

کارایی خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان در حذف رنگ

عباس خدابخش^۱، وحیده پرورش^۲، مرتضی سدهی^۳، محسن اربابی^۱

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: رنگ یکی از مهم ترین آلاینده های موجود در فاضلاب نساجی به شمار می رود که اغلب سمی، سرطانزا و جهشزا می باشد. بنابراین، آلاینده های رنگی قبل از ورود به محیط زیست باید تصفیه شوند. مطالعه حاضر با هدف بررسی کارایی خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان در حذف رنگ راکتیو بلک ۵ از محلول های آبی انجام شد.

روش ها: این مطالعه به صورت تجربی و در مقیاس آزمایشگاهی انجام گرفت. جاذب مورد نظر در شرایط آزمایشگاهی تهیه و با استفاده از الک های استاندارد دانه بندی شد و اثر شاخص های مختلف شامل pH (۲-۱۲)، غلظت اولیه رنگ (۶۰-۴۰-۲۰ میلی گرم در لیتر)، زمان تماس (۱۸۰-۱۰ دقیقه) و دوز جاذب (۲-۰/۳ گرم در ۱۰۰ سی سی) مورد بررسی قرار گرفت.

یافته ها: کارایی خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان در حذف رنگ با افزایش pH و غلظت اولیه رنگ، کاهش و با افزایش زمان تماس تا ۶۰ دقیقه اول افزایش یافت. همچنین، یافته ها از ایزوترم $R^2 = 0/9467$ Langmuir بهتر پیروی نمود.

نتیجه گیری: خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان از توانایی مطلوبی (۹۸/۴۸ درصد در غلظت ۲۰ میلی گرم آلاینده) در حذف رنگ راکتیو بلک ۵ از محلول های آبی و فاضلاب های صنعت نساجی برخوردار است.

واژه های کلیدی: رنگ راکتیو بلک ۵، جذب سطحی، گیاه شیرین بیان، جاذب طبیعی

ارجاع: خدابخش عباس، پرورش وحیده، سدهی مرتضی، اربابی محسن. کارایی خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان در حذف رنگ. مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۶؛ ۱۳ (۱): ۶۵-۷۱

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۸/۱۵

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۲/۲۴

مقدمه

صنایع نساجی نقش مهمی در توسعه اقتصادی بسیاری از کشورهای در حال توسعه در بخش غیر نفتی و گاز ایفا می کند. همچنین، صنعت نساجی باعث ایجاد مشکلات جدی به ویژه دفع فاضلاب رنگی برای محیط زیست شده است (۱). این صنایع از جمله مصرف کنندگان عمده آب برای فرایندهای مختلف تولیدی به شمار می رود. بنابراین، در زمره تولید کنندگان عظیم فاضلاب های رنگی قرار دارند که در پساب آن ها مقادیر زیادی رنگ های مصرف نشده و سایر ترکیبات شیمیایی مشاهده می گردد (۲). رنگ زاهایی که در صنایع نساجی استفاده می شود، در سه گروه قرار می گیرند. دسته اول رنگ زاهای آنیونی (اسیدی، مستقیم و راکتیو)، دسته دوم رنگ زاهای کاتیونی (همه رنگ زاهای بازی) و دسته سوم رنگ زاهای غیر یونی (رنگ زاهای دیسپرس) (۳). رنگ ها بر اساس ساختار شیمیایی یا گروه عاملی رنگ نیز به ۲۰-۳۰ گروه تقسیم می شوند که مهم ترین آن ها آزو، آنتراکینون، فتالوسیانین و تری آریل اتان هستند (۴).

رنگ های راکتیو بزرگ ترین دسته از رنگ های مصنوعی در آب هستند که از نظر نوع و ساختار، بیشترین تنوع را دارند (۵). این رنگ ها به دلایلی همچون واکنش پذیری بالا، انعطاف پذیری خوب، شفافیت، تکنیک های کاربردی آسان و مصرف انرژی پایین، به طور گسترده در صنایع نساجی استفاده می شوند و

نزدیک به ۵۰ درصد از آن ها ممکن است در پساب و پس از رنگرزی الیاف از دست برود و در فرایند تصفیه متداول بسیار مقاوم می باشند (۶). رنگ های راکتیو بیشترین مصرف را در ایالات متحده آمریکا، تایلند، ترکیه و ایران دارند و هند از تولید کنندگان اصلی این رنگ است (۷). روش های متداول برای حذف آلاینده های رنگی از فاضلاب وجود دارد که شامل جذب سطحی، الکترو دیالیز، اکسیداسیون پیشرفته، انعقاد و لخته سازی، غشای تبادل یونی، ترافیلتراسیون (Ultrafiltration یا UF)، تجزیه فتوکاتالیستی و اسمز معکوس می باشد (۸، ۹).

فرایند انعقاد و لخته سازی همراه با تصفیه بیولوژیکی، به منظور حذف جامدات معلق و مواد آلی و نیز بهبود حذف رنگ از پساب های صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد، اما این روش ها با تولید مقادیر زیادی لجن همراه است که غنی از ترکیبات رنگی و مواد مورد استفاده در فرایند نساجی می باشد (۱۰). روش های بیولوژیکی و شیمیایی با این که روش های مؤثری در حذف مواد رنگزا می باشند، اما به تجهیزات و انرژی زیادی نیاز دارند یا فاقد توجیه اقتصادی هستند (۱۱).

