

# حذف رنگ اسید بلاک ۱ از محلول های آبی با استفاده از نانوذرات آهن با ظرفیت صفر

فاطمه دارینی<sup>۱</sup>، سیده اعظم امینی محمدیه<sup>۱</sup>، حمیدرضا زارعی ثانی<sup>۱</sup>، محمد حسین ساقی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران  
<sup>۲</sup> کارشناس ارشد بهداشت محیط، مربی عضو هیئت علمی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران

نشانی نویسنده مسئول: سبزوار، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، محمدحسین ساقی

E-mail: saghi9@gmail.com

وصول: ۹۲/۹/۱۸، اصلاح: ۹۲/۱۰/۲۹، پذیرش: ۹۲/۱۱/۲۸

## چکیده

**زمینه و هدف:** تخلیه فاضلاب های رنگی حاصل از فاضلاب خانگی و صنایع به آب های پذیرنده به پدیده اتروفیکاسیون، افزایش رنگ و کاهش اکسیژن محلول در آب های سطحی و رودخانه ها منجر می شود. علاوه بر این، رنگ ها دارای خاصیت سرطانزایی و جهش زایی می باشند. هدف از انجام این تحقیق، بررسی میزان حذف رنگ اسید بلاک از محلول های آبی با استفاده از نانوذرات آهن بود.

**مواد و روش ها:** این مطالعه به صورت تجربی و در مقیاس آزمایشگاهی و به صورت ناپیوسته انجام گردید. در این مطالعه، در فرایند حذف رنگ اسید بلاک، متغیرهای زمان تماس (۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۳۰، ۶۰ و ۱۸۰ دقیقه)، pH (۳، ۷ و ۱۱)، دوز جاذب (۰/۴، ۰/۸، ۱/۲ و ۱/۶ گرم در ۲۰۰ میلی لیتر)، غلظت رنگ (۱۵۰، ۵۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر) مورد بررسی قرار گرفتند. داده ها، با استفاده از نرم افزار Excel تجزیه و تحلیل شدند.

**یافته ها:** نتایج نشان دادند با افزایش زمان تماس، راندمان حذف از ۹۲/۸۵ به ۹۹/۱۷ درصد؛ و با افزایش غلظت جاذب، راندمان حذف از ۶۲/۱۱ به ۹۹/۱ درصد افزایش یافت. با کاهش pH میزان حذف رنگ به ترتیب از ۵۳/۷۱ به بیش از ۹۹ درصد، و همچنین با کاهش غلظت رنگ از ۲۰۰ به ۵۰ میلی گرم در لیتر، میزان حذف رنگ از ۹۹/۹۷ به ۱۰۰ درصد افزایش یافت. نتایج حاصل از مطالعات ایزوترمی نشان داد که حذف رنگ اسید بلاک ۱، از معادله ایزوترم تعادلی لانگمویر ( $R^2 < 0/999$ ) پیروی می کند.

**نتیجه گیری:** با توجه به نتایج تحقیق، در شرایط یکسان، نانو ذرات آهن در مقایسه با جاذب های دیگر، از کارایی بالاتری در حذف رنگ برخوردارند؛ بنابراین برای حذف رنگ از آب های آلوده پیشنهاد می شوند.

**واژه های کلیدی:** نانو ذرات آهن، رنگ اسید بلاک، حذف رنگ

## مقدمه

نساجی، یکی از عمده ترین صنایع پایه هر کشور محسوب می شود و معمولاً مشخصه اصلی پساب این نوع صنایع - به علت استفاده از مواد رنگی - رنگی بودن آن ها می

پساب های صنعتی معمولاً یکی از عمده ترین صنایع آلاینده محیط زیست به شمار می روند صنایع

