

کاهش رنگ Remozol Black B از پساب با استفاده از باگاس

علیرضا ضیاپور^{۱*} و عباس زارع^۲

*- نویسنده مسئول، فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،
پست الکترونیک: ali.ziapour@yahoo.com

۲- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه شهید رجایی تهران، ایران

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۷

تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۷

چکیده

رنگ پساب به‌عنوان یک مشکل عمده زیست‌محیطی مطرح است و تصفیه شیمیایی و بیولوژیکی پساب‌های حاوی رنگ به دلیل سطح پائین جذب و پایداری شیمیایی مواد رنگی دشوار است. به همین منظور برای جذب مواد رنگی معمولاً از کربن فعال استفاده می‌شود. ولی به دلیل قیمت زیاد و مشکلات بازیابی دوباره، محققان درصدد یافتن موادی ارزان‌قیمت با کارایی جذب بالا و قابل‌دسترس هستند. در این تحقیق قابلیت استفاده از باگاس برای جذب رنگ Remozol Black B (RBB) بررسی گردید. متغیرهای موردبررسی غلظت، دما، pH و زمان تماس بود و مقدار جذب در شرایط مختلف بررسی شد. سپس تبعیت ایزوترم جذب از مدل‌های لانگموور و فروندلیچ بررسی گردید. نتایج نشان داد که کارایی جذب بیشتر به pH محلول و کمتر به دمای محلول وابسته است. بیشترین مقدار جذب رنگ RBB توسط باگاس در ۱۵ دقیقه اول تماس بود. بررسی ایزوترم جذب نشان داد که هر دو مدل برای توصیف جذب رنگ RBB با باگاس مناسب است. حداکثر جذب رنگ RBB توسط باگاس برابر ۷/۵۱ میلی‌گرم بر گرم محاسبه شد که در محدوده برخی از مواد لیگنوسولوزی می‌باشد و از برخی مواد دیگر مانند پسماند لیگنوسولوزی کلزا کمتر است.

واژه‌های کلیدی: جذب، رنگ RBB، باگاس، ایزوترم جذب، مدل.

مقدمه

با توجه به محدود بودن منابع آب و گسترش روزافزون واحدهای صنعتی، افزایش تولید پساب‌های صنعتی و آلوده شدن منابع آب یکی از معضلات اجتماعی و اقتصادی محسوب می‌شود. پساب حاصل از کارخانه‌ها و مراکز تولیدی به دلیل دارا بودن ترکیبات گوناگون در مقادیر مختلف، روند تصفیه پساب را پیچیده می‌کند. از میان صنایع مختلف، صنایعی مانند صنعت نساجی، کاغذسازی، داروسازی و چرم‌سازی به علت مصرف انواع مختلفی از مواد شیمیایی رنگی، از واردکنندگان آلاینده‌های رنگی به

محیط‌زیست محسوب می‌شوند (Rajagopalan, 1990; Kharat, 2015; Ho, 2006 Routh, 1998; نشان داده‌اند که حدود ۱۲٪ از رنگ مصرفی در صنایع نساجی وارد پساب و از این مقدار حدود ۲۰٪ به همراه پساب تصفیه‌شده به آب‌های دریافت‌کننده وارد می‌شوند (Ince, 1997). در مورد رنگ‌های رادیواکتیو نگرانی‌های زیست‌محیطی زیادی به‌ویژه به دلیل مواد به وجود آمده در اثر تخریب، مانند آمین‌های آروماتیکی که بسیار سرطان‌زا هستند، وجود دارد (Weber, 1993; Bharathi, 2013).
تصفیه شیمیایی و بیولوژیکی پساب‌های حاوی این مواد

جذب رنگ Remozole Black B از آب آلوده شده به این رنگ بررسی شده و با کارایی جذب کربن فعال و سایر جاذب‌های مطالعه شده مقایسه شده است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

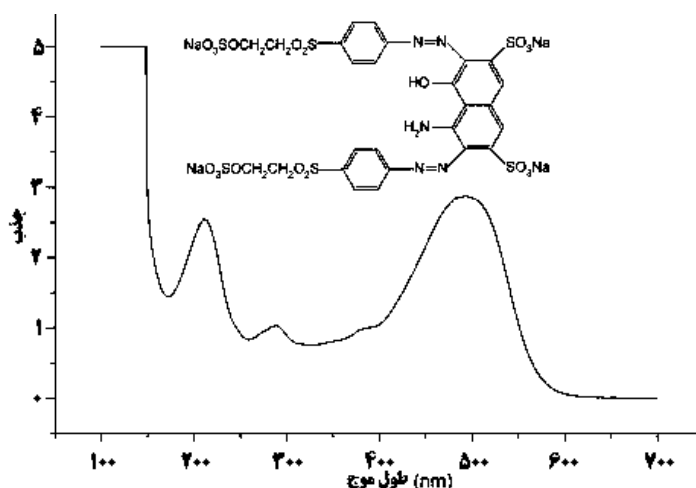
باگاس مورد استفاده از کارخانه کاغذ پارس جمع‌آوری شد و پس از هواخشک شدن تا رطوبت حدود ۸٪ با آسیاب آزمایشگاهی به قطعات ریزی تبدیل شد. باگاس آسیاب شده با استفاده از غربال با اندازه منافذ ۴۰ مش و ۱۰۰ مش غربال گردید و ذرات قرارگرفته روی مش ۱۰۰ برای آزمایش جذب استفاده شد که ابعادی بین ۰/۱ تا ۰/۳ داشتند. ذرات پس از غربال شدن درون کیسه نایلونی ریخته شد و پس از یک هفته رطوبت آنها با نمونه‌گیری و خشک کردن نمونه‌ها در اتو با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد.

