

بررسی حذف رنگ‌زای اسید رد ۱۸ توسط کربن تهیه شده از تفاله هویج، اصلاح شده با نانوذرات آهن مغناطیسی در سیستم راکتور چرخشی

رویا مرادی^۱، مرتضی کاشفی‌الاصول^{۲*}، رضا مرندی^۳، اسمعیل صلاحی^۴، شهرام مرادی دهحقی^۵

۱. دانشجوی دکتری آلودگی محیط‌زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران
۲. دانشیار گروه آموزشی آلودگی محیط‌زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران
۳. دانشیار گروه آموزشی آلودگی محیط‌زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران
۴. استادتمام گروه آموزشی مهندسی سرامیک- مواد، پژوهشگاه مواد و انرژی، البرز، ایران
۵. دانشیار گروه آموزشی شیمی کاربردی، دانشکده شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: به دلیل اهمیت بالای حذف مواد رنگ‌زای سرطان‌زا از پساب‌های رنگی پیش از ورود به محیط‌زیست، در این مطالعه به بررسی پارامترهای مؤثر در حذف رنگ‌زای اسید رد ۱۸ با یک جاذب آلی جدید با کمک ترکیب دو روش فیزیکی (جاذب) و روش شیمیایی (اکسیداسیون پیشرفته) پرداخته شد.

مواد و روش‌ها: پس از طراحی و ساخت راکتور، در هر بار آزمون ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه داخل راکتور در معرض تابش اشعه فرابنفش، H_2O_2 و کربن تهیه‌شده از ضایعات هویج قرار گرفت. در این سیستم، از لامپ UV-LED کم‌فشار در راکتوری با حجم ۱/۵ لیتر استفاده شد. تعیین مشخصات جاذب با استفاده از تصاویر TEM، SEM و XRD بررسی شد. تأثیر پارامترهای مختلف: pH، زمان، تابش UV، غلظت‌های اولیه رنگ‌زا و مقادیر مختلف از جاذب بر حذف رنگ، بررسی شد و نقاط بهینه به دست آمد. غلظت‌های ورودی و خروجی رنگ با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. تعادل، سینتیک و حداکثر ظرفیت جذب محاسبه گردید.

یافته‌ها: مشخصات فیزیکی کربن فعال مغناطیسی نشان داد که نانوذرات Fe_3O_4 دارای اندازه متوسط ۹۰-۲۲ nm و سطح ویژه برابر $480 \text{ m}^2/\text{g}$ بوده است. راندمان حذف ۹۹ درصدی رنگ اسید رد ۱۸ در غلظت جاذب برابر ۱/۵ گرم در لیتر، غلظت رنگ ۲۵ ppm، pH برابر ۴ و زمان ۸۰ دقیقه اتفاق افتاد. ظرفیت جذب برابر با $126/98 \text{ mg/g}$ بود و سینتیک فرایند جذب از مدل شبه درجه دوم (اسید رد ۱۸، $R^2 = 0/99$) پیروی می‌کرد

نتیجه‌گیری: کربن فعال تهیه‌شده از ضایعات هویج در کنار تابش UV-LED، جاذبی کم‌هزینه، سازگار با محیط‌زیست و بسیار مؤثر در حذف رنگ با کمک فرایند (AOPs) است.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۲۴

کلیدواژه‌ها:

هویج، فتواکسیداسیون پیشرفته، نانوذرات مغناطیسی، UV-LED، Fe_3O_4

۱. مقدمه

فرایند فتوسنتز در منابع آبی، اهمیت ویژه‌ای دارند (۱). رنگ اسید رد ۱۸ پرمصرف‌ترین رنگ در صنایع نساجی به‌شمار می‌رود (۲). صنایع نساجی، از جمله مصرف‌کنندگان عمده آب و در زمره تولیدکنندگان عظیم فاضلاب‌های حاوی مواد رنگی هستند که در خروجی آنها،

گروه رنگ‌های آزو، از جمله خطرناک‌ترین گروه‌های ترکیبات شیمیایی یافت‌شده در پساب‌های صنایع نساجی هستند که بنا به دلایلی از قبیل: کاهش قابلیت نفوذ نور و به دنبال آن ایجاد اختلال در انجام

* نویسنده مسئول: مرتضی کاشفی‌الاصول

نشانی: استان تهران، شهر تهران، دانشگاه آزاد اسلامی و واحد تهران شمال، دانشکده علوم و فنون دریایی، گروه آموزشی آلودگی محیط‌زیست

تلفن: ۰۲۱-۷۷۰۰۹۸۰۰

رایانامه: kashfialasl@gmail.com

شناسه ORCID: 0000-0002-9780-2362

شناسه ORCID نویسنده اول: 0000-0002-7120-4321

مجله علمی - پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، دوره ۲۸، شماره ۳، مرداد و شهریور ۱۴۰۰، ص ۳۴۷-۳۴۷

آدرس سایت: <http://jsums.medsab.ac.ir> رایانامه: journal@medsab.ac.ir

شاپای چاپی: ۱۶۰۶-۷۴۸۷

UV به تنهایی قادر به اکسیداسیون مواد آلی در آب است؛ به همین دلیل، تکنیک‌های مختلف تصفیه برای تبدیل این گونه مواد آلی به مواد غیرآلی یا مواد آلی تجزیه‌پذیر، مطرح است. یکی از انواع تکنیک‌ها فرایند اکسیداسیون پیشرفته است. در حال حاضر از این تکنیک برای تصفیه ترکیبات آلی تجزیه‌ناپذیر مانند مواد رنگ‌زا، مواد دارویی و ترکیبات شیمیایی آلی استفاده می‌شود. همچنین از این روش برای پیش تصفیه مواد آلی سمی استفاده شده است و بدین ترتیب تأثیرات منفی مواد آلی سمی بر سیستم‌های تصفیه بیولوژیک کاهش یافته است. مکانیزم اصلی در فرایند اکسیداسیون پیشرفته، تولید رادیکال‌های آزاد واکنش‌پذیر است. رادیکال‌های هیدروکسیل (OH) در تخریب ترکیبات آلی شیمیایی مؤثر هستند (۱۹،۲۰). لامپ‌های بخار جیوه و ال ای دی در راستای منبع تابش فرابنفش در رآکتور چرخشی استفاده می‌شوند (۲۱). لامپ‌های بخار جیوه از آلایندگی محیط‌زیست محسوب می‌شوند (۲۲). در پژوهش‌های جدید، لامپ‌های LED جایگزین لامپ‌های بخار جیوه شده‌اند (۲۳). لامپ‌های مذکور به دلیل اندازه کوچک‌تر، صرف انرژی کمتر، قدرت تخریب بیشتر و آلاینده‌گی کمتر به لامپ‌های بخار جیوه برتری دارند (۲۴).

