

کاربرد پودر هسته‌ی انار در حذف رنگ راکتیو قرمز 198 از محلول‌های آبی

محمد تقی قانعیان^۱، محبوبه دهواری^۲، محمود تقوی^۳، محسن امرالهی^{۴*}، بهزاد جمشیدی^۲

چکیده

زمینه و هدف: پساب‌های صنعتی به‌خصوص صنایع نساجی، به عنوان یکی از مشکلات زیست‌محیطی اساسی مطرح می‌باشند. رنگ‌ها موادی با ساختار پیچیده هستند که در نتیجه‌ی مراحل مختلف صنعت نساجی وارد فاضلاب می‌شوند. رنگ‌ها اغلب سمی، سرطان‌زا و جهش‌زا هستند. این مطالعه با هدف بررسی کارایی پودر هسته‌ی انار به‌عنوان یک جاذب طبیعی جدید در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از محلول‌های آبی انجام شد.

روش بررسی: این تحقیق به‌صورت تجربی و در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد که در آن خرد کردن و دانه‌بندی هسته‌ی انار با استفاده از آسیاب برقی و الک‌های استاندارد ASTM با اندازه‌های مش ۴۰ و ۱۰۰ انجام گرفت. در این مطالعه، متغیرهای دز جاذب (0.4 و 0.2 gr/100cc)، غلظت اولیه‌ی رنگ (50 و 25 mg/L) و زمان تماس (10 ، 20 ، 30 ، 40 ، 50 min) در شرایط اسیدی مورد بررسی قرار گرفت. غلظت مقادیر مجهول رنگ با استفاده از اسپکتروفتومتر UV/Vis (مدل SP-3000 Plus) در طول موج حداکثر جذب (518 نانومتر) تعیین گردید.

یافته‌ها: نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش دز جاذب و زمان تماس، راندمان حذف افزایش می‌یابد؛ در حالی‌که ظرفیت جذب (q_e) کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج با افزایش غلظت اولیه‌ی رنگ از 25 به 50 میلی‌گرم در لیتر، راندمان حذف کاهش یافته است؛ به‌طوری‌که برای غلظت رنگ 25 میلی‌گرم در لیتر در شرایط بهینه و زمان تعادل، راندمان حذف برابر با $79/44$ درصد و برای غلظت 50 میلی‌گرم در لیتر برابر با $62/6$ درصد بود. بررسی سینتیک جذب رنگ برای این جاذب جدید نشان داد که مدل سینتیک شبه درجه دوم ($R^2 > 0.99$) بیشترین تطابق را با داده‌های جذب دارد. همچنین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، مشخص گردید که جذب رنگ راکتیو ۱۹۸ توسط پودر هسته‌ی انار از مدل ایزوترمی فروندلیچ تبعیت می‌کند.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج، پودر هسته‌ی انار به‌عنوان یک جاذب طبیعی جدید قادر به جذب رنگ به‌عنوان آلاینده‌ی آلی شاخص با ظرفیت جذب مطلوب از محلول‌های آبی است.

کلید واژگان: رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸، جذب، هسته‌ی انار، سینتیک.

دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۷/۲۳

اعلام قبولی: ۱۳۹۱/۷/۲۹

۱- استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی

بهداشت محیط.

۳- کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط.

۱ و ۲- گروه مهندسی بهداشت، دانشکده‌ی

بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات

بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران.

۳- گروه مهندسی بهداشت، دانشکده‌ی

بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران،

ساری، ایران.

* نویسنده‌ی مسئول:

محسن امرالهی؛ گروه مهندسی بهداشت،

دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و

خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد،

یزد، ایران.

تلفن: ۰۰۹۸۹۱۰۳۰۹۰۱۸۶

Email: moamrollahi@gmail.com

دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۴/۴

مقدمه

صنایع نساجی به علت تنوع رنگ مصرفی و روش‌های تولید، پساب‌هایی با کمیت و کیفیت شیمیایی متفاوت، تولید می‌کنند. در این صنایع، مقادیر زیادی از فاضلاب‌های بسیار رنگی تولید شده که مقاوم به تجزیه‌ی بیولوژیک بوده، در برابر نور خورشید (۲،۱) و در محیط زیست پایدار می‌باشند (۳). بررسی‌ها نشان داده است که ۱۵-۲۰ درصد رنگ مصرفی در این صنایع به جریان فاضلاب وارد می‌شود (۴). مواد رنگی فاضلاب‌های صنعتی به دلیل سمی بودن بر روی موجودات آبرزی و اختلال در کارایی سیستم‌های طبیعی تصفیه‌ی فاضلاب مورد توجه هستند، زیرا ورود فاضلاب‌های رنگی به محیط‌های آبی به جلوگیری یا کاهش فرایندهای فتوسنتزی منجر می‌شود (۵). رنگ‌ها بر اساس ساختار شیمیایی یا گروه عاملی رنگ، به ۲۰-۳۰ گروه تقسیم می‌شوند که مهم‌ترین آنها آزو، آنتراکوئینون، فتالوسیانین و تری‌آریلن‌اتان هستند (۶). رنگ‌های راکتیو معمولاً کروموفورهای بر پایه‌ی آزو هستند که با انواع مختلفی از گروه‌های راکتیو ترکیب شده‌اند. این رنگ‌ها با فیبرهای نساجی نظیر کتان تشکیل پیوندهای کووالانس می‌دهند. رنگ‌های راکتیو دارای رنگ روشن، تکنیک‌های کاربری آسان و مصرف انرژی پایینی بوده‌اند و به میزان وسیعی در صنعت نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرند. از آنجایی که رنگ‌ها پایدار و عمدتاً سرطان‌زا و سمی هستند، آزادسازی آنها به محیط، مشکلات زیست‌محیطی، زیباشناختی و بهداشتی را به وجود می‌آورند. بنابراین حذف آن‌ها حایز اهمیت است. جذب این مواد بر روی توده‌های بیولوژیکی ضعیف بوده است و تحت شرایط هوای تجزیه نمی‌شود (۸،۷). روش‌های تصفیه‌ی متنوعی شامل فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی برای تصفیه‌ی پساب‌های رنگی مورد بررسی قرار گرفته‌اند (۹). در این رابطه، کاربرد فرایندهای شیمیایی نظیر انعقاد و لخته‌سازی به دلیل محدودیت کاربرد در حذف همه‌ی انواع رنگ‌ها و تولید مقادیر زیاد لجن شیمیایی و یا فرایندهای اکسیداسیون

