



بررسی کارایی فرایند الکتروپرسولفات در حذف رنگزای اسید آبی ۲۵

زینب قربانی، بیتا آیتی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست،

دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- دانشیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس،

تهران، ایران

zeinab_ghorbani@modares.ac.ir

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی کارایی فرایند الکتروپرسولفات در حذف رنگزا از محیط‌های آبی بود. به منظور بهینه‌سازی پارامترها از روش تک‌فاکتوری استفاده شد و تأثیر سه پارامتر اصلی شامل pH، غلظت نمک پرسولفات سدیم و شدت جریان مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج، راندمان بهینه حذف ۹۴ درصد در مدت‌زمان ۶۰ دقیقه و تحت شرایط pH برابر با ۵، غلظت اولیه نمک پرسولفات سدیم برابر با ۲۵۰ mg/L و شدت جریان برابر با ۵۰۰ mA بدست آمد. با توجه به نتایج این پژوهش، فرایند الکتروپرسولفات می‌تواند یک فرایند کارآمد برای حذف رنگزا از پساب‌های صنعتی باشد.

کلمات کلیدی: رادیکال سولفات، پرسولفات، الکتروشیمیایی، الکتروگرافیت، اسید آبی ۲۵

۱. مقدمه، هدف و پیشینه تحقیق

رنگزها از آلاینده‌های متداول موجود در فاضلاب‌های صنعتی می‌باشند و صنایع نساجی و رنگرزی از مهمترین مصرف‌کنندگان این ترکیبات به شمار می‌روند. غلظت مواد رنگی در فاضلاب این صنایع نسبت به دیگر مواد شیمیایی بالاست و ورود آن‌ها به آب‌های پذیرنده با توجه به خصوصیات این فاضلاب‌ها از قبیل ساختار شیمیایی متنوع، مقاومت در برابر نور، غیر قابل تجزیه بیولوژیکی بودن، دامنه pH متغیر و از همه مهم‌تر، سمیت و سرطان‌زا بودن به دلیل ساختار حلقوی آروماتیک، تأثیرات نامطلوبی بر محیط زیست و اکوسیستم موجود خواهد گذاشت [۱].

استاندارد پتانسیل کاهش پرسولفات، بیشترین مقدار را برای استفاده به عنوان اکسیدکننده در فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته به خود اختصاص داده است. با این حال در دمای اتاق و در غیاب کاتالیست، واکنش‌های اکسیداسیون پرسولفات بسیار آهسته است. فعال شدن پرسولفات که شامل ازهم‌گسیختگی پیوند O-O است، رادیکال سولفات ($SO_4^{\cdot-}$) با قابلیت اکسیدکنندگی بالا را تولید می‌کند [۲]. پرسولفات می‌تواند به روش‌های مختلف مانند گرما، اشعه UV، قلیابیت، کربن فعال و یون‌های فلزی فعال شود. پتانسیل اکسایش-کاهش رادیکال سولفات تولیدشده از طریق فعال‌سازی پرسولفات، بستگی به نحوه فعال‌سازی آن دارد. همچنین، استفاده از فرایند الکتروشیمیایی موجب بهبود عملکرد سیستم در حذف آلاینده خواهد شد [۶].

تحقیقات فراوانی در زمینه حذف آلاینده‌های مختلف با استفاده از نمک پرسولفات سدیم فعال‌شده با روش‌های گوناگون انجام شده است. به عنوان مثال، Liu و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی، کاهش هیدروکلرید تتراسایکلین توسط تلفیق فرایند اکسیداسیون الکتروشیمیایی و پرسولفات را انجام داد که راندمان حذف برابر با ۸۱٪ بدست آمد [۵]. Cai و همکاران (۲۰۱۸) مطالعات خود را در زمینه اکسیداسیون الکتروشیمیایی اسید ۲ و ۴-دی‌کلروفنوکسی استیک با استفاده از پرسولفات فعال‌شده توسط فرایند الکتروشیمیایی انجام دادند. در این پژوهش، راندمان حذف در چگالی جریان 5 mA/cm^2



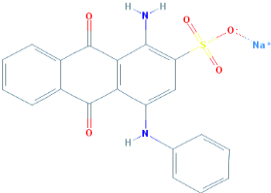
به میزان ۹۶٪ بدست آمد [۱]. Li و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی در زمینه کاهش ۲ و ۴-دی نیتروفل در محلول های آبی با استفاده از فرایند الکتروپرسولفات با آند از جنس آهن حلقوی ورقه ای مطالعات خود را انجام دادند که در زمان واکنش ۱۵ دقیقه با راندمان حذف COD برابر با ۶۳٪ رسیدند [۴].

