

سنتز نانو کامپوزیت SBA-15/ZIF-8 جهت حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از فاضلاب نساجی

Synthesis of SBA-15/ZIF-8 nanocomposite for removal of reactive red 198 from textile wastewater

مهدی صادقی^۱، حبیب اله طیبی^{۲*}، مجید مرادیان^۱، علی میرابی^۱

۱- قائم شهر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم شهر، گروه شیمی، صندوق پستی ۱۶۳

۲- قائم شهر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم شهر، گروه مهندسی نساجی و پوشاک، صندوق پستی ۱۶۳

چکیده

یکی از ترکیبات آلاینده آب مواد رنگزا می باشند که دارای کاربرد وسیعی در صنعت نساجی هستند. مهمترین ترکیب رنگزای مورد مصرف در صنعت نساجی رنگزای راکتیو می باشد. در این پژوهش ترکیب نانو کامپوزیت SBA-15/ZIF-8 سنتز و از آن به عنوان یک جاذب در حذف رنگزای راکتیو قرمز ۱۹۸ از محیط آبی استفاده شد. به منظور تایید ساختار جاذب سنتز شده از تکنیک‌هایی مانند تخلخل سنج BET و طیف سنج مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) استفاده شد. از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب برای تعیین مقدار رنگزا در محلول استفاده شد. عوامل تاثیرگذار در حذف رنگزا مانند، pH، مقدار جاذب، زمان تماس، دما و غلظت رنگزا مورد بررسی قرار گرفت که شرایط بهینه عبارت است از pH=۲، زمان تماس ۹۰ دقیقه، میزان جاذب ۰/۰۳ گرم و دمای فرایند ۲۵ درجه سانتی گراد تعیین گردید. در بررسی های بعمل آمده مشخص گردید که با افزایش دما میزان جذب کاهش یافته که این امر نشان دهنده گرمازا بودن فرایند جذب رنگزای راکتیو قرمز ۱۹۸ بر روی جاذب سنتز شده SBA-15/ZIF-8 می باشد.

۱- مقدمه

اصلی پساب صنایع نساجی، رنگی بودن آنها است که به دلیل استفاده از مواد رنگی در این صنایع می باشد. رنگ‌ها، ترکیبات آلی سنتتیک می‌باشند که شامل دو گروه اصلی رنگساز و رنگیار هستند و به طور وسیعی در صنایع نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۵]. تولیدات گسترده جهانی و استفاده از رنگ‌ها، مقدار زیاد پساب حاوی رنگ که باعث آلودگی و مشکلات زیست محیطی می شود را تولید می‌نمایند. بصورت تخمینی سالیانه ۲۸۰۰۰۰ تن پساب حاوی انواع رنگزاهای صنعتی به محیط زیست وارد می‌شود [۶]. برآوردها نشان می‌دهد که ۱۵-۲۰ درصد رنگ مصرفی در این صنایع وارد فاضلاب می‌شود. رنگ‌ها ترکیبات آروماتیکی هستند که نور را در طول موج ۳۵۰-۷۰۰ nm جذب می‌کنند. تخلیه پساب

آلودگی آب به دلیل تخلیه نامناسب فاضلاب شهری و صنعتی، وجود آلاینده های سمی و مدیریت نامناسب مواد زاید جامد، سلامتی بشر را به صورت جدی تحت تاثیر قرار می دهد. با توجه به حجم عظیم فاضلاب‌های تولیدی، تلاش برای دستیابی به نحوه دفع مناسب فاضلاب در محیط زیست ضروری است [۲ و ۱]. تخلیه پساب های رنگی صنایع مختلف مانند نساجی، کاغذ، چوب، آرایشی و بهداشتی، کشاورزی، پلاستیک و چرم، معضلات محیط زیستی شدیدی را به وجود می‌آورد. در بین صنایع نام برده، صنعت نساجی بیشترین مصرف را دارد و حجم زیادی فاضلاب با غلظت‌های بالای رنگ در گستره ۱۰-۲۰۰ mg/L تولید می‌کند [۴ و ۳]. مشخصه

کلمات کلیدی

حذف رنگزا،
رنگزای راکتیو قرمز ۱۹۸،
نانو کامپوزیت،
SBA-15/ZIF-8،
مطالعات جذب

* مسئول مکاتبات، پیام نگار: owliams@gmail.com

سختی صورت می گیرد. امروزه حذف مواد رنگ زا به روش جذب سطحی رایج است، زیرا ترکیبات رنگی موجود در فاضلاب، به سادگی به فاز جامد منتقل می شود؛ از طرفی، ماده جاذب مورد استفاده می تواند مجدداً احیا شده و در فرایند جذب، مورد استفاده قرار گیرد و یا اینکه پس از استفاده، در محلی خشک بدون تماس مستقیم با محیط، نگهداری شود. همچنین ثابت شده است که فرایند جذب به دلیل هزینه سرمایه گذاری حداقل، سهولت طراحی و بهره برداری و عدم حساسیت به ترکیبات سمی، یک راهکار تصفیه مطمئن می باشد، اما در عین حال استفاده از جاذب های گران قیمت، خود می تواند یک عامل محدودکننده محسوب شود. رنگ های راکتیو، یکی از پرکاربردترین رنگ های نساجی بوده و می توانند با سیستم ایمنی بدن واکنش دهند [۱۷-۱۴]. رنگ های راکتیو آزو بزرگترین دسته از رنگ های مصنوعی محلول در آب هستند که از نظر نوع و ساختار دارای بیشترین تنوع می باشند [۱۸]. سالانه در حدود ۵۰٪ از رنگ های تولیدی در جهان از نوع آزو می باشد [۱۹ و ۲۰]. مواد رنگزای گروه آزو دارای یک یا چند پیوند آزو (-N-N-) می باشند. ارزان بودن و سمیت کمتر از جمله مزایایی است که باعث می شود تا رنگ های گروه آزو به طور گسترده ای برای رنگرزی الیاف مورد استفاده قرار گیرد [۲۱ و ۲۲].

رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از جمله رنگ های گروه آزو مورد استفاده در صنایع دباغی، تولید کاغذ و صنعت نساجی است. بنابراین در مطالعه حاضر، جذب سطحی رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از فاضلاب نساجی، توسط نانو کامپوزیت اصلاح شده SBA-15/ZIF-8 (SBA-15) یک مزو حفره و ZIF یک بدنه زئولیتی ایمیدازولاتی، تحت تأثیر پارامترهایی از قبیل pH اولیه محلول، مقدار جاذب، زمان تماس و غلظت اولیه رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ مورد مطالعه قرار گرفت.

۲. مواد و روش ها

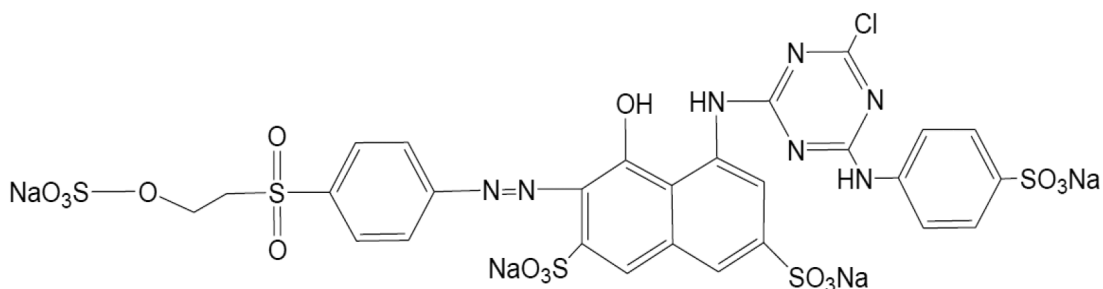
تمامی مواد شیمیایی و حلال های مورد استفاده در این تحقیق از شرکت مرک خریداری شد. به منظور اندازه گیری pH محلول ها از دستگاه PH متر ساخت شرکت JENWAY مدل ۳۵۱۰ و جهت ته نشینی نانو جاذب از یک سانتریفیوژ ساخت شرکت KOKUSAN مدل H-11n استفاده گردید. برای اندازه گیری جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸، از دستگاه اسپکتروفتومتر جذبی ساخت شرکت Jenway مدل ۶۵۵۰، جهت تعیین مساحت سطح از دستگاه آنالیز TPR/TPD BET (Quantachrome، Chem BET 300) ساخت کشور آمریکا، جهت همگن سازی مخلوط از دستگاه اولتراسونیک (Omni Ruptor 250 W) و جهت تعیین تثبیت لیگاند روی سطح SBA-15 (مزو حفره سیلیکایی) از دستگاه طیف بینی مادون قرمز (FT-IR) ساخت شرکت Shimadzu کشور ژاپن مدل ۴۱۰۰ استفاده شد.

راکتیو قرمز ۱۹۸، یک رنگ آنیونی با وزن مولکولی معادل ۹۶۸/۲۱ گرم بر مول و حداکثر جذب $\lambda_{max} = 530 \text{ nm}$ است. رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ ($C_{27}H_{18}C_1N_7Na_4O_{15}S_5$) مورد استفاده در این مطالعه، از نوع

حاوی مواد رنگی به محیط زیست و اکوسیستم های آبی علاوه بر آسیب رساندن به مناظر زیبای طبیعی، از نفوذ نور به داخل اعماق آب جلوگیری می کند و باعث مختل شدن فرآیند فتوسنتز و از بین رفتن گیاهان آبی می شود [۹-۷]. همچنین این مواد منجر به پدیده اتریفیکاسیون و تداخل در اکولوژی آب های پذیرنده شده و اثرات مخربی بر رشد موجودات آبی خواهد داشت. عمده ترین مواد رنگ زا دارای یک یا چند حلقه بنزنی هستند که به دلیل سمی بودن و دیر تجزیه بودن می توانند سرطان زا باشند و چنانچه بدون تصفیه وارد محیط شوند صدمات جبران ناپذیری به محیط زیست وارد می کنند. صنایع نساجی از جمله مصرف کنندگان عمده آب برای فرایندهای مختلف تولیدی می باشند و بنابراین این صنایع در زمره تولیدکنندگان عظیم فاضلاب های رنگی قرار دارند که در خروجی آنها، مقادیر زیادی رنگ های مصرف نشده سایر ترکیبات شیمیایی مشاهده می گردد [۱۰]. قسمت عمده پساب تولید شده در صنایع نساجی مربوط به مراحل شستشو، رنگ بری، رنگ زنی و مرحله پایانی است. با توجه به فرایندهای پیچیده و در میان بودن مواد و بافت های گسترده، این پساب دارای پیچیدگی شیمیایی و تنوع زیادی می باشد. به همین دلیل، روش های قدیمی و معمول در تصفیه خانه ها برای تصفیه این پساب ها کارایی لازم را ندارند.