رنگ اسیدی مورد آزمایش با نام تجاری رنگ Remozole Black B بود که به‌طور گسترده در صنایع نساجی و کاغذسازی استفاده می‌شود. ساختار شیمیایی این رنگ و طیف UV-Visible آن در شکل ۱ نشان داده شده است. حداکثر جذب این رنگ در طول موج ۶۰۰ نانومتر انجام شده است و این طول موج مقدار جذب تابع pH محلول نیست.

به دلیل سطح پائین جذب و پایداری شیمیایی مواد رنگی دشوار است و اغلب نتایج رضایت‌بخشی ندارند؛ بنابراین برای تصفیه پساب‌های حاوی ترکیبات رنگی عمدتاً از روش‌های غیرمعمول، مثل جذب این ترکیبات بر روی جاذب‌های مختلف استفاده می‌شود (Ncibi, 2007). برای جذب این مواد معمولاً از کربن فعال استفاده می‌شود که کارایی جذب بالایی دارد و برای انواع آلاینده‌های مختلف مناسب است، ولی به دلیل قیمت زیاد و مشکلات بازیابی دوباره محققان درصد یافتن موادی ارزان قیمت با کارایی جذب بالا و قابل دسترس هستند (Oladoja, 2009).

مواد لیگنوسلولزی به دلیل دسترسی فراوان به آنها، ارزان بودن، قابلیت تولید هرساله و زیست تخریب پذیر بودن برای جذب رنگ‌های مختلف از پساب‌های صنایع نساجی بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند و در مطالعات متعددی قابلیت این مواد برای جذب رنگ از پساب‌های حاوی مواد رنگی بررسی شده است (Ncibi, 2007; Oladoja, 2009; Mahvi, 2008).

باگاس از پسماند صنایع نیشکر تولید شکر از نیشکر به دست می‌آید. به دلیل افزایش کاشت این گیاه در ایران پسماند لیگنوسلولزی حاصل از آن نیز افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است. در این تحقیق کارایی و قابلیت باگاس به‌عنوان یک ماده ارزان قیمت و در دسترس برای



شکل ۱- ساختار شیمیایی و طیف UV-Visible رنگ واکنشی (Remozol Black B Gran 133%) با نام تجاری

Aryazol Black B 133%

آزمایش جذب

$$q_t = \frac{(C_0 - C_t) \times V}{M} \quad (2)$$

برای تعیین pH بهینه جذب، ۸ نمونه از محلول رنگ به حجم ۵۰ میلی‌لیتر، با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و مقدار باگاس ۵ گرم بر لیتر در دمای محیط تهیه شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت، محلول حاوی رنگ و باگاس از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد و غلظت رنگ باقیمانده در آن با استفاده از طیف‌سنجی UV-Visible سنجیده شد.

برای تعیین دمای بهینه جذب، سه نمونه از محلول رنگ به حجم ۵۰ میلی‌لیتر، با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و مقدار باگاس ۵ گرم بر لیتر در pH بهینه تعیین شده تهیه شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در سه دمای ۲۰، ۳۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای تنظیم دمای نمونه‌ها در ۲۰ درجه سانتی‌گراد از اتاق کليما تیزه با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد (مخصوص کليما تیزه کردن چوب و فراورده‌های آن) و برای تنظیم دمای نمونه‌ها در دو دمای ۳۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد از شیکر انکوباتور با قابلیت تنظیم دما استفاده شد. پس از صاف کردن با کاغذ صافی واتمن، مقدار جذب با طیف‌سنجی مشخص شد.

برای تعیین اثر زمان بر روی میزان جذب، محلول با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با pH خنثی تهیه شد و بعد در زمان‌های ۳، ۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ دقیقه اندازه‌گیری شد. در این تیمار نیز به میزان ۵ گرم بر لیتر باگاس و محلول با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تهیه شد. برای تعیین اثر غلظت رنگ بر جذب، ۶ نمونه رنگ به حجم ۵۰ میلی‌لیتر، با مقدار باگاس ۵ گرم بر لیتر در شرایط pH و دمای بهینه با غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تهیه شد و پس از ۲۴ ساعت فیلتر شد و مقدار جذب در نمونه‌ها تعیین شد تا اثر غلظت رنگ بررسی شود.

آزمون‌های لازم برای بررسی ایزوترم جذب با انتخاب شرایط پایه شامل دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و pH برابر

ابتدا محلولی از رنگ RBB با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به محلول‌های رقیق با غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تبدیل شد. برای تعیین میزان حذف، از اسپتکتروفتومتر UV-Visible با توجه به طول موج حداکثر جذب استفاده شد. ابتدا میزان جذب غلظت‌های مورد نظر در طول موج ۶۰۰ نانومتر سنجیده شد تا یک منحنی کالیبراسیون بین غلظت رنگ و مقدار جذب در طول موج ۶۰۰ نانومتر محاسبه شود. با استفاده از این منحنی، میزان جذب رنگ توسط باگاس بعد از هر آزمون با توجه به مقدار جذب آن در طول موج ۶۰۰ نانومتر قبل و بعد از تیمار قابل محاسبه است.