باشد(۱). صنعت نساجی و رنگرزی یکی از بزرگترین مصرف کنندگان آب هستند. در این صنایع به علت تنوع روش های تولید، پساب های مختلفی که از نظر کیفی و کمی تفاوت زیادی با یکدیگر دارند، تولید خواهد شد (۳،۲). رنگ ها موادی با ساختار پیچیده هستند. تخلیه فاضلاب های رنگی حاصل از صنایع نساجی به آب های پذیرنده، منجر به پدیده اتروفیکاسیون و تداخل در اکولوژی آب های پذیرنده می شود. علاوه بر این، رنگ ها دارای خاصیت جهش زایی و سرطان زایی می باشند (۴). مواد رنگزای گروه آزو معمولا دارای یک یا چند پیوند آزو (-N-N-) هستند و به دلیل ارزان بودن، رنگرزی ساده و سمیت کمتر، به طور گسترده ای برای رنگرزی الیاف مورد استفاده قرار می گیرند. این رنگ ها، یکی از بزرگترین گروه رنگ های سنتتیک به شمار می آیند (۵). براساس مطالعات انجام شده،  $BOD_5$  پساب های محتوی رنگ نساجی ۱ تا ۲۶ درصد COD آن است؛ و این بدین معنا می باشد که پساب نساجی نمی تواند به راحتی فاضلاب شهری - که  $BOD$  آن حداقل ۵۰ درصد COD است - مورد تصفیه و تجزیه بیولوژیکی قرارگیرد (۲). امروزه، ارزیابی فناوری های نوین با هدف توسعه و تحول فرآیندهای موجود و دستیابی به روش های مناسب تر، ایمن تر و ارزان تر جهت حذف آلاینده ها از پساب های صنعتی، از مهمترین عرصه های اصلی پژوهش محققین محیط زیست محسوب می شود (۶). از این رو از نانوتکنولوژی، می توان برای بر طرف کردن استفاده نمود. به عنوان مثال، از ذرات نانومتری دو فلزی برای رفع آلودگی آب های موجود در داخل زمین استفاده شده است (۷). بررسی منابع علمی نشان می دهد کاربرد نانو ذرات آهن صفر ظرفیتی، نسل جدیدی از تکنولوژی پاک سازی محیط زیست است (۸). نانو ذرات آهن به دلیل اندازه کوچکی که دارند، می توانند به وسیله فشار یا تحت نیروی ثقل، به صورت دوغاب به نواحی آلوده تزریق شده و همراه با آب به سمت ناحیه آلوده حرکت کنند و سبب

تصفیه در محل آب آلوده شوند (۹). نانوتکنولوژی فرآیندی است که در جلوگیری از آلودگی، شناسایی، اندازه گیری و تصفیه آلاینده ها نقش کلیدی را ایفا می کند(۱۰،۱۱). نانوتکنولوژی در زمینه های مختلف زندگی انسان از جمله مسایل اقتصادی، زیست محیطی، پزشکی، تغذیه، صنایع، منسوجات و به طور کلی سیستم ها و ابزار آلات و ملزومات روزمره وارد شده است. مواد نانو، به دلیل وجود درصد بالای اتم های موجود در سطح، نسبت بالای حجم مرز ذرات به واحد حجم، و نزدیکی اندازه دانه ها به اندازه اتم ها، دارای خواص ویژه ای می باشند. برخی از این خواص عبارتند از استحکام، واکنش پذیری شیمیایی بالا، خواص الکتریکی و مغناطیسی فوق العاده و غیره. مواد نانو به علت وجود سطح تماس بالا در ساختار آن ها از لحاظ شیمیایی نیز بسیار فعال تر از مواد معمولی بوده؛ به گونه ای که گاهی برای حفظ خواص مطلوب مواد نانو بایستی از مواد تثبیت کننده برای جلوگیری از تداوم واکنش ها استفاده نمود (۷). فلزات آهن با ظرفیت صفر (ZVI) به دلیل فراوانی، ارزانی و غیر سمی بودن، واکنش سریع و بازده بالا در تجزیه آلاینده ها، به عنوان یک فرآیند تصفیه در اولویت قرار دارند. علاوه بر این، ذرات زائد آهن حاصل از فرآیندهای صنعتی می تواند به عنوان آهن با ظرفیت صفر در تصفیه آلاینده ها استفاده شود (۱۰).

مواد نانومتری، به علت اندازه کوچک و بالا بودن اندازه سطوح آن ها و نیز واکنش پذیری شیمیایی بالایی که دارند به عنوان یک ماده برای از بین بردن آلودگی ها در محیط زیست استفاده می شوند. این مواد به علت شکل مخصوص کریستالی خود و نیز نحوه قرارگیری شبکه اتم ها در آن ها از لحاظ شیمیایی بسیار فعال تر از مواد معمولی می باشند. تغییر اندازه دانه ها باعث خواهد شد تا خواص فیزیکی مواد تغییر یابد و افزایش سطح تماس باعث تغییر واکنش پذیری شیمیایی و در نتیجه تغییر در خواص شیمیایی می گردد (۷).

WTW آلمان، و در داخل انکوباتور در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد انجام گرفت. جهت جداسازی جاذب از محلول، از دستگاه سانتریفیوژ استفاده شد. مقدار جذب رنگ نیز با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر Unico-Spectrophotometer 2100-VIS، و در طول موج ۵۴۰ نانومتر محاسبه شد. برای اطمینان بیشتر از جداسازی ذرات جاذب، از کاغذ صافی واتمن ۴۱ استفاده شد.

### جاذب

مشخصات جاذب مورد استفاده، در جدول ۱ و شکل ۱ آورده شده است.

