DOI: 10.22122/jhsr.v13i1.2458 Published by Vesnu Publications

کارایی خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان در حذف رنگ

عباس خدابخشی[۱]، وحیده پرورش[۲]، مرتضی سدهی[۳]، محسن اربابی[۱]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: رنگ یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های موجود در فاضلاب نساجی به شمار می‌رود که اغلب سمی، سرطان‌زا و جهش‌زا می‌باشد. بنابراین، آلاینده‌های 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 محلول‌های آبی انجام شد.

روش‌ها: این مطالعه به صورت تجربی و در مقیاس آزمایشگاهی انجام گرفت. جاذب مورد نظر در شرایط آزمایشگاهی تهیه و با استفاده از الک‌های استاندارد دانه‌بندی شد و اثر شاخص‌های مختلف شامل pH (۱۲-۲)، غلظت اولیه رنگ (۶۰-۴۰-۲۰ میلی‌گرم در لیتر)، زمان تماس (۱۸۰-۱۰ دقیقه) و دوز جاذب (۲-۰/۳ گرم در ۱۰۰ سی‌سی) مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: 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، یافته‌ها از ایزوترم Langmuir (R^2 = ۰/۹۴۶۷) بهتر پیروی نمود.

نتیجه‌گیری: خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان از توانایی مطلوبی (۹۸/۴۸ درصد در غلظت ۲۰ میلی‌گرم آلاینده) در حذف رنگ راکتیو بلک ۵ از محلول‌های آبی و فاضلاب‌های صنعت نساجی برخوردار است.

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

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

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۲/۲۴ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۸/۱۵

مقدمه

صنایع نساجی نقش مهمی در توسعه اقتصادی بسیاری از کشورهای در حال توسعه در بخش غیر نفتی و گاز ایفا می‌کنند. 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 می‌رود. بنابراین، در زمره تولید کنندگان عظیم فاضلاب‌های رنگی قرار دارند که در پساب آن‌ها مقادیر زیادی رنگ‌های مصرف نشده و سایر ترکیبات شیمیایی مشاهده می‌گردد (۲). رنگ‌زاهایی که در صنایع نساجی استفاده می‌شود، در سه گروه قرار می‌گیرند. دسته اول رنگ‌زاهای آنیونی (اسیدی، مستقیم و راکتیو)، دسته دوم رنگ‌زاهای کاتیونی (همه رنگ‌زاهای بازی) و دسته سوم رنگزاهای غیر یونی (رنگ‌زاهای دیسپرس) (۳). رنگ‌ها بر اساس ساختار شیمیایی یا گروه عاملی رنگ نیز به ۳۰-۲۰ گروه تقسیم می‌شوند که مهم‌ترین آن‌ها آزو، آنتراکینون، فتالوسیانین و تری‌آریل اتان هستند (۴).

رنگ‌های راکتیو بزرگ‌ترین دسته از رنگ‌های مصنوعی در آب هستند که از نظر نوع و ساختار، بیشترین تنوع را دارند (۵). این رنگ‌ها به دلایلی همچون واکنش‌پذیری بالا، انعطاف‌پذیری خوب، شفافیت، تکنیک‌های کاربردی آسان و مصرف انرژی پایین، به طور گسترده در صنایع نساجی استفاده می‌شوند و نزدیک به ۵۰ درصد از آن‌ها ممکن است در پساب و پس از رنگرزی الیاف از دست برود و در فرایند تصفیه متداول بسیار مقاوم می‌باشند (۶). رنگ‌های راکتیو بیشترین مصرف را در ایالات متحده آمریکا، تایلند، ترکیه و ایران دارند و هند از تولید کنندگان اصلی این رنگ است (۷). روش‌های متداول برای حذف آلاینده‌های رنگی از فاضلاب وجود دارد که شامل جذب سطحی، الکترودیالیز، اکسیداسیون پیشرفته، انعقاد و لخته‌سازی، غشای تبادل یونی، الترافیلتراسیون (Ultrafiltration یا UF)، تجزیه فتوکاتالیستی و اسمز معکوس می‌باشد (۸، ۹).