برای بررسی اثر pH، دما و غلظت رنگ بر سرعت و ظرفیت جذب، ابتدا مقدار مورد نظر از وزن خشک باگاس (با احتساب رطوبت آن) در یک ظرف پلاستیکی با حجم حدود ۱۰۰ میلی‌لیتر ریخته شد. سپس حجم مشخصی محلول رنگی با غلظت مشخص به آن اضافه شد. تنظیم pH محلول حاوی باگاس با استفاده از محلول اسیدسولفوریک ۴ نرمال و سدیم هیدروکسید ۱ نرمال انجام شد. بعد از تنظیم شرایط، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت بر روی شیکر^۱ با دور ۱۲۰ دور در دقیقه قرار داده شدند تا هم‌زدن آرام و مؤثری انجام شود. پس از ۲۴ ساعت محلول‌های مورد نظر با کاغذ صافی واتمن صاف شدند و غلظت رنگ باقیمانده در محلول با طیف‌سنجی UV-Visible اندازه‌گیری شد و بعد درصد کاهش رنگ و مقدار جذب به ترتیب با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه شد. در این رابطه‌ها، C_0 غلظت اولیه رنگ و C_t غلظت رنگ بعد از تیمار جذب در مدت زمان t برحسب میلی‌گرم بر لیتر با استفاده از آب مقطر تهیه شد. در این محلول R درصد حذف رنگ، V حجم محلول برحسب لیتر و M جرم ذرات باگاس برحسب گرم است.

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

$$\log Q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (۶)$$

Q_e مقدار رنگ جذب شده به ازای واحد جرم جاذب در شرایط تعادل (mg/g) و C_e غلظت تعادل رنگ در محلول (mg/l) است. با رسم منحنی لگاریتم Q_e به صورت تابعی از لگاریتم C_e می‌توان مقادیر n و K_F را محاسبه کرد. n و K_F ثابت‌های مدل فروندلیچ هستند. K_F بیان‌کننده مقدار جذب رنگ به ازای هر واحد غلظت تعادل است و n بیانگر نحوه توزیع ذرات مواد جذب شونده متصل شده به سطح ماده جاذب است. $1/n$ با مقادیر بین ۰ تا ۱ بیانگر ناهمگنی سطح است. هرچه n به صفر نزدیک‌تر شود، ناهمگنی سطح افزایش می‌یابد. اگر مقدار $1/n$ کمتر از ۱ شود، بیانگر جذب ایزوترم فروندلیچ خواهد بود (Ofomaja, 2010).

نتایج

اثر دما و pH بر کارایی جذب

اثر دما و pH در شکل ۲ نشان داده شده است. به طور کلی با افزایش دما و pH میزان جذب رنگ RBB توسط باگاس کاهش می‌یابد. کاهش مقدار جذب در اثر افزایش pH ابتدا روند کاهشی مشخصی دارد اما بعد از رسیدن به pH خنثی مقدار جذب با افزایش pH تغییرات کمی دارد. pH پساب های رنگی در جذب سطحی رنگ و ظرفیت جذب بسیار مؤثر است. این موضوع ناشی از تغییر میزان یونیزاسیون گروه‌های عاملی موجود در جایگاه‌های جذب و در نتیجه تغییر بار سطح جاذب و همچنین میزان یونیزاسیون مواد موجود در محلول است. همان‌طور که در بخش مواد مورد استفاده اشاره شد، رنگ RBB دارای گروه عاملی سولفونات است که در آب یونیزه شده و موجب آنیونی شدن مولکول آن می‌شود. افزایش دما در میزان جذب روند افزایشی دارد اما زیاد مشهود نیست و می‌توان از آن صرف نظر کرد و برای پایین آوردن هزینه‌ها، عمل جذب را در دمای محیط انجام داد.

۳ انجام شد. مقدار باگاس استفاده شده در آزمایش‌ها ۵ میلی‌گرم در لیتر و غلظت‌های مختلف رنگ از ۲۵ تا ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر در نظر گرفته شد. در این تحقیق از دو مدل ایزوترم لانگمویر و فروندلیچ برای بررسی نتایج تجربی استفاده شد. شکل خطی مدل لانگمویر (Ncibi, 2009; Tehrani, 2007) که برای بررسی پدیده‌های جذب استفاده می‌شود به صورت زیر است (رابطه ۳).

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{bQ_m} + \frac{C_e}{Q_m} \quad (۳)$$

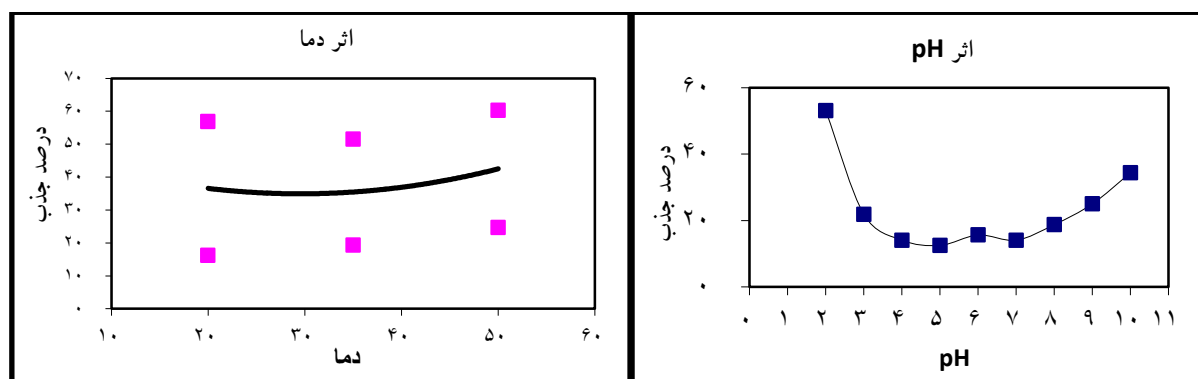
که در آن Q_e مقدار رنگ جذب شده به ازای واحد جرم جاذب در شرایط تعادل (mg/g)، Q_m حداکثر رنگ جذب شده برای ایجاد یک لایه رنگ یا مونولایر (mg/g)، C_e غلظت تعادل رنگ در محلول (mg/l) و b مقدار ثابت وابسته به انرژی جذب (l/mg) است. ثابت تعادل جذب با K_L (L/g) نشان داده می‌شود که به مقدار b و Q_m وابسته است و مقدار آن به صورت زیر محاسبه می‌شود (رابطه ۴).

