

## امکان سنجی کربن فعال استخراج شده از برگ کهور به عنوان جاذب جدید در حذف رنگ‌های راکتیو قرمز ۱۹۸ و آبی ۱۹

حسین جعفری منصوریان<sup>۱</sup>، امیرحسین محوی<sup>۲</sup>، مصطفی علیزاده<sup>۳</sup>، لیلا شامبولی<sup>۴</sup>، سمیه سادات موسوی<sup>۴</sup>

### چکیده

**مقدمه:** رنگ موجود در فاضلاب صنایع نساجی و رنگرزی یکی از عمده‌ترین آلاینده‌های زیست محیطی به شمار می‌رود. هدف از این تحقیق، تعیین کارایی حذف رنگ‌های راکتیو قرمز ۱۹۸ و راکتیو آبی ۱۹ توسط کربن فعال استخراج شده از برگ کهور می‌باشد.

**روش‌ها:** این تحقیق، یک مطالعه تجربی- آزمایشگاهی بوده که در آن اثر متغیرها در کارایی حذف رنگ از فاضلاب سنتتیک مورد بررسی قرار گرفت. از جمله پارامترهای مورد بررسی، اثر pH، زمان تماس، دوز جاذب و غلظت اولیه رنگ بود. همچنین رفتار جذب رنگ‌ها توسط ایزوترم‌های فروندلیچ و لانگمویر مورد ارزیابی قرار گرفت.

**نتایج:** نتایج نشان داد که کارایی حذف رنگ با افزایش میزان pH کاهش ولی با افزایش دوز جاذب، زمان تماس و غلظت اولیه رنگ، افزایش می‌یابد. واکنش پس از گذشت ۴۰ دقیقه به مرز تعادل رسید و سپس کاهش محسوسی پیدا نمود. راندمان حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ در غلظت رنگ ۶۰ mg/l به حدود ۸۵/۸۱ درصد و برای رنگ راکتیو آبی ۱۹ در غلظت رنگ ۲۴۰ mg/l به ۹۷/۴۳ درصد رسید. مدل جذب لانگمویر برای رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ و مدل فروندلیچ برای رنگ راکتیو آبی ۱۹ بهترین مدل‌هایی بودند که فرآیند جذب از آن‌ها تبعیت می‌کرد.

**بحث و نتیجه‌گیری:** کارایی جاذب تهیه شده در حذف رنگ از محیط آبی نشان داد که می‌توان از آن به عنوان یک نوع جاذب مؤثر و ارزان قیمت در فرآیندهای تصفیه انواع فاضلاب‌های رنگی استفاده نمود.

**واژگان کلیدی:** کربن فعال، برگ کهور، زایدات کشاورزی، رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸، رنگ راکتیو آبی ۱۹، ایزوترم جذب

### مقدمه

صنایع زیادی از قبیل نساجی و رنگرزی، چاپ، صنایع غذایی، کاغذ، مواد آرایشی و بهداشتی، پلاستیک و چرم به منظور تولید محصولات رنگی خود، از رنگزاهای شیمیایی استفاده می‌کنند. این رنگزاهای به عنوان آلاینده‌های منابع آب شناخته شده و می‌توانند به وفور در مقادیر مختلف در فاضلاب‌های صنعتی یافت شوند (۱-۳). در حال حاضر بیش از

صد هزار رنگزای شیمیایی وجود دارد که سالانه حدود هفتصد هزار الی یک میلیون تن از آن‌ها تولید می‌شوند. از چنین تولید عظیمی، اطلاعات دقیق درباره کمیت رنگ‌های تخلیه شده به محیط در دسترس نمی‌باشد. با این حال بیش از ۱۵-۱۰ درصد رنگزاهای مورد استفاده از طریق پساب‌ها وارد محیط می‌شوند (۴، ۲). تخلیه فاضلاب‌های رنگی در آب‌های پذیرنده منجر به بروز پدیده اوتریفیکاسیون

۱- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات ارتقاء سلامت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران.

۲- استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، مرکز پژوهش‌های علمی دانشجویی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران.

۴- کارشناس، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز آموزشی، پژوهشی و درمانی سینا، تهران، ایران.

نویسنده‌ی مسئول: حسین جعفری منصوریان

آدرس: زاهدان، میدان مشاهیر، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط تلفن: ۰۵۴۱-۲۴۴۸۵۸۴ فاکس: ۰۵۴۱-۲۴۲۵۳۷۵

و تداخل در اکولوژی آب‌های پذیرنده می‌شود و همچنین ساختار پیچیده، پایدار و مقاوم به تجزیه بیولوژیک رنگ‌ها باعث شده که آن‌ها جزء مواد سمی، سرطان‌زا و جهش‌زا محسوب شده و نیز می‌توانند باعث آلرژی و مشکلات پوستی شوند (۷-۵). رنگرهای راکتیو دسته‌ای از رنگ‌ها هستند که به طور گسترده‌ای جهت رنگ‌رزی الیاف سلولزی به ویژه پارچه‌های کتان استفاده می‌شوند (۶). به دلیل تمایل بالای این رنگ‌ها به واکنش با آب در مقایسه با هیدروکسیل موجود در الیاف کتان یا سلولزی، تثبیت رنگ‌های راکتیو روی الیاف کم است و مقدار زیادی از رنگ‌های راکتیو به صورت تثبیت نشده وارد فاضلاب می‌شوند (۸،۹). در نتیجه تصفیه کارآمد و مؤثر فاضلاب این صنایع جزء الزامات اساسی زیست محیطی به شمار می‌رود. روش‌های متعددی برای تصفیه فاضلاب‌های نساجی و رنگی وجود دارد که می‌توان به روش‌های انعقاد و لخته‌سازی، تصفیه بیولوژیکی، تعویض یونی، اکسیداسیون‌های شیمیایی، فرآیندهای جداسازی غشایی، الکتروکواگولاسیون و فرآیند جذب سطحی اشاره نمود (۱۰-۱۴). در این میان، فرآیند جذب سطحی در مقایسه با سایر روش‌ها، دارای مزایایی از جمله هزینه کم، قابلیت دسترسی، سودبخشی، آسانی کاربرد و بهره‌برداری مخصوصاً از نقطه نظر اقتصادی و زیست محیطی می‌باشد که باعث برتری این تکنولوژی نسبت به دیگر روش‌ها در تصفیه فاضلاب شده است (۳، ۶). فرآیند جذب با کربن فعال دارای بازده حذف بالا بوده و در شرایطی مثل سمیت، بازده حذف کاهش نیافته و از طرفی ساده، سریع و با کارایی بالایی است (۱۵، ۱۶). در فرآیند جذب سطحی از مواد مختلفی نظیر گرانول یا پودر کربن فعال، خاک بنتونیت،