پیشرفته با توجه به هزینه‌ی بالا و کارایی کم در حذف رنگ‌های دیسپرس و پیگمت با مشکلاتی مواجه است. از طرفی، فرایندهای بیولوژیکی به دلیل ساختار پیچیده و مقاومت این رنگ‌ها در برابر تجزیه‌ی بیولوژیکی کاربرد بسیار محدودی دارند (کتاب دکتر قانعیان). از میان فرایندهای مورد استفاده در حذف رنگ، فرآیند جذب سطحی از نظر هزینه‌ی اولیه، سادگی طراحی، بهره‌برداری آسان و حساس نبودن نسبت به مواد سمی، مقبولیت زیادی دارد (۱۰). فرآیند جذب، فرآیند انتقال مولکول‌های رنگ از فاز محلول به سطح مشترک بین ۲ فاز جامد-مایع می‌باشد. کربن فعال، رایج‌ترین جاذب مورد استفاده در جذب ترکیبات آلی و فلزات سنگین از محلول‌های آبی است (۱۱)؛ با این وجود، احیای حرارتی و شیمیایی آن گران است. لذا محققان به دنبال بهینه کردن جذب و توسعه‌ی جاذب‌های جدیدی با ظرفیت جذب بالا و هزینه‌ی پایین هستند (۱۲ و ۱۳). در این راستا اخیراً به جاذب‌های کم‌هزینه غیر متداول شامل مواد طبیعی، جاذب‌های بیولوژیکی و مواد زاید حاصل از کشاورزی توجه زیادی شده است. تاکنون جاذب‌هایی همچون خاکستر خرما، پوست سیب، سیوس گندم (۱۳)، پوست درخت اوکالپتوس، ساقه‌ی آفتابگردان (۱۴)، ساقه‌ی گندم (۱۵) و زایدات ذرت (۱۶) در حذف رنگ مورد استفاده قرار گرفته‌اند. میوه‌ی انار دارای خواص درمانی بوده و اهمیت اقتصادی و زیست‌محیطی دارد. انار محصول مهم بسیاری از مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان است. پوست و دانه‌ی انار، فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارند. این درخت به میزان وسیعی در ایران، هند، افغانستان و کشورهای مدیترانه‌ای و همچنین در آمریکا، چین، ژاپن و روسیه کشت می‌شود (۱۷ و ۱۸). از جمله کاربردهای عمده‌ی انار، تولید آب این میوه به عنوان نوشیدنی در مقیاس صنعتی و تولید رب انار می‌باشد که طی مراحل تولید آنها مقادیر زیادی از هسته‌ی انار باقی می‌ماند که می‌تواند به عنوان جاذب ارزان و در دسترس برای حذف

جذب انجام شد. نمونه‌ها پس از اختلاط و گذشت زمان مورد نظر، صاف و سپس غلظت رنگ باقیمانده اندازه‌گیری شد. طیف جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ نیز در محدوده‌ی طول موج ۲۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر در این مطالعه تهیه و بر اساس آن، طول موج حداکثر جذب رنگ مورد نظر (λ_{max}) تعیین شد. تعداد کل نمونه‌های مورد آزمایش ۵۴ مورد بوده و به‌منظور کنترل صحت داده‌ها، آزمایش‌ها با ۲ بار تکرار انجام شده است. سنجش غلظت رنگ باقیمانده با استفاده از اسپکتروفتومتر UV/Visible (مدل Optima SP-3000 Plus، ژاپن) در طول موج ۵۱۸ نانومتر انجام شد. برای تعیین غلظت‌های مجهول-رنگ از منحنی استاندارد و معادله‌ی بهترین خط برازش با ضریب همبستگی مناسب استفاده شد. آنالیز و تفسیر داده‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel و ضریب رگرسیون انجام شد. در این مطالعه، راندمان حذف و ظرفیت جذب رنگ بر اساس معادلات زیر تعیین گردید (۹، ۲۰):

$$\text{حذف رنگ (درصد)} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) V}{M} \quad (2)$$

با توجه به روابط فوق، C_0 ، غلظت اولیه‌ی رنگ (mg/L)، C_t ، غلظت در زمان t (mg/L)، q_e ، ظرفیت جذب تعادلی (mg/g)، C_e ، غلظت رنگ در زمان تعادل (mg/g)، V حجم محلول (L) و M، جرم جاذب (gr) می‌باشد.