با توجه به تحقیقات صورت گرفته در زمینه کارایی فرایند الکتروپرسولفات در حذف آلاینده ها، هدف از این تحقیق بهینه سازی پارامترهای مؤثر بر فرایند در حذف رنگزای اسید آبی ۲۵ به عنوان آلاینده شاخص به روش تک فاکتوری بود.

۲. مواد و روش ها

رنگ اسید آبی ۲۵ (جدول ۱) از شرکت الوان ثابت همدان، ترکیبات شیمیایی شامل هیدروکسید سدیم و اسیدسولفوریک از شرکت مجلی و پرسولفات سدیم و آهن (II) سولفات از نمایندگی شرکت مرک آلمان تهیه شد. در این پژوهش از pH متر دیجیتالی Metrohm مدل ۶۹۱ و اسپکتروفتومتر نوع UV-Visible مدل DR 4000 ساخت شرکت Hach، همزن مغناطیسی مدل H5-860 ساخت شرکت طیف آزما استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات رنگزای اسید آبی ۲۵

عنوان	توضیحات
فرمول شیمیایی	$C_{20}H_{13}N_2NaO_5S$
ساختار شیمیایی	
جرم مولکولی (g/mol)	۴۱۶/۳۰۸
pH رنگزا	۷/۹۳

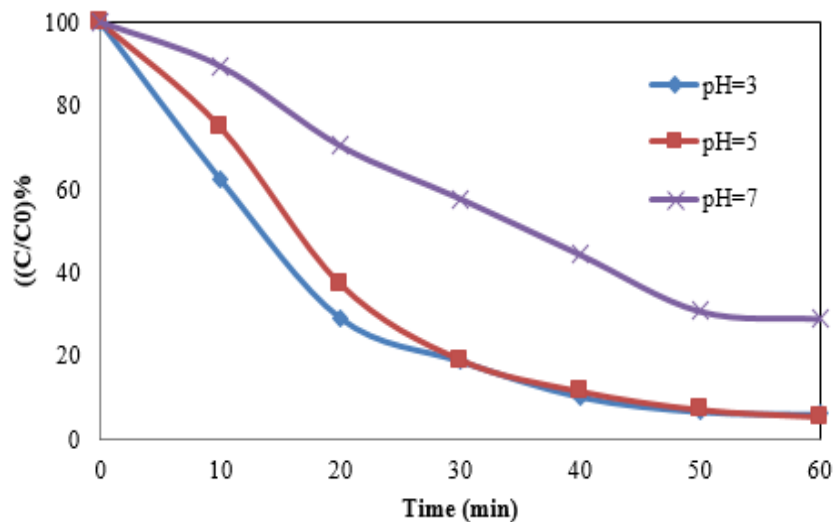
به منظور بررسی عملکرد نمک پرسولفات سدیم در حذف رنگزا از یک بشر آزمایشگاهی به حجم مفید ۵۰۰ میلی لیتر و برای اختلاط نمونه ها از همزن مغناطیسی فراشفق مدل MSH-610 استفاده شد. قبل از قرائت نمونه ها و به منظور رفع اثر سوء احتمالی حضور لجن روی نتایج، نمونه ها به مدت ۲ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ rpm سانتیفریو می شدند. مقادیر جذب رنگ باقی مانده در نمونه ها در طول موج ۶۰۲ nm اندازه گیری می شد. نکته قابل ذکر اینکه کلیه آزمایشات در غلظت اولیه نمک سولفات آهن (II) برابر با ۱۰۰ mg/L، دمای اتاق (۲۵ °C)، فاصله الکترود ۳ cm، غلظت نمک سولفات سدیم به عنوان الکترولیت برابر با ۱۶۰۰ mg/L و دور همزن ۱۰۰ rpm انجام شدند.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. تعیین pH بهینه

