

## بررسی کارایی پودر گل گیاه تلخه در حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹ از فاضلاب سنتتیک

محمد تقی قانعیان<sup>۱</sup>، محبوبه دهواری<sup>۲</sup>، نسیمه جورایی یزدی<sup>۳</sup>، محبوبه موتاب<sup>۴</sup>، بهزاد جمشیدی<sup>۲</sup>

دریافت مقاله: ۹۱/۷/۱ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۹۱/۹/۲۹ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۹۱/۱۱/۱۴ پذیرش مقاله: ۹۱/۱۲/۸

### چکیده

زمینه و هدف: رنگ‌ها موادی با ساختار پیچیده بوده که در نتیجه مراحل تکمیل نساجی نظیر رنگرزی و چاپ به محیط زیست وارد می‌شوند. رنگ راکتیو آبی ۱۹ در حال حاضر در صنایع نساجی داخل کشور کاربرد بسیار گسترده‌ای دارد. لذا این مطالعه با هدف بررسی کارایی پودر گل گیاه تلخه به عنوان جاذب طبیعی در حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹ از فاضلاب سنتتیک نساجی انجام شده است.

مواد و روش‌ها: این مطالعه در شرایط آزمایشگاهی انجام شده است. در این تحقیق، تأثیر جرم جاذب، زمان تماس، pH و غلظت‌های مختلف رنگ راکتیو آبی ۱۹ بر کارایی فرآیند جذب رنگ بررسی شده و در نهایت میزان مطابقت داده‌ها با ایزوترم‌های Freundlich و Langmuir و همچنین سینتیک‌های شبه درجه اول و شبه درجه دوم تعیین گردید. جهت تحلیل داده‌ها از رگرسیون خطی و پارامتر  $R^2$  استفاده گردید.

یافته‌ها: مطابق با نتایج به دست آمده، افزایش جرم جاذب از ۰/۲ به ۰/۶ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر در غلظت‌های ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر رنگ به ترتیب منجر به افزایش راندمان جذب از ۰/۷۷٪ به ۰/۸۸٪ و از ۰/۷۲٪ به ۰/۸۲٪ گردید. ظرفیت جذب با افزایش pH اولیه محلول از ۴ به ۱۰ برای غلظت‌های ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب از ۰/۲۸ به ۱/۶۴ میلی‌گرم بر گرم و از ۲/۳ به ۳/۹۴۵ میلی‌گرم بر گرم رسیده است. داده‌های به دست آمده نشان دهنده افزایش راندمان حذف با افزایش زمان تماس و کاهش راندمان حذف با افزایش غلظت اولیه رنگ می‌باشد. مطابق با نتایج بدست آمده، ایزوترم Langmuir تطابق بهتری با داده‌های جذب داشت. مدل سینتیکی شبه درجه دوم، تطابق بهتری با داده‌های آزمایش نشان داد.

نتیجه‌گیری: نتایج حاکی از مناسب بودن پودر گل گیاه تلخه به عنوان جاذب طبیعی در حذف رنگ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: رنگ راکتیو آبی ۱۹، جاذب طبیعی، پودر گل گیاه تلخه، جذب سطحی، فاضلاب نساجی

۱- دانشیار گروه آموزشی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران

۲- مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران

۴- (نویسنده مسئول) مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران

## مقدمه

رنگ‌ها گروهی از مواد آلی پیچیده هستند که در نتیجه مراحل مختلف صنعت نساجی نظیر رنگرزی و چاپ به محیط زیست وارد می‌شوند [۱]. طبق برآوردی که در سال ۲۰۰۹ میلادی انجام شده، تولید و مصرف رنگ‌ها در جهان به هفتصد هزار تن رسیده است [۲-۳]. از نقطه نظر ساختار شیمیایی، رنگ‌ها به انواع آزو، تری‌آریل متان، آنتراکوئینون، هتروسیکلیک و فتالوسیانین طبقه بندی می‌شوند [۴]. رنگ‌های آزو (در حدود ۷۰٪) و آنتراکوئینون (در حدود ۱۵٪) جزء بزرگ‌ترین دسته‌بندی رنگ‌ها هستند [۳]. مطالعات نشان داده است که رنگ‌های بکار رفته در صنعت نساجی دارای خاصیت سرطان‌زایی و جهش‌زایی بوده و برای محیط زیست زیان‌آور می‌باشند [۵-۷].

رنگ‌های راکتیو، رنگ‌های محلول در آب و آنیونی هستند. این رنگ‌ها، تکنیک‌های کاربردی آسان و مصرف انرژی پایین داشته و به میزان زیادی در صنایع نساجی مصرف می‌شوند، بنابراین، حذف آن‌ها حائز اهمیت زیادی است. رنگ‌های آنتراکوئینون بعد از رنگ‌های آزو، دومین گروه از رنگ‌های مصرفی نساجی می‌باشند [۸-۹]. رنگ راکتیو آبی ۱۹ (RB19: reactive blue 19) از نظر نوع عامل رنگی جزء رنگ‌های آنتراکوئینون بوده و به فرآیند شیمیایی بسیار مقاوم است [۹-۱۰]. رنگ راکتیو آبی ۱۹ دارای راندمان تثبیت نسبتاً کمی (۷۵-۸۰٪) بوده که ناشی از رقابت بین تشکیل حالت راکتیو (وینیل سولفون) و واکنش‌های هیدرولیز است [۹].