$$K_L = Q_m b \quad (۴)$$

پارامتر اصلی رابطه لانگمویر که شکل منحنی ایزوترم را نشان می‌دهد، یک ثابت بدون بعد به نام پارامتر تعادل (R_L) است که با رابطه ۵ تعیین می‌شود؛ که در آن C_0 غلظت اولیه رنگ (mg/l) است. اگر مقدار R_L برابر صفر شود، بیانگر ایزوترم غیرقابل برگشت، $0 < R_L < 1$ ، بیانگر ایزوترم مطلوب، $R_L = 1$ ، بیانگر ایزوترم خطی و $R_L > 1$ ، بیانگر ایزوترم نامطلوب است (Ofomaja, 2010; Hameed, 2008).

$$R_L = \frac{1}{1 + bC_0} \quad (۵)$$

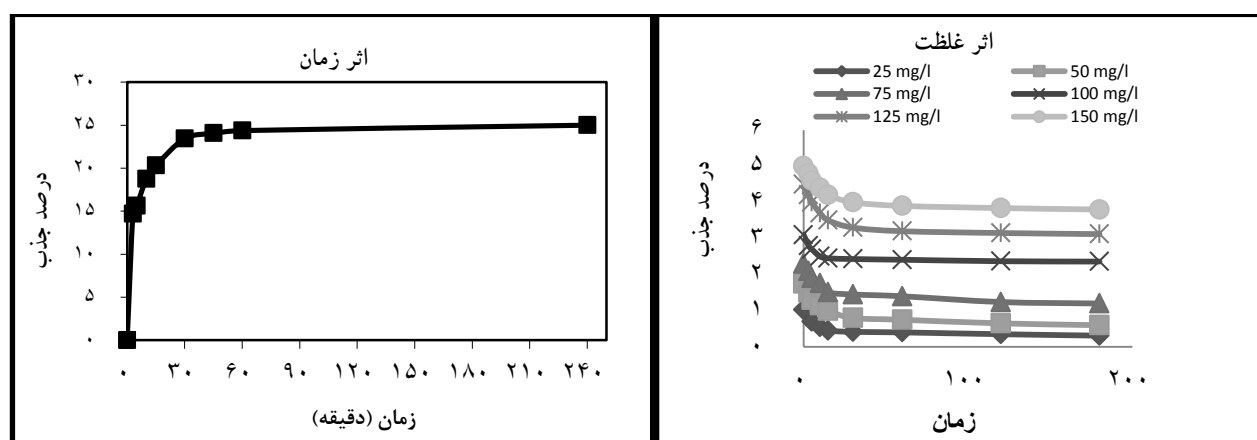
مدل فروندلیچ جذب حداکثری را پیش‌بینی نمی‌کند و شکل خطی آن به صورت رابطه ۶ است (Oladoja, 2009; Hameed, 2008; Patel, 2008).



شکل ۲- اثر دما و pH بر میزان جذب RBB با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر با باگاس در زمان ۲۴ ساعت

جذب بیشتری را دارد و با گذشت زمان سرعت جذب کاهش می یابد. این موضوع از نظر حجم مخازن و ماندگاری پساب در آنها حائز اهمیت است و هرچه سرعت جذب بیشتر باشد زمان کمتری برای تصفیه صرف شده و حجم تصفیه نیز افزایش می یابد، همچنین فضای مورد نیاز نیز در منافذ و حفره ها کمتر می شود.

اثر مدت زمان تیمار و غلظت رنگ بر جذب اثر زمان تیمار و غلظت رنگ RBB بر میزان جذب در شکل ۳ نشان داده شده است. در ساعت اولیه جذب، حداکثر جذب اتفاق افتاده و بعد نمودار تقریباً ثابت شده است. در شکل ۳ ملاحظه می شود که حدود ۹۵٪ جذب در ۱۵ دقیقه اولیه اتفاق افتاده و همچنین باگاس در غلظت های بالا میزان



شکل ۳- اثر زمان و غلظت بر میزان جذب RBB با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر با باگاس در محیط (۳۵ درجه سانتی گراد)

این موضوع به دلیل کاهش غلظت رنگزا در محیط و کاهش نقاط فعال در سطح جاذب است. از این رو ملاحظه می شود که مقدار جذب بعد از ۱۲۰ دقیقه افزایش زیادی ندارد؛ در این حالت میزان جذب تحت کنترل انتقال رنگزا جذب شده از سطح ذرات جاذب به درون ذرات جاذب است؛ بنابراین برای بررسی ایزوترم و سینتیک جذب، مدت زمان ۱۲۰

بحث

ایزوترم جذب

نتایج تجربی آزمون های اولیه مشخص کرد که با افزایش مدت زمان تماس، مقدار جذب افزایش می یابد و به حداکثر خود می رسد. جذب رنگزا در دقایق اولیه با سرعت زیادی انجام می شود و با افزایش زمان مقدار جذب کاهش می یابد.