### مواد جذب شونده

رنگ اسید بلاک ۱ به عنوان یک رنگ آزو سولفوناته، از شرکت الوان تهیه شد.

برای تنظیم pH از محلول های NaOH و H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> یک نرمال استفاده شد. آزمایشات در سیستم ناپیوسته و در بشرهای به حجم ۲۰۰ میلی لیتر انجام گردید. طول موج مورد استفاده در تعیین مقدار جذب، ۵۴۰ نانومتر بود که با قرائت طول موج های جذب در بازه های مختلف به دست آمد. برای تهیه محلول استوک و رسم منحنی استاندارد، مقدار ۱ گرم از پودر رنگ مورد نظر را به حجم ۱۰۰۰ میلی لیتر آب مقطر رسانده و با تهیه غلظت های مختلف (۰/۵، ۱، ۵، ۱۵، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر) آزمایشات ادامه یافت. در فرایند حذف رنگ اسید بلاک، متغیرهای زمان تماس (۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ دقیقه)، pH (۳، ۷ و ۱۱)، دوز جاذب (۰/۴، ۰/۸، ۱/۲ و ۱/۶ گرم در ۲۰۰ میلی لیتر)، غلظت رنگ (۵۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر) مورد بررسی قرار گرفتند. مطالعات تعادلی که ظرفیت جاذب و جذب شونده را بیان می کند به وسیله ایزوترم های جذب توضیح داده می شوند. ایزوترم های جذب، معادلاتی برای تشریح حالت تعادل جزء جذب شونده بین فاز جامد و سیال می باشد. برای جداسازی جاذب (نانو ذرات آهن)، در پایان هر مرحله از سانتریفیوژ در دور

مکانیسم حذف آلاینده ها توسط آهن با ظرفیت صفر (ZVI)، واکنش های احیایی یا فرآیند جذب می باشد (۱۰). فعالیت سطحی وسیع بالای نانو ذرات، نشان دهنده یکی از مهمترین خصوصیات این مواد می باشد که می تواند کاربردهای وسیعی در صنعت داشته باشد (۱۴). آهن محلول که محصول جانبی واکنش ZVI با آلاینده ها می باشد غیر سمی است (۱۰ و ۱۱). مکانیسم حذف آلاینده ها توسط نانو ذرات آهن، به این صورت است که آلاینده ها را به محصولات کم خطر تر کاهش داده، و سپس آن ها را بر روی خود جذب می کند (۹).

حسین زاده و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی حذف رنگ اسید بلاک به کمک کربن فعال تولیدی از تایرهای مستعمل، پیروی نتایج معادلات ایزوترمی از ایزوترم لانگمویر ( $R^2 < 0,9923$ ) را نشان دادند (۱۴). مطالعه شریعتی و همکاران نیز پیروی از مدل لانگمویر ( $R^2 < 0,9994$ ) را نشان داد (۱۵). محمدی و همکاران با بررسی تاثیر pH و سولفات در حذف نیترات از آب توسط نانو ذرات آهن، بیشترین راندمان حذف رنگ را (۸۸ درصد) در pH=5، نشان دادند (۱۷). هدف از ارائه مقاله حاضر، بررسی حذف رنگ اسید بلاک ۱ از محلول های آبی با استفاده از نانوذرات آهن می باشد.

### مواد و روش ها

این مطالعه یک پژوهش تحلیلی است که در مقیاس آزمایشگاهی و به صورت ناپیوسته در آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی سبزوار انجام شد. به منظور توزین مواد شیمیایی مورد استفاده، از ترازوی دیجیتالی آزمایشگاهی SartoriusGE212 با دقت  $\pm 0,1$  ساخت کشور آلمان استفاده شد. pH محلول ها با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتالی InolabpH 720 ساخت شرکت WTW آلمان سنجیده شد. اختلاط محلول های رنگی با کمک شیکر معمولی و شیکر مغناطیسی Oxitop IS6 ساخت شرکت

## تاثیر pH بر حذف رنگ اسید بلاک ۱

آزمایشات جذب در pH های مختلف محلول رنگی با ثابت نگه داشتن سایر شرایط آزمایشگاهی انجام شد. آزمایشات در مقادیر مختلف pH نشان داد که درصد حذف رنگ با تغییر pH تغییر می یابد. در نمودار ۴ نتایج حاصل از تاثیر pH بر روی کارایی جذب در حذف رنگ از محلول نشان داده شده است. همانطور که در این نمودار مشاهده می شود با افزایش pH کارایی حذف کاهش می یابد (کارایی حذف در pH های ۳ و ۱۱ به ترتیب ۹۹/۹۷ درصد و ۵۳/۷۱ درصد بود).

