

کارایی پودر پسماندهای گلاب‌گیری در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از

فاضلاب سنتتیک نساجی

محمد میری^۱، رضا علی فلاح زاده^۱، محمد تقی قانعیان^۱، مریم غلامی^۲، رعنا مهدوی فر^۳، علیرضا شهریاری فارفانی^{۱*}
۱. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدقی، یزد، ایران
۲. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده پیراپزشکی شهرستان ابرکوه، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدقی، یزد، ایران
۳. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی البرز، کرج، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۱۱/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۱۴

چکیده

زمینه و هدف: رنگ‌های راکتیو در صنایع نساجی به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ تخلیه پساب‌های حاوی چنین رنگ‌هایی به منابع آبی، به دلیل ویژگی‌های سرطان‌زایی، جهش‌زایی، ماهیت سمی و ایجاد رنگ در آب، می‌تواند آثار زیانباری بر محیط طبیعی بر جای گذارد. مطالعه حاضر، با هدف بررسی کارایی پودر پسماند گلاب‌گیری در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از محلول‌های آبی انجام پذیرفت. روش بررسی: در این مطالعه تجربی، اثر پارامترهای مختلف بهره‌برداری از قبیل pH (۱۰-۴)، غلظت اولیه رنگ (۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر)، زمان تماس (۱۸۰-۱۵ دقیقه) و دوز جاذب (۰/۲ تا ۰/۶ گرم در لیتر) مورد مطالعه قرار گرفت. یافته‌ها: نتایج نشان داد که حداکثر ظرفیت پودر پسماند گلاب‌گیری معادل ۵/۱۹ میلی‌گرم بر گرم، در pH معادل ۴، زمان تماس ۱۲۰ دقیقه و دوز جاذب ۰/۴ گرم در لیتر حاصل شد. همچنین داده‌های تعادل، با مدل‌های ایزوترم لانگمویر و فروندلیچ تطبیق داده شد که حاصل آن تطابق بیشتر با مدل جذب فروندلیچ ($R^2=0/913$) نسبت به مدل جذب لانگمویر ($R^2=0/825$) بود. نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به دست آمده، پودر پسماند گلاب‌گیری از توانایی مطلوبی در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از محلول‌های آبی و فاضلاب‌های صنعت نساجی برخوردار است.

کلمات کلیدی: رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸، جذب سطحی، جاذب طبیعی، پودر پسماند گلاب‌گیری.

مقدمه

که در طی آن، بیش از ۵۰ درصد رنگ‌ها ممکن است از طریق پساب هدر روند^{۱۸}. پساب حاصل از فرآیندهای مختلف صنعت نساجی حاوی گونه‌های بسیار رنگی، مقدار زیادی سورفاکتانت، جامدات محلول و فلزات سنگینی مثل کروم، نیکل و مس می‌شود^{۱۱}. پساب‌های تخلیه شده از صنایع نساجی BOD پایین و COD بالا دارند^{۱۳}. رنگ‌ها باعث مشکلات بسیار زیادی می‌شوند از جمله آنها می‌توانند باعث حساسیت پوستی، تحریک پوست، سرطان، جهش و غیره شوند. تماس پیوسته کارگران در صنایع نساجی، با خطر بالای سرطان مثانه در ارتباط است^{۱۹}. به عنوان مثال چندین مطالعه اپیدمیولوژیکی نشان داده اند که استفاده از رنگ‌های با پایه بنزیدین، باعث ایجاد سرطان مثانه در انسان می‌شود^{۲۰}. حذف رنگ از فاضلاب، اغلب مهمتر از مواد آلی بی رنگ است. زیرا حضور مقادیر کمی از رنگ (کمتر از ۱ ppm)، از نظر ظاهری قابل رؤیت می‌باشد^{۲۱}. آب‌های بسیار رنگی نه تنها از نظر زیبایی شناختی ناخوشایند هستند، بلکه همچنین باعث کاهش نفوذ نور به داخل آب می‌شوند و در نتیجه، کاهش بازده فتوسنتز گیاهان آبی را به دنبال دارند^{۲۲-۲۴}. به طور کلی چون مولکول‌های رنگ ساختارهای مولکولی پیچیده ای دارند، به تجزیه زیستی بسیار مقاومند^۲. به علت مشکلات متعددی که در بالا ذکر شد حذف رنگ‌های مصنوعی از فاضلاب قبل از تخلیه به محیط زیست و از آب خام قبل از استفاده به عنوان آب شرب برای حفاظت از بهداشت و محیط زیست ضروری است.

تصفیه فاضلاب‌های حاوی رنگ بسیار دشوار است. چون رنگ‌ها مولکول‌های آلی سرسخت، مقاوم به تجزیه هوازی و پایدار به نور، حرارت و عوامل اکسید کننده هستند^{۲۵}. روش‌های مختلفی برای حذف رنگ از آب و فاضلاب گزارش شده است از جمله فرآیندهای بیولوژیکی، ترکیب فرآیندهای بیوشیمیایی و شیمیایی، اکسیداسیون شیمیایی، جذب، انعقاد، فرآیندهای غشایی که هر یک مزایا و معایب خاص خود را دارند^{۲۶}. سیستم‌های متداول تصفیه بیولوژیک به دلیل سمیت

