

استفاده از باگاس به عنوان جاذب رنگ اسید اورانژ ۷ از محلول آبی

علیرضا ضیاپور^{۱*}، عباس زارع^۲ و محمد بخشی^۳

* نویسنده مسئول، فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه شهید رجایی طبیعی گرگان، ایران

پست الکترونیک: ali.ziapour@yahoo.com

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

۳- فارغ التحصیل کارشناسی، گروه علوم و مهندسی صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ایران

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۷

چکیده

مواد لیگنوسولوزی از چوب و گیاهان طبیعی به دست می آیند. این مواد از سلولز و لیگنین به عنوان ترکیبات شیمیایی اصلی تشکیل شده اند. باگاس نیز به پسماند نیشکر گفته می شود. قابلیت استفاده از باگاس برای حذف رنگ واکنشی اسید اورانژ ۷ از محیط آبی با استفاده از محلول رنگ مصنوعی بررسی شد. نتایج نشان داد که با کاهش pH و دما، کارایی جذب این رنگ در حضور ذرات باگاس افزایش می یابد و از سوی دیگر با افزایش غلظت رنگ در محیط، ظرفیت جذب بیشتر می شود. سرعت جذب رنگ توسط ذرات باگاس نسبتاً سریع است و در تمامی آزمون ها، غلظت تعادل در ۲۰ دقیقه اول تیمار حاصل شد. مطالعات ایزوترم جذب با غلظت های مختلف نشان داد که فرایند جذب این رنگ بر روی باگاس هم از مدل لانگمویر و هم از مدل فروندلیچ تبعیت می کند ولی مدل لانگمویر با ضریب همبستگی بیش از ۰/۹۹ بهتر از مدل فروندلیچ با ضریب همبستگی ۰/۹۸ است. با استفاده از مدل لانگمویر، حداکثر ظرفیت جذب این رنگ ۱۸/۵۶ میلی گرم بر گرم محاسبه شد که در مقایسه با سایر مواد لیگنوسولوزی مطالعه شده، مقدار قابل قبول و مناسبی است.

واژه های کلیدی: جذب، رنگ واکنشی، اسید اورانژ ۷، پسماندهای لیگنوسولوزی، باگاس، ایزوترم جذب

مقدمه

امروزه به دلیل محدود بودن منابع آب و گسترش روزافزون واحدهای صنعتی، افزایش تولید فاضلاب های صنعتی و آلوده شدن منابع آب یکی از معضلات اجتماعی و اقتصادی محسوب می شود. حدود ۱۰,۰۰۰ نوع رنگ صنعتی وجود دارد که در صورت عدم حذف آنها از پساب ها مشکلات زیست محیطی زیادی ایجاد می شود. وجود رنگ ها حتی در مقادیر بسیار کم نیز نامطلوب بوده و سبب کاهش شفافیت آب و واکنش های شیمیایی در

آب ها می گردد. بسیاری از صنایع مانند صنایع کاغذ، پلاستیک، صنایع غذایی و نساجی از انواع رنگ ها استفاده می کنند که در این میان نقش صنایع نساجی در استفاده از رنگ های صنعتی بسیار چشمگیر است (Rajagopalan, 1990; Routh, 1998).

رنگ فاضلاب به عنوان یک مشکل عمده زیست محیطی مطرح است. صنایع نساجی و کارخانه های تولیدکننده رنگ، امروزه از مهمترین صنایع آلوده کننده محیط زیست به شمار می روند؛ زیرا حجم بسیار زیادی از

پساب با استفاده از باگاس کارکرده و مقدار جذب مناسبی بر اساس جذب سطحی باگاس به دست آوردند (Ziapour, 2016).

باگاس از پسماند صنایع نیشکر که برای تولید قند و شکر کاشته می شوند به دست می آید. 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 به عنوان یک ماده ارزان قیمت و در دسترس برای جذب رنگ اسید اورانژ ۷ از آب آلوده شده به این رنگ بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

باگاس مورد استفاده از کارخانه کاغذ پارس جمع آوری 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 و ذرات قرار گرفته روی مش ۱۰۰ آزمایش جذب استفاده شدند که ابعادی بین ۰/۱ تا ۰/۳ داشتند. پس از غربال شدن درون کیسه نایلون ریخته شد و پس از یک هفته رطوبت آنها با نمونه گیری و خشک کردن نمونه‌ها در اتو با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد.

