

## حذف رنگ راکتیو بلک ۵ از محیط‌های آبی با استفاده از جذب بر روی رزین تبادل یون آنیونی بازی قوی: مطالعه تعادلی و سینتیکی

علیرضا رحمانی<sup>۱</sup>، قربان عسگری<sup>۲</sup>، مهرداد فرخی<sup>۳</sup>، مهدی شیرزاد سبینی<sup>۴</sup>

نویسنده مسئول: رشت، خیابان نامجو، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط [mshirzadsiboni@yahoo.com](mailto:mshirzadsiboni@yahoo.com)

پذیرش: ۹۰/۰۵/۰۱

دریافت: ۹۰/۰۲/۰۳

### چکیده

**زمینه و هدف:** رنگ‌ها یکی از عمده‌ترین آلاینده‌های محیط زیست که در پساب صنایع مختلف از جمله نساجی است که برای انسان و محیط زیست آلودگی ایجاد کرده‌اند. هدف از این تحقیق بررسی کارایی جذب رنگ راکتیو بلک ۵ بر روی رزین تبادل یون آنیونی به عنوان جاذب مناسب بود.

**روش بررسی:** در این مطالعه بعد از تهیه مواد و وسایل مورد نیاز، کارایی حذف رنگ راکتیو بلک ۵ با استفاده از جذب بر روی رزین تبادل یون آنیونی با تغییرات  $pH$ ، زمان تماس، مقدار ماده جاذب و غلظت اولیه رنگ راکتیو بلک ۵ در سیستم ناپیوسته مورد بررسی قرار گرفت و نتایج توسط نرم افزار *Excel* تجزیه و تحلیل گردید.

**یافته‌ها:** نتایج حاصل از انجام آزمایشات مشخص ساخت که کارایی حذف رنگ راکتیو بلک ۵ با افزایش  $pH$  و غلظت اولیه رنگ، کاهش می‌یابد. هم‌چنین نتایج نشان داد که با افزایش زمان تماس و مقدار ماده جاذب، کارایی حذف افزایش یافته است. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهند که سینتیک فرایند جذب از مدل سینتیک شبه درجه دو و داده‌های تعادلی از مدل ایزوترمی لانگمیر پیروی می‌کنند.

**نتیجه‌گیری:** در مجموع نتایج حاصل از انجام آزمایشات مشخص ساخت که می‌وان از فرایند جذب بر روی رزین تبادل یون آنیونی به عنوان یک روش موثر و سریع در جهت حذف رنگ راکتیو بلک ۵ از محلول‌های آبی استفاده کرد.

**واژگان کلیدی:** رنگ راکتیو بلک ۵، رزین تبادل یون، مدل سینتیکی و ایزوترمی، جذب سطحی

۱- دکترای بهداشت محیط، استاد مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان

۲- دکترای بهداشت محیط، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان

۳- دکترای بهداشت محیط، دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گیلان

۴- کارشناس ارشد بهداشت محیط، مربی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گیلان

## مقدمه

مصرف رنگ در صنایع نساجی دنیا بیش از ده هزار تن در سال تخمین زده می‌شود که با این میزان مصرف، سالیانه ۱۰۰۰ ton از رنگ مصرفی وارد پساب این صنایع می‌گردد (۱). با تخلیه ترکیبات رنگی در آب‌های پذیرنده میزان اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD) آب نیز افزایش می‌یابد. رنگ‌ها هم‌چنین سبب ممانعت از انتقال کامل نور به داخل آب شده و در نتیجه موجب کاهش عمل فتوسنتز و متعاقب آن کاهش اکسیژن محلول در آب می‌گردند. علاوه بر آن اکثر رنگ‌های مصرفی صنایع نساجی منشأ آلی داشته و عمدتاً از نمک‌های دی آزو (Diazo)، فتالوسیانین (cyaninePhethalo) و آنتراکینون (Anthroquinone) که دارای حلقه بنزن است، تهیه می‌شود که می‌تواند سمی و سرطان‌زا باشد (۱). بنابراین حذف رنگ از این گونه پساب‌ها ضرورت خاصی دارد. با توسعه و گسترش صنایع تولید رنگ‌های نساجی، رنگ‌های جدیدی وارد بازار می‌شوند که خواص رنگ‌رزی بهتری دارند. بهبود کیفیت رنگ‌ها، ناشی از پایداری ساختارهای مواد رنگ‌زای مورد استفاده است و سبب مقاوم شدن آنها در برابر تجزیه بیولوژیکی و شیمیایی می‌گردد (۲). اکثر رنگ‌های مورد استفاده صنایع نساجی به دلیل ایجاد کمپلکس‌های قوی، غیر قابل تجزیه بیولوژیکی بوده و فرایندهای تصفیه متداول فاضلاب مانند انعقاد و لخته‌سازی، ترسیب شیمیایی روش موثری برای حذف آنها محسوب نمی‌گردد. هم‌چنین این روش‌ها معمولاً تولید مقادیر قابل توجهی لجن می‌نمایند که مشکلات زیست محیطی دیگری را به دنبال داشته و در غلظت‌های کم، سنتیک و اکنش کند بوده و میزان غلظت باقی‌مانده رنگ هنگام تخلیه خیلی بیشتر از حد مجاز خواهد بود (۳). فرایندهای پیشرفته نیز اغلب هزینه‌بر بوده و راهبری آنها نیاز به نیروی متخصص دارد. وجود چنین مشکلاتی همواره محققین را بر آن داشته که به دنبال روش‌های جدید در این زمینه باشند (۲). تحقیقات زیادی برای کاربرد و استفاده از روش‌های ساده قابل استفاده و کم هزینه صورت گرفته است. به طور کلی جذب سطحی فرایند تجمع مواد در فصل مشترک بین دو فاز است (۴ و ۵). در جذب سطحی از مواد مختلفی مثل کربن فعال گرانوله و پودری، خاکستر، بنتونیت، فسفر هیدرات سلولز، بیومس، زغال کک، خاک چینی استفاده