۲. مواد و روش‌ها

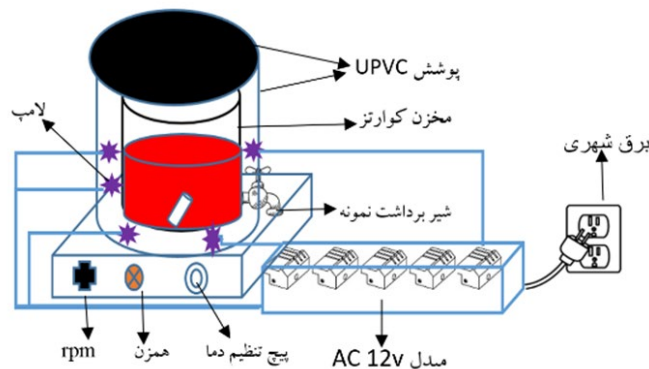
این پژوهش از نوع آزمایشگاهی است. تمام آزمایش‌ها سه بار تکرار انجام شد و همه مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش، محصول شرکت مرک آلمان بوده است. رنگ ورودی و خروجی نمونه محلول رنگی خام و جذب‌شده در ۳۰ طول موج مختلف دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل Cary 100 Bio مارک Varian ساخت کشور آمریکا بود. طول موج حداکثر جذب (λ_{max}) با غلظت‌های معلوم برای رنگ اسید رد ۱۸ برابر ۵۰۶ nm بود.

۱.۲. طراحی و ساخت رآکتور

رآکتور با حجم مفید ۱/۵ لیتر، شیشه مخزن داخل از جنس کوارتز (قطر دهانه ۱۵۰ mm و ارتفاع ۵۰۰ mm) و دیواره خارجی رآکتور از جنس UPVC و مجهز به ۵ عدد لامپ UV-LED با توان ۳ وات و طول موج ۳۹۵ nm ساخت کشور ژاپن استفاده شد. این لامپ‌ها ۷۵ درصد انرژی کم‌تری نسبت به لامپ‌های مشابه مصرف و قدرت تخریب بیشتری دارند؛ بنابراین ۵ لامپ در مجموع با توان ۱۵ وات زمان تخریب را کوتاه‌تر و انرژی کم‌تری مصرف می‌کنند و با جانمایی انجام شده در رآکتور اشعه‌های تابشی سطح و عمق محلول آلاینده را به‌طور کامل پوشش می‌دهند. شکل ۱ شماتیک کلی رآکتور، شکل ۲ مشخصات رنگ‌زای اسید رد ۱۸ و جدول ۱ مشخصات لامپ UV-

مقادیر زیادی از رنگ‌های صنعتی مصرف‌نشده وجود دارد (۳). این ترکیبات همچنین بر کیفیت آب برای مصارف شرب و بهداشتی و غیره تأثیر منفی برجای می‌گذارند و در عین حال سبب بروز آلرژی، درماتیت، تحریک پوستی، سرطان و نیز جهش‌های ژنتیکی در انسان و سایر موجودات می‌شوند. رنگ اسید اکتیو قرمز از جمله رنگ‌های گروه آزو است که به‌طور گسترده در صنایع نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴). ۱ تا ۱۵ درصد رنگ‌ها در روند رنگ‌رزی، ناپدید و وارد فاضلاب می‌شوند. امروزه فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته^۱ (AOPs) (۵)؛ مانند ازن، ازن/پراکسید هیدروژن، ازن/اشعه ماوراء بنفش، پراکسید هیدروژن/اشعه ماوراء بنفش برای تجزیه ترکیبات آلی گزینه‌ای مناسب در مقایسه با روش‌های متداول تصفیه هستند (۶). روش‌های حذف رنگ از پساب نساجی به سه دسته فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تقسیم‌بندی می‌شوند (۸،۷). در روش‌های شیمیایی، اشکالات عمده‌ای از قبیل هزینه‌های اقتصادی، نداشتن توانایی در حذف کامل رنگ، تولید لجن زیاد و تولید محصولات نامطلوب ثانویه وجود دارد (۹). روش‌های بیولوژیکی به دلیل کار با میکروارگانیسم‌های زنده؛ از قبیل کشت هوازی و بی‌هوازی میکروبی‌های تجزیه‌کننده رنگ، شرایط سخت طبقه‌بندی و ایزوله کردن میکروبی‌ها که زمان‌بر و هزینه‌بر است مقرون‌به‌صرفه نیستند (۱۰). جذب، روشی مناسب و انعطاف‌پذیر به لحاظ طراحی و عملکرد بالا در تولید پساب‌های بدون آلاینده و در مقایسه با سایر روش‌ها بسیار اقتصادی و محیط‌زیستی است (۱۱،۱۲،۱۳). کارآمدترین روش برای حذف رنگ‌های سنتتیک از پساب‌های صنعتی، فرایند جذب است؛ زیرا ترکیبات رنگی موجود در فاضلاب، به‌سادگی به فاز جامد منتقل می‌شود. از طرفی، ماده جاذب مورد استفاده می‌تواند مجدداً احیا شود و در فرایند جذب استفاده شود. جاذب‌هایی نظیر کربن فعال، خاک رس، کربن متخلخل و بیوپلیمرهایی نظیر کیتوزان از جمله این مواد هستند (۱۴). اخیراً تلاش شده است تا از مواد مقرون‌به‌صرفه‌تر به‌عنوان جاذب در تصفیه پیشرفته فاضلاب استفاده شود (۱۵). نتایج بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد که جاذب‌های ارزان‌قیمت با کارایی بالا نسبت به سایر روش‌های حذف رنگ، روشی مناسب، مؤثر، ارزان و سریع برای تصفیه پساب صنایع نساجی هستند (۱۶). جذب و فنتون به دلیل سهولت در اجرا، امکان به‌کارگیری در مقیاس‌های مختلف، صرفه اقتصادی و همچنین قدرت بالای رادیکال‌های هیدروکسیل پس از برخورد اشعه UV در اکسیداسیون آلاینده‌ها از مهم‌ترین تکنیک‌های قابل قبول برای کاهش غلظت رنگ‌های حل‌شده از محلول‌های آبی هستند. پراکسید هیدروژن، دوستدار محیط‌زیست محسوب می‌گردد. این روش جزو روش‌های سازگار با نیازهای محیط‌زیست است (۱۷،۱۸). تابش

LED استفاده شده در این پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۱. شماتیک کلی رآکتور

۲.۲. روش کار

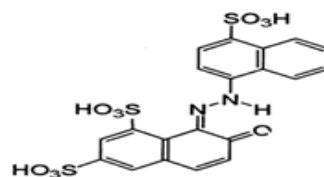
تهیه جاذب

برای تهیه و سنتز نانوجاذب ابتدا 1 k/g زائدات هویج پس از شستشو به مدت ۲ ساعت در داخل آون با دمای 105°C قرار گرفت. پس از خشک شدن با اسید سولفوریک غلیظ 0.5 M و آمونیوم پرسولفات 0.1 M با نسبت ۱:۱ (وزنی: حجمی) به منظور فعال سازی کربن مخلوط و به مدت ۵ ساعت در دمای 250°C درجه سانتی گراد در داخل آون قرار داده شد (۲۵). سپس بیکربنات سدیم 1% اضافه شد تا اسید به صورت بخار از منافذ کربن خارج شد. کربن فعال چندین بار با آب مقطر شسته شد تا بیکربنات از محیط خارج شود و کربن از حالت قلیایی به حالت خنثی برسد. کربن فعال به دست آمده به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای 105°C درجه سانتی گراد خشک گردید. برای حذف سایر ناخالصی‌ها، محصول