## مطالعه ثابت تعادل

مقدار ماده جذب شونده که به ازای واحد جرم ماده جاذب جذب شده است، با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می شود. این رابطه به منظور به دست آوردن ایزوترم های جذب سطحی استفاده می شود.

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

$q_e$ : غلظت ماده جذب شونده در فاز جامد (ماده جاذب) بعد از اتصال، بر حسب  $mg/g$ ;  $CO_e$ : غلظت اولیه ماده جذب شونده در محلول، بر حسب  $mg/L$ ;  $C_e$ : غلظت تعادلی نهایی ماده جذب شونده بعد از برقراری تعادل، بر حسب  $mg/L$ ;  $V$ : حجم مایع در داخل راکتور، بر حسب  $L$ ;  $m$ : جرم ماده جذب شونده، بر حسب  $g$ ; مطالعات تعادلی که ظرفیت جاذب و جذب شونده را بیان می کند به وسیله ایزوترم های جذب توضیح داده می شوند. ایزوترم های فروندلیخ و لانگمویر، قدیمی ترین و

۴۰۰۰ rpm به مدت ۵ دقیقه استفاده شد. راندمان حذف رنگ (P) با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد:

$$P = \left( \frac{C_0 - C_e}{C_0} \right) 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

## نتایج

## تاثیر زمان تماس بر روی حذف

اثر زمان تماس بین جاذب و جذب شونده در نمودار نشان داده شده است. همانطور که در نمودار شماره ۱ نشان داده شده است، با افزایش زمان ماند، میزان جذب از ۹۲/۵۸ در زمان ۳۰ دقیقه، به بیش از ۹۹ درصد پس از گذشت ۱۲۰ دقیقه افزایش یافت. بعد از زمان ۱۹۰ دقیقه میزان جذب افزایش چندانی نداشت.

## تاثیر مقدار ماده جاذب بر روی حذف رنگ

جذب رنگ بر روی جاذب به وسیله مقادیر مختلف نانو ذرات آهن (۰/۴، ۰/۸، ۱/۲ و ۱/۶ گرم در ۲۰۰ میلی لیتر) بررسی شد. درصد جذب با افزایش مقدار جاذب افزایش یافت (نمودار ۲). همانطور که در نمودار ۲ مشاهده می شود، درصد حذف رنگ از ۶۲/۱۱ درصد - هنگامی که مقدار جاذب ۰/۴ گرم بود - به ۹۹/۱ درصد - هنگامی که مقدار جاذب ۱/۶ گرم بود - افزایش یافت.

## تاثیر غلظت اولیه رنگ

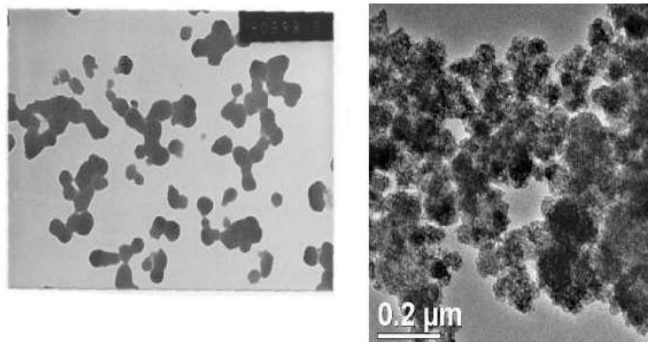
اثر غلظت رنگ اسید بلاک ۱ بر درصد حذف آن بررسی شد. نتایج نشان داد (نمودار ۳) درصد جذب با افزایش غلظت رنگ کاهش یافته است.

جدول ۱: مشخصات پودر نانوذرات آهن  $Fe_3O_4$ 

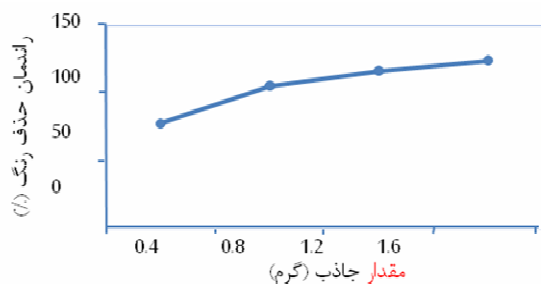
چگالی حجمی	شکل	سطح	خلوص	سایز	نوع پودر نانو
۰/۸۴ گرم بر سانتی متر مکعب	کره	۵۵ متر مربع بر گرم	۹۹/۲	۶۰ نانومتر	$Fe_3O_4$
ترکیبات نانوذرات آهن بر حسب درصد					
Co	Cu	Ti	Al	$Fe_3O_4$	
<۹ ppm	<۹ ppm	<۹۵ ppm	<۶۰ ppm	>۹۹/۲	