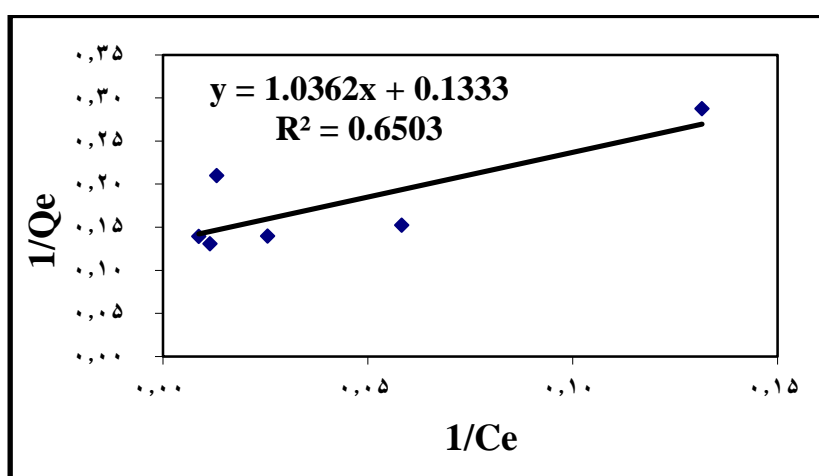
است. با توجه به این رابطه، مقادیر b ، R_L ، K_I و حداکثر ظرفیت جذب (q_m) محاسبه شد که مقادیر آنها در جدول ۲ ارائه شده است.

دقیقه به عنوان زمان لازم برای رسیدن به تعادل در نظر گرفته شد.

در شکل ۴ نمودار $1/q_e$ به صورت تابعی از $1/c_e$ و رابطه مشتق از آن بر اساس نتایج تجربی نشان داده شده

جدول ۱- ثابت‌های جذب رنگزا مورد مطالعه با باگاس بر اساس مدل لانگمویر

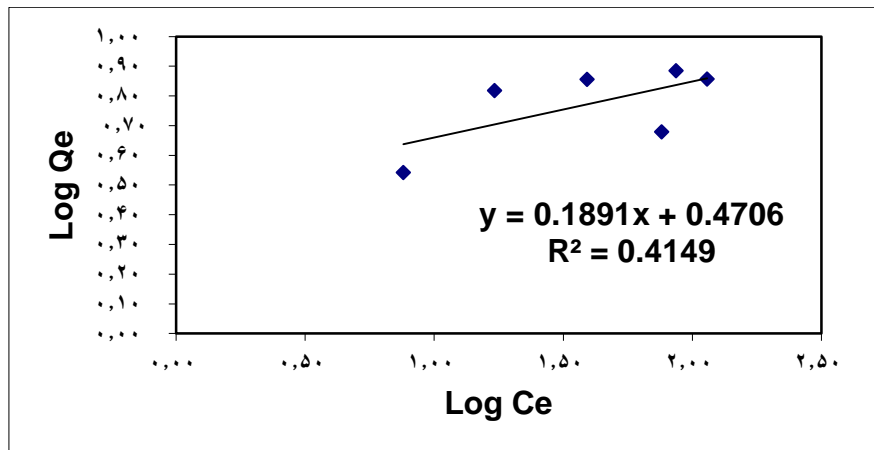
R2	RL	KI	b (l/g)	qm (mg/g)	نوع رنگزا
۰/۶۵	$0.04937 < R_L < 1$	۰/۹۵۵۰	۰/۱۲۸۳	۷/۵۱۸۸	RBB



شکل ۴- نمودار $1/q_e$ به صورت تابعی از $1/c_e$ و رابطه مشتق از آن بر اساس مدل لانگمویر

بررسی پدیده جذب با استفاده از رابطه فروندلیچ با رسم منحنی لگاریتم q_e به صورت تابعی از لگاریتم c_e در شکل ۵ ارائه شده است. بر اساس رابطه به دست آمده، مقادیر K_F و $1/n$ به ترتیب به مقدار $۲/۹۵۵۲$ و $۰/۱۸۹۱$ محاسبه شد. با توجه به اینکه مقدار عددی $1/n$ بین ۰ تا ۱ قرار دارد، بنابراین می‌توان گفت که سطح جاذب حالت ناهمگنی دارد. این نتایج نشان می‌دهد که رابطه فروندلیچ هم می‌تواند برای مدل‌سازی جذب این رنگزا با باگاس استفاده شود. در مطالعات مختلفی تبعیت پدیده جذب از هر دو ایزوترم لانگمویر و فروندلیچ مشاهده شده است، ولی با توجه به بیشتر بودن ضریب همبستگی در رابطه حاصل از مدل لانگمویر در مقایسه با مدل فروندلیچ، رابطه لانگمویر مدل بهتری برای جذب رنگزا RBB با استفاده از باگاس است.

بررسی نتایج مندرج در جدول ۱ نشان می‌دهد که ضریب همبستگی رابطه حاصل در حد بالایی قرار دارد، بنابراین می‌توان گفت که جذب رنگزای مورد مطالعه از رابطه لانگمویر تبعیت می‌کند. به علاوه، مقادیر عددی R_L آزمون‌ها در دامنه $0 < R_L < 1$ قرار دارند که نشان‌دهنده جذب مطلوب این رنگزا با باگاس هستند. با توجه به این نتایج می‌توان گفت که ذرات باگاس دارای تعداد مشخصی از نقاط جذب رنگزا واکنشی است که به‌طور یکنواختی در سطح ذرات باگاس پراکنده شده‌اند. در بررسی جذب رنگزا Remazole Black B با استفاده از باگاس، مقدار R_L در محدوده بین صفر و یک تعیین شده است که با نتایج این تحقیق تطابق دارد. با استفاده از مدل لانگمویر، ظرفیت حداکثری جذب این رنگزا $۷/۵۱۸۸$ میلی‌گرم بر گرم محاسبه شد.