از میان فرایندهای مورد استفاده، فرایند جذب به دلیل سادگی طراحی، بهره برداری آسان، هزینه اولیه و حساس نبودن به مواد سمی، مقبولیت زیادی

- ۱- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران
- ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، ایران
- ۳- استادیار، گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران

Email: vahideh.parvaresh@yahoo.com

نویسنده مسؤول: وحیده پرورش

دارد (۱۲). کربن فعال، رایج‌ترین جاذب مورد استفاده در جذب ترکیبات آلی و فلزات سنگین از محلول‌های آبی می‌باشد (۱۳). جاذب‌ها شامل مواد طبیعی و مواد زاید حاصل از کشاورزی و صنعتی مانند کاه گندم، زایدات ذرت، زغال سنگ نارس، کیتین، سیلیس، خاکستر فرار، پوست موز، پوست پرتقال و... است که به عنوان گزینه‌های بالقوه مد نظر قرار می‌گیرند (۸، ۱۱، ۱۴).

در مطالعه حاضر ماده جاذبی که برای حذف رنگ راکتیو بلک ۵ مورد استفاده قرار گرفت، ریشه گیاه شیرین بیان بود. شیرین بیان در بیشتر مناطق جهان به خصوص میان دو عرض جغرافیایی ۳۰ و ۴۰ درجه در نیم کره شمالی زمین می‌روید. این گیاه در کشورمان نیز پراکنش بسیار وسیعی دارد و در استان‌های خراسان (شمالی و رضوی)، آذربایجان شرقی و غربی، زنجان، گلستان، کردستان، فارس، اصفهان، تهران و... می‌روید. قطب تولید و صادرات شیرین بیان در ایران، شهر شیراز است. این گیاه پس از عصاره‌گیری در کارخانجات مربوطه، به عنوان مواد زاید کشاورزی شناخته می‌شود (۱۵). قابل توجه این که استان چهار محال و بختیاری دارای صنایع نساجی زیادی از جمله صنایع نساجی حجاب شهرکرد، صنایع ریسندگی و نساجی بروجن، صنایع نساجی حریر البرز بروجن، صنایع الیاف زاگرس، صنایع نساجی نگین، صنایع ظریف مصور بروجن و... می‌باشد که در اغلب این صنایع از رنگ راکتیو استفاده می‌شود. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف فعال کردن یک جاذب ارزان قیمت از زایدات کشاورزی (ریشه گیاه شیرین بیان)، به عنوان ماده جاذب برای حذف رنگ راکتیو بلک ۵ از محلول‌های آبی انجام گرفت.

روش‌ها

رنگ راکتیو بلک ۵ مورد استفاده در این تحقیق از کارخانه نساجی حجاب شهرکرد خریداری شد و سایر مواد شیمیایی مورد استفاده در انجام آزمایش‌ها نیز محصول شرکت Merck (آلمان) بود. ویژگی‌های رنگ راکتیو بلک ۵ مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است.

مطالعه حاضر از نوع تجربی بود که به صورت ناپیوسته در مقیاس آزمایشگاهی، در آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد در سال ۱۳۹۳ انجام شد. هدف از انجام تحقیق، تعیین کارایی ریشه گیاه شیرین بیان به عنوان یک جاذب طبیعی در حذف رنگ راکتیو بلک ۵ از محلول‌های آبی بود. برای آماده‌سازی جاذب، ابتدا ریشه گیاه شیرین

بیان عصاره‌گیری شده از کارخانه ریشمک شیراز تهیه گردید و جهت حذف ناخالصی‌ها همچون شن و ماسه و برگ و دیگر ترکیبات، با آب شهری و سپس با آب مقطر شسته و به مدت دو ساعت در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد خشک شد و در یک آسیاب خانگی خرد شد. در ادامه، مواد خشک شده در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت در غیاب اکسیژن سوزانده شد و جهت دانه‌بندی از الک‌های استاندارد ۳۰-۱۰۰ مش استفاده شد. جاذب تهیه شده تا زمان استفاده در ظرف بدون منفذ و درب‌دار برای جلوگیری از جذب رطوبت نگهداری گردید (۸، ۱۶).

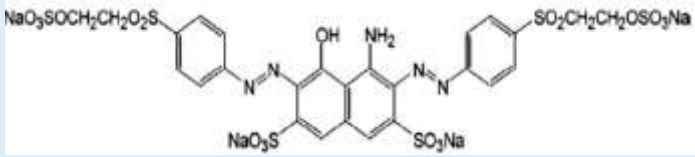
برای تهیه نمونه استوک، از رنگ راکتیو بلک ۵ با وزن مولکولی ۹۹۱/۸۲ استفاده شد. ۱۰۰۰ میلی‌گرم از این رنگ وزن شد و به داخل بالن حجمی ۱۰۰۰ میلی‌لیتر انتقال یافت و ضمن هم زدن با آب مقطر، به حجم رسانده شد (۱۷). تجربیات حذف رنگ توسط خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان، در ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری روی همزن مغناطیسی یا Shaker (مدل Pars Azma Co) انجام پذیرفت. در مطالعه حاضر، هر آزمایش شامل آماده‌سازی محلول رنگی ۱۰۰ میلی‌لیتری با یک غلظت اولیه (۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم در لیتر) و pH معین (برابر با ۲، ۵، ۷، ۹ و ۱۲) بود. جهت تنظیم pH نمونه، از محلول‌های NaOH یا NHCl ۱ نرمال و برای اندازه‌گیری آن از pH متر (مدل Lab 827 pH) استفاده گردید. سپس جرم معینی از خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان (۳/۰، ۵/۰، ۷/۰، ۱۰/۰، ۲۰ گرم در میلی‌لیتر) به محلول اضافه شد و مدت زمان معینی (۱۰، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه) جهت اختلاط و تماس مناسب جاذب و رنگ، روی همزن مغناطیسی یا Shaker با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه قرار گرفت. جهت جداسازی ذرات جاذب از محلول آبی نمونه، پمپ خلاء، قیف بوختر و فیلتر استات سلولز با منافذ ۰/۴۵ میکرون مورد استفاده قرار گرفت (۱۸). در نهایت، غلظت رنگ نهایی رنگ راکتیو بلک ۵ با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-2100 Spectrophotometer) در طول موج ۵۹۷ نانومتر سنجش شد (۱۹).

