

بررسی راندمان حذف رنگ اسید سبز ۲۰ با استفاده از دو جاذب نانوزئولیت کلینوپتیلولیت و نانوزئولیت اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن در سیستم ناپیوسته

زهرا میرفردی

دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز- ایران

چکیده

رنگ‌ها یکی از مهم‌ترین منابع تولید آلاینده‌های آب به شمار می‌روند که ورود آن‌ها به آب کیفیت آب را به مقدار زیادی کاهش می‌دهد. حذف مواد رنگی از پساب‌های صنایع مصرف‌کننده‌ی رنگ‌ها به دلیل سمیت این مواد و اثرات نامطلوب آن‌ها بر آب‌های دریافت‌کننده پساب بسیار حائز اهمیت است. بدین منظور این مقاله با هدف بررسی راندمان حذف رنگ اسید سبز ۲۰ با استفاده از دو جاذب نانوزئولیت کلینوپتیلولیت و نانوزئولیت اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن در سیستم ناپیوسته انجام شد. در این تحقیق محلول آبی با غلظت اولیه رنگ اسید سبز ۲۰ (۱۸۰-۶۰ میلی‌گرم بر لیتر) تهیه و سطح مختلف pH (۲-۱۲)، جرم مختلف جاذب‌ها (۱۰-۳ گرم بر لیتر) طی فرایند جذب و به‌صورت ناپیوسته مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که اسید سبز ۲۰ در طول موج ۶۴۰ نانومتر دارای ماکزیمم مقدار جذب در طیف‌سنج مرئی فرابنفش می‌باشد. همچنین نانوزئولیت اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن به دلیل یکنواختی حفره‌ها و افزایش سطح جاذب، راندمان حذف رنگ اسید سبز ۲۰ بیشتری نسبت به نانوزئولیت کلینوپتیلولیت در سیستم ناپیوسته داشته است.

واژه‌های کلیدی: نانوزئولیت کلینوپتیلولیت، نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن، اسید سبز ۲۰.

مقدمه

امروزه حفاظت از محیط زیست و به ویژه حفظ محیط آبی امری بسیار مهم است. پیشرفت چشمگیر صنایع مختلف به دنبال آن تولید فاضلاب‌ها که عموماً از سمیت و پایداری بالایی برخوردار هستند باعث اثرات زیانبار زیست محیطی، بهداشتی و اقتصادی زیادی می‌شود [۱].

مواد رنگزای شیمیایی بخش بزرگی از ترکیب‌های آلی هستند که باعث ایجاد آلودگی در آب‌ها می‌گردند که به صورت صنعتی و خانگی مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از عوامل اصلی آلودگی محیط، مدیریت نامناسب آب‌های صنعتی می‌باشد [۲]. یکی از عمده‌ترین صنایع آلاینده محیط زیست پساب‌های صنعتی هستند [۳].

بسیاری از صنایع از جمله پساب حاصل از صنایع چرم، چاپ، پلاستیک، کاغذ، صنایع غذایی، آرایشی و صنایعی از این قبیل برای رنگ کردن محصولات خود از مواد رنگزا استفاده می‌کنند و در نتیجه پساب‌های خروجی این صنایع حاوی مواد رنگی صنعتی می‌باشد [۴].

رنگ‌ها یکی از مهم‌ترین منابع تولید آلاینده‌های آب به شمار می‌روند که ورود آن‌ها به آب کیفیت آب را به مقدار زیادی کاهش می‌دهد. حذف مواد رنگی از پساب‌های صنایع مصرف‌کننده رنگ‌ها به دلیل سمیت این مواد و اثرات نامطلوب آن‌ها بر آب‌های دریافت‌کننده پساب بسیار حائز اهمیت است [۲].

رنگ‌ها به دلایلی از قبیل کاهش نفوذ نور، تأثیرگذاری بر کیفیت آب آشامیدنی، ایجاد حساسیت و تحریک پوست، جهش‌های ژنتیکی، اختلال در روند فتوسنتز و سرطان‌زایی از آلاینده‌های مهم پساب به شمار می‌آیند [۵]؛ و همچنین می‌تواند برای گونه‌های آبی سمی باشد [۶].