شکل ۵- نمودار $\log q_e$ به صورت تابعی از $\log c_e$ بر اساس مدل فروندلیچ برای رنگزا مورد بررسی

شیمیایی کنترل‌کننده پدیده جذب است و سرعت اشغال سایت‌های جذب، متناسب با مجذور تعداد سایت‌های اشغال نشده است. شکل خطی سینتیک شبه درجه دوم به صورت رابطه ۸ است و مقادیر k_2 و q_e با رسم منحنی t/q_t به صورت تابعی از t محاسبه می‌شود. اگر رابطه شبه درجه دوم قابل کاربرد باشد، منحنی t/q_t به صورت تابعی از t یک خط راست با ضریب همبستگی زیاد خواهد شد.

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (۸)$$

نتایج حاصل از بررسی نتایج تجربی جذب در غلظت‌های مختلف با استفاده از سینتیک شبه درجه اول و شبه درجه دوم به ترتیب در شکل ۶ و ۷ و پارامترهای آنها در جدول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

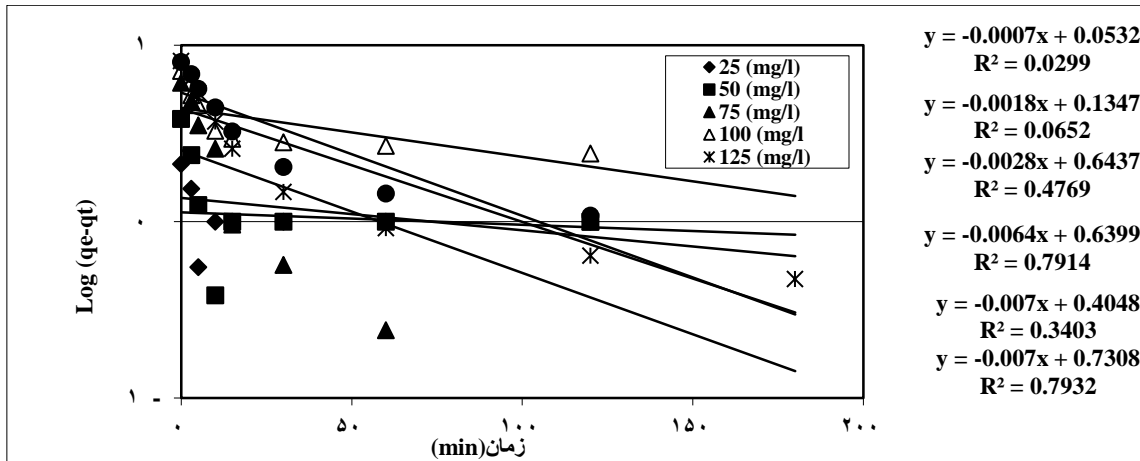
سینتیک جذب

سینتیک جذب شبه درجه اول

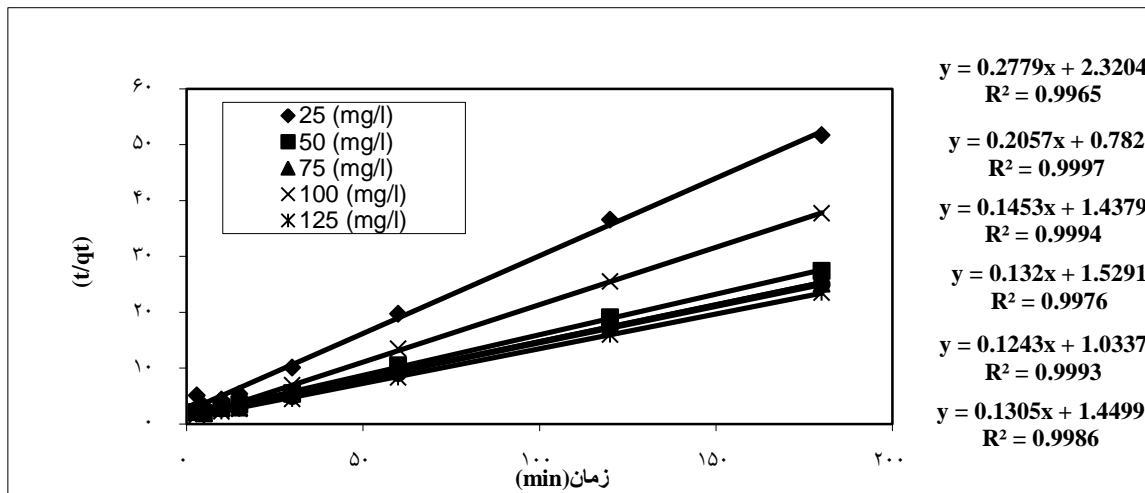
معادلات سینتیک جذب برای بررسی سازوکار کنترل‌کننده فرایند جذب مانند انتشار، جذب سطحی، نفوذ با جذب درون مولکولی و جذب شیمیایی استفاده می‌شوند. در صورتی که عامل کنترل‌کننده جذب، نفوذ در لایه مرزی باشد، سینتیک جذب معمولاً از مدل شبه درجه اول تبعیت می‌کند که در آن تغییرات در میزان جذب با زمان، متناسب با تعداد سایت‌های اشغال نشده در سطح جذب است. شکل خطی رابطه شبه درجه اول به صورت رابطه ۷ است که در آن مقدار عددی k_1 با رسم منحنی خطی $\log(q_e - q_t)$ به صورت تابعی از t محاسبه می‌شود.