تولیدی را در محلول اسید کلریدریک 18% درجه حرارت محیط به مدت ۱۶ ساعت حل و محصول در آون با دمای 105°C درجه سانتی خشک شد و در نهایت کربن فعال تهیه شده از زائدات هویج به میزان 200 g گرم به دست آمد (۲۶). به منظور تولید نانوکربن متخلخل 100 g گرم از کربن فعال با هاون آسیاب و از الک با چشمه $37 \mu\text{m}$ عبور داده شد و 50 g گرم از آن با دستگاه فستمیل به مدت ۶۰ دقیقه آسیاب گردید (۲۷). برای مغناطیسی کردن جاذب به دست آمده به وسیله سنتز نانوذرات مغناطیسی Fe_3O_4 با استفاده از روش هم‌ترسیبی مطابق روش ارائه شده توسط (۲۸) استفاده شد. سپس ذرات به مدت ۳ ساعت در دمای 800°C در کوره نیتروژن قرار گرفتند تا عمل کربنیزاسیون صورت گیرد (۲۹) و تحت گاز نیتروژن نانوذرات آهن روی کربن بارگذاری شوند به دلیل اینکه برای جداسازی آسان جاذب توسط آهنربا، القای نانوذرات مغناطیسی در بافت جاذب، ضروری است (۳۰).

جدول. مشخصات لامپ UV-LED

Parameter	Wavelength (nm)	Aluminum Plate Size	Forward Current	Forward Voltage	Calculated Minimum Radiometric Power 500mA	Angle (degree)	LED Junction Temperature
Value	365/385/395/405/415	$\Phi 20\text{mm}$	500-700mA	6V/2-3/3	600-680mW	60/120	125°C

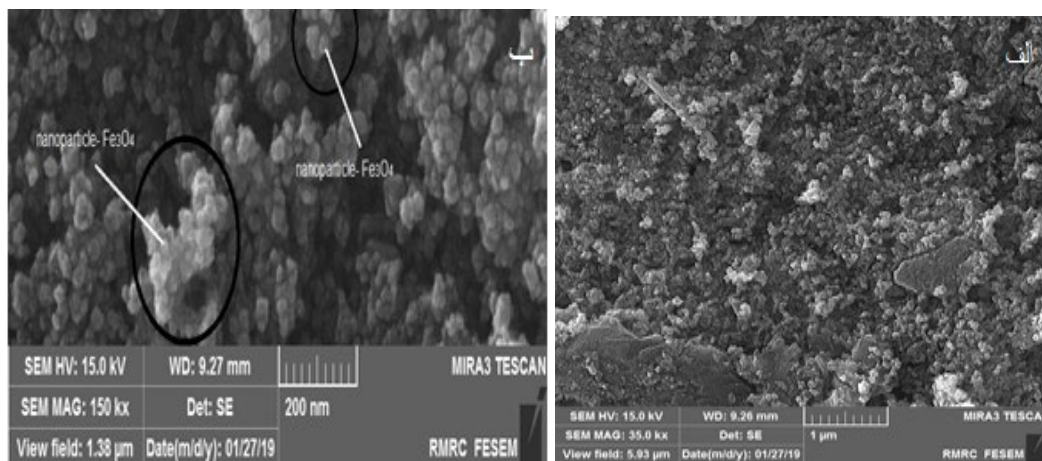


شکل ۲. مشخصات رنگ‌زای اسید رد ۱۸

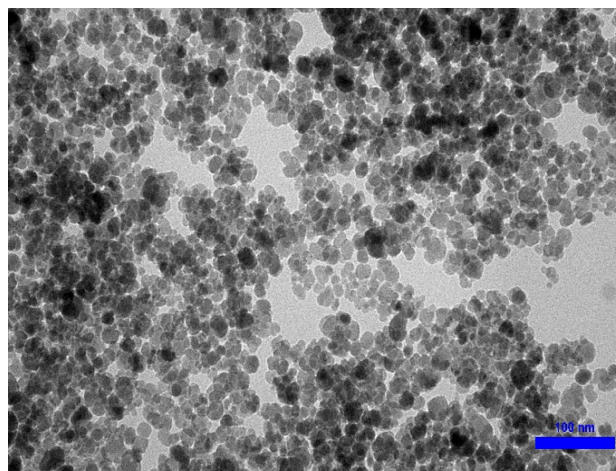
تعیین مشخصات جاذب

به منظور مطالعه و بررسی خواص مواد به ویژه مواد نانوساختار، میکروسکوپ‌های الکترونی یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین دستگاه‌ها هستند که براساس برهم‌کنش الکترون با ماده کار می‌کنند. شکل ۳ نتایج حاصل از بررسی میکروسکوپ الکترونی پیمایش گر SEM توزیع یکنواخت ذرات اکسید آهن مغناطیسی را روی نانوجاذب نشان می‌دهد. شکل ۴ حاصل میکروسکوپ الکترونی عبوری TEM است که نحوه قرارگیری نانوذرات آهن روی جاذب سنتز شده را نشان می‌دهد. ساختار مورفولوژی جاذب در تمامی تصاویر TEM نشان از تراکم بالای Fe_3O_4 که به صورت کروی و پراکنده روی جاذب و برهم‌کنشی لایه‌های جاذب و نانوذرات مغناطیسی است. مناطق تیره نشان‌دهنده وجود هسته Fe_3O_4 و مناطق روشن نشان‌دهنده پوشش کربن است. نمودار ۱ نتایج حاصل از بررسی الگوی پراش پرتو X را برای نانوذرات جاذب نشان می‌دهد. پیک‌های زوایای نانوذرات آهن بر ساختار جاذب

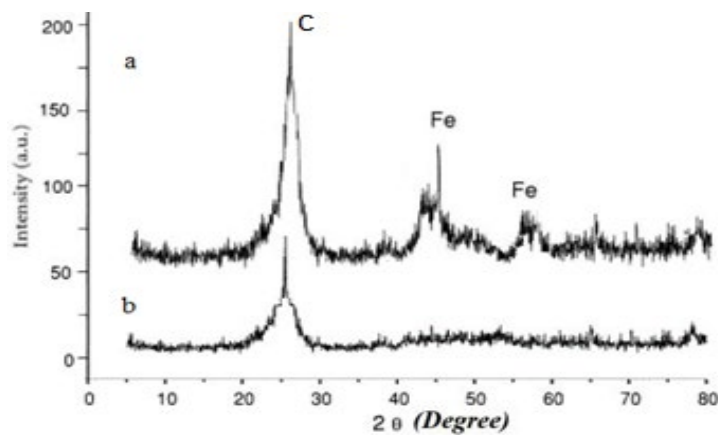
سنتز شده در محدوده $43/5^\circ$ و $57/5^\circ$ معلوم شده است. پیک‌های متفاوت قوی در درجات پیک‌های واقع در موقعیت‌های $30/1$ ، $36/37/44/57/54$ درجه و در نهایت $71/3$ که به ترتیب با فرکانس‌های 220 ، 311 ، 400 ، 422 ، 511 و 440 بوده که مربوط به وجود کریستال‌های نانوذرات Fe_3O_4 هستند. پیک‌های پراش واقع در موقعیت‌های 2θ برابر با 44 (مشترک با مگنتیت) و 28 درجه نیز مشخصه نانوجاذب است که حضور نانوذرات مگنتیت را در ساختار نانوجاذب و تشکیل فاز اکسید آهن Fe_3O_4 را تأیید می‌کند (۳۱). نتایج حاصل از آزمون‌های جاذب نشان داد که سطح ویژه کربن فعال $480 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ است اندازه‌گیری سطح ویژه و تخلخل‌سنجی از روش جذب و واجذب با آنالیز BET در دمای ثابت نیتروژن مایع (77 K^0)، سطح ویژه برابر $480 \text{ m}^2/\text{g}$ و V_{total} برابر 0.70 ml/g و با استفاده از ایزوترم t-plot حجم ریزحفرات 0.18 (Vmin) به دست آمد.



