



بررسی کارایی زائدات گیاه کلزا در جذب رنگ راکتیو رد ۱۹۸ از محلول‌های آبی

محمد علی ززولی^۱، داود بلارک^{۲*}، یوسف مهدوی^۳

۱- دانشیار، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران.

۲- مربی، مرکز تحقیقات ارتقاء سلامت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۳/۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۱۱

چکیده

مقدمه و هدف:

نظر به اینکه رنگ‌ها از جمله فاکتورهای سمی مهم در فاضلاب صنعتی محسوب می‌شوند لازم است این ترکیبات با یک روش مؤثر، قبل از تخلیه به محیط، از آب‌های آلوده حذف گردند. جذب، بعنوان روش مؤثری در تصفیه پساب‌های رنگی مطرح است. در مطالعه حاضر پتانسیل جذب رنگ راکتیو رد ۱۹۸، توسط زائدات کلزا مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها:

بررسی حاضر یک مطالعه تجربی در مقیاس آزمایشگاهی می‌باشد که در یک سیستم ناپیوسته انجام پذیرفته است. تاثیر متغیرهای مؤثر در فرآیند جذب، مانند زمان تماس، pH و غلظت اولیه رنگ، در جاذب بررسی شد. نمونه‌ها با سه بار تکرار مورد آزمون قرار گرفتند و مدل‌های مختلف ایزوترم و سرعت واکنش جذب از طریق مقایسه ضریب تعیین، تحلیل شدند. در پایان برای سنجش غلظت رنگ باقیمانده راکتیو رد ۱۹۸، از اسپکتروفتومتری در طول موج ۵۱۸ نانومتر استفاده شد.

نتایج:

حداکثر سرعت جذب رنگ ۳۴/۳۵ میلی گرم بر دقیقه در بالاترین غلظت بود. با افزایش غلظت اولیه رنگ از ۱۰ تا ۵۰۰ میلی گرم در لیتر، کارایی حذف رنگ، از حدود ۹۹ درصد به ۵۴ درصد کاهش یافت. حداکثر حذف رنگ در غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر و در جاذب ۸ گرم در لیتر و زمان تماس ۷۵ دقیقه بدست آمد. نتایج مطالعه جذب بیشترین همبستگی را با مدل لانگمیر و سینتیک درجه ۲ نشان داد.

نتیجه‌گیری:

براساس نتایج مشخص شد که زائدات گیاه کلزا یک جاذب ارزان قیمت و مناسب محسوب شده و از توانایی بالایی در حذف رنگ برخوردار می‌باشد.

کلید واژه‌ها:

زائدات کلزا، راکتیو رد ۱۹۸، جذب سطحی، ایزوترم، محلول‌های آبی

*نویسنده مسئول: داود بلارک - دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، دانشکده بهداشت، زاهدان، ایران.

Email: dbalarak2@gmail.com

مقدمه

رنگ‌ها ترکیبات آروماتیکی هستند که در بسیاری از صنایع از قبیل نساجی، دباغی، کاغذ و مقوا، صنایع غذایی و پلاستیک‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند^(۱) و نور را در طول موج بین ۳۵۰ تا ۷۰۰ نانومتر جذب می‌کنند^(۲). مهمترین صنعت تولید رنگ، صنایع نساجی می‌باشند که رنگ در مراحل مختلف این صنعت نظیر رنگرزی و تکمیل به محیط زیست وارد می‌شود^(۳). در حال حاضر حدود ۱۰۰ هزار نوع رنگ مختلف در سراسر دنیا تولید می‌شود که میزان تولید سالانه‌ی آن ۷۰ هزار تن می‌باشد^(۴). از بین رنگ‌های موجود رنگ‌های آزو بیشترین سهم (بالغ بر ۷۰ درصد) را دارا هستند^(۵). رنگ‌های آزو دارای باند $N=N$ بوده که حتی در غلظت‌های خیلی کم هم باعث ایجاد رنگ زیاد در آب می‌شوند^(۶). رنگ‌های راکتیو در مقابل فرایندهای تجزیه بیولوژیکی مقاوم هستند. مواد رنگی فاضلاب‌های صنعتی بدلیل سمیت بر روی موجودات آبی، اختلال در کارایی سیستم‌های متداول تصفیه فاضلاب و زیباشناختی محیط مورد توجه است زیرا تخلیه فاضلاب رنگی در آب‌های پذیرنده منجر به بروز پدیده اتریفیکاسیون و تداخل در اکولوژی آب‌های پذیرنده می‌شود^(۷). بسیاری از این رنگ‌ها دارای اثرات سرطان‌زایی بوده و در بسیاری از موارد، مولد بروز جهش‌های ژنتیکی در موجودات زنده هستند^(۸)، بنابراین بمنظور حفظ سلامت انسان و محیط‌زیست، بهره‌گیری از روش‌های ارزان قیمت و اقتصادی در حذف رنگ از فاضلاب‌های نساجی و کارخانه‌های تولید رنگ از اهمیت ویژه‌ای در کشورهای در حال توسعه برخوردار است^(۹، ۱۰). امروزه از روش‌های مختلفی برای تصفیه آب و فاضلاب حاوی ترکیبات آلی از جمله رنگ استفاده می‌گردد. این روش‌ها شامل روش‌های بیولوژیک، فرایندهای غشایی و فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته می‌باشد^(۱۱). این روش‌ها دارای معایبی مانند کاهش راندمان حذف^(۱۲)، هزینه‌های زیاد طراحی، بهره‌برداری و نگهداری^(۱۳)، پیچیدگی روش و تولید مواد باقیمانده سمی می‌باشد^(۱۴). حلالیت بالای رنگ‌ها در