بیومس، زغال کک و خاک چینی استفاده می‌شود (۶). از میان جاذب‌های مختلف، کربن فعال یکی از مؤثرترین و کارآمدترین موادی است که برای جذب سطحی کاربرد دارد. از آنجایی که فرآوری و احیای مجدد کربن فعال گران بوده و بخشی از آن در فرآیند احیاء هدر می‌رود، از این رو اغلب محققین به دنبال جاذب‌های جدید و ارزان قیمت بوده و تحقیقات بسیاری برای توسعه کاربرد جاذب‌های کم هزینه انجام شده و نیز در حال انجام است و از این بین، موادی مثل خرده‌های لاستیک اتومبیل، خاکستر فرار، لجن فاضلاب، خاک اره، بنتونیت، انواع کانی‌های رسی، محصولات جانبی ناشی از صنایع کشاورزی و جنگل‌داری و ... مورد استفاده قرار گرفته است (۱۸، ۱۷، ۷). در این بین زایدات کشاورزی به دلیل فراوانی در طبیعت، قابلیت دسترسی در مقادیر زیاد، ارزان بودن، کارآمد بودن، نیاز به فرآوری کم و خصوصیات فیزیکوشیمیایی مناسب می‌توانند به طور بالقوه به عنوان جاذب جهت حذف بیشتر آلاینده‌ها خصوصاً رنگ و ترکیبات رنگی مورد توجه قرار گیرند (۱۹، ۱). یکی از محصولات جانبی کشاورزی برگ کهور می‌باشد. کهور درختی است متعلق به قلمرو پالائتانه (Plantae)، شاخه ماگنولیوپسیدا (Magnoliopsida)، رده ماگنولیوفیتا (Magnoliophyta)، راسته فابالز (Fabales)، خانواده فاباسیه (Fabaceae)، جنس پروسوپیس (Prosopis) و نوع پروسوپیس سینراریا (Prosopis cineraria) که از مهم‌ترین درختان بومی مناطق خشک غرب و جنوب آسیا، برای نمونه شبه جزیره عربستان، ایران، افغانستان، پاکستان و هند است و نقش قابل توجهی در نظام زیستی آن مناطق بازی می‌کند. این درخت با تثبیت خاک، فراهم کردن خوراک برای دام، تهیه

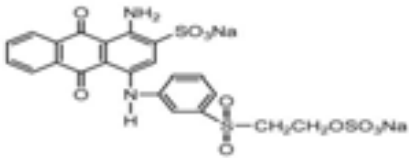
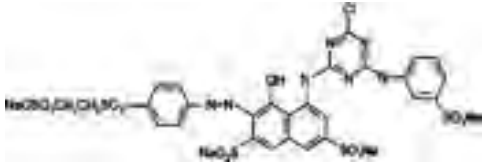
چوب و هیزم، کاربرد درمانی از قبیل ماده ضد سقط برای زنان حامله، رفع چشم درد، داروی قابض، درمان روماتیسم، سرفه، سرماخوردگی، آسم و عقرب گزیدگی جزء درختان کریمه به حساب می‌آید. درخت کهور در ایران در اغلب مناطق جنوب ایران وجود دارد. محل رویش این درخت از استان سیستان و بلوچستان تا خوزستان امتداد یافته است. در این مناطق درخت کهور در کنار گونه‌های بومی دیگر از جمله گنار، گز، نخل و غیره رشد کرده و گاه در برخی قسمت‌ها جنگل‌های کوچکی از کهور نیز رویده شده است. درخت کهور جزء درختان متوسط قامت است که می‌تواند تا بیست متر نیز رشد نموده و جزء درختان همیشه بهار محسوب می‌شود. کهور درختی است که در مناطق خشک و بایر می‌روید؛ مناطقی که میانگین بارش سالانه آن‌ها کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر است. جنس کهور ۴۴ گونه را در بر می‌گیرد که از میان آنها ۴ گونه، کهور آمریکایی یا پاکستانی (*Prosopis juliflora*)، کهورک (*Prosopis* -

farcta)، کهور ایرانی (*Prosopis cineraria*) و کلزیان (*Prosopis koelziana*) در ایران یافت می‌شود و در این مطالعه از برگ کهور ایرانی (به دلیل فراوانی در استان سیستان و بلوچستان) به عنوان جاذب استفاده شد (۲۳-۲۰). این مطالعه با هدف امکان‌سنجی استفاده از جاذب استخراج شده از برگ کهور در حذف دو رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ (Reactive Red 198 = RR-198) و راکتیو آبی ۱۹ (Reactive Blue 19 = RB-19) انجام گرفته است.

### مواد و روش‌ها

این مطالعه یک تحقیق تجربی - آزمایشگاهی می‌باشد. مواد شیمیایی مورد استفاده در انجام آزمایشات از شرکت مرک آلمان تهیه شده و رنگ‌های مورد استفاده در این مطالعه، راکتیو قرمز ۱۹۸ (RR-198) و راکتیو آبی (RB-19) محصول شرکت الوان ثابت با خلوص ۹۹/۶ درصد بودند که برخی از مشخصات آن‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: برخی از ویژگی‌های رنگ RR-198 و RB-19

Reactive Blue19(RB-19)	Reactive Red198(RR-198)	مشخصات
		ساختار شیمیایی
$C_{22}H_{16}O_{11}N_2S_3Na_2$	$C_{27}H_{18}ClN_7Na_4O_{15}S_5$	فرمول مولکولی
Reactive Blue-19	Reactive Red-198	نام علمی رنگزا
۶۲۶/۵ g/mol	۹۶۷/۵ g/mol	وزن مولکولی
$۷۰ \text{ gL}^{-1}$	$۷۵ \text{ gL}^{-1}$	حلالیت در آب
۵۹۲ nm	۵۱۸ nm	$\lambda_{\text{max}}$

بهداشت آن را با آب دو بار تقطیر شستشو داده و سپس آن را در فور به مدت ۲ ساعت و در دمای

برای تهیه جاذب مورد نظر ابتدا بعد از فراهم آوری برگ کهور و انتقال به بخش آزمایشگاه دانشکده

کربونیزه شد. سپس برای حذف ناخالصی‌ها، مواد کربونیزه شده با اسید هیدروکلریک رقیق و آب نمونه‌ها ۶۳ نمونه بود که به صورت بهینه انتخاب شده است. جهت تنظیم pH از اسید سولفوریک و سود ۱ نرمال استفاده گردید. برای تعیین کلیه پارامترهای بهینه در حذف ماده رنگزا توسط جاذب در غلظت اولیه و ثابت  $60 \text{ mg/l}$  از رنگ انجام گردید. ابتدا pH بهینه در شرایط ثابت (غلظت رنگزای راکتیو قرمز ۱۹۸ و آبی ۱۹ برابر  $60 \text{ mg/l}$  و دوز جاذب  $0/4 \text{ gr/l}$ ) با تغییر در مقدار pH در محدوده (۱۳-۳) تنظیم شد. سپس مقدار مشخصی از جاذب به آن‌ها اضافه گردید. نمونه‌ها در دمای آزمایشگاه تا رسیدن به حالت تعادل بر روی دستگاه شیکر با سرعت  $150 \text{ rpm}$  قرار گرفته، بعد از آن نمونه‌ها از فیلتر واتمن با قطر منافذ  $0/45 \mu\text{m}$  عبور داده و باقی مانده رنگ را توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های مشخص برای هر رنگ قرائت شد. پس از تعیین pH بهینه، مراحل دیگر آزمایشات نیز برای تعیین بهینه هر مرحله به ترتیب (دوز جاذب، زمان تماس و غلظت رنگ) انجام گرفت. همه آزمایشات با ۲ بار تکرار انجام شد و میانگین‌ها برای به دست آوردن کارایی مورد استفاده قرار گرفت. تمام آزمایشات در دمای  $20 \pm 0^\circ\text{C}$  انجام پذیرفت. برای محاسبه درصد راندمان جذب از رابطه ۱ استفاده شده است (۴).

$$R(\%) = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

که در این رابطه،  $C_0$  و  $C_e$  به ترتیب غلظت اولیه و نهایی رنگ در محلول ( $\text{mg/L}$ ) و  $R$  راندمان حذف می‌باشد. بعد از این مراحل نمودارهای مربوط به متغیرهای مورد بررسی با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم شد.