شکل ۳. تصویر SEM-Fe نانوکربن فعال تهیه شده از هویج (الف) مغناطیسی نشده (ب) مغناطیسی شده



شکل ۴. تصویر TEM نانوکربن فعال تهیه شده از هویج



نمودار ۱. طیف XRD نانوکربن فعال مغناطیسی شده تهیه شده از هویج، (a) مغناطیسی شده، (b) مغناطیسی نشده

۳. یافته‌ها

بررسی پارامترها

برای بررسی تأثیرات پارامترها در حذف رنگ‌زا و کارایی سیستم (نانوجاذب/UV-LED/H₂O₂)، pH در چهار محدوده (۴، ۷، ۹، ۱۱)، ۵ مقدار مختلف از رنگ‌زا (۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰) mg/l در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر از نانوجاذب (۰/۳، ۰/۵، ۰/۸، ۱، ۱/۵) gr/L در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول اسید رد ۱۸، H₂O₂:۵۰ (m/mol)، تنظیم و از هر مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه در داخل راکتور قرار داده شد و در بازه‌های زمانی (۲۰۰-۱۰، ۸۰، ۶۰، ۴۰، ۲۰، ۱۰) دقیقه میزان رنگ باقی‌مانده پس از صاف‌سازی نمونه‌ها با آهن‌ربا، توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۵۰۶ nm قرائت گردید. میزان تابش UV در تمام طول آزمایش‌ها ثابت و بدون تغییر بود. نتایج حاصل از این بررسی در نمودارهای ۲، ۳ و ۴ آمده است. برای تنظیم pH از محلول‌های ۰/۱ نرمال NaOH و HCl استفاده گردید، سپس درصد حذف رنگ طبق رابطه (۱) محاسبه شد که در این رابطه C₀ و C_t به ترتیب غلظت اولیه رنگ و غلظت رنگ در زمان t (min) بر حسب میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. بر این اساس، زمان ۸۰ دقیقه، pH: ۴ و بیشترین کارایی حذف در غلظت رنگ‌زا ۲۵ mg/l و مقدار ۱/۵ gr/L از

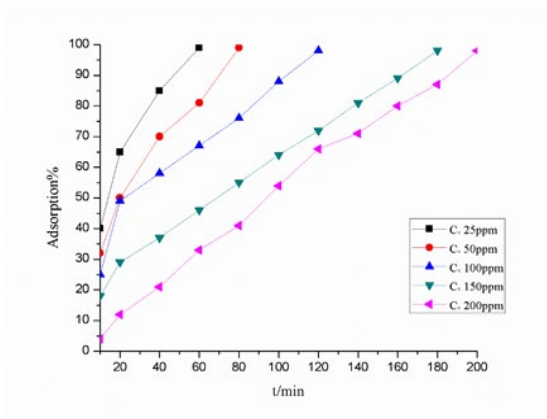
نانوجاذب به‌عنوان مقادیر بهینه گزارش گردید. به‌منظور تهیه اطلاعاتی در مورد عوامل مؤثر بر سرعت واکنش، ارزیابی سینتیک ضروری می‌باشد. با مطالعه سینتیک جذب سطحی می‌توان درباره سازوکار واکنش‌های جذب سطحی، سرعت جذب و واجذب اطلاعاتی به‌دست آورد؛ از این رو آگاهی از سرعت جذب و واجذب به‌منظور طراحی و ارزیابی سیستم جذب سطحی مورد نیاز است. دو مدل سینتیکی که به‌طور گسترده در منابع برای فرایندهای جذب به‌کار می‌روند مدل‌های سینتیک مرتبه اول و دوم هستند. این مدل‌های سینتیکی برای کنترل فرایندهای جذب سطحی مانند جذب در سطح، واکنش شیمیایی یا مکانیسم‌های نفوذ استفاده می‌گردند. معادلات سینتیکی به‌ترتیب در شماره ۲ و ۳ بیان شده است که در آن k₁ و k₂ ثابت‌های سرعت جذب و q_t ظرفیت جذب در زمان t و q_e ظرفیت جذب در حالت تعادل است. در انتهای هر مرحله از آزمایش برای محاسبه میزان ظرفیت جذب از معادله شماره ۴ استفاده می‌شود که در آن q ظرفیت جذب بر حسب میلی‌گرم رنگ در گرم جاذب، C₀ غلظت اولیه رنگ‌زا، C_t غلظت رنگ‌زا در زمان t بر حسب میلی‌گرم بر لیتر، V حجم محلول بر حسب لیتر و M جرم جاذب بر حسب گرم است (۳۲، ۳۳).

$$\text{Removal Dye\%} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \quad \text{رابطه ۱}$$

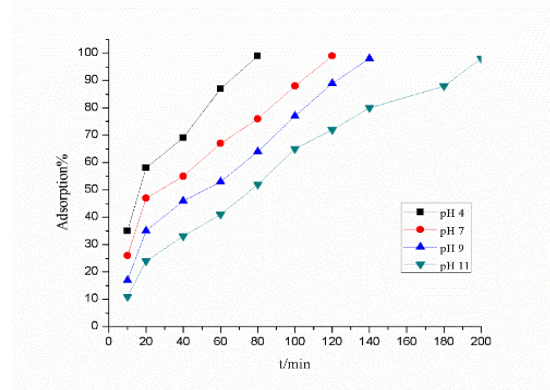
$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad \text{رابطه ۲}$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad \text{رابطه ۳}$$

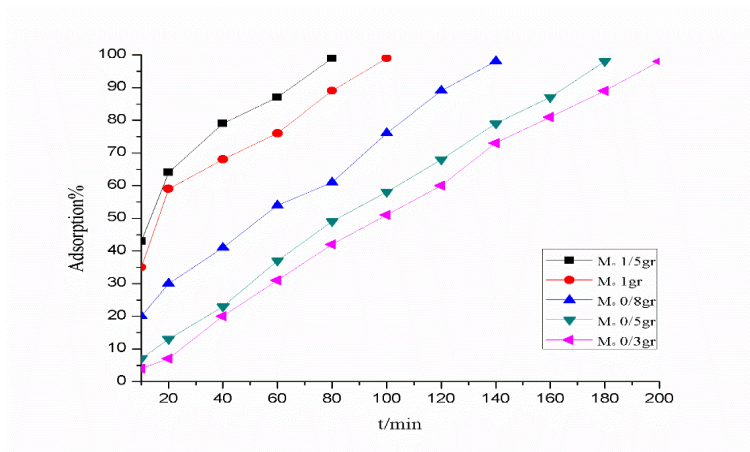
$$q = \frac{(C_0 - C_t) \times V}{M} \quad \text{رابطه ۴}$$