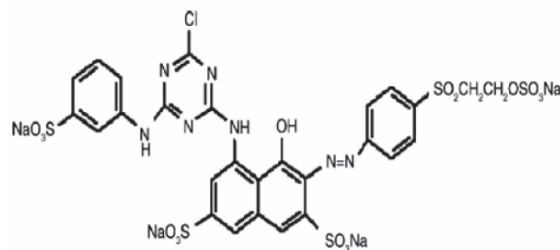
محیط آبی امکان حذف آن‌ها را بوسیله فرایندهای متداول چون انعقاد و ته‌نشینی مشکل می‌کند^(۱۵). مطالعات نشان داده است که فاضلاب‌های نساجی دارای نسبت BOD (Biological oxygen demand) به COD (Chemical oxygen demand) پایین بوده که ناشی از ماهیت غیرقابل تجزیه بودن بیولوژیک رنگ‌ها می‌باشد^(۱۶). فرایند جذب سطحی با کربن فعال یکی از روش‌هایی است که در سال‌های اخیر با وجود کارایی بالا و کاربرد گسترده، به دلایل گرانی کربن فعال و نیاز به نیروی متخصص با انتقاداتی همراه شده است^(۱۷). بنابراین استفاده از جاذب‌های ارزان قیمت و طبیعی به جای کربن فعال تجاری مورد توجه محققین قرار گرفته است^(۳). امروزه محققین مختلفی از پسماندهای طبیعی گیاهی به عنوان جاذب (بیومس آذولا^(۱۸، ۱۹) و عدسک^(۲۰)، کاه و پوسته برنج^(۲۱، ۲۲)، پوست بادام و گردو^(۲۳) برای حذف آلاینده‌های آلی و غیرآلی بعلت کم هزینه‌بودن استفاده می‌کنند. ساقه کلزا یکی از پسماندهای لیگنوسلولزی است که تولید آن در ایران و جهان بدلیل افزایش تولید و مصرف روغن‌های گیاهی در حال افزایش است^(۲۴، ۲۵). تحقیقات نشان می‌دهد که میزان پسماندهای حاصل از کشت و برداشت گیاه کلزا در مزارع کشور در سال ۱۳۸۵ بیشتر از ۵۸ هزار تن بوده است که بخش قابل توجهی از آن بعنوان پسماندهای کشاورزی در خاک مناطق کشاورزی باقی مانده یا سوزانده می‌شود^(۲۶). گیاه کلزا با نام دیگر کانولا و اسم علمی (Canola napus) در کارخانجات تولید مواد غذایی و روغن نباتی کاربرد فراوان دارد^(۲۷). وجود ترکیباتی مانند سلولز، لیگنین، سیلیکا و جایگاه‌های سطحی مناسب در این گیاه آن را به یک جاذب مؤثر در جذب ترکیبات آلی از محلول آبی تبدیل نموده است^(۲۴). پژوهش حاضر با هدف بررسی امکان استفاده از زائدات گیاه کلزا جهت حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از محلول‌های آبی انجام شد. در این مطالعه عواملی مانند زمان تماس، pH محلول، غلظت رنگ و دز جاذب بر کارایی جذب رنگ در محلول آبی و نیز تعیین ایزوترم و مدل‌های سینتیکی جذب مورد بررسی قرار گرفتند.

■ روش کار

تحقیق حاضر یک مطالعه تجربی بود که در سیستم ناپیوسته و در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد. در این مطالعه، از ضایعات گیاه کلزا بعنوان جاذب در حذف رنگ راکتیو رد ۱۹۸ استفاده گردید. برای انجام مطالعه، زائدات گیاه کلزا در فصل برداشت محصول از زمین‌های کشاورزی شهرستان ساری جمع‌آوری شد، مراحل کار بصورت زیر بود:

مواد مورد استفاده: در این مطالعه رنگ راکتیو رد ۱۹۸ از شرکت الوان ثابت و اسیدکلریدریک و هیدروکسیدسدیم از شرکت مرک تهیه شد.

مشخصات رنگ: رنگ راکتیو رد ۱۹۸ با فرمول شیمیایی از نوع رنگ‌های آزو $C_{27}H_{18}ClN_7Na_4O_{15}S_5$ با درجه خلوص ۹۹ درصد و وزن مولکولی ۹۶۷/۵ گرم در مول می‌باشد^(۲۸). ساختار رنگ مورد استفاده در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱- ساختار راکتیو رد ۱۹۸ (۲۹)

آماده‌سازی محلول آبی: در این مطالعه محلول استوک ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر رنگ با انحلال ۱ گرم از رنگ در یک لیتر آب دوبار تقطیر تهیه شد. سپس محلول‌های نمونه به حجم ۱۰۰ میلی لیتر و دارای غلظت‌های مشخص رنگ از طریق رقیق کردن محلول استوک در ارلن های ۲۵۰ میلی لیتری آماده گردید. جهت تنظیم pH از محلول اسیدکلریدریک و هیدروکسیدسدیم ۰/۱ نرمال استفاده شد.

آماده‌سازی جاذب

جهت آماده‌سازی اولیه این زائدات، برای حذف گرد و غبار، آن‌ها را با آب مقطر دو بار تقطیر شستشو داده سپس رطوبت آن تحت تابش نور آفتاب بطور کامل از بین رفت.

جاذب خشک شده آسیاب و برای دانه‌بندی از الک‌های استاندارد با مش ۱۰ تا ۱۸ استفاده شد. در مرحله بعد با استفاده از هیدروکلریک اسید ۰/۱ مولار برای مدت ۶ ساعت بیومس خشک شده اصلاح شد^(۲۶). برای از بین بردن اسید با آب مقطر دو بار تقطیر، سه بار شسته شد و پس از این مرحله، در فور در ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت خشک گردید. سرانجام جاذب آماده شده تا زمان استفاده در دیسکاتور نگهداری شد^(۲۶).

مشخصات جاذب: سطح ویژه و حجم تخلخل‌های بسته جاذب با کمک آزمایش BET با دستگاه Gemini 2375 شرکت Micromeritics آمریکا و چگالی ذرات با دستگاه پیکنومتر AccuPyc 1330 همان شرکت و در پژوهشگاه مواد و انرژی کرج تعیین شده است.

روش انجام آزمایشات: آزمایشات بصورت ناپیوسته و با تغییر ۴ فاکتور زمان تماس (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه) pH (۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۱)، غلظت اولیه رنگ (۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر) و دز جاذب (۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ گرم در لیتر) صورت گرفت. بمنظور تعیین زمان تماس بر میزان ظرفیت جذب، مقدار ۸ گرم جاذب در یک لیتر محلول رنگ با غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر و pH برابر با ۷ قرار داده شد. پس از قرار دادن نمونه‌ها بر روی شیکر با سرعت اختلاط ۱۸۰ دور در دقیقه و زمان تماس‌های مختلف، نمونه از روی شیکر برداشته شده و با ۳۶۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شد. نمونه صاف شده جهت سنجش مقدار رنگ باقیمانده مورد استفاده قرار گرفت. به منظور تعیین اثر pH در عملکرد جاذب مقدار ۸ گرم جاذب در یک لیتر محلول رنگ با غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر در مدت ۷۵ دقیقه و در pH های مختلف قرار داده شد. جهت بررسی اثر غلظت اولیه رنگ، میزان دز جاذب ۸ گرم در یک لیتر در طی مدت ۷۵ دقیقه و در pH خنثی در تماس با محلول‌های مختلف رنگ قرار گرفت. تمام مراحل آزمایش جهت حصول اطمینان از صحت و دقت نتایج در سه مرحله تکرار شد. بنابراین تعداد نمونه‌های مورد نظر با توجه به بهینه بودن پارامترها و تکرار آزمایشات ۱۵۰ نمونه می‌باشد.

بین ذره‌ای در این مطالعه استفاده شدند که معادلات مربوط به آنها در زیر آمده است (۳۴، ۳۵).