تقاضا برای آب در بخش‌های کشاورزی، صنعتی و خانگی در حال افزایش است^۱. توسعه صنایع در سال‌های اخیر باعث مشکلات زیادی، مخصوصاً آلودگی محیط زیست، شده است. این آلاینده‌ها شامل رنگ‌ها، فلزات سنگین، آلاینده‌های آلی و غیره می‌شوند^۲. یکی از دسته‌های مهم آلاینده‌ها، رنگ است^۱. رنگ‌ها بطور کلی در صنایع نساجی، کاغذ سازی، لوازم آرایشی، غذا، دارو سازی و چرم بکار می‌روند^{۳-۵}. صنایع نساجی و رنگرزی یکی از صنایع مهم و پایه هر کشوری بوده و مادر بسیاری از صنایع دیگر محسوب می‌گردند. این صنایع مقادیر زیادی از آب را مصرف نموده^۶ و یکی از بزرگترین صنایع مصرف کننده آب می‌باشند. به طوری که میزان مصرف آب در این صنایع، بین ۲۵ تا ۲۵۰ مترمکعب به ازاء هر تن محصول (با توجه به نوع فرآیند تولید) می‌باشد^۷. بررسی‌ها نشان می‌دهد که سالانه حدود ۴۰ میلیون تن منسوجات در دنیا تولید می‌شود که پساب تولیدی این صنایع حدود ۴ تا ۸ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد^۸. بارزترین مشخصه پساب صنایع نساجی، رنگی بودن آن است^۹. بیشتر از ۱۰۰۰۰۰۰ نوع رنگ به صورت تجاری در دسترس هستند و بیشتر از 7×10^5 تن مواد رنگی به صورت سالانه تولید می‌شوند^{۱۰، ۱۱}. رنگ‌ها به انواع آنیونی (رنگ‌های اسیدی و راکتیو)، کاتیونی (رنگ‌های بازی) و غیر یونی تقسیم می‌شوند^{۱۰-۱۲}. تخمین زده شده است سالانه در حدود نیم میلیون تن رنگ آزو و دویست هزار تن رنگ راکتیو در سراسر جهان تولید می‌شود. همچنین رنگ‌های آزو ۶۰-۷۰ درصد و رنگ‌های راکتیو ۲۵-۲۰ درصد رنگ‌های مورد استفاده در صنایع را به خود اختصاص می‌دهند^{۱۶}. دو مرحله اصلی رنگرزی و تکمیل در صنایع نساجی باعث می‌شود تا حجم قابل توجهی از پساب با غلظت رنگ بالا تولید گردد. تخمین زده شده است که ۱۵-۱ درصد رنگ در طول پروسه رنگرزی هدر می‌رود و در فاضلاب رها می‌شود^{۱۷}. رنگ‌ها در پساب رنگرزان اغلب با کاربرد ماده رنگی مربوط می‌شوند،

محللول‌های آبی به منظور یافتن گزینه ای مناسب و اقتصادی برای حذف این آلاینده از آب انجام می‌شود.

مواد و روش‌ها

رنگ مورد استفاده در این مطالعه محصول شرکت دای استار و سایر مواد شیمیایی مورد استفاده در انجام آزمایشات محصول شرکت مرک آلمان بود. ساختار شیمیایی رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است^{۲۸ و ۲۹}. این تحقیق، از نوع مطالعه تجربی می‌باشد که در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد و از پودر پسماندهای گلاب‌گیری، برای حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از محیط آبی استفاده شد. تمام آزمایشات بصورت ناپیوسته در دمای آزمایشگاه (۲۵°C) انجام شد. در همه مراحل کار، از آب دو بار تقطیر استفاده گردید. متغیرهای مورد مطالعه در این آزمایش شامل pH (۴، ۷ و ۱۰)، غلظت اولیه رنگ (۵۰ و ۲۵ mg/L)، دوز اولیه جاذب (۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ gr / ۱۰۰mL)، زمان تماس (۱۵، ۳۰، ۶۰، ۱۸۰، ۱۲۰ دقیقه و ۲۴ ساعت) می‌باشد. از آنجایی که در فرآیند جذب سطحی لازم است که زمان تعادل به دست آورده شود، بنابراین زمان تعادل یا متغیر زمان تماس در طول انجام آزمایشات تعیین شد.

زیاد رنگ‌زها برای میکروارگانسیم‌های موجود در این فرآیند و مقاوم بودن بسیاری از آنها در برابر تجزیه بیولوژیکی، بازده پایینی در حذف رنگ دارند. روش‌های اولتراسیون و اسمز معکوس به دلیل هزینه‌های بسیار بالای بهره برداری، اقتصادی نمی‌باشند. دیگر روش‌های متداول نیز به دلیل هزینه‌های بهره برداری با محدودیت مواجه هستند^{۲۷}. در میان روش‌های حذف رنگ، روش جذب سطحی نسبت به روش‌های دیگر بیشتر مورد توجه است. از مزایای این روش می‌توان به هزینه اولیه کم، سادگی طراحی، سهولت عملکرد و عدم حساسیت به مواد سمی اشاره کرد. در حال حاضر بیشتر سیستم‌های تجاری از کربن فعال به عنوان جاذب برای حذف رنگ از فاضلاب استفاده می‌کنند. با توجه به هزینه زیاد کربن فعال و مشکلات مربوط به احیای آن، اخیراً به منظور کاهش هزینه‌های تصفیه، تلاش شده است تا از جاذب‌های ارزان قیمت استفاده گردد^{۲۵}. یکی از جاذب‌هایی که کارایی آن هنوز مورد بررسی قرار نگرفته است، پودر پسماندهای گلاب‌گیری می‌باشد. رز، درختچه‌ای از خانواده گل سرخ (Rosaceae) می‌باشد. این خانواده متجاوز از ۲۰۰۰ گونه و حدود ۱۰۰ جنس را در برمی‌گیرد. گل محمدی یا گل گلاب، با نام علمی *Rosa damasena*، درختچه ای است‌خزندار (Deciduous) و شاید به ندرت در بین آنها همیشه سبز (Evergreen) یافت شود. این درختچه گل‌های بسیار معطر تولید می‌نماید که خاصیت دارویی دارد. از مواد اصلی تشکیل دهنده اسانس گل محمدی می‌توان به سیترنلول، گرانول، اسپارپنین و فنیل اتانول اشاره نمود.

