

## حذف رنگ راکتیو سیاه ۵ (RB5) از محیط‌های آبی با استفاده از گل قرمز فعال -

### شده: مطالعه تعادلی و سینتیکی

سید جواد جعفری<sup>۱</sup>، رضا شکوهی<sup>۲</sup>، ادریس حسین‌زاده<sup>۳</sup>، محمود تقوی<sup>۴\*</sup>، رسول آرزومندی<sup>۵</sup>،  
حیدر احدی<sup>۵</sup>

#### چکیده

زمینه و هدف: یکی از عمده‌ترین آلاینده‌های محیط زیست که در پساب صنایع مختلف از جمله نساجی وجود دارند رنگها می‌باشد که برای انسان و محیط زیست آلودگی ایجاد کرده‌اند. لذا هدف از این تحقیق، بررسی حذف رنگ اسید بلو RB5 از محیط‌های آبی با استفاده از جذب بر روی گل قرمز فعال شده به عنوان جاذب ارزان قیمت بود.

روش بررسی: این تحقیق یک نوع مطالعه تجربی - آزمایشگاهی بود. ابتدا گل قرمز با استفاده از ۲۰ میلی لیتر اسیدنیتریک ۱ نرمال به ازای هر ۱۰ گرم گل قرمز به مدت ۲۴ ساعت و خشک شدن در دمای ۱۵۰ °C طی مدت ۴ ساعت فعال - سازی شد. سپس زمان تعادل در شرایط ثابت در سیستم مورد مطالعه تعیین گردید که برابر ۶۰ دقیقه بود. سپس با ثابت نگه داشتن زمان تعادل، تأثیر pH، غلظت اولیه رنگ، سینتیک و تعادل فرآیند مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز و تفسیر داده‌ها نیز با استفاده از نرم افزار اکسل و ضریب رگرسیون انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که کارایی حذف رنگ با افزایش pH و غلظت اولیه رنگ کاهش و با افزایش زمان تماس افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد که داده‌های جذب از ایزوترم فروندلیخ ( $R^2 = 0.9836$ ) و سینتیک شبه درجه دو ( $qe = 1/67 \text{ mg/g}$ ) و ( $R^2 = 0.9882$ ) بهتر پیروی کرد.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، نتایج حاصل از این مطالعه مشخص ساخت که می‌توان از گل قرمز به‌عنوان یک جاذب مؤثر و ارزان قیمت در زمان سریع با کارایی بالا جهت تصفیه پساب صنایع نساجی استفاده کرد.

کلید واژگان: رنگ RB5، محیط‌های آبی، گل قرمز، مدل سینتیکی، مدل ایزوترمی، جذب سطحی.

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط.
- ۲- استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط.
- ۳- مربی گروه مهندسی بهداشت محیط.
- ۴- دانشجوی گروه مهندسی بهداشت محیط.
- ۵- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط.

- ۱ و ۲- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.
- ۳- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، لرستان.
- ۴- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران.

\* نویسنده مسؤول:

محمود تقوی؛ گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران.  
تلفن: ۰۰۹۸۹۳۵۸۰۴۰۴۲۳

Email: taghavim66@yahoo.com

## مقدمه

قرمز به‌عنوان یک جاذب ارزان‌قیمت در تصفیه انواع پساب-ها مورد توجه قرار گرفته است. گل قرمز مهم‌ترین ماده زاید فرآیند بایر طی تهیه آلومینا می‌باشد (۱۷). وانگ و همکاران، حذف رنگ متیلن بلو از محیط‌های آبی با استفاده از خاکستر فرار و گل قرمز مورد بررسی قرار دادند که نتایج این تحقیق نشان داد ظرفیت خام این جاذب‌ها به ترتیب برابر  $1/4 \times 10^{-5}$  و  $7/8 \times 10^{-6}$  مول بر گرم و ظرفیت جاذب‌ها بعد از اصلاح با اسید نیتریک به ترتیب برابر  $2/4 \times 10^{-5}$  و  $3/2 \times 10^{-6}$  مول بر گرم بوده است (۱۸). بنابراین با توجه فراوانی گل قرمز و نیز مواد با ارزش موجود در آن، هدف اصلی این پروژه استفاده از گل قرمز به‌عنوان یک جاذب مؤثر و ارزان‌قیمت در حذف رنگ RB5 از پساب صنایع نساجی می‌باشد. همچنین متغیرهای این مطالعه شامل تأثیر pH، زمان تماس، غلظت اولیه رنگ می‌باشد. همچنین داده‌های حاصل از ثابت تعادل با استفاده از مدل ایزوترمی فروندلیخ و لانگمویر و سینتیک شبه درجه یک و دو و درجه یک اصلاح‌شده مورد بررسی قرار گرفت.