فرایند انعقاد و لخته‌سازی همراه با تصفیه بیولوژیکی، به منظور حذف جامدات معلق و مواد آلی و نیز بهبود حذف رنگ از پساب‌های صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما این روش‌ها با تولید مقادیر زیادی لجن همراه است که غنی از ترکیبات رنگی و مواد مورد استفاده در فرایند نساجی می‌باشد (۱۰). روش‌های بیولوژیکی و شیمیایی با این که روش‌های مؤثری در حذف مواد رنگ‌زا می‌باشند، 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، بهره‌برداری 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
نویسنده مسؤول: وحیده پرورش
Email: vahideh.parvaresh@yahoo.com

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i1.2458]

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 (۱۴، ۱۱، ۸).

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 نیم‌کره 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 مربوط، 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 ارایه 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 ۱۰۰–۳۰ مش استفاده شد. جاذب تهیه شده تا زمان استفاده در ظرف بدون منفذ و درب‌دار برای جلوگیری از جذب رطوبت نگهداری گردید (۱۶، ۸).

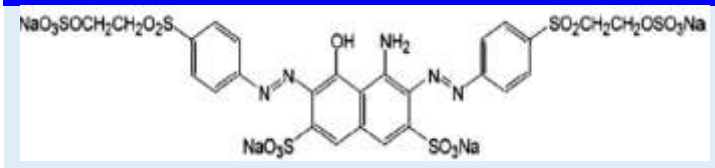
برای تهیه نمونه استوک، از رنگ راکتیو بلک ۵ با وزن مولکولی ۹۹۱/۸۲ استفاده شد. ۱۰۰۰ میلی‌گرم از این رنگ وزن شد و به داخل بالن حجمی ۱۰۰۰ میلی‌لیتر انتقال یافت و ضمن هم زدن با آب مقطر، به حجم رسانده شد (۱۷). تجربیات حذف رنگ توسط خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان، در ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری روی همزن مغناطیسی یا Shaker (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 pHمتر (مدل Lab 827 pH) استفاده گردید. سپس جرم معینی از خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان (۰/۳، ۰/۵، ۰/۷، ۱، ۲ 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 خلأ، قیف بوخنر 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).

$$Up = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100$$ 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.

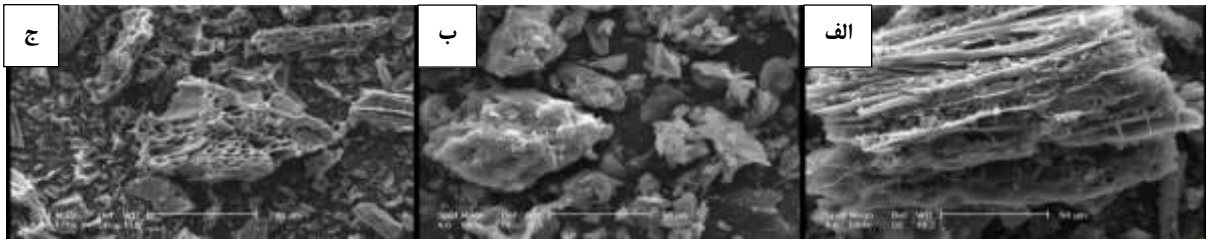
$$q_e = \frac{(C_o - C_e) \times V}{M}$$ رابطه ۲

جدول ۱. مشخصات فیزیکوشیمیایی 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

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i1.2458]



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).

