

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

یحیی همزه<sup>۱</sup>، سهیلا ایزدیاری<sup>۲</sup>، الهام آزاده<sup>۳</sup>، علی اییض<sup>۳</sup>، یوسف اسدالهی<sup>۴</sup>

نویسنده مسئول: کرج، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ hamzeh@ut.ac.ir

پذیرش: ۸۹/۱۰/۲۸

دریافت: ۸۹/۰۸/۰۱

### چکیده

**زمینه و هدف:** صنایع تولید رنگ و صنایع نساجی مصرف آب زیادی دارند و حجم زیادی از پساب‌های حاوی مواد خطرناک و سمی تولید می‌کنند. روش‌های مختلفی برای جداسازی رنگ از این پساب‌ها استفاده می‌شود که فرایند جذب یکی از روش‌هایی است که در سال‌های اخیر توجهات زیادی را به خود جلب کرده است و تحقیقات زیادی در زمینه جستجوی جاذب‌های ارزان قیمت و موثر در جذب انواع مختلف رنگ انجام شده است. در این تحقیق قابلیت پسماند لیگنوسولوزی کانولا برای جذب رنگ اسید اورانژ ۷ بررسی شده است.

**روش بررسی:** مواد اولیه شامل ساقه خشک کانولا بود که از مزارع پژوهشی برداشت شد و پس از آسیاب کردن غربال گردید و ذرات به ابعاد ۰/۴ تا ۰/۷ میلی‌متر برای جذب مورد استفاده قرار گرفتند. رنگ اسید اورانژ ۷ از شرکت الوان ثابت تهیه شد. در این تحقیق ابتدا اثر عوامل موثر بر جذب شامل غلظت رنگ، pH و دما و بر کارایی جذب بررسی شد و سپس ایزوترم جذب نیز با انجام تیمارهایی در غلظت مختلف انجام گردید و تبعیت آنها از مدل لانگمیر و فروندلیچ بررسی شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که کارایی جذب به مقدار زیادی به pH محلول و به مقدار کمتری به دمای محلول وابسته است. سرعت جذب رنگ اسید اورانژ ۷ با ساقه کانولا سریع بوده و بیش از ۹۵ درصد جذب در ۵ دقیقه اول تیمار روی داد. نتایج نشان داد که هر دو مدل لانگمیر و فروندلیچ برای توصیف جذب رنگ اسید اورانژ ۷ با ساقه کانولا مناسب هستند.

**نتیجه‌گیری:** بر اساس مدل لانگمیر، حداکثر ظرفیت جذب رنگ اسید اورانژ ۷ توسط پسماندهای لیگنوسولوزی ساقه کانولا برابر با ۲۴/۶ میلی‌گرم بر گرم محاسبه شد که بیشتر از ظرفیت جذب این رنگ توسط خاک اره چوب راش و مخلوط خاک و خاکستر بادی است.

**واژگان کلیدی:** جذب، رنگ اسید اورانژ ۷، پسماند لیگنوسولوزی، ساقه کانولا، ایزوترم جذب

۱- دکترای علوم و صنایع خمیر و کاغذ، دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲- کارشناس ارشد مهندسی شیمی، مربی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- کارشناس ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۴- کارشناس آزمایشگاه، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

## مقدمه

در سه دهه گذشته توجه و آگاهی عموم مردم به محیط زیست و مخاطرات ناشی از آلاینده های صنعتی گسترش زیادی یافته است و در این راستا محدودیت های زیادی برای کاهش آلودگی های صنعتی ایجاد شده است. صنایع نساجی از رنگ های صنعتی متفاوتی استفاده می کنند و پساب آنها از مهم ترین منابع آلاینده محیط زیست است (۱). بررسی ها نشان داده اند که حدود ۱۲٪ از رنگ مصرفی در صنایع نساجی وارد پساب می شوند و از این مقدار حدود ۲۰٪ به همراه پساب تصفیه شده به آب های دریافت کننده وارد می شوند (۲).