می‌شود (۶). یکی از موثرترین مواد برای جذب رنگ کربن فعال است. از آنجایی که احیای آن هزینه‌بر و گرانست، همواره محققین را بر آن داشته که به دنبال جاذب‌های جدید در این زمینه باشند (۷ و ۵). تحقیقات زیادی برای کاربرد و استفاده از جاذب‌های ساده قابل استفاده و کم هزینه صورت گرفته است. از جمله زغال تورب حاصل از خزه، برگ، خاک اره (۴ و ۸). قوانین و استانداردهای دفع فاضلاب صنعتی روز به روز سخت‌گیرانه‌تر می‌شود و از طرفی با توجه به گسترش صنایع مختلف و وارد شدن رنگ‌ها همواره باید از روش‌های جدید، کارآمد و ارزان برای تصفیه و حذف آلاینده‌ها و رنگ استفاده کرد از میان جاذب‌های مختلف می‌توان به رزین تبادل یون اشاره کرد از بین رزین‌ها، رزین‌های آنیونی امروزه به علت حذف سریع و کامل بیشتر رنگ‌ها آلاینده‌ها و هم‌چنین دسترسی آسان به مواد اولیه مورد نیاز، برای حذف انواع مختلفی از مواد از جمله رنگ‌ها و آلاینده‌ها کاربرد زیادی پیدا کرده است. رزین‌های آنیونی به طور کلی به دو دسته آنیونی ضعیف و قوی تقسیم می‌شوند که از این میان رزین‌های آنیونی قوی به علت گروه‌های عامل آنیونی فعال‌تر به طور مثال گروه آمین‌ها چهارم، نسبت به آنیونی ضعیف به طور وسیع برای حذف آلاینده‌ها از محیط‌های آبی استفاده می‌شود (۹-۱۲). از لحاظ فیزیکی شیمیایی دو پارامتر مهم برای ارزیابی فرایند جذب بحث تعادل و سینتیک است که ایزوترم‌های جذب معادلاتی برای تشریح حالت تعادل جزو جذب شونده بین فاز جامد و سیال هستند، سینتیک جذب نیز میزان جذب محلول در واحد زمان را توصیف می‌کند (۱۳ و ۱۴).

بنابراین با توجه به مشکلات مربوط به رنگ‌ها در محیط زیست، در این مطالعه رزین تبادل یون آنیونی باز قوی به عنوان جاذب در حذف رنگ راکتیو بلک ۵ (RB5)، مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه پارامترهای مختلفی از جمله pH، زمان تماس، غلظت اولیه رزین و غلظت اولیه رنگ، رنگ راکتیو بلک ۵ مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین داده‌های حاصل از مطالعات ثابت تعادل با استفاده از ایزوترم‌های فروندلیچ و لانگمیر و مدل‌های سینتیکی شبه درجه اول و شبه درجه دوم مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱: مشخصات رزین مورد مطالعه

Resin	
Type	Anion exchange resin, strongly basic
Functional group	Tertiary amine (dimethyl amino ethanol)
Matrix	Macroporous crosslinked polystyrene
Bead size (mm)	0.30-1.20
Operating pH range	1-14
Total exchange capacity (min)	3.7 meq/g
Thermal stability (°C)	-20 to 70

### مواد و روش‌ها

این مطالعه یک مطالعه بنیادی - کاربردی بود. کلیه مواد مورد نیاز شیمیایی از شرکت Merck کشور آلمان خریداری شد. به طور کلی مراحل تحقیق در زیر شرح داده شده است.