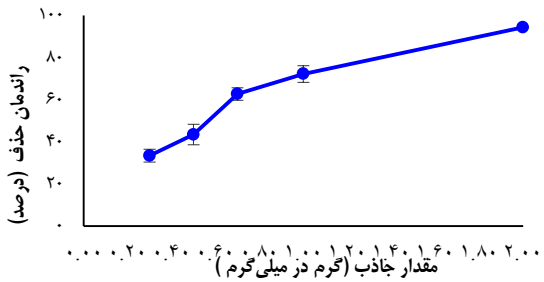
یافته‌ها

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 = ۲–۱۲ 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 = ۲ به عنوان pH بهینه در نظر گرفته شد. حداکثر جذب معادل نیز ۵/۱۷ (۸۰/۸۱ درصد) برای pH = ۲ به دست آمد.

اثر دوز جاذب بر کارایی فرایند جذب: در مطالعات مربوط به جذب تعیین دوز مناسب، جاذب یکی از مهم‌ترین مسایلی 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 = ۲، 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 افزایش یافت؛ به طوری که در pH = ۲ و جرم جاذب ۲ گرم، راندمان حذف به ۹۴/۳۶ درصد رسید. همچنین، میزان رنگ جذب شده در زمان تعادل برای جرم جاذب‌های ۲–۰/۳ گرم با غلظت اولیه ۲۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب ۳/۹۰۰–۰/۹۷۱ میلی‌گرم بر گرم گزارش گردید. این پدیده با افزایش سطح قابل دسترس برای جذب آلاینده مرتبط می‌باشد. با توجه به یافته‌ها، جرم جاذب بهینه ۲ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر تعیین و برای سایر مراحل تحقیق استفاده گردید (شکل ۲).

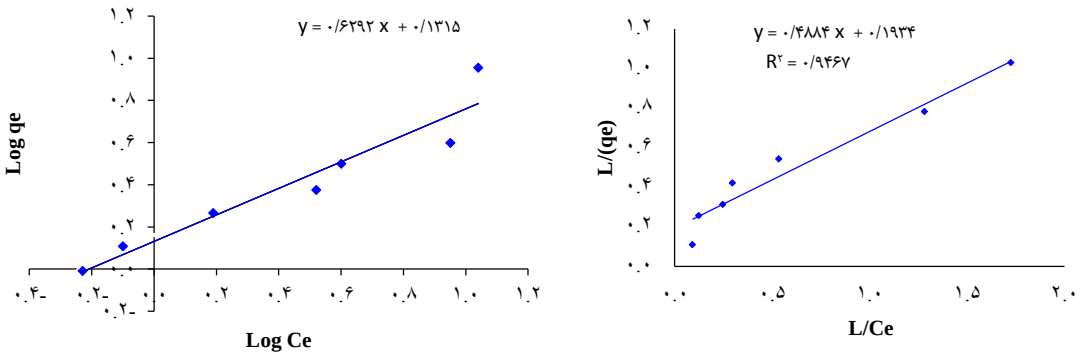


شکل ۲. اثر دوز جاذب بر کارایی فرایند جذب

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 = ۲، 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 و ۶۰ میلی‌گرم در لیتر) در pH = ۲ 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.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i1.2458]



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

ایزوترم‌های جذب: مطالعه ایزوترم‌ها می‌تواند توصیف کننده چگونگی وقوع واکنش بین جذب 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 مدل‌های جذب Freundlich و Langmuir جهت بررسی تطابق داده‌ها استفاده گردید. این مدل بیانگر جذب تک لایه، یکنواخت و حذف اثرات متقابل مولکول‌های جذب شده می‌باشد.

شکل خطی معادله Langmuir به صورت رابطه ۳ تعریف می‌شود.

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

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، می‌توان 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 می‌رود و به صورت رابطه ۴ بیان می‌شود (۲۲).

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

در پژوهش حاضر مقدار ۰/۱۱۲۳ در گستره بین ۰ تا ۱ می‌باشد 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 می‌آید.

شکل خطی معادله Freundlich به صورت رابطه ۵ است.

