



بررسی مقایسه‌ای کارآیی جذب رنگ Methylene Blue با استفاده از گرانول مرجان آهکی و گرانول لیکا از فاضلاب مصنوعی

سیدامید آل یاسین^۱، محمد خوش‌گفتار^۲، نادر مختارانی^۳، عبدالرحیم یوسف‌زاده^{۴*}

۱- دانشگاه علوم پزشکی اراک- معاونت بهداشتی- گروه مهندسی بهداشت محیط- دانشجوی دکترا.

۲- دانشگاه علوم پزشکی شاهرود- معاونت بهداشتی- گروه مهندسی بهداشت محیط- کارشناسی ارشد.

۳- دانشگاه تربیت مدرس- دانشکده محیط زیست- گروه محیط زیست- دکترا.

۴- دانشگاه آزاد اسلامی- واحد سردشت- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان.

۵- دانشگاه آزاد اسلامی- واحد ارومیه- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۴/۲۲، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۴

چکیده

مقدمه: رنگ‌ها از جمله آلاینده‌های اصلی موجود در فاضلاب‌های صنایع نساجی می‌باشند که به دلیل ساختار پیچیده مولکولی، غالباً سمی و سرطان‌زا بوده و در محیط زیست پایدار می‌باشند. هدف از انجام این پژوهش مقایسه کارایی مرجان آهکی و لیکا در حذف رنگ متیلن بلو از پساب سنتتیک می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه یک مطالعه بنیادی-کاربردی می‌باشد که در آن از مرجان آهکی و لیکا به عنوان جاذب‌های مؤثر در حذف رنگ و بار آلی و رنگ متیلن بلو استفاده شده است. شاخص‌های مورد بررسی شامل وزن جاذب، زمان تماس، غلظت رنگ‌زا و pH بود. همچنین داده‌های حاصل از ثابت تعادل با استفاده از مدل‌های ایزوترمی و سینتیکی مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج: نتایج آزمایشات نشان داد که میزان جذب رنگ توسط هر دو نوع جاذب با افزایش pH، زمان تماس و میزان جاذب افزایش می‌یابد. افزایش غلظت رنگ‌زا از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر به ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش راندمان حذف رنگ و بار آلی گردید. نتایج نشان داد که داده‌های ثابت تعادل از هر دو نوع مدل ایزوترمی تبعیت می‌کنند، با این تفاوت که مدل ایزوترم لانگموئر ضریب همبستگی بالاتری در استفاده از جاذب مرجان آهکی ($R^2=1$)، و مدل فرندلیخ ضریب همبستگی بالاتری ($R^2=0/999$) در استفاده از جاذب لیکا نشان داد. همچنین بررسی داده‌ها نشان داد که سینتیک حذف رنگ متیلن بلو از هر دو نوع مدل سینتیکی تبعیت می‌کند که در این مورد نیز معادله سینتیکی درجه دوم ضریب همبستگی بالاتری ($R^2>0/870$) را از خود نشان داد.

نتیجه‌گیری: باتوجه به نتایج به دست آمده مشخص گردید که گرانول مرجان آهکی در حذف رنگ متیلن بلو نسبت به گرانول لیکا کارآیی بهتری دارد. استفاده از این جاذب‌ها به علت ته‌نشینی سریع و عدم باقی ماندن مؤثر در پساب می‌تواند کاربرد آسان‌تری نسبت به سایر جاذب‌ها داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: جذب سطحی، گرانول مرجان آهکی، گرانول لیکا، رنگ متیلن بلو، صنایع نساجی.

*نویسنده مسئول: باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی- دانشگاه آزاد اسلامی ارومیه- واحد سردشت، تلفن: ۰۹۱۴۳۴۲۵۴۳۴، نمابر: ۰۴۴-۴۴۳۳۹۱۶۹.

Email: r.yusefzadeh@gmail.com

ارجاع: آل یاسین سیدامید، خوش‌گفتار محمد، مختارانی نادر، یوسف‌زاده عبدالرحیم. بررسی مقایسه‌ای کارآیی جذب رنگ Methylene Blue با استفاده از گرانول مرجان آهکی و گرانول لیکا از فاضلاب مصنوعی. مجله دانش و تندرستی ۱۳۹۶؛ ۱۲(۲): ۳۲-۴۱.