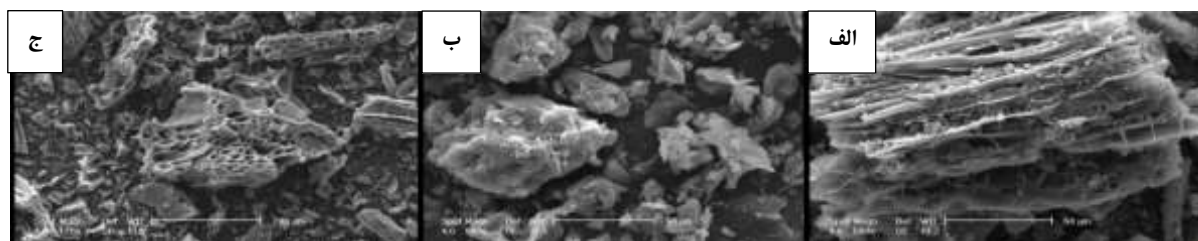
$$Up = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100 \quad \text{رابطه ۱}$$

در رابطه ۱، C_0 و C_e به ترتیب غلظت‌های اولیه و نهایی رنگ (پس از جذب) می‌باشد. مقدار رنگ بلک ۵ جذب شده نیز با استفاده از رابطه ۲ تعیین شد.

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{M} \quad \text{رابطه ۲}$$

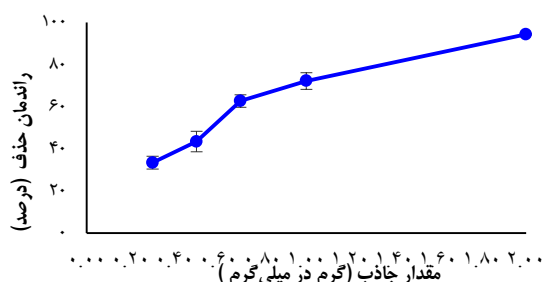
جدول ۱. مشخصات فیزیوشیمیایی رنگ Reactive black 5 dye (RB5)

شاخص ایندکس	راکتیو بلک ۵
ساختار شیمیایی	
فرمول مولکولی	$C_{26}H_{21}N_5Na_4O_{19}S_6$
λ_{max} (nm)	۵۹۷
M_w (g/mol)	۹۹۱/۸۲



شکل ۱. تصاویر SEM (Scanning electron microscopy) قبل از فعال‌سازی (الف)، بعد از فعال‌سازی (ب) و بعد از فرایند جذب (ج)

در رابطه ۲ نیز V برابر با حجم محلول (لیتر) و M مقدار جاذب مورد استفاده (گرم) می‌باشد (۱). نتایج حاصل از آزمایش‌های جذب با استفاده از نرم‌افزار Excel در قالب نمودار ارایه و در عین حال با توجه به دو بار تکرار تمام آزمایش‌ها، مقادیر به صورت میانگین گزارش گردید. همچنین، از آزمون رگرسیون خطی جهت تعیین معادلات ایزوترم جذب استفاده شد. در مطالعه حاضر، روش Brunauer-Emmett-Teller (BET) جهت تعیین میزان سطح ویژه ذرات خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان و میکروسکوپ الکترونی پویشی (Scanning electron microscopy یا SEM) برای تعیین مورفولوژی، شکل و توزیع اندازه ذرات و بررسی ریز ساختارها مورد استفاده قرار گرفت (۲۰).



شکل ۲. اثر دوز جاذب بر کارایی فرایند جذب

اثر زمان تماس بر کارایی فرایند جذب: زمان تماس مناسب تعادل جذب یا اشباع جاذب، شاخص مهمی در طراحی ستون‌های جذب می‌باشد. اثر زمان تماس از ۱۰ تا ۱۸۰ دقیقه در دوز جاذب ۲ گرم در میلی‌لیتر و غلظت اولیه رنگ راکتیو بلک ۵ برابر با ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و $pH = 2$ ، با افزایش زمان تماس، راندمان حذف رنگ راکتیو بلک ۵ نیز به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. هرچند با افزایش زمان تماس، راندمان حذف رنگ افزایش پیدا کرد، اما بیشترین زمان تماس در طی ۶۰ دقیقه اول بود. با این وجود، افزایش بیشتر زمان تماس تأثیری بر افزایش راندمان حذف نداشت؛ به نحوی که در زمان تماس ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه، راندمان حذف به ترتیب ۵۸/۴۱ و ۵۸/۶۸ درصد گزارش گردید.