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

مقدار ضریب Freundlich، K_f و n از نمودار خطی Log q_e در مقابل Log C_e به همراه ضریب همبستگی آن مشخص گردید (شکل ۳). مقدار ۱/n در این معادله توصیف کننده نوع ایزوترم Freundlich می‌باشد (۲۳).

همان‌طور که داده‌های جدول ۲ نشان می‌دهد، ۱/n نزدیک به مقدار واحد است و حاکی از آن است که فرایند جذب تحت شرایط آزمایش مناسب می‌باشد. نتایج هر یک از ایزوترم‌ها و معرفی شاخص‌های این مدل‌ها در جدول ۲ ارایه شده است. نتایج حاصل از مطالعات ایزوترمی نشان دهنده مقادیر بالای R^2 در هر دو رابطه Freundlich و Langmuir می‌باشد و این مقادیر حاکی از آن است که داده‌های 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 فعال‌سازی می‌باشد و سطح ویژه جاذب مورد بررسی از ۲/۰۳۷ به ۵۶/۵۷۰ مترمربع بر گرم رسیده است که این یافته نشان دهنده افزایش سطح ویژه جاذب بعد از فرایند فعال‌سازی می‌باشد 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 pH = ۲ برابر با ۸۰/۹۵ درصد بود.

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

ایزوترم جذب	معادلات ایزوترم	ضرایب ثابت و همبستگی ایزوترم‌ها		
Langmuir	$\frac{1}{q_e}=\frac{1}{q_m K_L C_e}+\frac{1}{q_m}$	q_m (میلی‌گرم بر گرم)	K_L	R^2
		۵/۱۷	۰/۳۹۵	۰/۹۴۶۷
Freundlich	$\text{Log } q_m=\text{Log } Kf+\frac{1}{n}\text{ Log } C_e$	Kf	۱/n	R^2
		۰/۱۳۱۵	۰/۶۲۹۲	۰/۹۱۳۱

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

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i1.2458]

با توجه به این که pH = ۰ ریشه گیاه شیرین بیان با انجام آزمایش، ۷/۸ می‌باشد؛ بنابراین، در pH اسیدی تراکم بار مثبت در سطح جاذب افزایش می‌یابد و به این ترتیب میزان حذف رنگ راکتیو بلک ۵ که یک رنگ آنیونی است، افزایش پیدا می‌کند.

در واقع، pH محلول شاخص مهمی در فرایند جذب محسوب می‌شود؛ چرا که بر هم‌کنش بین گروه‌های فعال جاذب و جذب آلاینده مورد نظر تأثیر می‌گذارد. همچنین، pH محلول بر بار سطحی جاذب، درجه یونیزاسیون آلاینده‌های مختلف، تفکیک گروه‌های کاربردی بر روی سایت‌های فعال جاذب و نیز ساختار مولکول رنگ تأثیرگذار می‌باشد. در شرایط pH اسیدی، سایت‌های پیوندی جاذب با یون‌های هیدروژنی که به عنوان پل ارتباطی بین سطح جاذب و مولکول‌های رنگ عمل می‌نمایند، ارتباط نزدیکی برقرار می‌کنند. در این شرایط، مقادیر pH پایین‌تر، شرایط مطلوبی برای جذف رنگ‌های راکتیو ایجاد می‌نماید. ظرفیت کم جذب در pH قلیایی به دلیل رقابت بین هیدوکسیل و بار منفی یون‌های رنگ در مکان‌های جذب می‌باشد. غلامی و همکاران بر روی قابلیت کربن پوست پرتقال در حذف رنگ‌زای مستقیم مشکی ۲۲ از محیط‌های 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 می‌یابد (۱۵). این نتایج با یافته‌های 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 ارایه شده است. بر اساس نتایج، با افزایش جرم جاذب، حذف رنگ افزایش می‌یابد. این پدیده با افزایش سطح قابل دسترس برای جذب رنگ مورد مطالعه مرتبط می‌باشد. 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 غلظت‌های ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم در لیتر همان ۶۰ دقیقه اول می‌باشد. 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 سایت‌های سطحی خالی، برای انجام جذب در دسترس هستند، اما سایت‌های سطحی باقی‌مانده با گذشت زمان، 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 تحقیق قانعیان و همکاران (۱۲) و Nemr و همکاران (۱۱) نیز نشان داد که با افزایش زمان تماس، راندمان حذف افزایش می‌یابد.