#### مشخصات رزین مورد مطالعه

مشخصات رزین مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

#### تهیه محلول استوک رنگ RB5

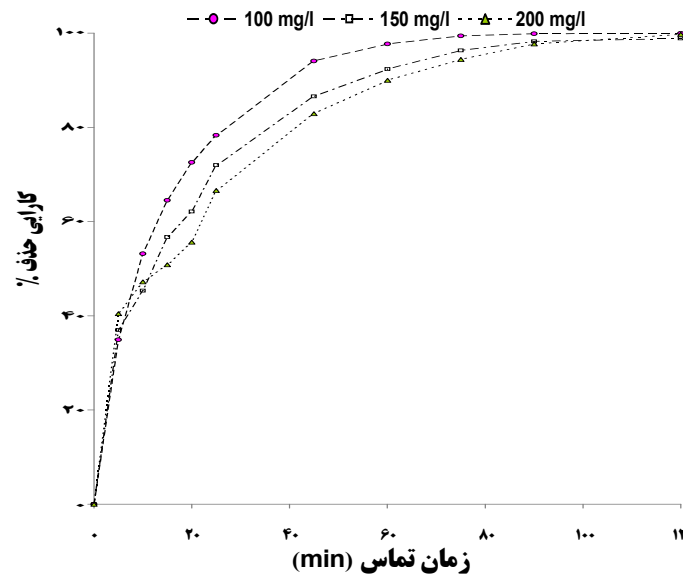
ساختار رنگ راکتیو بلک ۵ با فرمول شیمیایی  $(C_{26}H_{21}Na_4N_5O_{19}S_6)$  در شکل ۱ نشان داده شده است. محلول استوک رنگ RB5 (۱۰۰۰ mg/L) با استفاده از حل کردن ۱ g رنگ RB5 در آب ۱ L بدون یون تهیه شد. سپس محلول‌های استاندارد تعیین شده برای آزمایشات با استفاده از رقیق نمودن محلول استوک تهیه گردید. جهت تنظیم pH از اسید کلریدریک و سود یک نرمال استفاده گردید. برای جلوگیری از تغییرات غلظت، محلول مادر رنگ RB5 در یخچال نگهداری شد.

#### مطالعات جذب در سیستم ناپیوسته

فاکتورهای موثر بر انجام فرایندهای مورد مطالعه شامل زمان ماند ۱۲۰-۵ min، pH = ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، غلظت اولیه رزین ۱، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ g/L بوده است که در مراحل جداگانه در طول تحقیق بررسی گردید. برای انجام آزمایشات ابتدا زمان تعادل در شرایط pH = ۷ و غلظت ماده جاذب برابر با ۱۵۰ mg/L تعیین گردید که برابر با ۱۲۰ min بود. پس از تعیین زمان تعادل، آزمایشات با ثابت نگه داشتن سه متغیر و تغییر دادن یک متغیر انجام گردید. برای مثال در pH=۷ و مقدار ماده جاذب ۱۰۰ g/100 cc، غلظت‌های مختلف رنگ به سیستم ناپیوسته اضافه شده و در دمای  $25 \pm 1^\circ C$  با استفاده از انکوباتور در هم‌زن مغناطیسی با دور ۱۰۰ rpm به مدت ۲ h مخلوط گردید. جهت مطالعه مدل‌های ایزوترمی غلظت مشخصی از رنگ RB5 به مدت ۱ d در تماس غلظت اولیه مختلف از رزین قرار



شکل ۱: ساختار رنگ راکتیو بلک ۵ با فرمول شیمیایی  $(C_{26}H_{21}Na_4N_5O_{19}S_6)$



شکل ۲: تاثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف (pH=۷، و غلظت اولیه جاذب ۰/۶ g/100cc)

غلظت اولیه جاذب ۰/۶ g/100cc و غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف را نشان می‌دهد. شکل ۲ تاثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف را نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل پیداست وقتی زمان تماس از ۵ به ۱۲۰ min افزایش می‌یابد، کارایی حذف از ۵۳/۴۸٪ به ۹۹/۹۹٪ در غلظت اولیه رنگ ۱۵۰ mg/L افزایش می‌یابد که این زمان همان زمان تعادل در آزمایشات است.

#### تاثیر pH بر روی کارایی حذف رنگ

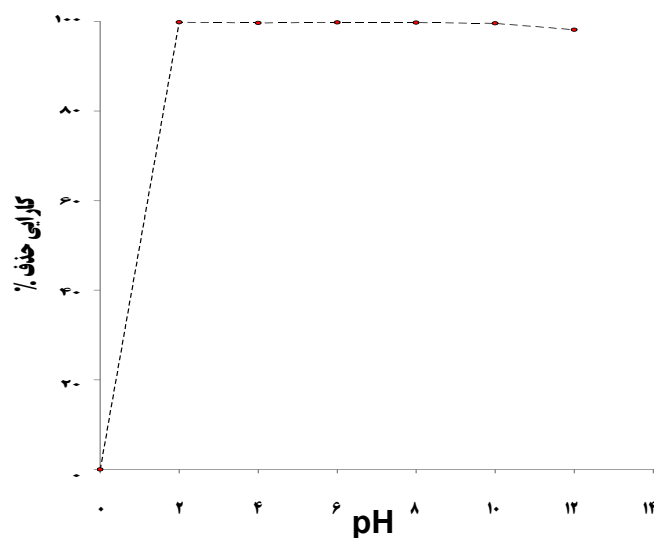
در این مطالعه محلول‌های مورد نظر با pH های اولیه ۱۲، ۱۰، ۸، ۶، ۴، ۲ از محلول استوک ساخته شد. سپس نمونه‌های

گرفت سپس برای حذف رزین، به نمونه به مدت ۲ min اجازه ته‌نشینی داده شد و غلظت باقی‌مانده رنگ RB5 توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV/VIS Simadzo-1700, Japan) در طول موج ۵۹۸ nm تعیین گردید. کلیه روش‌های مورد استفاده مطابق روش‌های استاندارد (۱۵) انجام گردیده است.