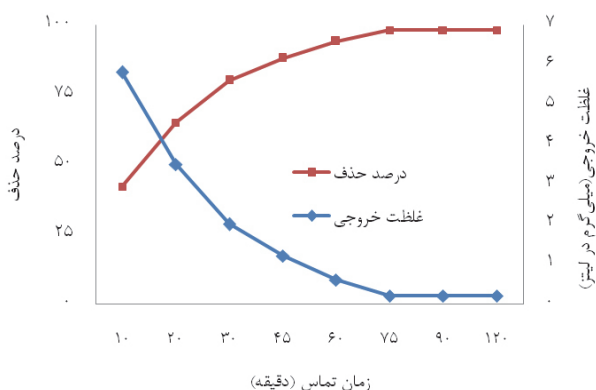
$$\begin{aligned} \text{درجه اول} \quad \text{Log}(q_e - q) &= \log q_e - \frac{K_1 t}{2.3} \\ \text{درجه دوم} \quad \frac{t}{q} &= \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e t} \\ \text{پخش بین ذره‌ای} \quad q_t &= k_{\text{dif}} t^{0.5} + C \end{aligned}$$

یافته‌ها

مشخصات جاذب: کلزا مورد استفاده دارای سطح ویژه ۳۲/۵ متر مربع در هر گرم بود و حجم کل تخلخل بیومس کلزا برابر با ۰/۰۱۹ سانتیمتر مکعب بر گرم می‌باشد.

بررسی تاثیر زمان تماس

نتایج حاصل از مطالعه تاثیر زمان تماس بر میزان جذب در نمودار ۱ نشان داده شده است که میزان ظرفیت و راندمان جذب رنگ در محلول آبی نمونه توسط زائدات گیاه کلزا با افزایش زمان تماس افزایش می‌یابد و جذب رنگ بسیار سریع اتفاق می‌افتد بطوریکه ۷۰ درصد جذب در طی ۳۰ دقیقه ابتدایی اتفاق افتاد و با افزایش مدت زمان تماس، سرعت جذب کاهش یافت. کاهش شیب نمودار با افزایش زمان تماس نشان دهنده پیشرفت واکنش به سمت ایجاد تعادل و اشباع شدن جاذب بود که در زمان ۷۵ دقیقه بدست آمد. آنالیز ANOVA با $P < 0/05$ معنادار بودن افزایش زمان تماس با درصد حذف را



نمودار ۱- تاثیر زمان تماس زائدات گیاه کلزا بر کارایی حذف رنگ راکتیو رد ۱۹۸ از محلول‌های آبی
(دوز جاذب ۸ g/L، غلظت رنگ ۱۰ mg/L، pH=۷)

جهت تعیین ظرفیت جذب و راندمان حذف از معادلات ۱ و ۲ استفاده شد. در این رابطه R راندمان، q_e ظرفیت جذب بر حسب میلی‌گرم به ازای هر گرم جذب، C_0 غلظت اولیه رنگ راکتیو رد ۱۹۸ بر حسب میلی‌گرم در لیتر، C_e غلظت رنگ راکتیو رد ۱۹۸ در زمان t بر حسب میلی‌گرم در لیتر، M جرم جاذب بر حسب گرم و V حجم نمونه بر حسب لیتر می‌باشد.

$$\begin{aligned} \text{معادله ۱} \quad R &= \frac{(C_0 - C_e) \times 100}{C_0} \\ \text{معادله ۲} \quad q_e &= \frac{(C_0 - C_e) \times V}{M} \end{aligned}$$

روش آنالیز نمونه‌ها: برای اندازه‌گیری غلظت باقیمانده از دستگاه اسپکتروفتومتری (مدل DR4000 ساخت کشور آلمان) استفاده گردید و حداکثر طول موج برای اندازه‌گیری رنگ راکتیو رد ۱۹۸ برابر با ۵۱۸ نانومتر بدست آمد که در مقالات کار شده نیز این طول موج اشاره شده است (۳۰، ۳۱). برای سنجش، ابتدا منحنی کالیبراسیون، با ۱۰ غلظت مختلف از رنگ راکتیو رد ۱۹۸ رسم گردید که R^2 آن برابر با ۰/۹۹۹ بود. آنالیز و تفسیر داده‌ها نیز با استفاده از نرم افزار Excel و ضریب رگرسیون صورت گرفت.

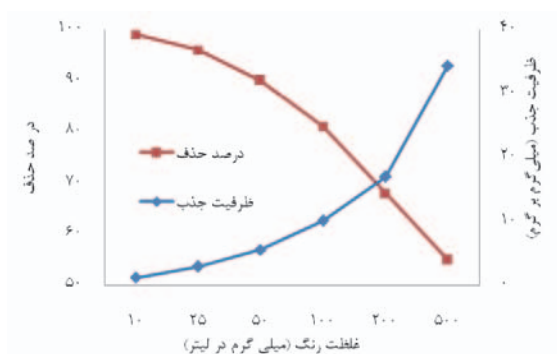
تعیین ایزوترم جذب: چندین مدل مختلف برای تشریح داده‌های حاصل از آزمایشات جذب در منابع علمی وجود دارد که مهمترین آنها ایزوترم‌های جذب است. تحلیل ایزوترم جذب جهت توسعه یک معادله بمنظور نمایش دقیق نتایج و برای مقاصد طراحی سیستم‌های جذب بسیار مهم است. در این مطالعه سه مدل برای بیان ارتباط بین مقدار رنگ جذب شده و غلظت تعادلی آن در محلول بکار رفته است. این سه مدل ایزوترم‌های فروندلیچ، لانگمیر و تمکین می‌باشند. معادلات مربوط به ایزوترم‌ها در زیر آمده است (۳۲، ۳۳).

$$\begin{aligned} \text{معادله لانگمیر} \quad \frac{C_e}{q_e} &= \frac{1}{q_m K_L} + \frac{C_e}{q_m} \\ \text{معادله فروندلیچ} \quad \text{Log} \frac{x}{m} &= \frac{1}{n} \log C_e + \log K_F \end{aligned}$$

$$\text{معادله تمکین} \quad q_e = B_1 \ln(k_1) + B_1 \ln(C_e)$$

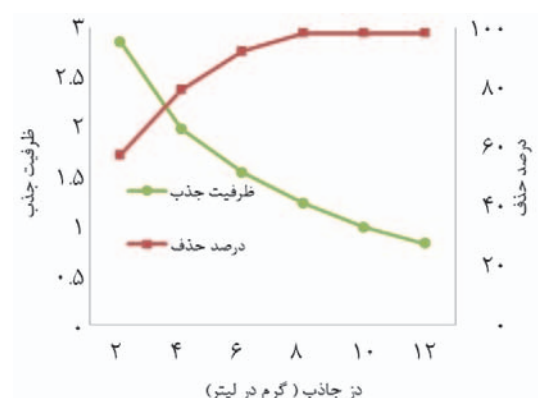
تعیین میزان سینتیک جذب: مدل‌های سینتیکی برای شفاف‌سازی مکانیسم و سرعت واکنش در فرایند جذب سطحی پیشنهاد می‌شوند. این مدل‌ها به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی جاذب و فرایند انتقال جرم وابسته می‌باشند سه مدل سینتیکی درجه اول، درجه دوم، پخش

ترتیب برابر با ۹۹ و ۵۴ درصد می‌باشد. آنالیز ANOVA با $P < 0/05$ معنادار بودن کاهش درصد حذف با افزایش غلظت اولیه رنگ را نشان می‌دهد. همچنین آنالیز داده‌ها با استفاده از رگرسیون خطی بطور معنی‌داری نشان داد که با افزایش یک واحد غلظت رنگ، میزان درصد حذف به طور متوسط ۰/۱۴ کاهش می‌یابد.