به دلیل اثرات زیست محیطی رنگ‌ها و همچنین پتانسیل بالای پودر پسماندهای گلاب‌گیری بعنوان یک جاذب جدید، ارزان و در دسترس، این مطالعه با هدف بررسی اثر پودر پسماندهای گلاب‌گیری در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از

جدول ۱: مشخصات رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸

ساختار شیمیایی	
نوع رنگ	آنیونی
علامت اختصاری	RR 198
فرمول شیمیایی	$C_{27}H_{18}ClN_7Na_4O_{15}S_5$
وزن مولکولی (g/mol)	۹۶۷/۵
طول موج حداکثر جذب (30)	۵۱۸

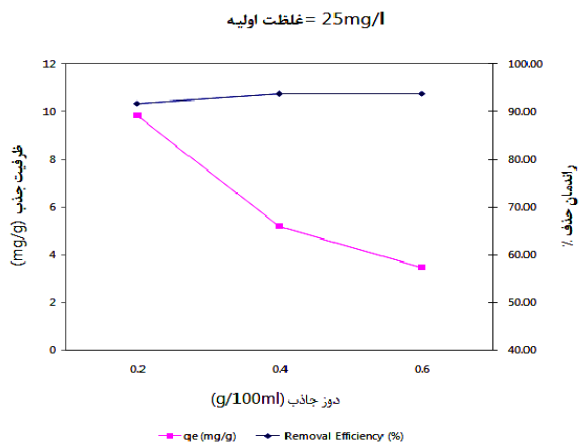
جذب و حداکثر ظرفیت جذب جاذبها با استفاده از مدل‌های لانگمویر و فروندلیچ بررسی شد.

یافته‌ها

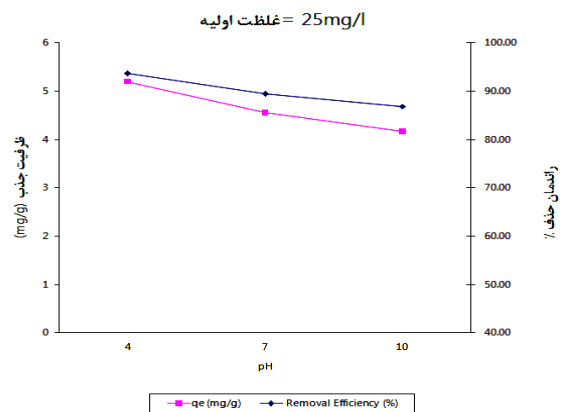
pH محیط واکنش، از مهمترین فاکتورهای موثر بر یونیزاسیون آلایندها و بار سطحی جاذب هاست. در مطالعه حاضر، اثر pH بر روی ظرفیت جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ توسط پودر پسماند گلاب‌گیری، در گستره ۴-۱۰ با غلظت اولیه رنگ ۲۵ میلی گرم در لیتر و دوز جاذب ۰/۴ گرم در لیتر، برای مدت زمان واکنش ۱۸۰ دقیقه، مورد بررسی قرار گرفت. همانطور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود، با کاهش pH از ۱۰ به ۴، راندمان و میزان جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ به طور قابل ملاحظه ای افزایش یافته است؛ به طوری که راندمان حذف از ۸۴/۸۶٪ در pH برابر ۱۰ به ۹۳/۶۰٪ در pH برابر ۴ رسیده است؛ از طرفی ظرفیت جذب نیز همین روند را طی نموده و حداکثر جذب، معادل ۵/۱۹ میلی گرم بر گرم، برای pH معادل حاصل گردیده است.

در این پژوهش، ابتدا بعد از آماده کردن جاذب مقدار مشخصی از جاذب در pH ثابت (pH=۴) در تماس با دو نوع مختلف از غلظت اولیه رنگ (۲۵ و ۵۰ میلی گرم در لیتر) قرار داده شد و در زمان‌های تماس که از آزمایشات اولیه به دست آمد، اقدام به نمونه برداری گردیده و به این طریق زمان تعادل به دست آمد. بعد از به دست آوردن زمان تعادل، با تغییر دادن یک پارامتر و ثابت نگه داشتن سایر پارامترها، اثر پارامتر متغیر بر روی کارایی فرآیند مورد بررسی قرار گرفت. به این ترتیب، تاثیر غلظت اولیه جاذب بروی کارایی فرآیند مورد بررسی قرار خواهد گرفت. این کار برای سایر متغیرها نیز تکرار شد تا اثرات آنها بر روی کارایی فرآیند به دست آید. اطلاعات و داده‌های لازم، با انجام آزمایشات و استفاده از وسایل و تجهیزات آزمایشگاهی به دست آمد. برای اندازه گیری غلظت باقیمانده رنگ، از دستگاه اسپکتروفتومتری UV/VIS (Shimadzo-1700, Japan) استفاده شد. pH به روش الکترومتری اندازه گیری شد، سایر آزمایشات لازم مطابق با کتاب Standard Method و با دو بار تکرار انجام شده و پس از انجام آزمایشات و به دست آمدن نتایج از نرم افزارهای Excel و SPSS برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده گردید. ایزوترم

