حذف رنگزای منو آزویی از پساب نساجی با روش الکتروکواگولاسیون

مینا رضائی[1] | سیده فرخ حسینی شکرابی[2] | مهدی ورسه‌ای[3]

چکیده

فاضلاب‌های رنگی صنایع نساجی به‌ویژه ترکیبات آزو معمولاً حاوی مواد سمی و پایدار در محیط زیست هستند. از این رو بررسی کارایی روش‌های متعدد در حذف آنها ضروری است. ترکیب رنگی Acid red 37 از نظر ساختار در گروه رنگ‌های منوآزو قرار دارد که اکنون در صنایع نساجی کاربرد وسیعی یافته است. هدف از این تحقیق بهینه‌سازی عوامل مؤثر روش الکتروکواگولاسیون در حذف رنگزای منو آزو Acid Red 37 است. در این تحقیق فاضلاب مورد آزمایش از نوع سنتزی و رنگ Acid Red 37 تهیه و در مقیاس پایلوت انجام شد.

پارامترهای مؤثر مانند غلظت، pH و دانسیته جریان الکتریکی بر کارایی فرایند بررسی و در نهایت مقادیر بهینه هریک از پارامترها در راندمان ۹۰ درصد تعیین گردید. در نهایت، برای بررسی تجزیه آلاینده و ترکیبات تولیدی، آنالیز GC-Mass صورت گرفت. در روش الکتروکواگولاسیون بهینه شرایط pH=۷، مدت زمان واکنش ۱۲۰ دقیقه، دانسیته جریان الکتریکی معادل ۳۰ mA/cm^2 در غلظت ۱۰۰mg/L بود. نتایج حاصل نشان داد روش الکتروکواگولاسیون راندمان بالایی داشته و می‌تواند به عنوان گزینه برتر معرفی شود.

۱- مقدمه

همه ساله در حدود ۱۰ هزار نوع رنگ مصنوعی برای استفاده در صنایع مختلف تولید می‌شود که در این بین میزان رنگ مصرفی در صنایع نساجی ۱۰ درصد و در دیگر صنایع حدود ۲ درصد است. بارزترین مشخصه فاضلاب صنایع نساجی، وجود رنگ در پساب این صنایع است. حذف رنگ از فاضلاب صنایع نساجی به علت قابلیت پایداری بالا و توانایی کم تجزیه بیولوژیکی یکی از مشکلات اصلی این صنایع محسوب می‌شود.

در فرایند الکتروکواگولاسیون با ایجاد جریان الکتریکی بین الکترودها با توجه به واکنش‌هایی که در آند و کاتد رخ می‌دهد، پیش‌سازهای لازم برای تولید منعقدکننده‌های هیدروکسید فلزی و درنتیجه حذف آلاینده‌ها در محل واکنش تولید می‌شود.

به‌طور عمده این فرایند شامل تولید ماده منعقدکننده در اثر اکسیداسیون آند، ناپایدارسازی آلاینده‌ها و متراکم شدن و تشکیل لخته است. واکنش‌های اصلی فرایند به شرح زیر است:

$$4Fe \longrightarrow 4Fe^{+2} + 8e^- + 10H_2O + O2 \rightarrow 4Fe(OH)_3 + 8H+ + 4Fe^{+2} \quad (۱)$$

$$8H+ + 8e^- \rightarrow 4H_2 \quad (۲)$$

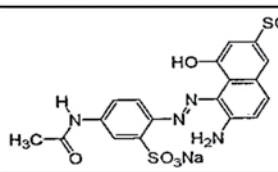
$$4Fe + 10H_2O + O_2 \longrightarrow 4Fe(OH)_3 + 4H_2 \quad (۳)$$

۲- تجربیات/ تئوری

در این تحقیق از رنگزای Acid Red 37 استفاده شد که مشخصات آن در جدول ۱ ارائه شده است. غلظت رنگزا با دستگاه اسپکتروفتومتر Hach-DR ۴۰۰۰ مطابق با روش استاندارد C ۲۱۱۰ تعیین شد. برای تعیین pH از دستگاه pH متر مدل PJ 300 ساخت شرکت Metrohm و برای تنظیم pH نمونه‌ها از ترکیب N_2SO_4 و NaOH با غلظت ۰/۱ M استفاده شد.