نمودار ۳- تاثیر غلظت اولیه رنگ راکتیو رد ۱۹۸ بر روی کارایی حذف آن از محلول‌های آبی در حضور زائدات گیاه کلزا (دز جاذب ۸ g/L، زمان تماس ۷۵ دقیقه، pH=۷)

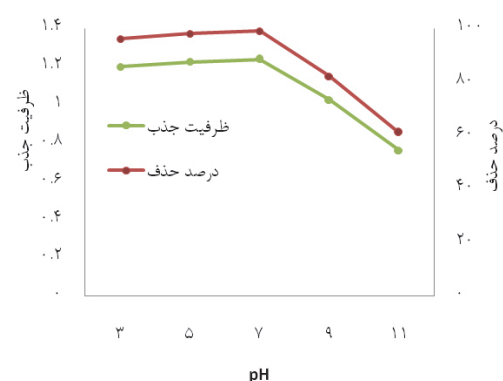
اثر غلظت جاذب: تاثیر مقدار اولیه غلظت جاذب بر روی کارایی حذف رنگ در سیستم مورد مطالعه با تغییر در مقادیر آن (۲ تا ۱۲ گرم در لیتر) انجام شد. نتایج این قسمت از مطالعه بیانگر این موضوع بود که با افزایش غلظت جاذب تا مقدار ۸ گرم، میزان درصد حذف رنگ راکتیو رد ۱۹۸ با شیب



نمودار ۴- (pH=۷، غلظت رنگ ۱۰ mg/L، زمان تماس ۷۵ دقیقه)

نشان می‌دهد. همچنین آنالیز داده‌ها با استفاده از رگرسیون چند جمله‌ای بطور معنی‌داری نشان داد که با افزایش یک واحد زمان تماس، میزان درصد حذف برای جاذب به طور متوسط ۰/۰۲۸ افزایش می‌یابد. در مطالعه حاضر بیشترین جذب در ۳۰ دقیقه ابتدایی صورت گرفت ولی جذب با سرعت کمتری تا دقیقه ۷۵ ادامه داشت بنابراین زمان تماس ۷۵ دقیقه به عنوان زمان تماس بهینه انتخاب شد.

تاثیر pH: نتایج حاصل از مطالعه تاثیر pH بر میزان جذب در نمودار ۲ نشان داد که میزان ظرفیت جذب رنگ در محلول آبی با افزایش pH از ۳ تا ۷ تقریباً ثابت می‌باشد و سپس میزان جذب در pH بازی (pH بالاتر از ۷) کاهش می‌یابد، بنابراین بیشترین جذب در pH=۷ رخ داد تفاوت جذب در pH ۳ تا ۷ در حد ۲ درصد می‌باشد.



نمودار ۲- تاثیر pH محیط بر کارایی زائدات گیاه کلزا در حذف رنگ راکتیو رد ۱۹۸ از محلول‌های آبی (دز جاذب ۸ g/L، غلظت رنگ ۱۰ mg/L، زمان تماس ۷۵ دقیقه)

اثر غلظت اولیه رنگ: تاثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف، در سیستم مورد مطالعه با تغییر در غلظت اولیه آلاینده بر حسب میلی‌گرم در لیتر (۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰) انجام شد. آزمایشات در pH بهینه ۷ و غلظت جاذب ۸ گرم در لیتر، صورت گرفت. در نمودار ۳ نتایج حاصل از تاثیر غلظت اولیه رنگ نشان داده شده است و همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت رنگ میزان حذف کاهش می‌یابد بطوریکه برای غلظت‌های ۱۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر میزان حذف در زمان تعادل ۷۵ دقیقه به

جدول شماره ۱- پارامترهای محاسبه شده برای مدل‌های ایزوترمی

مدل فروندلیچ			مدل لانگمیر			مدل تمکین			
$C_0(\text{mg/l})$	$1/n$	k_f	R^2	q_m	K_L	R^2	K_t	B_1	R^2
۱۰	۰/۴۷	۱/۲	۰/۹۳۶	۱۲/۸	۰/۰۲۴	۰/۹۹۹	۱/۹۶	۰/۸۹	۰/۸۸۴
۲۵	۰/۵۵	۲/۲	۰/۹۰۴	۱۹/۲۵	۰/۰۱۹	۰/۹۹۴	۳/۱۲	۱/۳۴	۰/۸۶۱

جدول شماره ۲- نتایج حاصل از بررسی سینتیک‌های مورد مطالعه

سنتیک درجه ۲				سنتیک درجه ۱			پخش بین ذره ای		
$C_0(\text{mg/l})$	K_2	q_e	R^2	q_e	K	R^2	C	K_{dif}	R^2
۱۰	۰/۴۷	۸/۹	۰/۹۹۸	۳/۱۷	۰/۰۴۱	۰/۹۴۳	۴/۲	۰/۱۴	۰/۹۲۶
۲۵	۰/۵۵	۱۴/۲	۰/۹۹۲	۵/۶	۰/۰۵۲	۰/۹۱۲	۶/۷	۰/۱۸۲	۰/۹۰۸

موضوع است که در ۳۰ دقیقه ابتدایی، بیشترین جذب رنگ صورت گرفت. این موضوع از نظر طراحی و حجم خالی بستر مورد نیاز جهت جذب اهمیت دارد؛ بطوریکه هرچه سرعت جذب زیادتر باشد مخازن و فضای مورد نیاز کمتر خواهد شد.^(۳۶) عبارت دیگر در مراحل اولیه، تعداد زیادی از مکان‌های سطحی خالی برای جذب سطحی در دسترس است و با گذشت زمان، اشغال مکان‌های سطحی خالی باقیمانده مشکل می‌شود؛ زیرا بین مولکول‌های رنگ جذب شده روی سطح جامد و مولکول‌هایی که در حالت محلول قرار دارند، دافعه بوجود می‌آید.^(۳۷) در مطالعه حاضر بیشترین جذب در ۳۰ دقیقه ابتدایی صورت گرفت ولی جذب با سرعت کمتری تا دقیقه ۷۵ ادامه داشت بنابراین زمان تماس ۷۵ دقیقه بعنوان زمان تماس بهینه انتخاب شد و با مطالعاتی که در زمینه حذف رنگ با استفاده از جاذب آزولا و کاه برنج انجام شده است همخوانی دارد بطوریکه در این مطالعات نیز بیشترین جذب در ۳۰ دقیقه ابتدایی بوده است ولی جذب با سرعت کمتری تا زمان تماس ۷۵ دقیقه ادامه داشته است.^(۲۹، ۲۲)

