

## حذف رنگ راکتیو بلک ۵ از محیط‌های آبی با استفاده از جذب بر روی مهره‌های مغناطیسی آلزینات سدیم سنتز شده

رضا شکوهی<sup>۱</sup>، محمد رضا سمرقندی<sup>۱</sup>، فرهاد پورفری<sup>۲</sup>، مهدی شیرزادسپینی<sup>۳</sup>، حوریه واحدی<sup>۴</sup>

نویسنده مسئول: سنندج، بلوار پاسداران، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط [mehdi\\_dshirzad@yahoo.com](mailto:mehdi_dshirzad@yahoo.com)

پذیرش: ۸۹/۰۹/۰۲

دریافت: ۸۹/۰۶/۰۶

### چکیده

**زمینه و هدف:** رنگ یکی از عمده‌ترین آلاینده‌های محیط زیست است که در پساب صنایع مختلف از جمله نساجی دیده می‌شود. لذا هدف از این بررسی کارایی حذف رنگ RB5 از محیط‌های آبی با استفاده از جذب بر روی مهره‌های مغناطیسی آلزینات سدیم سنتز شده در سیستم ناپیوسته بود.

**روش بررسی:** ابتدا با به کارگیری فناوری نانو، مهره‌های مغناطیسی آلزینات سدیم ساخته شد و بعد از آن با تغییر دادن مقدار مهره‌های مغناطیسی و ثابت نگه داشتن بقیه عوامل موثر، مقدار بهینه مهره که برابر  $18 \text{ g}/100 \text{ cc}$  بود به دست آمد. سپس با ثابت نگه داشتن مقدار مهره، تاثیر  $pH$ ، غلظت اولیه رنگ و زمان تماس بررسی گردید.

**یافته‌ها:** نتایج مشخص ساخت که کارایی حذف رنگ RB5 با افزایش غلظت اولیه رنگ، کاهش یافت. هم چنین نتایج نشان داد که با افزایش زمان تماس و مقدار ماده جاذب، کارایی حذف افزایش یافت. هم چنین نتایج نشان داد که سینتیک فرایند جذب از مدل سینتیک شبه درجه دو و داده‌های تعادلی از مدل ایزوترمی لانگمیر پیروی می‌کند.

**نتیجه‌گیری:** در مجموع نتایج حاصل از انجام آزمایش‌ها مشخص ساخت که می‌توان از فرایند جذب بر روی مهره‌های مغناطیسی آلزینات سدیم سنتز شده به عنوان یک روش موثر و سریع در جهت حذف رنگ RB5 از محلول‌های آبی استفاده کرد.

**واژگان کلیدی:** سنتز، مهره‌های مغناطیسی آلزینات سدیم، رنگ راکتیو بلک ۵، مدل سینتیک و ایزوترمی، جذب سطحی

- ۱- دکترای بهداشت محیط، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان
- ۲- دکترای پزشکی اجتماعی، استادیار دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی اردبیل
- ۳- کارشناس ارشد بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی سنندج
- ۴- کارشناس بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان

## مقدمه

مصرف رنگ در صنایع نساجی دنیا بیش از ده هزار تن در سال تخمین زده می شود که با این میزان مصرف، سالیانه ۱۰۰۰ تن از رنگ مصرفی وارد پساب این صنایع می گردد. رنگ ها 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 می گردند (۱). بنابراین حذف رنگ از این گونه پساب ها ضرورت خاصی خواهد داشت. اکثر رنگ های مورد استفاده صنایع نساجی به دلیل ایجاد کمپلکس های قوی، غیر قابل تجزیه بیولوژیکی بوده و فرایندهای تصفیه متداول فاضلاب مانند انعقاد و لخته سازی، روش موثری برای حذف آنها محسوب نمی گردد. هم چنین این روش ها معمولا تولید مقادیر قابل توجهی لجن می نمایند که مشکلات زیست محیطی دیگری را به دنبال خواهد داشت (۲ و ۳). بدیهی است که کربن فعال به دلیل ویژگی های مثبت متعدد از جمله سطح ویژه و ظرفیت جذب بالا، شرایط فیزیکی و راندمان مناسب، یکی از پرمصرف ترین مواد در حذف آلاینده های آلی به خصوص رنگ ها از فاضلاب ها به حساب می آید (۴). علی رغم وجود مزایای گفته شده به دلیل بعضی از محدودیت ها و معایب از جمله مشکل جداسازی پودر کربن فعال از پساب و هزینه بالای مربوط به مراحل تهیه، فعال سازی و احیای مجدد آن، مصرف این ماده را با محدودیت روبرو کرده است. اخیرا محققین جهت کاهش یا حذف مشکل جداسازی پودر کربن فعال از پساب روش کپسولی کردن کربن فعال پودری در مهره های بیوپلیمری مانند آلژینات را پیشنهاد کرده اند (۲ و ۳). آلژینات یک بیوپلیمر ارزان، در دسترس و غیر سمی و موثر در حذف آلاینده ها از محیط آبی است که از جلبک دریایی قهوه ای گرفته می شود. این بیوپلیمر به دلیل داشتن ویژگی هایی مانند تجزیه پذیری زیستی، خصوصیات هیدروفیلیکی و ماهیت طبیعی بیشتر مورد توجه قرار گرفته و از آن در جهت حذف رنگ و حتی فلزات سنگین استفاده شده است (۵). تکنولوژی جدیدی که به تازگی توجه زیادی را به خود