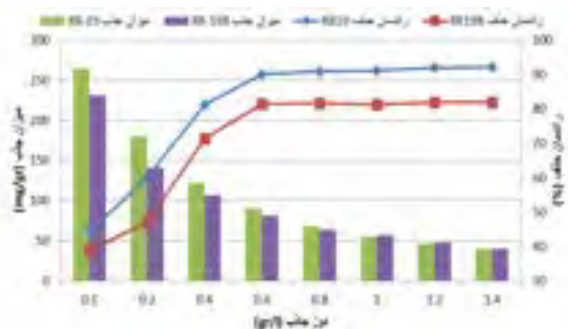
$105^\circ\text{C}$  گذاشته تا به وزن ثابت رسید و خشک شد. مواد خشک شده در دمای  $50^\circ\text{C}$  به مدت ۳ ساعت شسته شده و در دمای  $110^\circ\text{C}$  خشک گردید. مواد خشک شده برای فعال سازی حرارتی در کوره در دمای  $700^\circ\text{C}$  برای مدت ۴ ساعت قرار گرفت (۱۸). در انتها برای یکسان سازی دانه بندی جاذب، از الک با مش ۲۰۰-۱۰۰ عبور داده شد. به منظور به دست آوردن میزان جذب بهینه، غلظت‌های استاندارد از رنگ ( $2/5 \text{ mg/l}$ ، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰) تهیه و به دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (Optima SP-3000 PlusUV/Visible) داده شد و میزان جذب در طول موج  $518 \text{ nm}$  برای رنگ RR-198 و  $592 \text{ nm}$  برای رنگ RB-19 قرائت گردید. آزمایشات در یک سیستم بسته انجام شد. عوامل مورد بررسی در این پژوهش شامل مقدار اولیه رنگ ( $10 \text{ mg/l}$ ، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ و  $240$ )، pH اولیه (۳، ۵، ۷، ۹، ۱۱، ۱۳)، زمان تماس ( $60 \text{ min}$  - ۱۰) و دوز جاذب ( $0/1 \text{ gr/l}$  تا  $1/4$ ) در فرآیند جذب بود. تهیه محلول استوک رنگزا با استفاده از حل کردن  $1 \text{ gr/l}$  رنگ‌های مورد نظر در آب دو بار تقطیر شده، صورت گرفت. برای جلوگیری از تغییرات غلظت، محلول ماده رنگزا در یخچال نگهداری شد و در مراحل بعدی آزمایش از محلول استوک مذکور برای تهیه نمونه‌های آب آلوده به رنگ با غلظت‌های مورد نیاز برای آزمایشات با رقیق سازی به کمک آب مقطر استفاده شد. همان طور که قبلاً اشاره شد با توجه به این که ۱۵-۱۰٪ رنگزاها وارد محیط می‌شوند غلظت رنگ انتخاب شده در محدوده رنگ وارد شده به محیط‌های آبی از فاضلاب‌های رنگی بود و مقادیر کمتر و بیشتر مدنظر قرار گرفته است. با توجه به تعداد و مقادیر متغیرهای مورد بررسی و آزمایشات دو بار تکرار، تعداد کل

## نتایج

اثر pH بر کارایی حذف رنگ:

یکی از پارامترهای مهم در فرآیند جذب رنگ pH می باشد که باید برای گستره ای از pH های مختلف انجام شود تا بتوان بهترین pH را جهت حذف رنگ انتخاب نمود. بر همین اساس نتایج حاصل از تأثیر pH در جذب رنگ در نمودار ۱ آورده شده است که نشان می دهد، بیشترین میزان حذف رنگ RR-198 در pH=۵، ۷۲/۲۵ درصد بوده، در حالی که برای حذف رنگ RB-19 در pH=۳ با بیشترین درصد حذف (۸۴/۱۲ درصد) اتفاق می افتد. در ادامه با افزایش در pH و قلیایی شدن محیط، میزان حذف در هر دو رنگ مورد بررسی کاهش می یابد به طوری که در pH=۱۳، درصد حذف برای رنگ های RR-198 و RB-19 به ترتیب برابر ۴۷/۲۵ و ۶۱/۰۲ درصد و به کمترین مقدار خود در طول فرآیند می رسد. مقدار pH بهینه براساس نتایج، برای رنگ RR-198 برابر ۵ و برای رنگ RB-19 برابر ۳ تنظیم شد.

میزان دوز جاذب از ۰/۱ به ۱/۴ گرم در لیتر میزان حذف به طور چشمگیری افزایش می یابد و به حداکثر مقدار خود ۸۱/۴۳ درصد برای رنگ RR-198 در دوز جاذب ۰/۶ g/l و ۹۰/۹۶ درصد برای رنگ RB-19 در دوز جاذب ۰/۸g/l می رسد. در مورد رنگ RR-198 با افزایش دوز جاذب از ۰/۶ تا ۱/۴g/l راندمان جذب کاهش یافته به عبارت دیگر واجدب اتفاق می افتد و در مورد رنگ RB-19 نیز با افزایش دوز از ۰/۸ تا ۱/۴g/l راندمان حذف به نرخ تقریباً ثابتی می رسد. با توجه به این که درصد حذف رنگ RB-19 در مقدار جاذب ۰/۶ و ۰/۸g/l تفاوت چندانی با هم ندارند، مقدار دوز جاذب بهینه را برای هر دو رنگ ۰/۶g/l در نظر گرفته شد. همچنین در این مطالعه جاذب با مش ۲۰۰-۱۰۰ مورد استفاده قرار گرفته بود.



نمودار ۲: اثر دوز جاذب در کارایی حذف رنگ RR-198 و RB-19

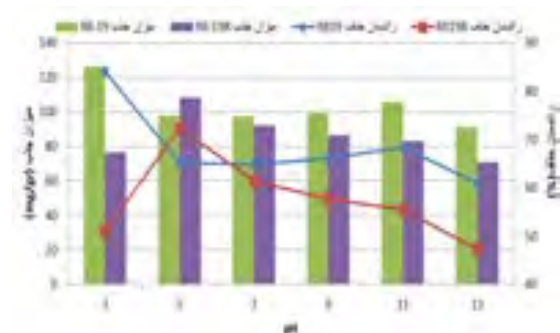
۱۹ توسط کربن فعال استخراج شده از برگ کهور

(غلظت رنگ: ۶۰ mg/l، زمان واکنش: ۳۰ دقیقه، pH<sub>RR198</sub>=۵)

(pH<sub>RB19</sub>=۳)

اثر زمان تماس بر کارایی حذف رنگ:

تأثیر زمان تماس در محدوده زمانی ۶۰-۱۰ دقیقه با غلظت اولیه رنگ ۶۰ mg/l و دوز جاذب ۰/۶g/l و pH های مشخص هر رنگ مورد بررسی قرار گرفت که در نمودار ۳ نتایج آزمایش مشاهده می شود.



