

مطالعه تعادل و سینتیک جذب رنگ دایرکت بلو ۷۱ توسط گل قرمز از محیط‌های آبی

رضا شکوهی^۱، سید جواد جعفری^۲، غلامحسین جوشنی^۳، محمود تقوی^۴، زهرا کاشی‌تراش اصفهانی^۵

چکیده

مقدمه: برخی از رنگ‌ها سمی و حتی سرطان‌زا بوده که قبل از تخلیه فاضلاب‌های نساجی به سیستم‌های متداول، نیازمند جداسازی و تصفیه پیشرفته هستند. هدف از این مطالعه حذف رنگ دایرکت بلو ۷۱ از محیط‌های آبی با استفاده از گل قرمز فعال شده بود.

روش‌ها: گل قرمز با استفاده از اسید نیتریک فعال شد و در آزمایش‌های جذب مورد استفاده قرار گرفت. حذف رنگ دایرکت بلو ۷۱ با استفاده از گل قرمز فعال شده به عنوان تابعی از زمان تماس، pH و غلظت اولیه رنگ مورد بررسی قرار گرفت. ایزوترم‌های جذب با استفاده از مدل‌های فروندلیخ و لانگمویر مورد تحلیل قرار گرفتند. داده‌های سینتیکی با سینتیک‌های شبه درجه اول و شبه درجه دوم تطبیق داده شدند.

نتایج: میزان جذب رنگ با کاهش pH، افزایش زمان تماس و غلظت اولیه رنگ افزایش می‌یابد. مدل ایزوترمی فروندلیخ ($R^2=0/9737$) بهترین تطابق را با داده‌های آزمایش داشت. داده‌های سینتیکی از سینتیک شبه درجه دو ($R^2=0/9902$) بهتر پیروی کردند.

بحث و نتیجه‌گیری: براساس نتایج این مطالعه، استفاده از گل قرمز، به عنوان یک جاذب مؤثر و ارزان قیمت، جهت پیش تصفیه پساب‌های آلوده به رنگ دایرکت بلو ۷۱ می‌تواند مورد ملاحظه قرار گیرد.

واژگان کلیدی: دایرکت بلو ۷۱، فاضلاب نساجی، گل قرمز فعال شده، جذب سطحی، مدل ایزوترمی

مقدمه

پساب‌های صنعتی معمولاً یکی از عمده‌ترین صنایع آلاینده محیط زیست به شمار می‌روند (۱). فاضلاب‌های رنگی در صنایع مختلفی از جمله صنایع نساجی و رنگرزی، صنایع داروسازی، صنایع غذایی، تولید مواد آرایشی و بهداشتی، کاغذ سازی، چرم سازی و صنایعی از این قبیل تولید می‌شوند (۱). در فرآیندهای رنگرزی، در حدود ۱۵ درصد از کل رنگ

تولید شده وارد فاضلاب می‌شود و فاضلاب‌های رنگی به این صورت تشکیل می‌گردند (۲). اغلب رنگ‌های مورد استفاده در این صنایع از نوع رنگ‌های سنتتیک می‌باشند. معمولاً رنگ‌های سنتتیک به انواع رنگ‌های اسیدی، رنگ‌های راکتیو، رنگ‌های مستقیم، رنگ‌های بازی و سایر گروه‌ها تقسیم‌بندی می‌شوند (۳). عمدتاً مواد رنگزا دارای یک یا چند حلقه بنزنی می‌باشند که به دلیل سمی بودن و دیر تجزیه بودن،

۱- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

۲- دانشجوی دکترا، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۴- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زابل، زابل، ایران

۵- دانشجوی دکترا، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی آب و فاضلاب محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

Email: taghavi66@yahoo.com

نویسنده‌ی مسؤؤل: محمود تقوی

تلفن: ۰۵۴۲-۲۲۵۳۵۲۶ فاکس: ۰۵۴۲-۲۲۵۳۵۲۲

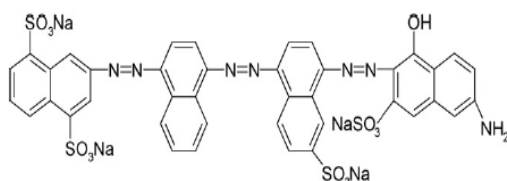
آدرس: زابل - خیابان شهید رجایی - دانشگاه علوم پزشکی زابل - دانشکده بهداشت - گروه مهندسی بهداشت محیط

هیدروکسید سدیم تحت گرما و فشار با بوکسیت می‌باشد که ماده زائد حاصل از این واکنش گل قرمز می‌باشد (۱۷). گل قرمز مخلوطی از اکسید و هیدروکسیدهای مختلف است. تخمین زده شده است که تولید یک تن آلومینا باعث تولید ۱-۲ تن گل قرمز خواهد شد (۱۸). از گل قرمز در فرآیندهای مختلفی مثل ساخت مصالح ساختمانی و سرامیکی، جاده-سازی و غیره استفاده شده است. اما هنوز هم حجم بسیار زیادی از آن انباشته می‌شود که نیازمند زمین بسیار زیادی می‌باشد (۱۹).