عمده ترکیبات تشکیل دهنده ی پساب های نساجی رنگزها، ترکیبات آلی پایدار، مواد سمی، سورفکتانت ها، و فلزات سنگین هستند. رنگزها یکی از گروه های مهم آلاینده ها رنگ ها هستند که یک بار هم که وارد آب شوند، نمی توانند به خوبی تصفیه شوند و گاهی تصفیه آنها به دلیل منشا مصنوعی و ساختار مولکولی پیچیده ی آنها که باعث ماندگاری بیشتر و غیر قابل تجزیه کردن آنها شده است بسیار سخت خواهد بود [۱۱].

تصفیه نامناسب و دفع غیر اصولی فاضلاب های رنگی حاصل از صنایع نساجی، رنگرزی، چاپ و صنایع مرتبط، زمینه ساز بروز مشکلات و معضلات زیست محیطی فراوانی در سرتاسر جهان شده است [۱۲]. حذف رنگ از فاضلاب معمولاً با روش های فیزیکی (رسوب دهی، جذب سطحی، فیلتراسیون و اسمز معکوس)، شیمیایی (اکسیداسیون، فوتوکاتالیست، اوزون زنی، الکترولیز و آب اکسیژنه) و بیولوژیکی (آنزیمی و میکروبی) انجام می پذیرد [۱۳]. کارآمدترین روش، جهت حذف رنگ های سنتتیک از پساب های صنعتی، فرایند جذب سطحی می باشد. جذب سطحی به فرآیندی گفته می شود که در آن ماده ای که در فاز مایع و یا گاز حل شده، جذب سطح یک جامد می شود. امروزه به طور معمول، فرایند جذب سطحی را به دو نوع فیزیکی و شیمیایی طبقه بندی می کنند. اگر جذب بین جامد جاذب و مولکول های جذب شده ماهیت فیزیکی داشته باشد، آن را جذب سطحی فیزیکی گویند. به طور کلی در فرایند جذب سطحی فیزیکی، نیروی جاذبه بین مولکول های جذب شده و سطح جامد، از نوع واندروالس می باشند که نیروی ضعیفی بوده، در نتیجه برای آن ها حالت معکوس جذب، یعنی دفع نیز می تواند اتفاق بیفتد؛ از طرف دیگر، اگر نیروی جذب بین جاذب و مولکول های جذب شونده از نوع پیوندهای شیمیایی باشد، نوع جذب را شیمیایی می نامند. در حالت جذب شیمیایی، جداسازی مولکول های جذب شده از جاذب به



شکل ۱- ساختار شیمیایی رنگزای راکتیو قرمز ۱۹۸

شستشو داده تا pH آن خنثی شود، سپس به مدت ۵ ساعت در کوره الکتریکی با دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد. مراحل تهیه SBA-15 در شکل ۲ نشان داده شده است [۲۳].

۲-۲- روش تهیه ZIF-8/SBA-15

برای تهیه نانو کامپوزیت، در ابتدا ۴/۵۳ گرم $Zn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ در ۳۷/۵ میلی لیتر آب مقطر حل (محلول اول) و سپس ۵/۶۹۳ گرم ۲-متیل آمیدازول به طور کامل در ۴۰ میلی لیتر آب مقطر توسط اولتراسونیک حل شد (محلول دوم). محلول اول به محلول دوم اضافه و به مدت ۱۵ دقیقه هم زده شد که یک محلول سفید شیری بدست آمد. جداسازی با سانتریفیوژ در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه انجام و محصول نهایی شسته و در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد خشک شد.

۲-۳- روش کلی حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸

۱۰۰ میلی لیتر محلول رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ با غلظت‌های ۲۰-۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در داخل ارلن مایر ریخته و سپس میزان ۰/۷-۱/۰ گرم نانو کامپوزیت به آن افزوده و به مدت زمان ۱۲۰-۵ دقیقه تحت اختلاط قرار گرفت. در مرحله بعد عمل سانتریفیوژ به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور بر دقیقه انجام شد و در نهایت جذب محلول جدا شده با دستگاه اسپکتروفتومتر مرئی در طول موج ماکزیمم ۵۳۰ nm خوانده شد. برای تعیین میزان حذف رنگ و میزان رنگزای جذب شده از روابط ۱ و ۲ استفاده شد [۲۴].

$$R\% = \frac{C_1 - C_2}{C_1} * 100 \quad (1)$$

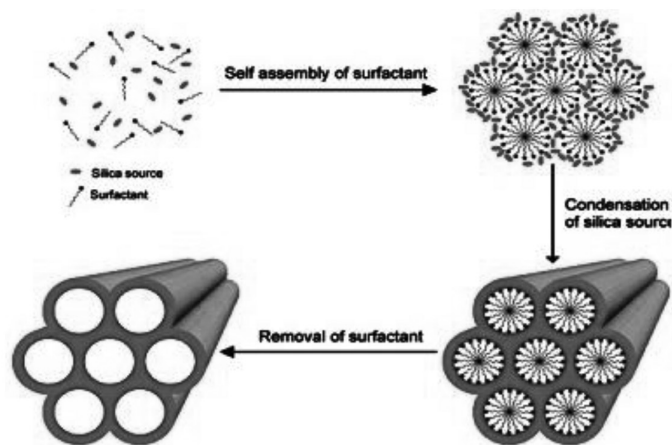
$$q_e = \frac{(C_1 - C_2) * V}{W} \quad (2)$$

که در این روابط C_1 ، C_2 ، %R، V، W و q_e به ترتیب غلظت اولیه و نهایی رنگزا بر حسب میلی گرم بر لیتر، درصد حذف رنگ، حجم بر حسب لیتر، جرم جاذب بر حسب گرم و میزان رنگزای جذب شده بر حسب میلی گرم بر گرم می باشند.