## روش بررسی

## تهیه مواد و وسایل مورد نیاز

تمامی مواد مورد استفاده (به‌جز رنگ RB5) در این تحقیق از شرکت مرک (آلمان) با درجه خلوص آزمایشگاهی خریداری شد. رنگ RB5 از شرکت الوان ثابت خریداری شد. محلول مادر رنگ RB5 ( $1000 \text{ mg/l}$ ) با استفاده از حل کردن  $1 \text{ g/l}$  رنگ RB5 در آب بدون یون تهیه شد. برای جلوگیری از تغییرات غلظت، محلول مادر RB5 در یخچال نگهداری شد. ساختار رنگ با فرمول شیمیایی ( $\text{C}_{26}\text{H}_{21}\text{N}_5\text{Na}_4\text{O}_{19}\text{S}_6$ ) در جدول ۱ نشان داده شده است. به‌منظور اندازه‌گیری غلظت رنگ در پساب سنتتیک، از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-VIS 1700) (Simadzo, Japan) استفاده شد. از میکروگراف SEM و آزمون EDS موجود در آزمایشگاه مهندسی مواد دانشگاه

فاضلاب‌های رنگی در صنایع مختلفی از جمله: صنایع نساجی و رنگرزی، صنایع داروسازی، صنایع غذایی، تولید مواد آرایشی و بهداشتی، کاغذسازی، چرم‌سازی و صنایعی از این قبیل تولید می‌شوند. اغلب رنگهای مورد استفاده در این صنایع از نوع رنگ‌های سنتتیک می‌باشند (۱). عمدتاً مواد رنگ‌زا دارای یک یا چند حلقه بنزنی می‌باشند که به دلیل سمی بودن و دیر تجزیه بودن، چنانچه بدون تصفیه وارد محیط شوند می‌توانند صدمات جبران‌ناپذیری به محیط زیست وارد کنند. بنابراین لازم است که این‌گونه پساب‌ها قبل از تخلیه به محیط زیست با استفاده از روش‌های مناسب مورد تصفیه قرار گیرند. تاکنون روش‌های مختلفی از جمله روش‌های بیولوژیک، فرآیندهای غشایی، فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته و سایر روش‌ها برای تصفیه این‌گونه پساب‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. فرآیند جذب سطحی یکی از معمول‌ترین فرآیندهای مورد استفاده در تصفیه آب و فاضلاب می‌باشد. امروزه محققان مختلفی از جاذب‌های طبیعی از جمله چیتسون، اکسی هیومیلیت، خاکستر فرار سبوس برنج و سایر جاذب‌ها برای حذف آلاینده‌های آلی و غیر آلی استفاده می‌کنند (۲-۱۱). حذف رنگ راکتیو سیاه ۵ با استفاده از خاکستر فرار در سال ۲۰۰۶ مورد مطالعه قرار گرفت و مشخص شد که ظرفیت جذب رنگ توسط کربن فعال و خاکستر فرار به ترتیب  $58/823$  و  $7/936$  میلی‌گرم به ازای هر گرم از جاذب بوده است (۱۲). استفاده از جاذب‌های دیگری همچون زغال اسفگنوم (Sphagnum)، کربن فعال، ذغال استخوان (Bone char)، کربن فعال حاصل از بامبو (Bamboo carbon)، پوسته بادام زمینی، کربن فعال گرانولی تهیه‌شده از بامبو و لجن فعال خشک‌شده نیز مورد بررسی قرار گرفته است که ظرفیت جذب هر یک از آنها به ترتیب برابر با ۷، ۱۷۶، ۱۵۷، ۵۴۵، ۵۰، ۳۹/۰۲ و ۱۱۶ میلی‌گرم به ازای هر گرم از جاذب بوده است (۱۶-۱۳). امروزه استفاده از گل

شد و در دمای  $25 \pm 1^\circ \text{C}$  با استفاده از انکوباتور در همزن مغناطیسی با ۱۶۰ دور در دقیقه به مدت ۶۰ دقیقه مخلوط گردید. سپس برای حذف گل قرمز، نمونه با دور rpm ۳۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد و غلظت باقیمانده رنگ در طول موج ۵۹۹ نانومتر بر اساس کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب (۱۹) اندازه‌گیری گردید. آنالیز و تفسیر داده‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel و ضریب رگرسیون انجام شد.

مطالعات تعادلی در یک ارلن مایر به حجم ۲۵۰ سی‌سی حاوی ۱۰۰ سی‌سی غلظت اولیه رنگ RB5  $40 \text{ mg/l}$  با مقدار اولیه جاذب متفاوت ( $3-5 \text{ g/50CC}$ ) و  $\text{pH} = 7 \pm 0/2$  بعد از ۲۴ ساعت انجام شد، سپس نمونه جداسازی شده و آنالیز شد و ظرفیت جذب با استفاده از معادله (۱) به دست آمد (۲۰).

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

$q_e$  مقدار جز جذب شده در واحد جرم جسم جاذب بر حسب میلی‌گرم بر گرم،  $C_0$  غلظت اولیه در محلول قبل از جذب سطحی بر حسب میلی‌گرم بر لیتر محلول،  $C_e$  غلظت تعادلی ماده جذب‌شده در محلول بعد از جذب سطحی بر حسب میلی‌گرم بر لیتر،  $V$  حجم محلول بر حسب لیتر و  $M$  جرم جاذب بر حسب گرم. به‌طور کلی، معادلات ایزوترمی و سینتیکی در جدول ۱ در معادلات مشاهده می‌شود (۱۱، ۱۶، ۱۷).

#### یافته‌ها

**مشخصات ساختاری جاذب:** میکروگراف SEM و EDS بیومس تولیدی در شکل ۳ و جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج آنالیزها عناصر اصلی ساختار گل قرمز فعال شده، کلسیم، آهن و اکسیژن بود. مساحت سطح ویژه (BET) گل قرمز فعال شده بر طبق آزمایشات تعیین شده توسط پژوهشگاه صنعت نفت ایران (RIPI)

مجلسی (20.0 kV, 25.0° Takeoff Angle و Elapsed Livetime 10.0) جهت بررسی ساختار بیومس فرآوری شده استفاده گردید. خواص شیمیایی سطح جاذب با استفاده از اسپکترومتر پراکنش انرژی (EDS) تعیین شد.