کارایی پودر پسماندهای گلاب‌گیری در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از فاضلاب سنتتیک نساجی

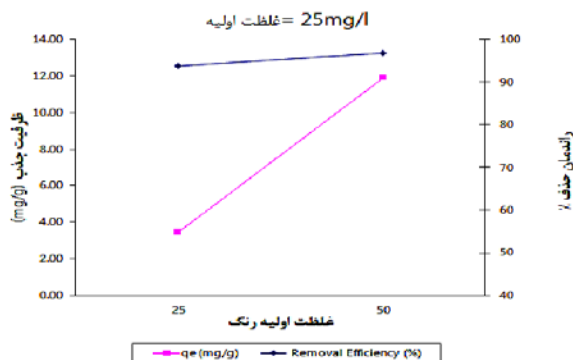


نمودار ۲: اثر دوز جاذب بر جذب سطحی رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ توسط جاذب پودر پسماند گلاب‌گیری



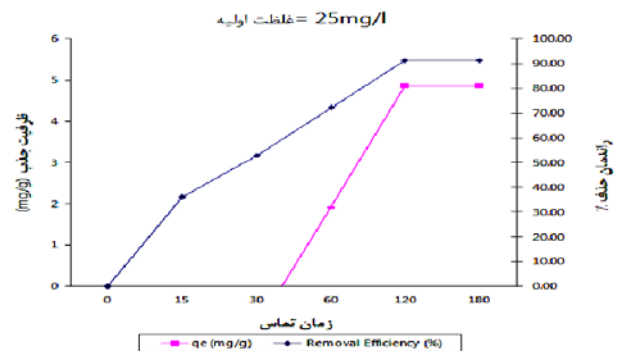
نمودار ۱: اثر pH اولیه بر جذب سطحی رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ بر روی پودر پسماند گلاب‌گیری

نتایج مربوط به اثر زمان تماس (۱۸۰-۱۵ دقیقه) در دوز ثابت ۰/۴ گرم در لیتر، غلظت اولیه رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ معادل ۲۵ میلی گرم در لیتر و pH بهینه برابر ۴، در نمودار ۳ نمایش داده شده است. بر اساس نتایج ارائه شده در این نمودار، با افزایش زمان تماس، راندمان حذف رنگ نیز به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. در زمان تماس ۱۵ دقیقه، راندمان حذف ۳۶/۰۱٪ بوده که در زمان تماس ۶۰ دقیقه به ۷۲/۲۱٪ و در زمان تماس ۱۲۰ دقیقه به ۹۱/۴۱٪ افزایش یافته است. با این وجود، افزایش بیشتر زمان تماس تأثیری بر افزایش راندمان حذف نداشته است؛ به نحوی که در زمان تماس ۲۴ ساعت، راندمان حذف معادل ۹۱/۲۲٪ بوده است.



نمودار ۳: اثر غلظت اولیه رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ بر جذب سطحی جاذب پودر پسماند گلاب‌گیری

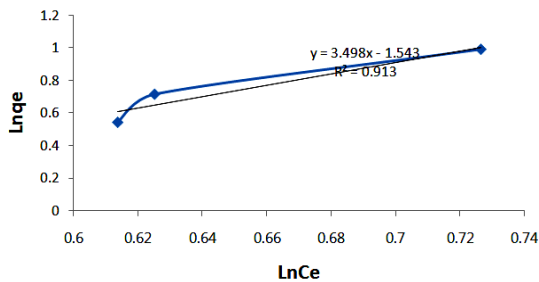
در ادامه، به منظور تعیین اثر دوز جاذب مورد نظر بر روی فرآیند جذب سطحی، مقدار ۰/۶-۰/۲ گرم در لیتر پودر پسماند گلاب‌گیری، به عنوان جاذب برای آزمایشات جذب، در مقدار ثابت pH اولیه برابر ۴ (pH بهینه حاصل از انجام مرحله اول آزمایشات جذب)، غلظت اولیه رنگ ۲۵ میلی گرم در لیتر، در دمای آزمایشگاه برای مدت زمان ۱۸۰ دقیقه مورد استفاده قرار گرفت. همانطور که در نمودار ۲ نشان داده شده است؛ با افزایش دوز تا یک مقدار معین، راندمان حذف نیز افزایش می‌یابد. در دوز ۰/۲ گرم در لیتر، راندمان حذف برابر ۹۱/۷۷٪ بوده است که با افزایش دوز به ۰/۶ گرم در لیتر، راندمان حذف به ۹۳/۷۸٪ افزایش یافته است.