مقدمه

هم‌اکنون آلودگی محیط زیست به‌عنوان یک مشکل و معضل جهانی مطرح می‌باشد (۱). رنگ‌ها از جمله خطرناک‌ترین گروه‌های ترکیبات شیمیایی یافت شده در پساب‌های صنعتی بوده که بنابر دلایلی از قبیل کاهش قابلیت نفوذ نور و به‌دنبال آن ایجاد اختلال در انجام فرآیند فتوسنتز در منابع آبی از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار می‌باشند (۲ و ۳). این ترکیبات همچنین از نقطه نظر زیبایی شناختی بر کیفیت آب برای مصارف شرب و سایر مصارف اثر منفی بر جای گذاشته (۴) و در عین حال سبب بروز آلرژی، درماتیت، تحریک پوستی (۵) سرطان (۶) و جهش‌های ژنتیکی در انسان می‌شوند (۷). متیلن بلو رایج‌ترین ترکیب رنگی مورد استفاده به‌منظور رنگ‌آمیزی پنبه، پشم و ابریشم است. استنشاق این ترکیب می‌تواند سبب اختلال در تنفس شده و حال آنکه مواجهه مستقیم با آن می‌تواند باعث بروز آسیب‌های دایمی به چشم‌های انسان و حیوانات، سوختگی‌های موضعی، تهوع و استفراغ، افزایش تعریق، اختلالات ذهنی و متهموگلوبینمی (Methemoglobinemia) شود (۸ و ۹). تصفیه نامناسب و دفع غیر اصولی فاضلاب‌های رنگی حاصل از صنایع نساجی، رنگرزی، چاپ و صنایع مرتبط زمینه ساز بروز مشکلات و معضلات زیست محیطی فراوانی در سرتاسر جهان شده است (۱۰-۱۳). حذف رنگ از فاضلاب معمولاً با روش‌های فیزیکی، فیزیکی-شیمیایی، بیولوژیکی و یا شیمیایی انجام می‌پذیرد (۱۴-۱۶). همچنین تصفیه بیولوژیکی (۱۷)، ازن زنی (۱۱، ۱۸ و ۱۹)، اکسیداسیون شیمیایی و فرآیندهای فتوکاتالیستی (۲۰ و ۲۱)، فرآیندهای غشایی (۲۲)، نانوذرات (۲۳)، فرآیندهای فتوشیمیایی و سونوشیمیایی (۲۴) و تصفیه آنزیمی (۲۵-۲۷) به‌منظور حذف رنگ از پساب‌های نساجی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اردم و همکاران حذف رنگ‌های نساجی (SB, EBR, IY) را بوسیله دیاتومیت در سال ۲۰۰۵ بررسی کردند و مشخص نمودند که دیاتومیت طبیعی پتانسیل بسیار زیادی برای حذف رنگ از فاضلاب نساجی دارد و با افزایش میزان غلظت اولیه رنگ از مقدار جذب کاسته می‌شود (۲۸). خرایشیه و همکاران در سال ۲۰۰۵ تأثیر گروه‌های سیلانول (SI-OH) و هیدروکسیل (-OH) جهت حذف رنگ‌های متیلن بلو، راکتیو سیاه و راکتیو زرد از محلول آبی با استفاده از دیاتومیت خام و خشک شده را در ۹۸۰ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه نقش توزیع اندازه منافذ، pH و اندازه ذرات جاذب در مطالعات جذب بررسی شد (۲۹). کارآمدترین روش جهت حذف رنگ‌های سنتتیک از پساب‌های صنعتی فرآیند جذب می‌باشد زیرا ترکیبات رنگی موجود در فاضلاب به سادگی به فاز جامد منتقل می‌شود. از طرفی، ماده جاذب مورد استفاده می‌تواند مجدداً احیاء شده و در فرآیند جذب مورد استفاده قرار گیرد و یا اینکه پس از استفاده در محلی خشک بدون تماس