جهت آزمایش، یک راکتور مکعبی شکل از جنس پلکسی‌گلاس با حجم مفید ۲/۵ لیتر انتخاب شد. تعداد ۲ عدد صفحه فلزی به‌عنوان الکترود از جنس آهن، با سطح مؤثر ۹/۳ Cm×۱۰/۷ Cm در راکتور تعبیه شد. فاصله بین الکترودها از دیواره راکتور ۳/۵ Cm، ۰/۷۵ Cm و نسبت به هم ۲ سانتیمتر در نظر گرفته شد. پیش از شروع آزمایش‌ها، هوادهی با میزان جریان ۱ L/min از طریق حباب‌ساز مدل Pumpdrive5001 که در کف راکتور تعبیه شده بود وارد سیستم گردید که علاوه بر تأمین هوای مورد نیاز منجر به ایجاد شرایط اختلاط کامل نیز می‌شد. شماتیک پایلوت استفاده شده در شکل ۱ آمده است.

جدول ۱: مشخصات رنگزای Acid Red 37

مشخصات	Acid Red 37
ساختار شیمیایی	
فرمول مولکولی	$C_{18}H_{14}N_4Na_2O_8S_2$
وزن مولکولی (g/mol)	۵۲۴/۴۴
طول‌موج (λmax)	۵۱۳ nm

جدول ۲: محدوده پارامترهای مورد مطالعه

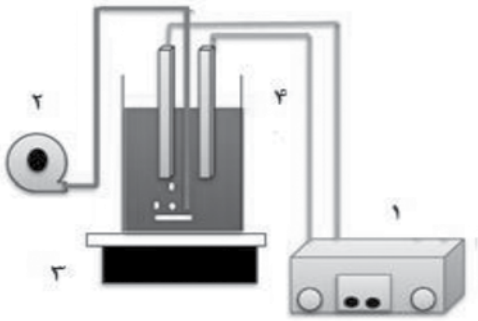
پارامترها	محدوده آزمایش
pH	۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۱
غلظت‌های ماده رنگزا (mg/L)	۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰
دانسیته جریان (mA/cm2)	۱۰، ۲۰، ۳۰

منحنی جذب در غلظت‌های مشخص شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۳ nm رسم و میزان بهینه هریک از پارامترها تعیین گردید. محدوده هر یک از پارامترها در جدول ۲ آمده است. الکترودها با استفاده از سیم تک‌قطبی به منبع تغذیه جریان مستقیم برق متصل شدند. جهت بررسی ترکیبات حاصل از تجزیه Acid Red 37 از دستگاه آنالیز GC-Mass مارک Perkinelmer مدل Clarus 680 (GC)، Clarus SQ 8S (Mass) استفاده شد.

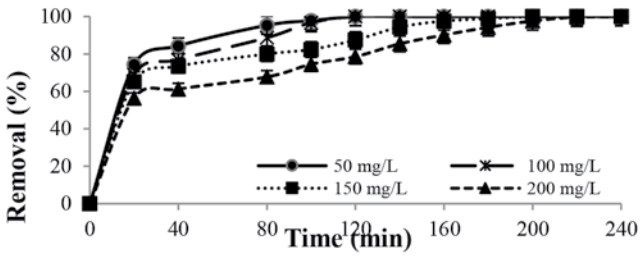
۳- نتایج و بحث

در بررسی تأثیر غلظت رنگزا، نتایج حاصل از فرایند الکتروکواگولاسیون مطابق شکل ۲ نشان داد که سرعت حذف رنگزا با افزایش غلظت اولیه آن کاهش می‌یابد و برای دستیابی به راندمان حذف مناسب، مدت زمان بیشتری نیاز است. با توجه به نتایج مشخص شد که در یک دانسیته جریان الکتریکی ثابت، با توجه به گذشت زمان، میزان منعقدکننده هیدروکسید تشکیل شده ثابت است، بنابراین درصورت افزایش غلظت رنگزا، فرایند انعقاد و لخته‌سازی نامناسب خواهد بود . در تحقیق حاضر غلظت اولیه ۱۰۰ mg/L با راندمان حذف بیش از ۹۰ درصد رنگزا در مدت زمان ۱۰۰ دقیقه به عنوان مقدار بهینه انتخاب شد.