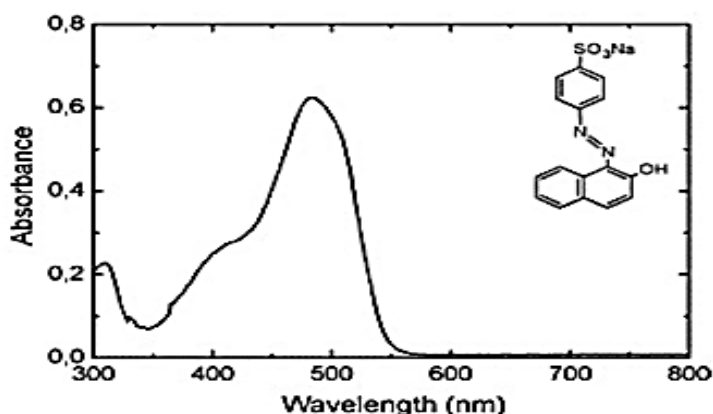
رنگ اسیدی مورد آزمایش با نام تجاری رنگ اسید اورانژ ۷ بود که به طور گسترده در صنایع نساجی و کاغذسازی استفاده می شود. ساختار شیمیایی این رنگ و طیف ماورای بنفش - مرئی UV-Visible آن در شکل ۱ نشان داده شده است. حداکثر جذب این رنگ در طول موج ۴۹۷ نانومتر انجام شده است و این طول موج مقدار جذب تابع pH محلول نمی باشد.

فاضلاب را به طبیعت مخصوصاً منابع آب‌های سطحی وارد می‌کنند (Kharat, 2015; Ho, 2006). با وجود استفاده از روش‌های مختلف تصفیه برای کاهش آلودگی پساب‌های رنگی، متأسفانه بخشی از مواد رنگی به دلیل پایداری شیمیایی این مواد، وارد محیط زیست می‌شوند و مشکلات و مخاطراتی را به وجود می‌آورند؛ بررسی‌ها نشان داده‌اند که حدود ۱۲٪ از رنگ مصرفی در صنایع نساجی وارد پساب می‌شوند و از این مقدار حدود ۲۰٪ به همراه پساب تصفیه شده به آب‌های دریافت کننده وارد می‌گردند (Ince, 1997).

تصفیه شیمیایی و بیولوژیکی پساب‌های حاوی این مواد به دلیل سطح پائین جذب و پایداری شیمیایی مواد رنگی دشوار است و اغلب نتایج رضایت بخشی ندارد؛ بنابراین برای تصفیه پساب‌های حاوی ترکیبات رنگی عمدتاً از روش‌های غیرمعمول، مثل جذب این ترکیبات بر روی جاذب‌های مختلف استفاده می‌شود (Ncibi, 2007). یکی از روش‌های مناسب و کارآمد برای رنگ زدایی از پساب‌های رنگی، استفاده از مواد جاذب است که در این مورد معمولاً از کربن فعال استفاده می‌شود. به دلیل گران بودن و مشکلات احیاء کربن فعال، تمایل زیادی به استفاده از جاذب‌های مؤثر، سازگار با محیط زیست و ارزان قیمت وجود دارد (Oladoja, 2009).

مواد لیگنوسلولزی به دلیل دسترسی فراوان به آنها، ارزان بودن، قابلیت تولید هر ساله 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).

ضیاپور و همکاران بر روی حذف رنگ RBB از



شکل ۱- ساختار شیمیایی و طیف UV-Visible رنگ اسیدی 7 Acid orange

آزمایش‌های جاذب

انجام شود. پس از ۲۴ ساعت محلول‌های موردنظر 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 جاذب به ترتیب با استفاده از معادلات ۱ و ۲ محاسبه شد. در این رابطه‌ها، C_0 غلظت اولیه رنگ و C_t غلظت رنگ بعد از تیمار جاذب در مدت زمان t برحسب میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. همچنین در این محلول R درصد حذف رنگ، V حجم محلول برحسب لیتر و M جرم ذرات باگاس برحسب گرم است.

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

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

برای تعیین pH بهینه جاذب، 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، همان طور که گفته شد 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 جاذب، 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

ابتدا محلولی از رنگ اسید اورانژ ۷ با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به محلول‌های رقیق با غلظت‌های موردنیاز (۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) تبدیل شد. برای تعیین میزان حذف، از طیف‌سنجی UV-Visible با توجه به طول موج حداکثر جاذب استفاده شد. ابتدا میزان جاذب غلظت‌های موردنظر در طول موج ۴۹۷ نانومتر سنجیده شد تا یک منحنی کالیبراسیون بین غلظت رنگ و مقدار جاذب در طول موج ۴۹۷ نانومتر محاسبه شود. با استفاده از این منحنی، میزان جاذب رنگ توسط باگاس بعد از هر آزمون با توجه به مقدار جاذب آن در طول موج ۴۹۷ نانومتر قبل و بعد از تیمار قابل محاسبه است.

برای بررسی اثر pH، دما و غلظت رنگ بر سرعت و ظرفیت جاذب، ابتدا مقدار موردنظر 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 ماده چوبی 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 شد تا هم زدن آرام و مؤثری

1-Shaker

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).

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

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. بیان کننده 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 نزدیک تر شود، ناهمگنی سطح افزایش می‌یابد. اگر مقدار $1/n$ کمتر از ۱ شود، بیانگر جذب ایزوترم فروندلیچ خواهد بود (Ofomaja, 2010).