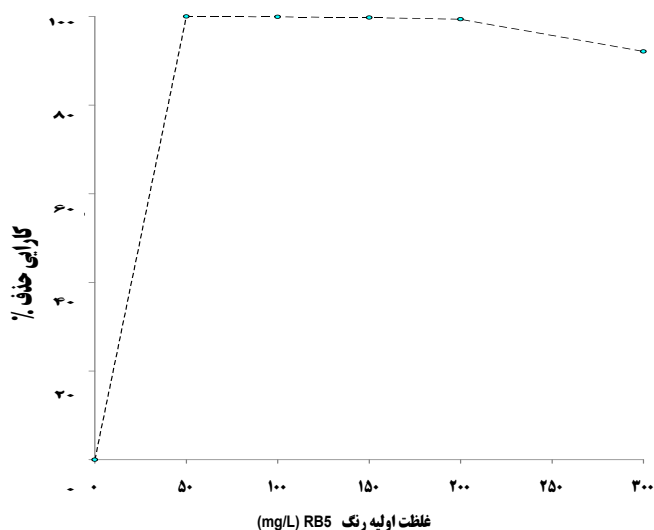
#### یافته‌ها

#### تاثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف رنگ

تاثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف در سیستم مورد مطالعه با تغییر در زمان تماس از ۵ به ۱۲۰ min در pH=۷



شکل ۳: تاثیر pH بر روی کارایی حذف (غلظت اولیه رنگ RB5 ۱۵۰ mg/L، غلظت اولیه جاذب ۰/۶ g/100cc، زمان تماس ۱۲۰ min)



شکل ۴: تاثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف (pH=۷، غلظت اولیه جاذب ۰/۶ g/۱۰۰cc، زمان تماس ۱۲۰ min)

مطالعه با تغییر در غلظت اولیه رنگ ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۳۰۰ g/L در pH=۷ و غلظت اولیه جاذب ۰/۶ g/100cc بعد از زمان تعادل ۱۲۰ min بررسی شد. در شکل ۴ نتایج حاصل از تاثیر غلظت اولیه رنگ RB5 بر روی کارایی حذف نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌گردد با افزایش غلظت اولیه رنگ کارایی حذف کاهش یافت. به طوری که وقتی غلظت اولیه رنگ از ۵۰ به ۳۰۰ mg/L افزایش یافت کارایی حذف از ۹۹/۹۷٪ به ۲۴/۴۰٪ کاهش یافت.

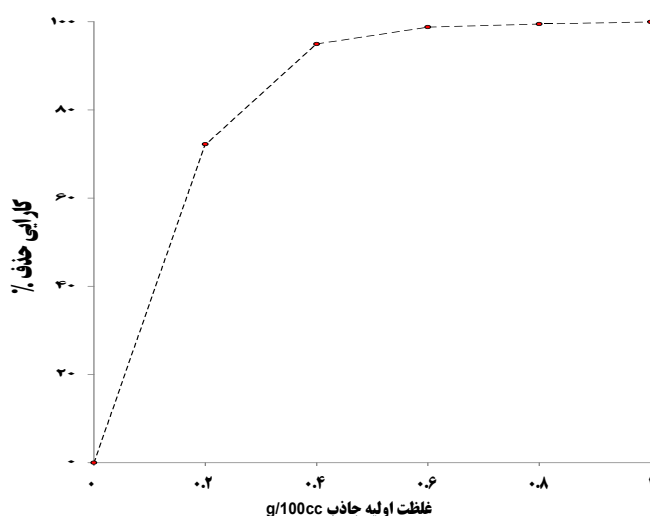
#### تاثیر غلظت اولیه جاذب بر روی کارایی حذف

تاثیر غلظت اولیه جاذب بر روی کارایی حذف در سیستم

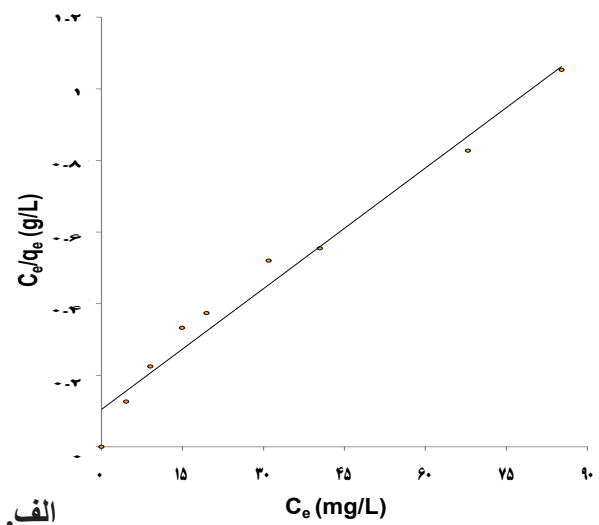
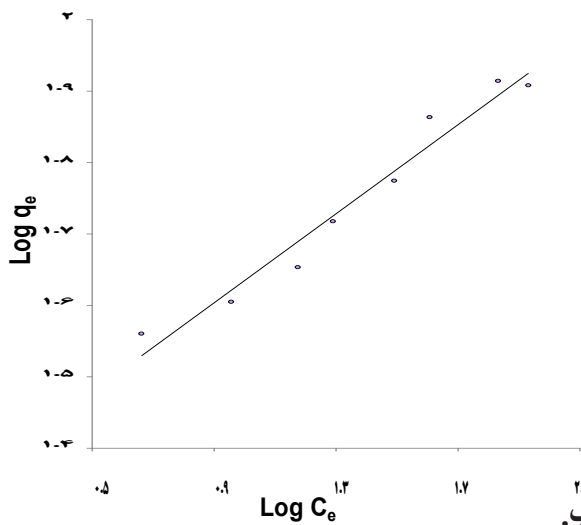
مورد نظر در غلظت ثابت رنگ ۱۵۰ mg/L و غلظت اولیه جاذب ۰/۶ g/100 cc به مدت ۲ h مخلوط شد و در نهایت غلظت باقی مانده رنگ به روش اسپکتروفتومتری تعیین گردید. در شکل ۳ نتایج حاصل از تاثیر pH بر روی کارایی حذف نشان داده شده است. همان طوری که مشاهده می‌گردد با افزایش pH کارایی حذف به طور جزئی کاهش یافت به نحوی که با تغییر pH از ۲ به ۱۲ کارایی حذف از ۹۹/۶۷٪ به ۹۷/۷۸٪ کاهش یافت.