با توجه به مخاطرات زیست محیطی ترکیبات رنگی مورد مصرف در صنایع مختلف، روش های مختلفی شامل روش های شیمیایی، روش های فیزیکی و روش های زیستی برای جداسازی مواد رنگی از پساب ها استفاده شده است و تحقیقات زیادی در زمینه ایجاد سیستمی کارآمد و مقرون به صرفه برای تصفیه پساب های رنگی در جریان است. تصفیه شیمیایی و بیولوژیکی پساب های حاوی این مواد به دلیل سطح پایین جذب و پایداری شیمیایی مواد رنگی دشوار است و اغلب نتایج رضایت بخشی ندارند. بنابراین برای تصفیه پساب های حاوی ترکیبات رنگی اغلب از روش های غیر معمول، مثل جذب این ترکیبات بر روی جاذب های مختلف استفاده می شود (۳). در این زمینه عمدتاً از کربن فعال استفاده می شود که کارایی جذب زیادی دارد و برای انواع آلاینده های مختلف مناسب است، ولی به دلیل قیمت زیاد و مشکلات احیاء مجدد آن، محققان در صدد یافتن جاذب های ارزان قیمت و کارآمدی هستند (۴). در این راستا مواد مختلفی برای جذب انواع مختلف رنگ از آب های آلوده به رنگ استفاده شده است (۵).

مواد لیگنوسلولزی به دلیل دسترسی فراوان به آنها، ارزان بودن، قابلیت تولید هر ساله و زیست تخریب پذیر بودن برای جذب رنگ های مختلف از پساب های صنایع نساجی بسیار مورد توجه قرار گرفته اند و در مطالعات متعددی قابلیت این مواد برای جذب رنگ از پساب های حاوی مواد رنگی بررسی شده

است (۳، ۴ و ۶). ساقه کانولا یکی از پسماندهای لیگنوسلولزی است که تولید آن در ایران و جهان به دلیل افزایش تولید و مصرف روغن های گیاهی در حال افزایش است. مطالعات نشان داده اند که در سال ۱۳۸۵ مقدار پسماند لیگنوسلولزی حاصل از کشت و برداشت دانه روغنی کانولا به بیش از ۵۸ هزار تن رسیده است که بخش زیادی از آن در مزارع باقی می ماند و یا سوزانده می شود (۷). با توجه به فراوانی و در دسترس بودن، جرم حجمی کم و در نتیجه تخلخل زیاد ساقه لیگنوسلولزی کانولا که از مهم ترین عوامل موثر در جذب مواد رنگی است (۸)، در این تحقیق کارایی و قابلیت این ماده به عنوان یک ماده ارزان قیمت و دسترسی برای جذب رنگ اسید اورانژ ۷ از آب آلوده شده به این رنگ بررسی شده و با کارایی جذب کربن فعال و سایر جاذب های مطالعه شده مقایسه گردید.

## مواد و روش ها

### مواد مورد استفاده

ساقه کانولا پسماند لیگنوسلولزی گیاه کانولا است که برای تولید دانه های روغنی و استخراج روغن خوراکی کاشته می شود. به دلیل افزایش مقدار کاشت این گیاه در ایران، پسماندهای لیگنوسلولزی ناشی از آن نیز افزایش قابل ملاحظه ای داشته است و در چند سال اخیر در تحقیقات مختلف به عنوان یک ماده لیگنوسلولزی قابل استفاده به عنوان یک ماده غیر چوبی در صنایع چوب و کاغذ مورد بررسی قرار گرفته است (۹). ساقه های کانولا از محل مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج جمع آوری شدند. ساقه های هوای خشک کانولا (با رطوبت حدود ۸٪) ابتدا با اره به قطعات ۲-۳ سانتی متری بریده شدند و سپس با آسیاب آزمایشگاهی به قطعات ریزتر تبدیل شدند. کانولای آسیاب شده با استفاده از غربال های سری با اندازه منافذ ۲۸ و ۴۰ مش غربال شدند و ذرات عبور کرده از مش ۲۸ و باقی مانده بر روی غربال با مش ۴۰ به ابعادی بین ۰/۴ میلی متر تا ۰/۷ میلی متر برای جذب استفاده شدند. کانولای هوای خشک غربال شده