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 کليمتایزه با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد (مخصوص کليمتایزه 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، ۲۴۰ دقیقه) اندازه‌گیری شد. در این آزمایش نیز میزان باگاس ۵ گرم بر لیتر و از مقدار ۵۰ میلی‌لیتر محلول 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، ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) تهیه شد و پس از ۲۴ ساعت صاف 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 ۳ انجام شد. مقدار باگاس استفاده‌شده 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, 2007; Tehrani, 2009) که برای بررسی پدیده‌های جذب استفاده می‌شود به صورت زیر است (رابطه ۳):

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

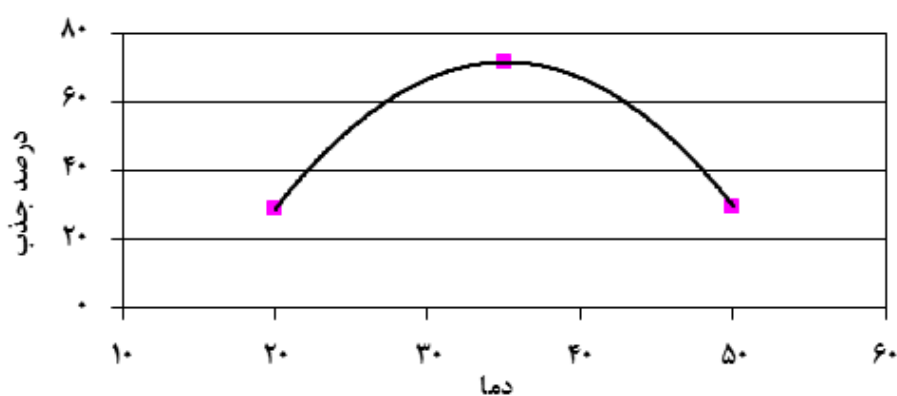
که در آن Q_e مقدار رنگ جذب شده به ازای واحد جرم جاذب در شرایط تعادل (mg/g)، Q_m حداکثر رنگ جذب شده برای ایجاد یک لایه رنگ یا مونولایر (mg/g)،

نتایج

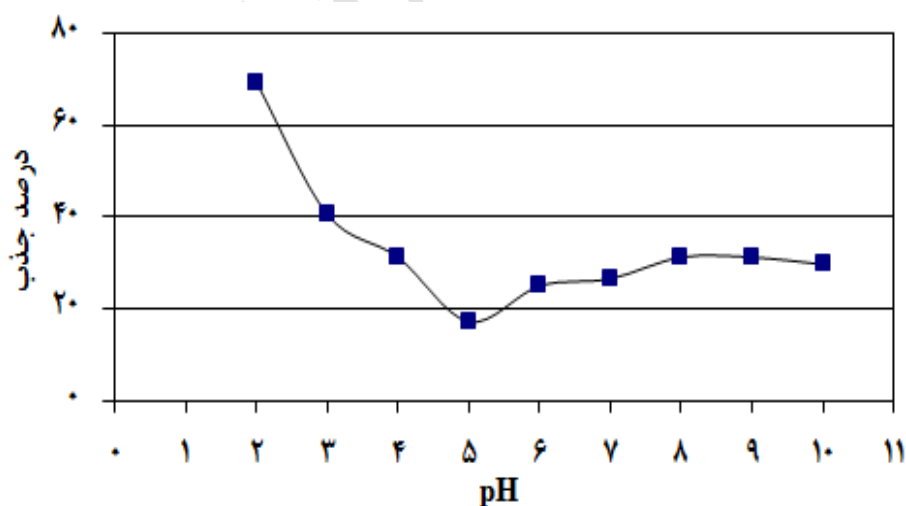
اثر دما و pH بر کارایی جذب

اثر دما در شکل ۲ و اثر pH در شکل ۳ نشان داده شده است. ملاحظه می شود که به طور کلی با افزایش دما و pH میزان جذب رنگ اسید اورانژ ۷ توسط باگاس کاهش می یابد. 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 گروه های عاملی موجود در جایگاه های جذب (گروه های آلکن و آمین) و در نتیجه تغییر بار سطح جاذب و همچنین میزان یونیزاسیون مواد موجود در محلول (ذرات رنگ موجود در پساب) است. همان طور که در بخش مواد مورد استفاده اشاره شد، رنگ اسید اورانژ ۷ دارای گروه عاملی سولفونات است که در آب یونیزه شده و موجب آنیونی شدن مولکول آن می شود. افزایش دما در میزان جذب روند افزایشی داشت که آزمایش ها بر مبنای آن ادامه یافت.