#### تاثیر غلظت اولیه رنگ RB5 بر روی کارایی حذف

تاثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف در سیستم مورد



شکل ۵: تاثیر غلظت اولیه جاذب بر روی کارایی حذف (pH=۷، غلظت اولیه رنگ RB5 ۱۵۰ mg/L، زمان تماس ۱۲۰ min)



شکل ۶: مدل ایزوترمی فروندلیچ (الف) و لانگمیر (ب) در جذب رنگ RB5 بر روی رزین تبادل یون آمیونی بازی قوی

خطی ایزوترم لانگمیر به صورت معادله ۲ است (۱۳ و ۱۸).

$$\frac{c_e}{q_e} = \frac{1}{q_m K} + \frac{1}{q_m} c_e \quad (2)$$

$q_e$  مقدار جزو جذب شده در واحد جرم جسم جاذب بر حسب  $mg/g$ ،  $c_e$  غلظت تعادلی ماده جذب شدنی در محلول بعد از جذب سطحی بر حسب  $mg/L$ ،  $q_m$  نشان‌دهنده ظرفیت جذب و  $K$  ثابت لانگمیر است که از رسم نمودار  $c_e/q_e$  در مقابل  $c_e$  به دست می‌آیند (شکل ۶ (ب)).

معادله ایزوترم جذب فروندلیچ به صورت معادله ۳ است (۸ و ۱۳).

$$q_e = K c_e^{1/n} \quad (3)$$

و معادله خطی آن به صورت معادله ۴ است.

$$\log q_e = \log k + 1/n \log c_e \quad (4)$$

$c_e$  غلظت تعادل  $mg/L$ ،  $q_e$  ظرفیت جذب در زمان تعادل بر حسب  $mg/g$  و  $K$  و  $n$  ثابت‌های فروندلیچ هستند که با رسم نمودار  $\log q_e$  در مقابل  $\log c_e$  به دست می‌آیند (شکل ۶ (الف)).

پارامترهای ایزوترم جذب در جدول ۲ ارائه شده است.

#### سینتیک جذب

سینتیک جذب با مدل‌های سینتیک شبه درجه یک و شبه درجه دو مورد بررسی قرار گرفت. معادله سینتیک شبه درجه یک عموماً به صورت معادله ۵ ارائه می‌شود (۱۸ و ۸).

مورد مطالعه با تغییر در غلظت اولیه جاذب  $g/100cc$   $0/2$ ،  $0/4$ ،  $0/6$ ،  $0/8$  و  $pH=7$  و غلظت اولیه رنگ  $150 mg/L$  بعد از زمان تعادل  $120 min$  بررسی شد. شکل ۵ اثر غلظت اولیه جاذب بر روی کارایی حذف را نشان می‌دهد. همان طور که از شکل پیداست وقتی که غلظت اولیه جاذب از  $0/2$  به  $1 g/100cc$  افزایش یافت کارایی حذف از  $65/34\%$  به  $99/99\%$  افزایش یافت.

#### مطالعات تعادلی و سینتیک

مطالعات تعادلی در یک ارلن مایر به حجم  $250 cc$  حاوی  $150 cc$  غلظت اولیه رنگ RBC،  $150 mg/L$  با مقدار اولیه جاذب متفاوت  $g/100cc$   $0/4$  -  $0/8$  و  $pH=7 \pm 0/2$  بعد از  $24 h$  انجام شد، سپس نمونه‌ها جداسازی شده و آنالیز شد و ظرفیت جذب با استفاده از معادله ۱ به دست آمد (۸، ۱۶، ۱۷ و ۴).

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

$q_e$  مقدار جزء جذب شده در واحد جرم جسم جاذب بر حسب  $mg/g$ ،  $C_0$  غلظت اولیه در محلول قبل از جذب سطحی بر حسب  $mg/L$  محلول،  $c_e$  غلظت تعادلی ماده جذب شدنی در محلول بعد از جذب سطحی بر حسب  $mg/L$ ،  $V$  حجم محلول بر حسب  $L$  و  $M$  جرم جاذب بر حسب  $g$  است.

#### ایزوترم‌های جذب

در این تحقیق داده‌های تجربی تعادل جذب با مدل‌های ایزوترم جذب فروندلیچ و لانگمیر مورد بررسی قرار گرفت. معادله

جدول ۲: ضرایب ثابت و ضرایب همبستگی ایزوترم فروندلیچ و لانگمیر در جذب رنگ RB5 بر روی رزین تبادل یون آنیونی بازی قوی

فروندلیچ		لانگمیر	
K	۰/۱۲	b	۰/۱
n	۳/۲	q <sub>m</sub>	۹۰/۹
R <sup>2</sup>	۰/۹۶۲	R <sup>2</sup>	۰/۹۷۲

از رسم  $t/q_t$  در مقابل  $t$ ،  $q_e$  و  $K_2$  محاسبه می‌شوند (۱۷) (شکل ۷ (ب)).