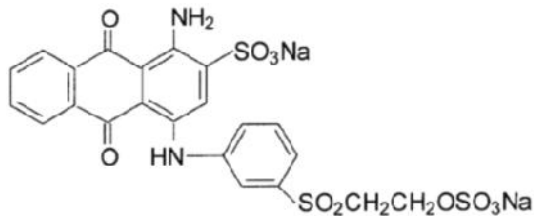
به دلیل عملکرد نامطلوب واحد رنگرزی و ماهیت رنگ‌ها، در حدود ۵۰٪ از رنگ‌های راکتیو، ۸ تا ۲۰٪ از

رنگ‌های دیسپرس و ۱٪ از رنگ‌های پیگمنت به طور مستقیم به جریان فاضلاب وارد می‌شود [۱۱-۱۲]. در این صنایع، مقادیر زیادی از فاضلاب‌های بسیار رنگی با غلظت ۲۰۰-۱۰ میلی‌گرم بر لیتر تولید شده که معمولاً سمی، مقاوم به تجزیه بیولوژیک و پایدار در محیط زیست می‌باشد [۱۳-۱۴]. تخلیه فاضلاب‌های رنگی حاصل از عملکرد صنایع نساجی به آب‌های پذیرنده، منجر به کاهش نفوذ نور خورشید و وضعیت دید، بروز پدیده اتروفیکاسیون و تداخل در اکولوژی آب‌های پذیرنده شده که ضمن اثر بر شدت فتوسنتز گیاهان آبی و جلبک‌ها در محیط‌های آبی، باعث آسیب به محیط زیست می‌شود [۱۵-۱۶].

حذف رنگ از فاضلاب اغلب مهم‌تر از مواد آلی بی‌رنگ است زیرا حضور مقادیر کمی از رنگ (کمتر از ۱ میلی‌گرم بر لیتر)، از نظر ظاهری قابل رؤیت می‌باشد [۱۷]. جهت حذف رنگ اغلب از روش‌های فیزیکی و شیمیایی نظیر انعقاد-لخته‌سازی، شناورسازی، فرآیندهای غشایی، رسوب‌دهی، ازن زنی، استفاده از امواج ماوراء صوت، جذب سطحی به صورت مجزا و یا توأم با فرآیندهای بیولوژیکی، استفاده می‌شود [۱۸-۱۹]. این فرآیند به دلیل کم هزینه بودن، کارایی بالا، ساده و غیر حساس بودن نسبت به مواد سمی، یک فرآیند پرکاربرد و مؤثر برای حذف رنگ از فاضلاب است [۱۳]. فرآیند جذب سطحی با کربن فعال از مؤثرترین روش‌های حذف رنگ است. از آن جا که احیاء کربن فعال هزینه بر بوده لذا در طی چند سال اخیر، شناسایی و کاربرد جاذب‌های ارزان قیمت توسعه یافته است [۲۰، ۳].

تلخه (Russian knapweed) گیاهی است خودرو، چند ساله، تلخ مزه و جزء گیاهان هرز باغ‌ها و زمین‌های بایر

شیمیایی رنگ راکتیو آبی ۱۹ در شکل ۱ ارائه شده است. این رنگ دارای فرمول شیمیایی  $C_{22}H_{16}O_{11}N_2S_3Na_2$  و نام تجاری Remazol Brilliant Blue R با وزن ملکولی ۶۲۶/۵ گرم بر مول مشخص می‌شود [۲۵-۲۶].



شکل ۱- ساختار شیمیایی رنگ راکتیو آبی ۱۹

۳- تهیه فاضلاب سنتتیک: در این تحقیق، جهت تهیه فاضلاب سنتتیک، محلول ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر رنگ از طریق حل نمودن پودر رنگ در آب مقطر تهیه و سپس غلظت‌های مورد بررسی (۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر) از آن تهیه گردید.

۴- انجام آزمایش جذب: برای انجام آزمایشات، از ارلن‌های حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر رنگ راکتیو آبی ۱۹ استفاده گردید. در این مطالعه تأثیر جرم جاذب (۰/۶، ۰/۴، ۰/۲، ۰/۱ گرم بر صد سی‌سی)، pH (۴، ۷، ۱۰)، غلظت اولیه رنگ (۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر) و زمان واکنش (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۶۰، ۱۸۰، ۱۲۰ دقیقه) بررسی گردید. جهت اختلاط و تماس مناسب جاذب و رنگ از شیکر مکانیکی (INNOVA 40R، انگلیس) با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه استفاده گردید. جداسازی ذرات جاذب از فاضلاب سنتتیک با استفاده از فیلتر غشایی ۰/۴۵ میکرون (سارتریوس) انجام شد. جهت تنظیم pH از محلول اسید سولفوریک و سدیم هیدروکسید (۱N) استفاده شد. سنجش غلظت رنگ باقی‌مانده با استفاده از اسپکتروفتومتر

است. انتهای ساقه به گل آذین تخم مرغی شکل ختم می‌شود که رنگ آن صورتی یا بنفش است. روی برگ‌ها و ساقه‌ها کرک‌های نرمی به رنگ خاکستری وجود دارد. محل رویش این گیاه اطراف تهران، یزد، کرج، کردستان، خراسان و بسیاری از نقاط ایران است. این گیاه با نام علمی (Acroptilon repens) دارای خواص دارویی ضد تب می‌باشد [۲۱-۲۲] و خواص ضد باکتریایی آن نیز نشان داد شده است [۲۳]. تاکنون تنها در یک مطالعه از این گیاه به عنوان جاذب زیستی در حذف کروم استفاده شده است [۲۴]، لذا در این مطالعه، پودر معمولی گل گیاه تلخه به عنوان جاذب طبیعی و ارزان قیمت در حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹ از فاضلاب مورد بررسی قرار گرفته است.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت ناپیوسته در مقیاس آزمایشگاهی انجام گرفت. در این تحقیق از پودر گل گیاه تلخه به عنوان جاذب طبیعی استفاده گردید. مراحل انجام تحقیق به شرح ذیل است:

۱- تهیه جاذب: برای تهیه جاذب (پودر گل گیاه تلخه)، ابتدا گل‌های گیاه جدا شده و با آب مقطر جهت جداسازی ناخالصی‌ها شسته و به مدت ۴ ساعت با آب مقطر جوشانده شده و سپس در دمای ۱۰۲ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. سپس جاذب مورد نظر آسیاب شده و توسط الک‌های استاندارد ASTM با مش ۴۰ و ۶۰ دانه‌بندی شد [۲۰-۲۱].