$$\log(q_e - q_t) = \log(q_e) - \frac{k_1}{2.303} t \quad (۷)$$

در مدل شبه درجه دوم فرض بر این است که جذب



شکل ۶- منحنی سینتیک جذب بر اساس مدل شبه درجه اول برای جذب رنگزا RBB توسط باگاس



شکل ۷- منحنی سینتیک جذب بر اساس مدل شبه درجه دوم برای جذب رنگزا RBB توسط باگاس

جدول ۲- پارامترهای سینتیک جذب رنگزا RBB با استفاده از باگاس بر اساس مدل شبه درجه اول

پارامترهای سینتیک شبه درجه اول				اطلاعات تجربی	
h0,1 (mg/g.min)	R2	k1 min-1	qecal (mg/g)	qeexp (mg/g)	غلظت اولیه (رنگزا mg/l)
۰/۰	۰/۰۲۹	۰	۱/۱۲	۳/۴۸	۲۵
۰/۰۰۳۱	۰/۰۶۵	۰/۰۰۲۳	۱/۳۶	۶/۵۷	۵۰
۰/۰۲۰۲	۰/۴۷	۰/۰۰۴۶	۴/۳۹	۷/۱۷	۷۵
۰/۰۶۰۱	۰/۷۹	۰/۰۱۳۸	۴/۳۵	۴/۷۷	۱۰۰
۰/۰۴۰۸	۰/۳۴	۰/۰۱۶۱	۲/۵۳	۷/۶۶	۱۲۵
۰/۰۸۶۵	۰/۷۹	۰/۰۱۶۱	۵/۳۷	۷/۲	۱۵۰

نشان می‌دهد که اختلاف بسیار کمی بین ظرفیت جذب در شرایط تعادل محاسباتی و ظرفیت جذب در شرایط تعادل تجربی وجود دارد. به علاوه، مقادیر همبستگی نقاط معادلات حاصل در حد بالایی است؛ بنابراین مدل شبه درجه دوم می‌تواند به خوبی برای بیان سینتیک جذب این رنگزا با باگاس استفاده شود. تطابق نتایج تجربی با ایزوترم لانگمویر و با سینتیک شبه درجه دوم نشان می‌دهد که جذب رنگزا مورد نظر با باگاس از نوع جذب قابل کنترل توسط جذب شیمیایی است.

مشاهده می‌شود که ضریب همبستگی معادلات حاصل از مدل شبه درجه اول در غلظت‌های مختلف کم است و اختلاف زیادی در ظرفیت جذب در حالت تعادل حاصل از نتایج تجربی ($q_{e_{exp}}$) و ظرفیت جذب در حالت تعادل محاسبه شده ($q_{e_{cal}}$) دیده می‌شود؛ بنابراین مدل سینتیک شبه درجه اول مدل مناسبی برای جذب این رنگزا با استفاده از باگاس نیست؛ از این رو پدیده جذب این رنگزا توسط ذرات باگاس تحت تأثیر پدیده انتشار نمی‌باشد. از سوی دیگر، بررسی نتایج با معادلات شبه درجه دوم

جدول ۳- پارامترهای سینتیک جذب رنگزا RBB با استفاده از باگاس بر اساس مدل شبه درجه دوم

پارامترهای سینتیک شبه درجه اول			اطلاعات تجربی		
h0,1 (mg/g.min)	R2	k1 min-1	qe _{cal} (mg/g)	qe _{exp} (mg/g)	غلظت اولیه (mg/l رنگزا)
۰/۰۰۳۹۴	۰/۹۹۶	۰/۰۳۳۰	۳/۶۱	۳/۴۸	۲۵
۰/۰۱۴۰۸	۰/۹۹۹	۰/۰۵۳۷	۴/۸۷	۶/۵۷	۵۰
۰/۰۰۱۴۷	۰/۹۹۹	۰/۰۱۴۶	۶/۸۹	۷/۱۷	۷۵
۰/۰۰۰۹۸	۰/۹۹۷	۰/۰۱۱۳	۷/۵۷	۴/۷۷	۱۰۰
۰/۰۰۱۷۸	۰/۹۹۹	۰/۰۱۴۸	۸/۰۶	۷/۶۶	۱۲۵
۰/۰۰۱۰۴	۰/۹۹۸	۰/۰۱۱۶	۷/۶۹	۷/۲	۱۵۰

کارآمد برای کاهش این رنگزا استفاده کرد.

نتیجه گیری

در این تحقیق مشخص شد که باگاس یک جاذب نسبتاً مؤثر برای حذف رنگ RBB از پساب حاوی این رنگزا می‌باشد. جذب این رنگزا بیشتر تحت تأثیر PH محلول می‌باشد و در pHهای اسیدی بهتر عمل می‌کند. سینتیک جذب از نوع شبه درجه دوم است، بنابراین فرایند جذب از نوع کاملاً شیمیایی است. البته هر چه غلظت رنگزا بیشتر شود با ماده چوبی یکسان میزان جذب کاهش می‌یابد، زیرا سطح جاذب با این افزایش اشباع می‌گردد. مقدار حداکثر جذب این رنگزا توسط باگاس برابر ۷/۵۱ میلی‌گرم است؛ بنابراین می‌توان از باگاس به عنوان یک جاذب ارزان قیمت و قابل دسترس و نسبتاً