نمودار ۴: اثر زمان تماس بر جذب سطحی رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ توسط جاذب پودر پسماند گلاب‌گیری

غلظت اولیه رنگ افزایش یافته است؛ به نحوی که در غلظت اولیه رنگ معادل ۵۰ میلی گرم در لیتر، این مقدار به ۱۱/۹۱ میلی گرم بر گرم رسیده است.

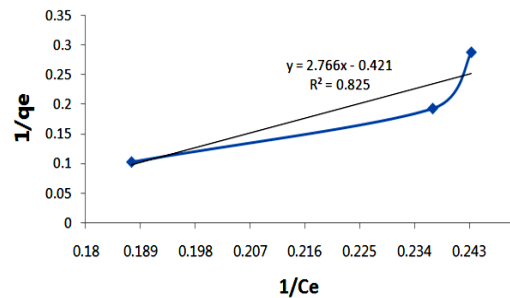
در این تحقیق از ایزوترم‌های مدل جذب لانگمویر و فروندلیچ برای ارزیابی جذب رنگ راکتیو ۱۹۸ بر روی پودر پسماند گلاب‌گیری و غلظت تعادلی آن در محلول آبی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از ترسیم ایزوترم‌های مدل جذب لانگمویر و فروندلیچ در نمودارهای ۵ و ۶ نمایش داده شده است. بر این اساس مشاهده می‌شود که داده‌های حاصل از مطالعه حاضر، از تناسب بهتری با معادله جذب فروندلیچ برخوردار بوده است؛ به نحوی که ضریب رگرسیون (R^2) برای ایزوترم فروندلیچ برابر ۰/۹۱۳ و برای ایزوترم جذب لانگمویر برابر ۰/۸۲۵ می‌باشد.



شکل ۶: ایزوترم جذب فروندلیچ برای جذب سطحی رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ بر روی پودر پسماند گلاب‌گیری

به نحوی که حداکثر جذب معادل ۵/۱۹ میلی گرم بر گرم ($0.93/60$) برای pH معادل ۴ حاصل گردید. نتایج مشابه توسط سایر محققین گزارش شده است.^{۳۲} در واقع تحت شرایط pH اسیدی، سایت‌های پیوندی جاذب با یون‌های هیدروژنی که به عنوان لیگاند‌های رابط (پل ارتباطی) بین سطح جاذب و مولکول رنگ عمل می‌نمایند ارتباط نزدیکی برقرار می‌کنند.^{۳۳} در این شرایط مقادیر pH پائین تر، شرایط مطلوبی برای حذف رنگ‌های راکتیو فراهم می‌نماید.^{۳۴} بررسی‌های انجام شده

در این مرحله از تحقیق، اثر غلظت‌های مختلف رنگ بر روی راندمان حذف مورد بررسی قرار گرفت. در نمودار ۵، راندمان حذف رنگ در pH معادل ۴، دوز جاذب ۰/۴ گرم در لیتر و زمان تماس ۱۸۰ دقیقه و در غلظت‌های رنگ ۲۵ و ۵۰ میلی گرم در لیتر نمایش داده شده است. همانطور که در این نمودار نشان داده شده است، با افزایش غلظت اولیه رنگ، راندمان حذف، روندی صعودی را از خود نشان داده است؛ به نحوی که در غلظت اولیه رنگ برابر ۲۵ میلی گرم در لیتر، راندمان حذف برابر ۹۳/۷۸٪ بوده و با افزایش غلظت رنگ به ۵۰ میلی گرم در لیتر، راندمان حذف به ۹۶/۷۱٪ افزایش یافته است. با این حال افزایش بیشتر غلظت رنگ، با افزایش راندمان حذف آن همراه نبوده است؛ از طرفی بر اساس آنچه در نمودار ۴ مشاهده می‌شود، ظرفیت جذب به صورت خطی با افزایش



نمودار ۵: ایزوترم جذب لانگمویر برای جذب سطحی رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ بر روی پودر پسماند گلاب‌گیری

بحث

pH محلول می‌تواند بر بار سطحی جاذب، درجه یونیزاسیون آلاینده‌های مختلف، تفکیک گروه‌های کاربردی بر روی سایت‌های فعال جاذب و نیز ساختار مولکول رنگ اثرگذار باشد.^{۳۱} در واقع pH محلول، شیمی محیط آبی و پیوندهای سطح جاذب را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همانطور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود، جذب سطحی راکتیو قرمز ۱۹۸ توسط جاذب مورد نظر، کاملاً متأثر از مقدار pH محلول است؛

توسط Gulnaz و همکاران در خصوص حذف رنگ راکتیو ۱۹ توسط *Potamogeton crispus* نیز بیانگر آن است که با کاهش pH از مقدار ۵ واحد به ۱، راندمان حذف رنگ افزایش یافته است که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد.^{۳۵} از طرفی، مطالعات Aksu و Akin و نیز مطالعات Akar و همکاران، تأییدکننده نتایج مطالعه حاضر می‌باشد.^{۳۴}