۲- مواد مصرفی: رنگ مورد استفاده در این مطالعه محصول شرکت دای استار و سایر مواد شیمیایی مورد استفاده در انجام آزمایشات (اسید سولفوریک، سدیم هیدروکسید)، محصول شرکت مرک آلمان بود. ساختار

نمودار  $C_e/q_e$  در مقابل  $C_e$  به دست می‌آید. همچنین،  $k_f$  و  $n$  (میلی گرم بر گرم) ثابت‌های Freundlich می‌باشند که به ترتیب نشان‌دهنده ظرفیت جاذب و شدت جذب هستند. در این تحقیق، سینتیک جذب با کمک مدل‌های شبه درجه اول و شبه درجه دوم مورد بررسی قرار گرفت. معادله سینتیک شبه درجه اول عموماً به صورت معادله (۵) ارائه می‌شود [۳۲-۳۱].

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1 (q_\infty - q_t) \quad (5)$$

در این رابطه،  $q_t$  و  $q_e$  ظرفیت جذب در حالت تعادل و در زمان  $t$  بوده و  $k_1$  ضریب سرعت می‌باشد. با انتگرال‌گیری از این معادله، معادله زیر حاصل می‌شود.

$$\ln \left( 1 - \frac{q_t}{q_\infty} \right) = -k_1 t \quad (6)$$

سینتیک شبه درجه دوم به صورت معادله (۷) مطرح می‌شود [۳۳]:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2 (q_\infty - q_t)^2 \quad (7)$$

با انتگرال‌گیری از معادله بالا رابطه خطی (۸) حاصل می‌شود.

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

۶- تجزیه و تحلیل: به منظور تعیین وضعیت سرعت و درجه واکنش جذب رنگ مورد نظر و همچنین سینتیک جذب، از تحلیل رگرسیون خطی و پارامتر  $R^2$  (ضریب تعیین) استفاده گردید و رسم نمودارها به وسیله نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۰۷ انجام شد.

### نتایج

تعیین اثر pH: در این مرحله pHهای متفاوت ۴، ۷ و ۱۰ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تأثیر pH بر روی ظرفیت جذب در نمودار ۱ نشان داده شده است.

UV/Visible (مدل Optima SP-3000Plus، کشور ژاپن) در طول موج ۵۹۲ نانومتر انجام شد [۲۸-۲۷، ۲۰]. در مطالعه حاضر، مقدار رنگ جذب شده در زمان تعادل ( $q_e$  (mg/g)) و کارایی حذف رنگ (E) به ترتیب با استفاده از معادلات (۱) و (۲) تعیین شد [۲۹].

$$q_e = \frac{V}{M} \times (C_0 - C_e) \quad (1)$$

$$E = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100 \quad (2)$$

در این روابط،  $C_0$  و  $C_e$  به ترتیب غلظت اولیه و نهایی رنگ در محلول (میلی گرم بر لیتر)،  $V$  حجم محلول (لیتر)،  $M$  جرم جاذب (گرم)،  $q_e$  ظرفیت جذب در زمان تعادل (میلی گرم بر گرم) و  $E$  راندمان حذف می‌باشد.

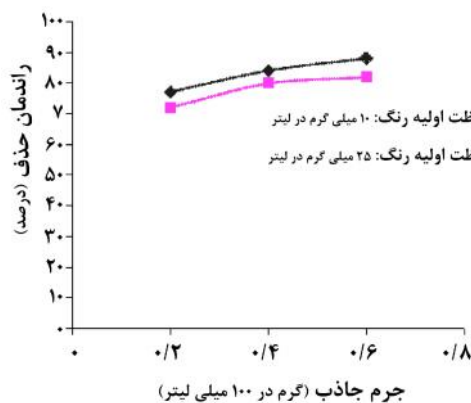
۵- ایزوترم‌ها و سینتیک‌های جذب: در این مطالعه، ایزوترم‌های جذب Freundlich و Langmuir به منظور تشریح ارتباط بین میزان محلول رنگی و جاذب مورد بررسی قرار گرفت. مدل‌های ایزوترمی Langmuir و Freundlich به ترتیب با استفاده از معادلات (۳) و (۴) بیان می‌شود [۳۰]:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m b} + \frac{1}{q_m} C_e \quad (3)$$