آزمایشگاهی و ساخت کارخانه مرک آلمان بود. فرمول شیمیایی این ترکیب در شکل ۱ نشان داده شده است. برای انجام فرایند جذب، محلول‌های رنگی با غلظت‌هایی در گستره ۲۰-۲۰۰ میلی گرم در لیتر، از طریق ترقیق محلول استوک رنگ (۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر) با آب مقطر تهیه شد.

۲-۱- روش تهیه SBA-15

برای تهیه نانو حفره، ۳۷۵/۶ میلی لیتر آب مقطر به همراه ۷۴/۴ میلی لیتر هیدروکلریک اسید غلیظ و ۱۲/۵ گرم از P123 (سورفکتانت کویلیمری متقارن) را درون بالن ته گردی ریخته و بر روی هیتری که به مدت ۲ ساعت در حمام روغن پارافین در دمای ۴۲ درجه سانتی گراد باقی مانده بود قرار داده و تا شکل گیری کامل ذرات، مواد داخل ظرف توسط یک همزن یکنواخت شد. بعد از حل شدن کامل P123، ۱۲/۵ گرم KCl و ۳۱/۵ گرم TEOS (تترا اتیل ارتو سیلیکا) به محلول اولیه اضافه و به مدت ۸ دقیقه زمان داده شد تا TEOS کاملاً حل شود. بعد از خارج کردن مگنت، محلول به مدت ۲۴ ساعت در این شرایط در حمام روغن قرار گرفته و بعد از این زمان ظرف محلول را به حمام روغن جدیدی که با دمای ۱۳۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت در این دما تنظیم شده بود انتقال داده و مجدداً ۲۴ ساعت به حال خود رها کرده سپس با استفاده از یک ارلن تخلیه و صافی با مش ۴ و پمپ خلاء، محلول را از صافی عبور داده و با آب مقطر چندین بار جاذب را



شکل ۲. مکانیزم کلی سنتز نانوحفرات SBA-15 در حضور عوامل فعال سطحی

جدول ۱. نتایج آنالیز تکنیک BET برای ZIF-8، SBA-15 و ZIF-8/SBA-15

نمونه	مساحت سطح ویژه (BET) (m ² g ⁻¹)	میانگین پهنای حفره (BJH) (nm)	حجم حفره (BJH)(cm ³ /g)
ZIF-8	۱۱۲۰	۲/۱	۰/۶۲
SBA-15	۷۱۲	۸/۲	۰/۹۸
ZIF-8/SBA-15	۷۸۰	۵/۶	۰/۶۸

۳. یافته ها

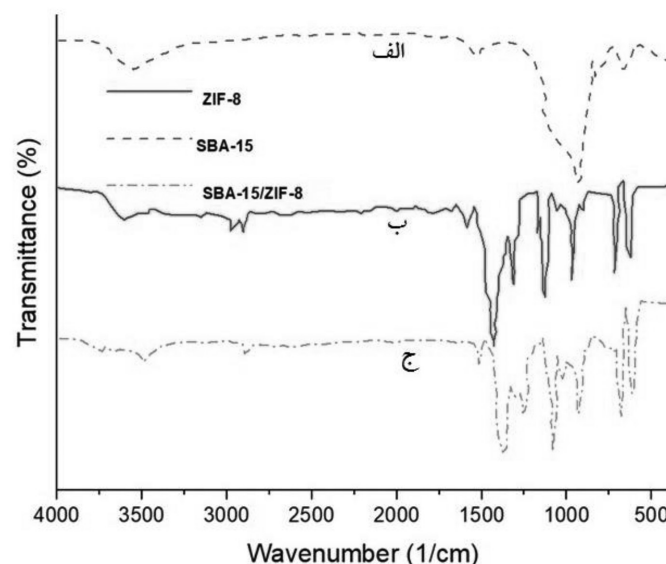
۳-۱- تعیین مساحت سطح جاذب توسط تکنیک BET

روش BET می تواند به آنالیز تعیین سطح ویژه، قطر، حجم و توزیع سایز حفره ها (تخلخل سنجی) بپردازد. هر چه ماده از مساحت سطح بیشتری برخوردار باشد در نهایت نتیجه بهتری حاصل می گردد. این جاذب بر اساس داده های تکنیک BET که در جدول ۱ ذکر شده است، دارای مساحت سطح ۷۸۰ مترمربع بر گرم است که نشان دهنده سطح زیاد آن می باشد و همچنین میانگین پهنای حفرات آن ۵/۶ نانومتر است که ثابت می کند، اندازه حفرات در مقیاس نانو است.