نمودار ۳. تأثیر تغییرات غلظت رنگ‌زا بر فرایند جذب



نمودار ۲. تأثیر تغییرات pH بر راندمان جذب رنگ اسید رد ۱۸



نمودار ۴. تأثیر دزهای مختلف جاذب بر حذف اسید رد ۱۸

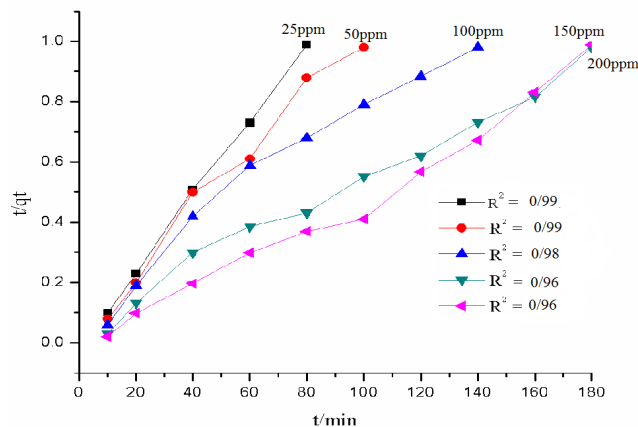
است. با توجه به نمودار ۵ نتایج، حاکی از تبعیت فرایند جذب سطحی از معادله سرعت شبه مرتبه دوم است که رنگ‌زا در واحد زمان تطابق قوی‌تری با مدل جنبشی شبه درجه دوم دارد ($R^2=0/99$).

مطالعات سینتیک

داده‌های حاصل از محاسبات سینتیکی در جدول ۲ نشان می‌دهد که مدل درجه دوم در مقایسه با درجه اول، از همبستگی بالاتری با داده‌های تجربی بازده حذف رنگ برخوردار

جدول ۲. پارامترهای سینتیکی جذب رنگ‌زا توسط سیستم نانوجاذب / UV-LED

Pseudo- first-order			Pseudo-second-order			
R^2	K_1 (1/min)	q_e (cal) (mg/g)	R^2	K_2 (g/mg min)	q_e (cal) (mg/g)	C_0 (mg/L)
۰/۹۳۹	۰/۰۱۰	۲۱	۰/۹۹	۰/۳۸	۲۱	۲۵
۰/۹۱۵	۰/۰۰۸	۲۷	۰/۹۹	۰/۳۶	۲۷	۵۰
۰/۸۷۸	۰/۰۰۷	۲۹	۰/۹۸	۰/۳۲	۲۹	۱۰۰
۰/۸۰۸	۰/۰۰۷	۳۱	۰/۹۶	۰/۲۹	۳۱	۱۵۰
۰/۷۱۶	۰/۰۰۶	۳۱	۰/۹۶	۰/۲۹	۳۱	۲۰۰



نمودار ۵. سینتیک درجه دوم مرتبط با جذب AR18 روی کربن فعال تهیه‌شده از زائدات هویج

۴. بحث و نتیجه‌گیری

pH یکی از پارامترهای مؤثر بر فعالیت‌های شیمیایی یون‌های رنگ است. اسید رد ۱۸ به دلیل داشتن گروه عاملی $R-SO_3^-$ در دسته رنگ‌های آنیونی قرار دارد. روند افزایش حذف اسید رد ۱۸ تحت شرایط pH اسیدی بیانگر این است که سایت‌های پیوندی جاذب با یون‌های H^+ که به‌عنوان لیگاند‌های رابط (پل ارتباطی) بین سطح جاذب و مولکول رنگ عمل می‌کنند ارتباط نزدیکی برقرار می‌کنند (۳۴). pH محلول بر بار سطحی جاذب، درجه یونیزاسیون آلاینده‌های مختلف، تفکیک گروه‌های کاربردی بر سایت‌های فعال جاذب و نیز ساختار مولکول رنگ تأثیرگذار است (۳۵). در این شرایط، مقادیر pH پایین‌تر شرایط مطلوبی برای حذف رنگ‌زای فراهم می‌کنند. در مطالعه صادقی و همکاران در مورد حذف اسید رد ۱۸ با استفاده از پوسته بادام، کربن فعال حاصل در pH برابر ۲ بیش از ۹۰ درصد حذف را نشان داد (۳۶). همچنین نتایج تحقیق Thinakaran و همکاران نشان داد که از حذف اسید رد ۱۸ از کربن تهیه شده از پوسته بذر در pH برابر ۳ بیش از ۸۰ درصد حذف حاصل شد (۳۷). طبق مطالعه شکوهی و همکاران در مورد حذف رنگ اسید رد ۱۸ توسط کربن فعال بیشترین حذف در محدوده pH اسیدی حاصل شد (۳۸). در تحقیق پادمیش و همکاران برای حذف اسید رد ۸۸ با استفاده از آزولارونگپونگ به‌عنوان جاذب در pH برابر ۳ بیش از ۸۵ درصد حذف به‌دست آمد (۳۹). نتایج حاصل از پژوهش فلاح و همکاران مشخص ساخت با استفاده از جاذب آزولا فیلیکوئیدس کارایی حذف از pH: ۲ تا ۱۲ کاهش می‌یابد؛ از این رو حذف رنگ‌های اسید رد ۱۸ و راکتیبولک ۵ در محیط اسیدی بیش از ۹۷ درصد است (۴۰). در

مطالعه حاضر با افزایش غلظت ماده رنگ‌زا از ۲۵mg/l به ۲۵۰mg/l حذف ماده رنگ‌زا کاهش یافت (۴۱). بررسی تأثیر غلظت اولیه رنگ در راندمان حذف نشان داد که راندمان حذف رنگ با افزایش غلظت اولیه رنگ کاهش می‌یابد و q_e با افزایش غلظت اولیه رنگ افزایش خواهد یافت (جدول ۲). کاهش میزان جذب را می‌توان به کاهش سطح جذب به دلیل اشباع شدن ربط داد. با بررسی تغییرات غلظت رنگ‌زا بیشترین میزان حذف در غلظت‌های پایین‌تر اتفاق می‌افتد و در غلظت‌های بالا به علت ثابت ماندن مقدار محل‌های جاذب و ظرفیت جذب میزان حذف کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج سایر پژوهش‌ها که افزایش بیش از اندازه ماده رنگ‌زا با داشتن سطوح جذبی مشخص رقابت برای جذب در سطوح را بیشتر کرده، برخوردها بیشتر شده و امکان واجدبی نیز وجود دارد. در فرایند جذب سطحی، با افزایش میزان حذف آلاینده نیروی رانش آلاینده از سمت محلول به سمت جاذب بیشتر خواهد شد که این امر باعث افزایش میزان جذب آلاینده بر روی جاذب می‌گردد. این اتفاق در بیشتر فرایندهای جذب سطحی مشاهده گردیده و محققان مختلفی آن را گزارش کرده‌اند. در واقع علت اصلی کاهش میزان حذف با افزایش غلظت را می‌توان به پر شدن جایگاه‌های فعال روی جاذب نسبت داد (۴۲). با افزایش دوز جاذب راندمان حذف رنگ نیز افزایش چشم‌گیری پیدا کرد. در بررسی مقادیر مختلف جاذب، با افزایش میزان جاذب، تحت تابش UV جذب سطحی رنگ‌زای اسید رد ۱۸ بر جاذب بسیار افزایش یافت؛ به‌طوری که در ۲۰ دقیقه اول، تخریب بازوی عامل رنگ قرمز، با تابش UV-LED به‌دست آمد و در ۶۰ دقیقه بعد، تخریب رنگ و حذف ۹۹ درصدی رنگ مشاهده شد. دلیل این افزایش را می‌توان