بنابراین با توجه به فراوانی گل قرمز و نیز مواد با ارزش موجود در آن، هدف اصلی این تحقیق استفاده از گل قرمز به عنوان یک جاذب مؤثر و ارزان قیمت در حذف رنگ دایرکت بلو ۷۱ (DB71) از پساب صنایع نساجی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق یک نوع مطالعه تجربی - آزمایشگاهی بود. به طور کلی مراحل تحقیق به شرح زیر می‌باشد. DB71 یا $C_{40}H_{23}N_7Na_4O_{13}S_4$ از شرکت الوان ثابت و بقیه مواد شیمیایی مورد نیاز از شرکت Merck آلمان تهیه گردید. ساختار رنگ در شکل ۱ نشان داده شده است (۲۰).



شکل ۱: ساختار رنگ DB71

ابتدا گل قرمز از کارخانه آلومینیوم شهرستان جاجرم استان خراسان شمالی تهیه شد. سپس جهت فعال

چنانچه بدون تصفیه وارد محیط شوند می‌توانند صدمات جبران ناپذیری به محیط زیست وارد کنند. بنابراین لازم است که این گونه پساب‌ها قبل از تخلیه به محیط زیست با استفاده از روش‌های مناسب مورد تصفیه قرار گیرند. تاکنون روش‌های مختلفی از جمله روش‌های زیستی (۵، ۴)، فرآیندهای غشایی (۶)، و فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته (۷، ۸) و سایر روش‌ها برای تصفیه این گونه پساب‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده از فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته و غشایی هزینه بر بوده و استفاده از روش‌های بیولوژیک نیز به علت سمی بودن بعضی از انواع رنگ‌ها امکان پذیر نمی‌باشد (۹). فرآیند جذب سطحی یکی از متداول‌ترین فرآیندهای مورد استفاده در تصفیه آب و فاضلاب می‌باشد. معمولاً فرآیند جذب سطحی بروی کربن فعال انجام می‌گیرد. کربن فعال تجاری به طور معمول گران قیمت بوده و کاربرد آن نیاز به نیروی متخصص می‌باشد. امروزه محققان مختلفی از جاذب‌های طبیعی از جمله چیتسان (۱۰)، اکسی هیومولیت (۱۱)، خاکستر فرار (۱۲)، سبوس برنج (۱۳) و سایر جاذب‌ها برای حذف آلاینده‌های آلی و غیرآلی استفاده می‌کنند. امروزه استفاده از گل قرمز به عنوان یک جاذب ارزان قیمت در تصفیه انواع پساب‌ها مورد توجه قرار گرفته است (۱۴، ۱۵). گل قرمز مهم‌ترین ماده زاید پردازش سنگ معدن بوکسیت (فرآیند Bayer) طی تهیه آلومینا می‌باشد. این فرآیند در سال ۱۸۸۷ توسط کارل بایر اختراع شد. امروزه روش بایر مهم‌ترین روش صنعتی تولید آلومینا است. سنگ بوکسیت دارای مقدار زیادی هیدروکسید آلومینیوم می‌باشد (۱۶)، لذا از آن برای تولید آلومینا (Al_2O_3) طی فرآیند بایر استفاده می‌شود. این فرآیند بر مبنای واکنش

عناصر اصلی ساختار جاذب، اکسیژن، آلومینیوم و سیلیکات بود. در جدول ۱ ساختار شیمیایی جاذب مورد مطالعه آورده شده است.

جدول ۱: درصد ترکیبات موجود در جاذب اصلاح شده

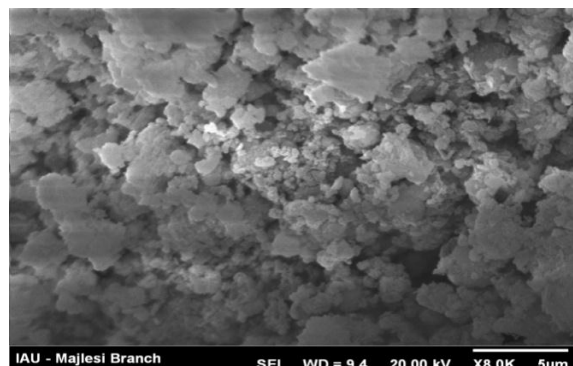
درصد (%)	ترکیب
۲۶/۷۰	اکسیژن
۱۱/۰۱	آلومینیوم
۸/۲۲	سیلیکات
۳/۲۰	سدیم
۰/۸۲	منیزیم

محلول مادر رنگ DB71، ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر با استفاده از حل کردن ۱ گرم بر لیتر رنگ DB71 در آب بدون یون تهیه شد. برای جلوگیری از تغییرات غلظت، محلول مادر DB71 در یخچال نگهداری شد. جهت تنظیم pH از اسید کلریدریک و سود یک نرمال استفاده گردید.