۳-۲- آنالیز جاذب توسط طیف بینی مادون قرمز تبدیل فوریه

همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، SBA-15 اصلاح شده با ZIF-8 توسط تکنیک FTIR بین اعداد موجی cm⁻¹ ۴۰۰۰ تا ۴۰۰ تجزیه و تحلیل شد. طیف SBA-15 پیوندهای خاصی را در مورد سیلیس و آب جذب شده در cm⁻¹ ۳۴۵۰ در ارتباط با ارتعاشات کششی O-H آب و پیوند هیدروژنی گروه های سیلانول نشان داد. یک قله در cm⁻¹ ۴۶۴ مربوط به ارتعاشات خمشی Si-O-Si بود. علاوه بر این، جذب پهنای باند در محدوده cm⁻¹ ۱۰۹۰ با ارتعاشات کششی Si-O نامتقارن در سیلوکسان و ارتعاشات خمشی O-H در cm⁻¹ ۱۶۵۰ است. همانطور که در نمودار ZIF-8 مشخص است، ZIF-8 و SBA-15/ZIF-8 طیف مشابهی را نشان دادند. در فرکانس های بالاتر ZIF-8 سه نوار جذبی نشان داده شد.

اولی یک قله وسیع بین ۳۵۰۰ تا ۳۲۰۰ cm⁻¹ است که مربوط به کشش



شکل ۳. طیف FT-IR از نمونه: الف) SBA-15، ب) ZIF-8، ج) SBA-15/ZIF-8

پیوند NH است، و دو نوار دیگر قله های کوچکی بودند که در محدوده cm⁻¹ ۱۳۵ قرار داشتند، که می تواند به حالت های ارتعاشی امیدازول CH کشیده شود. نوارهای جذبی در cm⁻¹ ۱۵۹۰ و cm⁻¹ ۲۸۵۰-۳۰۰۰ می تواند به دلیل حالت های کششی C=N باشد. چندین نوار طیفی در محدوده cm⁻¹ ۱۳۵۰ تا ۹۰۰ مشاهده شد که می تواند به خم شدن داخل صفحه حلقه نسبت داده شود. در نهایت، یک باند قوی در cm⁻¹ ۴۲۱ مشاهده شد که مربوط به کشش Zn-N است زیرا اتم های Zn در ساختار ZIF-8 در طول تشکیل ZIF-8 به اتم های نیتروژن پیوند دهنده ۲-متیل امیدازول متصل می شوند. در مقایسه طیف های بدست آمده برای ZIF-8 با SBA-15، مشخص شد که طیف های دو نمونه شباهت های بسیار بالایی را نشان می دهند. با این حال، در مورد ZIF-8/SBA-15، شدت و وضوح قله ها کاهش یافت.

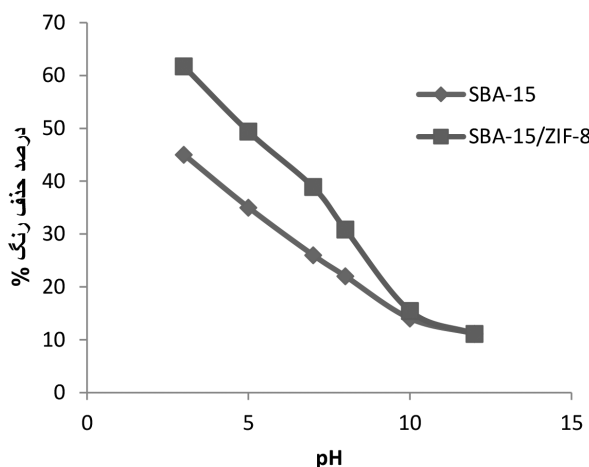
۳-۳- بهینه سازی پارامترهای حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸

بررسی اثر pH بر فرآیند جذب

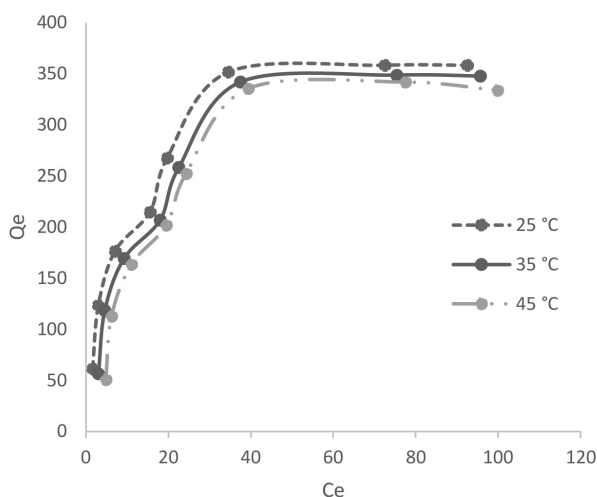
برای تعیین pH بهینه جهت دست یافتن به ماکزیمم درصد حذف رنگ مقادیر pH، ۲ تا ۱۲ مورد بررسی قرار گرفت، همان طور که در شکل ۴ نشان داده شده، بیشترین میزان درصد حذف رنگ در pH=۴ مشاهده شد. بنابراین، pH=۴ جهت حذف رنگ انتخاب گردید. در محیط اسیدی جاذب پروتونه شده و رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ آنیونی بر اساس جاذبه الکترواستاتیکی روی آن می نشیند و باعث افزایش درصد حذف می شود و برعکس در محیط قلیایی بعلت جذب سطحی هیدروکسید روی جاذب، بار آن منفی شده و رنگ آنیونی را دفع می کند و به همین دلیل در محیط قلیایی درصد حذف کاهش می یابد [۲۵]. در مقایسه بین دو جاذب سنتز شده، کامپوزیت SBA-15/ZIF-8 بدلیل دارا بودن سطح موثر بالاتر در جذب رنگ موثرتر بوده است.

بررسی مقدار جاذب بر فرآیند جذب

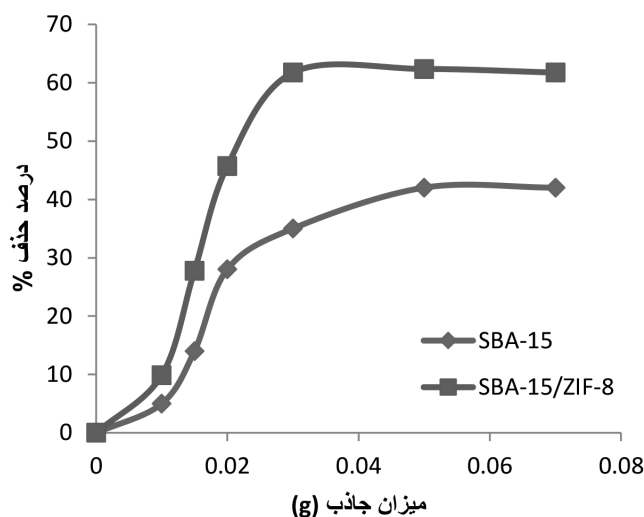
مقدار جاذب بر میزان درصد حذف رنگ تاثیر دارد، بنابراین جهت دست یافتن به ماکزیمم درصد حذف رنگ مقادیر بین ۰/۱ تا ۰/۷ گرم جاذب



شکل ۴. نمودار بررسی اثر pH محلول جهت حذف رنگ



شکل ۷. تاثیر غلظت رنگزای راکتیو قرمز ۱۹۸ بر میزان جذب رنگزا



شکل ۵. نمودار بررسی اثر مقدار جاذب جهت حذف رنگ

میرسد. بمنظور بررسی اثر دما بر فرآیند رنگزدایی، آزمایشها در دماهای ۲۵-۴۵ درجه سانتیگراد انجام گردید. تغییرات درجه حرارت با تغییر فعل و انفعالات مولکولی و حلالیت بر روی نرخ جذب تاثیر گذار می‌باشد. نمودار ۵ نشان میدهد که افزایش درجه حرارت با توجه به ماهیت گرمازا بودن فرآیند جذب سطحی، موجب کاهش میزان جذب رنگزا گردیده‌است.

بررسی تاثیر غلظت رنگ

برای بررسی تاثیر غلظت رنگ بر حذف رنگزای راکتیو قرمز ۱۹۸، مطالعات جذب در غلظت‌های مختلفی از جذب شونده (رنگزای راکتیو قرمز ۱۹۸) انجام شد. همانطور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود با افزایش غلظت رنگ از ۲۰ ppm تا ۱۴۰ ppm میزان جذب با شیب تندی افزایش می‌یابد این در حالی است که با افزایش این میزان از غلظت ۱۴۰ ppm میزان جذب متوقف می‌شود. این امر می‌تواند بدلیل اشباع گروه‌های عاملی سطحی برای جذب رنگ و جذب تک لایه ای باشد. این بررسی‌ها در دماهای ۲۵-۴۵ درجه سانتیگراد انجام گردید. همانطور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود با افزایش دما میزان جذب کاهش می‌یابد که این امر بدلیل گرمازا بودن فرآیند جذب رنگزای راکتیو قرمز ۱۹۸ بر روی نانوکامپوزیت سنتز شده می‌باشد.

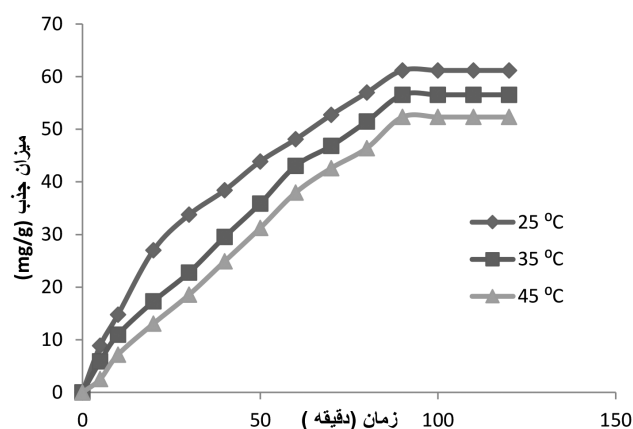
۴. نتیجه گیری

در این مطالعه، نانوکامپوزیت SBA-15/ZIF-8 سنتز و از آن برای حذف رنگزای راکتیو قرمز ۱۹۸ از محیط‌های آبی استفاده شد. در مقایسه بین SBA-15 و نانوکامپوزیت تهیه شده SBA-15/ZIF-8، مشخص گردید که با ترکیب شده SBA-15 با ZIF-8 سطح موثر افزایش یافته که این امر موجب افزایش جذب رنگزای راکتیو قرمز ۱۹۸ از محیط‌های آبی گردید. شایان ذکر است افزایش سطح موثر نانو کامپوزیت سنتز شده SBA-15/

در غلظت رنگ ۲۰ میلی گرم در لیتر مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به شکل ۵ بیشترین درصد حذف در ۰/۰۳ گرم جاذب کامپوزیت SBA-15/ZIF-8 و ۰/۰۵ گرم SBA-15 می‌باشد و در مقادیر کمتر جاذب، به دلیل کاهش مکان‌های جذب، درصد حذف رنگ کاهش می‌یابد. بنابراین مقدار ۰/۰۳ گرم به عنوان گرم بهینه جاذب اصلاح شده برای آزمایشات بعدی انتخاب شد. در مقایسه بین دو جاذب سنتز شده میتوان دریافت که با کامپوزیت شدن SBA-15 با ZIF-8 سطح موثر افزایش یافته که بواسطه این تغییر میزان جذب رنگ افزایش یافته است بگونه‌ای که در میزان جاذب کمتر به بیشترین میزان جذب دست یافته شد.