جذب کرده است، استفاده از مواد مغناطیسی است. جداسازی مغناطیسی امروزه در زمینه های پزشکی، تشخیصی، بیولوژی مولکولی و بیوشیمی معدنی و تجزیه، بسیار مورد استفاده قرار می گیرند. به علاوه استفاده از نانوذرات آهن در مهره های مغناطیسی کارایی حذف را بالا می برد (۶ و ۷). تحقیقات زیادی برای کاربرد و استفاده از روش هایی که به سادگی قابل استفاده و کم هزینه باشند صورت گرفته است. به طور کلی جذب سطحی فرایند تجمع مواد در فصل مشترک بین دو فاز است. از لحاظ فیزیکوشیمیایی دو پارامتر مهم برای ارزیابی فرایند جذب، بحث تعادل و سینتیک است که ایزوترم های جذب معادلاتی برای تشریح حالت تعادل جز جذب شونده بین فاز جامد و سیال هستند، سینتیک جذب نیز میزان جذب محلول در واحد زمان را توصیف می کند (۴، ۶، ۸ و ۹).

بنابراین با توجه به مشکلات مربوط به رنگ ها در محیط زیست، در این مطالعه مهره های مغناطیسی آلژینات سدیم سنتز شده به عنوان جاذب در حذف رنگ راکتیو بلک ۵ مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه هم چنین پارامترهای مختلفی از جمله pH، زمان تماس، مقدار اولیه مهره و غلظت اولیه رنگ RB5 مورد بررسی قرار گرفت و نیز داده های حاصل از مطالعات ثابت تعادل با استفاده از ایزوترم های فروندلیچ و لانگمیر و مدل های سینتیکی شبه درجه اول، شبه درجه دوم مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش ها

این مطالعه یک مطالعه بنیادی - کاربردی بود. همه مواد شیمیایی از شرکت مرک آلمان تهیه گردید. رنگ RB5 نیز از شرکت الوان ثابت تهیه گردید. ساختار رنگ RB5 با فرمول شیمیایی  $(C_{26}H_{11}Na_4N_5O_{19}S_6)$  در شکل ۱ نشان داده شده است. به طور کلی مراحل انجام این تحقیق به صورت زیر است.

## الف. سنتز مهره های مغناطیسی آلژینات سدیم

جهت تهیه مهره های مغناطیسی آلژینات سدیم ابتدا نانو ذرات

شدن نانو ذرات اکسید آهن و کربن فعال از مهره ها جلوگیری می کند. بعد از اتمام ۲۴ ساعت چند مرتبه مهره ها را با آب مقطر شست و شو داده شوند تا کلسیم مازاد که با آلزینات وارد واکنش نشده است، جدا شود. (مهره ها باید در آب مقطر نگه داری شوند، زیرا در صورت خشک شدن سطح خارجی این مهره ها خاصیت خود را از دست می دهند) (۷ و ۱۳).

#### ب. آزمایش های جذب در ستون ناپیوسته

بعد از سنتز مهره های مغناطیسی آلزینات سدیم ابتدا محلول استوک رنگ RB5 (۱۰۰۰ mg/L) با استفاده از حل کردن ۱ g/l رنگ RB5 در یک لیتر آب بدون یون تهیه شد. جهت تنظیم pH از اسید کلریدریک و سود یک نرمال استفاده گردید. (برای جلوگیری از تغییرات غلظت، محلول استوک رنگ RB5 در تاریکی نگه داری شد). سپس فاکتورهای موثر بر انجام فرایندهای مورد مطالعه، زمان ماند (۵- ۲۴۰ دقیقه)، pH (۳،۵،۷،۹،۱۱) و غلظت اولیه مهره مغناطیسی (۶، ۱۲، ۱۸، ۲۴، ۳۰ گرم در ۱۰۰ سی سی) غلظت اولیه رنگ (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۳۰۰ میلی گرم در لیتر) در مراحل جداگانه در طول تحقیق بررسی شد. برای انجام آزمایش ها ابتدا زمان تعادل در شرایط (pH برابر با ۷ و دوز جاذب برابر با ۱۸ گرم در ۱۰۰ سی سی و غلظت رنگ برابر با ۱۵۰ میلی گرم در لیتر) تعیین شد، که برابر با ۲۴۰ دقیقه بود. بعد از تعیین زمان تعادل تاثیر کلیه پارامترها بدین صورت بررسی شد، در هر آزمایش ۱۰۰ میلی لیتر از نمونه با غلظت مشخص از محلول رنگ با pH مشخص و دوز جاذب مشخص در دمای  $25 \pm 1$  °C به وسیله همزن مغناطیسی با ۱۶۰ دور در دقیقه به مدت ۴ ساعت مخلوط شد. سپس برای حذف مهره، نمونه ابتدا با کاغذ صافی فایبر گلاس فیلتر شده شد، و غلظت باقی مانده رنگ RB5 توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV/VIS Shimadzo-1700, Japan) در طول موج ۵۹۸ نانومتر مطابق با کتاب روش های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب تعیین گردید. (۱۴).