هیدروکسیل در اثر تابش UV به شکل بسیار مؤثر فعال شدند و بر ثابت سرعت واکنش و فرایند رنگبری تأثیر به‌سزایی گذاشتند. تابش UV در کاهش زمان جذب رنگ‌زا نقش بسیار پررنگی از طریق شکستن بازوی عامل رنگ و تسریع در تخریب رنگ‌زا داشت. با توجه به این‌که ضریب همبستگی R^2 داده‌های جذب از مدل شبه‌سینتیکی درجه دو پیروی می‌کنند با افزایش غلظت اولیه رنگ از ۲۵ mg/l به ۵۰ mg/l ضریب سرعت معادله درجه دوم از ۰/۳۸ (g/mg min) به ۰/۲۹ (g/mg min) کاهش پیدا کرد. همه این عوامل به‌وضوح نشان می‌دهد که کارایی حذف رنگ اسید رد ۱۸ با استفاده از کربن فعال تهیه شده از زائدات هویج با افزایش غلظت اولیه رنگ‌زا کاهش می‌یابد و سینتیک جذب رنگ نیز از مدل سینتیکی شبه درجه دوم بهتر تبعیت می‌کند (۴۴). جدول ۳ مقایسه سایر مطالعات انجام شده را نشان می‌دهد.

چنین بیان کرد که با افزایش میزان ذرات جاذب، تعداد جایگاه‌های فعال موجود بر نانوذرات و در نتیجه تماس افزایش یافته است. میزان تجزیه رنگ اسید رد ۱۸ با افزایش بارگذاری ۰/۳ به ۱/۵ گرم در لیتر افزایش می‌یابد؛ یعنی با افزایش سطح فعال جاذب مقدار رنگ‌بری نیز افزایش می‌یابد. غلظت جاذب، پارامتری مهم و تأثیرگذار در فرایند جذب است. میزان جذب در همه دُرُها ابتدا سریع است، سپس روند کندی به خود می‌گیرند. در واقع در لحظات اولیه، تعداد جایگاه‌های در دسترس جاذب بسیار زیاد است اما به تدریج و با گذشت زمان، مکان‌های جذب سطحی اشباع می‌شود و سرعت جذب کاهش می‌یابد (۴۳). با گذشت زمان، کارایی جذب توسط جاذب افزایش پیدا می‌کند. میزان حذف رنگ تحت تأثیر غلظت اولیه رنگ، مقدار جاذب، pH، مقدار H_2O_2 و مدت‌زمان تابش UV بود. در شرایط بهینه، پس از مدت‌زمان کوتاهی از تابش UV به ۱۰۰ درصد رسید. رادیکال‌های قوی

جدول ۳. مقایسه میزان حداکثر میزان جذب رنگ‌زای اسید رد ۱۸ توسط جاذب‌های مختلف در دیگر تحقیقات انجام شده

منبع	درصد جذب	میزان جاذب	نوع جاذب	رنگ‌زا
(۴۵)	۹۹٪	۱ g/L	سبوس اصلاح شده با نمک آمونیوم و CTAB	AR18
(۴۶)	۹۹٪	۱۰ g/L	ریزذرات آهن/اذغال سنگ/US	AR18
(۴۷)	۹۹٪	۰/۵ g/L	پلیمریزاسیون درجا کامپوزیت‌های پلی پیرول-کیتوزان	AR18
(۳۶)	۹۷٪	۱/۶ g/L	خاکستر تهیه شده از پوسته بادام	AR18
(۴۰)	۹۹٪	۱/۲ g/L	آزولا فیلیکولوئیدس	AR18
(۴۸)	۹۵٪	۶ g/L	کربن فعال از چوب درخت سرو	AR18
(۴۹)	۹۵٪	۵ g/L	زنولیت طبیعی اصلاح شده با آمونیوم	AR18
(۵۰)	۹۶٪	۱/۸ g/L	کربن فعال ساخته شده از چوب گردو	AR18
(۵۱)	۹۵٪	۰/۲ g/L	نانوذرات مگنتیت اصلاح شده با آلزینات سدیم	AR18

UV-LED و همچنین مغناطیسی کردن جاذب با روش استفاده شده در مطالعه حاضر با هدف تسریع عمل جداسازی و نداشتن نیاز به فیلتراسیون می‌تواند به‌عنوان یک روش اقتصادی، کارآمد و قابل اطمینان به‌کار رود. این روش با داشتن مزیت‌هایی مانند کاهش هزینه‌ها، نداشتن نیاز به دستگاه‌ها و وسایل آزمایشگاهی گران‌قیمت، سادگی روش و همچنین به‌کارگیری این روش در مناطق مختلف در راستای جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست می‌تواند توصیه گردد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از حمایت‌های مالی پژوهشگاه مواد و انرژی صمیمانه تشکر می‌کنند.

با مقایسه نتایج حاصل از تأثیر پارامترهای عملیاتی حذف رنگ‌زای اسید رد ۱۸ با استفاده از سیستم نانوجاذب H_2O_2 /UV-LED، شرایط بهینه جذب pH:۴، زمان تماس ۸۰ دقیقه، مقدار جاذب ۱/۵ g/L و غلظت آلاینده ۲۵ mg/L و حضور اشعه UV با طول موج ۳۹۵ nm، در مجموع می‌توان گفت که سیستم نانوجاذب H_2O_2 /UV-LED مورد استفاده در این مطالعه از جنبه‌های مختلفی بر سایر روش‌های کاربردی در حذف رنگ‌ها از پساب کارخانجات نساجی برتری دارد. با توجه به دامنه وسیع استفاده از انواع جاذب‌های پودری مغناطیسی در حذف انواع آلاینده‌های آلی و سمی از محیط‌های آبی و نیز افزایش استفاده از اشعه فرابنفش در فرایندهای تصفیه آب و فاضلاب و کارایی قابل قبول سیستم نانوجاذب H_2O_2 /