یافته‌ها

در این تحقیق، طی مراحل اولیه، آزمون‌های مقدماتی جهت تعیین شرایط بهینه‌ی pH انجام گردید. به این منظور اثر pH محیط واکنش (۳، ۵، ۷، ۹) بر کارایی فرآیند بررسی شد که نتایج حاصل از آن نشان داد جذب رنگ

آلاینده‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. در مطالعه‌ی حاضر، پودر هسته‌ی انار به‌عنوان جاذبی جدید برای حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از محلول‌های آبی مورد استفاده قرار گرفته است و اثر پارامترهای مختلفی همچون دز جاذب، زمان تماس، غلظت اولیه‌ی رنگ، بررسی و مطابقت داده‌ها با معادلات ایزوترم و سینتیک جذب سنجیده می‌شود.

روش بررسی

این تحقیق یک مطالعه‌ی تجربی است که در آن آزمایشات به‌صورت ناپیوسته انجام گردید. رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ (RR198) یک رنگ راکتیو منوآزو است. این رنگ محصول شرکت دای‌استار بوده که از طریق شرکت نساجی یزدباف تهیه شده است. مشخصات رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ در جدول ۱ ارائه شده است (۱۹).

در این مطالعه، از هسته‌ی انار به‌عنوان یک جاذب طبیعی جدید استفاده شد. برای تهیه‌ی جاذب، دانه‌های انار پس از جمع‌آوری شسته، سپس به‌مدت ۲ ساعت جوشانده و در انکوباتور خشک شد. در نهایت، دانه‌ها توسط آسیاب برقی پودر گردید و جهت دانه‌بندی ذرات جاذب، از الک‌های استاندارد ۴۰ و ۱۰۰ استفاده شد. جهت اختلاط و تماس مناسب جاذب و رنگ از شیکر مکانیکی (INNOVA 40R، انگلیس) با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه و دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد استفاده گردید. آزمایشات در شرایط اسیدی (pH=۳) صورت گرفت و از اسید سولفوریک (۱N) جهت تنظیم pH استفاده شد. به منظور جداسازی ذرات جاذب از محلول از فیلتر با منافذ ۰/۲ میکرون استفاده شد. دز جاذب مورد بررسی در دو محدوده‌ی ۰/۲ و ۰/۴ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر و زمان تماس در گستره‌ی ۱۰ تا ۱۲۰ دقیقه، برای انجام مطالعات آزمایشگاهی جذب انتخاب گردید. غلظت رنگ در دو حالت ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر در نظر گرفته شد. در هر مرحله‌ی آزمایش، ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول رنگی با غلظت pH مشخصی به یک ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری افزوده و پس از افزودن جاذب مورد نظر، عمل اختلاط و سنجش روند

همان‌طور که در شکل شماره‌ی ۲ مشاهده می‌شود، با افزایش دز جاذب از ۰/۲ به ۰/۴ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر، راندمان حذف رنگ افزایش می‌یابد. بر اساس داده‌های ارائه‌شده در شکل ۲، با افزایش دز جاذب، حداکثر ظرفیت جذب (q_e) کاهش می‌یابد؛ به‌طوری‌که q_e در زمان ۳۰ دقیقه و دزهای جاذب ۰/۲ و ۰/۴ برای غلظت رنگ ۲۵mg/l به ترتیب ۹/۹۳ و ۵/۴۳ میلی‌گرم در لیتر و برای غلظت ۵۰mg/l، ۵/۶۵ و ۸/۷۴ میلی‌گرم در لیتر بوده است.

در این مطالعه، مدل‌های ایزوترم جذب لانگمیر، فروندلیچ و تمکین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از مطالعات ایزوترمی نشان داد که حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ با استفاده از پودر هسته‌ی انار برای هر دو غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر از مدل ایزوترم فروندلیچ ($R^2=0/949$)، پیروی می‌کند. نتایج حاصل از ایزوترم فروندلیچ در شکل ۳ ارائه شده است.

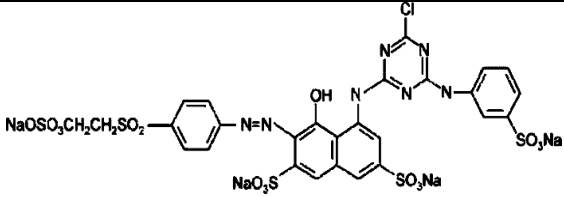
برای ارزیابی سینتیک جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ بر پودر هسته‌ی انار، داده‌های حاصل از تحقیق با مدل‌های شبه درجه‌ی اول و شبه درجه‌ی دوم مطابقت داده شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

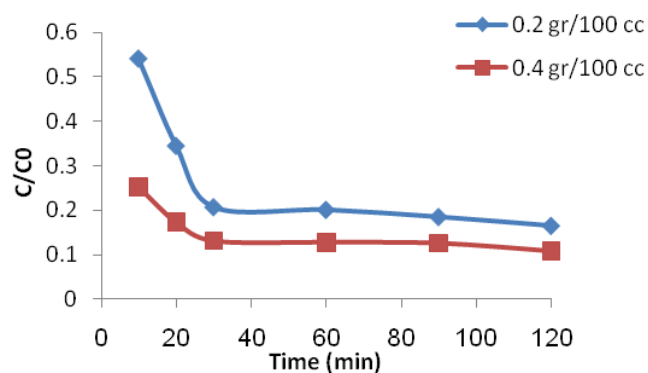
نتایج حاصل از مطالعات سینتیک جذب نشان داد که حذف رنگ RR198 در حضور پودر هسته‌ی انار از سینتیک شبه درجه‌ی دوم (R^2) برای غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر برابر با ۰/۹۹۸ و برای غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر برابر با ۰/۹۹۶ پیروی می‌کند.