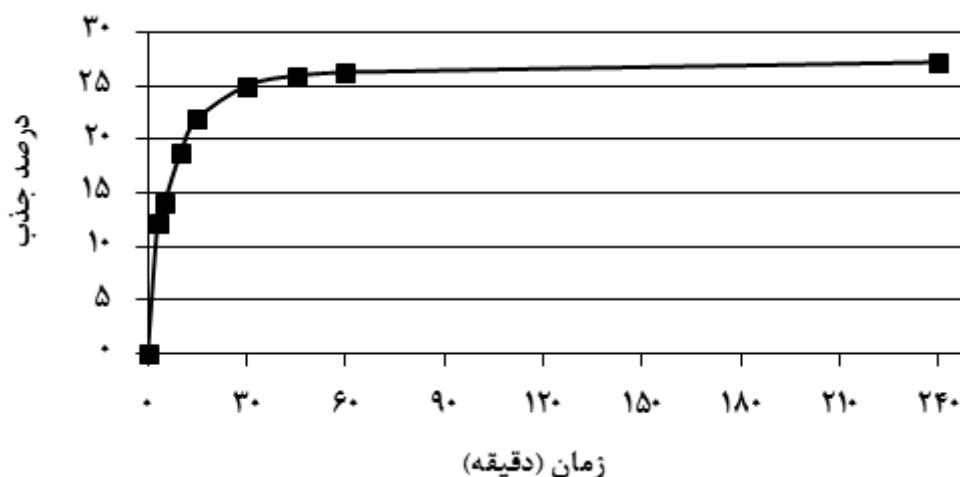
شکل ۲- اثر دما بر میزان جذب اسید اورانژ ۷ با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر با باگاس در زمان ۲۴ ساعت



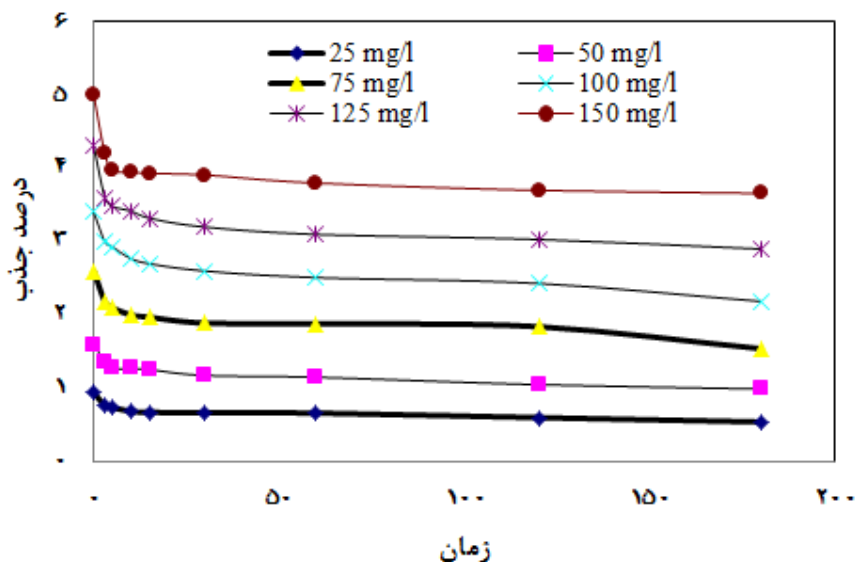
شکل ۳- اثر pH بر میزان جذب اسید اورانژ ۷ با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر با باگاس در زمان ۲۴ ساعت

باگاس در غلظت‌های بالای رنگ میزان جذب بیشتری را دارد و با گذشت زمان سرعت جذب کاهش می‌یابد. 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 می‌یابد و همچنین فضای مورد نیز در منافذ و حفره‌ها کمتر می‌شود.

اثر مدت زمان تیمار و غلظت رنگ بر جذب
اثر زمان تیمار در شکل ۴ و اثر غلظت رنگ اسید اورانژ
۷ بر میزان جذب در شکل ۵ نشان داده شده است. با توجه به
شکل ۴ در ساعت اولیه جذب، حداکثر جذب اتفاق افتاده و بعد
نمودار تقریباً ثابت شده است. در شکل ۵ ملاحظه می‌شود که
حدود ۹۵٪ جذب در ۱۵ دقیقه اولیه اتفاق افتاده، همچنین



شکل ۴- اثر زمان بر میزان جذب اسید اورانژ ۷ با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با باگاس در دمای محیط (۳۵ درجه سانتی‌گراد)



شکل ۵- اثر غلظت بر میزان جذب اسید اورانژ ۷ با باگاس در دمای محیط (۳۵ درجه سانتی‌گراد) نسبت به زمان