اثر غلظت اولیه رنگ بر کارایی فرایند جذب: تأثیر غلظت اولیه رنگ بر کارایی حذف رنگ در سیستم مورد مطالعه با تغییر غلظت‌های اولیه رنگ (۲۰، ۴۰، ۶۰ میلی‌گرم در لیتر) در $pH = 2$ و مقدار جاذب ۲ گرم در میلی‌لیتر بعد از زمان تعادل بررسی گردید. کارایی حذف با افزایش غلظت اولیه رنگ، کاهش یافت؛ به طوری که وقتی غلظت اولیه رنگ از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر به ۶۰ میلی‌گرم در لیتر رسید، کارایی حذف رنگ نیز به ترتیب از ۹۸/۴۸ به ۹۲/۷۹ درصد کاهش پیدا کرد.

در رابطه ۲ نیز V برابر با حجم محلول (لیتر) و M مقدار جاذب مورد استفاده (گرم) می‌باشد (۱). نتایج حاصل از آزمایش‌های جذب با استفاده از نرم‌افزار Excel در قالب نمودار ارایه و در عین حال با توجه به دو بار تکرار تمام آزمایش‌ها، مقادیر به صورت میانگین گزارش گردید. همچنین، از آزمون رگرسیون خطی جهت تعیین معادلات ایزوترم جذب استفاده شد. در مطالعه حاضر، روش Brunauer-Emmett-Teller (BET) جهت تعیین میزان سطح ویژه ذرات خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان و میکروسکوپ الکترونی پویشی (Scanning electron microscopy یا SEM) برای تعیین مورفولوژی، شکل و توزیع اندازه ذرات و بررسی ریز ساختارها مورد استفاده قرار گرفت (۲۰).

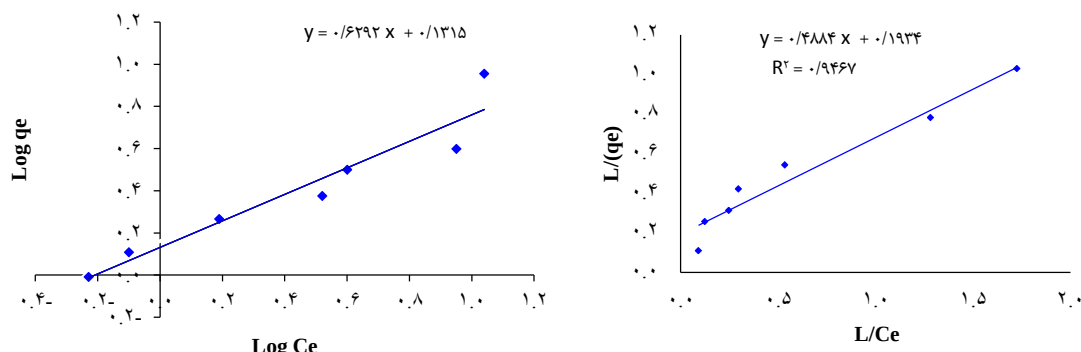
یافته‌ها

مشخصات ساختاری جاذب: تصاویر SEM جاذب در مراحل قبل از فعال‌سازی (الف)، بعد از فعال‌سازی (ب) و بعد از فرایند جذب (ج) که در دانشکده مواد دانشگاه صنعتی اصفهان تهیه شد، در شکل ۱ نشان داده شده است.

یافته‌های مربوط به آزمایش BET نشان داد که مساحت سطح ویژه قبل از فعال‌سازی جاذب، ۲/۰۳۷ مترمربع بر گرم و بعد از فعال‌سازی و سوزاندن جاذب، ۵۶/۵۷۰ مترمربع بر گرم بود. این آزمایش در پژوهشکده نانوفن‌آوری و مواد پیشرفته دانشگاه صنعتی اصفهان انجام گرفت.

اثر pH بر کارایی فرایند جذب: pH از جمله شاخص‌های مهمی است که بر خصوصیات سطحی و بار سطحی جاذب در فرایند جذب تأثیر می‌گذارد. جهت بررسی تأثیر pH، محلول رنگ با غلظت اولیه ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و $pH = 2-12$ و دوز جاذب ۲ گرم در میلی‌لیتر برای مدت تماس ۶۰ دقیقه تهیه گردید. سپس مقدار غلظت باقی‌مانده رنگ به روش اسپکتروفتومتری تعیین شد. یافته‌ها نشان داد که با افزایش pH از ۲ به ۱۲، میزان جذب رنگ کاهش یافت و $pH = 2$ به عنوان pH بهینه در نظر گرفته شد. حداکثر جذب معادل نیز ۵/۱۷ (۸۰/۸۱ درصد) برای $pH = 2$ به دست آمد.

اثر دوز جاذب بر کارایی فرایند جذب: در مطالعات مربوط به جذب تعیین دوز مناسب، جاذب یکی از مهم‌ترین مسائلی است که باید مورد توجه قرار گیرد. جهت تعیین اثر دوز جاذب بر فرایند جذب سطحی، مقدار ۲-۰/۳ گرم در میلی‌لیتر جاذب با $pH = 2$ ، غلظت اولیه رنگ ۲۰ میلی‌گرم در لیتر برای مدت ۳۰ دقیقه مورد استفاده قرار گرفت که نتایج آن در شکل ۲ ارایه شده است. همان‌گونه که مشخص است، درصد حذف رنگ با افزایش دوز جاذب به شدت



شکل ۳. مدل ایزوترمی Langmuir (سمت راست) و Freundlich (سمت چپ)

$$\text{Log } q_e = \text{Log } K_f + \frac{1}{n} \text{Log } C_e \quad \text{رابطه ۵}$$