اکسید آهن با روش ترسیب شیمیایی سنتز شد که به این منظور ۱۰/۸ گرم کلروفریک ( $FeCl_3$ ) را به همراه ۵/۶ گرم سولفات آهن ۲ ( $Feso_4$ ) در ۳۰۰ میلی لیتر آب دیونیزه حل گشته و محلول حاصل به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد توسط همزن مغناطیسی، کاملاً هم زده شد و سپس ۲۰۰ میلی لیتر آمونیاک ۲۵٪ را به محلول اضافه و مدت ۱۵ دقیقه مخلوط شد تا رسوب سیاه رنگ ایجاد گردد در طی این مرحله با شست و شوی مداوم، pH محلول بر روی ۷ تنظیم گردید. در ادامه رسوب حاصل با استفاده از آهن ربا و به منظور کنترل خاصیت مغناطیسی از محیط آبی جدا گردید. سپس جهت پایداری نانو ذرات تولید شده در محیط آبی آنها با استفاده از آنیون های سترات پوشش دار گردیدند (برای این کار ۵ گرم اسیدسیتریک در ۱۰ میلی لیتر آب مقطر حل گشته و نانوذرات تولید شده به این محلول اضافه گردیدند و سپس به حجم ۲۵۰ میلی لیتر رسانده، سپس به مدت ۹۰ دقیقه در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد هم زده و حرارت داده شد) (۸، ۱۰، ۱۱ و ۱۲). جهت سنتز مهره های مغناطیسی آلزینات سدیم می بایست ۷۹/۲۵ میلی لیتر از محلول حاوی نانو ذرات آهن پوشش دار شده به همراه ۳ گرم پودر آلزینات سدیم و ۰/۳ گرم کربن فعال پودری در آب مقطر اضافه گشته و به مدت ۱ ساعت با سرعت زیاد هم زده شود تا یک سوسپانسیون کاملاً یکنواخت حاصل شود. سپس سوسپانسیون حاصل به صورت قطره قطره به ۴۰۰ میلی لیتر محلول کلسیم کلراید ۰/۵ مولار از ارتفاع ۳ سانتی متری از سطح محلول به آرامی اضافه گردد. برای جلوگیری از برخورد مهره های موجود با مهره های مغناطیسی جدید بایستی در زیر محلول کلسیم آهن ربایی قرار داده شود تا مهره ها را از سطح جمع آوری کند و از برخورد آن ها با مهره های جدید جلوگیری نماید. مهره های سنتز شده ۲۴ ساعت در محلول کلسیم نگه داری شد تا زمان کافی برای انجام واکنش و تشکیل مهره ها وجود داشته باشد. حضور آلزینات در مهره ها و واکنش آن با یون های کلسیم از خارج

## یافته‌ها

تعیین مشخصات مهره‌های مغناطیسی آلزینات سدیم سنتز شده همان طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود مهره‌ها به علت حضور نانو ذرات آهن و کربن فعال به رنگ قهوه‌ای تیره و کروی بود و به آسانی توسط آهن ربا از محلول آبی جدا شدند. هم چنین برای توزیع اندازه مهره‌ها از توزیع آماری گوس (Gaussian) استفاده شد (شکل ۳ الف)). همان طور که مشاهده می‌شود قطر مهره‌ها برابر با  $2/8 \text{ mm}$  و ضریب پراکندگی برابر با  $0/07$  می‌باشد. هم چنین تصویر SEM (Microscope Scanning Electron) مهره‌های سنتز شده توسط دستگاه SERON مدل (AIS-2100) مورد سنجش قرار گرفت (شکل ۳ ب)).

## 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 دقیقه به ۲۴۰ دقیقه در  $\text{pH}=7$ ، دوز جاذب  $18 \text{ g} / 100 \text{ cc}$  و غلظت اولیه رنگ (۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰  $\text{mg/L}$ ) بررسی شد. شکل ۴ تاثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف را نشان می‌دهد. همان طور که از شکل پیدا است وقتی زمان تماس از ۵ دقیقه به ۲۴۰ دقیقه افزایش می‌یابد، کارایی حذف از  $76/62\%$  به  $92/29\%$  در غلظت اولیه رنگ  $100 \text{ mg/L}$  افزایش یافت. که این زمان همان زمان تعادل در آزمایش‌هاست.