یکی از مهمترین ویژگی‌های جاذب که قبل از شروع آزمایش باید به آن توجه نمود سطح ویژه جاذب می‌باشد چون اگر جاذب مورد استفاده دارای سطح ویژه بالایی باشد، دارای خلل و فرج بیشتر و در نتیجه سطح تماس بالاتری با ماده جذب شونده خواهد بود. سطح ویژه جاذب مورد استفاده ۳۲/۵ مترمربع به ازای هر گرم می‌باشد و نشان‌دهنده این است که جاذب از سطح ویژه و سطح تماس

زیاد افزایش یافت و بعد از این مقدار میزان جذب با افزایش غلظت جاذب تغییری نکرد. بنابراین مقدار ۸ گرم در یک لیتر محلول رنگ بعنوان غلظت بهینه انتخاب و در آزمایشات استفاده شد که در نمودار ۴ نشان داده شده است. آنالیز ANOVA با $P < ۰/۰۵$ معنادار بودن افزایش درصد حذف با افزایش غلظت جاذب را تایید می‌کند و آنالیز داده‌ها با استفاده از رگرسیون خطی به طور معنی‌داری نشان داد که با افزایش یک واحد غلظت جاذب میزان درصد حذف ۰/۰۴۲ افزایش می‌یابد.

نتایج ایزوترمی و سنتیکی: نتایج حاصل از بررسی‌های ایزوترمی و سنتیکی در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است و براساس بررسی داده‌های تعادلی و معادلات ایزوترمی و نتایج حاصل از آن می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که جذب رنگ راکتیو رد ۱۹۸ بر روی زائدات گیاه کلزا با توجه به ضریب همبستگی بالای ۰/۹۹ از ایزوترم لانگمیر تبعیت می‌کند و حداکثر مقدار جذب با مدل لانگمیر ۱۹/۲۵ میلی‌گرم به ازای گرم جاذب بدست آمد. همچنین بررسی داده‌های حاصل از این تحقیق بیانگر این موضوع بود که مقدار ضریب همبستگی (R^2) در هر سه مدل سینتیکی بالای ۰/۹ می‌باشد ولی R^2 برای مدل درجه دوم نسبت به سایر مدل‌ها بالاتر می‌باشد.

بحث

در این مطالعه کارآیی و پارامترهای بهینه در جذب رنگ راکتیو رد ۱۹۸ توسط پسماند کشاورزی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی زمان جذب در مطالعه حاضر بیانگر این

بنظر می‌رسد که گروه‌های عاملی موجود روی سطح جاذب نقش مهمی ایفا می‌کنند. بطوری که در pH بیشتر از ۷ باعث افزایش پیوند میان گروه‌های OH روی سطوح جاذب می‌شوند و به آن بار منفی می‌دهند و باعث کاهش جذب نسبت به شرایط اسیدی و خنثی می‌شوند^(۳۵).

در این پژوهش با افزایش غلظت اولیه رنگ راکتیو، راندمان حذف کاهش می‌یابد. برخلاف راندمان جذب، میزان رنگ جذب در واحد جرم جاذب با افزایش غلظت اولیه آلاینده افزایش می‌یابد. علت افزایش میزان جذب رنگ در غلظت‌های بالاتر به این دلیل است که در چنین شرایطی، نیروی انتقال جرم افزایش می‌یابد و همین پدیده بر نیروی مقاومت کننده در برابر جذب غلبه می‌کند و باعث ایجاد نیروی رانش قابل توجهی جهت انتقال آلاینده از فاز مایع به سطح مشترک جاذب مایع می‌شود و در نتیجه باعث افزایش میزان جذب در واحد جرم جاذب می‌گردد چنین نتایجی توسط مطالعات مختلفی تأیید شده است^(۷، ۴۲).
افزایش جذب به ازای افزایش هر گرم جاذب کاملاً منطقی بنظر می‌رسد. به عنوان مثال در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر اگر ۱۰۰ درصد جذب نیز صورت گیرد ماکزیمم جذب ۱۰ میلی‌گرم به ازای هر گرم جاذب خواهد بود. بشرطی که در آزمایش مورد نظر ۱ گرم جاذب استفاده شده باشد. ولی با همین غلظت جاذب اگر در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر حتی ۴۰ درصد حذف انجام شود یعنی ۲۰ میلی‌گرم از آلاینده حذف شده است و میزان بیشتری رنگ توسط یک گرم جاذب جذب شده است و در مطالعات این امر با مثال مشابه تأیید شده است^(۳۵، ۴۳).

نتایج حاصل از بررسی اثر غلظت جاذب نشان داد که با افزایش غلظت جاذب، راندمان حذف افزایش می‌یابد. این افزایش در دزهای کمتر با سرعت بیشتری اتفاق می‌افتد و به تدریج افزایش غلظت با شیب کمتری ادامه می‌یابد. دلیل این امر می‌تواند بیشتر بودن مساحت سطحی و وجود مکان‌های جذب در دسترس باشد. ززولی و همکاران نیز دلیل افزایش راندمان حذف همراه با افزایش دز جاذب را در دسترس بودن مساحت سطحی بزرگ‌تر و مکان‌های جذب بیشتر ذکر کردند^(۲۹). نتایج این بخش از مطالعه با مطالعات صورت گرفته با جاذب‌های گیاهی کاملاً مطابقت دارد بطوریکه پنوسامی و دیانتهی در مطالعات مشابه با جاذب پوخته و کاه

خوبی برخوردار است^(۳۸). مقایسه سطح تماس این جاذب با جاذب‌های گیاهی دیگر نشان می‌دهد که نسبت به جاذب بوجود آمده از پوسته بادام و گردو دارای سطح بیشتری می‌باشد بطوریکه سطح ویژه این جاذب‌ها به ترتیب برابر با ۱۴، ۶ مترمربع به ازای هر گرم می‌باشد ولی دارای سطح تماس تقریباً برابری با گیاه آزولا و عدسک می‌باشد به همین خاطر در مطالعه بلارک و همکاران با استفاده از جاذب آزولا برای جذب رنگ مورد استفاده در همین تحقیق در بهترین شرایط میزان جذب ۹۹ درصد بدست آمده است و جاذب آزولا دارای سطح تماس ۳۴ مترمربع به ازای هر گرم می‌باشد^(۲۹) و سطح ویژه جاذب عدسک نیز ۳۰ مترمربع به ازای هر گرم ذکر شده است^(۳۹). همچنین مقایسه سطح ویژه این جاذب طبیعی با جاذب‌های معدنی مثل گل قرمز نشان می‌دهد که دارای سطح تماس برابری با این جاذب می‌باشد سطح ویژه جاذب گل قرمز ۳۰ متر مربع به ازای هر گرم ذکر شده است^(۳۵). بنابراین نه تنها سطح جذب بیشتر یا برابری نسبت به جاذب‌های گیاهی دارد بلکه دارای رقابت خوبی از نظر جذب با جاذب‌های معدنی می‌باشد.