جدول ۲: پارامترهای مدل های لانگمویر و فروندلیخ

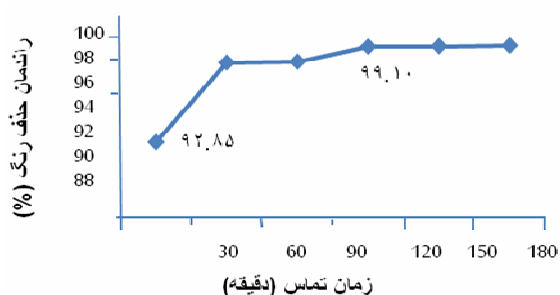
مدل ایزوترم	$q_m$	n	K	$R_2$
لانگمویر	۶/۵۳	-	۲۱/۷	۰/۹۹۹
فروندلیخ	-	۳/۴۶	۰/۱۹	۰/۸۶۳



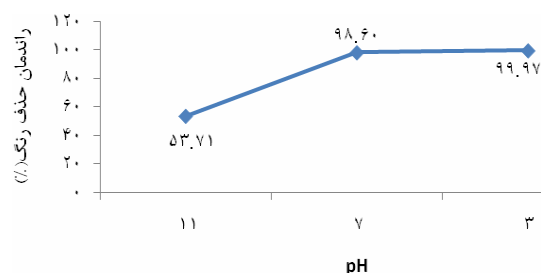
شکل ۱: اندازه پودر نانو ذرات آهن  $Fe_3O_4$



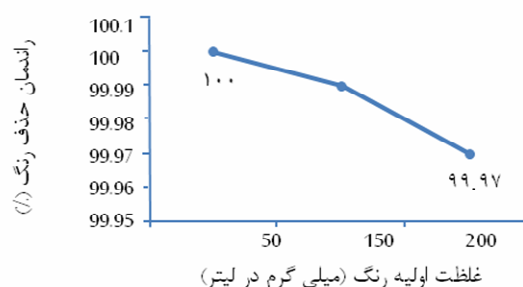
نمودار ۲: تاثیر مقدار ماده جاذب بر میزان حذف رنگ اسید بلاک ۱ از محلول های آبی  
(زمان بهینه ۱۲۰ دقیقه، pH خنثی و غلظت رنگ ۵۰ میلی گرم در لیتر)



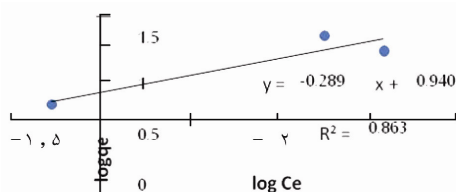
نمودار ۱: ارتباط زمان تماس با راندمان حذف رنگ اسید بلاک ۱ از محلول های آبی  
(غلظت جاذب ۱,۶ گرم در ۲۰۰ میلی لیتر، pH خنثی و غلظت رنگ ۵۰ میلی گرم در لیتر)



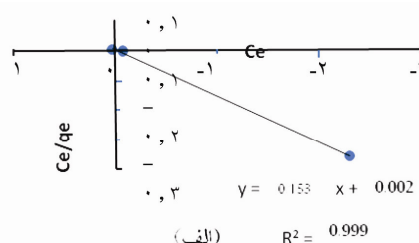
نمودار ۴: تاثیر pH بر جذب رنگ اسید بلاک ۱ از محلول های آبی  
(زمان تماس بهینه ۱۲۰ دقیقه، مقدار بهینه جاذب ۱/۶ گرم در ۲۰۰ میلی لیتر و غلظت رنگ ۵۰ میلی گرم در لیتر)



نمودار ۳: تاثیر غلظت اولیه رنگ بر میزان حذف رنگ اسید بلاک ۱ از محلول های آبی  
(زمان تماس ۱۲۰ دقیقه، pH خنثی و غلظت جاذب ۱/۶ گرم در ۲۰۰ میلی لیتر)



(ب)



(الف)

نمودار ۵: ایزوترم های جذب. الف) ایزوترم لانگمویر ب) ایزوترم فروندلیخ

$$\frac{q_e}{q_m} = \frac{1}{q_m b} + \frac{1}{q_m} C_e$$

معادله غیرخطی لانگمویر: در این رابطه،  $q_e$  مقدار جزء جذب شده در واحد جرم جسم جاذب بر حسب میلی گرم بر گرم،  $C_e$  غلظت

پرتکرارترین نوع آن ها برای توضیح ارتباط پارامترهای معادله جذب سطحی هستند.

$$q_e = k_f C_e^{\frac{1}{n}}$$

معادله غیرخطی فروندلیخ:

طور کلی با افزایش زمان تماس، میزان حذف رنگ افزایش می یابد که این افزایش حذف رنگ، با افزایش میزان غلظت جاذب نیز رابطه مستقیم دارد. این نتیجه در مطالعات مشابه نیز دیده شده است (۶،۱۸).