## تاثیر مقدار اولیه جاذب بر روی کارایی حذف رنگ

تاثیر مقدار اولیه جاذب بر روی کارایی حذف در سیستم مورد مطالعه با تغییر در مقدار اولیه جاذب (۶، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۳۰ گرم در ۱۰۰ سی سی)،  $\text{pH}=7$  و غلظت اولیه رنگ  $150 \text{ mg/L}$  در زمان تعادل ۴ ساعت بررسی شد. شکل ۵ اثر مقدار اولیه جاذب بر روی کارایی حذف را نشان می‌دهد. همان طور که از شکل پیدا است وقتی که دوز جاذب از  $6 \text{ g} / 100 \text{ cc}$  به  $30 \text{ g} / 100 \text{ cc}$  افزایش می‌یابد کارایی حذف از  $85/49\%$  به  $94/28\%$  افزایش می‌یابد (چون در مقدار اولیه مهره بالای  $18 \text{ g} / 100 \text{ cc}$  کارایی حذف جزئی بود، مقدار اولیه مهره اپتیمم  $18 \text{ g} / 100 \text{ cc}$  در نظر گرفته شد).

## تاثیر pH بر روی کارایی حذف رنگ

تاثیر pH اولیه محلول بر کارایی حذف رنگ با تغییر pH اولیه محلول (۳، ۵، ۷، ۹، ۱۱) تحت شرایط ثابت، غلظت اولیه رنگ  $150 \text{ mg/L}$  و مقدار مهره  $18 \text{ g/L}$  بعد از زمان تعادل ۴ ساعت بررسی شد. در شکل ۶ نتایج حاصل از تاثیر pH به روی کارایی حذف نشان داده شده است. همان طوری که مشاهده می‌گردد، با افزایش pH کارایی حذف به طور جزئی افزایش می‌یابد. به طوری که وقتی pH از ۳ به ۱۱ افزایش می‌یابد کارایی حذف به ترتیب از  $86/44\%$  به  $87/74\%$  افزایش می‌یابد.

## تاثیر غلظت اولیه رنگ RB5 بر روی کارایی حذف

تاثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف در سیستم مورد مطالعه با تغییر در غلظت رنگ (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی گرم در لیتر) در  $\text{pH}=7$  و مقدار اولیه جاذب  $100 \text{ cc} / \text{g}$  بعد از زمان تعادل ۴ ساعت بررسی شد. در شکل ۷ نتایج حاصل از تاثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف نشان داده شده است. همان طور که از شکل پیدا است کارایی حذف با افزایش غلظت اولیه رنگ کاهش یافت. به طوری که وقتی غلظت اولیه رنگ از  $50 \text{ mg/L}$  به  $300 \text{ mg/L}$  افزایش یافت کارایی حذف از  $96/7\%$  به  $70\%$  کاهش یافت.

## مطالعات تعادلی و سینتیکی

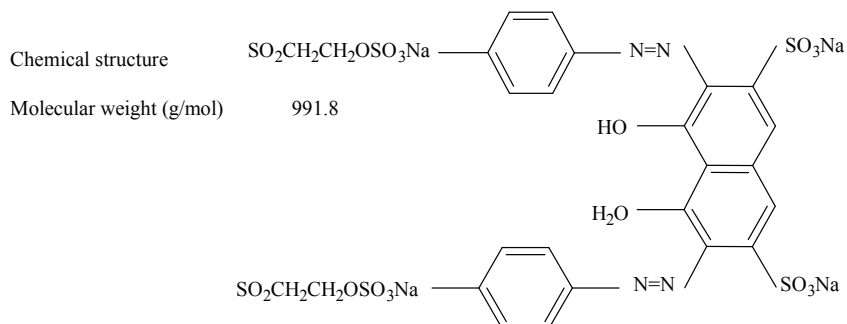
مطالعات تعادلی در یک ارلن مایر به حجم ۲۵۰ سی سی حاوی ۱۰۰ سی سی غلظت اولیه رنگ  $150 \text{ RBC mg/L}$  با مقدار اولیه جاذب متفاوت ( $18 \text{ g} / 100 \text{ cc}$ ) و  $\text{pH}=7 \pm 0/2$  بعد از ۷۲ ساعت انجام شد، سپس نمونه‌ها جداسازی شده و آنالیز شد و ظرفیت جذب با استفاده از معادله (۱) به دست آمد.

(۱)

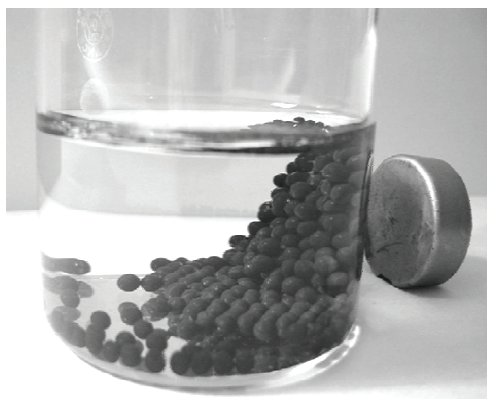
$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{M}$$

$q_e$  مقدار جز جذب شده در واحد جرم جسم جاذب بر حسب میلی گرم بر گرم،  $C_0$  غلظت اولیه در محلول قبل از جذب سطحی بر حسب میلی گرم بر لیتر محلول،  $C_e$  غلظت تعادلی ماده جذب شدنی در محلول بعد از جذب سطحی بر حسب میلی گرم بر لیتر،  $V$  حجم محلول بر حسب لیتر و  $M$  جرم جاذب بر حسب گرم