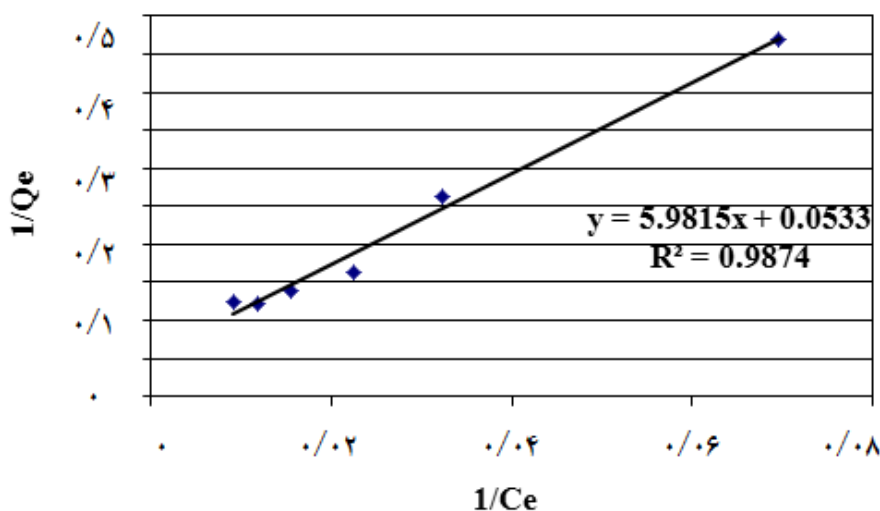
بحث

ایزوترم جذب

نتایج تجربی آزمون‌های اولیه مشخص کرد که با افزایش مدت زمان تماس، مقدار جذب افزایش می‌یابد و به حداکثر خود می‌رسد. جذب رنگ زای در دقایق اولیه با سرعت زیادی انجام می‌شود و با افزایش زمان مقدار جذب کاهش می‌یابد. این موضوع به دلیل کاهش غلظت رنگ زای در محیط و کاهش نقاط فعال در سطح جاذب است. بنابراین ملاحظه می‌شود که مقدار جذب بعد از ۱۲۰ دقیقه افزایش زیادی

ندارد، در این حالت میزان جذب تحت کنترل انتقال رنگ زای جذب شده از سطح ذرات جاذب به درون ذرات جاذب است؛ بنابراین برای بررسی ایزوترم و سینتیک جذب، مدت زمان ۱۲۰ دقیقه به عنوان زمان لازم برای رسیدن به تعادل در نظر گرفته شد.

در شکل ۶ نمودار $1/q_e$ به صورت تابعی از $1/c_e$ و رابطه مشتق از آن بر اساس نتایج تجربی نشان داده شده است. با توجه به این رابطه، مقادیر K_L , R_L , b و حداکثر ظرفیت جذب (q_m) محاسبه شد که مقادیر آنها در جدول ۲ ارائه شده است.



شکل ۶- نمودار $1/q_e$ به صورت تابعی از $1/c_e$ و رابطه مشتق از آن بر اساس مدل لانگمویر

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

R^2	R_L	K_L	b (l/g)	q_m (mg/g)	نوع رنگ زای
۰/۹۸۷	$0 < R_L < 1$	۰/۱۶۷	۰/۰۰۸۸	۱۸/۸۶	اسید اورانژ ۷

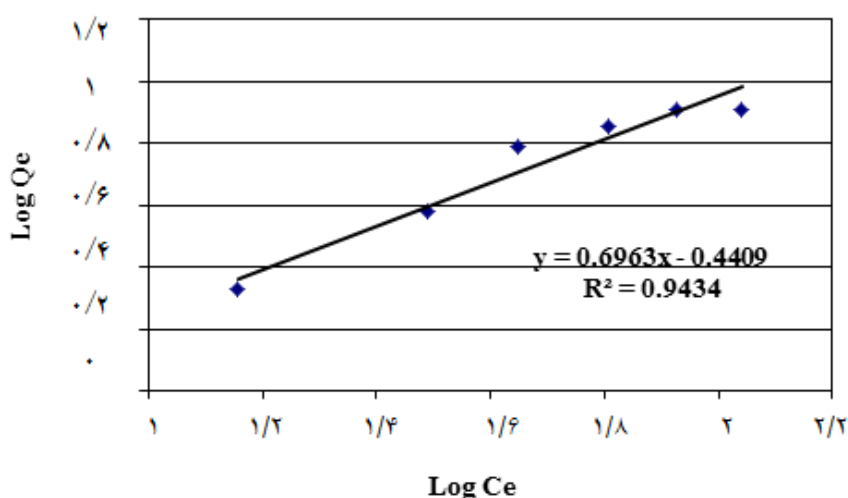
نتایج می‌توان گفت که ذرات باگاس دارای تعداد مشخصی از نقاط جذب رنگ زای واکنشی است که به طور یکنواختی در سطح ذرات باگاس پراکنده شده است. در بررسی جذب رنگ زای اسید اورانژ ۷ با استفاده از باگاس، مقدار R_L در محدوده بین صفر و یک تعیین شده است که با نتایج این تحقیق تطابق دارد. با استفاده از مدل لانگمویر، ظرفیت

بررسی نتایج مندرج در جدول ۱ نشان می‌دهد که ضریب همبستگی رابطه حاصل در حد بالایی قرار دارد، بنابراین می‌توان گفت که جذب رنگ زای مورد مطالعه از رابطه لانگمویر تبعیت می‌کند. به علاوه، مقادیر عددی R_L آزمون‌ها در دامنه $0 < R_L < 1$ قرار دارد که نشان‌دهنده جذب مطلوب این رنگ زای با باگاس است. با توجه به این

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 اسید اوراتر ۷ با استفاده از باگاس است.