عوامل مورد بررسی در این پژوهش شامل pH (۱۱، ۹، ۷، ۵، ۳)، زمان ماند (۱۲۰-۵ دقیقه)، غلظت اولیه رنگ (۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر) و سایز ذرات (۱۰۰ مش) بوده است، که در مراحل جداگانه در طول تحقیق بررسی گردید. برای انجام آزمایش‌ها ابتدا pH بهینه در زمان ۶۰ دقیقه، ماده جاذب برابر با ۰/۵ گرم در ۵۰ سی سی و غلظت اولیه رنگ برابر با ۲۰ میلی گرم در لیتر تعیین گردید، که با توجه به شرایط بهینه اقتصادی، pH=۵ انتخاب شد. پس از تعیین pH بهینه، آزمایشات با ثابت نگه داشتن سه متغیر و تغییر دادن یک متغیر انجام گردید. برای مثال در pH=۵، ماده جاذب برابر با ۰/۵ گرم در ۵۰ میلی لیتر غلظت‌های مختلفی از رنگ به سیستم

سازی گل قرمز به ازای هر ۱۰ گرم گل قرمز از ۲۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۱ نرمال به مدت ۲۴ ساعت استفاده گردید. سپس نمونه جهت از بین رفتن اسید با آب مقطر دو بار تقطیر شسته شد و در نهایت در دمای ۱۵۰°C طی مدت ۴ ساعت خشک گردید (۲۱). پس از این مرحله گل قرمز حاصله در هاون آسیاب شد و با استفاده از الک ASTM، مش گل قرمز فعال‌سازی شده در این مطالعه برابر با ۱۰۰ تعیین گردید. همچنین مساحت سطح ویژه (BET) گل قرمز فعال شده بر طبق آزمایش‌های تعیین شده توسط پژوهشگاه صنعت نفت ایران (RIPI) Research Institute of Petroleum Industry ۳۲ m²/gr تعیین گردید. بر طبق مطالعات پیشین، گل قرمز فعال-سازی با روش ذکر شده در این مطالعه دارای گروه‌های عاملی -OH، -NH₂ و SO₃⁻ می‌باشد که در جذب رنگ‌ها مؤثر هستند (۲۱).

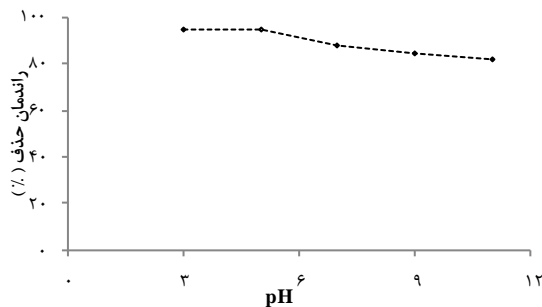
از میکروگراف SEM مجهز به EDS موجود در آزمایشگاه مهندسی مواد دانشگاه آزاد واحد مجلسی (Elapsed و Takeoff Angle 25.0°، kV 20.0، Livetime 10.0) جهت بررسی ساختار گل قرمز استفاده گردید. میکروگراف SEM جاذب اصلاح شده در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: میکروگراف SEM مجهز به EDS مربوط به گل قرمز

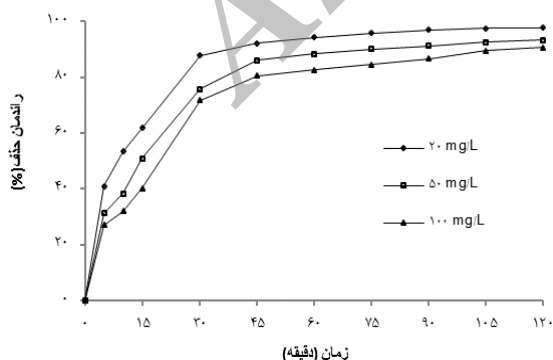
مورد استفاده در این مطالعه

بنابر ملاحظات اقتصادی $pH=5$ انتخاب شد.