راکتیو قرمز ۱۹۸ روی پودر هسته‌ی انار در $PH=3$ دارای بیشترین کارایی می‌باشد، لذا کلیه‌ی آزمایش‌ها در pH بهینه انجام شده است. جهت بررسی تأثیر غلظت اولیه‌ی رنگ در راندمان حذف، غلظت‌های ۵۰mg/l و ۲۵ رنگ در حضور مقادیر دز جاذب ۰/۲ و ۰/۴ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاصل از آن در شکل ۱ ارائه شده است. جهت تأثیر زمان تماس، زمان‌های: ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه در نظر گرفته شد. با توجه به داده‌های حاصل از این تحقیق، راندمان حذف با افزایش غلظت اولیه‌ی رنگ از ۲۵ به ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کاهش می‌یابد. برای جرم‌های جاذب ۰/۲ و ۰/۴ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر با غلظت اولیه‌ی رنگ ۲۵mg/l طی زمان تماس ۳۰ دقیقه، غلظت باقیمانده‌ی رنگ به ترتیب ۵/۱۴ و ۳/۲۸ میلی‌گرم در لیتر و با غلظت اولیه‌ی ۵۰mg/l، این اعداد به ترتیب برابر با ۱۸/۷ و ۱۵/۰۴ میلی‌گرم در لیتر بوده است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که با افزایش زمان واکنش، کارایی جذب زیاد شده و بیشترین میزان جذب در طی ۳۰ دقیقه‌ی اول واکنش اتفاق می‌افتد؛ به‌طوری‌که راندمان حذف برای دز جاذب ۰/۲ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر و غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر در زمان ۱۰ دقیقه به ترتیب ۴۶ و ۳۵/۴۴ درصد بوده و این میزان پس از زمان تماس ۳۰ دقیقه به ۷۹/۴۴ و ۶۲/۶ رسیده و جذب پس از این زمان افزایش چندانی نداشته است.

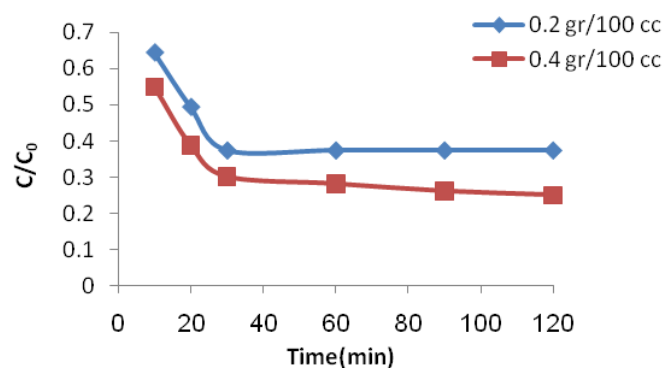
نتایج حاصل از بررسی اثر دز جاذب بر فرآیند جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ در شکل ۲ آورده شده است.