pH یکی از پارامترهای مهم کیفی فاضلاب است که می‌تواند از طریق اثر بر درجه یونیزاسیون و ویژگی‌های سطح جاذب، بر ظرفیت جذب تأثیر بگذارد. بسیاری از محققین معتقدند که pH نقشی ضروری در جاذبه الکترواستاتیکی بین جاذب و رنگ‌زای هدف ایفا می‌نماید^(۴۰). در pH های پایین بار جاذبها مثبت بوده و یک تبادل الکترون در بین جاذب و حلقه آروماتیکی رنگ راکتیو رخ می‌دهد. در pH های پایین یون‌های هیدروژن اطراف جاذب را احاطه کرده و سبب افزایش نیروی جذب بین جاذب و رنگ می‌گردند. اما با افزایش pH این نیرو بین جاذب و جذب شونده کمتر شده و به همین نسبت ظرفیت جذب نیز کاهش می‌یابد. در pH های بالا بار جاذب منفی بوده که این امر سبب افزایش نیروی دافعه بین جاذب و رنگ می‌گردد. در مطالعه حذف رنگ در حالت خنثی بیشترین جذب صورت گرفته است که یافته‌ها این مطالعه با نتایج بدست آمده در مطالعه موسوی و ززولی که بترتیب درباره حذف رنگ توسط لجن و حذف رنگ با بیومس آزولا بوده است مطابقت دارد^(۲۹، ۴۱). اینگونه

برنج برای حذف رنگ، دلیل افزایش جذب با افزایش دز جذب را افزایش سطح تماس جاذب با مولکول‌های رنگ دانسته تاکید کرده‌اند که سطح جاذب بعد از مدتی اشباع می‌شود که به آن دز بهینه آزمایش گفته می‌شود^(۳۶، ۳۲).

در مطالعات مربوط به جذب آلاینده‌ها بر روی جاذب‌های مختلف، تعیین ایزوترم جذب و ظرفیت جاذب مورد استفاده از مهم‌ترین مشخصه‌هایی است که باید مورد توجه قرار گیرد. براساس بررسی ضرایب همبستگی منحنی‌های این سه مدل جذب می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که جذب رنگ راکتیو رد ۱۹۸ بر روی زائدات گیاه کلزا با توجه به ضریب همبستگی بالاتر برای ایزوترم لانگمیر از این مدل نسبت به سایر مدل‌ها بهتر پیروی می‌کند. نتایج این مطالعه با نتایج حمزه و ززولی برای حذف رنگ توسط گیاه کلزا کاملاً مطابقت داشته و این مدل نشان‌دهنده جذب تک لایه‌ای و منظم آلاینده بر روی جاذب می‌باشد^(۲۵، ۲۶). ماکزیمم جذب توسط مدل لانگمیر برای غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر برابر با ۱۹/۲۵ میلی‌گرم به ازای هر گرم جاذب می‌باشد و مقایسه حداکثر سرعت جذب جاذب کلزا برای جذب رنگ با جاذب‌های گیاهی مشابه دیگر مانند آزولا، عدسک، کاه برنج نشان‌دهنده جذب بیشتر رنگ توسط گیاه کلزا می‌باشد. لازم به ذکر است که حداکثر جذب برای این جاذب‌ها به ترتیب ۹/۸ و ۱۱/۲ و ۱۴/۱ میلی‌گرم به ازای هر گرم جاذب می‌باشد. در حالیکه برای جاذب کلزا ۱۹/۲۵ میلی‌گرم به ازای هر گرم جاذب بدست آمده است^(۳۹، ۳۲).

مطالعات سینتیک جذب نشان داد که جذب رنگ راکتیو رد ۱۹۸ برای هر دو غلظت ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر از سینتیک شبه درجه دو به ترتیب با R^2 یا ضریب رگرسیون ۰/۹۹۸ و ۰/۹۹۲ تبعیت می‌کند. همچنین جذب رنگ از سینتیک درجه ۱ با ضریب رگرسیون ۰/۹۴۳ و ۰/۹۱۲ بیشتر از سینتیک پخش بین‌ذره‌ای با ضریب رگرسیون ۰/۹۲۶ و ۰/۹۰۸ در غلظت‌های ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر تبعیت داشته است. ظرفیت جذب (q_e) نیز برای سینتیک درجه دو در هر دو غلظت ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر بیشتر از سینتیک درجه اول بوده است. بطوریکه برای غلظت ۱۰ و ۲۵ به ترتیب برای سینتیک درجه دو ۸/۹ و ۱۴/۲ و برای سینتیک درجه اول ۳/۱۷ و ۵/۶ میلی‌گرم به ازای هر گرم جاذب می‌باشد. مهمترین سنتیک از

نظر سرعت واکنش، درجه ۲ می‌باشد و بیشتر جاذب‌ها با کارایی بالا از این سنتیک پیروی می‌کنند و در مطالعه خالد و همکاران، تحت عنوان جذب رنگ اسیدی آبی ۱۰۶ با استفاده از پوست پرتقال، مطالعه دیانتی و همکاران تحت عنوان حذف رنگ توسط کاه برنج، نتایج کاملاً مشابه و داده‌های تعادلی از سینتیک درجه ۲ پیروی می‌کند^(۴۴، ۲۲). غالباً مدل درجه اول جهت مراحل اولیه جذب زیستی مناسب می‌باشد و برای توصیف تمامی مدت زمان جذب زیستی مناسب نیست. مدل درجه دو فرض را بر این قرار داده است که در فرآیند جذب دو واکنش اتفاق می‌افتد. واکنش اول که بسیار سریع می‌باشد و واکنش دوم که در زمان مواجهه طولانی‌تر اتفاق می‌افتد و همانطور که در بررسی تاثیر زمان تماس بر کارایی جذب توضیح داده شد ۸۰ درصد جذب رنگ در ۳۰ دقیقه ابتدایی و بطور سریع اتفاق افتاد و در ۴۵ دقیقه بعدی تا رسیدن به زمان تعادل فقط ۱۹ درصد حذف صورت گرفت و فرآیند حذف کاملاً دو مرحله‌ای و تاییدی بر سینتیک جذب درجه دو می‌باشد و با مطالعات مختلفی کاملاً همخوانی دارد^(۴۵، ۲۹).