#### آماده‌سازی جاذب

ابتدا گل قرمز از کارخانه آلومینیوم شهرستان جاجرم استان خراسان شمالی تهیه شد. سپس جهت فعال‌سازی گل قرمز به ازای هر ۱۰ گرم گل قرمز از ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۱ نرمال به مدت ۲۴ ساعت استفاده گردید. سپس نمونه جهت از بین رفتن اسید با آب مقطر دو بار تقطیر شسته شد و در نهایت در دمای  $150^\circ \text{C}$  طی مدت ۴ ساعت خشک گردید. پس از این مرحله، گل قرمز حاصله در هاون آسیاب شد و با استفاده از الک ASTM، مش گل قرمز فعال‌سازی شده در این مطالعه برابر با ۱۰۰ تعیین گردید.

#### آزمایشات جذب در ستون ناپیوسته

عوامل مورد بررسی در این پژوهش شامل  $\text{pH}$  (۳، ۵، ۷، ۹، ۱۱)، زمان ماند (۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ دقیقه)، غلظت اولیه رنگ (۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم در لیتر) بوده است که در مراحل جداگانه در طول تحقیق بررسی گردید. برای انجام آزمایشات ابتدا زمان تعادل در شرایط ثابت ( $\text{pH} = 3$ ) غلظت ماده جاذب برابر با  $0/5$  گرم در ۵۰ سی‌سی و غلظت اولیه رنگ برابر با ۲۰ میلی‌گرم در لیتر) تعیین گردید که برابر با ۶۰ دقیقه بود. پس از تعیین زمان تعادل، آزمایشات با ثابت نگه داشتن سه متغیر و تغییر دادن یک متغیر انجام گردید. جهت تنظیم  $\text{pH}$  از اسید کلریدریک و سود یک نرمال استفاده گردید. تعداد نمونه‌های مورد آزمایش بر اساس بهینه‌سازی فرآیند در هر مرحله و استفاده از نقطه بهینه در هر پارامتر در مراحل بعدی آزمایش تعیین شد. در مجموع آزمایشات تعداد ۶۴ نمونه مورد آزمایش قرار گرفت. برای مثال در  $\text{pH} = 3$ ، غلظت اولیه رنگ برابر با  $20 \text{ mg/L}$  غلظت‌های مختلف از گل قرمز به سیستم ناپیوسته اضافه

Research Institute of Petroleum Industry  
۳۲ m<sup>2</sup>/gr تعیین گردید.

الف) نتایج آنالیز میکروسکوب الکترونی مجهز به EDS  
ب) میکروگراف SEM گل قرمز فعال شده

بررسی تأثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف رنگ  
مورد مطالعه

تأثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف در سیستم مورد مطالعه با تغییر در زمان تماس از ۵ دقیقه به ۶۰ دقیقه در pH=۳، مقدار اولیه جاذب ۰/۵ gr/50CC و غلظت اولیه رنگ (۲۰ mg/L، ۴۰، ۶۰) بررسی گردید. شکل ۱ تأثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد وقتی زمان تماس از ۵ دقیقه به ۶۰ دقیقه افزایش یافت، کارایی حذف از ۲۸/۹۳٪ به ۵۱/۸۱٪ در غلظت اولیه رنگ برابر با ۲۰ mg/l افزایش یافت که این زمان همان زمان تعادل در آزمایشات بود.

#### تأثیر دوز جاذب بر روی کارایی حذف

تأثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف در سیستم مورد مطالعه با تغییر در دوز جاذب (۰/۵ g/50cc، ۱، ۱/۵، ۲) در pH=۳ غلظت رنگ ۲۰ mg/L بعد از زمان تعادل بررسی گردید. در شکل ۴ نتایج حاصل از تأثیر دوز جاذب بر روی کارایی حذف نشان داده شده است. مشاهده می‌گردد که کارایی حذف با افزایش دوز جاذب افزایش یافت. به طوری که وقتی میزان جاذب از ۰/۵ به ۱/۵ g/50cc افزایش یافت کارایی حذف از ۵۱/۲۴٪ به ۷۱/۲۷٪ افزایش یافت.

#### مطالعه تعادلی و سینتیکی

نتایج حاصل از معادلات ایزوترمی در شکل ۴ نشان داده شده است. در جدول ۲ پارامترهای مدل‌های ایزوترمی نشان داده شده است.

#### تأثیر pH بر روی کارایی حذف رنگ مورد مطالعه

تأثیر pH بر روی کارایی حذف در سیستم مورد مطالعه با تغییر در pH های اولیه (۳، ۵، ۷، ۹، ۱۱)، غلظت اولیه جاذب ۰/۵ gr/50cc، غلظت اولیه رنگ (۲۰ mg/L) بعد از زمان تعادل بررسی گردید. در شکل ۲ نتایج حاصل از تأثیر pH بر روی کارایی حذف نشان داده شده است. مشاهده می‌گردد که با کاهش pH کارایی حذف افزایش یافت. به نحوی که با تغییر pH از ۱۱ به ۳ کارایی حذف از ۱۰/۶۲ درصد به ۵۲/۱۶ درصد افزایش یافت.

#### تأثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف

تأثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف در سیستم مورد مطالعه با تغییر در غلظت اولیه رنگ (۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ میلی‌گرم در لیتر) در pH=۳ و مقدار اولیه جاذب ۰/۵g gr/50cc بعد از زمان تعادل بررسی گردید. در شکل ۳ نتایج حاصل از تأثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف نشان داده شده است. مشاهده می‌گردد که کارایی حذف با افزایش غلظت اولیه رنگ کاهش یافت. به طوری که وقتی غلظت اولیه رنگ از ۲۰ mg/L به ۸۰ mg/L افزایش یافت، کارایی حذف از ۵۰/۹ درصد به ۲۱/۷۶ درصد کاهش یافت.