نمودار ۱: اثر pH در کارایی حذف رنگ RR-198 و RB-19

توسط کربن فعال استخراج شده از برگ کهور (غلظت رنگ: mg/l-

۶۰، زمان واکنش: ۳۰ دقیقه، جاذب: ۰/۴g/l)

اثر دوز جاذب و اندازه آن بر کارایی حذف رنگ: مطابق نمودار ۲ در غلظت ۰/۱ گرم، حداقل مقدار حذف هر دو رنگ مشاهده می شود. اما با افزایش در

همان طور که در نمودار ۳ مشخص است، نوساناتی در میزان کارایی حذف رنگ مشاهده می‌شود. اما در کل با افزایش زمان تماس میزان کارایی حذف نیز افزایش می‌یابد. همچنین مشخص شد که در محدوده زمانی کار شده، فرآیند به تعادل نمی‌رسد، اما در زمان ۴۰ دقیقه هر دو رنگ RB-19 و RR-198 به ترتیب ۸۵/۸۱ درصد و ۹۴/۱۶ درصد بالاترین حذف را دارا بودند و پس از آن درصد حذف کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج، زمان تماس بهینه برای هر دو رنگ ۴۰ دقیقه تعیین شد.

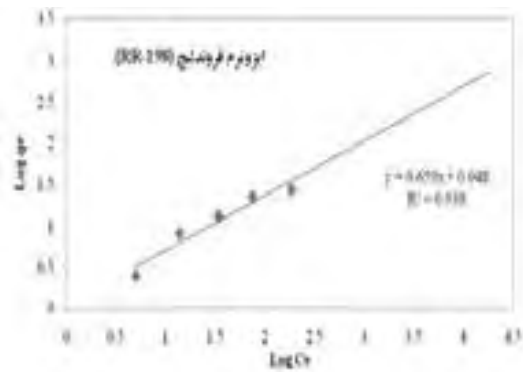


نمودار ۳: اثر زمان تماس در کارایی حذف رنگ RR-198 و RB-19 توسط کربن فعال استخراج شده از برگ کهور (غلظت رنگ: ۶۰ mg/l، جذب: ۰،۶gr/l، pH<sub>RB19</sub>=۳، pH<sub>RR198</sub>=۵)

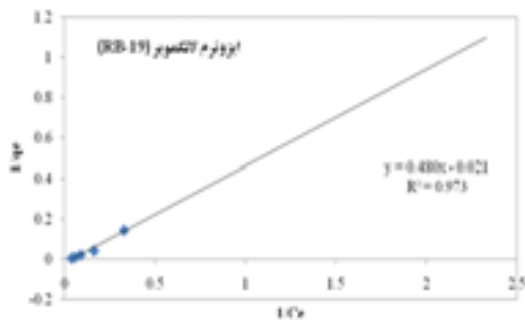
اثر غلظت رنگ بر کارایی حذف رنگ: نتایج مربوط به تأثیر غلظت اولیه رنگ (۱۰، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۲۴۰) در جدول ۱ و نمودار ۴ آمده است. همان طور که مشاهده می‌گردد با افزایش غلظت اولیه رنگ در زمان‌های مختلف کارایی حذف افزایش می‌یابد. همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت رنگ، ظرفیت جذب بالا می‌رود. با توجه به این که زمان تماس بهینه ۴۰ دقیقه حاصل شد، نتایج مشخص می‌کند که با افزایش غلظت رنگ از ۱۰-۲۴۰ mg/l میزان حذف رنگ RR-198 روند نزولی داشته به عبارت دیگر با افزایش غلظت رنگ RR-198 کارایی حذف ادامه دارد، اما سرعت حذف کاهش می‌یابد. نقطه شکست برای رنگ RR-198، در غلظت ۶۰ mg/l رخ داد. حذف رنگ RB-19 برخلاف رنگ RR-198 بود بدین معنا که با افزایش غلظت رنگ، میزان حذف نیز افزایش یافته و به حداکثر مقدار خود (۹۷/۴۳ درصد) در غلظت اولیه رنگ ۲۴۰ mg/l رسید. اطلاعات تکمیلی در جدول ۲ و نمودار ۴ آمده است.

جدول ۲: اثر غلظت اولیه رنگ در محدوده زمانی مختلف و شرایط بهینه بر کارایی حذف رنگ RR-198 و RB-19 توسط کربن فعال تهیه شده از برگ کهور

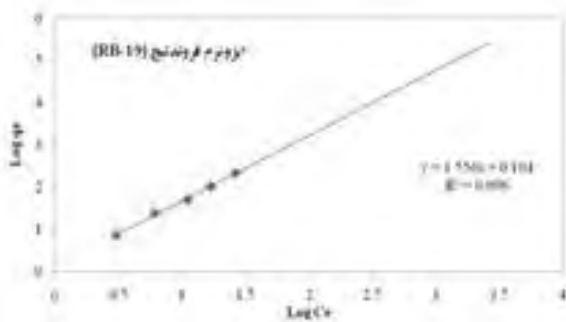
غلظت رنگ (mg/l)	راکتیو قرمز ۱۹۸ (RR-198)					راکتیو آبی ۱۹ (RB-19)							
	زمان (دقیقه)	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰
۱۰	۳۳/۵۷	۳۸/۶۸	۴۴/۷۰	۴۹/۷۰	۴۸/۳۱	۵۰/۳۰	۴۵/۲۰	۴۹/۵۰	۵۳/۲۰	۵۳/۲۰	۶۴/۴۰	۶۵/۱۶	۶۵/۹۴
۳۰	۴۲/۷۳	۴۸/۲۰	۵۰/۷۶	۶۰/۷۲	۵۴/۲۳	۵۵/۵۶	۵۱/۴۶	۵۴/۲۳	۶۲/۴۰	۶۲/۴۰	۷۹/۵۷	۷۸/۹۷	۷۹/۷۶
۶۰	۴۷/۶۶	۵۱/۸۳	۶۸/۳۰	۸۵/۸۱	۸۲/۸۱	۸۰/۳۷	۵۳/۴۶	۶۰/۱۳	۶۹/۳۲	۶۹/۳۲	۹۴/۱۶	۸۱/۴۰	۸۱/۷۸
۱۲۰	۴۶/۵۴	۴۹/۷۸	۶۰/۳۵	۷۹/۱۱	۸۱/۱۴	۷۸/۲۴	۵۹/۸۵	۶۷/۴۸	۸۳/۱۴	۸۳/۱۴	۹۶/۷۴	۸۵/۸۵	۸۲/۷۲
۲۴۰	۴۳/۹۰	۴۸/۶۰	۵۸/۹۰	۷۰/۴۴	۷۴/۱۰	۷۱/۵۱	۶۲/۳۲	۷۱/۷۳	۸۸/۴۶	۸۸/۴۶	۹۷/۴۳	۸۹/۷۳	۸۸/۵۳



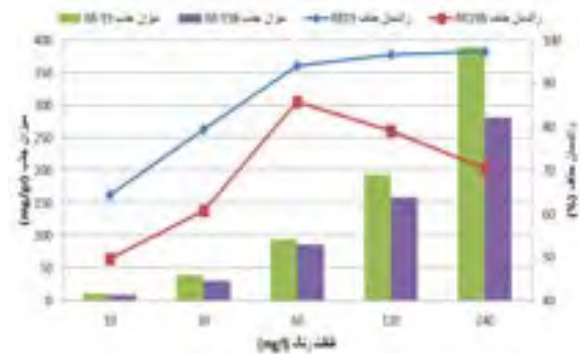
نمودار ۶: ایزوترم جذب فروندلیچ برای رنگ RR-198 در فرآیند جذب سطحی توسط کربن فعال استخراج شده از برگ کهور