جدول (1). مشخصات رنگ راکتیو قرمز 198

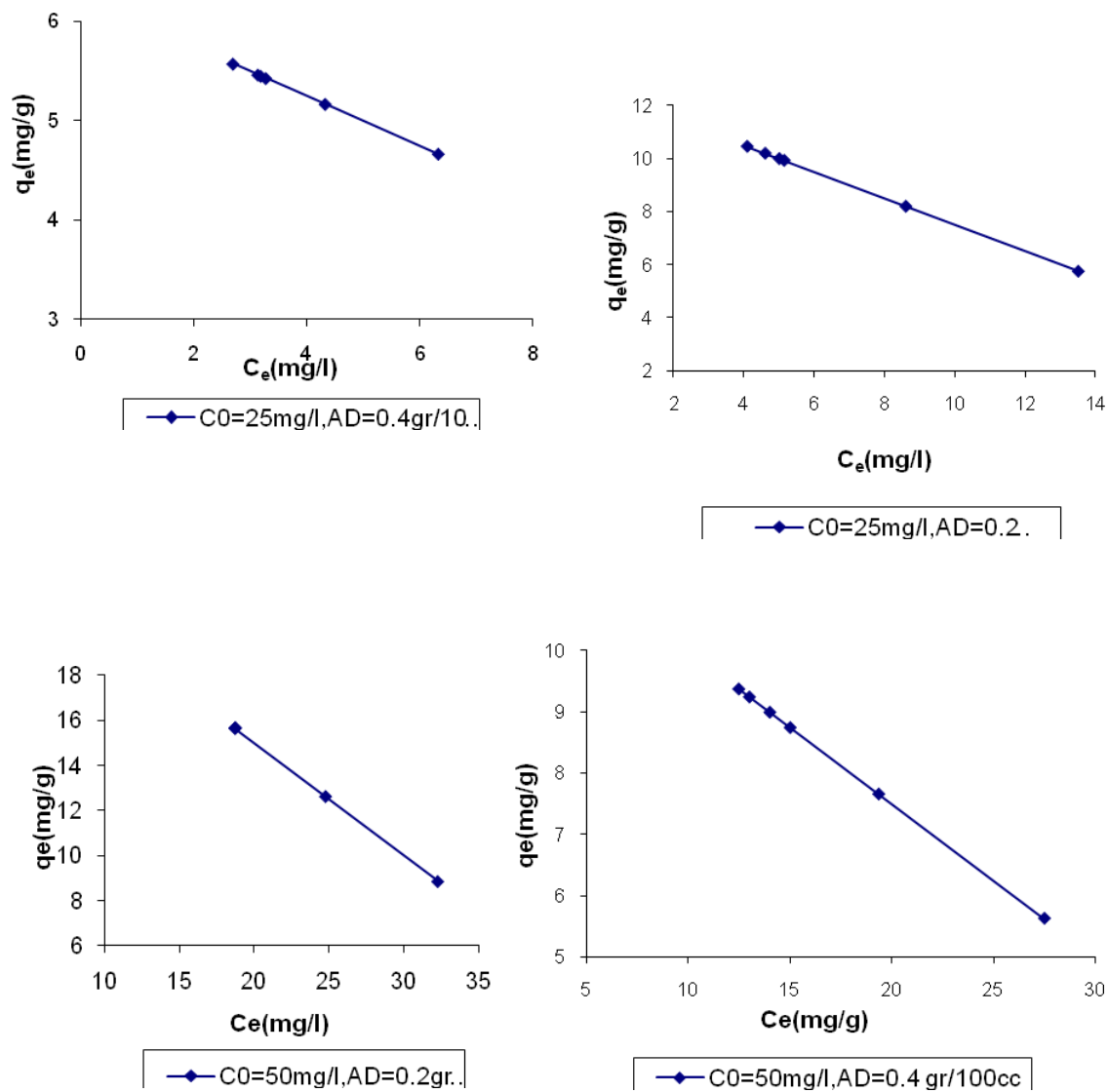
	ساختار شیمیایی
منوآزو	نوع رنگ
$C_{27}H_{18}ClN_7Na_4O_{15}S_5$	فرمول شیمیایی
967/5	وزن مولکولی (g/mol)
518 Nm	طول موج حداکثر جذب (nm)
Remazol Red 133	نام تجاری
18221	C.I.number



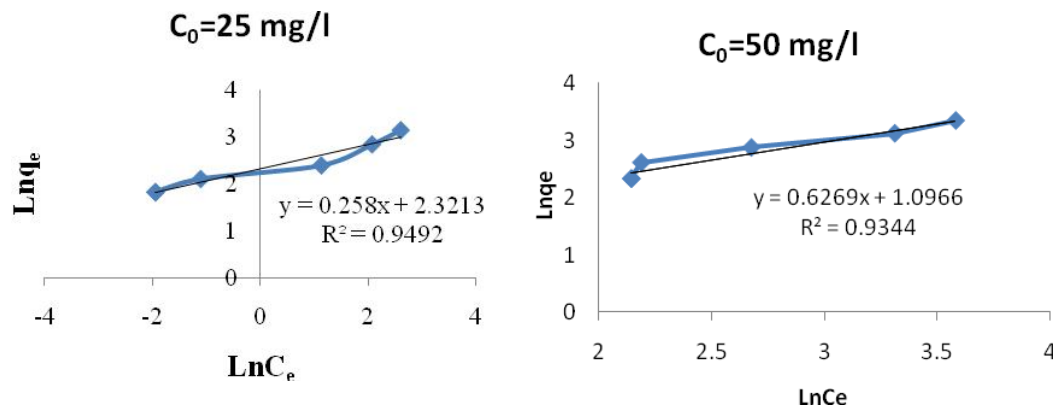
الف. غلظت اولیه‌ی رنگ، ۲۵ میلی‌گرم در لیتر



الف. غلظت اولیه‌ی رنگ، ۵۰ میلی‌گرم در لیتر



شکل ۲. اثر دز جاذب و غلظت اولیه‌ی رنگ بر غلظت باقیمانده و ظرفیت جذب



شکل ۳. نمودار ایزوترم فروندلیچ برای جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸

جدول ۲. پارامترهای مرتبط با سینتیک جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ بر پودر هسته انار (دزجاذب ۰/۲ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر و ۳: pH)

غلظت اولیه رنگ	واکنش شبه درجه اول	واکنش شبه درجه دوم
25 (mg/L)	$q_e(\text{calc.})(\text{mg/g})$ 3.5 $q_e(\text{exp.})(\text{mg/g})$ 10.96 $K_1(\text{min}^{-1})$ 0.017 R^2 0.763	$q_e(\text{mg/g})$ 11.11 $K_2(\text{g/mg.min})$ 0.013 R^2 0.998
50 (mg/L)	$q_e(\text{calc.})(\text{mg/g})$ 5.46 $q_e(\text{exp.})(\text{mg/g})$ 17.75 $K_1(\text{min}^{-1})$ 0.010 R^2 0.502	$q_e(\text{mg/g})$ 16.67 $K_2(\text{g/mg.min})$ R^2 0.011 0.996

شده در واحد جرم جاذب کاهش یافته است (۲۱). نتایج مشابهی نیز توسط الکادی و همکاران (۲۰۱۱) ارائه شده است. آنها طی مطالعه خود، سینتیک و ایزوترم جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ توسط ترکیبات زیستی پوسته تخم مرغ را بررسی نمودند. بر اساس نتایج این محققان، راندمان حذف تا محدوده‌ی معینی افزایش یافته و سپس ثابت مانده است (۲۰). قانعیان و همکاران (۱۳۹۰) نیز طی

بحث

مطابق با نتایج به دست آمده، میزان رنگ جذب شده به ازای واحد جرم جاذب (q_e) با افزایش جرم جاذب، کاهش و با افزایش غلظت رنگ، افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج گزارش شده توسط غنی زاده و عسگری (۱۳۸۸) در زمینه‌ی حذف رنگ متیلن بلو با استفاده از خاکستر استخوان، با افزایش جرم جاذب میزان آلاینده‌ی جذب-

مطالعه‌ی خود در مورد حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ توسط پودر استخوان ماهی مرکب به همین نتایج دست یافتند (۱). بر اساس نتایج مطالعه‌ی حاضر، راندمان حذف رنگ با افزایش غلظت اولیه‌ی رنگ کاهش و ظرفیت جذب رنگ، افزایش می‌یابد. این افزایش به دلیل کاهش مقاومت جاذب در برابر جذب آلاینده‌ی مورد نظر می‌باشد. کمال امین (۲۰۰۹) نیز طی مطالعه‌ی خود بر روی حذف رنگ آبی ۱۰۶ توسط کربن فعال آماده‌شده از پوست انار به همین نتایج دست یافت (۹). علت افزایش ظرفیت جذب با افزایش غلظت اولیه‌ی رنگ، این است که در چنین شرایطی نیروی انتقال جرم افزایش می‌یابد و این پدیده بر نیروی مقاومت‌کننده در برابر جذب، غلبه می‌کند و باعث ایجاد نیروی رانش قابل توجهی جهت انتقال آلاینده از فاز مایع به سطح مشترک جاذب - مایع می‌شود. در مطالعه‌ای که توسط غنی‌زاده و عسگری در سال ۱۳۸۸ در زمینه‌ی حذف رنگ متیلن‌بلو با استفاده از خاکستر استخوان انجام گردید نیز نتایج مشابهی گزارش شده است (۲۱). نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که با افزایش زمان تماس، راندمان حذف افزایش می‌یابد. با این حال، بیشترین میزان جذب رنگ در ۳۰ دقیقه حاصل می‌شود، سپس میزان جذب روند ملایم‌تری در پیش می‌گیرد و در حدود ۲ ساعت جذب به تعادل می‌رسد. در واقع، جذب مولکول‌های رنگ بر روی سطوح خارجی جاذب در شروع فرایند جذب به رعت انجام شده است، اما به تدریج به دلیل نیروی دافعه الکترواستاتیک نسبی بارهای سطحی منفی جذب‌شده روی سطح جاذب و بارهای منفی موجود در توده‌ی سیال، سرعت انتشار آلاینده در داخل تخلخل‌ها و به دنبال آن سرعت جذب کاهش می‌یابد (۹ و ۱۱). چنین نتایجی توسط نمر و همکاران (۲۰۰۹) در مورد حذف رنگ آبی ۸۶ توسط کربن‌های فعال آماده‌شده از پوست پرتقال نیز ارائه شده است (۱۱). قانعیان و همکاران (۱۳۸۸) طی مطالعه‌ی خود تحت عنوان کاربرد پوسته‌ی تخم‌مرغ به عنوان جاذب طبیعی در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ به این نتیجه

دست یافتند که با افزایش زمان تماس، راندمان جذب رنگ افزایش می‌یابد، اما بیشترین میزان جذب در طی ۶۰ دقیقه اول واکنش اتفاق می‌افتد (۲۲). بررسی داده‌های حاصل از این تحقیق نشان داد که نتایج جذب از ایزوترم فروندلیچ تبعیت می‌کند. سیواسامی و همکاران در مطالعه‌ی خود به بررسی جذب بیولوژیکی رنگ اسیدی بر روی جلبک‌های گارسیلاریا کورتیکاتا و ایترومورفا فلکسوسا (*Enteromorpha flexuosa and Gracilaria corticata*) پرداختند. نتایج به دست آمده حاکی از تطابق داده‌ها با مدل ایزوترم فروندلیچ بود (۲۳). در مطالعات سینتیک جذب مشخص گردید که سینتیک جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ بر پودر هسته‌ی انار از معادله‌ی شبه درجه دوم پیروی می‌کند. این معادله بر این فرضیه استوار است که گام تعیین‌کننده‌ی سرعت واکنش ممکن است جذب شیمیایی باشد که نیروی والانسی را از طریق به اشتراک گذاشتن یا تبادل الکترون‌ها بین جاذب و مولکول‌های رنگ درگیر می‌نماید. کمال امین (۲۰۰۹) طی مطالعه‌ی خود بر روی حذف رنگ آبی ۱۰۶ توسط کربن فعال آماده‌شده از پوست انار نیز به نتایج مشابهی دست یافت (۹). مقایسه‌ی این نتایج با یافته‌های سیواسامی و همکاران مطابقت داشت. آنها در مطالعه‌ی خود به بررسی جذب بیولوژیکی رنگ اسیدی بر روی جلبک‌های گارسیلاریا کورتیکاتا و ایترومورفا فلکسوسا پرداختند. نتایج آنها نشان داد که جذب آلاینده‌ی مورد نظر از سینتیک شبه درجه دوم پیروی می‌کند (۲۳). نتایج مطالعه‌ی حاضر حاکی از آن است که میزان جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ به پارامترهایی همچون دز جاذب، غلظت اولیه‌ی رنگ و زمان تماس بستگی دارد. طبق داده‌های به دست آمده از این مطالعه، کاهش غلظت اولیه‌ی رنگ، افزایش دز جاذب و افزایش زمان تماس منجر به افزایش راندمان حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ می‌گردد. به طور کلی، جاذب‌های سنتتیک دارای هزینه‌ی بالایی هستند و گاهی به راحتی در دسترس نمی‌باشند، ولی جاذب‌های طبیعی در دسترس و عمدتاً ارزان‌قیمت هستند، با این حال،