مقدار ضریب Freundlich، K_f و n از نمودار خطی $\text{Log } q_e$ در مقابل $\text{Log } C_e$ به همراه ضریب همبستگی آن مشخص گردید (شکل ۳). مقدار $1/n$ در این معادله توصیف کننده نوع ایزوترم Freundlich می باشد (۲۳). همان طور که داده های جدول ۲ نشان می دهد، $1/n$ نزدیک به مقدار واحد است و حاکی از آن است که فرایند جذب تحت شرایط آزمایش مناسب می باشد. نتایج هر یک از ایزوترم ها و معرفی شاخص های این مدل ها در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج حاصل از مطالعات ایزوترمی نشان دهنده مقادیر بالای R^2 در هر دو رابطه Freundlich و Langmuir می باشد و این مقادیر حاکی از آن است که داده های آزمایش از هر دو مدل پیروی کردند، اما مدل Langmuir برازش بهتری بر حذف رنگ راکتیو بلک ۵ آزمایش داشت.

بحث

همان طور که در تصویر SEM مشخص است، جاذب تهیه شده بعد از فرایند حرارتی دارای تخلخل و خلل و فرج بسیار بالایی نسبت به حالت قبل از فعال سازی می باشد و سطح ویژه جاذب مورد بررسی از $2/037$ به $56/570$ مترمربع بر گرم رسیده است که این یافته نشان دهنده افزایش سطح ویژه جاذب بعد از فرایند فعال سازی می باشد و دلیل آشکاری جهت بالا بودن راندمان حذف رنگ به وسیله جاذب مورد مطالعه است.

اثر pH بر کارایی فرایند جذب: جذب رنگ راکتیو بلک ۵ توسط جاذب مورد مطالعه، به طور کامل تحت تأثیر مقدار pH محلول قرار داشت؛ به نحوی که حداکثر راندمان حذف رنگ در $\text{pH} = 2$ برابر با $80/95$ درصد بود.

ایزوترم های جذب: مطالعه ایزوترم ها می تواند توصیف کننده چگونگی وقوع واکنش بین جاذب شونده با ماده جاذب باشد. در واقع، ایزوترم فراهم کننده ارتباط بین غلظت رنگ در محلول و مقدار رنگ جذب شده در سطح فاز جامد است؛ در شرایطی که هر دو فاز در حال تعادل با یکدیگر قرار دارند (۲۱). در مطالعه حاضر از مدل های جذب Freundlich و Langmuir جهت بررسی تطابق داده ها استفاده گردید. این مدل بیانگر جذب تک لایه، یکنواخت و حذف اثرات متقابل مولکول های جاذب شده می باشد.

شکل خطی معادله Langmuir به صورت رابطه ۳ تعریف می شود.

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m K_L C_e} + \frac{1}{q_m} \quad \text{رابطه ۳}$$

مقدار ثابت Langmuir، q_m و K_L حاصل از معادله نمودار $\frac{1}{q_e}$ در مقابل $\frac{1}{C_e}$ و مقدار ضریب همبستگی آن به دست آمد که در شکل ۳ نشان داده شده است. جهت تعیین نوع مطلوبیت فرایند جذب در مدل جذب Langmuir، می توان از مقادیر فاکتور بدون بعد R_L (ضریب جداسازی) استفاده نمود که توسط Hall و همکاران معرفی گردید. این رابطه برای توصیف نوع و شکل ایزوترم جذب به کار می رود و به صورت رابطه ۴ بیان می شود (۲۲).

$$R_L = \frac{1}{1 + (K_L C_0)} \quad \text{معادله ۴}$$

در پژوهش حاضر مقدار $0/1123$ در گستره بین 0 تا 1 می باشد که این مطلب بیانگر جذب مطلوب رنگ راکتیو بلک ۵ روی خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان است. ایزوترم Freundlich با فرض یک سطح ناهمگن با توزیع غیر یکنواختی از گرمای جذب در روی سطح به دست می آید. شکل خطی معادله Freundlich به صورت رابطه ۵ است.

جدول ۲. معادلات ایزوترم ها و ضرایب ثابت و همبستگی آن ها در حذف رنگ راکتیو بلک ۵ با استفاده از خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان

ایزوترم جذب	معادلات ایزوترم	ضرایب ثابت و همبستگی ایزوترم ها
Langmuir	$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m K_L C_e} + \frac{1}{q_m}$	R^2 K_L q_m (میلی گرم بر گرم)
		$0/9467$ $0/395$ $5/17$
Freundlich	$\text{Log } q_m = \text{Log } K_f + \frac{1}{n} \text{Log } C_e$	R^2 $1/n$ K_f
		$0/9131$ $0/6292$ $0/1315$

q_e : مقدار رنگ جذب شده در حالت تعادل (میلی گرم بر گرم)، C_e : غلظت رنگ جذب شده در زمان تعادل (میلی گرم بر گرم)، K_L : شدت جذب جاذب یا ثابت Langmuir (بدون بعد)، n و K_f : ثابت های Freundlich وابسته به ظرفیت و شدت جذب، q_m : حداکثر ظرفیت جذب (میلی گرم بر گرم)، R_L : ضریب جداسازی (بدون بعد).

است که جاذبها دارای محل جذب محدودی می باشند که ظرفیت آن ها با افزایش غلظت رنگ، به سرعت اشباع می شود و راندمان حذف کاهش خواهد یافت؛ به طوری که می توان گفت حذف رنگ تحت تأثیر غلظت اولیه رنگ می باشد. جعفری و همکاران در مطالعه خود به نتایج مشابهی رسیدند که کارایی حذف رنگ با افزایش pH و غلظت اولیه رنگ، کاهش یافت (۲۸). همچنین، کافی و همکاران به بررسی حذف رنگ از محلول آبی با خاک اره و رس بنتونیت پرداختند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که راندمان حذف رنگ از محلول های حاوی، با افزایش غلظت اولیه رنگ کاهش می یابد (۲۹). نتایج مطالعه Wang و Yan نیز نتایج یکسانی در این مورد ارائه نمود (۳۰).