عوامل مختلفی در پساب‌های صنعتی تولیدکننده رنگ می‌باشند و ممکن است منابع مختلفی برای ایجاد رنگ و آلودگی در هر پساب صنعتی وجود داشته باشد؛ اما برای استفاده از آب در کاربردهای عمومی و صنعتی، باید رنگ آن به میزان قابل قبولی کاهش یابد [۷]. رنگ‌ها از نظر کاربرد به ۷ دسته اسیدی، بازی، مستقیم، دیسپرس، راکتیو، سولفور و خمرهای تقسیم بندی می‌شوند [۸].

رنگ‌های اسیدی ترکیبات آلی با ساختار شیمیایی پیچیده هستند که تصفیه آن‌ها دشوار و پرهزینه است. رنگ اسید سبز ۲۰ جزء رنگ‌های آزو بوده و قابل تجزیه زیستی نمی‌باشد. این رنگ‌ها به دلیل پایداری زیاد در برابر نور، تبخیر و توانایی شستشوی دوباره به طور چشمگیری در صنایع مختلف مانند نساجی و چاپ استفاده می‌شود [۹]. روش‌های مختلفی از جمله انعقاد، اکسایش، فرایند جداسازی غشایی، الکتروشیمیایی، جذب سطحی و غیره برای حذف رنگ از پساب وجود دارد ولی جذب سطحی به دلیل هزینه پایین، سادگی طراحی، سهولت عمل و عدم حساسیت به ترکیبات سمی یک فرایند کارآمد و مؤثر است [۱۰].

همچنین فرایند جذب با مواد طبیعی سازگار با محیط‌زیست می‌تواند جایگزین مناسب برای حذف رنگ باشد [۶]. برای حذف رنگ از پساب جاذبه‌ای گوناگونی مانند کربن فعال، بسپارها، ژئولیت و غیره استفاده شده است [۲]. در این بین ژئولیت‌های طبیعی به دلیل هزینه پایین، قابلیت دسترسی آسان و فراوان بودن [۱۱]؛ و امکان استفاده مجدد با حفظ خواص اولیه مورد توجه قرار گرفته‌اند [۱].

همچنین به دلیل توانایی بالای آن برای مبادله یون ها به عنوان جاذب خوب شناخته شده است. ژئولیت ها جامدات بلورین متخلخل با ساختارهای سه بعدی هستند، خواص فیزیکی و شیمیایی ژئولیت در بسیاری از کاربردهای صنعتی اهمیت دارد [۱۲].

کلینوپتیلولیت یک ژئولیت طبیعی با فرمول شیمیایی $(K, Na)Si_3O_7Al_2OH_2 \cdot nH_2O$ می باشد. در کشور ایران معادن ژئولیت کلینوپتیلولیت به وفور وجود دارد و امکان تهیه آن آسان و ارزان می باشد [۱۳].

استفاده از فناوری هایی که هزینه بهره برداری و سرمایه گذاری کم با اندازه بسیار کوچک اما دارای ظرفیت بسیار بالایی می باشند یکی از راه حل های اساسی جهت جلوگیری از نواقص روش های معمول جهت حذف رنگ می باشد.

تکنولوژی نانو فرآیندی می باشد که نقش مهمی را در جلوگیری از آلودگی، اندازه گیری، شناسایی و تصفیه آلاینده ها ایفا می کند. گزارش های بسیاری در مورد استفاده از تکنولوژی نانو جهت فرآیند تصفیه و حذف آلاینده ها از محیط زیست وجود دارد. اخیراً استفاده از ذرات در مقیاس نانو برای حذف آلاینده ها مقبولیت زیادی پیدا کرده است.