داده‌های جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ بر پودر هسته‌ی انار نشان داد که جذب رنگ از نظر درجه‌ی واکنش از سینتیک شبه درجه دوم پیروی می‌کند و داده‌ها از ایزوترم جذب فروندلیچ تبعیت می‌نمایند. در این مطالعه، کارایی پودر هسته‌ی انار به‌عنوان یک جاذب طبیعی جدید در دسترس و ارزان در حذف رنگ‌های نساجی ارزیابی و نتایج نشان داد که این جاذب قادر به حذف مطلوب این-گونه آلاینده‌ها از محلول‌های آبی می‌باشد.

تشکر و قدردانی

مقاله‌ی حاضر نتایج طرح تحقیقاتی بوده است که در کمیته‌ی تحقیقات دانشجویی دانشکده‌ی بهداشت با کد ۲۳۰۴ در بهار ۱۳۹۰ به تصویب رسیده است، لذا نویسندگان مقاله، از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد جهت حمایت‌های مالی از طرح، کمال تشکر را دارند.

در فرایندهای جذب، آلاینده تجزیه نمی‌شود، بلکه از یک فاز به فاز دیگر منتقل می‌گردد. لذا فرایند جذب کاربرد زیادی به‌عنوان تصفیه‌ی تکمیلی در حذف مقادیر جزئی آلاینده‌ها دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش دز جاذب، راندمان حذف رنگ افزایش می‌یابد که دلیل آن افزایش تعداد جایگاه‌های جذب قابل دسترس در حضور غلظت آلاینده می‌باشد، با این حال، تحت این شرایط میزان رنگ جذب‌شده به ازای واحد جرم جاذب (q_e) کاهش می‌یابد. تغییرات غلظت اولیه‌ی آلاینده از عوامل دیگری است که میزان جذب را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بر اساس نتایج، راندمان حذف رنگ با افزایش غلظت اولیه‌ی رنگ از ۲۵ به ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کاهش و مقدار رنگ جذب-شده در واحد جرم جاذب افزایش یافته است. بررسی

منابع

- 1-Ghaneian M, Dehvary M, Ehrampoush M, Jamshidi B. [Application cuttle fish bone Powder from synthetic textile wastewater in the removal of Reactive Red 198 dye at Alkaline Condition]. Proceedings of the 14th National Conference on Environmental Health; 2011; Kerman, Iran. (In Persian)
- 2-Dinçer AR, Güneş Y, Karakaya N. [Coal-based bottom ash (CBBA) waste material as adsorbent for removal of textile dyestuffs from aqueous solution]. J Hazard Mater 2007;141(3):529-35.
- 3-Ledakowicz S, Solecka M, Zylla R. Biodegradation, [decolourisation and detoxification of textile wastewater enhanced by advanced oxidation processes]. J Biotechnol 2001;89(2-3):175-84.
- 4-Asilian H, Moussavi GR, Mahmoudi M. [Adsorption of Reactive Red 198 Azo Dye from aqueous solution onto the waste coagulation sludge of the water treatment plants]. Iran J Health Environ 2010;3(1):93-102. (In Persian)
- 5-Golka K, Kopps S, Myslak ZW. Carcinogenicity of azo colorants: influence of solubility and bioavailability. Toxicol Lett 2004;151(1):203-10.
- 6-Dos Santos AB, Cervantes FJ, van Lier JB. Review paper on current technologies for decolourisation of textile wastewaters: Perspectives for anaerobic biotechnology. Bioresour Technol 2007;98(12):2369-85.
- 7-Andrade LS, Ruotolo LA, Rocha-Filho RC, Bocchi N, Biaggio SR, Iñiesta J, et al. On the performance of Fe and Fe,F doped Ti-Pt/PbO₂ electrodes in the electrooxidation of the Blue Reactive 19 dye in simulated textile wastewater. Chemosphere 2007;66(11):2035-43.
- 8-Lee YH, Pavlostathis SG. Decolorization and toxicity of reactive anthraquinone textile dyes under methanogenic conditions. Water Res 2004;38(7):1838-52.
- 9-Amin NK. Removal of direct blue-106 dye from aqueous solution using new activated carbons developed from pomegranate peel: adsorption equilibrium and kinetics. J Hazard Mater 2009;165(1-3):52-62.
- 10-Hasan M, Ahmad AL, Hameed BH. Adsorption of reactive dye onto cross-linked chitosan/oil palm ash composite beads. Chem Eng J 2008;136(2-3):164-72.
- 11-Nemr AE, Abdelwahab O, El-Sikaily A, Khaled A. Removal of direct blue-86 from aqueous solution by new activated carbon developed from orange peel. J Hazard Mater 2009;161(1):102-10.
- 12-Figueiredo SA, Boaventura RA, Loureiro JM. Color removal with natural adsorbents: modeling, simulation and experimental. Sep Purif Technol 2000;20(1):129-41.