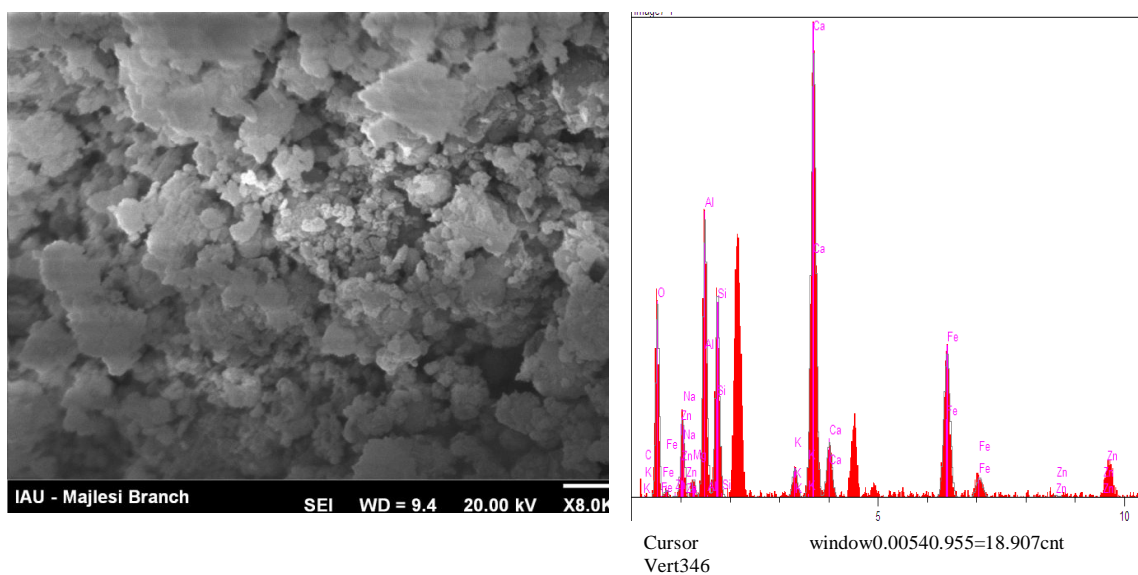
جدول ۱: مشخصات فیزیکوشیمیایی رنگ RB5

|                        |   |  |
|------------------------|---|--|
| Color index name       | Reactive black 5  |  |
| Chemical structure     |   |  |
| Molecular formula      | C <sub>26</sub> H <sub>21</sub> N <sub>5</sub> Na <sub>4</sub> O <sub>19</sub> S <sub>6</sub> |  |
| λ <sub>max</sub> (nm)  | 599   |  |
| M <sub>w</sub> (g/mol) | 991.82  |  |

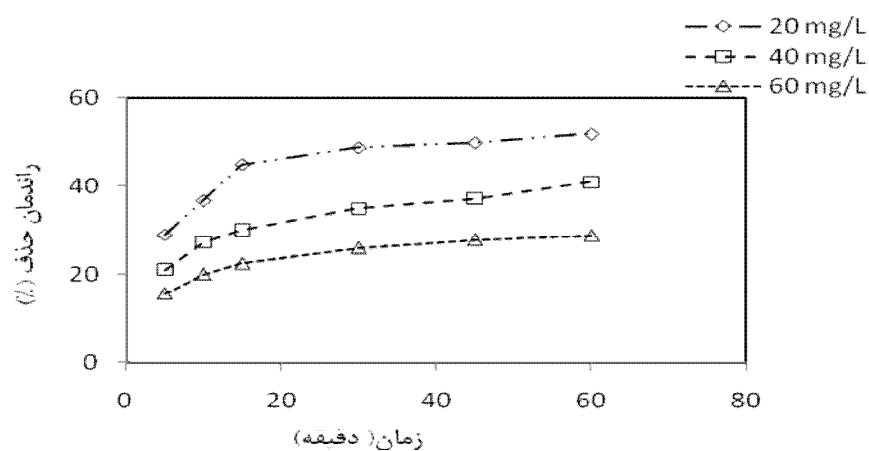
| معادلات سینتیک   | معادلات ایزوترمی  |
|--|---|
| سینتیک شبه درجه اول<br>(Pseudo-first order)                          | لانگمویر<br>(Langmuir)                                      |
| $\ln\left(1 - \frac{q_t}{q_e}\right) = -k_1 t$ (۲)                   | $\frac{c_e}{q_e} = \frac{1}{q_m K} + \frac{1}{q_m} c_e$ (۵) |
| سینتیک شبه درجه دوم<br>(Pseudo-second order)                         | فروندلیخ<br>(Freundlich)                                    |
| $\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$ (۳)          | $\log q_e = \log k + \frac{1}{n} \log c_e$ (۶)              |
| سینتیک شبه درجه اول اصلاح شده<br>(Modified pseudo-first order)       |   |
| $\ln\left(1 - \frac{q_t}{q_e}\right) + \frac{q_t}{q_e} = -k_m t$ (۴) |   |