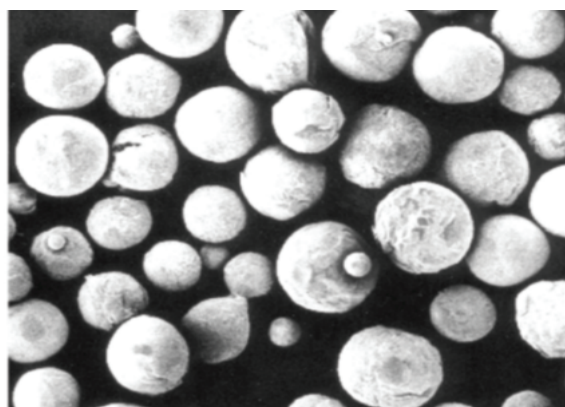
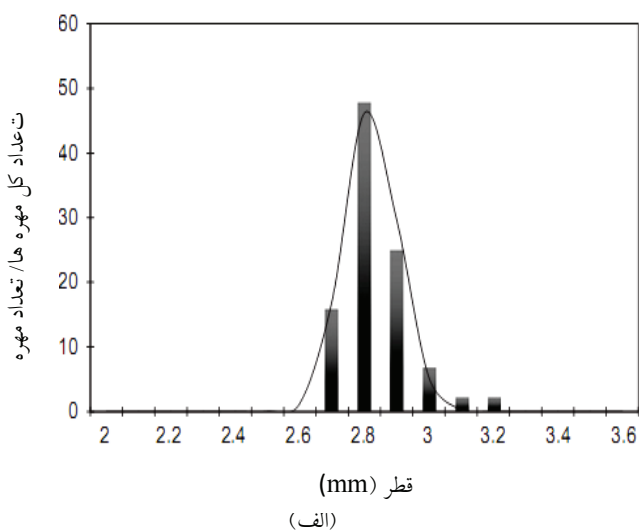
شکل ۱: ساختار رنگ RB5 با فرمول شیمیایی (C<sub>26</sub>H<sub>21</sub>Na<sub>4</sub>N<sub>5</sub>O<sub>19</sub>S<sub>6</sub>)



شکل ۲: تصویر مهره های مغناطیسی چسبیده شده به وسیله آهن ربا



شکل ۳: توزیع اندازه مهره ها با استفاده از توزیع آماری گوس (Gaussian) (الف) و تصویر SEM از مهره های سنتز شده (ب)



## ایزوترم های جذب

ایزوترم های جذب، معادلاتی برای تشریح حالت تعادل جز جذب شونده بین فاز جامد و سیال می باشد. داده های تجربی تعادل جذب با مدل های ایزوترم جذب فروندلیچ و لانگمیر مورد بررسی قرار گرفت. معادله ایزوترم لانگمیر به شکل خطی بر طبق معادله ۲ مورد استفاده قرار گرفت (۸).

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

$q_e$  مقدار جز جذب شده در واحد جرم جسم جاذب بر حسب میلی گرم بر گرم،  $C_e$  غلظت تعادلی ماده جذب شدنی در محلول بعد از جذب سطحی بر حسب میلی گرم بر لیتر،  $q_m$  نشان دهنده ظرفیت جذب و  $k$  ثابت لانگمیر هستند که از رسم نمودار  $\frac{c_e}{q_e}$  در مقابل  $C_e$  به دست می آیند. معادله ایزوترم جذب فروندلیچ به صورت معادله ۳ نوشته می شود.

$$q_e = k c_e^n \quad (3)$$

و معادله آن به صورت معادله ۴ خطی می شود.

$$\log q_e = \log k + \frac{1}{n} \log c_e \quad (4)$$

$C_e$  غلظت تعادل میلی گرم در لیتر،  $q_e$  ظرفیت جذب در زمان تعادل بر حسب میلی گرم بر گرم و  $k$  و  $n$  ثابت های فروندلیچ هستند. که از رسم نمودار  $\log q_e$  در مقابل  $\log C_e$  به دست می آیند.

پارامترهای ایزوترم جذب در جدول ۱ ارائه شده است.

## سینتیک جذب

سینتیک جذب با مدل های سینتیک شبهه درجه یک و شبهه درجه دو مورد بررسی قرار گرفت. معادله سینتیک شبهه درجه یک عموماً به شکل معادله ۵ ارائه می شود (۱۵ و ۱۶).

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

$q_e$  و  $q_t$  ظرفیت جذب در حالت تعادل و در زمان  $t$  بوده و  $k_1$

ضریب سرعت می باشد. با انتگرال گیری از این معادله، معادله ۶ حاصل می شود.

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

از رسم نمودار  $\ln \left( 1 - \frac{q_t}{q_e} \right)$  در مقابل  $t$ ،  $k_1$  به دست می آید (۱۷).