حداکثری جذب این رنگ‌زا ۱۸/۸۶ میلی‌گرم بر گرم محاسبه شد.

بررسی پدیده جذب با استفاده از رابطه فروندلیچ با رسم منحنی لگاریتم q_e به صورت تابعی از لگاریتم C_e در شکل ۷ ارائه شده است. بر اساس رابطه به دست آمده، مقادیر K_F و $1/n$ به ترتیب به مقدار ۰/۳۶۲۳ و ۰/۲۰۱۲ 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



شکل ۷- نمودار $\log q_e$ به صورت تابعی از $\log C_e$ بر اساس مدل فروندلیچ برای رنگ‌زا مورد بررسی

محاسبه می‌شود.

$$\log(q_e - q_t) = \log(q_e) - \frac{k_1}{2.303} t \quad (7)$$

در مدل شبه درجه دوم فرض بر این است که جذب 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.

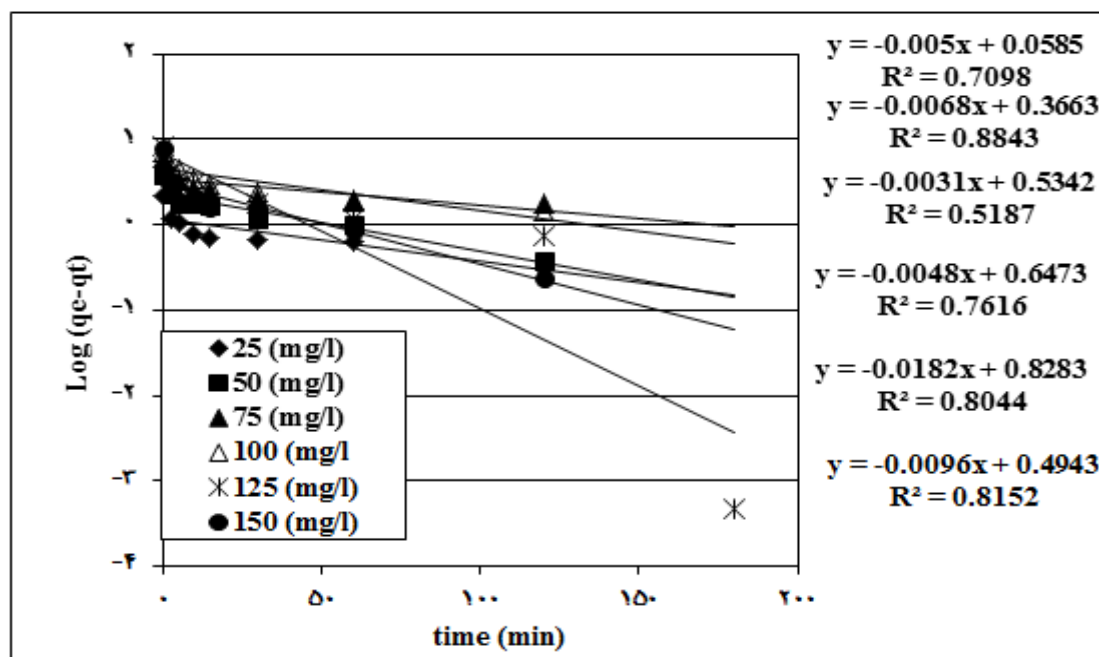
سینتیک جذب

سینتیک جذب شبه درجه اول

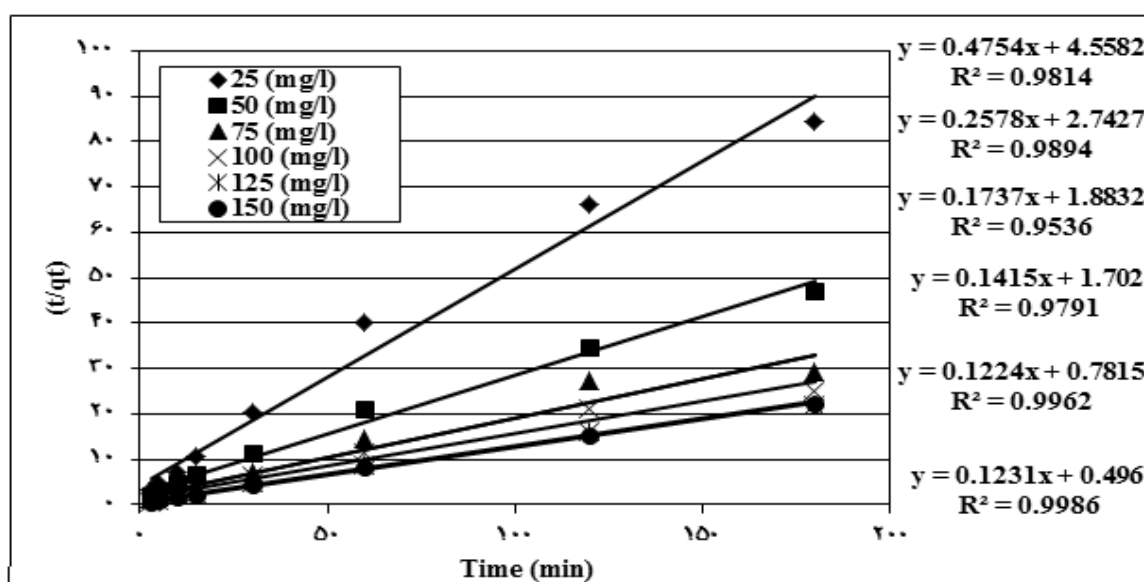
معادلات سینتیک جذب برای بررسی مکانیزم کنترل‌کننده فرایند جذب مانند انتشار، جذب سطحی، نفوذ با جذب درون مولکولی و جذب شیمیایی استفاده می‌شوند. در صورتی که عامل کنترل‌کننده جذب، نفوذ در لایه مرزی باشد، سینتیک جذب معمولاً از مدل شبه درجه اول تبعیت می‌کند که در آن تغییرات در میزان جذب با زمان، متناسب با تعداد مکان‌های اشغال نشده در سطح جاذب است (Hameed, 2008; Patel, 2008). 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

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 ۸ و شکل ۹ و پارامترهای آنها در جدول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

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



شکل ۸- منحنی سینتیک جذب بر اساس مدل شبه درجه اول برای جذب رنگ‌زا اسید اورانژ ۷ توسط باگاس A07



شکل ۹- منحنی سینتیک جذب بر اساس مدل شبه درجه دوم برای جذب رنگ‌زا اسید اورانژ ۷ توسط باگاس A07

جدول ۲- پارامترهای سینتیک جذب رنگ‌زا اسید اورانژ ۷ با استفاده از باگاس بر اساس مدل شبه درجه اول

مدل شبه درجه اول			اطلاعات تجربی		
h0,1 (mg/g.min)	R2	K1 min-1	غلظت تعادل محاسباتی mg/l (Ce cal)	غلظت تعادل تجربی mg/l (Ce exp)	غلظت اولیه رنگ mg/l (Ci)
۰/۰۱۳۱	۰/۷۰۹۸	۰/۰۱۱۵	۱/۱۴	۲/۱۲	۲۵
۰/۰۳۶۴	۰/۸۸۴۳	۰/۰۱۵۶	۲/۳۲	۳/۸۱	۵۰
۰/۰۲۴۴	۰/۵۱۸۷	۰/۰۰۷۱	۳/۴۲	۶/۱۱	۷۵
۰/۰۴۹۰	۰/۷۶۱۶	۰/۰۱۱۰	۴/۴۳	۷/۱۴	۱۰۰
۰/۲۸۲۲	۰/۸۰۴۴	۰/۰۴۱۹	۶/۷۳	۸/۱۳	۱۲۵
۰/۰۶۹	۰/۸۱۵۲	۰/۰۲۲۱	۳/۱۲	۸/۰۴	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 (Hameed, et al., 2009).

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 اسید اورانژ ۷ با استفاده از باگاس بر اساس مدل شبه درجه دوم

مدل شبه درجه دوم			اطلاعات تجربی		
h0,2 (mg/g.min ^{1/2})	R2	K2 (g/mg.min).	غلظت تعادل محاسباتی mg/l (Ce cal)	غلظت تعادل تجربی mg/l (Ce exp)	غلظت اولیه رنگ mg/l (Ci)
۰/۰۰۵۱	۰/۹۸۱۴	۰/۰۴۹۵	۲/۱۰	۲/۱۲	۲۵
۰/۰۰۲۲	۰/۹۸۱۴	۰/۰۲۴۲	۳/۸۷	۳/۸۱	۵۰
۰/۰۰۱۴	۰/۹۵۳۶	۰/۰۱۶۰	۵/۷۵	۶/۱۱	۷۵
۰/۰۰۰۹	۰/۹۷۹۱	۰/۰۱۱۷	۷/۰۶	۷/۱۴	۱۰۰
۰/۰۰۳۰	۰/۹۹۶۲	۰/۰۱۹۱	۸/۱۶	۸/۱۳	۱۲۵
۰/۰۰۷۵	۰/۹۹۸۶	۰/۰۳۰۵	۸/۱۲	۸/۰۴	۱۵۰

نتیجه گیری

در این تحقیق مشخص شد که باگاس یک جاذب نسبتاً مؤثر برای حذف رنگ اسید اورانژ ۷ از پساب حاوی این رنگ‌زا می‌باشد. جذب این رنگ‌زا بیشتر تحت تأثیر pH محلول می‌باشد و در pH های اسیدی بهتر عمل می‌کند. سینتیک جذب از نوع شبه درجه دوم است، بنابراین فرایند جذب از نوع کاملاً شیمیایی است. البته هرچه 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 ۱۸/۸۶ میلی‌گرم است. بنابراین می‌توان از باگاس به عنوان یک جاذب ارزان قیمت و قابل دسترس و نسبتاً کارآمد برای کاهش این رنگ‌زا استفاده کرد.