ضرایب ثابت و ضریب همبستگی سینتیک مدل جذب شبه درجه یک و شبه درجه دو در جدول ۳ آرایه شده است.

### بحث

حذف رنگ RB5 با افزایش مقدار ماده جاذب و زمان تماس افزایش می‌یابد. به علت اینکه مساحت سطحی و محل‌های جذب قابل دسترس برای جاذب افزایش می‌یابد. به طور کلی با افزایش مقدار اولیه رزین کارایی حذف افزایش یافته اما دانسیته کاهش می‌یابد، کاهش دانسیته جذب به علت محل‌های جذب غیر اشباع باقی‌مانده در طول فرایند جذب است (۴، ۱۸، ۱۱، ۲۰). به طوری که نتایج حاصل با نتایجی که Karcher

$$dq_t/dt = K_1(q_e - q_t) \quad (5)$$

$q_e$  و  $q_t$  ظرفیت جذب در حالت تعادل و در زمان  $t$  بوده و  $k_1$  ضریب سرعت است. با انتگرال‌گیری از این معادله، معادله ۶ حاصل می‌شود.

$$h \left( 1 - \frac{q_t}{q_e} \right) = -k_1 t \quad (6)$$

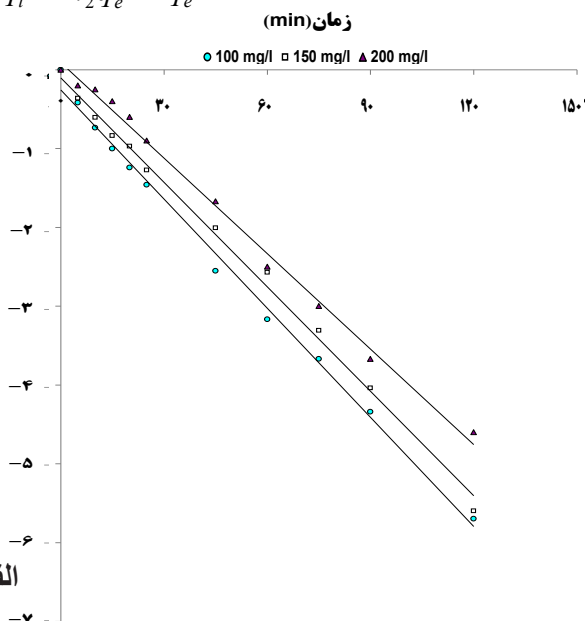
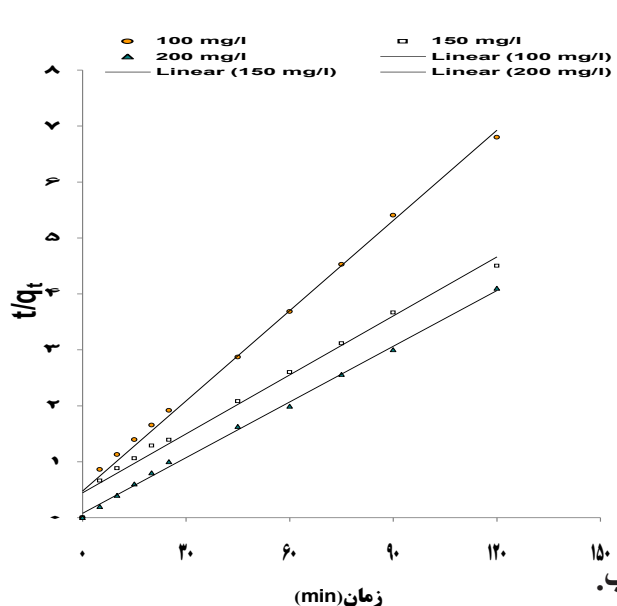
از رسم نمودار  $h \left( 1 - \frac{q_t}{q_e} \right)$  در مقابل  $t$ ،  $k_1$  به دست می‌آید (شکل ۷ (الف)).

سینتیک جذب شبه درجه دو عموماً به صورت معادله ۷ بیان می‌شود (۱۴، ۱۷، ۱۹).

$$\frac{d q_t}{d t} = k_2 (q_e - q_t)^2 \quad (7)$$

با انتگرال‌گیری از معادله بالا و نوآرایی آن رابطه خطی ۸ حاصل می‌شود.