سینتیک جذب شبهه درجه دو عموماً به شکل معادله ۷ بیان می شوند (۱۶).

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

با انتگرال گیری از معادله بالا و نوآرایی آن معادله خطی ۸ حاصل می شود.

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

از رسم  $\frac{t}{q_t}$  در مقابل  $t$  و  $q_e$  و  $K_2$  محاسبه می شوند (۱۷). ضرایب ثابت و ضریب همبستگی سینتیک مدل جذب شبهه درجه یک و شبهه درجه دو در جدول (۲) ارائه شده است.

## بحث

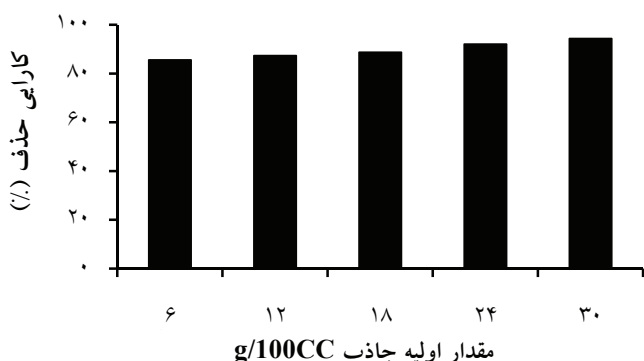
## تأثیر مقدار اولیه مهره و زمان تماس بر روی کارایی حذف

همان طور که در شکل ۴ مشاهده می شود ۵۰٪ حذف رنگ در زمان های اول (۱۵ دقیقه) انجام می شود و بعد از این مدت به مرحله تعادل می رسد. به طور کلی حذف رنگ با افزایش مقدار اولیه مهره مغناطیسی و زمان تماس افزایش می یابد. زیرا که مساحت سطح جذب و محل های جذب قابل دسترس برای جاذب با افزایش مقدار اولیه مهره و زمان تماس افزایش می یابد. همان طور که ذکر شد افزایش کارایی به عنوان یک اثر مثبت تلقی شده، اما به عنوان یک اثر منفی افزایش مقدار اولیه مهره باعث کاهش ایجاد خلل و فرج شده، در نتیجه فرایند جذب به طور جزئی کاهش می یابد. چون اثر مثبت بیشتر از اثر منفی است و به علت این که به طور کلی کارایی حذف در غلظت بالای ۱۸ g/L از مهره ناچیز بود در

خروجی فاضلاب صنایع در این مطالعه از مدل سینتیکی شبه درجه دو، نسبت به مدل سینتیکی شبه درجه یک، بهتر پیروی می کنند. هم چنین با توجه به بیشتر بودن ضریب همبستگی ( $R^2=0/9968$ ) می توان نتیجه گرفت که داده های تعادلی فرایند جذب رنگ RB5 بر روی مهره مغناطیسی آلزینات سدیم از ایزوترم لانگمیر نسبت به ایزوترم فروندلیچ بهتر پیروی می کند. به طوری که نتایج حاصل با مطالعه ای که روچر و همکاران بر روی حذف رنگ از محیط های آبی با استفاده از مهره های آلزینات مغناطیسی آغشته شده با اپی کلرو هیدرین انجام دادند مطابقت دارد (۱۹).

### نتیجه گیری

۱. حذف رنگ آنیونی RB5 با افزایش مقدار اولیه مهره مغناطیسی و زمان واکنش افزایش یافت به علت این که مساحت سطح جذب و محل های جذب قابل دسترس برای جاذب با افزایش مقدار اولیه مهره و زمان تماس افزایش یافت.
۲. حذف رنگ آنیونی RB5 با افزایش غلظت اولیه رنگ، به علت اشباع شدن سطح جاذب در غلظت های بالا جذب بیشتر کاهش یافت و با توجه به ضرایب همبستگی ( $R^2$ ) می توان نتیجه گرفت که داده های تعادلی و سینتیکی فرایند جذب از ایزوترم لانگمیر و مدل سینتیکی شبه درجه دو بهتر پیروی می کند.



شکل ۵: تاثیر مقدار اولیه جاذب بر روی کارایی حذف (pH=۷، غلظت اولیه رنگ ۱۵۰ mg/L و زمان تماس ۲۴۰ دقیقه)

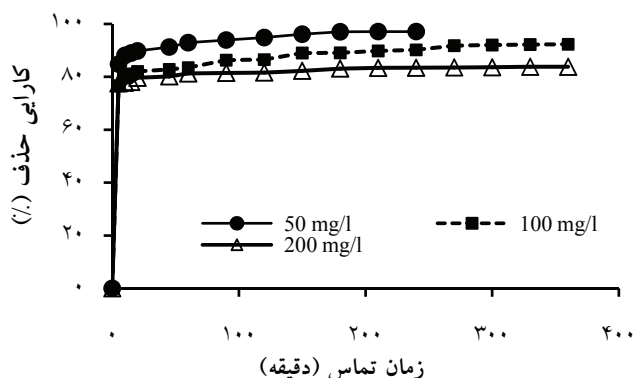
این مطالعه مقدار اولیه بهینه مهره ۱۸ g/L تعیین گردید (۳ و ۱۸). به طوری که نتایج حاصل با مطالعه ای که روچر و همکاران بر روی حذف رنگ های آلی با استفاده از مهره های آلزینات مغناطیسی انجام دادند مطابقت دارد (۱۹).