نمودار ۷: ایزوترم جذب لانگمویر برای رنگ RB-19 در فرآیند جذب سطحی توسط کربن فعال استخراج شده از برگ کهور



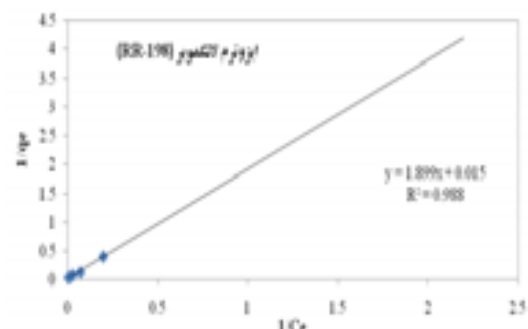
نمودار ۸: ایزوترم جذب فروندلیچ برای رنگ RB-19 در فرآیند جذب سطحی توسط کربن فعال استخراج شده از برگ کهور



نمودار ۵: اثر غلظت رنگ در کارایی حذف رنگ RR-198 و RB-19 توسط کربن فعال استخراج شده از برگ کهور (زمان واکنش: ۴۰ دقیقه، جاذب: ۰/۶gr/l، RR-198: pH=5، RB-19: pH=۳)

ایزوترم جذب:

مطابق با نمودارهای ۵-۸ مقادیر ضریب همبستگی برای تعیین رفتار جذب در رنگ RR-198 با استفاده از خاکستر برگ کهور برای مدل‌های ایزوترمی لانگمویر و فروندلیچ به ترتیب برابر ۰/۹۳ و ۰/۹۸ و در رنگ RB-19 به ترتیب برابر ۰/۹۷ و ۰/۹۹ تعیین گردید. بر این اساس مشخص شد که رفتار جذب در رنگ RR-198 از مدل لانگمویر (تک لایه‌ای) اما برای رنگ RB-19 از مدل فروندلیچ به نحوه مطلوب‌تری تبعیت می‌کند. همچنین در جدول ۳ پارامترهای مدل‌های ایزوترم فروندلیچ و لانگمویر ذکر شده است.



نمودار ۵: ایزوترم جذب لانگمویر برای رنگ RR-198 در فرآیند جذب سطحی توسط کربن فعال استخراج شده از برگ کهور

جدول ۳: پارامترهای مدل‌های ایزوترم فروندلیچ و لانگمویر

ایزوترم						
لانگمویر			فروندلیچ			رنگ
R <sup>2</sup>	a	b	R <sup>2</sup>	K <sub>f</sub>	1/n	
۰/۹۷۳	۴۷/۱۷	۰/۰۴۴	۰/۹۹۶	۱/۲۷۱	$\frac{1}{1/5562}$	RB 19
۰/۹۸۸	۶۳/۶۹	۰/۰۰۸	۰/۹۳۸	۱/۱۱۸	$\frac{1}{0/6599}$	RR 198

## بحث

که در نهایت، بر هم کنش الکترواستاتیکی بین جاذب و ماده جذب شونده ایجاد می‌شود. در pH پایین تعداد مکان‌های با بار مثبت افزایش می‌یابد و در نتیجه این مکان‌ها به دلیل جاذبه الکترواستاتیکی تمایل به جذب رنگ را دارند (۲۶). در مطالعه‌ای که Demirbas و همکاران در سال ۲۰۰۹ در ترکیه با مطالعه مروری بر روی کربن فعال حاصل از زایدات کشاورزی بر روی حذف ۳ رنگ کنگوی قرمز، مالاویت سبز و رودامین بی از محلول‌های آبی انجام دادند، مشخص شد که با افزایش pH از ۳ تا ۹، کارایی حذف کاهش یافته و از ۶۷ درصد به ۶۴ درصد رسیده است (۱۷) و نتایج آن بر خلاف یافته‌های این تحقیق می‌باشد که دلیل آن را می‌توان به ساختار رنگ و نوع جاذب آن دانست. نتایج مطالعه Gok و همکاران در سال ۲۰۰۹ در ترکیه بر روی رفتار جذب رنگ راکتیو آبی ۱۹ توسط بنتونیت نشان داد که با افزایش در pH از ۲ تا ۹ میزان حذف نیز افزایش یافته و به حدود ۸۶ درصد می‌رسد (۷). مطالعات مشابه دیگری توسط سایر محققین انجام شده که نتایج آن‌ها همسو با یافته‌های حاصل از این مطالعه می‌باشد (۲۷، ۱۳، ۵).

اخیراً مطالعات فراوانی پیرامون حذف رنگ‌های آلی به وسیله روش‌های مختلف از جمله روش جذب سطحی انجام شده است. نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که کارایی حذف این رنگ‌ها با کاهش در میزان pH، افزایش در زمان تماس و دوز جاذب به طور چشمگیری افزایش می‌یابد. با افزایش غلظت رنگ، ظرفیت جذب بالا می‌رود که این امر در نتیجه افزایش نیروی انتقال جرم و در نتیجه افزایش ظرفیت جذب است (۱۸). در این مطالعه با افزایش غلظت اولیه رنگ RR-198، از ۶۰ تا ۲۴۰ میلی‌گرم کاهش کارایی حذف و رنگ RB-19 افزایش حذف اتفاق می‌افتد. نتایج نشان داد که با افزایش pH اولیه راندمان حذف کاهش می‌یابد. دلیل این افزایش کارایی در محیط اسیدی را می‌توان به افزایش میزان یون‌های H<sup>+</sup> در محیط و کاهش در یون‌های OH<sup>-</sup> و همچنین افزایش میزان یون‌های مثبت بر روی سطح جاذب نسبت داد (۲۵، ۲۴). غالباً این رنگ‌ها در محیط آبی دارای بار منفی هستند که به موجب این امر، کارایی جذب در pH پایین افزایش خواهد یافت. در محیط‌های اسیدی سطح کربن فعال بار مثبت دارد



به طور کلی از آنجا که در طراحی سیستم‌های جذب سطحی، زمان رسیدن به تعادل مواد جاذب حائز اهمیت است، لازم است که زمان تعادل تعیین شود. اساس طراحی سیستم‌های جذب سطحی، آگاهی از ایزوترم‌های حاکم بر فرآیند است و لازمه دستیابی به این ایزوترم‌ها، مطالعه سرعت انجام عملیات جذب نسبت به متغیر زمان تماس است و راندمان حذف و ظرفیت جذب با زمان تماس رابطه مستقیم دارد (۱۶). مطالعه بررسی اثر زمان تماس بر روی جذب رنگ‌های RR-198 و RB-19 نشان می‌دهد که با گذشت زمان تماس، راندمان حذف رنگ نیز افزایش می‌یابد. جذب رنگ‌ها در دقایق اولیه سرعت بیشتری دارد و با ادامه داشتن زمان تماس باعث می‌شود که میزان حذف کاهش یابد. دلیل این رفتار را می‌توان به کاهش غلظت رنگ در محلول با گذشت زمان و همچنین کاهش جایگاه‌های فعال در سطح جاذب نسبت داد. در زمان‌های اولیه واکنش سایت‌های فعال و خالی در سطح جاذب زیاد بوده که باعث سرعت بالا در جذب رنگ می‌شود. اما با گذر زمان و اشغال شدن سایت‌های فعال در سطح جاذب توسط مولکول‌های رنگ، تعداد آن‌ها کاهش یافته که در نتیجه آن کاهش در راندمان حاصل می‌شود. به طور کلی ظرفیت جذب با افزایش زمان تماس افزایش و در یک زمان مشخص ثابت می‌ماند و از آن زمان به بعد رنگ موجود در محلول حذف نمی‌شود. در این حالت مقدار رنگ جذب شده با مقدار واجذب شده در حالت تعادل قرار دارد (۲۸، ۲۹). یافته‌های این مطالعه، با مطالعات مشابه انجام شده توسط سایر محققین همچون Lee و همکاران در سال ۲۰۰۴ در آمریکا در رنگزدایی و سمیت رنگ‌های راکتیو آنتروکونین نساجی مطابقت دارد (۹). در بررسی اثر