نتیجه‌گیری

نتایج داده‌های این مطالعه نشان می‌دهد که با افزایش دز جذب و زمان تماس میزان جذب رنگ راکتیو رد ۱۹۸ افزایش می‌یابد. همچنین اگرچه با افزایش غلظت اولیه رنگ، میزان جذب آلاینده بر روی واحد جرم جاذب افزایش پیدا کرد، اما بطور کلی میزان درصد حذف آن کاهش می‌یابد. از سوی دیگر با توجه به کارایی مناسب، ارزانی و در دسترس بودن این نوع از جاذب‌های طبیعی و نیز مزاحمت‌های آن بعنوان پسماند کشاورزی، استفاده از آنها در تصفیه آب و فاضلاب بعنوان جاذب آلاینده نه تنها باعث تصفیه آب و فاضلاب شده بلکه سبب کاهش حجم پسماندهای کشاورزی و کنترل آلودگی‌های محیط زیست می‌گردد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مازندران و کمیته تحقیقات دانشجویی انجام گردید که بدین وسیله نویسندگان تشکر خود را ابراز می‌کنند.

References

1. Crini G, Badot PM. Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes using batch studies: A review of recent literature. *Progress in Polymer Science*. 2008; 33(4): 399-447.
2. Wang S, Boyjoo Y, Choueib A, Zhu ZH. Removal of dyes from aqueous solution using fly ash and red mud. *Water Research*. 2005; 39: 129-38.
3. Jaafari SJ, Shokouhi R, Edris HZ, Taghavi M, Arezoumandi R, Ahadi H. Removal of Reactive Black 5 (RB5) dye from aqueous solution by using of adsorption onto activated red mud: kinetic and equilibrium study. *Jundishapur Health Sciences*. 2012; 4(1): 57-67. [In persian]
4. Shokohi R, Samarghandi MR, Pourfarzi F, Shirzad Siboni M, Vahedi H. Removal of Reactive Black 5 (RB5) Dye from Aquatic Solution by Using of Adsorption onto Synthesized SodiumAlginate Magnetic Beads. *Health & Environmental*. 2011; 4(1): 1-10. [In persian]
5. Gok O, Ozcan AS, Ozcan A. Adsorption behavior of a textile dye of Reactive Blue 19 from aqueous solutions onto modified bentonite. *Applied Surface Science*. 2010; 256(17): 5439-43.
6. Safa Y, Bhatti HN. Adsorptive removal of direct textile dyes by low cost agricultural waste: Application of factorial design analysis. *Chemical Engineering Journal*. 2011; 167(1): 35-41.
7. Ghanizadeh Gh, Asgari G. Removal of Methylene Blue Dye from Synthetic Wastewater with Bone Char. *ijhe*. 2009; 2(2): 104-13.
8. Zazoli MA, Belalak D, Mahdavi Y, Karimnejad F. The application of Azolla filiculoides biomass in acid blue 15 dye (AB15) removal from aqueous solutions. *J Basic Research in Medical Science*. 2014; 1(1): 29-37.
9. Mahvi A, Heibati B. Removal Efficiency of Azo Dyes from Textile Effluent Using Activated Carbon Made from Walnut Wood and Determination of Isotherms of Acid Red18. *J health*. 2010; 1(3): 7-15. [In persian]
10. Padmesh TVN, Vijayaraghavan K, Sekaran G, Velan M. Application of Azolla rongpong on biosorption of acid red 88, acid green 3, acid orange 7 acid blue 15 from synthetic solutions. *Chemical Engineering Journal*. 2006; 122(1-2): 55-63.
11. Oliveira LS, Franca AS, Alves TM, Rocha SD. Evaluation of untreated coffee husks as potential biosorbents for treatment of dye contaminated waters. *J Hazard Mater*. 2008; 155(3): 507-12.
12. Una D, Zhanga X, Wu Y, Liu X. Adsorption of anionic dyes from aqueous solution on fly ash. *J Hazardous Materials*. 2010; 181(1-3): 335-42.
13. Cestari AR, Vieira EF, Vieira GS, Almeida LE. The removal of anionic dyes from aqueous solutions in the presence of anionic surfactant using aminopropylsilica: A kinetic study. *J Hazardous Materials*. 2006; 138(1): 133-41.
14. Nepradit S, Thiravetyan P, Towprayoon S. Adsorption of three azo reactive dyes by metal hydroxide sludge: effect of temperature, pH and electrolytes. *J Colloid Interface Sci*. 2004; 270(2): 255-61.
15. Cengiz S, Cavas L. Removal of methylene blue by invasive marine seaweed: *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*. *Bioresour Technol*. 2008; 99(7): 2357-63.
16. Zhang G, Li X, Li Y, Wu D, T, Sun Lu F. Removal of anionic dyes from aqueous solution by leaching solutions of white mud. *Desalination*. 2011; 274(1-3): 255-61.
17. Ghanieian MT, Ehrampoush MH, Ghanizadeh GH, Momtaz M. Study of Eggshell Performance as a Natural Sorbent for the Removal of Reactive Red 198 Dye from Aqueous Solution. *Toloo-E-Behdasht*. 2011; 10(1): 70-81. [In persian]
18. Zazouli MA, Balarak D, Mahdavi Y. Pyrocatechol Removal from Aqueous Solutions by Using Azolla Filiculoides. *Health Scope*. 2013; 2(1): 25-30.
19. Diyanati RA, Yousefi Z, Cherati JY, Balarak D. Adsorption of phenol by modified azolla from Aqueous Solution. *J Mazandaran Univ Med Sci*. 2013; 22(2): 13-21. [In Persian]
20. Diyanati RA, Yazdani cherati J, Belarak D. Effect of sorbitol on phenol removal rate by lemna minor. *J Mazandaran Univ Med Sci*. 2013; 22(2): 58-65. [InPersian]
21. Lin L, Zhai SR, Xiao ZY, Song Y, An QD, Song XW. Dye adsorption of mesoporous activated carbons produced from NaOH-pretreated rice husks. *Bioresource Technology*. 2013; (136): 437- 43.
22. Diyanati RA, Balarak D. Survey of efficiency agricultural weast in removal of acid orang 7(AO7) dyes from aqueous solution: kinetic and equilibrium study: *Iranian journal of health sciences*. 2013; 2(1): 35-40.
23. Pajooheshfar SP. Survey Removal of phenol from contaminated water using activated carbon and carbon skin almonds and walnuts. *Environmental Science and Technology*. 2009; 10(4): 219-33. [In persian]