منابع مورداستفاده

- Ali, M. and Sreekrishnan, T.R., 2001. Aquatic toxicity from pulp and paper mill effluents a review, Adv. Environ. Res., 5, 175-196.
- Bharathi, K.S. and Ramesh, S.T., 2013, Removal of dyes using agricultural waste as low cost adsorbents: a review. Appl. Water Sci. 3, 773-790.
- Brown, M.A. and De Vito, S.C., 1993, Predicting Azo dye toxicity, Cirt. Rev. Environ Sci Technol, 23, 249-324.
- FU, Y. and Viraraghavan, T., 2003. Column studies for biosorption of dyes from aqueous solutions on immobilized aspergillus Niger fungal biomass,

- Environ Sci Tech, 4, 433-440.
- Ofomaja, A.E., 2010. Intraparticle diffusion process for lead (II) biosorption onto mansonia wood sawdust, *Biores Technol*, 101, 5868-5876.
- Oladoja, N. and CO, A., 2009. Aboluwoye, AO. Akinkugbe, Evaluation of loofah as a sorbent in the decolorization of basic dye contaminated aqueous system, *Ind Eng Chem Res*, 48, 2786-2794.
- Patel, R. and Suresh, S., 2008. Kinetic and equilibrium studies on the biosorption of reactive black 5 dye by *Aspergillus foetidus*, *Bioresource Technology*, 99, 51-58.
- Rajagopalan, S., 1990. Water pollution problem in Textile Industry and Control. In: Trivedy R K (ed) *Pollution Management in Industries*, Environmental Pollution, Karad, India, , 21-45.
- Ramakrishna, K.R. and Viraraghavan, T., 1996. Dye removal using peat, *American Dyestuff Report Saskatchewan, Canada, American Dyestuff Reporter*, 85, 28-34.
- Routh, T., 1998. Anaerobic treatment of vegetable tannery wastewater by UASB process, *Ind J Environ Prot*, 20, 115-123.
- Tehrani-Bagha, A.R., Mahmoodi, N.M., Markazi, M. and Talae, E., 2009. Removal of a cationic dye from wastewater by low-cost kaolin (In Persian), *J Color Sci Tech*, 3, 145-155.
- Weber, E.J. and Stickney, VC., 1993. Hydrolysis kinetics of reactive blue 19-vinyl sulfone, *Water Res*, 27, 63-67.
- Water S A, 29, 465-472.
- Hameed, K.S., Muthirulan, P. and Sundaram, M.M., 2017. Adsorption of chromotrope dye onto activated carbons obtained from the seeds of various plants: equilibrium and kinetics studies. *Arab. J. Chem.* 10, S2225-S2233.
- Hameed, B.H. and El-Khaiary, M.I., 2008. Removal of basic dye from aqueous medium using a novel agricultural waste material: Pumpkin seed hull, *J Hazard Mater*, 155, 601-609.
- Ho, Y.S., 2006. Second-order kinetic model for the sorption of cadmium onto tree fern: A comparison of linear and non-linear, *Water Res*, 40, 119-125.
- Ince, N.H., Stefan, M.I. and Bolton, J.R., 1997. UV/H₂O₂ degradation and toxicity reduction of textile azo dye: remazol Black-B, a case study, *J Adv Oxide Technol*, 2, 442-448.
- Koplin, D.W., Furlong, E.T. and Meyer, M.T. Pharmaceuticals., 2002. hormones and other organic wastewater contaminants in US streams, *Environ. Sci. Technol.*, 36, 1202-1211.
- Kharat, D.S., 2015. Preparing agricultural residue based adsorbents for removal of dyes form effluents - a review. *Braz. J. Chem. Eng.* 32, 1-12.
- Mahvi, H., 2008. Application of agricultural fibers in pollution removal from aqueous solution, *Int J Environ Sci Tech*, 5, 275-285.
- Ncibi, M.C., Mhjouh, B. and Seffen, M., 2007. Adsorptive removal of textile reactive dye using *Posidonia oceanica* (L.) fibrous biomass, *Int J*

Effluent color reduction and adsorption of remazol black B dye using bagasse

A. Ziapour^{1*} and A. Zare²

1*-Corresponding Author, M.Sc., Faculty of Natural Resources, University of Gorgan, Gorgan, I.R.Iran,

Email: ali.ziapour@yahoo.com

2- M.Sc., Faculty of Natural Resources, University of Shahid Rajaee Teacher Training, Tehran, I.R.Iran

Received: Aug., 2018

Accepted: Oct., 2018

Abstract

Chemical and biological treatment of dye- containing effluents is difficult due to the low adsorption level and chemical stability of dyes. Activated carbon is usually used for adsorption of these materials, but because of high prices and recovery problems, researchers are investigating to find available low-cost materials with high adsorption. In this study, bagasse was used for adsorption of Remzol Black B dye and its capability was examined. Variables were concentration, temperature, pH and contact time, and the degree of adsorption was examined in different situations. Then, adsorption isotherm according to Langmuir and Freundlich models were developed. The results showed that the adsorption efficiency depends on pH of solution and to a lower degree on temperature of the solution. Maximum adsorption of Remzol Black B dye by bagasse occurred in the first 15 minutes of contact. The study of adsorption isotherm showed that both models are suitable for description of adsorption of Remzol Black B dye by bagasse. Maximum adsorption of Remzol Black B dye by bagasse was calculated as 7.51 mg/g. Results of this study showed that bagasse could be used as a low-cost bio adsorbent for the adsorption of Remzol Black B from aqueous solution.

Keywords: Adsorption, adsorption isotherm, bagasse, remazol black B dye, models.