بعد از هر آزمون با توجه به مقدار جذب 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 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. سپس با توجه به نسبت ماده لیگنوسولوزی به رنگ، حجم مشخصی از محلول رنگ با غلظت معین به ماده لیگنوسولوزی اضافه شد. تنظیم pH محلول‌های حاوی مواد چوبی با استفاده از محلول اسید سولفوریک ۴ نرمال و هیدروکسید سدیم ۱ نرمال انجام شد. بعد از تنظیم شرایط آزمون، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت بر روی شیکر با دور ۱۰۰ دور در دقیقه قرار داده شدند تا همزدن آرام و موثری انجام گیرد. پس از ۴۸ ساعت، محلول‌های مورد نظر با کاغذ صافی واتمن فیلتر شدند و غلظت رنگ باقی مانده در محلول با طیف‌سنجی UV-Visible سنجیده شد و سپس درصد کاهش رنگ و مقدار جذب به ترتیب با استفاده از معادلات ۱ و ۲ محاسبه شد (۴). در این معادله‌ها،  $C_0$  غلظت اولیه رنگ و  $C_t$  غلظت رنگ بعد از تیمار جذب در مدت زمان  $t$  بر حسب میلی گرم بر لیتر،  $R$  درصد حذف رنگ،  $V$  حجم محلول بر حسب لیتر و  $M$  جرم ذرات کانولا بر حسب گرم است.

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

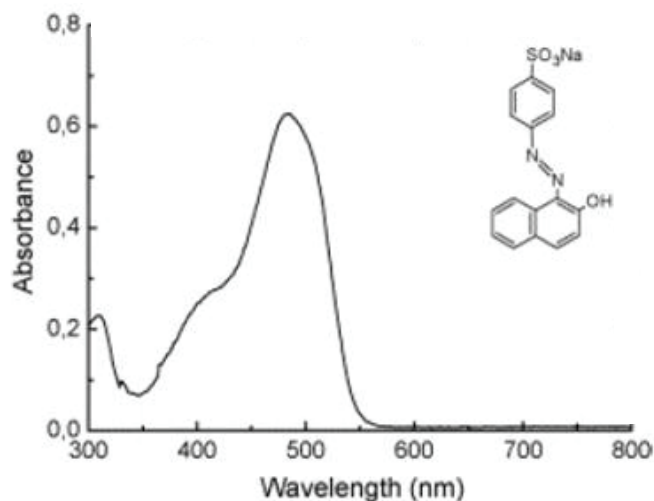
$$q_t = \frac{(C_0 - C_t) \cdot V}{M} \quad (2)$$

برای تعیین pH بهینه جذب، ۸ نمونه از محلول رنگ به حجم ۵۰ میلی لیتر، با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر، مقدار ماده چوبی ۵ گرم بر لیتر و در دمای محیط تهیه شد و pH آنها به ترتیب از ۲ تا ۹ تنظیم شد. پس از گذشت ۴۸ ساعت، محلول‌های فوق با کاغذ صافی واتمن فیلتر شدند و غلظت رنگ باقی مانده در آنها با طیف‌سنجی UV-Visible سنجیده شد.

برای تعیین دمای بهینه جذب، سه نمونه از محلول رنگ به حجم ۵۰ میلی لیتر، با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر و مقدار

در یک کیسه نایلولی ریخته شد و پس از ۱ هفته رطوبت آنها با نمونه‌گیری و خشک کردن نمونه‌ها در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد.

رنگ اسیدی مورد استفاده در تحقیق با نام تجاری رنگ اسید اورانژ ۷ است که به طور گسترده‌ای در صنایع نساجی و کاغذسازی استفاده می‌شود (۱۰). ساختار شیمیایی این رنگ و طیف UV-Visible آن در شکل ۱ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که حداکثر جذب این رنگ در طول موج ۴۹۷ نانومتر است و در این طول موج مقدار جذب تابع pH محلول نیست.



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

### آزمایش‌های جذب

ابتدا محلولی از رنگ اسید اورانژ ۷ با غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر با استفاده از آب مقطر تهیه شد. با رقیق کردن این محلول، محلول‌های مختلف با غلظت‌های مورد نیاز (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر) تهیه شد. جهت تعیین میزان حذف، از اسپکتروفتومتر UV-Visible با توجه به طول موج حداکثر جذب استفاده شد. بدین منظور ابتدا غلظت‌های مختلفی از رنگ تهیه شد و میزان جذب آنها در طول موج ۴۹۷ نانومتر سنجش شد، تا یک منحنی کالیبراسیون بین غلظت رنگ و مقدار جذب در طول موج ۴۹۷ نانومتر محاسبه شود. با استفاده از این منحنی، میزان جذب رنگ توسط ساقه کانولا

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

پارامتر اصلی معادله لانگمیر 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، مقدار  $R_L$  بین صفر و یک بیانگر ایزوترم مطلوب، مقدار  $R_L$  برابر یک بیانگر ایزوترم خطی و مقدار  $R_L$  بیشتر از یک بیانگر ایزوترم نامطلوب است (۱۲، ۱۳).