بررسی زمان تماس و دما بر فرآیند جذب

ظرفیت جذب و راندمان رنگزدایی توسط جاذب با زمان تماس رابطه مستقیم دارد (نمودار ۵). نتایج نشان داده شده در شکل ۶ بیانگر این است که حذف مقدار قابل توجهی از مواد رنگزای آنیونی در ۹۰ دقیقه ابتدایی فرآیند رخ میدهد و پس از آن راندمان رنگزدایی تقریباً به مقدار ثابتی



شکل ۶: تاثیر زمان بر میزان جذب رنگزای راکتیو قرمز ۱۹۸ با استفاده از جاذب سنتز شده

دقیقه، دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و غلظت رنگزای ۱۴۰ میلی گرم بر گرم بود. در بررسی های بعمل آمده مشخص گردید که با افزایش دما میزان جذب کاهش یافته که این امر نشان دهنده گرمازا بودن فرایند جذب رنگزای راکتیو قرمز ۱۹۸ بر روی جاذب سنتر شده SBA-15/ZIF-8 می باشد.

ZIF-8 در مقایسه با SBA-15 در تست BET مشاهده گردید. در بررسی پارامترهای موثر بر جذب رنگزای راکتیو ۱۹۸ بر روی SBA-15/ZIF-8 اثر pH، میزان جاذب، زمان تماس، دما و غلظت رنگزا مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان دهنده کارامدی جاذب سنتر شده بوده و بهترین حالت جذب در pH=۲، میزان جاذب ۰/۰۳ گرم، زمان تماس ۹۰

منابع

- on hexagonal mesoporous silicate (HMS) modified by oak gall tannin and its photocatalytic performance in degradation of azo dye, *Adv Powder Technol.*, 27(4), 1047-1055, 2016
- Shafiabadi, M., Dashti, A., Tayebi, H. A., Removal of Hg (II) from aqueous solution using polypyrrole/SBA-15 nanocomposite: Experimental and modeling, *Synth. Met.*, 212, 154-160, 2016
 - Tayebi, H. A., Ghanei, M., Aghajani, K., Zohrevandi, M., Modeling of reactive orange 16 dye removal from aqueous media by mesoporous silica/ crosslinked polymer hybrid using RBF, MLP and GMDH neural network models, *J. Mol. Struct.*, 1178, 514-523, 2019
 - Mirzaie, M., Rashidi, A., Tayebi, H. A., Yazdanshenas, M. E., Optimized Removal of Acid Blue 62 from Textile Waste Water by SBA-15/PAMAM Dendrimer Hybrid Using Response Surface Methodology, *J Polym Environ.*, 26(5), 1831-1843, 2018
 - Aghajani, K., H. A. Tayebi, H. A., Synthesis of SBA-15/PAni mesoporous composite for adsorption of reactive dye from aqueous media: RBF and MLP networks predicting models, *Fiber Polym.*, 18(3), 465-475, 2017
 - Mirzaie, M., Rashidi, A., Tayebi, H. A., Yazdanshenas, M. E., Removal of Anionic Dye from Aqueous Media by Adsorption onto SBA-15/Polyamidoamine Dendrimer Hybrid: Adsorption Equilibrium and Kinetics, *J. Chem. Eng. Data.*, 62(4), 1365-1376, 2017
 - Ghorbani, H. R., Hoseinpour Kasgari, A., Production of Nanocomposite Film Based on Epoxy Resin, *J. text. sci. technol.*, 9, 5-16, 2020
 - Abadi, Z, K., Nourbakhsh, S., Montazer, M., Zinc Oxide Nanoparticles Treated Polyester Fabric in Calcium Hydroxide Media, *J. text. sci. technol.*, 5, 21-30, 2015
 - Nazari, A., Davodi-Roknabadi, A., Structural Equations Analysis and Design of Polyimide 6,6 Fabrics Multi functional Properties Finished with Silver Nanoparticles and Bu-
 - Ghaharpour, M., Rashidi, A., Tayebi, H., Adsorption Behavior of Disperse Orange 30 on Polyester Fabric, *World Appl. Sci. J.*, 14, 1291-1295, 2011
 - Tayebi, H. A., Dalirandeh, Z., Shokuhi Rad, A., Mirabi, A., Binaeian, E., Synthesis of polyaniline/Fe₃O₄ magnetic nanoparticles for removal of reactive red 198 from textile waste water: kinetic, isotherm, and thermodynamic studies, *Desalin Water Treat.*, 57, 2255-2268, 2016
 - [3] Tayebi, H. A., Using RBF and MLP models in predicting Reactive Red 198 removal from aqueous solution by SBA-15/CTAB composite, *Desalin Water Treat.*, 66, 263-273, 2017
 - M. Ghanei, A. Rashidi, H. A. Tayebi, M. E. Yazdanshenas, H. Rezaiejad, Adsorption of acid Blue 25 dye by CPAA coated on SBA-15 in aqueous solution: A density functional theory study, *Synth. Met.*, 269, 116568, 2020
 - Zareyee, D., Tayebi, H. A., Javadi, S. H., Preparation of polyaniline/activated carbon composite for removal of reactive red 198 from aqueous solution, *Iran. J. Org. Chem.*, 4, 799-802, 2012
 - Javadian, H., Ghorbani, F., Tayebi, H. A., Asl, S. H., Study of the adsorption of Cd (II) from aqueous solution using zeolite-based geopolymer, synthesized from coal fly ash; kinetic, isotherm and thermodynamic studies, *Arab. J. Chem.*, 8(6), 837-849, 2015
 - Shabandokht, M., Binaeian, E., Tayebi, H. A., Adsorption of food dye Acid red 18 onto polyaniline-modified rice husk composite: isotherm and kinetic analysis, *Desalin Water Treat.*, 57(57), 27638, 2016
 - Binaeian, E., Tayebi, H. A., Rad, A. S., Payab, M., Surface modification of mesoporous silicate by tannin for immobilization of TiO₂ nanoparticles: Study of photocatalytic performance, *Mater. Chem. Phys.*, 185, 14-23, 2017
 - Binaeian, E., Seghatoleslami, N., Chaichi, M. J., Tayebi, H. A., Preparation of titanium dioxide nanoparticles supported