ذرات نانو به دلیل داشتن سطح مقطع زیاد، اندازه کوچک، شکل کریستالی و نظم شبکه ای منحصربه فرد و همچنین واکنش پذیری بالا می تواند برای تصفیه استفاده شوند [۱۴]. ساختمان نانوزئولیت فضای متخلخل زیادی داشته به همین دلیل می توان به عنوان جاذب مورد استفاده قرار گیرد.

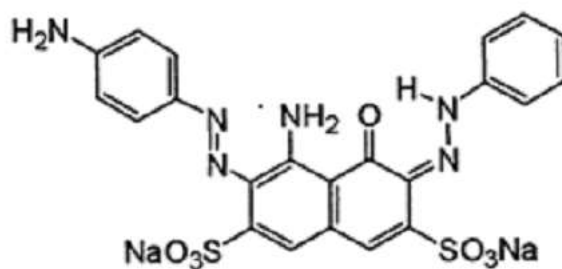
نانو ژئولیت ها ماده ای کاملاً طبیعی بوده و در نتیجه به محیط زیست آسیبی وارد نمی کند [۱۵]. به منظور ایجاد یا بهبود شرایط جدید، از جمله افزایش ظرفیت جذب، کلینوپتیلولیت را می توان با تکنیک های مختلف (شیمیایی و حرارتی) اصلاح کرد.

امروزه اصلاح تغییر جاذب با استفاده از نانومواد انجام می شود. در سال های اخیر نانوذرات مغناطیسی مانند مگنتیت به دلیل اینکه با یک آهنربا یا مغناطیس خارجی به آسانی از محیط واکنش جدا می شود و همچنین به دلیل پایداری بالا، سنتز آسان، نسبت سطح به حجم بالا، سمیت پایین، قیمت کم و همچنین توانایی عامل دار کردن به میزان زیادی گسترش یافته است [۱۶]. از این رو نانوذرات مغناطیسی به جاذبه ای با کارایی بالا تبدیل می شوند که می توانند با سایر جاذب ها ترکیب شوند. هدف از تحقیق حاضر حذف رنگ اسید سبز ۲۰ با استفاده از نانوزئولیت کلینوپتیلولیت و نانوزئولیت اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن است. همچنین کارایی نانوزئولیت کلینوپتیلولیت و نانوزئولیت اصلاح شده مورد مقایسه قرار گرفت.

مواد و روش ها

تجهیزات و مواد مورد استفاده

ژئولیت کلینوپتیلولیت از سمنان تهیه گردید. برای تنظیم pH محلول ها هیدروکلریک اسید و سدیم هیدروکسید ساخت شرکت مرک آلمان استفاده گردید. از رنگ اسید سبز ۲۰ با فرمول تجربی $C_{22}H_{16}N_6Na_2O_7S_2$ و جرم مولکولی ۵۶۵/۴۵ گرم بر مول و قابل حل در آب تهیه گردید و سایر مواد شیمیایی مورد مصرف در این تحقیق با درجه خلوص آزمایشگاهی از شرکت Merck تهیه شده است. از دستگاه طیفسنج فرابنفش- مرئی دو پرتوی مدل PG+T92 جهت اندازه گیری غلظت اسید سبز ۲۰ استفاده گردید. pH محلول ها با استفاده از دستگاه pH متر مدل Trans instrument MS300H ساخت Mtops کره جنوبی برای هم زدن نمونه ها و دستگاه سانتریفیوژ مدل Z206A ساخت Hermel آلمان جهت تسریع در ته نشینی محلول حاوی جاذب استفاده گردید.



شکل ۱ - ساختار شیمیایی اسید سبز ۲۰

آماده سازی جاذب

ژئولیت کلینوپتیلولیت از شرکت نگین پودر سمنان تهیه گردید. برای ثابت بودن اندازه ذرات (به دلیل اینکه با کاهش اندازه ذرات سطح تماس افزایش می یابد) مقداری از نمونه های ژئولیت را از صافی با مش های مشخص عبور داده می شود. برای برطرف ساختن گرد و غبار و دیگر ذرات ناخالص، ژئولیت با آب مقطر شستشو می گردد. سپس در دما و زمان معین درون دستگاه آون خشک گردیده و برای استفاده در مطالعات جذب در پتری دیش نگهداری می گردد.