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (4)$$

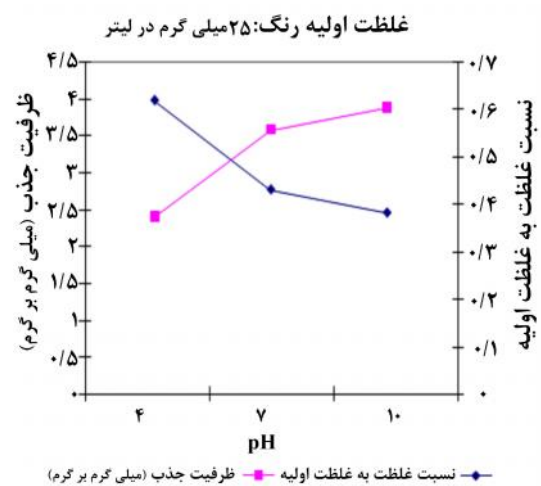
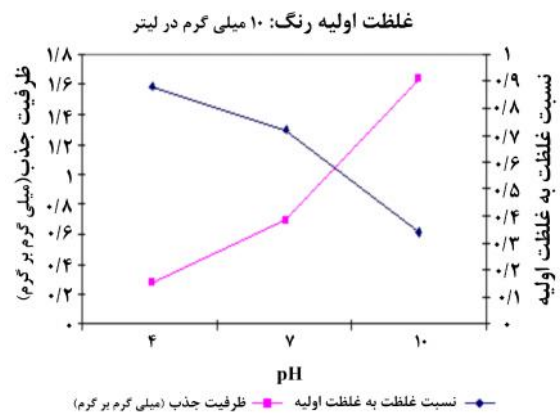
در این روابط،  $q_e$  غلظت ماده جذب شونده در واحد جرم جاذب (میلی گرم بر گرم) و  $C_e$ ، غلظت نهایی ماده جذب شونده در محلول پس از برقراری تعادل (میلی گرم بر لیتر) است.  $b$  و  $q_m$ ، ثابت‌های Langmuir بوده که مرتبط با حداکثر ظرفیت جذب (میلی گرم بر گرم) و انرژی جذب (لیتر بر میلی گرم) می‌باشد. این ثابت‌ها از رسم

۱۰ pH بررسی شد. بر این اساس، راندمان حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹ بر روی پودر گل گیاه تلخه به عنوان تابعی از جرم جاذب در نمودار ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج، با افزایش جرم جاذب حذف رنگ افزایش یافته، به طوری که برای جرم‌های جاذب ۰/۲ و ۰/۶ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر، مقدار رنگ جذب شده در زمان تعادل (راندمان حذف) برای غلظت اولیه ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، ۳/۸۵ میلی‌گرم بر گرم (۰/۷۷) و ۱/۴۶ میلی‌گرم در گرم (۰/۸۸) و برای غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر، ۹ میلی‌گرم در گرم (۰/۸۲) و ۳/۴۱ میلی‌گرم در گرم (۰/۷۲) بوده است. بر اساس نتایج، این پدیده با افزایش سطح قابل دسترس برای جذب آلاینده مرتبط می‌باشد. لذا با افزایش جرم جاذب، راندمان جذب رنگ مورد نظر افزایش یافته است.



نمودار ۲- تأثیر جرم جاذب بر راندمان حذف در حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹

تعیین اثر زمان تماس: راندمان حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹ توسط پودر گل گیاه تلخه در غلظت‌های اولیه رنگ ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر، ۱۰ pH، جرم جاذب ۴ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر و زمان‌های تماس ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ دقیقه مورد بررسی قرار گرفت. تأثیر زمان تماس بر میزان حذف در نمودار ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که راندمان حذف رنگ با افزایش زمان تماس، افزایش



نمودار ۱- تأثیر pH بر ظرفیت جذب در حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹

بر اساس نتایج، جذب سطحی بسیار به pH وابسته است و با افزایش pH، حذف رنگ افزایش یافته، به طوری که برای pH ۴ و ۱۰ مقدار رنگ جذب شده در زمان تعادل (راندمان حذف) برای غلظت اولیه رنگ ۱۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب ۰/۲۸ میلی‌گرم بر گرم (۰/۱۱/۲) و ۱/۶۴ میلی‌گرم در گرم (۰/۶۵/۶) و برای غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر، ۲/۳ میلی‌گرم در گرم (۰/۳۷) و ۳/۹۴ میلی‌گرم در گرم (۰/۶۳) بوده است.

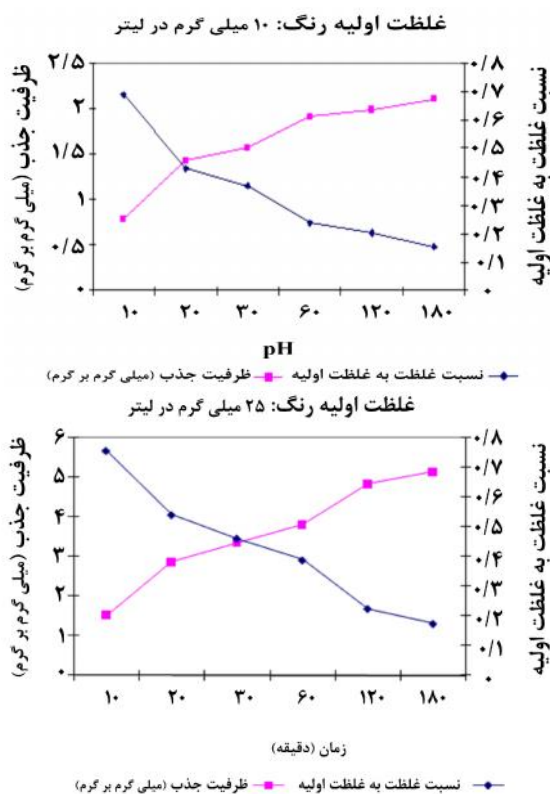
تعیین اثر جرم جاذب: تأثیر جرم جاذب بر راندمان حذف رنگ مورد نظر در حضور پودر گل گیاه تلخه در غلظت‌های اولیه ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر رنگ با جرم جاذب‌های ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر در

بر لیتر به ترتیب ۶۳٪ و ۸۴/۷٪ و برای غلظت ۲۵ میلی گرم بر لیتر، ۵۳/۷٪ و ۸۲/۸٪ بوده است.