24. Amouei A, Ehrampoush MH, Ghaneian MT, Asgharzadeh F, Mousapour A, Parsian H. Removing cadmium from aqueous solutions by the Canola residuals. JMUMS. 2014; 23(110): 154-63. [In Persian]
25. Hamzeh Y, Izadyar S, Azadeh E, Abyaz A, Asadollahi Y. Application of canola stalks waste as adsorbent of acid orange 7 from aqueous solution. Iran J Health & Environ. 2011; 4(1): 49-56. [In Persian]
26. Zazouli MA, Yazdani J, Balarak D, Ebrahimi M, Mahdavi Y. Removal Acid Blue 113 from Aqueous Solution by Canola. JMUMS. 2013; 23(2): 73-81. [In Persian]
27. Xu L, Diosady LL. Removal of phenolic compounds in the production of high-quality canola protein isolates. Food Research International. 2002; 35(1): 23-30.
28. Bazrafshan E, Kord Mostafapour F, Rezaie M. Survey Efficiency of Multi-Walled Carbon Nano Tubes For Removal of Reactive Red 198 From Aqueous Environments. Tooloe behdasht. 2013; 12(4): 215-30. [In Persian]
29. Zazouli MA, Balarak D, Mahdavi Y. Effect of azolla filiculoides on removal of reactive red 198 in aqueous solution. J advance in environmental health research. 2013; 1(1): 44-50.
30. Bazrafshan E, Mostafapour Kord F, Barikbin B. Decolorization of Reactive Red 198 by means of pistachio-nut shell ash. J Birjand Univ Med Sci. 2012; 19(3): 266-76. [In Persian]
31. Ghaneian MT, Dehvari M, Taghavi M, Amrollahi M, Jamshidi B. Application of Pomegranate Seed Powder in the removal of Reactive Red 198 dye from aqueous solutions. Jundishapur Journal of Health Sciences. 2012; 4(3): 45-55. [In Persian]
32. Madrakian T, Afkhami A, Ahmadi M. Adsorption and kinetic studies of seven different organic dyes onto magnetite nanoparticles loaded tea waste and removal of them from wastewater samples. Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc. 2012; 99: 102-9.
33. Li Q, Yue QY, Sun HJ, Su Y, Gao BY. A comparative study on the properties, mechanisms and process designs for the adsorption of non-ionic or anionic dyes onto cationic polymer/bentonite. J Environmental Management. 2010; 91(7): 1601-11.
34. Thinakaran N, Baskaralingam P, Pulikesi M, Panneerselvam P, Sivanesan S. Removal of Acid Violet 17 from aqueous solutions by adsorption onto activated carbon prepared from sun flower seed hull. J Hazardous Materials. 2008; 151(2-3): 316-22.
35. Zazouli MA, Balarak D, Mahdavi Y, Ebrahimi M. Adsorption rate of 198 reactive red dye from aqueous solutions by using activated red mud. Iranian journal of health sciences. 2013; 1(1): 36-43.
36. Ponnusami V, Krithika V, Madhuram V, Srivastava SN. Biosorption of reactive dye using acid-treated rice husk: Factorial design analysis. J Hazardous Materials. 2007; 142(1-2): 397-403.
37. Cai-yun T, Min L, Yu-Man L, Xiao-Qiao L, Zu-liang C. Biosorption of Basic Orange from aqueous solution onto dried A. filiculoides biomass: Equilibrium kinetic and FTIR studies. Desalination. 2010; 266(1-3): 56-62.
38. Cardoso NF, Lima EC, Pinto IS, Amavisca CV, Royer B, Pinto RB, et al. Application of cupuassu shell as biosorbent for the removal of textile dyes from aqueous solution. J Environmental Management. 2011; 92(4): 1237-47.
39. Diyanati RA, Yousefi Z, Cherati JY, Balarak D. The ability of Azolla and lemna minor biomass for adsorption of phenol from aqueous solutions. JMUMS. 2013; 23(106): 141-6. [In Persian]
40. Toor M, Jin B. Adsorption characteristics, isotherm, kinetics, and diffusion of modified natural bentonite for removing diazo dye. Chemical Engineering. 2012; 187: 79-88.
41. Asilian H, Moussavi GR, Mahmoudi M. Adsorption of reactive red 198 azo dye from aqueous solution onto the w coagulation Sludge of the water treatment plants. Health & environmental. 2010; 3(1): 93-102. [In Persian]
42. Zazouli MA, Balarak D, Mahdavi Y. Application of Azolla for 2, 4, 6-Trichlorophenol (TCP) Removal from aqueous solutions. Archives of Hygiene Sciences. 2013; 2(4): 17-24.
43. Zazouli MA, Balarak D, Mahdavi Y, Barafrashtehpour M, Ebrahimi M. Adsorption of Bisphenol from Industrial Wastewater by Modified Red Mud. J Health & Development. 2013; 2(1): 1-11. [In Persian]
44. Khaled A, El Nemr A, El-Sikaily A, Abdelwahab O. Removal of Direct N Blue- 106 from artificial textile dye effluent using activated carbon from orange peel: adsorption isotherm and kinetic studies. J Hazard Mater. 2009; 165(1-3): 100-10.
45. Kumar PS, Ramalingam S, Senthamarai C, Niranjanaa M, Vijayalakshmi S. Adsorption of dye from aqueous solution by cashew nut shell: Studies on equilibrium isotherm, kinetics and thermodynamics of interactions. Desalination. 2010; 261(1-2): 52-60.



Application of Canola Residuals in Absorption of Reactive Red 198 (RR198) Dye from Aqueous Solutions

Mohammad Ali Zazouli¹, Davoud Balarak^{2*}, Yousef Mahdavi³

1. Associate Professor, Health Sciences Research Center, School of Public Health, School of Public Health Mazandaran Medical Sciences University, Sari, Iran.

2. Instructor, Health Promotion Research Center, School of Public Health, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran

3. MSc Student of Environmental Health, Student Research Committee, School of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences Sari, Iran.

Received Date: 2014/04/04

Accept Date: 2014/07/02

Abstract

Background and Aims:

Dyes are one of the important toxic compounds in the industrial wastewater. Therefore, dyes must be removed using an effective method before being discharged into the environment. Absorption is one of the effective processes in purifying highly colored wastewater. In this study, the potential absorption of reactive red 198 by canola was investigated.

Methods:

Present study is an experimental survey that was performed in a batch system. The effects of influential variables such as contact time, pH of solution, initial dye concentration, were investigated in absorbent. The experiments were repeated in triplicate then isotherms and absorption reaction velocity of different models were analyzed by comparing the coefficient of determination. For measuring RR198 Spectrophotometer at wavelength of 518 nm was used.

Results:

The maximum capacity for absorption of the dye at the highest concentration was found to be 34.35 mg/min. The dye removal efficiency percentage decreased from %99 to %54 when the concentration of RR198 was increased from 10 mg/L to 500 mg/L. The results showed that Maximum removal was at 10 mg/L, absorbent dose of 8 g/L and contact time of 75 minutes. The Langmuir equation and pseudo- second order model showed the best fit for the experimental data.

Conclusion:

The result of present work indicated that the Canola residuals can be used as a suitable, low-cost and efficient absorbent to remove the dyes.

Keyword:

Canola residuals, Reactive red 198, Absorption ,Isotherm, Aqueous solutions

*Corresponding Author: Davoud Balarak, Health Promotion Research Center, School of Public Health, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran.
Email: dbalarak2@gmail.com