دوز جاذب بر کارایی حذف رنگ‌های RR-198 و RB-19 مشاهده شد که افزایش میزان دوز جاذب در زمان تماس بهینه و غلظت رنگ مشخص، باعث افزایش کارایی حذف رنگ می‌شود. واضح است که با افزایش دوز جاذب، تعداد زیاد سایت‌های در دسترس نسبت به غلظت رنگ مشخص، زیاد می‌باشد (۳۰). اما مقدار رنگ جذب شده به واحد جرم جاذب کاهش پیدا کرده و ممکن است این کاهش ظرفیت جذب دو دلیل داشته باشد: یک مورد، افزایش دوز جاذب در حجم و غلظت ثابت محلول باعث اشباع شدن سایت‌های فعال جاذب در طول فرآیند جذب خواهد شد و دیگری این که، کاهش ظرفیت جذب ممکن است به دلیل کنش بین ذرات مثل ذرات ناشی از غلظت بالای جاذب باشد (۳۱، ۱۶). این روند در مطالعه Anjaneya و همکاران در سال ۲۰۰۹ در هند در جذب زیستی رنگ اسید ویولت از محلول‌های آبی توسط بیومس یک نوع جدیدی از پنی سلیموم و Yilmaz و همکاران در سال ۲۰۱۱ در ترکیه در حذف رنگ نساجی از محلول‌های آبی بر روی لجن حاصل از فرآیند الکتروکواگولاسیون هم ذکر شده است (۳۱، ۳۲). همچنین اندازه ذرات جاذب تأثیر مهمی بر روی سنتتیک‌های جذب سطحی و اطلاعات مهمی برای رسیدن به مصرف بهینه جاذب و حداکثر جذب فراهم می‌کند. وقتی اندازه ذرات کاهش می‌یابد مقدار جذب رنگ افزایش می‌یابد. این اتفاق وقتی جرم جاذب ثابت است به علت مساحت سطحی خارجی بزرگ‌تر قابل دسترس با کوچک‌تر شدن ذرات می‌باشد. میزان جذب بر روی سطح جامد با مساحت سطحی قابل دسترس برای یک جرم جاذب ثابت با اندازه ذره، متفاوت می‌باشد. ظرفیت جذب سطحی به طور

Gong و همکاران در سال ۲۰۰۵ در چین در مطالعه ای بر روی حذف رنگ با استفاده از پوسته بادام زمینی و Khattri و همکاران در سال ۲۰۰۹ در هند با مطالعه‌ای بر روی حذف مالاشیت سبز از فاضلاب رنگ سازی با خاک اره بوده، که در جدول ۴ اثر اندازه ذرات جاذب بر روی درصد جذب سطحی رنگ‌ها توسط این محققین و مطالعه حاضر نشان داده شده است (۳۴،۳۵).

مستقیم متناسب با کل سطح در معرض تماس و به طور معکوس متناسب با قطر ذره برای جاذب‌های غیر متخلخل می‌باشد. حضور تعداد زیادی ذرات کوچک‌تر سیستم جذبی با مساحت سطحی بزرگ‌تر و قابل دسترس برای حذف رنگ تهیه می‌کند (۳۲، ۳۳). به همین دلیل قطر متوسط کربن فعال تهیه شده از برگ کهور ۲۰۰-۱۰۰ انتخاب شد. این نتایج مشابه با نتایج حاصل شده توسط

جدول ۴: درصد حذف رنگ با اندازه‌های مختلف جاذب

رنگ‌ها	نوع جاذب	اندازه ذرات (مش)				
		۲۰-۴۰	۴۰-۶۰	۶۰-۸۰	۸۰-۱۰۰	>۱۰۰
راکتیو قرمز ۱۹۸	برگ کهور	-	-	-	-	۸۵/۸۱
راکتیو آبی ۱۹	برگ کهور	-	-	-	-	۹۷/۴۳
متیلن بلو (MB)	پوسته بادام زمینی	۶۲/۱۷	۸۰/۱۵	۸۹/۳۳	۹۰/۵۴	۹۱/۳۲ (۳۴)
بریلیانت کرایزول بلو (BCN)	پوسته بادام زمینی	۹۲/۰۶	۹۴/۷۳	۹۶/۲۲	۹۶/۲۶	۹۶/۳۲ (۳۴)
نیوترال رد (NR)	پوسته بادام زمینی	۶۵/۹۳	۹۲/۲۳	۹۶/۷۳	۹۷/۱۴	۹۷/۷۹ (۳۴)
مالاشیت سبز	خاک اره	-	۶۵/۷۵	۷۱/۲۵	۷۵/۷۸	- (۳۵)

و نارنجی جی ال ۳ نساجی توسط زایدات کشاورزی ارزان قیمت از طریق جذب سطحی، با افزایش غلظت رنگ، افزایش جذب مشاهده شده است (۲۴). از آنجا که فرآیند جذب رنگ‌ها بر روی انواع مختلف جاذب تحت تأثیر خواص جاذب و جزء جذب شونده قرار دارد، می‌توان گفت که شاید تفاوت در نتایج مطالعات دیگر محققین با متفاوت بودن آلاینده یا جاذب مورد بررسی، مرتبط باشد (۳).

در بررسی تأثیر غلظت رنگ بر کارایی حذف رنگ، با افزایش غلظت اولیه رنگ، برای رنگ RR-198 کاهش و برای رنگ RB-19 افزایش یافته است و بیشترین مقدار جذب برای رنگ RR-198 در غلظت ۶۰ mg/l (۸۵/۸۱ درصد) و برای رنگ RR-19 در غلظت ۲۴۰ mg/l (۹۷/۴۳ درصد) حاصل شده است. در مطالعه Safa و همکاران در سال ۲۰۱۰ در پاکستان تحت عنوان حذف رنگ‌های مستقیم آبی ۶۷

رنگ RB-19 از مدل فروندلیچ پیروی می‌کند. در مطالعه Gulnaz و همکاران در سال ۲۰۱۱ در ترکیه با مطالعه‌ای تحت عنوان جذب رنگ راکتیو قرمز سیب زمینی با ایزوترم مدل لانگمویر تطابق داشته است (۸). با توجه به این که از مفروضات مدل ایزوترمی فروندلیچ این است که فرآیند جذب سطحی در سطوح هتروژن (چند لایه) انرژی اتفاق می‌افتد (۷، ۱۴). لذا این مدل بیانگر یکنواخت نبودن سطح جذب مورد استفاده است. مدل ایزوترمی لانگمویر بیانگر این است که یک لایه (لایه همسان) از رنگ، سطح جذب را پوشانده و جذب سطحی هر مولکول جزء جذب شونده دارای انرژی فعال سازی برابر و در نتیجه بیانگر همگن بودن جذب فرآوری شده است (۳۶، ۳۷). از آنجا که معمولاً در مقیاس‌های واقعی و کاربردی، مجموعه‌ای از رنگ‌ها به همراه مواد دیگری وارد محیط می‌شوند، لذا پیشنهاد می‌گردد، این مطالعه در مورد مجموعه‌ای از رنگ‌ها و همچنین با استفاده از نمونه‌های طبیعی نیز انجام گیرد تا نقش عوامل رقابت کننده در این فرآیند مشخص شده و کارایی آن‌ها در مقیاس واقعی به اثبات برسد.