جدول ۲: درصد وزنی عناصر موجود در ساختار بیومس

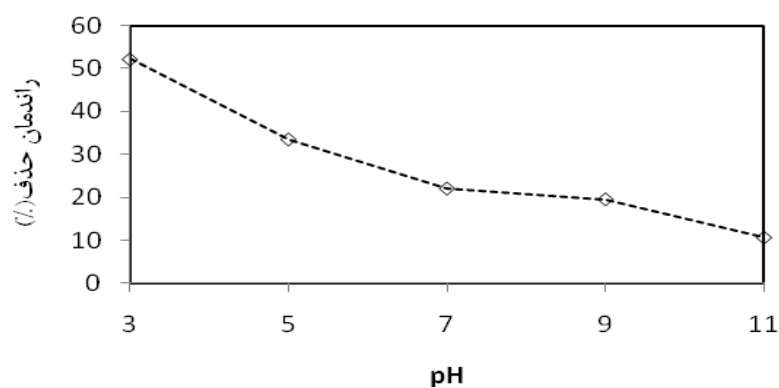
| عناصر | درصد وزنی (Wt%) |
|-------|-----------------|
| Ca    | ۲۳/۶۱۴          |
| Fe    | ۲۳/۶۶۴          |
| Zn    | ۱/۱۷۲           |
| Si    | ۸/۲۲۵           |
| Al    | ۱۱/۰۱۸          |
| Mg    | ۰/۸۲۸           |
| O     | ۵۴/۶۵۷          |
| Na    | ۳/۳۷            |
| K     | ۱/۳۹۹           |



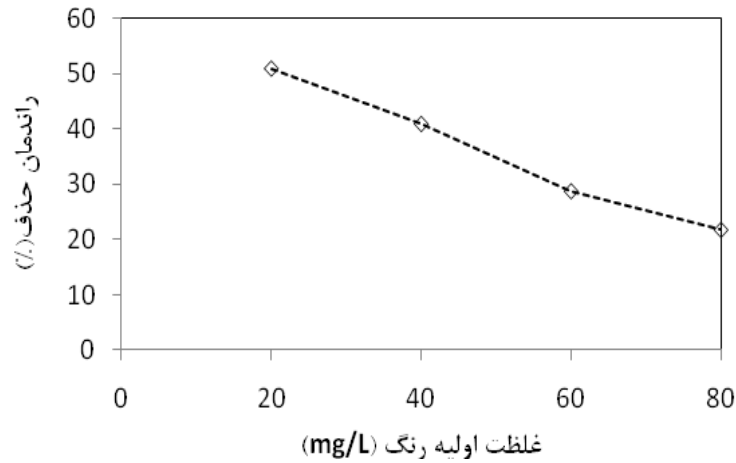
شکل ۱: میکروگراف SEM مجهز به EDS مربوط به جاذب مورد استفاده در این مطالعه



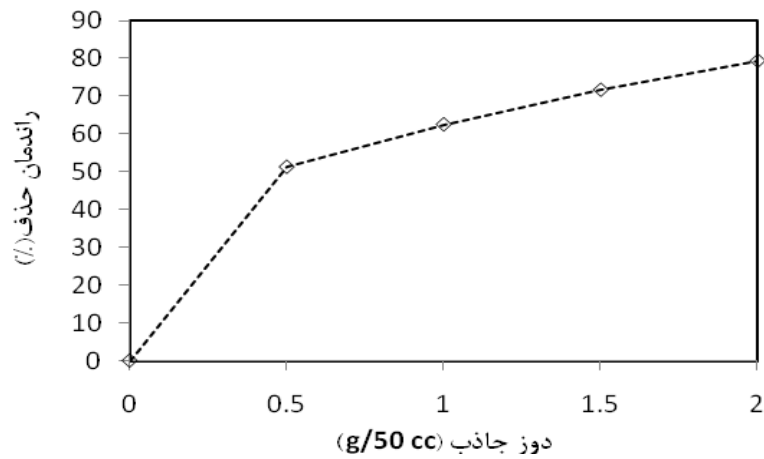
شکل ۲: تأثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف رنگ (pH=۳، و مقدار اولیه جاذب ۵۰ gr/۵۰ cc)



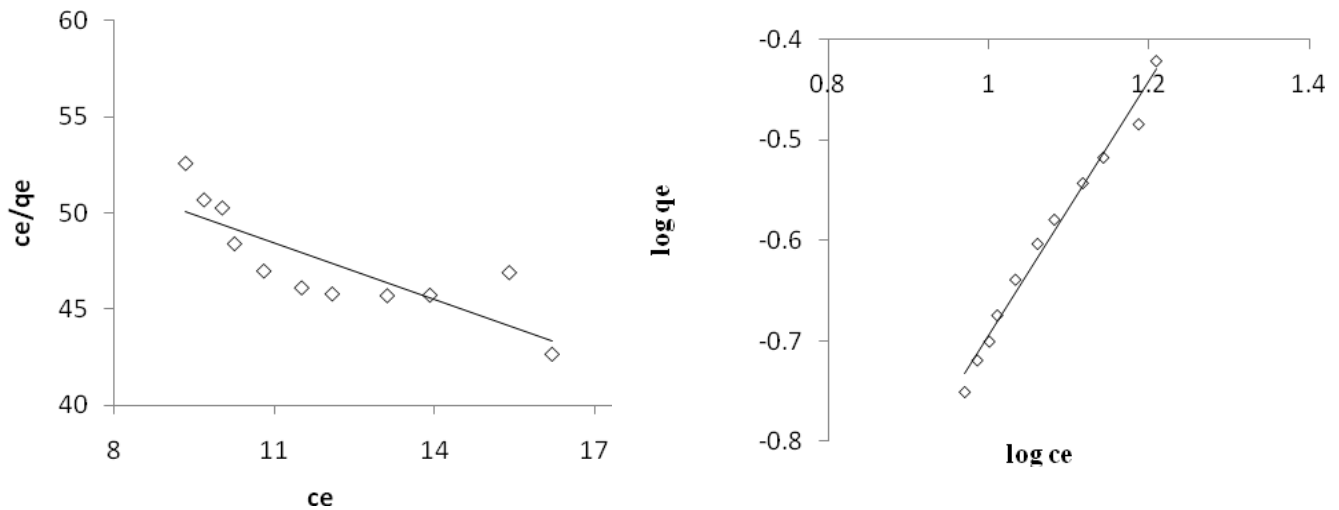
شکل ۳: تأثیر تغییرات pH بر روی کارایی حذف رنگ (غلظت اولیه رنگ ۴۰ mg/l، مقدار اولیه جاذب ۵۰ gr/۵۰ cc)