خالص سازی ژئولیت

۵۰ گرم از ژئولیت با ۲۵۰ میلی لیتر از محلول یک مولار اسید کلریدریک و یک مولار اسید سیتریک با نسبت حجمی ۱ به ۱۰ مخلوط می شود و برای ۶ ساعت به وسیله همزن مغناطیسی می جوشد. توسط یک مبرد برای تبخیر نشدن تمامی اسید بخارات خارج شده را دوباره به بالن ته گرد بازمی گردانیم. در طی این مدت توسط یک دماسنج دما را اندازه گیری و کنترل می کنیم.

دلیل اصلی این کار خروج ناخالصی های ژئولیت طبیعی، شکسته شدن پیوندهای سست و خالص سازی ژئولیت از اسیدی جابه جا می شوند. همچنین کوچکتر شدن سایز H^+ است که این یون ها با Na^+ و K^+ یون های مزاحمی چون کریستال های ژئولیت نیز از دیگر مزایای این روش است.

نمونه به دست آمده پالایه و با آب مقطر شستشو داده می شود. در ادامه ژئولیت با ۲۰۰ میلی لیتر محلول دو مولار آمونیوم کلراید برای ۶ ساعت دیگر خواهد جوشید.

بعد از آن نمونه شستشو و فیلتر می شود و در دمای ۶۰ درجه به مدت ۱۲ ساعت خشک می شود. ژئولیت به دست آمده به مدت ۱۵ ساعت در دمای ۵۰۰ درجه قرار می گیرد و بعد از خشک شدن باز شستشو داده می شود.

تهیه نانوزئولیت

تهیه نانوذرات ژئولیتی در پژوهشکده سرامیک شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو با استفاده از دستگاه آسیاب سیاره ای گلوله ای همانطور که نامش گویا است محفظه های آسیاب مانند سیاره های منظومه شمسی دارای ۲ حرکت وضعی (به دور خود) و حرکت انتقالی (به دور مرکز) می باشند. این نوع حرکت باعث می شود که گلوله های آسیاب کننده به دیواره ها نچسبیده و به طور مداوم در جهت قطر دایره محفظه پرتاب شوند.

آسیاب سیاره ای مدل NARYA MPM 250*2 دارای دو محفظه آسیاب با ظرفیت متغیر بوده و قابلیت آسیاب کردن تحت خلا، گاز محافظ آرگون یا گازهای دیگر را دارا است. سرعت چرخش دستگاه متناسب با نوع مواد و اندازه دانه موردنیاز قابل تنظیم می‌باشد. محفظه آسیاب متناسب با جنس پودر از مترال های مختلف مانند فولادهای سخت کاری شده و زنگزن ساخته و ارائه می شود.

سنتز نانوذولیت مغناطیسی اکسید آهن به روش هم رسوبی

برای سنتز نانوذولیت مغناطیسی اکسید آهن ۱ گرم از سولفات آهن هفت آبه ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) و ۲ گرم کلرید آهن شش آبه ($\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل و تا رسیدن به دمای حدود ۸۰ درجه سانتیگراد بر روی همزن مغناطیسی، حرارت دهی می شوند. سپس به محلول فوق ۴۰ میلی لیتر NH_4OH ۲۵٪ به آرامی اضافه می شود. سپس زمانی که سوسپانسیون سیاه‌رنگ حاوی مگنتیت به دست آمد ۱ گرم نانوذولیت اضافه می شود و به مدت ۲۰ دقیقه برای اختلاط کامل روی همزن قرار می گیرد در ادامه نانوذولیت مغناطیسی اکسید آهن به دست آمده، چندین بار با آب مقطر تا دستیابی به pH خنثی، شستشو داده می شود. در پایان نیز محصول به دست آمده در یک آون در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد و به مدت ۳ ساعت خشک می گردد.