شکل ۳: تأثیر تغییرات pH بروی کارایی حذف رنگ (غلظت اولیه رنگ ۲۰ میلی گرم بر لیتر، مقدار اولیه جاذب ۰/۵ گرم در ۵۰ میلی لیتر، زمان تماس ۶۰ دقیقه)

تأثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف در سیستم مورد مطالعه با تغییر در زمان تماس از ۵ دقیقه به ۱۲۰ دقیقه در $pH=5$ ، مقدار اولیه جاذب ۰/۵ گرم در ۵۰ میلی لیتر و غلظت اولیه رنگ (۲۰، ۵۰، ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر) بررسی گردید. شکل ۴ تأثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف را نشان می‌دهد. همان طور که در شکل ۴ مشاهده می‌گردد، وقتی زمان تماس از ۵ دقیقه به ۱۲۰ دقیقه افزایش یافت، کارایی حذف از ۴۰/۹۵ درصد به ۹۷/۷۶ درصد در غلظت اولیه رنگ برابر با ۲۰ میلی گرم بر لیتر افزایش یافت، که این زمان، همان زمان تعادل در آزمایشات بود.



شکل ۴: تأثیر زمان تماس بروی کارایی حذف رنگ ($pH=5$) و مقدار اولیه جاذب (۰/۵ گرم در ۵۰ میلی لیتر)

نابيوسته اضافه شد و در دمای 25 ± 1 °C با استفاده از انکوباتور در همزن مغناطیسی با ۱۶۰ دور در دقیقه به مدت ۶۰ دقیقه مخلوط گردید. سپس برای حذف گل قرمز، نمونه با سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد و غلظت باقیمانده رنگ توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-VIS 1700 Simadzo, Japan) در طول موج ۵۸۴ نانومتر بر اساس کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب اندازه گیری گردید (۲۲). اثر تداخل رنگ ناشی از گل قرمز در نمونه با استفاده از نمونه‌های شاهد (حاوی گل قرمز و فاقد رنگ مورد مطالعه) کنترل شد. نمونه‌ها به صورت دوبار تکرار انجام شدند. آنالیز و تفسیر داده‌ها نیز با استفاده از نرم افزار Excel 2007 و ضریب رگرسیون انجام شد.

نتایج

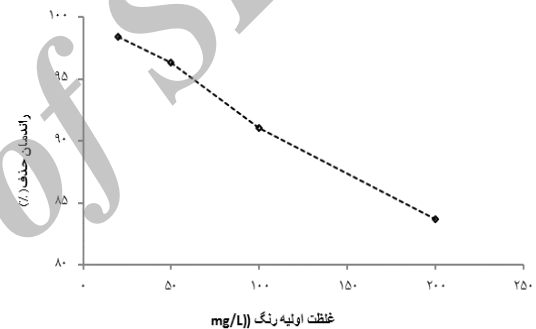
تأثیر pH بر روی کارایی حذف در سیستم مورد مطالعه با تغییر در pH‌های اولیه (۳، ۵، ۷، ۹، ۱۱) و شرایط ثابت غلظت اولیه جاذب ۰/۵ گرم در ۵۰ میلی لیتر، غلظت اولیه رنگ (۲۰ میلی گرم بر لیتر) و زمان ۶۰ دقیقه انجام گردید. با توجه به یافته‌های پیشین محققین، به دلیل اختلاف ناچیز راندمان در pH‌های کمتر از ۳ و جنبه اقتصادی فرآیند از انجام آزمایشات جذب در pH‌های کمتر از ۳ صرف نظر شد (۲۱). در شکل ۳ نتایج حاصل از تأثیر pH بروی کارایی حذف نشان داده شده است. مشاهده می‌گردد که با کاهش pH کارایی حذف افزایش یافت. به نحوی که با تغییر pH از ۱۱ به ۳ کارایی حذف از ۸۵/۸۱ درصد به ۹۵/۰۸ درصد افزایش یافت. کارایی حذف در $pH=5$ برابر با ۹۴/۶۶ درصد بود لذا چون کارایی آن بسیار نزدیک به $pH=3$ بود،

مطالعات تعادلی در یک ارلن مایر به حجم ۵۰ میلی لیتر حاوی ۵۰ سی سی غلظت اولیه رنگ DB71 برابر با ۲۰ میلی گرم بر لیتر با مقدار اولیه جاذب متفاوت (۳-۰/۵ گرم در ۵۰ میلی لیتر) و $pH=7 \pm 0.2$ بعد از ۲۴ ساعت انجام شد، سپس نمونه‌ها جداسازی شده و آنالیز شد و ظرفیت جذب با استفاده از معادله (۱) به دست آمد (۲۳).

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{M} \quad (1)$$

q_e مقدار جزء جذب شده در واحد جرم جسم جاذب بر حسب میلی گرم بر گرم، C_0 غلظت اولیه در محلول قبل از جذب سطحی بر حسب میلی گرم بر لیتر محلول، C_e غلظت تعادلی ماده جذب شدنی در محلول بعد از جذب سطحی بر حسب میلی گرم بر لیتر، V حجم محلول بر حسب لیتر و M جرم جاذب بر حسب گرم به طور کلی معادلات ایزوترمی و سینتیکی در جدول ۲ در معادلات ۲ تا ۵ مشاهده می شود (۲۵، ۲۴، ۱۳).

تأثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف در سیستم مورد مطالعه با تغییر در غلظت اولیه رنگ (۲۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر) در $pH=5$ و مقدار اولیه جاذب ۰/۵ گرم در ۵۰ میلی لیتر بعد از زمان تعادل بررسی گردید. در شکل ۵ نتایج حاصل از تأثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف نشان داده شده است. مشاهده می گردد که کارایی حذف با افزایش غلظت اولیه رنگ کاهش یافت. به طوری که وقتی غلظت اولیه رنگ از ۲۰ میلی گرم بر لیتر به ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر افزایش یافت کارایی حذف از ۹۸/۳۸ درصد به ۸۳/۶۶ درصد کاهش یافت.



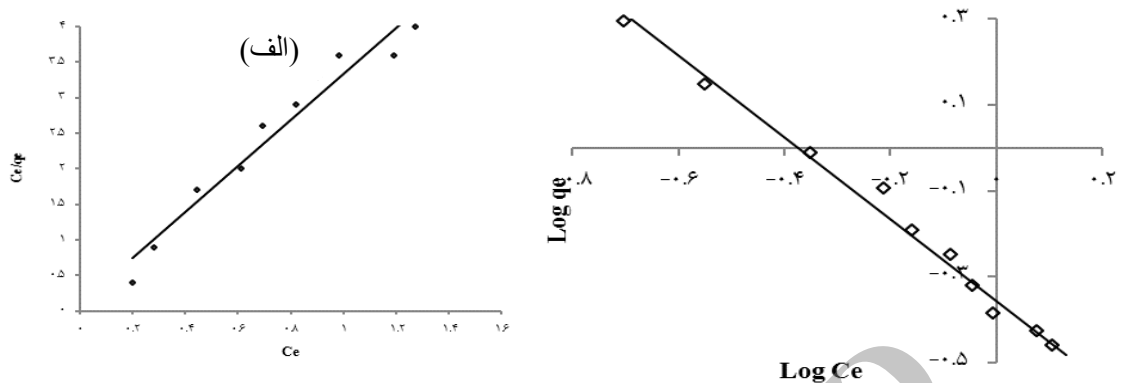
شکل ۵: تأثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف ($pH=5$) دوز جاذب ۰/۵ گرم در ۵۰ میلی لیتر، زمان تماس ۱۲۰ دقیقه

جدول ۲: ضرایب ثابت و ضرایب همبستگی مدل سینتیکی شبه درجه یک، شبه درجه دو در جذب رنگ بر روی گل قرمز فعال شده

معادلات سینتیکی		معادلات ایزوترمی	
سینتیکی شبه درجه اول (Pseudo-first order)	$\ln\left(1 - \frac{q_t}{q_e}\right) = -k_1 t$	لانگمویر (Langmuir)	$\frac{c_e}{q_e} = \frac{1}{q_m K} + \frac{1}{q_m} c_e$ (۴)
سینتیکی شبه درجه دوم (Pseudo-second order)	$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$	فروندلیخ (Freundlich)	$\log q_e = \log k + \frac{1}{n} \log c_e$ (۵)

ایزوترمی نشان داده شده است. در جدول ۴ پارامترهای مدل های سینتیکی نشان داده شده است.

نتایج حاصل از معادلات ایزوترمی در شکل ۶ نشان داده شده است. در جدول ۳ پارامترهای مدل های



شکل ۶: مدل ایزوترمی لانگمیر (الف) و فروندلیخ (ب) بر روی کارایی حذف

جدول ۳: ضرایب ثابت و ضرایب همبستگی ایزوترم فروندلیخ و لانگمیر در جذب رنگ DB71 بر روی گل قرمز فعال شده

لانگمیر	فروندلیخ
k	۸/۹۸
q_m	۲/۸۱
R^2	۰/۹۷۳۷
۳۰/۰۶	
۰/۳۱	
۰/۹۶۲۷	

جدول ۴: ضرایب ثابت و ضرایب همبستگی مدل سینتیکی شبه درجه یک، شبه درجه دو در جذب رنگ بر روی گل قرمز فعال شده

سینتیک شبه درجه اول				سینتیک شبه درجه دوم		
C_0	R^2	q_e	$k_1(1/min)$	R^2	q_e	$k_2(g/mg\ min)$
۲۰	۰/۹۸۹۰	۱/۹۶	۰/۱۰۷	۰/۹۹۰۲	۲/۲۷	۰/۱۰۷
۵۰	۰/۹۳۸۰	۴/۶۷	۰/۱۱۳	۰/۹۹۶۸	۵/۲۴	۰/۱۱۳
۱۰۰	۰/۹۴۸۰	۹/۱۰	۰/۰۹۲	۰/۹۹۲۶	۱۰/۵۲	۰/۰۹۲