در بررسی اثر غلظت اولیه رنگ، درصد حذف با افزایش غلظت رنگ کاهش یافت. در مطالعات مشابه نیز همین نتیجه بدست آمده است. از جمله در تحقیق احرام پوش و همکاران که برای تعیین اثر غلظت اولیه رنگ متیلین بلو در کارایی فرآیند فتوکاتالستی، با غلظت های دی اکسید تیتانیوم ۰/۹ گرم در لیتر و pH=3 تهیه، و برای مدت زمان صفر تا ۳۰ دقیقه در تماس با پرتوهای UV-C قرار داده شد، راندمان حذف رنگ برای فاضلاب سنتتیک با غلظت اولیه ۱۵، ۳۰ و ۶۰ میلی گرم در لیتر به ترتیب ۹۸/۵، ۹۹ و ۹۲/۲ درصد بود (۱۶). این امر نشان می دهد که جذب سطحی تا حد زیادی به غلظت اولیه رنگ بستگی دارد؛ با این حال، در غلظت های بالا، نقاط در دسترس جذب کمتر می شود و در نتیجه درصد جذب رنگ با افزایش غلظت رنگ کاهش می یابد.

در بررسی اثر جاذب، درصد جذب با افزایش غلظت نانو ذرات آهن افزایش یافت؛ به گونه ای که درصد حذف رنگ از ۶۲/۱۱ در غلظت جاذب ۰/۴ گرم، به ۰/۹۹ در غلظت جاذب ۱/۶ افزایش یافت. این روند افزایش درصد حذف، با افزایش سطح نانو ذرات آهن و به تبع آن، در دسترس بودن نقاط بیشتر جذب با افزایش مقدار نانو ذرات آهن در ارتباط است. در مطالعه حسین زاده و همکاران نیز نتایج مشابهی به دست آمده است. (۱۴)

در بررسی معادلات جذب، رابطه لانگمویر تعریف دقیق تری را از داده های حاصل از آزمایش نشان داد؛ به طوریکه مقدار بالای ضریب همبستگی بیانگر این موضوع می باشد (۰/۹۹۹). مدل ایزوترمی لانگمویر بیان می کند که یک لایه از رنگ اسید بلاک ۱ سطح جاذب را پوشانده و جذب سطحی هر مولکول جزء جذب شونده،

تعادلی ماده جذب شدنی در محلول بعد از جذب سطحی بر حسب میلی گرم بر لیتر،  $q_m$  نشان دهنده ظرفیت جذب، و  $b$  ثابت لانگمویر است که از رسم نمودار  $\frac{q}{q_m}$  در مقابل  $C_e$  به دست می آید.

نتایج حاصل از مطالعات ایزوترمی نشان داد که حذف رنگ اسید بلاک ۱ به ترتیب از معادلات ایزوترم تعادلی لانگمویر ( $R^2 < 0/999$ ) و فروندلیخ ( $R^2 < 0/863$ ) پیروی می کند (نمودار ۵ و جدول ۲).

### بحث و نتیجه گیری

وجود گروه های آکسوکروم در رنگ اسید بلاک ۱، مانند گروه های عامل هیدروکسیل، آمینو و نیترو، بسته به مقدار pH خاصیت الکترونگاتیو خواهند داشت؛ بنابراین، اثر pH در راندمان حذف، با این خاصیت رنگ قابل توجیه می باشد. همچنین pH محلول نیز، در دست یابی به حداکثر حذف رنگ موثر است. کاهش رنگ محلول، یک فرآیند کاملاً هدایت شده است که در حضور نانو ذرات آهن و شرایط اسیدی با شدت فراوانی انجام می گیرد، به طوریکه در pH=۳ بیش از ۹۹/۹ درصد رنگ حذف شده است. در حالی که در شرایط قلیایی pH=۱۱ فقط ۵۳ درصد درصد رنگ حذف شده است. علت این امر می تواند آزاد شدن یون های  $Fe^{3+}$  (فریک) باشد که در آب حلالیت کمتری دارند (تقریباً نامحلول هستند) و در نتیجه در محلول رسوب نموده و از چرخه کارایی خارج می شوند. یکی از ایرادات این روش، اسیدی نمودن محیط است که البته در pH خنثی (pH محلول) نیز درصد حذف بیشتر از ۹۸ درصد می باشد. بنابراین، فقط برای افزایش راندمان، بهتر است محیط را اسیدی نمود. سایر مطالعات نیز به نتیجه مشابهی دست یافته اند (۱۶،۶).