آماده سازی محلول رنگی مورد آزمایش

به منظور آماده سازی محلول رنگی اسید سبز ۲۰ مقادیر ۰/۰۰۲۵، ۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۷۵ (گرم) از رنگ اسید سبز ۲۰ را در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل شده تا محلول هایی با غلظت های (۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ میلی‌گرم بر لیتر) به دست آید.

روش انجام آزمایش ها

فرآیند جذب در طول آزمایش بر روی همزن مغناطیسی در دمای اتاق انجام شد. pH نمونه ها با استفاده از HCl و NaOH تنظیم شد. فرآیند جذب برای تعیین تأثیر غلظت رنگ، دوز جاذب مناسب، pH بهینه انجام شد. در این تحقیق محلول آبی با غلظت اولیه رنگ اسید سبز ۲۰ (۱۸۰ - ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر) تهیه و سطح مختلف (2-12) pH، جرم مختلف جاذبها (10-3 گرم بر لیتر) طی فرآیند جذب و به صورت ناپیوسته مورد آزمایش قرار گرفت.

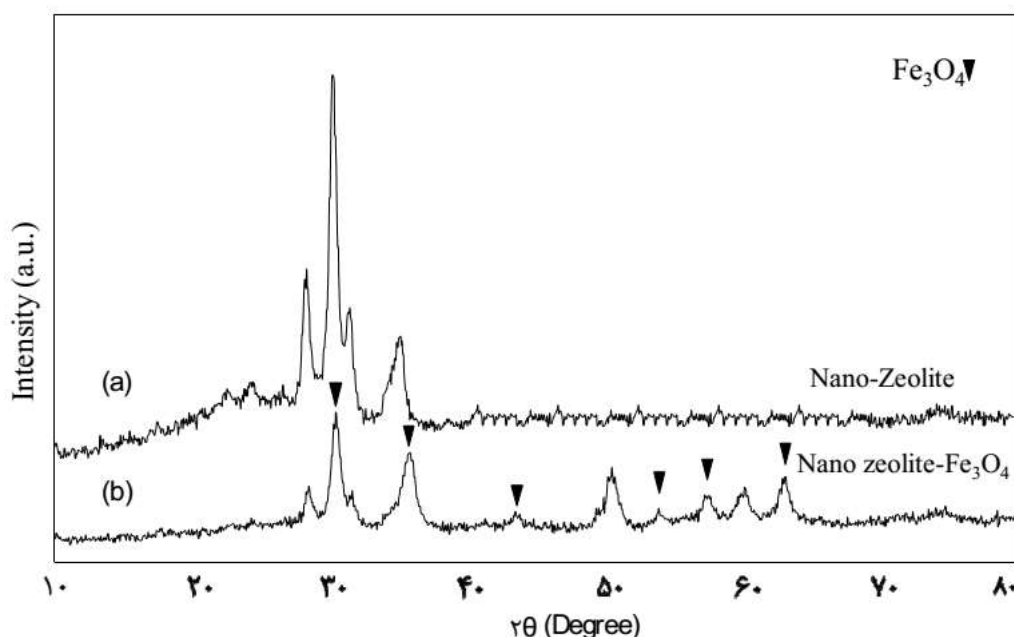
در همه آزمایش ها، حجم محلول های مورد استفاده ۱۰۰ میلی لیتر در نظر گرفته شد. جهت تعیین زمان مناسب جذب، نمونه برداری و تعیین ظرفیت جذب در زمان های مختلف (۲۱۰ - ۳۰ دقیقه) انجام شد. نتایج این مرحله نشان داد که بیشترین جذب رنگ اسید سبز ۲۰ بر روی هر دو جاذب مربوط به ۸۰ دقیقه اول فرآیند بوده و پس از آن تقریباً ثابت است؛ بنابراین جهت بررسی سایر متغیرهای مورد مطالعه از این زمان استفاده گردید.