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



شکل ۷: مدل سینتیکی شبه درجه یک (الف) و شبه درجه دو (ب) در جذب رنگ RB5 بر روی رزین تبادل یون آنیونی بازی قوی (pH=۷). زمان تماس ۱۲۰ min، غلظت اولیه جاذب ۰/۶ g/100cc

جدول ۳: ضرایب ثابت و ضرایب هم‌بستگی مدل سینتیکی شبه درجه یک، شبه درجه دو و شبه درجه یک اصلاح شده در جذب رنگ RB5 بر روی رزین تبادل یون آنیونی بازی قوی

C <sub>0</sub> (mg/L)	سینتیک شبه درجه یک			سینتیک شبه درجه دو		
	k <sub>1</sub> (1/min)	q <sub>e</sub>	R <sup>2</sup>	k <sub>2</sub> (g/mg min)	q <sub>e</sub>	R <sup>2</sup>
۱۰۰	۰/۰۴۵	۵/۷	۰/۹۹۷	۰/۰۰۲	۱۹/۲۳	۰/۹۹۹
۱۵۰	۰/۰۴۴	۵/۶	۰/۹۹۶	۰/۰۰۱	۳۰/۳	۰/۹۹۸
۲۰۰	۰/۰۴	۴/۶	۰/۹۹۵	۰/۰۰۱	۳۱/۲۵	۰/۹۹۸

### نتیجه‌گیری

۱. حذف رنگ RB5 با افزایش مقدار ماده جاذب و زمان تماس به علت افزایش مساحت سطحی و محل‌های جذب قابل دسترس برای جاذب افزایش می‌یابد.

۲. داده‌های تعادلی فرایند جذب رنگ RB5 بر روی رزین تبادل یون آنیونی بازی قوی از ایزوترم لانگمیر نسبت به ایزوترم فروندلیچ بهتر پیروی می‌کند.

۳. سینتیک جذب رنگ RB5 بر روی رزین تبادل یون آنیونی بازی قوی از مدل سینتیکی شبه درجه دو نسبت به مدل سینتیکی شبه درجه یک بهتر پیروی می‌کند.

۴. سرانجام نتایج حاصل از انجام آزمایشات مشخص ساخت که می‌توان از رزین تبادل یون آنیونی بازی قوی به عنوان یک روش موثر و سریع در جهت حذف رنگ RB5 از محلول‌های آبی استفاده کرد.

و همکاران بر روی حذف رنگ‌های راکتیو از فاضلاب نساجی با استفاده از رزین تبادل یون آنیونی به دست آورده بودند، مطابقت دارد (۲۱). هم‌چنین طی مطالعه‌ای که Liu و همکاران حذف رنگ‌های راکتیو از آب با استفاده از غشای تبادل آنیونی به عنوان جاذب انجام دادند به این نتیجه رسیدند که با افزایش مقدار ماده جاذب و زمان تماس افزایش کارایی حذف افزایش می‌یابد (۱۲).

حذف رنگ RB5 با افزایش pH به علت رقابت بیشتر آنیون OH<sup>-</sup> با آنیون‌های رزین تبادل یون، و متعاقب آن جذب کمتر رنگ بر روی رزین تبادل یون، کاهش می‌یابد (۲۱ و ۵).

حذف رنگ RB5 با افزایش غلظت اولیه رنگ کاهش می‌یابد. دلیل این امر آن است که جاذب‌ها دارای یک تعداد محل‌های فعال محدودی دارند که در غلظت‌های بالا اشباع می‌شود (۲۰)، ۸، ۱۶، ۲۲). به طوری که طی مطالعه‌ای Elwakeel و همکاران بر روی حذف رنگ RB5 از محلول‌های آبی با استفاده از رزین انجام دادند به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت رنگ RB5 راندمان حذف کاهش می‌یابد (۱۱). هم‌چنین همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود با توجه به بیشتر بودن ظرفیت تعادل (q<sub>e</sub>) و ضرایب هم‌بستگی (R<sup>2</sup>) در غلظت‌های مختلف رنگ، می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های جذب از مدل سینتیکی شبه درجه دو، به علت بالا بودن غلظت اولیه رنگ RB5 بیش از خروجی فاضلاب صنایع در این مطالعه، نسبت به مدل سینتیکی شبه درجه یک، بهتر پیروی می‌کند.

با توجه به بیشتر بودن ضریب هم‌بستگی (R<sup>2</sup>=۰/۹۷۲) می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های تعادلی فرایند جذب رنگ RB5 بر روی رزین تبادل یون آنیونی بازی قوی از ایزوترم لانگمیر نسبت به ایزوترم فروندلیچ بهتر پیروی می‌کند.