### تاثیر pH بر روی کارایی حذف

همان طور که در شکل ۵ مشاهده می شود pH محلول نقش مهمی را در فرایند جذب بازی نمی کند و با افزایش pH کارایی حذف به طور خیلی جزئی افزایش یافت زیرا که حذف رنگ در سیستم مورد مطالعه در نتیجه حضور کربن فعال به کار رفته در ساختار مهره های مغناطیسی می باشد و به pH محلول حساس نیست (۱۰). به طوری که نتایج حاصل با مطالعه ای که آنادورای و همکاران بر روی فاکتور طراحی آنالیز برای جذب رنگ بر روی مهره های کربن فعال ساخته شده با آلزینات کلسیم انجام دادند، مطابقت دارد (۳).

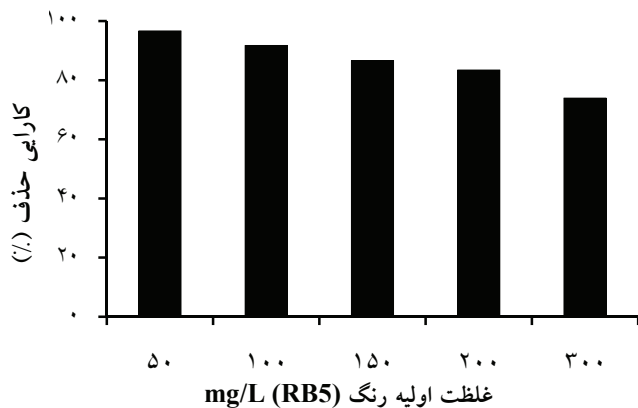
### تاثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف رنگ

حذف رنگ با افزایش غلظت اولیه رنگ کاهش یافت. دلیل این امر آن است که جاذب ها دارای یک تعداد محل های فعال محدود می باشند که در غلظت های بالا اشباع می شود (۱۸). هم چنین همان طور که در جدول ۲ مشاهده می شود با توجه به بیشتر بودن ظرفیت تعادل ( $q_e$ ) و ضرایب همبستگی ( $R^2$ ) در غلظت های مختلف رنگ، می توان نتیجه گرفت که داده های جذب به علت بالا بودن غلظت اولیه رنگ RB5 بیش از



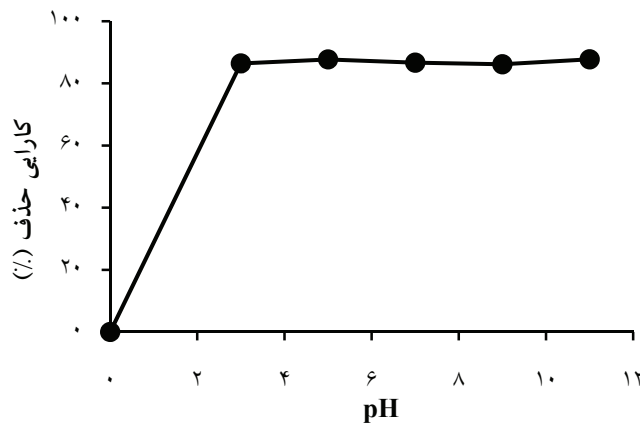
شکل ۴: تاثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف (pH=۷، مقدار اولیه جاذب ۱۸g/۱۰۰cc و غلظت اولیه رنگ (۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ mg/L)

سدیم سنتز شده به عنوان یک روش موثر و سریع در جهت حذف رنگ راکتیو بلک ۵ از محلول‌های آبی استفاده کرد.



شکل ۷: تاثیر غلظت اولیه رنگ RB5 بر روی کارایی حذف (pH=7) و مقدار اولیه جاذب (۱۸g/۱۰۰cc و زمان تماس ۲۴۰ دقیقه)

۳. در مجموع نتایج حاصل از انجام آزمایش‌ها مشخص ساخت که می‌توان از فرایند جذب بر روی مهره‌های مغناطیسی آلژینات



شکل ۶: تاثیر pH بر روی کارایی حذف (غلظت اولیه رنگ ۱۵۰ mg/L و مقدار مقدار اولیه جاذب ۱۸g/۱۰۰ cc و زمان تماس ۲۴۰ دقیقه)

## منابع

1. Kai-Sung W, Hsueh-Yu C, Long-Chiu H, Yu-Chun S, Shih-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.
2. Andronic L, Duta A. TiO<sub>2</sub> thin films for dyes photodegradation. *ThinSolidFilms*. 2007;216(6):6294-97.
3. Annadurai G, Juang RS, Lee DJ. Factorial design analysis for adsorption of dye on activated carbon beads incorporated with calcium alginate. *Advances in Environmental Research*. 2002;6(2):191-98.
4. Choy KKH, McKay G, Porter JF. Sorption of acid dyes from effluents using activated carbon. *Resources, Conservation and Recycling*. 1999;27(1-2):57-71.
5. Ping W, Xuerong F, Li C, W Qiang, Aihui Z. Decolorization of reactive dyes by laccase immobilized in alginate/gelatin blend with PEG. *Journal of Environmental Sciences*. 2008;20:1519-22.
6. Finotelli PV, Morales MA, Rocha-Leão MH, Baggio-Saitovitch EM, Rossi AM. Magnetic studies of iron(III) nanoparticles in alginate polymer for drug delivery applications. *Materials Science and Engineering: C*. 2004;24(5):625-29.
7. Pandey AK, Pandey SD, Misra V, Devi S. Role of humic acid entrapped calcium alginate beads in removal of heavy metals. *Journal of Hazardous Materials*. 2003;98(1-3):177-81.
8. Nadavala SK, Swayampakulaa K, Boddub VM, Abburia K. Biosorption of phenol and o-chlorophenol from aqueous solutions on to chitosan-calcium alginate blended beads. *Journal of Hazardous Materials*. 2009;162:482-89.
9. Lim SF, Zheng YM, Zou SW, Chen JP. Removal of copper by calcium alginate encapsulated magnetic sorbent. *Chemical Engineering Journal*. 2009;152:509-13.
10. Rochera V, Beea A, Siauguea JM, Cabuila V. Dye removal from aqueous solution by magnetic alginate beads crosslinked with epichlorohydrin. *Journal of Hazardous Materials*. 2010;178:434-39.
11. Morales MA, Finotelli PV, Coaquira JAH, Rocha-Leão MHM, Diaz-Aguila C, Baggio-Saitovitch EM, et al. In situ synthesis and magnetic studies of iron oxide nanoparticles in calcium-alginate matrix for biomedical applications. *Materials Science and Engineering: C*. 2008;28(2):253-57.
12. Răcuciu M, Creang DE, Airinei A. Citric-acid-coated magnetite nanoparticles for biological applications. *The European Physical Journal E: Soft Matter and Biological Physics*. 2006;21:117-21.
13. Pankhurst QA, Connolly J, Jones SK, Dobson J. Applications of magnetic nanoparticles in biomedicine. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2003;36(13):R167.
14. APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st ed. Washington DC: American Public Health Association; 2005.
15. Garg VK, Gupta R, Kumar R, Gupta RK. Adsorption of chromium from aqueous solution on treated sawdust. *Bioresource Technology*. 2004;92:79-81.
16. Liu Y, Liu YJ. Biosorption isotherms, kinetics and thermodynamics. *Separation and Purification Technology*. 2008;61:229-42.
17. Azizian S. Kinetics models of sorption: a theoretical study. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2004;276:47-52.
18. Lin YB, Fugetsu B, Terui N, Tanaka S. Removal of organic compounds by alginate gel beads with entrapped activated carbon. *Journal of Hazardous Materials*. 2005;120(1-3):237-41.
19. Rocher V, Siaugue J-M, Cabuil V, Bee A. Removal of organic dyes by magnetic alginate beads. *Water Research*. 2008;42(4-5):1290-98.

## **Removal of Reactive Black 5 (RB5) Dye from Aquatic Solution by Using of Adsorption onto Synthesized Sodium Alginate Magnetic Beads**

**Shokohi R.<sup>1</sup>, Samarghandi M.R.<sup>1</sup>, Pourfarzi F.<sup>2</sup>, \*Shirzad Siboni M.<sup>3</sup>, vahedi H.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Science, Hamadan, Iran

<sup>2</sup>Department of Social Medicine, Faculty of Medicine, Ardabil University of Medical Science, Ardabil, Iran

<sup>3</sup>Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Sannadaj University of Medical Science, Kordestan, Iran

Received; 28 August 2010 Accepted; 23 November

### **ABSTRACT**

**Background and Objectives:** 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 aquatic solution by using of adsorption onto synthesized magnetic sodium alginate beads.

**Material and Methods:** At first, synthesized magnetic sodium alginate beads. Then, acquired beads optimum dosage equal to 18 g/100CC, with constant other parameters. The effect of pH, contact time and initial RB5 dye concentration was studied at the constant of beads (18 g/100CC).

**Results:** Results showed that removal efficiency was decreased by increasing of initial RB5 dye concentration. Also the results showed the removal efficiency was increased by increasing of adsorbent dose and contact time. The results showed data were explained acceptably by Langmuir isotherms and pseudo-second-order kinetics models respectively.

**Conclusion:** The results showed that removal of RB5 dye from aqueous solution by using of magnetic sodium alginate beads can be done cheaper and effective.

**Key words:** Synthesis, Magnetic Sodium Alginate Beads, Reactive Black 5 (RB5), Kinetics and Isotherms Model, Adsorption

---

\*Corresponding Author: [mehdi\\_dshirzad@yahoo.com](mailto:mehdi_dshirzad@yahoo.com)

Tel: +98 8716626969 Fax: +98 871 6626969