البته مطالعه انجام گرفته در مقیاس آزمایشگاهی بوده است و برای اثبات مؤثر بودن کامل هر روشی بایستی در مقیاس میدانی نیز به مطالعه و بررسی پرداخت.

### نتیجه گیری

جاذب تهیه شده قادر است در شرایط بهینه، حدود ۸۵/۸۱ درصد (در غلظت رنگ ۶۰ mg/l) رنگ RR-198 و ۹۷/۴۳ درصد رنگ RB-19 در غلظت ۲۴۰ mg/l را از محلول‌های آبی حذف کند. همچنین

در این مطالعه، رفتار جذب رنگ‌های RR-198 و RB-19 توسط ایزوترم‌های تعادلی فروندلیچ و لانگمویر مورد آزمون قرار گرفت تا بهترین حالت جذب برای این نوع جاذب مشخص و گزارش گردد. ایزوترم جذب لانگمویر بیشتر برای جذب‌های تک لایه معتبر است. در این نوع ایزوترم، یک لایه از مولکول‌های ماده حل شده جذب جاذب شده و در تمامی سطوح جاذب، مقدار انرژی جذب یکسان و پیوندهای جذب برگشت پذیر فرض می‌شوند. فرمول خطی آن به صورت زیر بیان گردد (۸):

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{q_m K_L} \frac{1}{C_e} \quad (2)$$

که در آن:

$q_e$ : مقدار ماده جذب شده در واحد جرم جاذب (mg/g)

$C_e$ : غلظت ماده جذب شونده در فاز مایع پس از رسیدن به حالت تعادل (mg/l)

$q_m$ : بیشینه ظرفیت جذب

$K_L$ : ثابت ایزوترم لانگمویر که برای هر سیستم در دمای مشخص، تعیین می‌شود.

در مدل فروندلیچ فرض می‌شود مناطق موجود روی سطح جسم جاذب، یکنواخت نبوده و قدرت جذب متفاوتی دارند. شکل خطی آن به صورت زیر می‌باشد:

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (3)$$

$q_e$  و  $C_e$  مانند فرمول لانگمویر می‌باشند و  $n$  و  $K_L$  ثابت‌های تجربی است که برای هر سیستم خاص در دمای مشخص تعیین می‌گردد. نتایج نشان می‌دهد که جذب رنگ RR-198 از ایزوترم لانگمویر و جذب

استانداردهای دفع فاضلاب‌های رنگی به منابع آب را تأمین نماید.

### تشکر و قدردانی

از مدیریت محترم تحقیقات و پژوهش‌های دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی زاهدان به خاطر فراهم آوردن امکانات لازم تشکر نموده و از زحمات و همکاری‌های صمیمانه کارشناسان آزمایشگاه بهداشت زاهدان قدردانی می‌گردد.

می‌توان گفت که کربن فعال استخراج شده از برگ کهور، در حذف رنگ RB-19 موفق‌تر از حذف رنگ RR-198 عمل کرده، اما به طور کلی کارایی حذف هر دو نوع رنگ نشان از توانایی این ماده به عنوان جاذب جدید دارد و از طرفی حاکی از مقرون به صرفه بودن این ماده به عنوان جاذب جدید است، زیرا این ماده جزء زایدات کشاورزی است و به وفور قابل دسترس می‌باشد. هر چند این مطالعه نشان داد استفاده از کربن فعال حاصل از برگ کهور در حذف رنگ RB-19 و RR-198 می‌تواند روش کاربردی و موفقیت آمیزی باشد و قادر است قوانین و

### References

- Ahmad A, Puasa SW. Reactive dyes decolourization from an aqueous solution by combined coagulation/micellar-enhanced ultrafiltration process. *Chem Eng J* 2007; 132(1-3): 257-65.
- Aksu Z. Biosorption of reactive dyes by dried activated sludge: equilibrium and kinetic modelling. *Biochem Eng J* 2001; 7(1): 79-84.
- Amin NK. Removal of reactive dye from aqueous solutions by adsorption onto activated carbons prepared from sugarcane bagasse pith. *Desalination* 2008; 223(1-3): 152-61.
- Basava Rao VV, Ram Mohan Rao S. Adsorption studies on treatment of textile dyeing industrial effluent by flyash. *Chem Eng J* 2006; 116(1): 77-84.
- Dincer AR, Gunes Y, Karakaya N, Gunes E. Comparison of activated carbon and bottom ash for removal of reactive dye from aqueous solution. *Bioresour Technol* 2007; 98(4): 834-9.
- Dizge N, Aydiner C, Demirbas E, Kobya M, Kara S. Adsorption of reactive dyes from aqueous solutions by fly ash: Kinetic and equilibrium studies. *J Hazard Mater* 2008; 150(3): 737-46.
- Gok O, Ozcan AS, Ozcan 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.
- Gulnaz O, Sahnurova A, Kama S. Removal of Reactive Red 198 from aqueous solution by *potamogeton crispus*. *Chem Eng J* 2011; 174(2-3): 579-85.
- Lee YH, Pavlostathis SG. Decolorization and toxicity of reactive anthraquinone textile dyes under methanogenic conditions. *Water Res* 2004; 38(7): 1838-52.
- Ahmad AL, Puasa SW, Zulkali MM. Micellar-enhanced ultrafiltration for removal of reactive dyes from an aqueous solution. *Desalination* 2006; 191(1-33): 153-61.
- Bouyakoub AZ, Lartiges BS, Ouhib R, Kacha S, EI Samrani AG, Ghanbaja J, et al.  $MnCl_2$  and  $MgCl_2$  for the removal of reactive dye levafix brilliant Blue EBRA from synthetic textile wastewaters: an adsorption/aggregation mechanism. *J Hazard Mater* 2011; 187(1-3): 264-73.
- Caner N, Kiran I, Ilhan S, Iscen CF. Isotherm and kinetic studies of Burazol Blue ED dye biosorption by dried anaerobic sludge. *J Hazard Mater* 2009; 165(1-3): 279-84.
- del Rio AI, Fernandez J, Molina J, Bonastre J, Cases F. Electrochemical treatment of a synthetic wastewater containing a sulphonated azo dye, determination of naphthalenesulphonic compounds produced as main by-products. *Desalination* 2011; 273(2-3): 428-35.
- Kaur S, Singh V.  $TiO_2$  mediated photocatalytic degradation studies of Reactive Red 198 by UV irradiation. *J Hazard Mater* 2007; 141(1): 230-6.