در بررسی زمان تماس، از آنجا که نمودار، ادامه دار است، به سمت اشباع شدن جاذب پیش می رود. در این حالت می توان وجود پوشش تک لایه ای رنگ بر روی سطح نانو ذرات آهن را پیش بینی کرد. به

سنتتیک نساجی، ۸۰/۷ درصد حذف رنگ داشته اند (۴)؛ در حالی که در تحقیق حاضر بیش از ۹۹/۹ درصد، حذف رنگ صورت گرفته است. این امر نشان دهنده کارایی بالاتر نانوذرات آهن در حذف رنگ می باشد. در مجموع با توجه به سهولت و کارایی مناسب این روش در حذف رنگ های آزو از محیط های آبی، استفاده از این روش در مقیاس های بزرگ تر توصیه می شود.

### تقدیر و تشکر

مقاله حاضر نتیجه طرح تحقیقاتی مصوب شورای پژوهشی کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار با کد ۹۰۰۱۲ می باشد. از حمایت های مالی کمیته تحقیقات دانشجویی، سرپرست و اعضای آن که در اجرای این پروژه ما را یاری رساندند، تشکر می نمایم.

دارای انرژی فعال سازی برابری است و در نتیجه بیانگر همگن بودن جاذب فرآوری شده است (۶ و ۲). این نتیجه، با نتایج مطالعه حسین زاده و همکاران در زمینه حذف رنگ اسیدبلاک با کمک کربن فعال تولیدی از تایرهای مستعمل با ضریب همبستگی بیش از ۹۸ درصد؛ و با مطالعه شریعتی و همکاران با عنوان سنتز و کاربرد نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن اصلاح شده با سدیم دودسیل سولفات جهت حذف رنگ سافرانین از نمونه های آبی مشابه می باشد (۴ و ۱۵).

در مقاله ای با عنوان بررسی تاثیر pH و سولفات در حذف نیترات از آب توسط نانو ذرات آهن که توسط محمدی و همکاران صورت گرفته است نتیجه ای مشابه در زمینه تاثیر pH اولیه محلول برای رسیدن به حداکثر بازده حذف به دست آمده است؛ به طوریکه در pH های پایین تر، میزان حذف بیشتری مشاهده شد (۱۷). قانعان و همکاران در طرح کاربرد پوسته تخم مرغ به عنوان جاذب طبیعی در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ از فاضلاب

### References

- Zarrabi M, Samarghandi M, Noori Sepehr M, Mohammadi Kalhori E, Noroozi M, Jafari S, Fazl Zadeh M. Potential Use of Pumice Stone Modified by HCl for Treatment of Textile Wastewater. Journal of Health ardebil. 2011; 2(1): 19-30. [Persian]
- Khosravi A, Hoseiniyan M, Sadat Mansuri A. Endustrial Wastewater (Plating-Dairy-Loom). Oloume Rooz Publication, 2009. [persian]
- Hoseiniyan M. Design Of Municipal Wastewater Treatment Plants And Industrial Wastewater. 2th ed. Tehran: Ayandesazan; 2002. [persian]
- Ghaneiyani M, Ghanizade Gh, Gholami M, Ghaderi Nasab F. Use Egg Shells As A Natural Adsorbent For The Removal Of Reactive Red 123 Dye From Synthetic Textile Wastewater. Tabibe Shargh Magazine. 2009; 11, 4(25). [Persian]
- Samarghandi M, Noori Sepehr M, Zarabi M, Noroozi M. Shahrokhi El. Evaluation Of Efficacy And Mechanism Of Acid Black 1 Dye Removal Using Sorbent Mineral Pumice. Journal Of Environmental Health, Environmental Health Journal Forums, 2010; 3(4): 399-410. [Persian]
- Hosseinzadeh E, Shokouhi R, Zare M, Torabi E, Rahimi SH. Sodium Alginate Magnetic Beads for Removal of Acid Cyanine 5R from aqueous solution. Hormozgan Medical Journal. 2012; 16(2): 101-11. [Persian]
- Shokuhfar A, Momeni K. Introduction To Nanotechnology. Tehran: Gostar Publication, 2005. [persian]
- Shafaei SH, Fotovat A, Khorasani R. Effect of Nanoscale Zero-Valent Iron (nZVI) on Heavy Metals Availability in a Calcareous Soil. Journal of Water and Soil. 2012; 26(3): 586-96. [Persian]
- Rahmani A, Ghafari H, Saghi M, Zarabi M. Application of Iron Nanoparticles In Water Treatment Capacity Zero. Journal-News-Analytic Space Nanotechnology. 2008; 18: 5-13. [Persian]
- Suwanee J. Use Of Zero Valant Iron For Wastewater Treatment. Department Of Chemistry, Faculty Of Science, King Mongkut's Institute Of Technology Ladkrabang Chalokkrung Road, Ladkrabang District, Bangkok 10520, Thailand, KMITL Sci. Tech. J. 2005; 5(3).
- Tina M, Wei-Xian Z. Environmental Technologies At The Nanoscale, Environmental Science And Technology. 2003.