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

مدل فروندلیچ جذب حداکثری را پیش‌بینی نمی‌کند و شکل خطی آن به صورت معادله ۶ است (۴، ۱۰ و ۱۴).

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

$Q_e$  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 (۱۲).

## یافته‌ها

### اثر دما و pH بر کارایی جذب

اثر دما و pH محلول آبی بر کارایی جذب در شکل ۲ نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که به طور کلی با افزایش دما و pH مقدار جذب رنگ اسید اورانژ ۷ توسط ساقه کانولا کاهش می‌یابد. کاهش مقدار جذب در اثر افزایش pH ابتدا روند کاهشی مشخصی دارد ولی بعد از رسیدن به pH خنثی،

ماده چوبی ۵ گرم بر لیتر در pH بهینه تعیین شده تهیه شد. نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در در سه دمای ۲۰، ۳۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. برای تنظیم دمای نمونه‌ها در ۲۰ درجه سانتی‌گراد از اتاق کولیماتیزه با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد (مخصوص تکیماتیزه 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 غلظت رنگ بر جذب، شش نمونه رنگ به حجم ۵۰ میلی‌لیتر، با مقدار چوب ۵ گرم بر لیتر در شرایط pH و دمای بهینه با غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تهیه شد و پس از ۴۸ ساعت همزدن و سپس فیلتر کردن، مقدار جذب در نمونه‌ها تعیین شد تا اثر غلظت رنگ بررسی شود.

آزمون‌های لازم برای بررسی ایزوترم جذب با انتخاب شرایط پایه شامل دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، pH برابر ۳ و مقدار کانولای ۷/۵ گرم بر لیتر (۱۱) با استفاده از غلظت‌های مختلف رنگ از ۲۵ تا ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر انجام شد. در این تحقیق از دو مدل ایزوترم لانگمیر و فروندلیچ برای بررسی نتایج تجربی استفاده شد. شکل خطی مدل لانگمیر (۳ و ۵) 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 با  $K_L$  نشان داده می‌شود که به مقدار  $b$  و  $Q_m$  وابسته است و مقدار آن به صورت زیر محاسبه می‌شود (معادله ۴):

۴ نمودار  $C_e/Q_e$  به صورت تابعی از  $C_e$  و معادله مشتق از آن بر اساس نتایج تجربی نشان داده شده است. با توجه به این معادله با ضریب همبستگی  $0.9877$ ، مقادیر  $b$ ،  $Q_m$  و  $K_1$  به ترتیب به مقدار  $24/57$  میلی گرم بر گرم،  $0.172$  و  $0.4237$  محاسبه شد و در ادامه آن مقادیر  $R_L$  با توجه به غلظت‌های مورد مطالعه محاسبه شد (جدول ۱).

ملاحظه می‌شود که ضریب همبستگی معادله حاصل در حد بالایی قرار دارد و بنابراین می‌توان گفت که جذب رنگ‌های مورد مطالعه از معادله لانگمیر تبعیت می‌کند. از طرف دیگر، مقادیر عددی  $R_L$  آزمون‌ها در دامنه  $0 < R_L < 1$  قرار دارند که نشان دهنده جذب لانگمیر مطلوب رنگ با ساقه کانولا هستند. با این مدل ظرفیت حداکثری جذب اسید اورانژ ۷ توسط ساقه کانولا برابر با  $24/57$  میلی گرم بر گرم محاسبه شد.

بررسی پدیده جذب با استفاده از معادله فروندلیچ با رسم منحنی لگاریتم  $Q_e$  به صورت تابعی از لگاریتم  $C_e$  در شکل ۵ ارائه شده است. بر اساس معادله به دست آمده از نتایج تجربی، مقادیر  $K_F$  و  $n/1$  به ترتیب به مقدار  $1/0.21$  و  $0/619$  محاسبه شد. با توجه به این که مقدار عددی  $n/1$  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 رنگ با ساقه کانولا استفاده شود.