بررسی ایزوترم های جذب: نتایج به دست آمده از شاخص های ایزوترم های تعادلی جذب در جدول ۳ نشان می دهد که رفتار جذب رنگ راکتیو بلک ۵ بر روی خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان از مدل Langmuir پیروی می کند و بیانگر جذب رنگ به صورت تک لایه ای روی سطح همگن جاذب مورد نظر می باشد. در مطالعه حاضر، بیشینه ظرفیت تعادلی (q_m) برای رنگ راکتیو بلک ۵ بر مبنای مدل Langmuir ۵/۱۷ میلی گرم رنگ به ازای هر گرم از جاذب مورد نظر محاسبه شد. نتایج تحقیقات کافی و همکاران (۲۹) و Gulnaz و همکاران (۱۵)، یوسفی و همکاران (۲۶) و مصداقی نیا و همکاران (۳۱) در مورد تطابق بهتر نتایج با ایزوترم Langmuir با یافته های مطالعه حاضر مطابقت داشت.

نتیجه گیری

مطالعه حاضر کارایی خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان در حذف رنگ راکتیو بلک ۵ از محلول های آبی مورد بررسی قرار گرفت و بهترین شرایط جذب این رنگ تعیین شد. حذف رنگ راکتیو بلک ۵ با افزایش غلظت اولیه رنگ، به علت اشباع شدن سطح جاذب در غلظت های بالای رنگ کاهش یافت و با توجه به ضرایب همبستگی (R^2)، می توان نتیجه گرفت که داده ها از مدل ایزوترمی Langmuir پیروی می کند. حذف رنگ با افزایش زمان تماس واکنش، افزایش یافت و بهترین راندمان حذف در $pH = 2$ و غلظت اولیه رنگ ۲۰ میلی گرم در لیتر و مقدار جاذب ۲ گرم و زمان تماس ۶۰ دقیقه به دست آمد. این جاذب به دلیل راندمان بالا در حذف رنگ و هزینه کم تولید و نگهداری می تواند گزینه مؤثر و کارآمدی در حذف رنگ از فاضلاب نساجی و پساب هایی با محیط اسیدی مطرح باشد. در مجموع، نتایج حاصل از انجام آزمایش ها مشخص نمود که می توان از فرایند جذب بر روی خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان به عنوان یک روش مؤثر، ارزان و سریع با کارایی بالا در حذف رنگ از پساب صنایع نساجی استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد به جهت حمایت های مالی از طرح مصوب پایان نامه دانشجویی حاضر و کارشناسان محترم آزمایشگاه آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد که در انجام مطالعه همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می آورند.

با توجه به این که $pH = 0$ ریشه گیاه شیرین بیان با انجام آزمایش، ۷/۸ می باشد؛ بنابراین، در pH اسیدی تراکم بار مثبت در سطح جاذب افزایش می یابد و به این ترتیب میزان حذف رنگ راکتیو بلک ۵ که یک رنگ آنیونی است، افزایش پیدا می کند.

در واقع، pH محلول شاخص مهمی در فرایند جذب محسوب می شود؛ چرا که بر هم کنش بین گروه های فعال جاذب و جذب آلاینده مورد نظر تأثیر می گذارد. همچنین، pH محلول بر بار سطحی جاذب، درجه یونیزاسیون آلاینده های مختلف، تفکیک گروه های کاربردی بر روی سایت های فعال جاذب و نیز ساختار مولکول رنگ تأثیرگذار می باشد. در شرایط pH اسیدی، سایت های پیوندی جاذب با یون های هیدروژنی که به عنوان پل ارتباطی بین سطح جاذب و مولکول های رنگ عمل می نمایند، ارتباط نزدیکی برقرار می کنند. در این شرایط، مقادیر pH پایین تر، شرایط مطلوبی برای جذب رنگ های راکتیو ایجاد می نماید. ظرفیت کم جذب در pH قلیایی به دلیل رقابت بین هیدوکسیل و بار منفی یون های رنگ در مکان های جذب می باشد. غلامی و همکاران بر روی قابلیت کربن پوست پرتقال در حذف رنگ زای مستقیم مشکلی ۲۲ از محیط های آبی به نتایج مشابهی دست یافتند (۲۴). نتایج پژوهش Gulnaz و همکاران در خصوص حذف رنگ راکتیو نیز نشان داد که با کاهش pH از مقدار ۵ به ۱، راندمان حذف رنگ افزایش می یابد (۱۵). این نتایج با یافته های سایر محققان (۲۵) همخوانی دارد.

اثر دوز جاذب بر کارایی فرایند جذب: راندمان حذف رنگ راکتیو بلک ۵ توسط خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان به عنوان تابعی از جرم جاذب ارائه شده است. بر اساس نتایج، با افزایش جرم جاذب، حذف رنگ افزایش می یابد. این پدیده با افزایش سطح قابل دسترس برای جذب رنگ مورد مطالعه مرتبط می باشد. بنابراین، با افزایش جرم جاذب، راندمان جذب رنگ مورد نظر افزایش یافت. این یافته با نتایج مطالعات غلامی و همکاران (۲۴)، یوسفی و همکاران (۲۶)، Sulak و همکاران (۲۷) و Nemr و همکاران (۱۱) مطابقت داشت.