ایزوترم جذب رنگ راکتیو آبی ۱۹: در این مطالعه، مدل‌های ایزوترم جذب Freundlich و Langmuir مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از مطالعات ایزوترمی نشان داد که حذف رنگ RB19 با استفاده از پودر گل گیاه تلخه برای هر دو غلظت ۱۰ و ۲۵ میلی گرم در لیتر از مدل ایزوترم Langmuir ( $R^2=0/973, 0/919$ ) پیروی می‌کند. مقدار پارامتر  $R_L$  (۰/۰۳۷، ۰/۰۱۸۷) در مدل Langmuir، کمتر از یک بوده که تأییدکننده جذب این رنگ بر اساس ایزوترم Langmuir می‌باشد. ثابت‌های ایزوترم در جدول ۱ ارائه شده است.

سینتیک جذب رنگ راکتیو آبی ۱۹: سینتیک‌های جذب شبه درجه اول و شبه درجه دوم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از معادلات سینتیکی در نمودار ۴ ارائه شده است. بررسی نتایج به دست آمده از سینتیک جذب نشان داد که سینتیک رنگ مورد مطالعه از نوع شبه درجه دوم با حداکثر مقدار ضریب همبستگی (با میانگین ۰/۹۹۶) تطابق بهتری داشته است.

می‌باید. با توجه به شکل، بیشترین راندمان حذف رنگ در ۳۰ دقیقه اولیه واکنش اتفاق افتاده است، به علاوه میزان ظرفیت جذب رنگ با افزایش زمان تماس افزایش می‌یابد.



نمودار ۳- اثر زمان تماس در حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹

با توجه به نمودار ۳، راندمان حذف رنگ طی زمان ۳۰ و ۱۸۰ دقیقه برای فاضلاب مصنوعی با غلظت ۱۰ میلی گرم

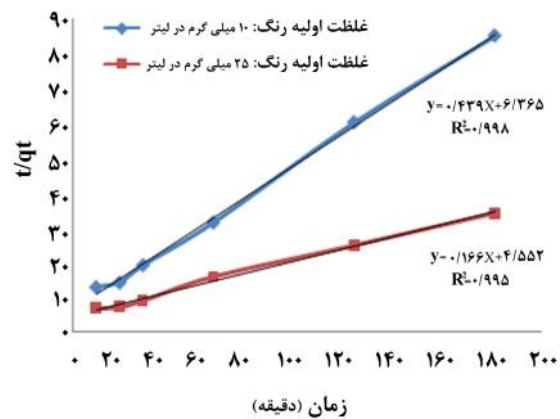
جدول ۱- پارامترهای دو مدل ایزوترم Freundlich و Langmuir (غلظت اولیه رنگ = ۲۵ و ۱۰)

ایزوترم Freundlich		ایزوترم Langmuir		غلظت اولیه رنگ (mg/l)
$K_f(mg/g).(L/mg)^{1/n}$	۱/۰۸۵	B(L/mg)	۵/۲۳۵	$q_{max}(mg/g)$
1/n	۱/۵	$R^2$	۰/۹۶۹	۱۰
$R^2$	۰/۹۹۳	$R_L$	۰/۰۱۸۷	
$K_f(mg/g).(L/mg)^{1/n}$	۶/۱۵۳	B(L/mg)	۱۰/۶۲	$q_{max}(mg/g)$
1/n	۲/۰۷۷	$R^2$	۰/۹۱۹	۲۵
$R^2$	۰/۹۶۳	$R_L$	۰/۰۰۳۷	

مشخص گردید که افزایش pH به بالاتر از ۹ باعث کاهش راندمان حذف خواهد شد [۳].

بررسی اثر جرم جاذب و تعیین جرم بهینه جاذب مورد استفاده در فرآیندهای جذب یکی از مهم‌ترین مسائلی است که باید مورد توجه قرار گیرد. نتایج نشان داد که با افزایش جرم جاذب، میزان حذف آلاینده افزایش می‌یابد که به دلیل افزایش تعداد جایگاه‌های جذب قابل دسترس در مقابل مقدار ثابتی از غلظت آلاینده می‌باشد، اما میزان رنگ جذب شده در واحد جرم جاذب کاهش می‌یابد [۳۶]. در مطالعه Ghaneian و همکاران در زمینه حذف رنگ متیلن بلو با استفاده از پوسته تخم مرغ، با افزایش جرم جاذب از ۲ به ۵ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر مایع رنگی، افزایش راندمان حذف رنگ از ۴۸٪ به ۸۰٪ گزارش شده است [۳۴].

تغییرات غلظت اولیه آلاینده جذب شونده از عوامل دیگری است که میزان جذب را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت اولیه رنگ از ۱۰ به ۲۵ میلی‌گرم در لیتر، میزان رنگ جذب شده در واحد جرم جاذب ( $q_e$ ) افزایش و راندمان حذف کاهش می‌یابد. علت افزایش ظرفیت جذب جاذب با افزایش غلظت اولیه رنگ، افزایش احتمال برخورد و تماس بین جاذب و ماده جذب شونده می‌باشد. علت کاهش راندمان جذب با افزایش غلظت اولیه، ثابت بودن تعداد جایگاه‌های جذب در برابر افزایش تعداد مولکول‌های ماده جذب شونده می‌باشد که این نتیجه با یافته‌های سایر محققین مطابقت دارد. نتیجه یک مطالعه نشان داد که با افزایش غلظت اولیه فسفر از ۲/۸ به ۱۱۰ میلی‌گرم بر لیتر، راندمان حذف از ۹۵٪ به ۶۴٪ کاهش می‌یابد [۳۷].