غلظت نهایی رنگ در محلول نهایی حاصل توسط دستگاه طیف‌سنج فرابنفش مرئی در طول موج ۶۴۰ نانومتر قرائت و با استفاده از منحنی استاندارد، مجهول را به دست آورده و درصد حذف اسید سبز ۲۰ از آب از طریق معادله ۲ به دست آمده که در آن C_0 ، غلظت اولیه می‌باشد.

$$R\% = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100$$

نتایج و بحث

به منظور آنالیز و تعیین خلوص نانوذرات زئولیت و کامپوزیت آن با Fe_3O_4 از پراش اشعه ایکس (XRD) بهره گرفته شد. الگوی پراش اشعه ایکس نانوذرات زئولیت و نانوکامپوزیت زئولیت با Fe_3O_4 در شکل ۲ مشاهده می‌کنید. در شکل a الگوی پراش نانوذرات زئولیت نشان داده شده است. الگوی پراش نانوکامپوزیت زئولیت با Fe_3O_4 در b مشاهده می‌شود که شامل پیک های (۲۱۰)، (۲۱۲)، (۴۱۰)، (۴۱۲)، (۵۱۱)، (۵۲۱) و (۴۱۰) است که مشخصه Fe_3O_4 با فاز مکعبی و شماره کارت ۳۰۵-۷۷ را تأیید می‌کند. پیکی در ناحیه ۵۰ درجه است که می‌تواند مربوط به ناخالصی باشد [۲۰]؛ بنابراین آنالیز XRD تهیه نانوزئولیت و نانوکامپوزیت آن با Fe_3O_4 را تأیید می‌کند.



شکل ۲ - الگوی پراش پرتو ایکس جاذب Nano Zeolite و Fe_3O_4 Nano Zeolite

بررسی عوامل موثر در میزان جذب اسید سبز ۲۰ توسط نانوزئولیت کلینوپتیلولیت و نانوزئولیت اصلاح شده با

نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن اثر زمان

در هر دو جاذب با افزایش زمان تماس از ۳۰ به ۸۰ راندمان حذف افزایش می‌یابد ولی با افزایش زمان تماس از ۸۰ به ۲۱۰ دقیقه تغییری در میزان حذف به وجود نیامده است. این امر نشان می‌دهد که در مراحل اولیه جذب شمار زیادی از محل های اتصال (جایگاه های فعال) برای جذب سطحی رنگ مورد نظر در دسترس است.

اما با گذشت زمان به دلیل تجمع رنگزا در محل های جذب و به وجود آمدن نیروی دافعه بین مولکول های جذب شده روی سطح جامد و مولکول های موجود در فاز محلول سرعت جذب کاهش می‌یابد. در اثر این اتفاق جاذب مورد نظر به حد اشباع رسیده و نمی‌تواند مولکول های رنگزای بیشتری را جذب نماید [۱۷]. بنابراین به منظور ایجاد شرایط اقتصادی و کاهش در مصرف ماده و انرژی زمان ۸۰ دقیقه به عنوان زمان بهینه انتخاب شد.

تأثیر pH، غلظت و دوز جاذب

pH محلول از پارامترهای اثرگذار بر بار سطحی ذرات جاذب بوده و فاکتوری مهم در میزان جذب آلاینده ها می باشد، در هر دو جاذب با افزایش pH از ۲ تا ۱۲ راندمان حذف در غلظت های ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کاهش می یابد. در این مطالعه بیشترین کارایی حذف در $pH=2$ به دست آمد.

در هر دو جاذب افزایش غلظت از ۶۰ به ۱۸۰ میلی گرم بر لیتر راندمان حذف کاهش می یابد. علت کاهش قابل ملاحظه میزان جذب با افزایش غلظت اولیه رنگ را می توان به دلیل اشباع شدن جایگاه های فعال جاذب و کاهش سطح جذب در دسترس با توجه به ثابت بودن میزان ماده جذب کننده در مقابل افزایش میزان ماده رنگزا دانست.