12. Tanapon P, Navid S, Kevin S, Robert D, Gregory V. Aggregation And Sedimentation Of Aqueous Nanoscale Zerovalent Iron Dispersions, Environ. Sci. Technol. 2007;41:284-90.
13. Sung HJ, Francis I. Nanotechnology For Environmental Remediation, Springer Science, Business Media. 2006.
14. Hoseinzade E, Rahmani A, Roshanayi Gh, Nazemi F. AcidBlack1Dye Removal From Aqueous Solutions Using Activated Carbon Produced From ThePyrolysis Of Used Tires-Activated Potassium Hydroxide. Proceedings Of TheThirteenthNational Conference On Environmental Health Manual.2010.[persian]
15. Shariati Sh, Faraji M, Yamini Y, Rajabi A. SynthesisAnd Applications Of MagneticIron Oxide Nanoparticles Modified With Sodium Dodecyl Sulfate For Removal Of Safranin Dyes From Aqueous. Proceedings Of TheThirteenth National Conference On Environmental Health Manual.2010. [ persian]
16. EframPoosh M, Moosavi Gh, Ghaneuyan M, Rahimi S, FallahZade H. Performance Comparison Of Batch And Tubular Reactors For The Removal Of Methylene Blue Dye From Synthetic Textile Wastewater Using Aphotocatalytic Process/ UV-C Tio2.Toloe BehdashtJournal Of Yazd SchoolHealth.2010;9(1). [ Persian]
17. Mohammadi A, MesdaghiNiya A, Mahvi A, NaseriS i.Effect Of Ph And Sulfate And Nitrate Removal From Water By Zero Nano scale Iron Particles. Proceedings Of The Thirteenth National Conference On Environmental Health Manual. 2010 Persian]
18. Rezaee-Mofrad M, Miranzadeh M, Pourgholi M, Akbari H, Deghani R. Evaluating the efficiency of advanced oxidation methods on dye removal from textile wastewater. KAUMS Journal ( FEYZ ). 2013; 17 (1) :32-9. [Persian]



# Removal of acid black 1 dye from aqueous solution using nano-iron particles

**Fatemeh Dareini,**

Student of Environmental Health Engineering, Student Research Committee, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran

**Azam Amini mohamadiye,**

Student of Environmental Health Engineering, Student Research Committee, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran

**Hamidreza Zarei-Sani,**

Student of Environmental Health Engineering, Student Research Committee, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran

**Mohammad Hossein Saghi**

Lecturer, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran

Received:9/12/2013, Revised:19/01/2014, Accepted:17/02/2014

---

## Corresponding author:

Lecturer, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran  
E-mail: saghi9@gmail.com

## Abstract

**Background:** Discharge of colored sewages, resulting from domestic and industrial wastewaters, results in eutrophication, coloring and hypoxia of waters. Furthermore, colors have mutagenic and carcinogenic effects. This study aimed to investigate the removal rate of acid black 1 dye from aqueous solution using nano-iron particles.

**Materials and methods:** This study was done experimentally and discontinuously in lab scale. The effect of variables such as contact duration (30, 60, 90, 120, 150 and 180 min), pH (3, 7 and 11), adsorbent dose (0.4, 0.8, 1.2 and 1.6 g/200ml) and dye concentration (50, 150 and 200 mg/l) were evaluated on the removal rate of dye from aqueous solution. The data were analyzed using Excel software.

**Results:** The results showed that with increase in contact duration, the removal efficiency of dye also increased from 92.85 percent to 99.17 percent. Also, the increase in adsorbent concentration resulted in increase in removal efficiency of dye from 62.11 percent to 99.1 percent. A decrease in pH and dye concentration also increased removal efficiency of dye from 53.71 percent to 99 percent, and from 99.97 to 100 percent, respectively. The results of isothermal study showed that the removal of acid black 1 dye from aqueous solution follows from the Langmuir equation ( $0.999 < R^2$ ).

**Conclusion:** According to the results obtained, on an equal condition, nano-iron particles are more efficient than other adsorbents in the removal of dye from aqueous solution; hence these nano-particles are suggested for removal of dyes from polluted waters.

**Keywords:** Nano-iron particles, Acid black 1 dye, Dye removal