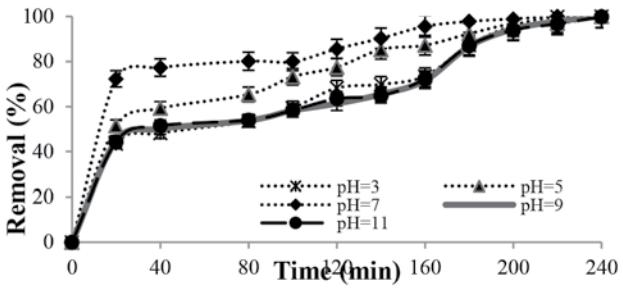
در بررسی تأثیر pH مطابق نتایج حاصل از شکل ۳، در ۲۰ دقیقه ابتدای فرایند انعقاد الکتریکی با pH معادل ۷ راندمان حذف رنگزا به ۷۲/۳ درصد رسید.



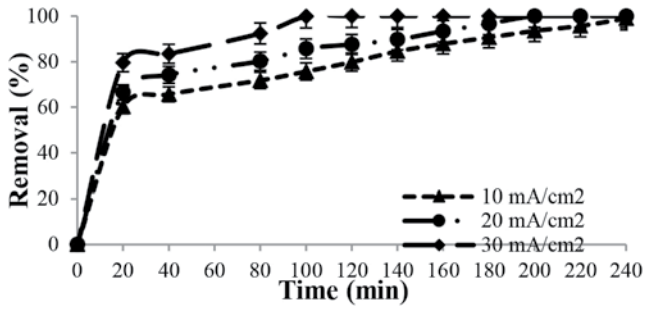
شکل ۱: شماتیک پایلوت استفاده شده در این تحقیق ۱: دستگاه تغذیه ۲: پمپ تغذیه کننده هوا ۳: راکتور الکتروکواگولاسیون ۴: الکترود



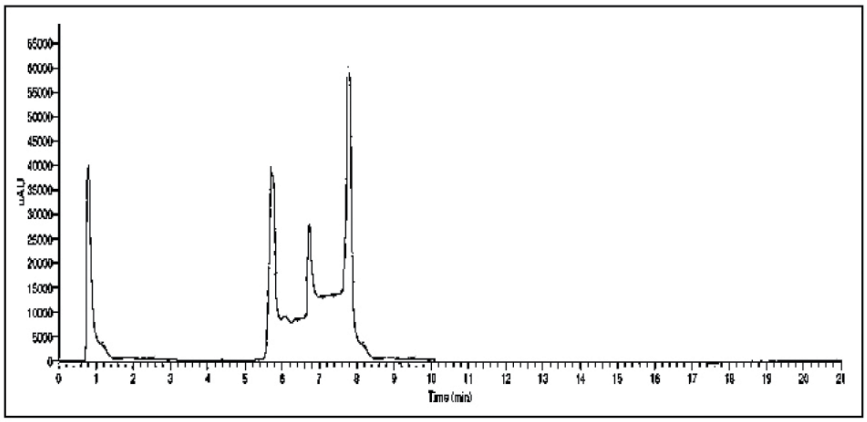
شکل ۲: بررسی راندمان حذف رنگزا در غلظت‌های مختلف در فرایند الکتروکواگولاسیون (شرایط آزمایش: D=1cm، pH=۹، Conductivity=1600 µS/cm،CD=20mA/cm²،Temperature=25C)