شکل ۴: تاثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف (pH=۳، دوز جاذب ۰/۵gr/50cc)



شکل ۵: تاثیر دوز جاذب بر روی کارایی حذف (pH=۳، غلظت رنگ ۲۰ mg/L، زمان تماس ۶۰ دقیقه)



شکل ۶: مدل ایزوترمی لانگمویر (الف) و فروندلیخ (ب) بر روی کارایی حذف

جدول ۲: ضرایب ثابت و ضرایب همبستگی ایزوترم فروندلیخ و لانگمویر در جذب رنگ RB5 بر روی گل قرمز فعال شده

|       | فروندلیخ | لانگمویر |        |
|-------|----------|----------|--------|
| K     | ۹۱/۰۳    | b        | ۰/۰۱۶  |
| n     | ۰/۷۹     | $q_m$    | ۱/۰۱۷  |
| $R^2$ | ۰/۹۸۳۶   | $R^2$    | ۰/۶۷۶۴ |

جدول ۳: ضرایب ثابت و ضرایب همبستگی مدل سینتیکی شبه درجه یک، شبه درجه دو و شبه درجه یک اصلاح شده در جذب رنگ بر روی گل قرمز فعال شده

| $C_0$ | سینتیک شبه درجه اول |       |              | سینتیک شبه درجه دوم |       |                         | سینتیک شبه درجه اول اصلاح شده |       |              |
|-------|---------------------|-------|--------------|---------------------|-------|-------------------------|-------------------------------|-------|--------------|
|       | $R^2$               | $q_e$ | $k_1(1/min)$ | $R^2$               | $q_e$ | $k_2(g/mg \text{ min})$ | $R^2$                         | $q_e$ | $k_m(1/min)$ |
| ۲۰    | ۰/۹۵۷۵              | ۱/۰۴۶ | ۰/۱۴         | ۰/۹۹۵۳              | ۱/۰۷  | ۰/۳۲                    | ۰/۵۶۵۶                        | ۱/۰۴۶ | ۰/۰۵۷        |
| ۴۰    | ۰/۹۵۶۶              | ۱/۶۹۹ | ۰/۰۸۵        | ۰/۹۸۸۲              | ۱/۶۷  | ۰/۱۴                    | ۰/۹۴۶۲                        | ۱/۶۹۹ | ۰/۰۳۴        |
| ۶۰    | ۰/۹۹۷۳              | ۱/۷۶۵ | ۰/۱          | ۰/۹۹۲۳              | ۱/۷۹  | ۰/۱۵                    | ۰/۹۹۶۱                        | ۱/۷۶۵ | ۰/۰۴۵        |

## بحث

### تأثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است با افزایش زمان تماس کارایی حذف افزایش یافته و پس از ۶۰ دقیقه به تعادل می‌رسد. همچنین منحنی حذف رنگ با گذشت زمان دارای شیب بسیار ملایم و آرامی است که این امر می‌تواند به علت تشکیل یک لایه نازک از رنگ بر روی سطح جاذب باشد (۲۰). به طوری که نتایج طی مطالعه‌ای که یونس و همکاران بر روی حذف بورن توسط گل قرمز خنثی انجام دادند، مطابقت دارد. در این تحقیق مشخص شد که بیش از ۸۰ درصد حذف بورن در ۲۰ دقیقه ابتدایی صورت گرفت (۲۱).

### تأثیر pH بر روی کارایی حذف

همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است با کاهش pH، میزان حذف رنگ به‌طور جزئی افزایش یافت. این امر به علت بار سطحی جاذب و بار یونی مولکول رنگ می‌باشد. با توجه به اینکه pH نقطه صفر گل قرمز فعال شده ( $pH_{zpc}$ ) ۸/۵ می‌باشد (۲۲)، لذا در

pHهای اسیدی تراکم بار مثبت در سطح جاذب افزایش یافته و به این ترتیب میزان جذب رنگ RB5 که یک رنگ آنیونی است افزایش می‌یابد. به طوری که طی مطالعه‌ای که علی‌تور و همکاران بر روی حذف رنگ کونگو با استفاده از گل قرمز فعال شده انجام داده‌اند به این نتیجه رسیده‌اند که بیشترین میزان حذف در pHهای کمتر از pH نقطه صفر اتفاق می‌افتد (۲۰).

### تأثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف

با افزایش غلظت اولیه رنگ کارایی حذف رنگ کاهش یافت. این امر به این دلیل است که جاذب‌ها دارای محل‌های جذب محدودی هستند که با افزایش غلظت آلاینده ظرفیت آنها سریع‌تر اشباع شده و راندمان حذف کاهش خواهد یافت. به طوری که طی مطالعه‌ای که ینگ و همکاران بر روی کارایی حذف فسفات انجام داده‌اند مشخص گردید که با افزایش غلظت فسفات کارایی حذف کاهش می‌یابد (۲۳). همچنین با توجه به ضرایب همبستگی ( $R^2$ ) می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های



به علت اینکه مساحت سطحی و محل‌های جذب قابل دسترس برای جاذب با افزایش زمان تماس افزایش یافت. حذف رنگ آنیونی RB5 با افزایش غلظت اولیه رنگ، به علت اشباع شدن سطح جاذب در غلظت‌های بالای رنگ، کاهش یافت و با توجه به ضرایب همبستگی ( $R^2$ ) می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های تعادلی و سینتیکی فرآیند جذب از ایزوترم فروندلیخ و مدل سینتیکی شبه درجه دو بهتر پیروی می‌کند. بهترین راندمان حذف در شرایط pH=3، غلظت رنگ 20 mg/l، مدت زمان 60 دقیقه و دوز جاذب 2 گرم حاصل شد. علی‌رغم اینکه این جاذب ظرفیت جذب پایین‌تری نسبت به برخی جاذب‌های متداول همچون کربن فعال دارد، ولی برخی معایب دیگر جاذب‌ها را نظیر هزینه بالای تولید و نگهداری و ... ندارد. از طرف دیگر، این جاذب می‌تواند به‌عنوان یک گزینه مؤثر در حذف رنگ از پساب‌های با محیط اسیدی مطرح باشد در مجموع، نتایج حاصل از انجام آزمایشات مشخص ساخت که می‌توان از فرآیند جذب بر روی گل قرمز فعال‌شده به‌عنوان یک روش مؤثر، ارزان، سریع و با کارایی بالا در جهت تصفیه پساب صنایع نساجی استفاده کرد.

#### قدردانی

نویسندگان این مقاله لازم می‌دانند که از حمایت‌های مادی و معنوی مرکز تحقیقات علوم بهداشتی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان و کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی مازندران تشکر و قدردانی داشته باشند.

تعادلی فرآیند جذب رنگ RB5 بر روی گل قرمز فعال‌شده از ایزوترم فروندلیخ ( $R^2=0/9836$ ) نسبت به ایزوترم لانگمویر بهتر پیروی می‌کند. همچنین با توجه ضرایب ثابت سینتیکی، ( $qe=1/67$  mg/g) و ( $R^2=0/9882$ ) داده‌های سینتیکی از سینتیک شبه درجه دو نسبت به سینتیک شبه درجه یک و شبه درجه یک اصلاح‌شده بهتر پیروی کرد. طی تحقیقاتی که بر روی جذب رنگ راکتیو سیاه با استفاده از کربن فعال و خاکستر فرار انجام شد مشخص گردید که هر دو ایزوترم لانگمویر و فروندلیخ برای این دو جاذب قابل کاربرد هستند و یک پوشش تک‌لایه‌ای از رنگ بر روی سطح جاذب وجود دارد و برای هر دو جاذب داده‌های سینتیکی از مدل سینتیک شبه درجه دو بهتر پیروی می‌کردند (12). نتایج تحقیق تور و همکاران بر روی جذب کنگو قرمز بر روی گل قرمز فعال‌شده با اسید نیز نشان داد که داده‌های تعادلی از ایزوترم لانگمویر پیروی می‌کنند (20). وانگ و همکاران نیز اعلام کردند که نتایج جذب متیلن بلو توسط گل قرمز فعال‌شده با اسید با مدل ایزوترمی لانگمویر (نسبت به مدل ایزوترمی فروندلیخ) تطابق بهتری داشته‌اند (18).

#### نتیجه‌گیری

در این مطالعه کارایی گل قرمز، به‌عنوان یک ماده زاید از فرآیند صنعتی تولید آلومینیوم، در حذف رنگ RB5 از فاضلاب صنایع نساجی مورد بررسی قرار گرفت و بهترین شرایط جذب رنگ RB5 در این فرآیند تعیین شد. حذف رنگ آنیونی RB5 با افزایش زمان واکنش، افزایش یافت

#### منابع

- 1-Ji P, Zhang J, Chen F, Anpo M. Study of adsorption and degradation of acid orange 7 on the surface of CeO2 under visible light irradiation. *Applied Cataly B: Envi*. 2009; 85(3-4):148-54.
- 2-Olak F, Atar N, Olgun A. Biosorption of acidic dyes from aqueous solution by *Paenibacillus macerans*: Kinetic, thermodynamic and equilibrium studies. *Chemi Engin J*. 2009;150(1):122-30.
- 3-Aksu Z. Reactive dye bioaccumulation by *Saccharomyces cerevisiae*. *Process Biochem*. 2003;38(10):1437-44.
- 4-Ratana J, Anawat S, Piyanoot L. Performance evaluation of nanofiltration membranes for treatment of effluents containing reactive dye and salt. *Desalin*. 2000;130(2):177-83.
- 5-Rahmani AR, Zarrabi M, Samarghandi MR, Afkhami A, Ghaffari HR. Degradation of Azo Dye Reactive Black 5 and Acid Orange 7. *Iran J Chem Engin*. 2010; 7(1).