References

- [1]. Lima EC, Royer B, Vagheti JC, Simon NM, da Cunha BM, Pavan FA, Benvenuti EV, Cataluña-Veses R, Airolti C. Application of Brazilian pine-fruit shell as a biosorbent to removal of reactive red 194 textile dye from aqueous solution: kinetics and equilibrium study. *Journal of hazardous materials*. 2008; 15; 155(3):536-50.
- [2]. Zhang WX, Lai L, Mei P, Li Y, Li YH, Liu Y. Enhanced removal efficiency of acid red 18 from aqueous solution using wheat bran modified by multiple quaternary ammonium salts. *Chemical Physics Letters*. 2018; 16; 710:193-201.
- [3]. Wu CH. Photodegradation of CI Reactive Red 2 in UV/TiO₂-based systems: Effects of ultrasound irradiation. *Journal of hazardous materials*. 2009; 15; 167(1-3):434-9.
- [4]. Carneiro PA, Umbuzeiro GA, Oliveira DP, Zanoni MV. Assessment of water contamination caused by a mutagenic textile effluent/dyehouse effluent bearing disperse dyes. *Journal of hazardous materials*. 2010; 15; 174(1-3):694-9.
- [5]. Mokhtari SA, Farzadkia M, Esrafil A, Kalantari RR, Jafari AJ, Kermani M, Gholami M. Bisphenol A removal from aqueous solutions using novel UV/persulfate/H₂O₂/Cu system: optimization and modelling with central composite design and response surface methodology. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 2016; 14(1):19.
- [6]. Chaichanawong J, Yamamoto T, Ohmori T. Enhancement effect of carbon adsorbent on ozonation of aqueous phenol. *Journal of hazardous materials*. 2010; 15; 175(1-3):673-9.
- [7]. R.G. Saratale, G.D. Saratale, J.S. Chang, S.P. Govindwar. Bacterial decolorization and degradation of azo dyes: A review. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 2011; 42: 138-157.
- [8]. Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering Treatment & Reuse*, fifth ed, 5: McGraw-Hill Singapore, 2013.
- [9]. Sara tale, R. G., G. D. Saratale, J. S. Chang, and S. P. Govindwar. "Bacterial decolorization and degradation of azo dyes: a review." *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 2011;42 (1) 138-157 .
- [10]. Forgacs, Esther, Tibor Cserhati, and Gyula Oros. "Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review." *Environment international*. 2004; (7)30: 953-971.
- [11]. Wang XS, Zhou Y, Jiang Y, Sun C. The removal of basic dyes from aqueous solutions using agricultural by-products. *Journal of Hazardous Materials*. 2008; 15; 157(2-3):374-85.
- [12]. Hasanzadeh M, Simchi A, Far HS. Nanoporous composites of activated carbon-metal organic frameworks for organic dye adsorption: Synthesis, adsorption mechanism and kinetics studies. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2020; 81:405-14.
- [13]. Choy KK, Porter JF, McKay G. Intraparticle diffusion in single and multicomponent acid dye adsorption from wastewater onto carbon. *Chemical Engineering Journal*. 2004; 15; 103(1-3):133-45.
- [14]. Ali I, Gupta VK. Advances in water treatment by adsorption technology. *Nature protocols*. 2006; 1(6):2661.
- [15]. Sadeghi - Kiakhani M, Arami M, Gharanjig K. Dye removal from colored - textile wastewater using chitosan - PPI dendrimer hybrid as a biopolymer: Optimization, kinetic, and isotherm studies. *Journal of Applied Polymer Science*. 2013; 15; 127(4):2607-19. (Persian).
- [16]. Chao-Yin K, Chung-Hsin W, Jane-Yii W. Adsorption of direct dyes from aqueous solutions by carbon nanotubes: Determination of equilibrium, kinetics and thermodynamics parameters, *J Colloid Interface Sci*. 2008; 327:308-315.
- [17]. Mousavi SA, Mohammadi N, Ghaibzadeh M, Kamri M. Efficiency of Fenton oxidation process in removing rhodamine B dye from synthetic solution. *Journal of Water and Wastewater*. 2015; 21; 25 (6): 122-9. (Persian)
- [18]. Ehrampoush M, Ghanizadeh GH, Ghaneian M. Equilibrium and kinetics study of reactive red 123 dye removal from aqueous solution by adsorption on eggshell. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*. 2011; 8(2):101-6. (Persian).
- [19]. Zhou T, Lu X, Wang J, Wong FS, Li Y. Rapid decolorization and mineralization of simulated textile wastewater in a heterogeneous Fenton like system with/without external energy. *J Hazardous Materials* 2009; 165(1-3):193-99.
- [20]. Lucas MS, Peres JA. Decolorization of the azo dye Reactive Black 5 by fenton and Photo-Fenton oxidation. *J Dyes and Pigments* 2006; 71(3): 236-44.
- [21]. Kyzas GZ, Fu J, Matis KA. The change from past to future for adsorbent materials in treatment of dyeing wastewaters. *Materials*. 2013; 6(11):5131-58.
- [22]. Chevremont AC, Farnet AM, Sergent M, Coulomb B, Boudenne JL. Multivariate optimization of fecal bioindicator inactivation by coupling UV-A and UV-C LEDs. *Desalination*. 2012; 31; 285:219-25.
- [23]. Özdemir C, Öden MK, Şahinkaya S, Kalıpcı E. Color removal from synthetic textile wastewater by sono - fenton process. *Clean-Soil, Air, Water*. 2011; 39(1):60-7.
- [24]. Song K, Mohseni M, Taghipour F. Application of ultraviolet light-emitting diodes (UV-LEDs) for water disinfection: A review. *Water research*. 2016;94:341-9.
- [25]. Paušová Š, Riva M, Baudys M, Krýsa J, Barbieriková Z, Brezová V. Composite materials based on active carbon/TiO₂ for photocatalytic water purification. *Catalysis Today*. 2019; 15; 328:178-82.
- [26]. Bilińska L, Gmurek M, Ledakowicz S. Textile wastewater treatment by AOPs for brine reuse. *Process Safety and Environmental Protection*. 2017; 1; 109:420-8.
- [27]. Qian L, Sun J, Hou C, Yang J, Li Y, Lei D, Yang M, Zhang S. Immobilization of BSA on ionic liquid functionalized magnetic Fe₃O₄ nanoparticles for use in surface imprinting strategy. *Talanta*. 2017; 1; 168:174-82.
- [28]. Pourmand S, Abdouss M, Rashidi A. Fabrication of nanoporous graphene by chemical vapor deposition (CVD) and its application in oil spill removal as a recyclable nanosorbent. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2015; 25; 22:8-18. (Persian)
- [29]. Fu N, Li L, Liu K, Kim CK, Li J, Zhu T, Li J, Tang B. A choline chloride-acrylic acid deep eutectic solvent polymer based on Fe₃O₄ particles and MoS₂ sheets (poly (ChCl-AA DES) @ Fe₃O₄@ MoS₂) with specific recognition and good antibacterial properties for β-lactoglobulin in milk. *Talanta*. 2019; 15; 197:567-77.
- [30]. Qi Y, Lu Y, Liu L, Qi X, Ding F, Li H, Huang X, Chen L, Hu YS. Retarding graphitization of soft carbon precursor: from fusion-state to solid-state carbonization. *Energy Storage Materials*. 2020; 26:577-84.
- [31]. Ma X, Tao H, Yang K, Feng L, Cheng L, Shi X, Li Y, Guo L, Liu Z. A functionalized graphene oxide-iron oxide nanocomposite for magnetically targeted drug delivery, photo thermal therapy, and magnetic resonance imaging. *Nano Research*. 2012; 1; 5(3):199-212.
- [32]. Yang N, Zhu S, Zhang D, Xu S. Synthesis and properties of magnetic Fe₃O₄-activated carbon nanocomposite particles for dye removal. *Materials Letters*. 2008; 29; 62(4-5):645-7.
- [33]. Robati D. Pseudo-second-order kinetic equations for modeling adsorption systems for removal of lead ions using multi-walled carbon nanotube. *Journal of nanostructure in Chemistry*. 2013;3(1):1-6.
- [34]. Qin G, Yao Y, Wei W, Zhang T. Preparation of hydrophobic granular silica aerogels and adsorption of phenol from water. *Applied Surface Science*. 2013; 1; 280:806-11.
- [35]. Aksu Z, Akin AB. Comparison of Removal Black B biosorptive