تعیین دوز جاذب به دلیل ملاحظات اقتصادی از مهم ترین مسائل مورد توجه در سیستم های جذب می باشد. افزایش دوز جاذب به دلیل اینکه منجر به در دسترس قرار گرفتن سطح بیشتر برای جذب و در نتیجه افزایش تماس بین آلاینده و جاذب می شود، باعث افزایش کارایی جذب رنگزای اسید سبز ۲۰ می گردد.

با افزایش دوز جاذب درصد حذف رنگینه اسید سبز ۲۰ به دلیل وجود افزایش سطح ویژه جاذب افزایش می یابد. به طوری که با افزایش میزان دوز جاذب میزان حذف رنگ افزایش یافت؛ بنابراین با افزایش دوز جاذب حذف رنگزا افزایش یافته و در نتیجه بازده جذب افزایش می یابد.

نتیجه گیری

در این مطالعه، نانوذرات کلینوپتیلولیت و نانوذرات اصلاح شده با نانوذرات اکسید آهن برای حذف رنگ اسید سبز ۲۰ در سیستم ناپیوسته مورد استفاده قرار گرفت. نتایج طیف سنج مرئی فرابنفش (UV-Visible) نشان داد که اسید سبز ۲۰ در طول موج ۶۴۰ نانومتر دارای ماکزیمم مقدار جذب می باشند.

نتایج این پژوهش نشان داد که نانوذرات و نانوذرات اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن در $pH=2$ ، زمان ۸۰ دقیقه و دوز جاذب ۱۰ گرم بر لیتر بیشترین راندمان حذف را برای رنگینه اسید سبز ۲۰ داشته اند که نانوذرات اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن به دلیل یکنواختی حفره ها و افزایش سطح جاذب راندمان حذف بیشتری داشته است.

مراجع

1. Lee, J.W., S.P. Choi, R. Thiruvank, W.G. shim and H. Moon. 2006. Evaluation of the performance of adsorption and coagulation processes for the maximum removal of reactive dyes. *Dyes and pigment*, 69: 196-203.
۲. زرنگار، ز.، ج. صفری. ۱۳۹۰ کاربرد نانو ذرات مغناطیسی در حذف آلاینده های رنگزای شیمیایی. فصلنامه انجمن نانو-63: 7(24).
3. Mohan, N., N. Balasubramanian and C.A. Basha. 2007. Electrochemical oxidation of textile wastewater and its reuse. *Journal of hazard materials*, 147: 644-651.
۴. ندافی، ک.، م. غلامی. ۱۳۹۲. حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۲۰ از محلول های آبی بوسیله زئولیت طبیعی اصلاح شده با سورفکتانت. مجله سلامت و محیط، فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران، ۷(۳): ۲۷۷-۲۸۸.