نمودار ۴ - نتایج حاصل از تطابق داده‌ها با معادله شب سینتیک درجه دوم

## بحث

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 [۳۴]. طبق نتایج حاصل با افزایش pH، میزان جذب رنگ افزایش می‌یافت. به طوری که در pH=۱۰ جذب رنگ راکتیو آبی ۱۹ بر روی گیاه تلخه با راندمان بالایی مشاهده شد. با افزایش pH، تعدادی از سایت‌های با بار مثبت کاهش یافته و تعدادی از سایت‌های منفی، افزایش یافته است. این پدیده به علت جاذبه الکترواستاتیک بین رنگ با بار مثبت و سطح جاذب می‌باشد. Ong و همکاران گزارش کرده‌اند که درصد جذب رنگ راکتیو بر روی سبوس برنج با افزایش pH از ۱۰-۲۰ افزایش می‌یابد [۳۵]. Moussavi و همکاران طی مطالعه خود در مورد حذف رنگ‌های راکتیو آزو و آنتراکوئینون با استفاده از نانو ذرات MgO بدین نتیجه رسیدند که با افزایش pH از ۳ به ۸، حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹ از ۸۶٪ به ۱۰۰٪ افزایش می‌یابد. آن‌ها دلیل این امر را غالب بودن مکانیسم جذب الکترواستاتیک بین مولکول‌های رنگ و سطح جاذب دانستند. در مطالعه آن‌ها

Langmuir می‌باشد. Ghaneian و همکاران نیز بر اساس مطالعه خود دریافتند که جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ توسط پوسته تخم مرغ از ایزوترم Langmuir پیروی می‌کند [۳۴].

مطالعات سینتیک جذب نشان داد که جذب رنگ راکتیو آبی ۱۹ برای هر دو غلظت ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر از سینتیک شبه درجه دو (به ترتیب ۰/۹۹۵،  $R^2=0/998$ ) تبعیت می‌کند. نتایج مطالعه Hoseinzadeh و همکاران در زمینه جذب رنگ اسیدی آبی ۱۱۳ با استفاده از پوست سیب زمینی از محلول‌های آبی نشان داد که سینتیک جذب این رنگ نیز با مدل شبه درجه دوم تطابق بهتری دارد [۳۰]. Moussavi و همکاران نیز طی مطالعه خود در زمینه حذف رنگ آزو با استفاده از نانو ذرات اکسید منیزیم به نتایج مشابهی دست یافتند [۳].

### نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که کارایی حذف رنگ با افزایش زمان تماس، افزایش و با افزایش غلظت اولیه محلول رنگ، کاهش می‌یابد. با توجه به کارایی مناسب، هزینه پایین و پتانسیل دسترسی به این جاذب طبیعی، توصیه می‌شود عملکرد این جاذب در حذف آلاینده‌های دیگر نظیر فلزات سنگین مورد بررسی قرار گیرد.

### تشکر و قدرانی

مقاله حاضر حاصل نتایج طرح تحقیقاتی (کد: ۲۲۵۱) بوده که در سال ۱۳۹۰ در کمیته تحقیقات دانشجویی به تصویب رسیده است. نویسندگان مقاله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شهید صدوقی یزد جهت حمایت‌های مالی از طرح کمال تشکر را دارند.

در مطالعه حاضر با افزایش زمان تماس، میزان جذب افزایش نشان داد که دلیل آن افزایش احتمال برخورد مولکول‌های رنگ با سطح جاذب می‌باشد. جذب رنگ RB19 در دقایق اولیه با سرعت زیاد صورت گرفت و با گذشت زمان، مقدار جذب کاهش یافت که این امر می‌تواند به دلیل کاهش غلظت رنگ محلول و کاهش نقاط فعال در سطح جاذب باشد [۳۸]. براساس نتایج، راندمان حذف در لحظات اولیه واکنش، سریع بود. در مراحل بعد تا زمان تماس ۲ ساعت، میزان افزایش راندمان حذف، جزئی و با افزایش زمان، سرعت جذب کاهش یافت و در زمان ۱۸۰ دقیقه به مقدار ثابتی رسید. نتایج مطالعه حاضر با نتایج Qanizadeh و همکاران مشابه می‌باشد [۳۶]. نتایج نشان داد که جذب رنگ راکتیو آبی ۱۹ در لایه نازک که اولین مرحله جذب است، سریع‌تر اتفاق می‌افتد اما نفوذ در خلل و فرج به عنوان یک مرحله بعدی فرآیند جذب که منجر به افزایش جذب بیشتر در سطوح داخلی جاذب می‌گردد، با تأخیر اتفاق می‌افتد [۳۴].

همان‌طور که نتایج این مطالعه نشان می‌دهد بر اساس داده‌های جذب، ضریب همبستگی ( $R^2$ ) در غلظت‌های ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر رنگ راکتیو آبی ۱۹ برای مدل Langmuir به ترتیب برابر ۰/۹۷۳ و ۰/۹۱۹ و برای مدل Freundlich برابر ۰/۹۹۳ و ۰/۹۶۳ می‌باشد. هر دو ایزوترم Langmuir و Freundlich دارای ضریب همبستگی بالایی بوده اما میزان پارامتر  $1/n$  در ایزوترم Freundlich بیشتر از یک بوده که نشان‌دهنده عدم پیروی جذب رنگ راکتیو آبی ۱۹ از مدل Freundlich می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده، مقدار  $R_L$  در رابطه Langmuir، کمتر از یک به دست آمده است که نشان‌دهنده جذب ایزوترم