شکل ۳: بررسی راندمان حذف رنگزا در pH های مختلف در فرایند الکتروکواگولاسیون (شرایط آزمایش: D=1cm، Concentration=100 mg/L، Conductivity=1600 µS/cm،CD=20mA/cm²،Temperature=25C)



شکل ۴- بررسی راندمان حذف رنگزا در دانسیته جریان‌های مختلف در فرایند الکتروکواگولاسیون (شرایط آزمایش: (Conductivity=1600 µS/cm، pH=۷، Temprature=25C،Concentration=100 mg/L،D=1cm



شکل ۵- آنالیز GC-Mass در فاضلاب سنتزی در شرایط بهینه مربوط به فرایند الکتروکواگولاسیون

با توجه به عدم نیاز تزریق مواد تنظیم‌کننده، در pH معادل ۷ و میزان انرژی مصرفی ۱۶۳/۴ pH/kg Dy Removal، این pH به‌عنوان مقدار بهینه انتخاب شد. براساس تحقیقات تزکام و ایتاک در سال ۲۰۱۳، تفاوت چشمگیری در راندمان حذف آلاینده در pHهای مختلف مشاهده نشد.

نتایج بدست آمده از بررسی دانسیته جریان همانطور که در شکل ۴ آمده است نشان داد که با افزایش دانسیته جریان، راندمان حذف افزایش می‌یابد. این تغییر به علت افزایش سرعت تولید مواد منعقدکننده و گازها بوده که باعث انعقاد، لخته‌سازی و جداسازی سریعتر آلاینده می‌شود. در این تحقیق در مدت زمان ۹۰ دقیقه با میزان انرژی مصرفی ۶۱/۲ pH/kg Dy Removal، دانسیته جریان الکتریکی ۳۰ mA/cm^2 به‌عنوان مقدار بهینه تعیین شد.

برای تعیین دقیق ترکیبات میانی تولید شده و اطمینان از تجزیه Acid Red 37، آزمایش GC-Mass برای نمونه فاضلاب تصفیه شده در شرایط بهینه (غلظت ورودی ۵۰ mg/L و ۱۰۰ با راندمان حذف ۹۰ درصد) انجام شد.

همان‌طور که در شکل ۵ ملاحظه می‌شود Acid Red 37 به ترکیبات میانی مینای۱ با سمیت کمتر نسبت به آن تجزیه شده که گویای آن است که فرایند مذکور قابلیت تجزیه آن را دارد. جرم مولکولی ترکیبات میانی 3-amino-5-[(aminoxy) sulfonyl] phenyl}ethanol-{، ۲۴۵/۱۵ g/mol با نقطه جوش ۷۸/۳۷ درجه سلسیوس، ۲۶۱/۱ g/mol7,8-diamino-3 [(aminoxy) sulfonyl] naphthalene-1-o1 با نقطه جوش ۲۱۸ درجه سلسیوس، آب، g/mol ۱۸ و دی‌اکسید کربن، g/mol ۴۴ تبدیل شده‌است.

٤-نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصل از بررسی تجزیه Acid Red 37 می‌توان به این نتیجه رسید که فرایند الکتروکواگولاسیون قابلیت تجزیه ترکیب رنگی به مواد ساده‌تر را دارد. با افزایش غلظت، حذف ماده رنگزا در فرایند کاهش یافت، اما مطابق یافته‌ها روش الکتروکواگولاسیون نسبت به افزایش غلظت (تا ۱۰۰ mg/L) مقاومت بیشتری از خود نشان داد که بیانگر قابلیت بالای آن است.

الکتروکواگولاسیون در pH خنثی معادل ۷، قابلیت حذف ترکیب رنگ را دارد. نتایج GC-Mass نشان داد که Acid Red 37 طی این فرایندها به ترکیبات ساده غیر سمی تبدیل شده است.

پی‌نوشت

۱- هیئت علمی گروه معدن محیط زیست جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر
۲- کارشناس گروه تکنولوژی نساجی جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر
۳- استادیار گروه مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران