

استفاده از پسماند سویا به عنوان جاذب رنگ اسید اورانژ ۷ از محلول آبی

علیرضا ضیاپور^{۱*}، یحیی همزه^۲، علی ابیض^۳

۱. فارغ التحصیل کارشناسی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج - ایران.
۲. دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج - ایران.
۳. کارشناس ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج - ایران.

چکیده	مشخصات مقاله
<p>در این تحقیق از پسماند لیگنوسولوزی سویا برای جذب رنگ اسیداورانژ ۷ بررسی شده است. ابتدا، اثر غلظت رنگ اسیداورانژ ۷، pH، دما و زمان تماس بر مقدار جذب بررسی شد و سپس تبعیت ایزوترم جذب از مدل‌های لانگمویر و فروندلیچ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کارایی جذب به مقدار زیادی به pH محلول و به مقدار کمتری به دمای محلول وابسته است. سرعت جذب رنگ اسیداورانژ ۷ با پسماند سویا سریع است و جذب در مدت زمان کمی کامل می‌شود. نتایج بررسی ایزوترم جذب نشان داد که هر دو مدل برای توصیف جذب رنگ اسید اورانژ ۷ با سویا مناسب هستند. حداکثر ظرفیت جذب رنگ اسید اورانژ ۷ توسط پسماندهای سویا برابر با ۱۷/۵۴ میلی‌گرم بر گرم محاسبه شد که از برخی از جاذب‌های ارزان مطالعه شده بیشتر و از برخی دیگر مانند پسماند لیگنوسولوزی کلزا کمتر است.</p>	<p>تاریخچه مقاله: دریافت: ۷ اردیبهشت ۹۱ دریافت پس از اصلاح: ۶ آبان ۹۱ پذیرش نهایی: ۲۷ آبان ۹۱</p> <p>کلمات کلیدی: جذب رنگ اسید اورانژ ۷ پسماند لیگنوسولوزی سویا ایزوتروم جذب</p>
حقوق ناشر محفوظ است.	* عهده دار مکاتبات

۱- مقدمه

مواد لیگنوسولوزی 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 [۴، ۵، ۶]. سویا یک پسماند لیگنوسولوزی است که تولید آن در ایران و جهان به دلیل افزایش تولید و مصرف روغن‌های گیاهی در حال افزایش است. به دلیل فراوانی، در دسترس بودن، جرم حجمی کم و همچنین تخلخل زیاد، می‌توان از پسماند لیگنوسولوزی سویا به عنوان جاذب مواد رنگی استفاده کرد. در این تحقیق کارایی و قابلیت این ماده به عنوان یک ماده ارزان قیمت و در دسترس برای جذب رنگ اسید اورانژ ۷ از آب آلوده شده به این رنگ بررسی شده و با کارایی جذب کربن فعال و سایر جاذب‌های مطالعه شده مقایسه شده است.

۲- مواد و روش‌ها

پسماند سویا از دانه‌های سویا که برای تولید روغن گیاهی کاشته می‌شوند، بدست می‌آید. به دلیل افزایش کاشت این گیاه در ایران پسماند لیگنوسولوزی حاصل از آن نیز افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است. پسماند سویا از مزارع پژوهشی جمع‌آوری شد و پس از هوا خشک شدن تا رطوبت حدود ۸٪ با آسیاب آزمایشگاهی به قطعات ریزی تبدیل شد. سویای آسیاب شده با استفاده از غربال با اندازه منافذ ۴۰ و ۱۰۰ مش (۰/۴۲-۰/۱۴۹ میلی‌متر) غربال شد و ذرات قرار گرفته روی مش ۱۰۰ برای آزمایش جذب استفاده شدند که ابعادی بین ۰/۱ تا ۰/۳ میلی‌متر داشتند. پس از غربال شدن، ذرات ساقه سویا درون کیسه نایلون 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 اسید اورانژ ۷ است که به طور گسترده در صنایع نساجی و کاغذسازی استفاده می‌شود [۷]. ساختار شیمیایی این رنگ و طیف UV-Visible آن در شکل ۱ نشان داده شده است. نقطه حداکثر جذب این رنگ در طول موج ۴۹۷ نانومتر است که در آن مقدار جذب تابع pH محلول نمی‌باشد.

حفظ محیط زیست از آلودگی‌هایی که به وسیله صنایع و فناوری‌های مدرن ایجاد می‌شود یکی از نگرانی‌های امروزی به دلیل به خطر انداختن سلامت و بهداشت عمومی جامعه است [۱]. تخلیه پساب‌های رنگی و غیر رنگی صنایع مختلف مانند نساجی، کاغذ، آرایشی و بهداشتی، کشاورزی، پلاستیک و چرم معضلات زیست محیطی شدیدی را به وجود می‌آورد. زیرا سمی بودن برخی از رنگ‌ها فقط سبب آسیب دیدن مناظر زیبای طبیعی نمی‌شوند، بلکه به اکوسیستم‌های آبی نیز ضرر می‌رسانند. برای مثال از نفوذ نور به داخل آب جلوگیری کرده و باعث اختلال در فرایند فوتوسنتز می‌شوند. در سال‌های اخیر، صنایع تحت فشار شدید مسئولین و افکار عمومی قرار دارند تا پساب‌های خود را قبل از تخلیه به محیط‌های طبیعی، به نحو مطلوبی تصفیه نمایند. از این رو یافتن روش‌های موثر تصفیه امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. در طی سالیان متمادی، روش‌های شیمیایی مختلف مانند نانوکاتالیزورهای نوری، فتوفنتون و ازوناسیون، صاف کردن و غیره برای تصفیه پساب‌های نساجی جهت حذف مواد رنگزا و غیره مورد استفاده قرار گرفته است [۲]. 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 طبیعت باز می‌گردند [۳].

برای جداسازی رنگ‌های مخاطره‌آمیز که برای طبیعت و محیط زیست تهدید جدی به حساب می‌آیند، روش‌های مختلفی شامل روش‌های شیمیایی، روش‌های فیزیکی و روش‌های زیستی استفاده شده است. قابل ذکر است که به دلیل آلی بودن این رنگ‌ها و محلول بودن آنها در آب جداسازی آنها مشکل است و در نتیجه تحقیقات زیادی در زمینه ایجاد سیستمی کارآمد و مقرون به صرفه برای تصفیه پساب‌های رنگی در جریان است. تصفیه شیمیایی و بیولوژیکی پساب‌های حاوی این مواد 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 غیر معمول، مثل جذب این ترکیبات بر روی جاذب‌های مختلف استفاده می‌شود [۴]. بهترین و بیشترین جذب را در این زمینه کربن فعال دارد و برای انواع آلاینده‌ها مناسب است، ولی به دلیل قیمت زیاد و مشکلات بازیابی مجدد آن محققان در پی یافتن جاذب‌های ارزان قیمت و کارآمدی هستند [۵].

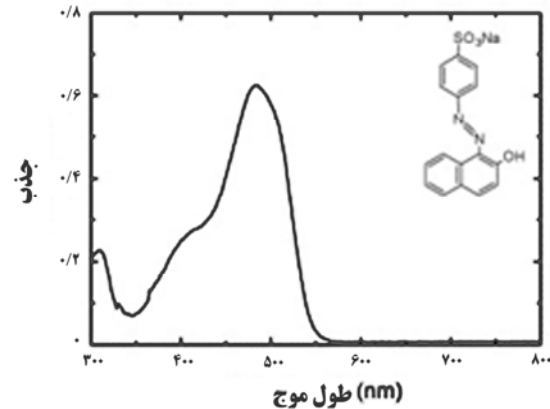
برای بررسی اثر pH بر سرعت و ظرفیت جذب، ابتدا مقدار مورد نظر از وزن خشک ماده لیگنوسولوزی (با احتساب رطوبت آن) در یک ظرف پلاستیکی با حجم حدود ۱۰۰ میلی لیتر ریخته شد. مقدار ماده چوبی به اندازه ۵ گرم بر لیتر برداشته شد و محاسبات بر مبنای آن انجام شد. سپس حجم مشخصی از محلول رنگی با غلظت مشخص به آن اضافه شد. تنظیم pH محلول حاوی ماده چوبی با استفاده از محلول اسید سولفوریک ۴ نرمال و سدیم هیدروکسید ۱ نرمال انجام شد. بعد از تنظیم شرایط، نمونه‌ها در ظروف دربسته به مدت ۲۴ ساعت بر روی شیکر با دور ۱۲۰ دور در دقیقه قرار داده شدند تا همزدن آرام و موثری انجام گیرد. پس از ۲۴ ساعت محلول‌های مورد نظر با کاغذ صافی واتمن فیلتر شدند و غلظت رنگ باقیمانده در محلول با طیف‌سنجی UV-Visible اندازه‌گیری شد و سپس درصد کاهش رنگ و مقدار جذب به ترتیب با استفاده از معادلات ۱ و ۲ محاسبه شد. در این معادله‌ها، C_0 غلظت اولیه رنگ و C_t غلظت رنگ بعد از تیمار جذب در مدت زمان t بر حسب میلی‌گرم بر لیتر، R درصد حذف رنگ، V حجم محلول بر حسب لیتر و M جرم ذرات سویا بر حسب 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 دمای بهینه جذب، سه نمونه از محلول رنگ به حجم ۵۰ میلی لیتر، با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر و مقدار ماده چوبی ۵ گرم بر لیتر در pH بهینه تعیین شده تهیه شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در در سه دمای ۲۰، ۳۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای تنظیم دمای نمونه‌ها در ۲۰ درجه سانتی‌گراد (مخصوص تکیماتیزه کردن چوب و فرآورده‌های 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.

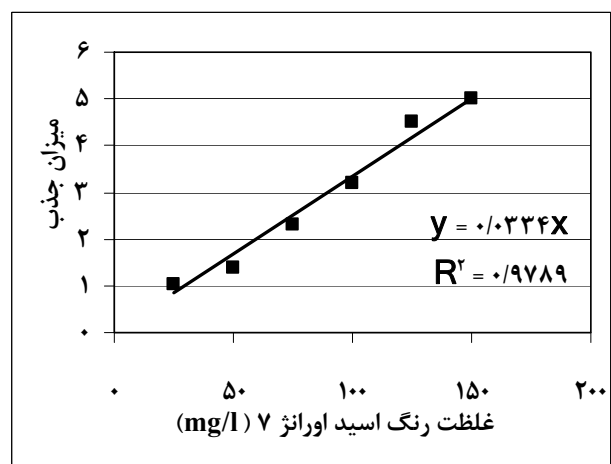
برای تعیین اثر زمان بر روی میزان جذب، محلول با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر با pH خنثی تهیه شد و سپس میزان جذب در زمان‌های (۳، ۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰ دقیقه) اندازه‌گیری شد. این آزمایش‌ها با مقدار ماده چوبی ۵ گرم بر لیتر و ۵۰ میلی لیتر محلول انجام شد.



شکل (۱) ساختار شیمیایی و طیف UV-Visible رنگ اسید اورانژ ۷

۳- آزمایشهای جذب

ابتدا محلولی از رنگ اسید اورانژ ۷ با غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر با استفاده از آب مقطر تهیه شد. سپس این محلول به محلول‌های رقیق با غلظت‌های مورد نیاز (۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر) تبدیل شد. جهت تعیین میزان حذف، از اسپتکتروفومتر UV-Visible با توجه به طول موج حداکثر جذب استفاده شد. ابتدا میزان جذب محلول‌های رنگی در غلظت‌های فوق در طول موج ۴۹۷ نانومتر سنجیده شد تا یک منحنی کالیبراسیون بین غلظت رنگ و مقدار جذب در طول موج ۴۹۷ نانومتر محاسبه شود (شکل ۲). با استفاده از این منحنی، میزان جذب رنگ در توسط پسماند سویا بعد از هر آزمون با توجه به مقدار جذب آن در طول موج ۴۹۷ نانومتر قبل و بعد از تیمار قابل محاسبه است.



شکل (۲) منحنی کالیبراسیون حاصل از غلظت‌های مختلف رنگ اسید اورانژ ۷ و میزان جذب آن در طول موج ۴۹۷ نانومتر

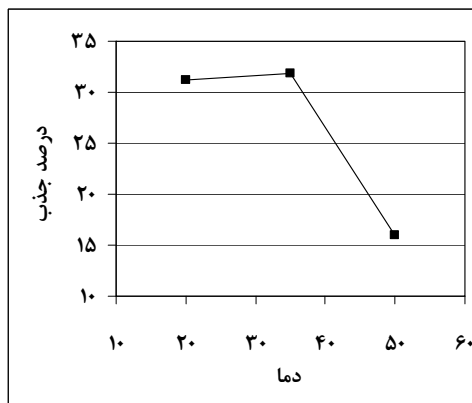
$$\log Q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (6)$$

پارامتر 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. مقادیر 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 [۹].

۴- یافته‌ها و نتایج

۴-۱- اثر دما و pH بر کارایی جذب

اثر دما در شکل ۳ و اثر pH در شکل ۴ نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که به‌طور کلی با افزایش دما و pH میزان جذب رنگ اسید اورانژ ۷ توسط پسماند سویا کاهش می‌یابد. با افزایش دما از ۲۰ به ۳۵ درجه سانتی‌گراد، درصد جذب ثابت است و با افزایش بیشتر دما از ۳۵ به ۵۰ درجه سانتی‌گراد درصد جذب کمتر می‌شود. نتایج مشابهی در خصوص کاهش میزان جذب رنگ توسط مواد لیگنوسولوزی با افزایش دما نیز گزارش شده است [۱۲، ۱۳، ۱۴]. این موضوع نشان‌دهنده آگزوترمیک بودن فرآیند جذب مورد مطالعه است که معمولاً در فرآیندهای جذب فیزیکی مشاهده می‌شود [۱۵].



شکل (۳) اثر دما بر میزان جذب اسید اورانژ ۷ با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با پسماند سویا در زمان ۲۴ ساعت

برای تعیین اثر غلظت رنگ بر جذب، ۶ نمونه رنگ به حجم ۵۰ میلی‌لیتر، با مقدار ماده چوبی ۵ گرم بر لیتر در شرایط pH و دمای بهینه با غلظت‌های مختلف (۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵، 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 ۲ باید انجام شود. اما به دلیل اینکه pH برابر ۲ باعث خوردگی تجهیزات صنعتی می‌شود از pH خنثی یعنی ۷ استفاده شد. مقدار پسماند لیگنوسولوزی سویا استفاده شده در این 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 [۴، ۸] که برای بررسی پدیده‌های جذب استفاده می‌شود به صورت زیر است (معادله ۳):

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{bQ_m} + \frac{C_e}{Q_m} \quad (3)$$

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 که با K_L (L/g) نشان داده می‌شود، به مقدار b و Q_m وابسته است و مقدار آن به صورت زیر محاسبه می‌شود (معادله ۴):

$$K_L = Q_m b \quad (4)$$

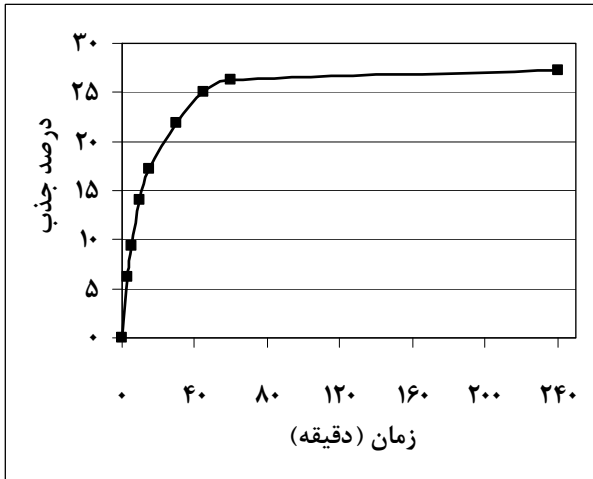
پارامتر اصلی معادله لانگمویر که شکل منحنی ایزوترم را نشان می‌دهد، یک ثابت بدون بعد به نام پارامتر تعادل (R_L) است که با معادله ۵ تعیین می‌شود که در آن C_0 غلظت اولیه رنگ (mg/l) است. اگر مقدار R_L برابر صفر شود، بیانگر ایزوترم غیر قابل برگشت، $0 < R_L < 1$ ، بیانگر ایزوترم مطلوب، $R_L = 1$ ، بیانگر ایزوترم خطی و $R_L > 1$ ، بیانگر ایزوترم نامطلوب است [۹، ۱۰].

$$R_L = \frac{1}{1 + bC_0} \quad (5)$$

مدل فروندلیچ جذب حداکثری را پیش‌بینی نمی‌کند و شکل خطی آن به صورت معادله ۶ است [۵، ۷، ۱۱].

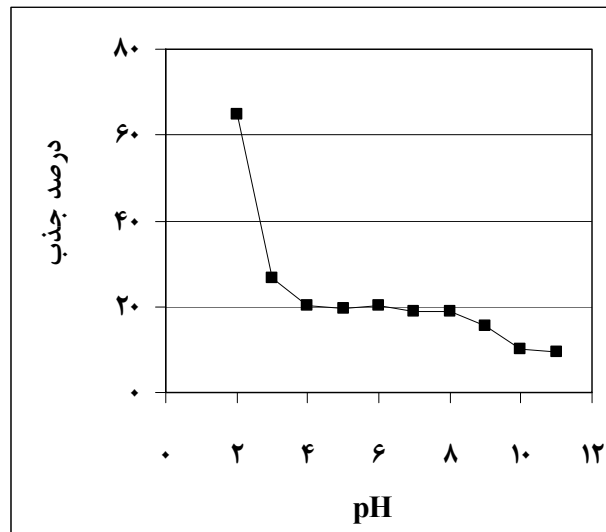
استفاده از پسماند سویا به عنوان جاذب رنگ اسید اورانژ ۷ از محلول آبی

در شکل ۶ ملاحظه می‌شود که حدود ۹۵٪ جذب در ۱۵ دقیقه اولیه اتفاق افتاده است و همچنین پسماند سویا در غلظت‌های بالا میزان جذب بیشتری 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 پساب تصفیه شده در واحد زمان افزایش می‌یابد و حجم مخازن مورد نیاز نیز کمتر می‌شود.

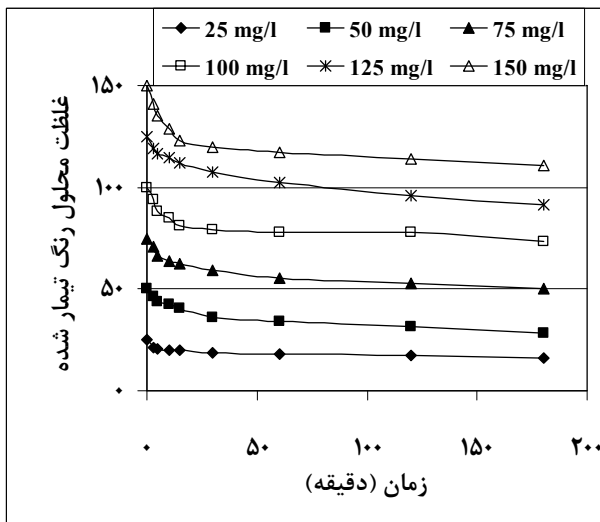


شکل (۵) اثر مدت زمان تیمار بر میزان جذب اسید اورانژ ۷ با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با پسماند سویا در دمای محیط (۳۵ درجه سانتی‌گراد)

کاهش مقدار جذب در اثر افزایش pH از ۲ به ۳، شدید است ولی سپس روند کاهش ملایم می‌شود. بعد از رسیدن به pH خنثی مقدار جذب با افزایش pH روند کاهشی کمی دارد. pH پساب‌های رنگی در جذب سطحی رنگ و ظرفیت جذب بسیار موثر 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 اسید اورانژ ۷ دارای گروه عاملی سولفونات است که در آب یونیزه شده و موجب آنیونی شدن ملکول آن می‌شود.



شکل (۴) اثر pH بر میزان جذب اسید اورانژ ۷ با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با پسماند سویا در زمان ۲۴ ساعت



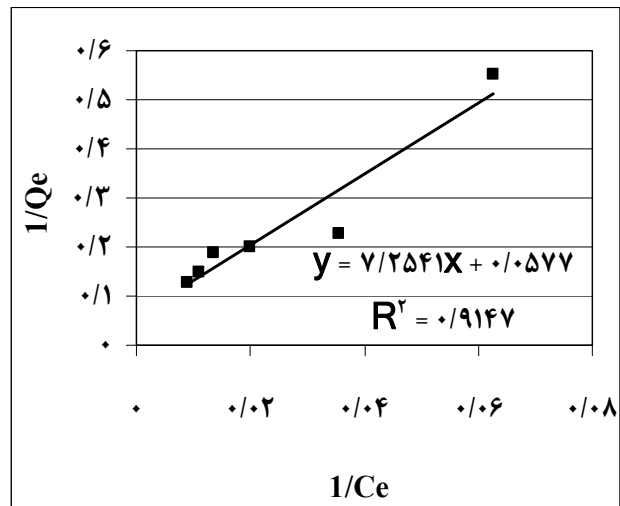
شکل (۶) اثر غلظت بر میزان جذب اسید اورانژ ۷ با پسماند سویا در دمای محیط (۳۵ درجه سانتی‌گراد) و مدت زمان ۱۸۰ دقیقه

۴-۲- اثر مدت زمان تیمار و غلظت رنگ بر جذب

اثر مدت زمان تیمار بر میزان جذب در شکل ۵ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۵ در ساعت اولیه جذب، حداکثر جذب اتفاق افتاده و سپس نمودار جذب تقریباً ثابت شده است. جذب رنگ‌زا در دقایق اولیه با سرعت زیادی انجام می‌شود و با افزایش زمان مقدار جذب کاهش می‌یابد. این موضوع به دلیل کاهش غلظت رنگ‌زا در محیط و کاهش نقاط فعال در سطح جاذب است. ملاحظه می‌شود که مقدار جذب بعد از ۱۲۰ دقیقه به مقدار معنی‌داری افزایش نمی‌یابد، 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 دقیقه به عنوان زمان لازم برای رسیدن به تعادل در نظر گرفته شد.

۳-۴- ایزوترم جذب

در شکل ۷ نمودار $1/q_e$ به صورت تابعی از $1/c_e$ و معادله مشتق از آن بر اساس نتایج تجربی نشان داده شده است. با توجه به این معادله، مقادیر b ، R_L ، K_1 و حداکثر ظرفیت جذب (q_m) محاسبه شد که مقادیر آنها در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل (۷) نمودار $1/q_e$ به صورت تابعی از $1/c_e$ و معادله مشتق از آن بر اساس مدل لانگمویر

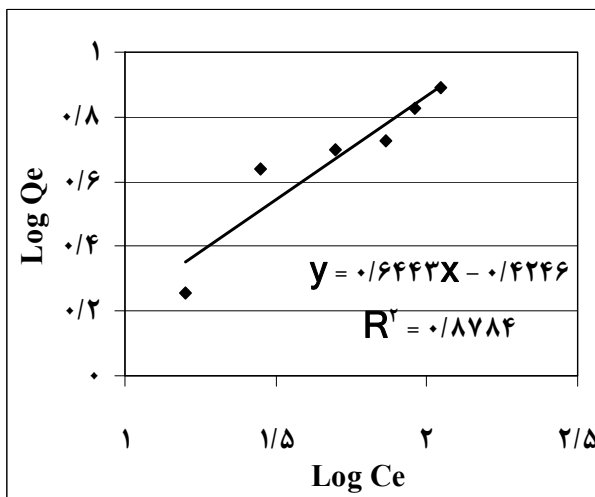
جدول (۱) ثابت‌های جذب رنگزا مورد مطالعه با ساقه کلزا بر اساس مدل لانگمویر

نوع رنگزا	q_m (mg/g)	b (l/g)	K_1	R	R^2
AO7	۱۷/۵۴۴	۰/۰۰۷۸۶	۰/۱۳۸	$0 < R_L < 1$	۰/۹۱

بررسی نتایج مندرج در جدول ۱ نشان می‌دهد که ضریب همبستگی معادله حاصل در حد بالایی قرار دارد و بنابراین می‌توان گفت که جذب رنگزای مورد مطالعه از معادله لانگمویر تبعیت می‌کند. به علاوه، مقادیر عددی R_L آزمون‌ها در دامنه $0 < R_L < 1$ قرار دارند که نشان دهنده جذب مطلوب این رنگزا با پسماند سویا هستند. با توجه به این نتایج می‌توان گفت که ذرات پسماند سویا دارای تعداد مشخصی از نقاط جذب رنگزا واکنشی است که به طور یکنواختی در سطح ذرات سویا پراکنده شده‌اند. در بررسی جذب رنگزا 7 Acid Orange با استفاده از پسماند لیگنوسولوزی ساقه کلزا که از نظر ترکیب خواص فیزیکی-شیمیایی و سطحی شبیه به ذرات سویا هستند، مقدار R_L در محدوده بین صفر و یک تعیین شده است [۱۶]. که با نتایج این تحقیق تطابق دارد. با استفاده از

مدل لانگمویر، ظرفیت حداکثری جذب این رنگزا ۱۷/۵۴۴ میلی‌گرم بر گرم محاسبه شد. این مقدار از مقادیر گزارش شده حذف این رنگ توسط کربن فعال (۲۶۵-۲۰۰ میلی‌گرم بر گرم)، پسماندهای ماء‌الشعیرسازی (۳۰/۴ میلی‌گرم بر گرم)، پسماند لیگنوسولوزی ساقه کلزا (۲۵/۱ میلی‌گرم بر گرم) کمتر و از مقدار گزارش شده برای خاک اره چوب راش (۵ میلی‌گرم بر گرم)، خاکستر بادی (۰/۸ گرم بر گرم) بیشتر است [۱۶].

بررسی پدیده جذب با استفاده از معادله فروندلیچ با رسم منحنی لگاریتم q_e به صورت تابعی از لگاریتم c_e در شکل ۸ ارائه شده است. بر اساس معادله به دست آمده، مقادیر K_F و $1/n$ به ترتیب به مقدار ۰/۳۶۲۳۳ و ۰/۶۹۶۳- محاسبه شد. با توجه به اینکه مقدار عددی $1/n$ بین ۰ تا ۱ قرار دارد، بنابراین می‌توان گفت که سطح جذب حالت ناهمگنی دارد. این نتایج نشان می‌دهد که معادله فروندلیچ هم می‌تواند برای مدل‌سازی جذب این رنگزا با پسماند سویا استفاده شود. در مطالعات مختلفی تبعیت پدیده جذب از هر دو ایزوترم لانگمویر و فروندلیچ مشاهده شده است [۱۷]. ولی با توجه به بیشتر بودن ظریب همبستگی در معادله حاصل از مدل لانگمویر در مقایسه با مدل فروندلیچ، ایزوترم لانگمویر مدل بهتری برای جذب رنگزا AO7 با استفاده از پسماند سویا است.



شکل (۸) نمودار $\log q_e$ به صورت تابعی از $\log c_e$ بر اساس مدل فروندلیچ برای رنگزا مورد بررسی.

۴-۴- سینتیک جذب

۴-۴-۱- سینتیک جذب شبه درجه اول

معادلات سینتیک جذب برای بررسی مکانیزم کنترل کننده فرایند جذب مانند انتشار، جذب سطحی، نفوذ با جذب درون ملکولی و جذب شیمیایی استفاده می‌شوند. در صورتی که عامل کنترل کننده جذب، نفوذ در لایه مرزی باشد، سینتیک جذب معمولاً از مدل شبه درجه اول تبعیت می‌کند که در آن تغییرات در نرخ جذب با زمان، متناسب با تعداد سایت‌های اشغال نشده در سطح جاذب است [۱۷، ۱۸]. شکل خطی معادله شبه درجه اول به صورت معادله 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 [۱۹].

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

در مدل شبه درجه دوم فرض بر این است که جذب شیمیایی کنترل کننده پدیده جذب است و سرعت اشغال سایت‌های جذب، متناسب با مجذور تعداد سایت‌های اشغال نشده است. شکل خطی سینتیک شبه درجه دوم به صورت معادله ۸ است و مقادیر k_2 و q_e با رسم منحنی t/q_t به صورت تابعی از t محاسبه می‌شود. اگر معادله شبه درجه دوم قابل کاربرد باشد، منحنی t/q_t به صورت تابعی از t یک خط راست با ظریب همبستگی زیاد خواهد شد.

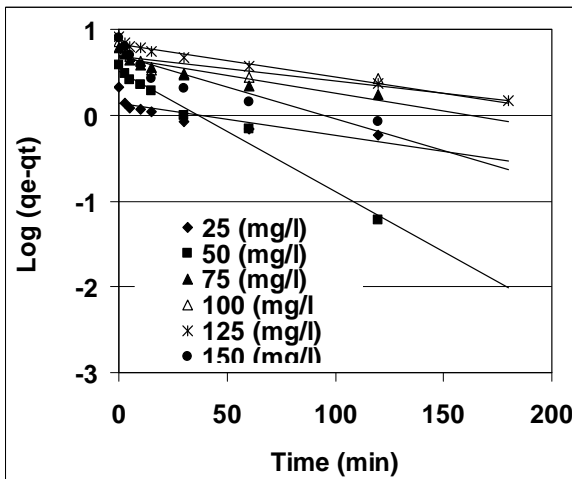
$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (8)$$

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 ۹ و شکل ۱۰ و پارامترهای آنها در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است.

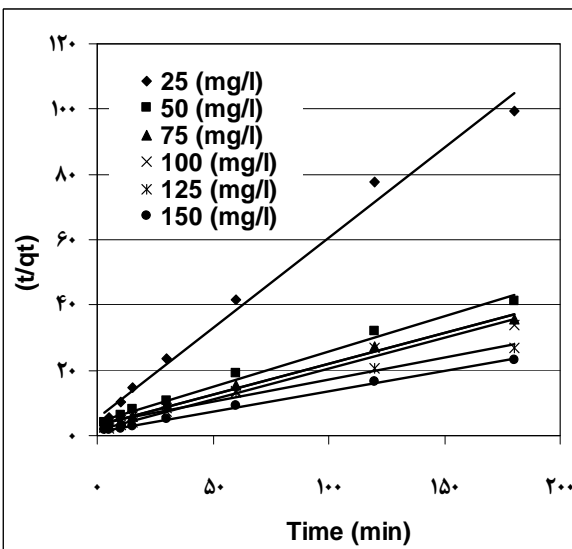
مشاهده می‌شود که ظریب همبستگی معادلات حاصل از مدل شبه درجه اول در غلظت‌های مختلف کم است و اختلاف زیادی در ظرفیت جذب در حالت تعادل حاصل از نتایج تجربی ($q_{e_{exp}}$) و ظرفیت جذب در حالت تعادل محاسبه شده ($q_{e_{cal}}$) دیده می‌شود. بنابراین، مدل سینتیک شبه درجه اول مدل مناسبی برای جذب این رنگزا با استفاده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

از طرف دیگر، بررسی نتایج با معادلات شبه درجه دوم 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 پسماند سویا استفاده شود. تطابق نتایج تجربی با ایزوترم لانگمویر و با سینتیک شبه درجه دوم نشان می‌دهد که جذب رنگزا مورد نظر با پسماندهای لیگنوسولوزی سویا از نوع جذب قابل کنترل توسط جذب شیمیایی است [۲۰].



شکل (۹) منحنی سینتیک جذب بر اساس مدل شبه درجه اول برای جذب رنگزا AO7 توسط پسماند سویا



شکل (۱۰) منحنی سینتیک جذب بر اساس مدل شبه درجه دوم برای جذب رنگزا AO7 توسط پسماند سویا

تخریب‌پذیر می‌تواند برای کاهش آلودگی‌های حاصل از پساب‌های رنگی استفاده شود.

مراجع

- [1] Y. Nghui and Q. Caoc (2009) "Biosorption of Cd^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} and Zn^{2+} ions from aqueous solutions by pretreated biomass of brown algae" *Journal of Hazardous Materials*, 163, 931-8.
- [2] ر. انصاری، ع. محمد خواه و س. علایی، (۱۳۹۰) "حذف رنگزا آنیونی قرمز کنگو از محلول‌های آبی با استفاده از خاک اره اصلاح شده با پلی آنیلین: بررسی ایزوترم و سینتیک جذب"، نشریه علمی- پژوهشی علوم و فناوری رنگ، جلد ۵، ۳۴۴-۳۳۵.
- [3] E. J. Weber and V. C. Stickney (1993) "Hydrolysis kinetics of reactive blue 19-vinyl sulfone" *Water Res.*, 27(1):63-67.
- [4] M. C. Ncibi, B. Mhjob and M. Seffen (2007) "Adsorptive removal of textile reactive dye using *Posidonia oceanica* (L.) fibrous biomass" *International Journal of Environmental Science and Technology*, 4:433-440.
- [5] N. A. Oladoja, C. O. Aboluwoye and A. O. Akinkugbe (2009) "Evaluation of loofah as a sorbent in the decolorization of basic dye contaminated aqueous system" *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 48: 2786-2794.
- [6] H. Mahvi (2008) "Application of agricultural fibers in pollution removal from aqueous solution" *International Journal of Environmental Science and Technology*, 5:275-285.
- [7] M. R. Mehraşbi and Z. Farahmand kia (2008) "Heavy Metal Removal from Aqueous Solution by Adsorption on Modified Banana Shell" *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 57-66.
- [8] G. h. Ghanizadeh and G. Asgari (2009) "Removal of methylene blue dye from synthetic wastewater with bone char" *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 2(2):104-113.
- [9] N. K. Amin (2008) "Removal of reactive dye from aqueous solutions by adsorption onto activated carbons prepared from sugarcane bagasse pith" *Desalination*, 223:152-161.
- [10] S. B. Mortazavi, L. Rasuli and H. Kazemian (2010) "Reduction of hexavalent chromium from aqueous solution using modified zeolite cationic

جدول (۲) پارامترهای سینتیک جذب رنگزا AO7 با استفاده از ساقه کلزا بر اساس مدل شبه درجه اول

پارامترهای سینتیک شبه درجه اول				اطلاعات تجربی		
$h_{0,1}$ (min).g/(mg)	R^2	k_1 min^{-1}	$q_{e,cal}$ (mg/g)	$q_{e,exp}$ (mg/g)	C_i (mg/l)	
۰/۰۳۶۳	۰/۹۸۱	۰/۰۳۲۲	۱/۱۲	۱/۸	۲۵	
۰/۰۰۹۴	۰/۷۲۹	۰/۰۰۶۹	۱/۳۶	۴/۳۷	۵۰	
۰/۰۴۶۷	۰/۹۷۴	۰/۰۰۶۹	۶/۷۶	۵/۰۱	۷۵	
۰/۰۴۲۷	۰/۸۳۹	۰/۰۰۹۲	۴/۶۴	۵/۲۹	۱۰۰	
۰/۰۲۲۳	۰/۵۴۶	۰/۰۰۴۶	۴/۸۵	۶/۶۸	۱۲۵	
۰/۰۸۰۶	۰/۸۲۴	۰/۰۱۶۱	۵/۰۰	۷/۸	۱۵۰	

جدول (۳) پارامترهای سینتیک جذب رنگزا AO7 با استفاده از ساقه کلزا بر اساس مدل شبه درجه دوم

پارامترهای سینتیک شبه درجه دوم				اطلاعات تجربی		
$h_{0,2}$ (mg/g.min)	R^2	k_2 min^{-1}	$q_{e,cal}$ (mg/g)	$q_{e,exp}$ (mg/g)	C_i (mg/l)	
۰/۰۰۰۵۳	۰/۹۸۹	۰/۰۱۰۷	۴/۶۵	۱/۸	۲۵	
۰/۰۰۱۰۶	۰/۹۸۹	۰/۰۱۵۱	۴/۶۵	۴/۳۷	۵۰	
۰/۰۰۲۲۵	۰/۹۹۳	۰/۰۲۰۶	۵/۲۹	۵/۰۱	۷۵	
۰/۰۰۰۵۵	۰/۹۹	۰/۰۱۰۲	۵/۳۱	۵/۲۹	۱۰۰	
۰/۰۰۱۶۹	۰/۹۸۳	۰/۰۱۵۲	۷/۲۹	۶/۶۸	۱۲۵	
۰/۰۰۰۱۰	۰/۹۹۸	۰/۰۰۳۵	۸/۰۶	۷/۸	۱۵۰	

۵- نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان داد که پسماند سویا یک جاذب موثر برای حذف رنگزای Acid Orange 7 از پساب‌های رنگی نساجی می‌باشد. فرایند جذب رنگزای Acid Orange 7 شدیداً تحت تاثیر pH محلول است و در pHهای اسیدی میزان جذب افزایش می‌یابد. سینتیک جذب از سازوکار نوع شبه درجه دوم است و با توجه به مدل لانگمویر، مقدار حداکثر جذب برابر با ۱۷/۵۴ میلی‌گرم بر گرم پسماند سویا در شرایط مورد استفاده محاسبه شد. بنابراین با توجه به این نتایج، پسماند سویا به عنوان یک جاذب ارزان قیمت، قابل دسترس و زیست

- [16] Y. Hamzeh, A. Ashori, E. Azadeh and A. Abdulkhani (2012) " Removal of Acid Orange 7 and Remazol Black 5 reactive dyes from aqueous solutions using a novel biosorbent" *Materials Science and Engineering C*, 32, 1394–1400.
- [17] ع. تهرانی بقاء، ن. محمودی، م. مرکزی و ا. طلایی نژاد (۱۳۸۸) "رنگبری از پساب حاوی یک ماده رنگزای کاتیونی با استفاده از جاذب ارزان قیمت کائولن" *نشریه علوم و فناوری رنگ*، ۳ (۳)، ۱۴۵-۱۵۵.
- [18] A. E. Ofomaja (2010) "Intraparticle diffusion process for lead (II) biosorption onto mansonia wood sawdust" *Bioresource Technology*, 101, 5868–5876.
- [19] B. H. Hameed and M. I. El-Khaiary (2008) "Removal of basic dye from aqueous medium using a novel agricultural waste material: Pumpkin seed hull" *Journal of Hazardous Materials*, 155, 601-609.
- [20] R. Patel and S. Suresh (2008) "Kinetic and equilibrium studies on the biosorption of reactive black 5 dye by *Aspergillus foetidus*" *Bioresource Technology*, 99, 51–58.
- surfactant" *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 3(1):1-10.
- [11] J. P. Silva, S. Sousa, J. Rodrigues, H. Antunes, J. J. Porter, I. Gonçalves and S. Ferreira-Dias (2004) "Adsorption of acid orange 7 dye in aqueous solutions by spent brewery grains" *Separation and Purification Technology*, 40:309–315.
- [12] R. M. Liversidge, G. J. Lloyd, D. A. J. Wase and C. F. Forster (1997) " Removal of Basic Blue 41 dye from aqueous solution by linseed cake" *Process Biochemistry*, 32 (6), 473-477.
- [13] T. Subasioglu and I. S. Bilkay (2009) "Determination of biosorption conditions of Methyl Orange by *Humicola fuscoatra*" *Journal of Scientific & Industrial Research*, 68, 1075-1077
- [14] C. Yenikay, E. Atar, A. Olgun, N. Atar, S. Ilhan and F. Colak (2010) " Biosorption study of anionic dyes from aqueous solutions using *Bacillus amyloliquefaciens*" *Engineering in Life Sciences*, 10, (3), 233–241.
- [15] F. Colak, N. Atar and A. Olgun (2009) " Biosorption of acidic dyes from aqueous solution by *Paenibacillus macerans*, Kinetic, thermodynamic and equilibrium studies" *Chemical Engineering Journal*, 150, 122–130

Application of Soybean Waste as Adsorbent of Acid Orange 7 from Aqueous Solution

A. R. Ziapour^{1,*}, Y. Hamzeh², A. Abyaz³

1. Department of Wood & Paper Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R.Iran
3. M.Sc., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R.Iran

ABSTRACT

Textile and papermaking industries wastewater and dye products consist of dye compounds which are dangerous for the environment. Various methods were used for the separation of dye compounds, like using adsorbents. In this study, soybean lignocellulosic waste was employed for the adsorption of Acid Orange 7. Acid orange 7 solution was prepared in various concentrations and adsorption was performed in various pH conditions, temperatures and times. The isotherm of adsorption was found to follow Langmuir and Freundlich models. The results showed that the absorption efficiency depended strongly on pH and slightly on the temperature. Adsorption rate of Acid Orange 7 was very fast using soybean waste. In addition, the results showed that both of the mentioned models were suitable for the adsorption of Acid Orange 7 by soybean. The highest adsorption capacity was calculated 17.54 mg/g.

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 26 Apr 2012
Received in revised form: 27 Oct 2012
Accepted: 17 Nov 2012

Key words:
Adsorption
Acid Orange 7
Soybean Lignocellulosic
Waste
Isotherm of Adsorption.

All right reserved.

* Corresponding author