- posites, PPy/MCM-41 and PANi/MCM-41: Isotherm, thermodynamic and kinetic studies, *J Macromol Sci A.*, 55(3), 269-279, 2018
22. Tayebi, H. A., Yazdanshenas, M. E., Rashidi, A., Khajavi, R., Montazer, M., The Isotherms, Kinetics, and Thermodynamics of Acid Dye on Nylon6 with Different Amounts of Titania and Fiber Cross Sectional Shape, *J Eng Fiber Fabr.*, 10(1), 155-167, 2015
23. Mirzaie, M., Rashidi, A., Tayebi, H. A., Yazdanshenas, M. E., Adsorption of Acid Dyes on Modified Mesoporous SBA-15: Comparison of Two Dyes, *Phys. Chem. Res.*, 6(3), 565, 2018
24. Tayebi, H. A., Synthesis of polyaniline/nanosilica nanocomposite for removal of reactive orange 16 from aqueous solutions, *Iran. J. Org. Chem.*, 8, 1737-1744, 2016
25. Akbartabar, I., Yazdanshenas, M. E., Tayebi, H. A., Nasirizadeh, N., Investigation of Acid Blue 62 dye adsorption using SBA-15/ Polyaniline mesoporous nanocomposite: Kinetic and Thermodynamic study, *Iran. J. Health Sci.*, 5, 17-34, 2017
- tane tetra carboxylic acid using Mediatory Property of Hydrophilicity, *J. text. sci. technol.*, 34, 5-19, 2020
18. Torabinejad, A., Nasirizadeh, N., Yazdanshenas, M. E., Tayebi, H. A., Synthesize and characterization of Aminosilane functionalized MCM-41 for removal of anionic dye: Kinetic and thermodynamic study, *Int J Nano Dimens.*, 7(4), 295-307, 2016
19. Aghajani, K., Tayebi, H. A., Adaptive Neuro-Fuzzy Inference system analysis on adsorption studies of Reactive Red 198 from aqueous solution by SBA-15/CTAB composite, *Spectrochim. Acta A Mol. Biomol. Spectrosc.*, 171, 439-448, 2017
20. Ghanei, M., Rashidi, A., Tayebi, H. A., Yazdanshenas, M. E., Removal of Acid Blue 25 from Aqueous Media by Magnetic-SBA-15/CPAA Super Adsorbent: Adsorption Isotherm, Kinetic, and Thermodynamic Studies, *J. Chem. Eng. Data.*, 63(9), 3592-3605, 2018
21. Binaeian, E., Tayebi, H. A., Shokuhi Rad, A., Afrashteh, A., Adsorption of acid blue on synthesized polymeric nanocom-

Synthesis of SBA-15/ZIF-8 nanocomposite for removal of reactive red 198 from textile wastewater

Mehdi Sadeghi¹, Habib-Allah Tayebi^{2,*}, Majid Moradian¹, Ali Mirabi¹

1-Department of Chemistry, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran

2-Department of textile and Apparel engineering, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran

Abstract

Reactive dyes are widely used in the textile industry and they pollute water after the textile coloration and washing. In this study, SBA-15/ZIF-8 nanocomposite was synthesized and used for the removal of C.I. Reactive Red 198 (RR198) from an aqueous solution. The nanocomposite was characterized by Brunauer-Emmett-Teller (BET) surface area analysis and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). UV-Vis spectrophotometer was used to determine the amount of remaining dye in the solution. The effect of different experimental parameters (e.g., pH, adsorbent dosage, contact time, initial dye concentration, and temperature) on the adsorption of RR198 on SBA-15/ZIF-8 nanocomposite was studied. The optimum adsorption conditions were found at the adsorbent dosage of 0.03 g, pH 2 at 25 °C for 60 min. The adsorption of RR198 on the adsorbent was decreased by increasing temperature which shows the exothermic nature of the adsorption process.

Keywords

Dye Adsorption,
Reactive Red 198,
Nanocomposite,
SBA-15/ZIF-8,
Adsorption Studies

(* Address Correspondence to H. Tayebi, E-mail: tayebi_h@yahoo.com