- properties of live and treated activated sludge. *Chemical Engineering Journal*. 2010; 15; 165(1):184-93.
- [36]. Sadeghi M, Rahimi R, Mohammadi Moghadam F, Mengelizadeh N. Using Ash Prepared from Almond Shell for Removing Acid Red 18 from Aqueous Solutions. *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences*. 2017; 19(1):126-36. (Persian)
- [37]. Thinakaran N, Panneerselvam P, Baskaralingam P, Elango D, Sivanesan S. Equilibrium and kinetic studies on the removal of Acid Red 114 from aqueous solutions using activated carbons prepared from seed shells. *J Hazard Mater*. 2008; 158(1): 142-50.
- [38]. Shokoohi R, Vatanpoor V, Zarrabi M, Vatani A. Adsorption of Acid Red 18 (AR18) by activated carbon from poplar wood-A kinetic and equilibrium study. *J Chem*. 2010; 7(1): 65-72.
- [39]. Eren Z, Acar FN. Adsorption of Reactive Black 5 from an aqueous solution: equilibrium and kinetic studies. *Desalination*. 2006; 10; 194(1-3):1-0.
- [40]. Shirzad Siboni M, Fallah S, Tajasosi S. Removal of Acid Red 18 and Reactive Black 5 Dyes from Aquatic Solution by Using of Adsorption on Azolla filiculoides: a Kinetic Study. *Journal of Gilan University of Med Sci*. 2014; 1(22): 42-50.
- [41]. Shirzad-Siboni M, Khataee A, Joo SW. Kinetics and equilibrium studies of removal of an azo dye from aqueous solution by adsorption onto scallop. *Journal of industrial and engineering chemistry*. 2014; 20(2):610-5.
- [42]. Mishra AK, Arockiadoss T, Ramaprabhu S. Study of removal of azo dye by functionalized multi walled carbon nanotubes. *Chemical Engineering Journal*. 2010; 162(3):1026-34.
- [43]. Wu R, Qu J, Chen Y. Magnetic powder MnO-Fe₂O₃ composite—a novel material for the removal of azo dye from water. *Water research*. 2005; 39(4):630-8
- [44]. Yu F, Chen J, Chen L, Huai J, Gong W, Yuan Z, Wang J, Ma J. Magnetic carbon nanotubes synthesis by Fenton's reagent method and their potential application for removal of azo dye from aqueous solution. *Journal of colloid and interface science*. 2012; 378(1):175-83.
- [45]. Zhang WX, Lai L, Mei P, Li Y, Li YH, Liu Y. Enhanced removal efficiency of acid red 18 from aqueous solution using wheat bran modified by multiple quaternary ammonium salts. *Chemical Physics Letters*. 2018; 16; 710:193-201.
- [46]. Malakootian M, Mahdizadeh H, Khavari M, Nasiri A, Gharaghani MA, Khatami M, Sahle-Demessie E, Varma RS. Efficiency of novel Fe/charcoal/ultrasonic micro-electrolysis strategy in the removal of Acid Red 18 from aqueous solutions. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2019 ; 17:103553.
- [47]. Chen Y, Long W, Xu H. Efficient removal of Acid Red 18 from aqueous solution by in-situ polymerization of polypyrrole - chitosan composites. *Journal of Molecular Liquids*. 2019; 287:110888.
- [48]. Samarghandi M R, Izadi D, Noori Sepehr M, Zarrabi M. Adsorption of Acid Red 18 by Activated Carbon Prepared from Cedar Tree: Kinetic and Equilibrium Study. *aumj*. 2012; 1 (4):226-235.
- [49]. Mirzaei N, Ghaffari HR, Sharafi K, Velayati A, Hoseindoost G, Rezaei S, Mahvi AH, Azari A, Dindarloo K. Modified natural zeolite using ammonium quaternary based material for Acid red 18 removals from aqueous solution. *Journal of environmental chemical engineering*. 2017; 5(4):3151-60. (Persian).
- [50]. Mahvi AH, Heibati B. Removal efficiency of azo dyes from textile effluent using activated carbon made from walnut wood and determination of isotherms of acid red18. *Journal of Health*. 2010;1(3):7-15.
- [51]. Samarghandi M R, Rahmani A R, Shokoohi R, Berizi Z. Performance Evaluation of Magnetite Nanoparticles Modified with Sodium Alginate for the Removal of Acid Red 18 Dye from Aqueous Solutions. *jehe*. 2014; 1 (2):104-114.

Acid Red 18 removal via extracted carbon from crude carrot meal modified with Nano magnetized particles in rotary reactor system

Roya Moradi¹, Morteza Kashf Alasl^{2*}, Reza Marandi³, Esmaeil Salahi⁴,
Shahram Moradi Dehagfhi⁵

- [1]. PhD Student in Environmental Pollution, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Iran.
- [2]. Associate Professor Department of Environmental Pollution, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran, Iran.
- [3]. Associate Professor, Department of Environmental Pollution, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Iran
- [4]. Full Professor, (Materials Science and Engineering) Materials and Energy Research Center (MERC), Iran
- [5]. Associate Professor Applied Chemistry Dept., Faculty of Chemistry, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Iran

Abstract

Introduction: Since removal of dyes causing cancer from colored wastewater before releasing into environment is very important therefore in this study the effective parameters in removal of dye AR 18 with a new organic adsorbent were investigated by combining the two methods (adsorbent) and chemical method (AOPS).

Materials and Methods: Firstly, a rotary reactor was made up then for each experiment 100mL of sample was exposed to UV ray, H₂O₂ and extracted carbon from carrot meal. In this study low power UV lamps and in a reactor with capacity of 1.5L were used. Properties of adsorbent were studied and illustrated via TEM, SEM, XRD. Effects of parameters such as pH, UV radiation contact time, concentration of dye and concentration of adsorbent were examined and optimum points of each parameter obtained. Inlet and outlet of dye concentration was measured by spectrophotometer. adsorption Equilibrium and adsorption kinetics with maximum adsorption capacity were measured accordingly.

Results: Physical properties of active magnetite carbon showed that Fe₃O₄ nanoparticles had average size of 22-90 nm with the BET of 480 m²/g. acid red dye 18 was removed with 99 % efficiency where adsorbent concentration: 1/5gr.L, dye concentration: 25 ppm, pH: 4 and contact time: 80 min. adsorption capacity: 126/98 mg/g and adsorption kinetics is in line with Pseudo-second-order model (R²=0/99, AR 18).

Conclusion: Results of this study showed that using extracted carbon from carrot meal together with UV radiation as a low cost adsorbent, Eco-friendly is significantly effective in dye removal via.

Received: 2019/10/20

Accepted: 2020/04/12

Keywords: Carrot, advanced Photo oxidation, Nano magnetized carbon, Fe₃O₄ and UV-LED