## بحث

در این تحقیق کارایی پسماندهای لیگنوسلولزی ساقه کانولا برای جذب رنگ اسید اورانژ ۷ در شرایط مختلف و اثر عوامل مختلف بر جذب این رنگ بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش pH و دما مقدار جذب این رنگ کاهش می‌یابد. سرعت جذب این رنگ بر روی پسماندهای لیگنوسلولزی ساقه کانولا خوب است و در ۵ دقیقه اول تیمار، بیش از ۹۵ درصد جذب روی می‌دهد. بررسی ایزوترم جذب نیز نشان داد که جذب این رنگ با مواد لیگنوسلولزی ساقه کانولا از مدل لانگمیر و فروندلیچ تبعیت می‌کند. تبعیت ایزوترم جذب از

مقدار جذب با افزایش pH تغییرات 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 جذب، 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 مولکول آن می‌شود. از طرف دیگر، با توجه به این که ترکیبات شیمیایی پسماندهای لیگنوسلولزی ساقه کانولا دارای گروه‌های عاملی هیدروکسیل و اسیدهای آلی هستند (۱۵)، افزایش pH منجر به افزایش بار آنیونی سطح ذرات کانولا شده و در نتیجه نیروهای دافعه بین ذرات کانولا و مولکول‌های رنگ افزایش می‌یابد که سبب کاهش میزان جذب رنگ اسید اورانژ ۷ بر سطح ذرات کانولا می‌شود. کاهش مقدار جذب با افزایش دما بیانگر این است که جذب این رنگ بر روی مواد لیگنوسلولزی کانولا تحت کنترل واکنش‌های گرما زاست (۱۶).

## اثر مدت زمان تیمار و غلظت رنگ بر جذب

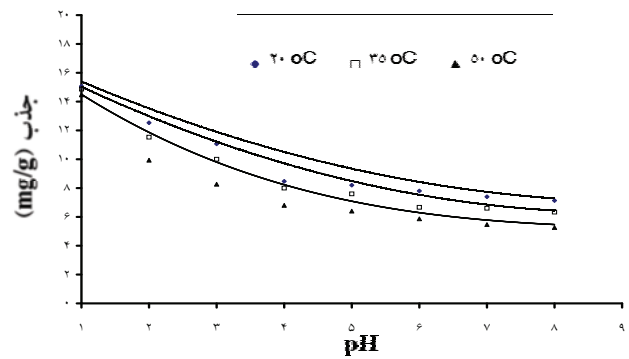
در شکل ۳ اثر غلظت رنگ اسید اورانژ ۷ بر میزان جذب آن نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که با افزایش غلظت رنگ، میزان جذب رنگ بر روی کانولا افزایش می‌یابد. به علاوه مشاهده می‌شود که جذب این رنگ بر روی ساقه کانولا سریع است و بیش از ۹۰ درصد جذب در ۵ دقیقه اول تیمار روی می‌دهد و با افزایش مدت زمان تیمار، سرعت جذب کاهش می‌یابد. این موضوع از نظر طراحی و حجم مخازن مورد استفاده برای جذب اهمیت دارد به طوری که هرچه سرعت جذب زیادتر باشد مخازن و فضای مورد نیاز کمتر خواهد شد.

## ایزوترم جذب

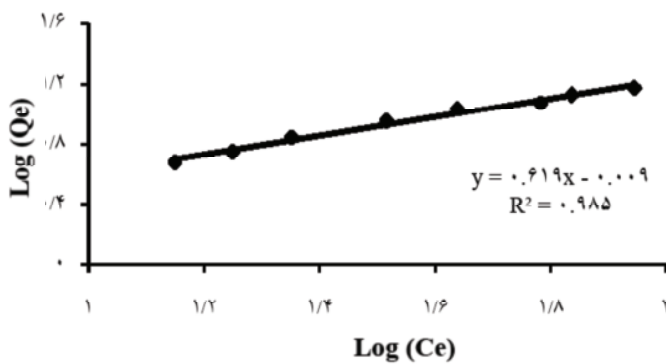
با توجه به نتایج تجربی آزمون‌های اولیه مشخص شد که سیستم بعد از ۱۲۰ دقیقه به حالت تعادل می‌رسد و فرایند جذب تقریباً متوقف می‌شود، بنابراین مدت زمان تیمار ۱۲۰ دقیقه برای بررسی پدیده ایزوترم جذب انتخاب شد. در شکل