15. Hernandez-Montoya V, Mendoza-Castillo DI, Bonilla-Petriciolet A, Montes-Moran MA, Perez-Cruz MA. Role of the pericarp of carya illinoensis as biosorbent and as precursor of activated carbon for the removal of lead and acid blue 25 in aqueous solutions. *J Anal Appl Pyrolysis* 2011; 92(1): 143-51.
16. Jesus AM, Romao LP, Araujo BR, Costa AS, Marques JJ. Use of humin as an alternative material for adsorption/desorption of reactive dyes. *Desalination* 2011; 274(1-3): 13-21.
17. Demirbas A. Agricultural based activated carbons for the removal of dyes from aqueous solutions: a review. *J Hazard Mater* 2008; 167(1-3): 1-9.
18. Gulnaz O, Kaya A, Dincer S. The reuse of dried activated sludge for adsorption of reactive dye. *J Hazard Mater* 2005; 134(1-3): 190-6.
19. Sathish Kumar PM, Arulkumar, Palvannan T. Utilization of agro-industrial waste *Jatropha curcas* pods as an activated carbon for the adsorption of reactive dye Remazol Brilliant Blue R (RBBR). *J Clean Prod* 2012; 22(1): 67-75.
20. Kumar S, Kumaria S, Rawat D, Sharma SK, Rao SR, Tandon P. Genetic diversity and gene flow estimation in *Prosopis cineraria* (L.) Druce: a key stone tree species of Indian Thar Desert. *Biochem Syst Ecol* 2011; 39(1): 9-13.
21. Singh G, Mutha S, Bala N. Effect of tree density on productivity of a *Prosopis cineraria* agroforestry system in North Western India. *J Arid Environ* 2007; 70(1): 152-63.
22. Vaithyanathan S, Bhatta R, Mishra AS, PrasadR, Verma DL, Singh NP. Effect of feeding graded levels of *Prosopis cineraria* leaves on rumen ciliate protozoa, nitrogen balance and microbial protein supply in lambs and kids. *Anim Feed Sci Tech* 2007; 133(3-4): 177-91.
23. Garg A, Mittal SK. Review on *Prosopiscineraria*: a potential herb of Thar desert. *Drug Invention Today* 2013; 5(1): 60-5.
24. Safa Y, Bhatti HN. Adsorptive removal of direct textile dyes by low cost agricultural waste: application of factorial design analysis. *Chem Eng J* 2011; 167(1): 35-41.
25. Santhy K, Selvapathy P. Removal of reactive dyes from wastewater by adsorption on coir pith activated carbon. *Bioresource Technol* 2006; 97(11): 1329-36.
26. Hassan SS, Awwad NS, Aboterika AH. Removal of synthetic reactive dyes from textile wastewater by Sorel's cement. *J Hazard Mater* 2009; 162(2-3): 994-9.
27. Cai J, Cui L, Wang Y, Liu C. Effect of functional groups on sludge for biosorption of reactive dyes. *J Environ Sci* 2009; 21(4): 534-8.
28. Pengthamkeerati P, Satapanajaru T, Singchan O. Sorption of reactive dye from aqueous solution on biomass fly ash. *J Hazard Mater* 2008; 153(3): 1149-56.
29. Ponnusami V, Krithika V, Madhuram R, Srivastava SN. Biosorption of reactive dye using acid-treated rice husk: factorial design analysis. *J Hazard Mater* 2007; 142(1-2): 397-403.
30. Gupta VK, Suhas. Application of low-cost adsorbents for dye removal – a review. *J Environ Manage* 2009; 90(8): 2313-42.
31. Anjaneya O, Santoshkumar M, Anand SN, Karegoudar TB. Biosorption of acid violet dye from aqueous solutions using native biomass of a new isolate of *Penicillium* sp. *Int Biodeter & Biodegr* 2009; 63(6): 782-7.
32. Yilmaz AE, Boncukcuoglu R, Kocakerim M, Karakas IH. Waste utilization: the removal of textile dye (Bomplex Red CR-L) from aqueous solution on sludge waste from electrocoagulation as adsorbent. *Desalination* 2011; 277(1-3): 156-63.
33. Zhang H, Tang Y, Liu X, Ke Z, Su X, Cai D, et al. Improved adsorptive capacity of pine wood decayed by fungi *Poria cocos* for removal of malachite green from aqueous solutions. *Desalination* 2011; 274(1-3): 97-104.
34. Gong R, Li M, Yang C, Sun Y, Chen J. Removal of cationic dyes from aqueous solution by adsorption on peanut hull. *J Hazard Mater* 2005; 121(1-3): 247-50.
35. Khattri SD, Singh MK. Removal of malachite green from dye wastewater using neem sawdust by adsorption. *J Hazard Mater* 2009; 167(1-3): 1089-94.
36. Joshi P, Nathawat NS, Chhipa BG, Hajare SN, Goyal M, Sahu MP, et al. Irradiation of sangari (*prosopis cineraria*): effect on composition and microbial counts during storage. *Radiat Phys Chem* 2011; 80(11): 1242-6.
37. Gungor O, Yilmaz A, Memon S, Yilmaz M. Evaluation of the performance of calix[8]arene derivatives as liquid phase extraction material for the removal of azo dyes. *J Hazard Mater* 2008; 158(1): 202-7.

## Feasibility of Extracted Activated Carbon from the Leaves of Mesquite (Prosopis) as New Adsorbents in the Removal of Reactive Dyes Red 198 and Blue 19

Hossein Jafari Mansoorian<sup>1</sup>, Amir Hossein Mahvi<sup>2</sup>, Mostafa Alizadeh<sup>3</sup>, Lyla Shamboli<sup>4</sup>, Somaye Sadat Moosavi<sup>4</sup>

### Abstract

**Background:** Colour in textile industry and dying wastewater is considered as one of the most important environmental pollutants. The aim of this study is determining the efficiency of removal of reactive Red 198 and Blue 19 by activated carbon that is extracted from the leaves of Mesquite.

**Methods:** This research is an experimental –laboratory study in which the effect of variables in the efficiency of color removal from synthetic wastewater was studied. The parameters examined were the pH, reaction time, adsorbent dose and initial concentration of dye. Also, adsorption behaviour of dyes was evaluated by Freundlich and Langmuir isotherms.

**Results:** The results show that the color removal efficiency decreased with increase in pH, but increased with the increase in adsorbent dose, contact time and initial dye concentration. After 40 minutes, the reaction reached equilibrium and then clearly dropped. Color removal efficiency of reactive Red 198 in dye concentration of 60mg/l reached about 85.81% and for reactive Blue 19 in dye concentration 240 mg/l reached 97.43%. Langmuir adsorption model and Freundlich model were respectively the best models that the adsorption process followed for Reactive Red 198 and Reactive Blue 19.

**Conclusion:** The efficiency of the prepared adsorbent in the removal of dyes from aqueous environment showed that it can be considered as an effective and inexpensive adsorbent in colored wastewater treatment processes.

**Keywords:** Activated carbon, Leaves of mesquite, Agricultural wastes, Reactive Red 198, Reactive Blue 19, Adsorption isotherm

1- MSc, Department of Environmental Health, Health Promotion Research Center, School of Public Health, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran

2- Assistant Professor, Department of Environmental Health, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3- MSc Student of Environmental Health, Students Scientific Research Center, School of Public Health, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran

4- BSc, Department of Environmental Health, Sina Center for Teaching, Research and Treatment, Tehran, Iran

**Corresponding Author:** Hossein Jafari Mansoorian **Email:** h.mansoorian@yahoo.com

**Address:** School of Public Health, Zahedan University of Medical Sciences, Mashahir Square, Zahedan, Iran

**Tel:** 0541-244-8584 **Fax:** 0541-242-5375