- 13-Hameed BH, Mahmoud DK, Ahmad AL. Equilibrium modeling and kinetic studies on the adsorption of basic dye by a low-cost adsorbent: coconut (*Cocos nucifera*) bunch waste. *J Hazard Mater* 2008;158(1):65-72.
- 14-Dávila-Jiménez MM, Elizalde-González MP, Peláez-Cidb AA. Adsorption interaction between natural adsorbents and textile dyes in aqueous solution. *Colloid Surface A* 2005;254(1-3):107-14.
- 15-Robinson T, Chandran B, Nigam P. Removal of dyes from a synthetic textile dye effluent by biosorption on apple pomace and wheat straw. *Water Res* 2002;36(11):2824-30.
- 16-Elizalde-González MP, Geyer W, Guevara-Villa MRG, Mattusch J, Peláez-Cid AA, Wennrich R.. Characterization of an adsorbent prepared from maize waste and adsorption of three classes of textile dyes. *Colloid Surface A* 2006;278:89-97.
- 17-Miguel MG, Neves MA, Antunes MD. Pomegranate (*Punica granatum* L.): A medicinal plant with myriad biological properties- A short review. *J Med Plant Res* 2010;4(25):2836-47.
- 18-Mousavinejad G, Emam-Djomeh Z, Rezaei K, Haddad Khodaparast MH. Identification and quantification of phenolic compounds and their effects on antioxidant activity in pomegranate juices of eight Iranian cultivars. *Food Chem* 2009;115(4):1274-8.
- 19-Moussavi G, Mahmoudi M. Removal of azo and anthraquinone reactive dyes from industrial wastewaters using MgO nanoparticles. *J Hazard Mater* 2009;168(2-3):806-12.
- 20-Elkady MF, Ibrahim AM, El-Latif MMA. Assessment of the adsorption kinetics, equilibrium and thermodynamic for the potential removal of reactive red dye using eggshell biocomposite beads. *Desalination*. 2011;278(1-3):412-23.
- 21-Qanizadeh G, Asgary G. [Removal of Methylene Blue dye from synthetic wastewater by using bone char]. *Iran J Health Environ* 2009;2(2):104-13. (In Persian)
- 22-Ghaneian MT, Ghanizadeh G, Gholami M, Ghaderinasab F. [Application of eggshell as a natural sorbent for the removal of reactive red 123 dye from synthetic textile wastewater]. *Zahedan J Res Med Sci* 2009;11(4):25-34. (In Persian)
- 23-Sivasamy A, Nethaji S, Nisha LL. Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies on the biosorption of reactive acid dye on *Enteromorpha flexuosa* and *Gracilaria corticata*. *Environ Sci Pollut Res Int* 2012;19(5):1687-95.

Application of Pomegranate Seed Powder in the removal of Reactive Red 198 dye from aqueous solutions

Mohammad Taghi Ghaneian¹, Mahboubeh Dehvari², Mahmoud Taghavi³,
Mohsen Amrollahi^{2*}, Behzad Jamshidi²

1- Assistant Professor of Environmental Health Engineering.
2- M.Sc student of Environmental Health Engineering
3- M.Sc of Environmental Health Engineering.

2,1- Department of Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.
3- Department of Environmental Health Engineering, Mazandaran University of Medical Science, Sari, Iran.

*Corresponding author:
Mohsen Amrollahi; Department of Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.
Tel: +989103090186
Email: moamrollahi@gmail.com

Abstract

Introduction: Industrial effluents, especially the textile industry are discussed as one of the fundamental problems of the environment. Dyes are materials with complex structures that enter into the wastewater from different stages of the textile industry. Colors are often toxic, carcinogenic and mutagenic. This study investigated the absorption efficiency of Reactive Red 198 dye from aqueous solutions by Pomegranate Seed powder.

Methods and Materials: This study is an experimental research which was performed in laboratory scale in which Pomegranate Seed is crushed and milled with the use of electrical mill and ASTM standard sieves with a mesh size of 40 and 100. In this study, variables such as adsorbent dose (0.2 and 0.4 gr/100cc), initial dye concentration (25 and 50 mg/l) and contact time (10, 20, 30, 60, 90, 120 min) have been studied in acidic conditions. Concentration of unknown color values was determined using a spectrophotometer UV / Vis (model SP-3000 Plus) in Maximum adsorption wave length (λ_{max}), 518 nm.

Results: Results of this study showed that with increasing adsorbent dose and contact time, the removal efficiency increased while the amount of dye adsorbed per unit mass of adsorbent (q_e) reduced. With increasing the initial dye concentration from 25 to 50 mg/l, the removal efficiency decreased. So that removal efficiency in the concentration of 25 mg/l in optimal conditions and the balance time was 79.44 % and in the concentration of 50 mg/l was equal to 62.6%. Investigation of dye adsorption kinetic for new adsorbent showed that Pseudo second kinetic model ($R^2 > 0.99$) provides a Good agreement with data.

Conclusion: Based on results, Pomegranate Seed powder as a new natural adsorbent is able to absorb the dyes as organic contaminant index with desirable absorption capacity from aqueous solutions.

Keyword: Reactive Red 198 dye, Adsorption, Pomegranate Seed, Biological sorbent.

Received: June 24, 2012

Revised: Oct 14, 2012

Accepted: Oct 20, 2012