جدول ۱: نتایج جذب رنگ مورد بررسی توسط کانولا در شرایط مختلف و محاسبات مربوط به مدل لانگمیر آن

$C_i$ (mg/L)	$C_e$ (mg/L)	$Q_e$ (mg/g)	$R_L$
۵۰	۱۴/۱۱	۴/۷۸	۰/۵۴
۶۰	۱۷/۷۶	۵/۶۳	۰/۴۹
۷۵	۲۲/۴۶	۷/۰	۰/۴۴
۱۰۰	۳۲/۸۱	۸/۹۵	۰/۳۷
۱۲۵	۴۳/۵۲	۱۰/۸۶	۰/۳۲
۱۵۰	۶۰/۶۵	۱۱/۹۱	۰/۲۸
۱۷۰	۶۸/۶۷	۱۳/۵۱	۰/۲۶
۲۰۰	۸۸/۰۶	۱۴/۹۲	۰/۲۳

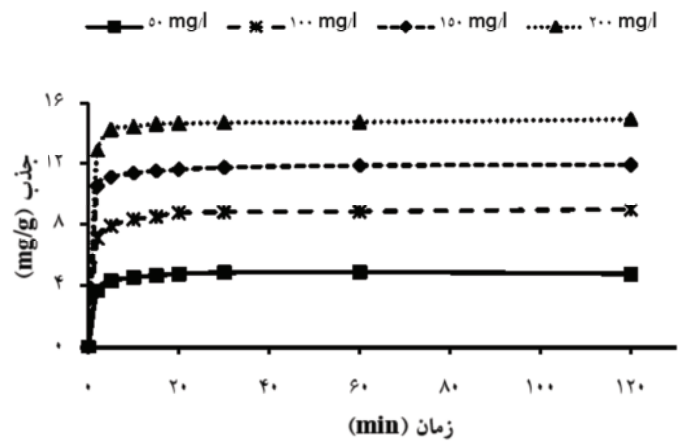


شکل ۲: اثر دما و pH بر میزان جذب اسید اورانژ ۷ با ساقه کانولا (شرایط آزمون شامل دمای ۲۰، ۳۵ و ۵۰ درجه سانتی گراد، pH متغیر از ۲ تا ۹، غلظت رنگ ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر، غلظت کانولا ۵ گرم بر لیتر، مدت زمان تیمار ۴۸ ساعت با همزدن ۱۰۰ RPM).

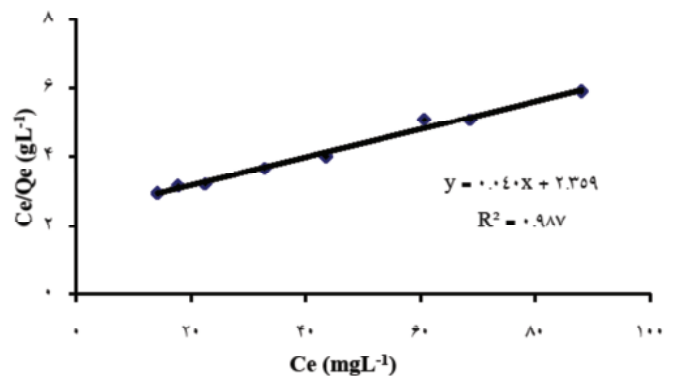


شکل ۵: نمودار  $\log(Q_e)$  به صورت تابعی از  $\log(C_e)$  بر اساس مدل فروندلیچ برای جذب رنگ اسید اورانژ ۷ توسط ساقه کانولا