به منظور تعیین pH بهینه به عنوان یکی از پارامترهای اصلی این فرایند، نتایج آزمایش حذف رنگزا در pH های مختلف در شکل ۱ ارائه شده است. طبق نتایج، با افزایش تدریجی pH از شرایط اسیدی به محدوده قلیایی، بیشتر آهن موجود در سیستم اکسیداسیون، به حالت Fe^{3+} تغییر گونه می دهد و از آنجایی که تنها Fe^{2+} قادر به فعال سازی $S_2O_8^{2-}$ است، با

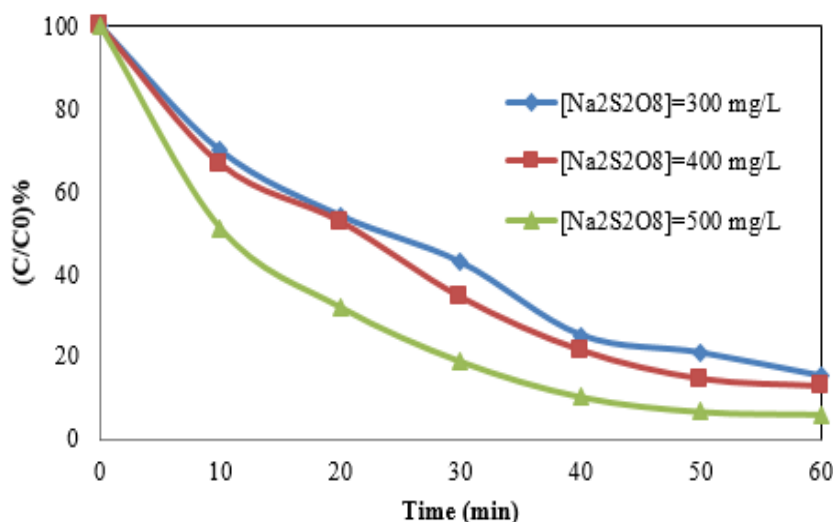
کاهش نسبت Fe^{2+} به Fe^{3+} کارایی فرایند به مقدار قابل توجهی کاهش می یابد. همچنین در pH های بالای ۳، حلالیت Fe^{2+} باقی مانده در محلول کاهش و آهن به حالت کلئیدی در می آید. این پدیده نیز به نوبه خود کارایی را کاهش می دهد [۴]. با توجه به نتایج حاصل از آزمایشات ملاحظه می شود حداکثر راندمان حذف رنگزا در pH برابر با ۵ و در مدت زمان ۶۰ دقیقه برابر با ۹۱ درصد بدست آمد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل، pH برابر با ۵ که به عنوان مقدار بهینه انتخاب شد.



شکل ۱- تغییرات غلظت رنگزا در واحد زمان برای مقادیر مختلف pH
[Na₂S₂O₈] = ۵۰۰ mg/L, I = ۵۰۰ mA

۲.۳. تعیین غلظت اولیه نمک پرسولفات سدیم بهینه

آزمایشات انجام شده به منظور به دست آوردن مقدار غلظت بهینه یون پرسولفات، در شرایط بهینه pH انجام شد که نتایج در شکل ۲ ارائه شده است. همان طور که مشاهده می شود تغییرات غلظت این ترکیب به عنوان عامل اصلی تولید SO_4^{2-} ، تأثیر محسوسی در کارایی حذف رنگ داشت. با توجه به اینکه راندمان حذف رنگزا در یون پرسولفات با غلظت ۵۰۰ mg/L تقریباً برابر با ۹۴٪ است، این غلظت به عنوان مقدار بهینه انتخاب شد.