اثر غلظت اولیه رنگ بر کارایی فرایند جذب: با افزایش غلظت اولیه رنگ، میزان راندمان حذف کاهش می‌یابد. کاهش راندمان به این دلیل است که جاذب‌ها دارای محل جذب محدودی می‌باشند که ظرفیت آن‌ها با افزایش غلظت رنگ، به سرعت اشباع می‌شود و راندمان حذف کاهش خواهد یافت؛ به طوری که می‌توان گفت حذف رنگ تحت تأثیر غلظت اولیه رنگ می‌باشد. 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 محلول‌های حاوی، با افزایش غلظت اولیه رنگ کاهش می‌یابد (۲۹). نتایج مطالعه Wang و Yan نیز نتایج یکسانی در این مورد ارایه نمود (۳۰).

بررسی ایزوترم‌های جذب: نتایج به دست آمده از شاخص‌های ایزوترم‌های تعادلی جذب در جدول ۳ نشان می‌دهد که رفتار جذب رنگ راکتیو بلک ۵ بر روی خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان از مدل Langmuir پیروی می‌کند و بیانگر جذب رنگ به صورت تک لایه‌ای روی سطح همگن جاذب مورد نظر می‌باشد. در مطالعه حاضر، بیشینه ظرفیت تعادلی (q_m) برای رنگ راکتیو بلک ۵ بر مبنای مدل Langmuir، ۵/۱۷ میلی‌گرم رنگ به ازای هر گرم از جاذب مورد نظر محاسبه شد. نتایج تحقیقات کافی و همکاران (۲۹)، Gulnaz و همکاران (۱۵)، یوسفی و همکاران (۲۶) و مصداقی‌نیا و همکاران (۳۱) در مورد تطابق بهتر نتایج با ایزوترم Langmuir با یافته‌های مطالعه حاضر مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر کارایی خاکستر ریشه گیاه شیرین بیان در حذف رنگ راکتیو بلک ۵ از محلول‌های 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 غلظت‌های بالای رنگ کاهش یافت و با توجه به ضرایب همبستگی (R^2)، می‌توان نتیجه گرفت که داده‌ها از مدل ایزوترمی Langmuir پیروی می‌کند. حذف رنگ با افزایش زمان تماس واکنش، افزایش یافت و بهترین راندمان حذف در pH = ۲ و غلظت اولیه رنگ ۲۰ میلی‌گرم 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 می‌تواند گزینه مؤثر و کارامدی در حذف رنگ از فاضلاب نساجی و پساب‌هایی با محیط اسیدی مطرح باشد. در مجموع، نتایج حاصل از انجام آزمایش‌ها مشخص نمود که می‌توان 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 حمایت‌های مالی از طرح مصوب پایان‌نامه 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 می‌آورند.

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

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i1.2458]

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 ofpistachio-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, Vafaee 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□Ē6ō3): 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 brad 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 161dye 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].

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i1.2458]

DOI: *10.22122/jhsr.v13i1.2458* *Published by Vesnu Publications*

Journal of Health System Research Received: 14.05.2015

Vol. 13, No. 1, Spring 2017 Accepted: 06.11.2015

Efficiency of Glycyrrhiza Glabra Ash in Dye Removal

Abbas Khodabakhshi[1], Vahideh Parvaresh[2], Morteza Sedehi[3], Mohsen Arbabi[1]

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

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i1.2458]