غلظت جاذب تعیین کننده ظرفیت جاذب (پودر پسماند گلاب‌گیری)، برای یک غلظت اولیه معین از رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ است. همانطور که در نمودار ۲ نمایش داده شده است، درصد حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸، تابع دوز جاذب مصرفی بوده و با افزایش دوز جاذب تا یک مقدار مشخص شدیداً افزایش می‌یابد. این نتیجه، بر اساس این حقیقت قابل تفسیر است که سایت جذب، در طی فرآیند جذب به صورت اشباع نشده باقی مانده و حال آنکه تعداد سایت‌های در دسترس برای سایت جذب، با افزایش دوز جاذب افزایش می‌یابد. حداکثر راندمان جذب راکتیو قرمز ۱۹۸ بر روی پودر پسماند گلاب‌گیری، معادل ۳/۴۸ میلی گرم بر گرم (۹۳/۷۸٪) با دوز ۰/۴ گرم در لیتر حاصل شد. در عین حال، افزایش بیشتر مقدار جاذب، افزایش معنی دار راندمان حذف رنگ را به دنبال نداشت. این مشاهدات نشان می‌دهد که با افزودن دوز معینی از جاذب، حداکثر جذب حاصل شده و از این رو مقدار آلاینده ثابت باقی می‌ماند؛ همچنین زمانی که دوز جاذب افزایش می‌یابد، درصد حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ نیز افزایش می‌یابد. نتایج مشابه توسط Gulnaz و همکارانش در خصوص حذف رنگ راکتیو ۱۹۸ از محلول‌های آبی با استفاده از فرآیند جذب گزارش شده است.^{۳۵}

بر اساس نتایج حاصل از انجام مطالعه حاضر در مورد پارامتر زمان تماس (نمودار ۳)، می‌توان ادعان داشت که ظرفیت جذب سطحی و درصد حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ توسط جاذب طی مراحل اولیه جذب به سرعت افزایش یافته و سپس با سرعتی کندتر و متناسب با زمان، روند صعودی را تا رسیدن

به حالت تعادل طی مدت زمانی معادل ۱۲۰ دقیقه طی می‌نماید. به عبارت دیگر، همانطور که در نمودار ۴ نمایش داده شده است، جذب رنگ در طی ۶۰ دقیقه ابتدایی بسیار سریع بوده (۷۲/۲۱٪) و سپس سرعت جذب با گذشت زمان کاهش یافته و نهایتاً در زمان ۱۲۰ دقیقه به حالت تعادل رسیده است؛ همچنین حداکثر میزان حذف در زمان تماس ۱۲۰ دقیقه معادل ۹۱/۴۱٪ (۴/۸۶ میلی گرم بر گرم) حاصل شد. عموماً، نرخ حذف آلاینده (جذب شونده) در ابتدا سریع بوده، اما به تدریج با گذشت زمان کاهش یافته تا اینکه به حالت تعادل می‌رسد. این پدیده ناشی از این حقیقت است که در ابتدا و در مراحل اولیه جذب، شمار زیادی از سایت‌های سطحی خالی، برای انجام جذب در دسترس بوده اما با گذشت زمان، سایت‌های سطحی خالی باقی مانده، در جذب آلاینده‌ها با مشکل مواجه می‌شوند که این امر می‌تواند به دلیل نیروهای بازدارنده بین مولکولهای جذب شونده بر سطح جاذب جامد و توده مایع باشد. نتایج مشابه توسط Gulnaz و Akin گزارش شده است.^{۳۵،۳۴}

همانطور که در نمودار ۴ نمایش داده شده است، با افزایش غلظت اولیه رنگ، مقدار رنگ جذب شده نیز افزایش می‌یابد؛ به نحوی که می‌توان گفت: حذف رنگ، تحت تأثیر غلظت اولیه رنگ می‌باشد. برای مثال، زمانی که غلظت اولیه رنگ از ۲۵ به ۵۰ میلی گرم در لیتر افزایش یافت، ظرفیت تعادلی جذب توسط پودر پسماند گلاب‌گیری نیز از ۳/۴۸ میلی گرم بر گرم (۹۳/۷۸٪) به ۱۱/۹۱ میلی گرم بر گرم (۹۶/۷۱٪) افزایش یافت.

نتایج مشابه، در خصوص جذب رنگ متیلن بلو بر روی کربن فعال حاصل از زائدات کتان و خاکستر فرار، حاصل شده است. این افزایش در نسبت رنگ حذف شده، ممکن است مربوط به شیفت تعادل در طی فرآیند جذب باشد. روند مشابهی در خصوص این موضوع، پیرامون جذب رنگ قرمز کنگو از محلول آبی، توسط خاکستر فرار غنی از کلسیم و

جهت حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از محلول‌های آبی مورد استفاده قرار گیرد. درصد حذف رنگ، تابع مقدار جاذب، غلظت اولیه رنگ، زمان تماس بین رنگ و جاذب و pH است؛ همچنین این جاذب قادر به حذف بیش از ۹۶٪ رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از محلول‌هایی با غلظت اولیه ۵۰ میلی گرم بر لیتر رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ می‌باشد. جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ بر پودر پسماند گلاب‌گیری، توسط ایزوترم‌های جذب لانگمویر و فروندلیچ توصیف شد که بیانگر کارایی بهتر ایزوترم جذب فروندلیچ با داده‌های حاصل از مطالعه حاضر است. حذف رنگ از محلول‌های آبی در غلظت‌های پائین رنگ، تحت تأثیر جذب بر سایت‌های سطحی جاذب جامد بوده و حال آنکه در غلظت‌های رنگ بالا، جذب در سطح و تبادل داخلی هر دو به وقوع می‌پیوندد.

تشکر و سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از حمایت و همکاری کارشناسان محترم آزمایشگاه شیمی دانشکده بهداشت یزد، جهت انجام این تحقیق تشکر و قدردانی نمایند.

حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ توسط جاذب‌های طبیعی مشاهده شده است.^{۳۰} در واقع غلظت اولیه رنگ، فراهم کننده یک نیروی محرکه قوی و مهم جهت غلبه بر مقاومت انتقال جرم بین فازهای آبی و جامد است؛ به نحوی که افزایش غلظت‌های اولیه، سبب ترغیب ظرفیت جذب رنگ می‌شود. این نتایج با یافته‌های سایر محققین همخوانی دارد.^{۳۲}

بر اساس داده‌های مطالعه حاضر (نمودارهای ۵ و ۶)، ضریب همبستگی مدل فروندلیچ بالاتر از مقدار آن برای مدل لانگمویر بوده که بیانگر تناسب بهتر مدل جذب فروندلیچ، جهت توصیف تعادل جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ بر پودر پسماند گلاب‌گیری می‌باشد. در عین حال بررسی انجام شده توسط Gulnaz و همکارانش در خصوص حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از محلول‌های آبی با استفاده از فرآیند جذب، بیانگر تطابق بهتر داده‌های جذب با ایزوترم جذب لانگمویر بود که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی ندارد.^{۳۰}

نتیجه‌گیری

از یافته‌های مطالعه حاضر، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که پودر پسماند گلاب‌گیری می‌تواند به نحوی مؤثر و کارآمد،

منابع

- Santhi T, Manonmani S, Vasantha V, Chang Y. A new alternative adsorbent for the removal of cationic dyes from aqueous solution. Arab J Chem 2011 (In Press).
- Cengiz S, Tanrikulu F, Aksu S. An alternative source of adsorbent for the removal of dyes from textile waters: Posidonia oceanica. Chem Eng J 2012;189: 32-40.
- Gök Ö, Özcan AS, Özcan A. Adsorption behavior of a textile dye of Reactive Blue 19 from aqueous solutions onto modified bentonite. Appl Surf Sci 2010;256(17): 5439-43.
- Barka N, Assabbane A, Nounah A, Laanab L, Ichou YA. Removal of textile dyes from aqueous solutions by natural phosphate as a new adsorbent. Desalination 2009;235(1): 264-75.
- Osma JF, Saravia V, Toca-Herrera JL, Couto SR. Sunflower seed shells: A novel and effective low-cost adsorbent for the removal of the diazo dye Reactive Black 5 from aqueous solutions. J Hazard Mater 2007;147(3): 900-5.
- Neppolian B, Choi H, Sakthivel S, Arabindoo B, Murugesan V. Solar light induced and TiO₂ assisted degradation of textile dye reactive blue 4. Chemosphere 2002;46(8): 1173-81.
- Lucas MS, Peres JA. Degradation of Reactive Black 5 by Fenton/UV-C and ferrioxalate/H₂O₂/solar light processes. Dyes Pigments 2007;74(3): 622-9.
- Wang L, Hung Y, Lo H, Yapijakis C. Handbook of Industrial and Hazardous Wastes Treatment. 2nd ed, Marcel Dekker, 2004.
- Muthukumar M, Thalamadai Karuppiiah M, Raju.B.

