiO₂-based photocatalytic oxidation for suburban and rural areas without sewer system. Water Sci Technol ۲۰۰۳; ۴۸(۱۱): ۱۰۱-۶.
- [۴] P.K. Holt, G.W. Barton, C.A. Mitchell, The future for electrocoagulation as a localised water treatment technology, Chemosphere ۵۹ (۲۰۰۵) ۳۵۵-۳۶۷.
- [۵] M. Asselin, P. Drogui, H. Benmoussa, J.-F. Blais, Effectiveness of electrocoagulation process in removing organic compounds from slaughterhouse wastewater using monopolar and bipolar electrolytic cells, Chemosphere ۷۲ (۲۰۰۸) ۱۷۲۷-۱۷۳۳.
- [۶] M.-F. Pouet, A. Grasmick, Urban wastewater treatment by electrocoagulation and flotation, Water Sci. Technol. ۳۱ (۱۹۹۵) ۲۷۵-۲۸۳.
- [۷] N. Mameri, A.R. Yeddou, H. Lounici, D. Belhocine, H. Grib, B. Bariou, Defluoridation of septentrional Sahara water of North Africa by electrocoagulation process using bipolar aluminium electrodes, Water Res. ۳۲ (۱۹۹۸) ۱۶۰۴-۱۶۱۲.
- [۸] I. Zongo, J.-P. Leclerc, H. Amadou Maïga, J. Wéthé, F. Lopicque, Removal of hexavalent chromium from industrial wastewater by electrocoagulation: a comprehensive comparison of aluminium and iron electrodes, Sep. Purif. Technol. ۶۶ (۲۰۰۹) ۱۵۹-۱۶۶.
- [۹] M.G. Kiliç, Ç. Hoşten, Ş. Demirci, A parametric comparative study of electro-coagulation and coagulation using ultrafine quartz suspensions, J. Hazard. Mater. ۱۷۱ (۲۰۰۹) ۲۴۷-۲۵۲.
- [۱۰] N. Daneshvar, H. Ashassi-Sorkhabi, A. Tizpar, Decolorization of orange II by electrocoagulation method, Sep. Purif. Technol. ۳۱ (۲۰۰۳) ۱۵۳-۱۶۲.
- [۱۱] M.Y.A. Mollah, P. Morkovsky, J.A.G. Gomes, M. Kesmez, J. Parga, D.L. Cocke, Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation, J. Hazard. Mater. ۱۱۴ (۲۰۰۴) ۱۹۹-۲۱۰.
- [۱۲] Kobya, M., Can, O.T., Bayramoglu, M., Treatment of textile wastewaters by electrocoagulation using iron and aluminum electrodes. J. Hazard. Mater. ۱۰۰.۱۷۸-۱۶۳ (۳-۱) (۲۰۰۳)
- [۱۳] Kobya, M., Demirbas, E., Can, O.T., Bayramoglu, M. Treatment of levafix orange textile dye solution by electrocoagulation. J. Hazard. Mater. B۱۳۲, ۱۸۳-۱۸۸. (۲۰۰۵)
- [۱۴] Zhu, B., Clifford, D.A., Chellam, S. Comparison of electrocoagulation and chemical coagulation pretreatment for enhanced virus removal using microfiltration membranes. Water Res. ۳۹ (۱۳), ۳۰۹۸. (۲۰۰۵).