مدل لانگمیر بیانگر جذب شیمیایی ذرات رنگ اسید اورانژ ۷ توسط این جاذب طبیعی است که در سطح آن گروه‌های عاملی هیدورکسیل و کربوکسیل وجود دارد و مولکول‌های رنگ اسید اورانژ ۷ به صورت یک لایه بر سطح ذرات جاذب قرار می‌گیرند (۱۲ و ۱۷). در این زمینه اثر متقابل بین گروه‌های عاملی موجود در سطح ذرات لیگنوسولولزی ساقه کانولا با گروه‌های عاملی  $OH$  و  $SO_3Na$  موجود در ساختار رنگ می‌تواند توضیحی بر جذب باشد. به علاوه، اثر متقابل بین رنگ جذب شده بر روی سطح و مولکول‌های آزاد رنگ موجود در محلول می‌تواند در جذب این رنگ با ذرات لیگنوسولولزی ساقه کانولا نقش داشته باشد (۱۰).



شکل ۳: اثر غلظت رنگ اسید اورانژ ۷ بر میزان جذب آن بر روی کانولا (شرایط آزمون شامل دمای ۲۰ درجه سانتی گراد، pH ۳، غلظت رنگ متغیر از ۵۰ تا ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر، غلظت کانولا ۵ گرم بر لیتر، مدت زمان تیمار ۱۲۰ دقیق با همزدن ۱۰۰ RPM).



شکل ۴: نمودار  $C_e/Q_e$  به صورت تابعی از  $C_e$  و معادله مشتق از آن بر اساس مدل لانگمیر

### نتیجه گیری

بیشتر بودن ظرفیت جذب ساقه کانولا در مقایسه با خاک اره چوب راش به دلیل کم بودن دانسیته ویژه ساقه کانولا در مقایسه با چوب راش است که موجب افزایش خلل و فرج بیشتر و سطح جذب بیشتر می شود. نتایج کلی این تحقیق نشان داد که جذب رنگ اسید اورانژ ۷ بر روی پسماند ساقه کانولا سریع است و ظرفیت جذب آن نیز در حد مطلوبی قرار دارد.

### منابع

1. Robinson T, McMullan G, Marchant R, Nigam P. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. *Biores Technol.* 2001;77:247-55.
2. Weber EJ, Stickney VC. Hydrolysis kinetics of reactive blue 19-vinyl sulfone. *Water Res.* 1993;27(1):63-67.
3. Ncibi MC, Mhjob B, Seffen M. Adsorptive removal of textile reactive dye using *Posidonia oceanica* (L.) fibrous biomass. *Int J Environ Sci Tech.* 2007;4:433-40.
4. Oladoja NA, Aboluwoye CO, Akinkugbe AO. Evaluation of loofah as a sorbent in the decolorization of basic dye contaminated aqueous system. *Ind Eng Chem Res.* 2009;48:2786-94.
5. Ghanizadeh G, Asgari G. Removal of methylene blue dye from synthetic wastewater with bone char. *Iran J Health & Environ.* 2009;2(2):104-13.
6. Mahvi H. Application of agricultural fibers in pollution removal from aqueous solution. *Int J Environ Sci Tech.* 2008;5:275-85.
7. Mahdavi S, Habibi MR, Fakhryan A, Salehi K. Comparative study on fiber dimension, density and chemical components of two varieties of rapeseed straw. *Iran J Wood & Paper Sci Res.* 2009;24(1):36-43.
8. Safarik I, Lunackova P, Mosiniewicz-Szablewska E, Weyda F, Safarikova M. Adsorption of water-soluble organic dyes on ferrofluidmodified sawdust. *Holzforschung.* 2007;61:247-53.
9. Enayati AA, Hamzeh Y, Mirshokraie SA, Molaii M. Papermaking potential of canola stalks. *Bio Res.* 2009;4:245-56.
10. Silva JP, Sousa S, Rodrigues J, Antunes H, Porter JJ, Gonçalves I, et al. Adsorption of acid orange 7 dye in

حداکثر جذب با مدل لانگمیر ۲۴/۵۷ میلی گرم بر گرم تعیین شد. در تحقیق دیگری در زمینه جذب این رنگ با پسماندهای جامد صنایع ماءالشعیرسازی، تبعیت ایزوترم جذب از هر دو مدل لانگمیر و مدل فروندلیچ نیز نشان داده شده است که در آن حداکثر ظرفیت جذب این رنگ برابر ۳۰/۴۷ میلی گرم بر گرم تعیین شده است (۱۰). مقدار جذب این رنگ بر روی مخلوط خاک و خاکستر بادی برابر ۰/۸ میلی گرم بر گرم، برای کربن فعال در حدود ۲۰۰ تا ۲۶۵ میلی گرم بر گرم (۱۰) و بر روی خاک اره چوب راش در حدود ۵ میلی گرم بر گرم (۱۸) گزارش شده است.

aqueous solutions by spent brewery grains. *Separation and Purification Technology.* 2004;40:309-15.