## References

- [1] Al-Momani F, Touraud E, Degorce-Dumas JR, Roussy J, Thomas O. Biodegradability enhancement of textile dyes and textile wastewater by VUV photolysis. *J Photochem Photobiol* 2002; 153: 191-7.
- [2] Tabak E, Eren B, Afsin B. Caglar. Determination of adsorptive properties of a Turkish Sepiolite for removal of Reactive Blue 15 anionic dye from aqueous solutions. *J Hazard Mater* 2009; 161: 1087-94.
- [3] Moussavi Gh, Mahmoudi M. Removal of azo and anthraquinone reactive dyes from industrial wastewaters using MgO nanoparticles. *J Hazard Mater* 2009; 168: 806-12.
- [4] Xu XR, Li HB, Wang WH, Gu JD. Degradation of dyes in aqueous solutions by the Fenton process. *Chemosphere* 2004; 57: 595-600.
- [5] Lucas MS, Peres JA. Degradation of Reactive Black 5 by Fenton/UV-C and ferrioxalate/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/solar light processes. *Dyes and Pigments* 2006; 1-8.
- [6] Kim SY, An JY, Kim BW. The effects of reductant and carbon source on the microbial decolorization of azo dyes in an anaerobic sludge process. *Dyes and Pigments* 2006; 1-8.
- [7] Ghoreishi SM, Haghghi R. Chemical catalytic reaction and biological oxidation for treatment of non-biodegradable textile effluent. *Chem Engin J* 2003; 95: 163-9.
- [8] Demirbas E, Nas MZ. Batch kinetic and equilibrium studies of adsorption of Reactive Blue 21 by fly ash and sepiolite. *Desalination* 2009; 243: 8-21.
- [9] Ghaneian MT, Ehrampoush MH, Ghanizadeh Gh, Dehvary M, Abootoraby M, Jasemizad T. Application of Solar Irradiation/K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> Photochemical Oxidation Process for the Removal of Reactive Blue 19 dye from Aqueous Solution, *Iran. J Health Environ* 2010; 3(2): 165-76. [Farsi]
- [10] Julson AJ, Ollis DF. Kinetics of dye decolorization in an air-solid system. *Appl Catal B* 2006; 65: 315-25.
- [11] Azbar N, Yonar T, Kestioglu K. Comparison of various advanced oxidation processes and chemical treatment methods for COD and color removal from a polyester and acetate fiber dyeing effluent. *Chemosphere* 2004; 55: 35-43.
- [12] Arslan , Balcio lu IA, Bahnemann DW. Advanced chemical oxidation of reactive dyes in simulated dyehouse effluents by ferrioxalate-Fenton/UV-A and TiO<sub>2</sub>/UV-A processes. *Dyes and Pigments* 2000; 47: 207-18.
- [13] Dinçer AR, Güne n 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: 529-35.
- [14] Daneshvar N, Salari D, Khataee AR. Photocatalytic degradation of azo dye acid red 14 in water on ZnO as an alternative catalyst to TiO<sub>2</sub>. *J Photochem Photobiol* 2004; 162: 317-22.
- [15] Nilsson I, Möller A, Mattiasson B, Rubindamayugi MST, Welander U. Decolorization of synthetic and real textile wastewater by the use of white-rot fungi. *Enzyme Microb Technol* 2006; 38: 94-100.

- [16] Pearce CI, Lloyd JR, Guthrie JT. The removal of colour from textile wastewater using whole bacterial cells: a review. *Dyes and Pigments* 2003; 58: 179-96.
- [17] Daneshvar N, Salari D, Khataee AR. Photocatalytic degradation of azo dye acid red 14 in water: investigation of the effect of operational parameters. *J Photochem Photobiol* 2003; 157: 111-6.
- [18] Shen D, Fan J, Zhou W, Gao B, Yue Q, Kang Q. Adsorption kinetics and isotherm of anionic dyes onto organo-bentonite from single and multisolute systems. *J Hazard Mater* 2009; 172: 99-107.
- [19] Ghaneian MT, Ehrampoush MH, Dehvari M, Jamshidi B, Amrollahi M. A Survey of the efficacy of cuttle fish bone powder in the removal of reactive red 198 dye from aqueous solution. *J Toloo-e-Behdasht* 2012; 3:127-39. [Farsi]
- [20] Çiçek F, Ozer D, Ozer A, Ozer A. Low cost removal of reactive dyes using wheat bran. *J Hazard Mater* 2007; 146: 408-16.
- [21] Ghahreman A. Research Institute of Forest and Rangelands and Tehran University press: Flora of Iran; Tehran. 1995.
- [22] Mozaffarian VA. Dictionary of Iranian plant Names. Farhange Moaser: Tehran. 1996.
- [23] Norouzi A, Yavari I, Chalabian F, Kiarostami V, Ghaffarzadeh F. Chemical constituents and antimicrobial activities of the essential oil of *Acroptilonrepens* (L.) DC. *Flavour and Fragrance J* 2006; 21: 247-9.
- [24] Ghaneian MT, Ehrampoush MH, Dehvari M, Jamshidi B, Amrollahi M. Application of Raw Russian Knapweed flower powder as a Natural Biosorbent in Removal of Hexavalent Chromium from Synthetic Wastewater. *J Toloo-e-Behdasht* 2011; 2(35): 19-28.
- [25] Moussavi G, Mahmoudi M. Degradation and biodegradability improvement of the reactive red 198 azo dye using catalytic ozonation with MgO nanocrystals. *Chem Engin J* 2009; 152(1): 1-7.
- [26] Dutta S, Parsons SA, Bhattacharjee C, Jarvis P, Datta S, Bandyopadhyay S. Kinetic study of adsorption and photo-decolorization of Reactive Red 198 on TiO<sub>2</sub> surface. *Chem Engin J* 2009; 155: 674-9.
- [27] Lucas MS, Peres JA. Decolorization of the azo dye Reactive Black 5 by Fenton and photo-Fenton oxidation. *Dyes and Pigment* 2006; 3: 236-44.
- [28] Chakrabarti S, Dutta BK. Photocatalytic degradation of model textile dyes in wastewater using ZnO as semiconductor catalyst. *J Hazard Mater* 2004; 112(3): 269-78.
- [29] Ehrampoush MH, Ghanizadeh GH, Ghaneian MT. Equilibrium and Kinetics study of reactive red 123 dye removal from aqueous solution by Adsorption on Eggshell, *Iran J Environ Health Sci Eng* 2011; 8(2): 101-8.
- [30] Hoseinzadeh E, Samarghandi MR, Jafari SJ, Roshanaie GH. Biosorption of an Acidic Dye from Aqueous Solution by biomass of potato skin: A Kinetic and equilibrium study. *National Congeress Environmental Health* 2010; 13 [Farsi]
- [31] Arami M, Limaee NY, Mahmoodi NM, Tabrizi NS. Removal of dyes from colored textile wastewater by orange peel adsorbent: Equilibrium and kinetic