## منابع

1. Khataee AR, Vatanpour V, Ghadim ARA. Decolorization of C.I. Acid Blue 9 solution by UV/nano-TiO<sub>2</sub>, Fenton, Fenton-like, electro-Fenton and electrocoagulation processes: A comparative study. *Journal of Hazardous Materials*. 2009;161(2-3):1225-33.
2. Selcuk H, Bekbolet M. Photocatalytic and photoelectrocatalytic humic acid removal and selectivity of TiO<sub>2</sub> coated photoanode. *Chemosphere*. 2008;73(5):845-58.
3. Kai W, Hsueh C, Long H, Chun S, Hsien C. Degradation of Reactive Black 5 using combined electrochemical degradation-solar-light/immobilized TiO<sub>2</sub> film process and toxicity evaluation. *Chemosphere*. 2008;72:299-305.
4. Malik MP. Dye removal from wastewater using activated carbon developed from sawdust: adsorption equilibrium and kinetics. *Journal of Hazardous Materials*. 2004;113(1-3):81-8.
5. Al-Degeys YS, El-Barghouthi MI, El-Sheikh AH, Walker GM. Effect of solution pH, ionic strength, and temperature on adsorption behavior of reactive dyes on activated carbon. *Dyes and Pigments*. 2008;77(1):16-23.
6. Karcher S, Kornmüller A, Jekel M. Screening of commercial sorbents for the removal of reactive dyes. *Dyes and Pigments*. 2001;51(2-3):111-25.
7. Choi H-D, Shin M-C, Kim D-H, Jeon C-S, Baek K. Removal characteristics of reactive black 5 using surfactant-modified activated carbon. *Desalination*. 2008;223(1-3):290-8.
8. Arami M, Limae NY, Mahmoodi NM, Tabrizi NS. Removal of dyes from colored textile wastewater by orange peel adsorbent: Equilibrium and kinetic studies. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2005;288(2):371-6.
9. Lin SH, Juang RS. Adsorption of phenol and its derivatives from water using synthetic resins and low-cost natural adsorbents: A review. *Journal of Environmental Management*. 1336-49:(3)9;2009.
10. Wawrzekiewicz M, Hubicki Z. Kinetics of adsorption of sulphonated azo dyes on strong basic anion exchangers. *Environmental Technology*. 30:1059-71;2009.
11. Elwakeel KZ. Removal of Reactive Black 5 from aqueous solutions using magnetic chitosan resins. *Journal of Hazardous Materials*. 2009;167(1-3):383-92.
12. Liu CH, Wu J-S, Chiu H-C, Suen S-Y, Chu KH. Removal of anionic reactive dyes from water using anion exchange membranes as adsorbents. *Water Research*. 2007;41(7):1491-500.
13. Choy K, G. McKay and J.F. Porter, Sorption of acid dyes from effluents using activated carbon, *Resour Conserv Recycl* 27(1999) pp. 57-71.
14. Khamadi N, X.D. Chen, M.M. Farid and M.G.Q. Lu, Adsorption kinetics for the removal of chromium(VI) from aqueous solution by adsorbents derived from used tyres and sawdust, *Chemical Engineering Journal* 84 (2001) pp. 95-101.
15. APHA. Standard Methods for the Examination of Waters and Wastewaters. 20th ed. Washington, DC: American Public Health Association (APHA); 1998.
16. Garg VK, Gupta R, Kumar R, Gupta RK. Adsorption of chromium from aqueous solution on treated sawdust. *Bioresource Technology*. 2004;92(1):79-81.
17. Azizian S, Kinetics models of sorption: a theoretical study, *Journal of Colloid and Interface Science* 276 (2004) pp. 47-52.
18. Venkatraman S, C. Bikash and Raymahashay, Color removal by clays. Kinetic study of adsorption of cationic and anionic dyes. *Environmental Science Technology* 9 (1975) pp. 1139-1140.
19. El-Dein A.M, J.A. Libra and U. Wiesmann, Mechanism and kinetic model for the decolorization of the azo dye Reactive Black 5 by hydrogen peroxide and UV radiation, *Chemosphere* 52 (2003) pp. 1069-1077.
20. Elwakeel KZ. Removal of Reactive Black 5 from aqueous solutions using magnetic chitosan resins. *Journal of Hazardous Materials*. 2009;167(1-3):383-92.
21. Karcher S, A. Kornmüller and M. Jekel, Anion exchange resins for removal of reactive dyes from textile wastewaters, *Water Research* 36 (2002) pp. 4717-4724.
22. Selvi K, S.Pattabhi and K.kadirvelu, Removal of Cr (VI) from aqueous solutions by adsorption onto activated carbon, *Bioresource Technology* 80 (2001) pp. 87-89.

## **Removal of Reactive Black 5 (RB5) Dye from Aqueous Solution using Adsorption onto Strongly Basic Anion Exchange Resin: Equilibrium and Kinetic Study**

Ali Reza Rahmani<sup>1</sup>, Ghorban Asgari<sup>1</sup>, Mehrdad Farrokhi<sup>2</sup>, \*Mahdi Shirzad siboni<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Environmental Health, Faculty Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

<sup>2</sup>Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran

Received: 23 April 2012 ; Accepted:23 July 2012

### **ABSTRACT**

**Background and Objectives:** Dyes are one of the main environmental pollutants in the industrial effluents including textile industries, which are harmful for human health and environment. The purpose of this research was to investigate removal efficiency of Reactive Black 5 (RB5) dye using adsorption onto strongly basic anion exchange resin as an appropriate adsorbent.

**Materials and Methods:** After preparing materials and equipment required, removal efficiency of Reactive Black 5 (RB5) dye using adsorption onto strongly basic anion exchange resin was investigated with respect to the variation of pH, contact time, adsorbent dosage, and initial RB5 dye concentration in batch system. Then results were analyzed using Excel software.

**Results:** Our results showed that removal efficiency was decreased by increasing pH and initial RB5 dye concentration. Moreover, we found that the removal efficiency was increased by increasing adsorbent dosage and contact time. The kinetics and equilibriums data were explained acceptably by Langmuir isotherms and pseudo-second-order kinetics models respectively.

**Conclusion:** Overall, our findings revealed that removal of RB5 dye from aqueous solution using adsorption onto strongly basic anion exchange resin can be considered as an effective and quick method.

**Keywords:** Reactive Black 5 (RB5), Ion exchange resin, Kinetics and Isotherms Models, Adsorption

---

\*Corresponding Author: [mshirzadsiboni@yahoo.com](mailto:mshirzadsiboni@yahoo.com)

Tel: +98 131 3232407 , Fax: +98 131 3242006