5. Shojaei, S., J. Ahmadi, M. Davoodabadi, B. Mehdizadeh and M. Pirkamali. 2019. Removal of crystal violet using nanozeolite-x from aqueous solution: Central composite design optimization study. *J. Water Environ. Nanotechnol*, 4(1): 40-47.
6. Caliskan, Y., S. Harbeck and N. Bektas. 2018. Adsorptive Removal of Basic Yellow Dye Using Bigadiç Zeolites: FTIR Analysis, Kinetics, and Isotherms Modeling. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 38 (S1). DOI 10.1002/ep.12969.
7. Boardman, G.D and H.J. Seyffert. 1992. Treatment of kraft pulp and paper waste water by means of foam separation. *Chemical Engineering Communication*, 114: 89-102.
۸. سلمانی، م.، ر. رحمانیان، س. دانایی و م. سلطانیان زاده. ۱۳۹۳. ارزیابی فرایند جذب در حذف رنگ از پس آب‌های صنعتی. دو ماهنامه علمی پژوهشی دانشکده بهداشت یزد، ۱۴(۳): ۶۰-۷۲.
۹. ملکوتیان، م.، ع. دهداری راد. ۱۳۹۴. بررسی کارایی فرایند فتوفنتون در حذف رنگ اسید سبز ۲۰ از فاضلاب صنایع نساجی. مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، ۱۰(۱۴): ۸۲۷-۸۴۰.
10. Badeenezhad, A., A. Azhdarpoor, Sh. Bahrami and S. Yousefinejad. 2018. Removal of methylene blue dye from aqueous solutions by natural clinoptilolite and clinoptilolite modified by iron oxide nanoparticles. *Molecular Simulation*, DOI: 10.1080/08927022.2018.1564077.
11. Buntic, A., M. Pavlovic, K. Mihajlovski, M. Randjelovic, N. Rajic, D. Antonovic, S. Siler- Marinkovic and S. Dimitrijevic-Brankovic. 2013. Removal of a Cationic Dye from Aqueous Solution by Microwave Activated Clinoptilolite—Response Surface Methodology Approach. *Water Air Soil Pollut*, DOI: 10.1007/s11270-013-1816-6.
12. Majid, Z., A. AbdulRazak and W. Noori. 2019. Modification of Zeolite by Magnetic Nanoparticles for Organic Dye Removal. *Arabian Journal for Science and Engineering*, doi:10.1007/s13369-019-03788-9.
13. Rahmani, A.R., Gh. Asgari, F. Barjasteh Askari, M.T. Samadi and K. Godini. 2012. *Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences*, 21: 215-225.
۱۴. صمدی، م.ت.، م.ج. ساقی، ک. غدیری، م. هادی و م. بیک محمدی. ۱۳۸۸. کارایی نانو زئولیت Y و نانو زئولیت Y اصلاح شده (SMZ) در حذف فسفر از محیط‌های آبی (مطالعه ایزوترمی و سینتیکی). انجمن علمی بهداشت محیط ایران، 36-27: 3 (1)
۱۵. بروغنی، م.، س.خ. میرنیا، ج. وهابی و س.ج. احمدی. ۱۳۹۳. بررسی تاثیر نانوزئولیت در کاهش فرسایش خاک با استفاده از باران ساز. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۵(۹): ۹۵-۱۰۶.
16. Bodaghifard, M.A and E. Alimohammadi. 2017. Synthesis of sulfamic acid functionalized-magnetic nanoparticles and application as a retrievable and efficient catalyst for the green synthesis of 1,4-dihydropyridine and 2,3-dihydroquinazoline derivatives. *Journal of Applied Research in Chemistry*, 1(12): 121-134.
17. Crini, G. (2011). Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: a review. *Bioresource Technology*, 97(9): 1061-1085.

Evaluation of Green Acid 20 Dye Removal Efficiency Using Two Adsorbents, Clinoptilolite Nanozeolite and Modified Nanoseolite with Iron Oxide Magnetic Nanoparticles in a Batch System

Zahra Mirfardi

Graduate student of Islamic Azad University, Ahvaz Branch – Iran

Abstract

Dyes are one of the most important sources of water pollutants that their entry into water greatly reduces water quality. Removal of pigments from the effluents of the industries consuming paints is very important due to the toxicity of these substances and their adverse effects on the waters receiving the effluent. For this purpose, the aim of this paper was to investigate the dye removal efficiency of green acid 20 using two adsorbents, clinoptilolite nanozeolite and modified nanozeolite with iron oxide magnetic nanoparticles in a batch system. In this study, an aqueous solution with an initial concentration of 20 (60-180 mg/l) green acid dye was prepared and different pH levels (2-12), different mass of adsorbents (3-10 g/l) during the adsorption process and as Discontinuously tested. The results of this study showed that green acid 20 at the wavelength of 640 nm has the maximum amount of absorption in the visible ultraviolet spectrometer. Also, iron oxide modified with magnetic oxide nanoparticles due to the uniformity of the pores and the increase of the adsorbent surface, the green acid 20 dye removal efficiency was higher than clinoptilolite nanoseolite in the batch system.

Keywords: Clinoptilolite Nanoseolite, Magnetic Iron Oxide Nanoparticles, Green Acid 20.