اثر زمان تماس بر کارایی فرایند جذب: با افزایش زمان تماس، کارایی حذف رنگ افزایش یافت و بیشترین مقدار حذف در غلظت های ۴۰ و ۶۰ میلی گرم در لیتر همان ۶۰ دقیقه اول می باشد. بذرافشان و همکاران در مطالعه خود با حذف رنگ قرمز ۱۹۸ به وسیله خاکستر حاصل از زایدات پسته، به نتایج یکسانی دست یافتند و بیشترین حذف در زمان ۶۰ دقیقه اول حاصل شد. نرخ حذف آلاینده در ابتدا سریع بود، اما به تدریج با گذشت زمان کاهش یافت تا این که به حالت تعادل رسید (۸). این پدیده ناشی از آن است که در مراحل اولیه جذب، شمار زیادی از سایت های سطحی خالی، برای انجام جذب در دسترس هستند، اما سایت های سطحی باقی مانده با گذشت زمان، در جذب آلاینده ها با مشکل مواجه می شوند که این امر می تواند به دلیل نیروهای بازدارنده بین مولکول های جذب شونده بر سطح جاذب جامد و توده مایع باشد. نتایج تحقیق قانعیان و همکاران (۱۲) و Nemr و همکاران (۱۱) نیز نشان داد که با افزایش زمان تماس، راندمان حذف افزایش می یابد.

اثر غلظت اولیه رنگ بر کارایی فرایند جذب: با افزایش غلظت اولیه رنگ، میزان راندمان حذف کاهش می یابد. کاهش راندمان به این دلیل

References

1. Rahman A, Urabe T, Kishimoto N. Color removal of reactive procion dyes by clay adsorbents. *Procedia Environ Sci* 2013; 17: 270-8.
2. Wu CH. Photodegradation of C.I. Reactive Red 2 in UV/TiO₂-based systems: Effects of ultrasound irradiation. *J Hazard*