- Electrochemical removal of C.I. Acid orange 10 from aqueous solutions. *Sep Purif Technol* 2007; 55: 198-205.
10. Özcan A, Ömeroğlu Ç, Erdoğan Y, Özcan AS. Modification of bentonite with a cationic surfactant: An adsorption study of textile dye Reactive Blue 19. *J Hazard Mater* 2007;140(1-2): 173-9.
 11. Garg VK, Gupta R, Bala Yadav A, Kumar R. Dye removal from aqueous solution by adsorption on treated sawdust. *Bioresource Technol* 2003;89(2): 12.
 12. Hameed BH, Ahmad AA, Aziz N. Isotherms, kinetics and thermodynamics of acid dye adsorption on activated palm ash. *Chem Eng J* 2007;133(1-3): 195-203.
 13. Ferrero F. Dye removal by low cost adsorbents: Hazelnut shells in comparison with wood sawdust. *J Hazard Mater* 2007;142(1-2): 144-52.
 14. Nandi B, Goswami A, Purkait M. Adsorption characteristics of brilliant green dye on kaolin. *J Hazard Mater* 2009;161(1): 387-95.
 15. Sylwia Mozia, Maria Tomaszewska, Antoni W. Morawski. Removal of azo-dye Acid Red 18 in two hybrid membrane systems employing a photodegradation process. *Desalination* 2006;198: 183-90.
 16. Galindo C, Jacques P, Kalt A. Photooxidation of the phenylazonaphthol AO20 on TiO₂: kinetic and mechanistic investigations. *Chemosphere* 2001;45(6): 997-1005.
 17. Arslan I, Akmehmet Balcioğlu I, Bahnemann W. Advanced chemical oxidation of reactive dyes in simulated dyehouse effluents by ferrioxalate-Fenton/UV-A and TiO₂/UV-A processes. *Dyes Pigments* 2000;47: 207-18.
 18. Khaled A, El Nemr A, El-Sikaily A, Abdelwahab O. Removal of Direct N Blue-106 from artificial textile dye effluent using activated carbon from orange peel: Adsorption isotherm and kinetic studies. *J Hazard Mater* 2009;165(1): 100-10.
 19. Golka K, Kopps S, Myslak ZW. Carcinogenicity of azo colorants: influence of solubility and bioavailability. *Toxicol Lett* 2004;151(1): 203-10.
 20. Daneshvar N, Salari D, Khataee A. Photocatalytic degradation of azo dye acid red 14 in water: investigation of the effect of operational parameters. *J Photoch Photobio A* 2003;157(1): 111-6.
 21. Hoda N, Bayram E, Ayranci E. Kinetic and equilibrium studies on the removal of acid dyes from aqueous solutions by adsorption onto activated carbon cloth. *J Hazard Mater* 2006;137(1): 344-51.
 22. El Nemr A, Abdelwahab O, El-Sikaily A, Khaled A. Removal of direct blue-86 from aqueous solution by new activated carbon developed from orange peel. *J Hazard Mater* 2009;161(1): 102-10.
 23. Tsai W, Chang C, Ing C, Chang C. Adsorption of acid dyes from aqueous solution on activated bleaching earth. *J Colloid Interf Sci* 2004;275(1): 72-8.
 24. Hosseini S, Khan MA, Malekbala MR, Cheah W, Choong TS. Carbon coated monolith, a mesoporous material for the removal of methyl orange from aqueous phase: Adsorption and desorption studies. *Chem Eng J* 2011;171(3): 1124-31.
 25. Qiu M, Qian C, Xu J, Wu J, Wang G. Studies on the adsorption of dyes into clinoptilolite. *Desalination* 2009;243(1-3): 286-92.
 26. Moussavi G, Mahmoud I. Removal of azo and anthraquinone reactive dyes from industrial wastewaters using MgO nanoparticles. *J Hazard Mater* 2009;168: 806-12.
 27. Dalvand A, Gholami M, Joneidi A, Mahmoodi NM. Dye removal, energy consumption and operating cost of electrocoagulation of textile wastewater as a clean process. *CLEAN Soil Air Water* 2011;39(7): 665-72. Dutta S, Parsons SA, Bhattacharjee C, Jarvis P, Datta S, Bandyopadhyay S. Kinetic study of adsorption and photo-decolorization of Reactive Red 198 on TiO₂ surface. *Chem Eng J* 2009;155(3): 674-9.
 28. Wu CH. Effects of sonication on decolorization of CI Reactive Red 198 in UV/ZnO system. *J Hazard Mater* 2008;153(3): 1254-61.
 29. Catanho M, Malpass GR, Motheo AJ. Photoelectrochemical treatment of the dye reactive red 198 using DSA® electrodes. *Appl Catal B* 2006;62(3): 193-200.
 30. Ai L, Zhang C, Liaoa F, Wang Y, Li M, Meng L, Jiang J. Removal of methylene blue from aqueous solution with magnetite loaded multi-wall carbon nanotube: Kinetic, isotherm and mechanism analysis. *J Hazard Mater* 2011;198: 282-90.
 31. Anbia M, Asl Hariri S. Removal of methylene blue from aqueous solution using nanoporous SBA-3. *Desalination* 2010;261(1-2): 61-6.
 32. Aksu Z, Donmez G. A comparative study on the biosorption characteristics of some yeasts for remazol blue reactive dye. *Chemosphere* 2003;50(8): 1075-83.
 33. Aksu Z, Akin AB. Comparison of Remazol Black B biosorptive properties of live and treated activated sludge. *Chem Eng J* 2010;165: 184-93.
 34. Gulnaz O, Sahnurova A, Kama S. Removal of Reactive Red 198 from aqueous solution by *Potamogeton crispus*. *Chem Eng J* 2011;174(1-3): 579-85.

The Efficiency of Residues of Rosa Damasena Powder in Removing Reactive Red 198 Dye from Synthetic Textile Effluent

Mohammad Miri¹, Reza Ali Fallahzadeh¹, Mohammad Taghi Ghaneian¹,
Maryam Gholami², Rana Mahdavi³, Ali Reza Shahriyari^{1*}

1. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

2. Department of Environmental Health Engineering, Abarkouh Paramedical school, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

3. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran

E-mail: fallahzadeh4@yahoo.com

Received: 9 Feb 2014 ; Accepted: 5 Jul 2014

ABSTRACT

Background: Reactive dyes have extensively been used in textile industries, the effluence of the waste containing such dyes into water resources can pose hazardous effects on the environment and to the human health because of their carcinogenic, mutagenic, allergenic and toxic nature. The present research was performed to study the efficiency of residues of Rosa Damasena powder in removing Reactive red 198 dye from aqueous solutions.

Methods: In the present experimental study, effects of various operating parameters such as pH (4-10), initial concentration of dye (25 and 50 mg/L), contact time (15-180 min) and adsorbent dosage (0.2-0.6 g/L) were investigated.

Results: Result showed that maximum adsorption capacity of the residues of Rosa Damasena powder was 5.19 mg/g at pH 4, contact time of 120 min and adsorbent dosage of 0.4 g/L. Besides, the equilibrium data were also fitted into the Langmuir and Freundlich equilibrium isotherm models which the data better fitted with Freundlich ($R^2=0.913$) model than Langmuir's ($R^2=0.825$).

Conclusion: According to results of the present study, it was found that residues of Rosa damasena powder has a high capacity to remove Reactive red 198 dye from aqueous solutions and textile industry wastewater.

Keywords: Reactive red 198, Surface adsorption, Natural absorbent, residues of Rosa Damasena powder.