- studies, *J Colloid and Interface Science* 2005; 288: 371-6.
- [32] Venkatraman S, Bikash C, Raymahashay A. Color removal by clays. Kinetic study of adsorption of cationic and anionic dyes. *Environ Sci Technol* 1975; 9: 1139-40.
- [33] Azizian S. Kinetics models of sorption: a theoretical study. *J Colloid and Interface Sci* 2004; 276: 47-52.
- [34] Ghaneian MT, Ghanizadeh GH, Gholami M, Ghderinasab 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. [Farsi]
- [35] Ong ST, Lee CK, Zainal Z. Removal of basic and reactive dyes using ethylenediamine modified rice hull. *Bioresor Technol* 2007; 98(15): 2792-9.
- [36] Qanizadeh GH, Asgary GH. Removal of Methylene Blue dye from synthetic wastewater by using bone char. *J Health and Environ* 2009; 2(2): 104-13. [Farsi]
- [37] Yeddou Mezenner N, Bensmaili A. Kinetics and thermodynamic study of phosphate adsorption on iron hydroxide-eggshell waste. *Chem Engin J* 2009; 2-3:87-96.
- [38] Renganathan S, Kalpana J, Dharmendra Kumar M, Velan M. Equilibrium and Kinetic Studies on the Removal of Reactive Red 2 Dye from an Aqueous Solution Using a Positively Charged Functional Group of the *Nymphaea rubra* Biosorbent. *CLEAN-Soil, Air, Water* 2009; 37(11): 901-7.

## Evaluation of Efficiency of Russian Knapweed Flower Powder in Removal of Reactive Blue 19 from Synthetic Textile Wastewater

M.T. Ghaneian<sup>1</sup>, M. Dehviri<sup>2</sup>, N. Jourabi Yazdi<sup>3</sup>, M. Mootab<sup>4</sup>, B. Jamshidi<sup>2</sup>

Received: 22/09/2012 Sent for Revision: 19/11/2012 Received Revised Manuscript: 02/02/2013 Accepted: 26/02/2013

**Background and Objective:** Colors are complex structural materials, which enter into the environment due to finishing processes of textiles such as dyeing and printing. Reactive Blue 19 dye is used widely in the textile industry within the country. Therefore, we investigated the efficiency of the Russian knapweed flower powder as natural adsorbent in the removal of Reactive Blue 19 dye from synthetic textile wastewater.

**Materials and Methods:** This experimental study was performed in laboratory scale. In this study, the effect of adsorbent dose, contact time, pH and different dye concentrations on efficiency of adsorption process has been studied and finally, correspondence rate of data to Langmuir and Freundlich isotherms and pseudo-first-order and pseudo-second-order adsorption kinetics were determined. For analysis of the data liner regression and R<sup>2</sup> parameter and design of curves were used.

**Results:** According to the obtained results, increasing of adsorbent dose from 0.2 to 0.6 gr/100ml in concentrations of 10 and 25 mg/l RB19 led to an increase in the of removal efficiency from 77% to 88% and from 72% to 82%. Adsorption capacity by increasing of initial pH from 4 to 10 for concentrations of 10 and 25 mg/l has increased from 0.28 to 1.64 mg/g and from 2.3 to 3.945 mg/g, respectively. Obtained results showed that with the increase of contact time, removal efficiency increased and with increasing of initial dye concentration, removal efficiency decreased. According the to obtained results, Langmuir isotherm was in good concordance with the 1`data. The model of pseudo-second-order kinetic has shown better agreement with the experimental data.

**Conclusion:** The results indicated the suitability of Russian knapweed flower powder as natural adsorbent for color removal.

**Key words:** Reactive Blue 19 dye, Natural absorbent, Russian knapweed flower powder, Adsorption, Textile wastewater

**Funding:** This research was funded by Yazd Shahid Sadoughi University of Medical Sciences.

**Conflict of interest:** None declared.

**Ethical approval:** The Ethics Committee of Yazd Shahid Sadoughi University of Medical Sciences approved the study.

**How to cite this article:** Ghaneian MT, Dehviri M, Jourabi Yazdi N, Mootab M, Jamshidi B. Evaluation of Efficiency of Russian Knapweed Flower Powder in Removal of Reactive Blue 19 from Synthetic Textile Wastewater. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2014; 12(10): 831-42. [Farsi]

1- Associate Prof. Dept. of Environmental Health, Faculty of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences and Health Services, Yazd, Iran

2- MSc of Environmental Health, Faculty of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences and Health Services, Yazd, Iran

3- MSc Student of Environmental Health, Faculty of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences and Health Services, Yazd, Iran

4- MSc of Environmental Health, Faculty of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences and Health Services, Yazd, Iran

(Corresponding Author) Tel: (0821) 88974462, Fax: (0821) 88951395, E- mail: mahboobehmootab@yahoo.com