11. Robinson T, Chandran B, Nigam P. Removal of dyes from an artificial textile dye effluent by two agricultural waste residues, corncob and barley husk. *Environment International.* 2002;28:29-33.
12. Amin NK. Removal of reactive dye from aqueous solutions by adsorption onto activated carbons prepared from sugarcane bagasse pith. *Desalination.* 2008;223:152-61.
13. Mortazavi S.B, Rasuli L, Kazemian H. Reduction of hexavalent chromium from aqueous solution using modified zeolite cationic surfactant. *Iran J Health & Environ.* 2010;3(1):1-10.
14. Mehrasbi MR, Farahmand Kia Z. Heavy Metal Removal from Aqueous Solution by Adsorption on Modified Banana Shell. *Iran J Health & Environ.* 2008;1:57-66.
15. Hamzeh Y, Rostampour Haftkhani A. *Principals of Papermaking Chemistry.* Tehran: University of Tehran Press; 2008.
16. Yenikaya C, Atar E, Olgun A, Atar N, Ilhan S, C-oluk F. Biosorption study of anionic dyes from aqueous solutions using *Bacillus amyloliquefaciens*. *Eng Life Sci.* 2010;10(3):233-41.
17. Chakraborty S, Basu JK, De S, DasGupt S. Adsorption of reactive dyes from a textile effluent using sawdust as the adsorbent. *Ind Eng Chem Res.* 2006;45:4732-41.
18. Izadyar S, Rahimi M. Use of beech wood sawdust for adsorption of textile dyes. *Pakis J Biolog Sci.* 2007;10:287-93.

## **Application of Canola Stalks Waste as Adsorbent of Acid Orange 7 from Aqueous Solution**

**\*Hamzeh Y.<sup>1</sup>, Izadyar S.<sup>1</sup>, Azadeh E.<sup>1</sup>, Abyaz A.<sup>1</sup>, Asadollahi Y.<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup> Department of Wood & Paper Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

<sup>2</sup> Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Received; 23 October 2010 Accepted; 18 January 2010

### **ABSTRACT**

**Background and Objectives:** The dyestuff manufacturing and textile industries consume a high volume of water and produce a great amount of wastewater containing various toxic substances. Different methods are used to remove dye compounds from wastewaters. Removal of dyes from water by adsorption processes received considerable attention and a number of studies focused on the adsorption of some dyes by non-conventional low cost and effective adsorbents. In this study, the suitability of the canola stalks for Acid orange 7 adsorption was assessed.

**Materials and Methods:** The dry canola stalks obtained from the research farm were milled and screened and the particles size ranged between 0.4-0.7 mm were used in all experiments. Acid orange 7 supplied by Alvan Sabet. Initially, the effects of initial dye concentration, pH and temperature on adsorption were examined. The kinetic and equilibrium data obtained for various concentrations of evaluated on the basis of Langmuir and Freundlich isotherms.

**Results:** The results showed that the absorption efficiency depended strongly on pH and slightly on the temperature. Absorption of acid orange 7 on the canola stalks was fairly rapid and more than 95% of adsorption occurred within the initial 5 minutes of the treatment. Both Langmuir and Freundlich models were applicable for the description of acid orange 7 dye adsorption by canola stalks.

**Conclusion:** According to the Langmuir model, the highest capacity of canola stalks for acid orange 7 adsorption was found 24.8 mg/g which was higher than the capacity of beech wood sawdust and soil mixture with fly ash.

**Key words:** Adsorption, Acid Orange 7, Lignocellulosic Waste, Canola Stalks, Isotherm of Adsorption

---

**\*Corresponding Author:** [hamzeh@ut.ac.ir](mailto:hamzeh@ut.ac.ir)

**Tel:** +98 261 2203044 **Fax:** +98 261 2249311