- Mater 2009; 167(1-3): 434-9.
3. Asoulifard Mh, Taheri Ghazvini N, Farhangnia E, Heydari A, Doust Mohammadi SM. Removal of direct yellow 9 and reactive orange 122 from contaminated water using chitosan as a polymeric bioadsorbent by adsorption process. *Journal of Color Science and Technology* 2010; 4(1): 17-23.
 4. dos Santos AB, Cervantes FJ, van Lier JB. Review paper on current technologies for decolourisation of textile wastewaters: Perspectives for anaerobic biotechnology. *Bioresour Technol* 2007; 98(12): 2369-85.
 5. Akhtar S, Khan AA, Husain Q. Potential of immobilized bitter gourd (*Momordica charantia*) peroxidases in the decolorization and removal of textile dyes from polluted wastewater and dyeing effluent. *Chemosphere* 2005; 60(3): 291-301.
 6. Sengil IA, Ozacar M. The decolorization of C.I. Reactive Black 5 in aqueous solution by electrocoagulation using sacrificial iron electrodes. *J Hazard Mater* 2009; 161(2-3): 1369-76.
 7. Satapanajaru T, Chompuchan C, Suntornchot P, Pengthamkeerati P. Enhancing decolorization of Reactive Black 5 and Reactive Red 198 during nano zerovalent iron treatment. *Desalination* 2011; 266(13): 218-30.
 8. Bazrafshan E, Kord Mostafapour F, Barikbin B. Decolorization of Reactive Red 198 by means of pistachio-nut shell ash. *J Birjand Univ Med Sci* 2012; 19(3): 266-76. [In Persian].
 9. Bazrafshan E, Kord Mostafapour F, Zazouli MA. Methylene blue (cationic dye) adsorption into *Salvadora persica* stems ash. *Afr J Biotechnol* 2012; 11(101): 16661-8.
 10. Vandevivere PC, Bianchi R, Verstraete W. Review: Treatment and reuse of wastewater from the textile wet-processing industry: Review of emerging technologies. *J Chem Technol Biotechnol* 1998; 72(4): 289-302.
 11. Nemr AE, 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.
 12. Ghaneian MT, Dehvari M, Taghavi M, Amrollahi M, Jamshidi B. Application of Pomegranate Seed Powder in the removal of Reactive Red 198 dye from aqueous solutions. *Jundishapur Journal of Health Sciences* 2012; 4(3): 45-55. [In Persian].
 13. Ghaneian MT, Ehrampoush MH, Ghanizadeh GH, Momtaz M. Study of eggshell performance as a natural sorbent for the removal of reactive red 198 dye from aqueous solution. *Toloo e Behdasht* 2011; 10(1): 70-81. [In Persian].
 14. Yazdani A, Ghorbanpur R, Vafae F. Preconcentration of trace amounts of Lead in water samples with root of *Glycyrrhizaglabra* and Determination by flame atomic absorption spectrometry Page 139. *J North Khorasan Univ Med Sci* 2012; 4(4): 139-48. [In Persian].
 15. Gulnaz O, Sahmurova A, Kama S. Removal of Reactive Red 198 from aqueous solution by *Potamogeton crispus*. *Chem Eng J* 2011; 174(2-3): 579-85.
 16. American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standards. West Conshohocken, PA: ASTM International; 2007.
 17. Dafale N, Rao NN, Meshram SU, Wate SR. Decolorization of azo dyes and simulated dye bath wastewater using acclimatized microbial consortium-biostimulation and halo tolerance. *Bioresour Technol* 2008; 99(7): 2552-8.
 18. Ghaneian MT, Momtaz M, Dehvari M. An Investigation of the Efficacy of Cuttlefish Bone Powder in the Removal of Reactive Blue 19 Dye from Aqueous Solutions: Equilibrium and Isotherm Studies. *Journal of Community Health Researches* 2012; 1(268): 78.
 19. Vijayaraghavan K, Yun YS. Utilization of fermentation waste (*Corynebacterium glutamicum*) for biosorption of Reactive Black 5 from aqueous solution. *J Hazard Mater* 2007; 141(1): 45-52.
 20. Lowell S, Shields JE, Thomas MA, Thommes M. Characterization of Porous Solids and Powders: Surface Area, Pore Size and Density. Berlin, Germany: Springer Science & Business Media; 2006.
 21. Ghaneian MT, Ghanizadeh G, Gholami M, Ghaderinasab F. Application of eggshell as a natural sorbent for the removal of reactive red 123 dye from synthetic textile wastewater. *Zahedan J Res Med Sci* 2010; 11(4). [In Persian].
 22. Hall LR, Eagleton LC, Acrivos A, Vermeulen T. Pore-and solid-diffusion kinetics in fixed-bed adsorption under constant-pattern conditions. *Ind Eng Chem Fundamen* 1966; 5(2): 212-23.
 23. Santhy K, Selvapathy P. Removal of reactive dyes from wastewater by adsorption on coir pith activated carbon. *Bioresour Technol* 2006; 97(11): 1329-36.
 24. Gholami H, Gholami M, Gholizadeh AM, Rastegar A. Use of orange peel ash for removal of direct black 22 dye from aqueous environments. *J North Khorasan Univ Med Sci* 2012; 4(1): 45-56. [In Persian].
 25. Anbia M, Hariri SA. Removal of methylene blue from aqueous solution using nanoporous SBA-3. *Desalination* 2010; 261(1-2): 61-6.
 26. Yousefi N, Fatehizadeh A, Ahmadi A, Rajabizadeh A, Toolabi A, Ahmadian M. The efficiency of modified wheat bran in reactive black 5 dye removal from aqueous solutions. *Journal of Health And Development* 2013; 2(2): 157. [In Persian].
 27. Sulak MT, Demirbas E, Kobya M. Removal of Astrazon Yellow 7GL from aqueous solutions by adsorption onto wheat bran. *Bioresour Technol* 2007; 98(13): 2590-8.
 28. Jaafari SJ, Shokouhi R, Hossein Zadeh E, Taghavi M, Arezoumandi R, Ahadi H. Removal of Reactive Black 5 (RB5) dye from aqueous solution by using of adsorption onto activated red mud: kinetic and equilibrium study. *Jundishapur Journal of Health Sciences* 2012; 4(1): 69-76. [In Persian].
 29. Kafi Z, Ganjidoust H, Ayati B. Study of Dye Removal from Aqueous Solution Using Sawdust and Clay. *Modares Civil Engineering Journal* 2011; 11(3): 67-125. [In Persian].
 30. Wang LG, Yan GB. Adsorptive removal of direct yellow 161 dye from aqueous solution using bamboo charcoals activated with different chemicals. *Desalination* 2011; 274(1): 81-90.
 31. Mesdaghinia A, Mahvi A, Fazlzadeh M, Dehghani M, Heibati B, Sam Daliri Z, et al. Comparing efficiency natural pumice and modified with iron in removal reactive black5 dye. *J North Khorasan Univ Med Sci* 2013; 5(2): 449-57. [In Persian].

Efficiency of Glycyrrhiza Glabra Ash in Dye Removal

Abbas Khodabakhshi¹, Vahideh Parvaresh², Morteza Sedehi³, Mohsen Arbabi¹

Original Article

Abstract

Background: Dye is one of the most important pollutants in textile industry wastewater and is often toxic, carcinogenic, and mutagenic. Thus, dye contaminants should be treated before discharge into the environment. This study was conducted to assess the efficiency of Glycyrrhiza glabra ash in Reactive Black 5 dye removal from aqueous solutions.

Methods: The present experimental study was performed at a laboratory scale. The adsorbent was prepared under laboratory conditions and pulverized using American Society for Testing and Materials (ASTM) standard sieves. In this research, the effect of pH (2-12), initial dye concentration (20, 60, and 80 mg/l), absorbent dosage (0.3-2 gr/100 ml), and reaction time (10-180 minutes) were investigated.

Findings: The results showed that the efficacy of Glycyrrhiza glabra root ash in dye removal decreased with increase in pH and initial dye concentration, and increased with increase in exposure time during the initial 60 minutes. The results followed the Langmuir isotherm ($R^2 = 0.9467$).

Conclusion: The results showed that licorice root ash has desirable efficacy (98.48% removal at a concentration of 20 mg of pollutant) in the removal of Reactive Black 5 dye from aqueous solutions and textile industry wastewater.

Keywords: Reactive black 5 dye, Absorption, Glycyrrhiza glabra, Natural absorbent

Citation: Khodabakhshi A, Parvaresh V, Sedehi M, Arbabi M. Efficiency of Glycyrrhiza Glabra Ash in Dye Removal. J Health Syst Res 2017; 13(1): 65-71.

1- Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran
2- MSc Student, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran
3- Assistant Professor, Department of Biostatistics, School of Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran

Corresponding Author: Vahideh Parvaresh, Email: vahideh.parvaresh@yahoo.com