به علت بار سطحی جاذب و بار یونی مولکول رنگ می‌باشد. با توجه به این که pH نقطه صفر گل قرمز فعال (pH_{zpc}) شده ۸/۵ می‌باشد (۲۴)، لذا در pHهای

بحث

همان طور که در شکل ۳ نشان داده شده است با کاهش pH، میزان حذف رنگ افزایش یافت. این امر

Smiciklas و همکاران در مطالعه‌ای تأثیر آنیون سیترات را بر روی فرآیند جذب نیکل با استفاده از گل قرمز خام و اصلاح شده مورد بررسی قرار دادند که جذب نیکل بر روی گل قرمز فعال شده نشان داد که با افزایش زمان تماس راندمان جذب افزایش می‌یابد و زمان تعادل برای غلظت‌های مختلف نیکل از ۵ دقیقه تا ۱۲۰ دقیقه متغیر است (۱۶).

با افزایش غلظت اولیه رنگ کارایی حذف رنگ کاهش یافت. این امر به این دلیل است که جاذب‌ها دارای محل‌های جذب محدودی هستند که با افزایش غلظت آلاینده ظرفیت آن‌ها سریع‌تر اشباع شده و کارایی حذف کاهش خواهد یافت. به طوریکه طی مطالعه‌ای که Zhao و همکاران بر روی کارایی حذف فسفات انجام دادند، مشخص گردید که با افزایش غلظت فسفات کارایی حذف کاهش می‌یابد (۲۷). نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه شکوهی و همکاران نیز مطابقت دارد (۲۸). همچنین با توجه به ضرایب همبستگی R^2 می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های تعادلی فرآیند جذب رنگ DB71 بر روی گل قرمز فعال شده از ایزوترم فروندلیخ ($R^2=0/9738$) نسبت به ایزوترم لانگمویر بهتر پیروی می‌کند. همچنین توجه به ضرایب ثابت سینتیکی، داده‌های سینتیکی از سینتیک شبه درجه دو ($R^2=0/9999$) نسبت به سینتیک شبه درجه یک بهتر پیروی کرد.

علی‌رغم اینکه در این مطالعه اثر برخی پارامترها نظیر pH، مقدار جاذب، زمان تماس و غلظت رنگ مورد بررسی قرار گرفتند، بسیاری از جنبه‌های دیگر این

اسیدی تراکم بار مثبت در سطح جاذب افزایش یافته و به این ترتیب میزان جذب رنگ DB71 که یک رنگ آنیونی است افزایش می‌یابد. به طوری که طی مطالعه‌ای که علی‌تور و همکاران بر روی حذف رنگ کنگو با استفاده از گل قرمز فعال شده انجام داده‌اند به این نتیجه رسیدند که بیشترین میزان حذف در pHهای کمتر از pH نقطه صفر اتفاق می‌افتد (۲۳). همچنین طی مطالعه‌ای که Gupta و همکاران بر روی حذف رنگ AB113 با استفاده از کربن فعال حاصله از تیرهای فرسوده انجام دادند به این نتیجه رسیدند که بیشترین میزان حذف رنگ AB113 در pH اسیدی صورت می‌گیرد (۲۶). بررسی تأثیر pH بر روی راندمان حذف رنگ‌های اسید بلو ۱۱۳ و راکتیو سیاه ۵ نیز نشان داد که بالاترین راندمان حذف در pHهای اسیدی به ویژه در $pH=3$ حاصل می‌شود (۲۱). Zhao و همکاران نیز راندمان بالای گل قرمز گرانوله در حذف فسفات را در محدوده ۶- $pH=3$ گزارش کردند (۱۵).

همان طور که در شکل ۴ نشان داده شده است با افزایش زمان تماس کارایی حذف افزایش یافته و پس از ۱۲۰ دقیقه به تعادل می‌رسد. همچنین منحنی حذف رنگ با گذشت زمان دارای شیب بسیار ملایم و آرامی است که این امر می‌تواند به علت تشکیل یک لایه نازک از رنگ بر روی سطح جاذب باشد (۲۱). به طوری که این نتایج با نتایج مطالعه‌ای که یونس و همکاران بر روی حذف بورن توسط گل قرمز خنثی انجام دادند، مطابقت دارد (۲۴).