- 6-Mok YS, Jo JO, Whitehead JC. Degradation of an azo dye Orange II using a gas phase dielectric barrier discharge reactor submerged in water. *Chem Engin J.* 2008; 142(1):56-64.
- 7-Brown MA, De Vito SC. Predicting azo dye toxicity. *CritRev Environ Sci Technol.* 1993;23:249-324.
- 8-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. *Prog Polym Sci* 2008;33:399-447.
- 9-Pavel J, Pavel S, Milena R, Sylvie G. Sorption of basic and acid dyes from aqueous solutions onto oxihumolite. *Chemo.* 2005;59(6):881-6.
- 10-Pavel J, Hana B, Milenal R. Sorption of dyes from aqueous solution onto fly ash. *Wat Res.* 2003;37(20):4938-44.
- 11-McKay G, Porter JF, GR Prasad. The Removal of Dye Colors from Aqueous Solutions by Adsorption on Low-cost Materials. *Water Air Soil Pollute.* 1999;114(3-4): 423-38.
- 12-Eren Z, Acar FN. Adsorption of Reactive Black 5 from an aqueous solution: equilibrium and kinetic studies. *Desalination.* 2006;194(2006):1-10.
- 13-Gulnaz O, Kaya A, Dincer S. The reuse of dried activated sludge for adsorption of reactive dye. *Journal of Hazardous Materials B.* 2006; 134(2006):190-6.
- 14-Ip AWM, Bradford JP, McKay G. Reactive Black dye adsorption/desorption onto different adsorbents: Effect of salt, surface chemistry, pore size and surface area. *Journal of Colloid and Interface Science.* 2009;337(2009):32-8.
- 15-Tanyildizi MSa. Modeling of adsorption isotherms and kinetics of reactive dye from aqueous solution by peanut hull. *Chemical Engineering Journal.* 2011;168(2011):1234-40.
- 16-Ahmad AA, Hameed BH. Fixed-bed adsorption of reactive azo dye onto granular activated carbon prepared from waste. *Journal of Hazardous Materials.* 2010;175(2010):298-303.
- 17-Brunori C, Cremisini C, Massanisso P, Pinto V, Torricelli L. Reuse of a treated red mud bauxite waste: studies on environmental compatibility. *Journal of Hazardous Materials.* 2005; 117(1): 55-63.
- 18-Wang S, Boyjoo Y, Choueib A, Zhu ZH. Removal of dyes from aqueous solution using fly ash and red mud. *Water Research.* 2005;39(1):129-38.
- 19-American Public Health Association AWWA, Water Environment, Federation. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* 20 ed. Washington DC: APHA/AWWA/WEF; 1998.
- 20-Tor A, Cengeloglu Y. Removal of congo red from aqueous solution by adsorption onto acid activated red mud. *Journal of Hazardous Materials.* 2006;138(2):409-15.
- 21-Cengeloglu Y, Tor A, Arslan G, Ersoz M, Gezgin S. Removal of boron from aqueous solution by using neutralized red mud. *Journal of Hazardous Materials.* 2007; 142 (1-2):412-7.
- 22-Apak R, Guclu K, Turgut MH. Modeling of copper (II), cadmium (II), and lead (II) adsorption on red mud. *J Colloid and Inter. Sci.* 1998; 203:122-30.
- 23-Zhao Y, Wang J, Luan Z, Peng X, Liang Z, Shi L. Removal of phosphate from aqueous solution by red mud using a factorial design. *Journal of Hazardous Materials.* 2009;165(1-3):1193.

## Removal of Reactive Black 5 (RB5) dye from aqueous solution by using of adsorption onto activated red mud: kinetic and equilibrium study

Seyyed Javad Jaafari<sup>1</sup>, Reza Shokouhi<sup>2</sup>, Edris Hossein Zadeh<sup>3</sup>, Mahmoud Taghavi<sup>4\*</sup>, Rasoul Arezoumandi<sup>5</sup>, Heidar Ahadi<sup>5</sup>

1-Master Science Environmental Health Engineering

2-Assistant Professor Environmental Health Engineering

3-Lecturer Environmental Health Engineering

4-M.s Environmental Health Engineering

5-Student of undergraduate Science Environmental Health Engineering

1,2,5-Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Hamadan University of Medical Science, Hamadan, Iran.

3-Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Lorestan University of Medical Science, Khorramabad, Iran.

4-Department of Environmental Health Engineering, Mazandaran University of Medical Science, Sari, Iran.

\*Corresponding author:

Mahmoud Taghavi; Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Hamadan University of Medical Science, Hamadan, Iran.

Tel: +989358040423

Email: taghavim66@yahoo.com

### Abstract

**Introduction:** Industrial wastewater included the dyes one of the important sources of environmental pollution, that founded in loom wastewater which are harmful for human health and environment. Therefore, the purpose of this research was investigated removal of RB5 dye from aqueous solution by using of adsorption onto activated red mud as an cheap adsorbent.

**Methods and Materials:** This research was Experimental-Laboratorial study. The first activated red mud by mixed 20 ml nitric acid and 10 gr red mud toward 24 h, then was dry in 150 °C for 4 h. Then, acquired equilibrium time equal to 60 min, with constant other parameters. The effect of pH, contact time and initial RB5 dye concentration, kinetic and isotherm models was studied at the constant of equilibrium time equal to 60 min. Then data interpreted and analyzed by Excel software and regression confession.

**Results:** Removal of dye was decreased by increasing of pH and initial dye concentration and increased by increasing of contact time. The results showed RB5 adsorption follows Freudlich isotherm ( $R^2=0.9836$ ) model. Pseudo second order models ( $R^2=0.9882$ ,  $q_e=1.67$  mg/g) best describe RB5 removal by using of adsorption onto activated red mud.

**Conclusion:** The result of present work shows that can of red mud used as an effective and cheap adsorbent in fast time with high efficiency for the treatment of textile wastewater.

**Key words:** Reactive Black 5(RB5) Dye, Aqueous Solution, Red Mud, Kinetic Model, Equilibrium Model, Adsorption.

Received: Mar 23, 2011

Revised: June 24, 2012

Accepted: June 25, 2012