منابع مورد استفاده

- textile azo dye: remazol Black-B, a case study, *J Adv Oxide Technol*, 2(1997), 442-448.
- Kharat, D.S., 2015. Preparing agricultural residue based adsorbents for removal of dyes form effluents - a review. *Braz. J. Chem. Eng.* 32(2015), 1-12.
- Koplin, D.W., Furlong, E.T. and Meyer, M.T., 2002. Pharmaceuticals, hormones and other organic wastewater contaminants in US streams, *Environ. Sci. Technol.*, 36(2002), 1202-1211.
- Mahvi, H., 2008. Application of agricultural fibers in pollution removal from aqueous solution, *Int J Environ Sci Tech*, 5(2008), 275-285.
- Massard, CH., Bonnet, M. and Veisseire, Ph., 2013. Photokilling of *Escherichia coli* Using Hybrid Titania Nanoparticles Suspended in an Aqueous Liquid: *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, Vol.4 No.2(2013), Article ID:29861,8 pages
- Ncibi, M.C., Mhjob, B. and Seffen, M., 2007. Adsorptive removal of textile reactive dye using *Posidonia oceanica* (L.) fibrous biomass, *Int J Environ Sci Tech*, 4 (2007), 433-440
- Ofomaja, A.E., 2010. Intraparticle diffusion process for lead (II) biosorption onto *mansonia* wood sawdust, *Biores Technol*, 101(2010), 5868-5876.
- Oladoja, N.A., Aboluwoye, CO. and Akinkugbe, AO., 2009. Evaluation of loofah as a sorbent in the decolorization of basic dye contaminated aqueous system, *Ind Eng Chem Res*, 48(2009), 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 (2008), 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, 1990, 21-45.
- Ramakrishna, K.R. and Viraraghavan, T., 1996. Dye removal using peat, *American Dyestuff Report Saskatchewan, Canada, American Dyestuff Reporter*, 85(1996), 28-34.
- Routh, T., 1998. Anaerobic treatment of vegetable tannery wastewater by UASB process, *Ind J Environ Prot*, 20(1998), 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(2009), 145-155.
- Weber, E.J. and Stickney, VC., 1993. Hydrolysis kinetics of reactive blue 19-vinyl sulfone, *Water Res*, 27(1993), 63-67.
- Ziapour, A.R., Sefidrooh, M. and Moadeli, M.R., 2016. Adsorption of Remazol Black B Dye from Aqueous Solution Using Bagasse: *Prog. Color Colorants Coat.* 9 (2016), 99-108
- Ali, M. and Sreekrishnan, T.R., 2001. Aquatic toxicity from pulp and paper mill effluents a review, *Adv. Environ. Res.*, 5(2001), 175-196.
- Bharathi, K.S. and Ramesh, S.T., 2013. Removal of dyes using agricultural waste as lowcost adsorbents: a review. *Appl. Water Sci.* 3 (2013), 773-790.
- Brown, M.A. and De, S.C., 1993. Vito, Predicting Azo dye toxicity, *Cirt Rev Environ Sci Technol*, 23(1993), 249-324.
- FU, Y. and Viraraghavan, T., 2003. Column studies for biosorption of dyes from aqueous solutions on immobilized *aspergillus Niger* fungal biomass, *Water S A*, 29(2003), 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 (2017), 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 (2008), 601-609.
- Hameed, B.H., Ahmad, A.A. and Aziz, N., 2009. Adsorption of reactive dye on palm-oil industry waste: Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies, *Desalination* 247 (2009) 551-560.
- 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(2006), 119-125.
- Ince, N.H., Stefan, M.I. and Bolton, J.R., 1997. UV/H2O2 degradation and toxicity reduction of

Application of Bagasse as adsorbent of acid orange 7 from aqueous solution

A. Ziapour^{1*}, A. Zare² and M. Bakhshi³

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

3- Graduated in Wood and Paper Technology Islamic Azad University of Karaj, Iran

Received: Oct., 2017

Accepted: April, 2018

Abstract

Chemical and biological treatment of dye- containing wastewaters is difficult due to the low adsorption level and chemical stability of dyes. Activated carbon is usually used for the adsorption of these materials, but because of high prices and storage problems, researchers tried to find available low-cost materials with high adsorption potential. In this study, bagasse was used for adsorption of Acid Orange7 dye and its capability was examined. Variables were concentration, temperature, pH and treatment time, and the extend of adsorption was examined in different conditions. Then, adsorption isotherm according to Langmuir and Freundlich models was established. The results showed that the adsorption efficiency depends more on pH of solution and less on temperature of the solution. Maximum adsorption of Acid Orange7 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 Acid Orange7 dye by bagasse. Maximum adsorption of Acid Orange7 dye by bagasse was determined as 18.56 mg/g. Results of this study showed that bagasse could be used as a low-cost bio adsorbent for the adsorption of Acid Orange7 from aqueous solution.

Keywords: Adsorption, adsorption isotherm, Bagasse, acid orange7 dye.