تماس طولانی می‌باشد. حذف رنگ آنیونی DB71 با افزایش غلظت اولیه رنگ، به علت اشباع شدن سطح جاذب در غلظت‌های بالای رنگ، کاهش یافت و با توجه به ضرایب همبستگی (R^2) می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های تعادلی و سینتیکی فرآیند جذب از ایزوترم فروندلیخ و مدل سینتیکی شبه درجه دو بهتر پیروی می‌کند. در مجموع نتایج حاصل از این مطالعه مشخص ساخت که فرآیند جذب بر روی گل قرمز فعال شده می‌تواند به عنوان یک روش مؤثر، ارزان، سریع و با کارایی بالا در حذف رنگ از پساب صنایع نساجی مطرح باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله لازم می‌دانند که از حمایت‌های مادی و معنوی مرکز تحقیقات علوم بهداشتی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان و کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی مازندران تشکر و قدردانی داشته باشند.

References

1. Lu CS, Chen CC, Mai FD, Li HK. Identification of the degradation pathways of alkanolamines with TiO₂ photocatalysis. *J Hazard Mater* 2009; 165(1-3): 306-16.
2. Merzouk B, Gourich B, Sekki A, Madani K, Vial C, Barkaoui M. Studies on the decolorization of textile dye wastewater by continuous electro-coagulation process. *Chem Eng J* 2009; 149(1-3): 207-14.
3. Ji P, Zhang J, Chen F, Anpo M. Study of adsorption and degradation of acid orange 7 on the

فرآیند نیاز به بررسی و تحقیق دارند. از این رو پیشنهاد می‌شود که اثر دما و ترمودینامیک جذب به منظور تعیین انرژی این فرآیند از سوی محققان دیگر مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به این‌که این مطالعه بر روی محلول سنتتیک انجام شده است، پیشنهاد می‌شود راندمان فرآیند در حضور مواد آلی و قدرت یونی محلول و اثر آن‌ها بر فرآیند مورد بررسی قرار گیرد و در نهایت از این فرآیند در جهت حذف رنگ از فاضلاب واقعی صنایع نساجی در مقیاس پایلوت استفاده شود.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه کارایی حذف رنگ آنیونی DB71 در شرایط مختلف در مقیاس آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که کارایی حذف رنگ آنیونی DB71 با افزایش جرم جاذب و زمان واکنش افزایش می‌یابد که علت آن مساحت سطحی بیشتر و محل‌های جذب قابل دسترس بیشتر برای جذب رنگ در دوزهای بالای جاذب و زمان

surface of CeO₂ under visible light irradiation. *Appl Catal B- Environ* 2009; 85(3-4): 148-54.

4. Aksu Z. Reactive dye bioaccumulation by *Saccharomyces cerevisiae*. *Process Biochem* 2003; 38(10): 1437-44.

5. Colak F, Atar N, Olgun A. Biosorption of acidic dyes from aqueous solution by *Paenibacillus macerans*: Kinetic, thermodynamic and equilibrium studies. *Chem Eng J* 2009; 150(1): 122-30.

6. Jiraratananon A, Sungpet A, Luangsowan P. Performance evaluation of nanofiltration membranes for treatment of effluents containing