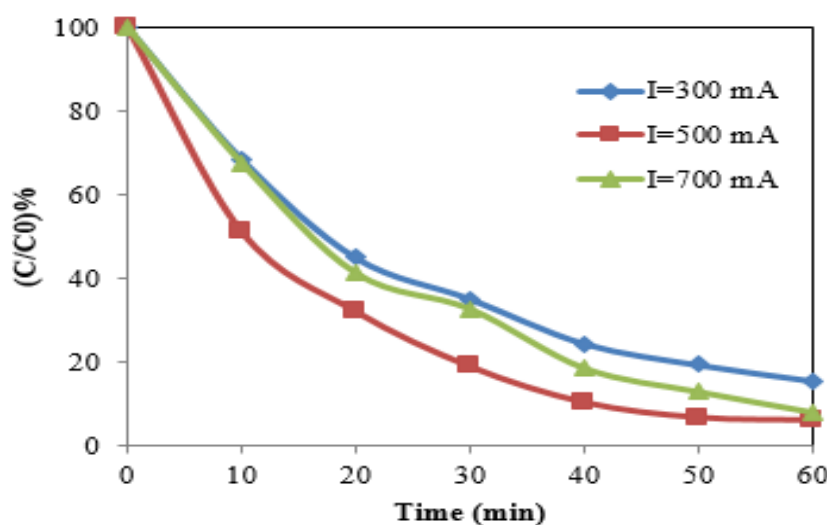


شکل ۲- تغییرات غلظت رنگزا در واحد زمان برای مقادیر مختلف غلظت پرسولفات سدیم
pH = ۵, I = ۵۰۰ mA



۳.۳. تعیین شدت جریان بهینه

آزمایشات انجام شده به منظور به دست آوردن مقدار شدت جریان بهینه، در شرایط بهینه pH و غلظت اولیه نمک پرسولفات سدیم در شکل ۳ ارائه شده است. همان طور که ملاحظه می شود، تغییرات شدت جریان به عنوان عامل پیش برنده فرایند الکتروشیمیایی، تأثیر محسوسی در کارایی حذف رنگزا داشت. کاهش تأثیر افزایش شدت جریان بر بهبود عملکرد سیستم می تواند مربوط به واکنش های جانبی ایجاد شده توسط شدت جریان بالاتر باشد [۴]. با توجه به اینکه راندمان حذف رنگزا در شدت های جریان ۵۰۰ mA و ۷۰۰ mA تقریباً برابر و به میزان ۹۴ درصد بود، به منظور صرفه جویی در مصرف انرژی، شدت جریان برابر با ۵۰۰ mA به عنوان مقدار بهینه انتخاب شد.



شکل ۳- تغییرات غلظت رنگزا در واحد زمان برای مقادیر مختلف شدت جریان
pH = ۵, [Na₂S₂O₈] = ۵۰۰ mg/L

۴. نتیجه گیری

در این پژوهش، عملکرد حذف رنگزای اسید آبی ۲۵ با استفاده از فرایند الکتروپرسولفات و پارامترهای مؤثر در این فرایند به روش تک فاکتوری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایشات نشان داد در مدت زمان ۶۰ دقیقه و در شرایط بهینه pH = ۵، [Na₂S₂O₈] = ۵۰۰ mg/L و شدت جریان برابر با ۵۰۰ mA، راندمان حذف ماده رنگزا ۹۴ درصد می باشد.

۵. مراجع

1. Cai J., Zhou M., Liu Y., Savall A., Serrano K. G., (2018). Indirect electrochemical oxidation of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid using electrochemically-generated persulfate. *Chemosphere*. 204: 163-169.
2. Ike I. A., Linden K., Orbell J. D., Duke M., (2018). Critical review of the science and sustainability of persulfate advanced oxidation processes. *Chemical Engineering Journal*, 338: 651-669.
3. Khataee A., Akbarpur A., Vahid B., (2013). Photoassisted electrochemical degradation of an azo dye using Ti/RuO₂ anode and carbon nanotubes containing gas-diffusion cathode. *Journal of the Taiwan of Chemical Engineers*, 727: 1-7.
4. Li J., Ren Y., Lai L., Lai B., (2018). Electrolysis assisted persulfate with annular iron sheet as anode for the enhanced degradation of 2, 4-dinitrophenol in aqueous solution. *Journal of Hazardous Material*. 344: 778-787.
5. Liu J., Zhong S., Song Y., Wang B., Zhang F., (2018). Degradation of tetracycline hydrochloride by electro-activated persulfate oxidation. *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 809: 74-79.



6. Wang J., Wang S., (2018). Activation of persulfate (PS) and peroxymonosulfate (PMS) and application for the degradation of emerging. *Chemical Engineering Journal*. 334: 1502-1517.
7. Zhou L., Zheng W., Ji Y., Zhang J., Zeng C., Zhang Y., Wang Q., Yang X., (2013). Ferrous-activated persulfate oxidation of arsenic (III) and diuron in aquatic system. *Journal of Hazardous Materials*. 263: 422-430.