- reactive dye and salt. *Desalination* 2000; 130(2): 177-83.
7. Rahmani AR, Zarrabi M, Samarghandi MR, Afkhami A, Ghaffari HR. Degradation of Azo Dye Reactive Black 5 and Acid Orange 7. *Iran J Chem Eng* 2010; 7(1): 87-94.
 8. Mok YS, Jo JO, Whitehead JC. Degradation of an azo dye Orange II using a gas phase dielectric barrier discharge reactor submerged in water. *Chem Eng J* 2008; 142(1): 56-64.
 9. Brown MA, DeVito SC. Predicting azo dye toxicity. *Environ Sci Technol* 1993; 23(3): 249-324.
 10. Crini G, Badot PM. Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes using batch studies: A review of recent literature. *Prog Polym Sci* 2008; 33(4): 399-447.
 11. Janos P, Sedivy P, Ryznarova M, Grotschelova S. Sorption of basic and acid dyes from aqueous solutions onto oxihumolite. *Chemosphere* 2005; 59(6): 881-6.
 12. Janos P, Buchtova H, Ryznarova M. Sorption of dyes from aqueous solutions onto fly ash. *Water Res* 2003; 37(20): 4938-44.
 13. McKay G, Porter JF, Prasad GR. The Removal of Dye Colours from Aqueous Solutions by Adsorption on Low-cost Materials. *Water, Air, and Soil Pollution* 1999; 114(3-4): 423-38.
 14. Wang Q, Luan Z, Wei N, Li J, Liu C. The color removal of dye wastewater by magnesium chloride/red mud (MRM) from aqueous solution. *J Hazard Mater* 2009; 170(2-3): 690-8.
 15. Zhao Y, Yue Q, Li Q, Xu X, Yang Z, Wang X, et al. Characterization of red mud granular adsorbent (RMGA) and its performance on phosphate removal from aqueous solution. *Chem Eng J* 2012; 193-194: 161-8.
 16. Smiciklas I, Smiljanic S, Peric-Grujic A, Sljivic-Ivanovic M, Antonovic D. The influence of citrate anion on Ni (II) removal by raw red mud from aluminum industry. *Chem Eng J* 2013; 214: 327-35.
 17. Brunori C, Cremisini C, Massanisso P, Pinto V, Torricelli L. Reuse of a treated red mud bauxite waste: studies on environmental compatibility. *J Hazard Mater* 2005; 117(1): 55-63.
 18. Huang W, Wang S, Zhu Z, Li L, Yao X, Rudolph V, et al. Phosphate removal from wastewater using red mud. *J Hazard Mater* 2008; 158(1): 35-42.
 19. Gupta VK, Gupta M, Sharma S. Process development for the removal of lead and chromium from aqueous solutions using red mud-an aluminium industry waste. *Water Res* 2001; 35(5): 1125-34.
 20. Bulut Y, Gozubenli N, Aydin H. Equilibrium and kinetics studies for adsorption of direct blue 71 from aqueous solution by wheat shells. *J Hazard Mater* 2007; 144(1-2): 300-6.
 21. Shirzad-Siboni M, Jafari SJ, Giasi O, Kim I, Lee SM, Yang JK. Removal of acid blue 113 and reactive black 5 dye from aqueous solutions by activated red mud. *J Indust Eng Chem* 2014; 20(4): 1432-7.
 22. Andrew D. Eaton A. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20 ed. Washington: American Public Health Association, American Water Work Association, Water Environment Federation; 1999.
 23. Tor A, Cengeloglu Y. Removal of congo red from aqueous solution by adsorption onto acid activated red mud. *J Hazard Mater* 2006; 138(2): 409-15.
 24. Guclu K, Apak R. Modeling of Copper(II), Cadmium(II), and Lead(II) adsorption on red mud from metal-edta mixture solutions. *J Colloid Interface Sci* 2000; 228(2): 238-52.
 25. Liu Y, Liu YJ. Biosorption isotherms, kinetics and thermodynamics. *Separ Purif Technol* 2008; 61(3): 229-42.
 26. Cengeloglu Y, Tor A, Arslan G, Ersoz M, Gezgin S. Removal of boron from aqueous solution by using neutralized red mud. *J Hazard Mater* 2007; 142(1-2): 412-7.
 27. Zhao Y, Wang J, Luan Z, Peng X, Liang Z, Shi L. Removal of phosphate from aqueous solution by red mud using a factorial design. *J Hazard Mater* 2009; 165(1-3): 1193-9.
 28. Shokohi R, Jafari SJ, Shirzad Siboni M, Gomar N, Saidi S. Removal of acid blue 113(AB113) dye from aqueous solution by absorption onto activated red mud: a kinetic and equilibrium study. *Sci J Kurdistan Uni Med Sci* 2012; 16(2): 55-65.

Study of Adsorption Equilibrium and Kinetics of direct blue 71 by activated red mud from aqueous solutions

Reza Shokouhi¹, Seyed Javad Jafari², Gholam Hossein Joshani³, Mahmoud Taghavi⁴, Zahra Kashitarash Esfahani⁵

Abstract

Background: Some dyes are toxic and even carcinogenic and require separation and advanced treatment of textile effluents before being discharged into conventional systems. The objective of this study was to remove direct blue 71 dye from aqueous solutions using activated red mud.

Methods: Red mud was activated by nitric acid and was used in the adsorption experiment. Direct blue 71 removal, using activated red mud was studied as a function of contact time, pH, and initial dye concentration. The adsorption isotherms were analyzed using the Langmuir and the Freundlich isotherms. Kinetics data were fitted with Pseudo-first-order and Pseudo-second-order models.

Results: The adsorption rate increases with pH decrease, contact time increase, and increase initial dye concentrations. The Freundlich isotherm ($R^2=0.9737$) was the best-fit adsorption isotherm model for the experiment. The adsorption data, followed a pseudo-second-order model ($R^2=0.9902$).

Conclusion: Based on the result of the study, the use of activated red mud, as an efficient low-cost adsorbent, can be considered for (pre-) treating direct blue 71 contaminated wastewater.

Keywords: Direct blue 71, Textile wastewater, Activated red mud, Adsorption, Isotherm models

1- Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health and Research Centre of Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

2- PhD Candidate, Department of Environmental Health Engineering, School of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

3- MSc, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4- MSc, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Zabol University of Medical Sciences, Zabol, Iran.

5- PhD Candidate, Department of Environmental Engineering, Environmental Water and Wastewater Engineering College, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Corresponding Author: Mahmoud Taghavi **Email:** taghavi66@yahoo.com

Address: Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Zabol University of Medical Sciences, Shahid Rajaei Street, Zabol, Iran **Tel:** 0542-2253536 **Fax:** 0542-2253532