مواد و روش‌ها

این تحقیق یک مطالعه بنیادی- کاربردی و در مقیاس آزمایشگاهی و به‌صورت ناپیوسته از نوع تجربی می‌باشد که به‌منظور بررسی مقایسه‌ای جذب رنگ متیلن بلو توسط جاذب‌های لیکا و مرجان آهکی انجام شد. در این مطالعه راندمان جذب رنگ متیلن بلو توسط دو گونه جاذب لیکا و مرجان آهکی در مقابل شاخص‌هایی مانند pH، غلظت اولیه، دوز جاذب و زمان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. مرجان آهکی و لیکا به علت دارا بودن تخلخل زیاد و دانسیته کم، می‌توانند جاذب‌های خوبی در حذف عوامل مزاحم در آب و فاضلاب از

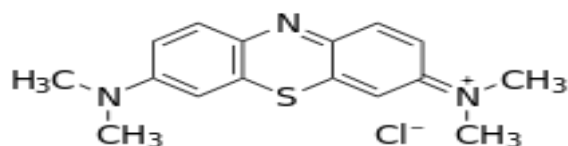
گردید. جرم ملکولی آن ۳۱۹/۸۶ تعیین شده و برچسب گذاری آن با نام R22 انجام گردید. از هشدارهای ذکر شده می‌توان به: «با عوامل اکسیدکننده قوی ناسازگار است و در اثر تجزیه CO، CO₂، اکسیدهای گوگرد و گاز کلرید هیدروژن تولید می‌کند» اشاره کرد که در استفاده از رنگ در آزمایش‌های انجام شده به‌صورت توصیه ایمنی در نظر گرفته شد. ساختار شیمیایی رنگ متیلن بلو در شکل ۱ نشان داده شده است.

جمله رنگ باشند. ترکیب عمده تشکیل‌دهنده لیکا، اکسید سیلیس و اکسید آلومینیوم و مشابه با ترکیبات یافت شده در زئولیت‌های کلینوپتی لولایت می‌باشد که در اکثر مناطق ایران یافت می‌شود. در مورد مرجان آهکی نیز، عمده‌ترین ترکیب تشکیل‌دهنده اکسید کلسیم است. با توجه به اجزای تشکیل‌دهنده به‌نظر می‌رسد که جاذب‌های موردنظر قابلیت برقراری پیوندهای الکترواستاتیک در مواجهه با یون‌های موجود در رنگ را دارند. در جدول ۱ اجزای تشکیل‌دهنده جاذب‌های مورد مطالعه براساس تجزیه و تحلیل XRF نشان داده شده است (۴۱).

نام رنگ مورد استفاده متیلن بلو با فرمول شیمیایی C₁₆H₁₈N₃SCl است که در ظروف کاملاً سربسته و در محیط خشک و خنک نگهداری

جدول ۱- اجزای تشکیل‌دهنده جاذب‌های مورد استفاده براساس تجزیه و تحلیل XRF (۴۱)

اجزا	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cl	SrO	Na ₂ O
مرجان آهکی	۰/۶۳۶	۰/۱۰۹	۰/۶۳۴	۰/۹۹۷	۹۲/۸۵	۰/۳۶	۲/۷۵	۱/۴۶
لیکای خام	۱۶/۵۷	۶۶/۰۶	۲/۹۹	۰/۲۱	۰/۲۳	۲/۶۹	۲/۴۶	۰/۷۸	۱/۷	۰/۱۳	۰/۶۹



شکل ۱- ساختار شیمیایی رنگ متیلن بلو

جهت تعیین طول موج ماکزیمم با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر میزان جذب رنگ در طول موج ۲۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. جهت رسم منحنی استاندارد محلول‌هایی با غلظت مشخص ۱۵۰، ۱۲۵، ۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر از رنگ متیلن بلو ساخته شد و در هر مرحله مقدار جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV/VIS تعیین گردید و در نهایت نیز ضریب رگرسیون و معادله درجه اول جذب در برابر غلظت به‌دست آمد.

در این مرحله با توجه به طراحی آزمایشات میزان pH بهینه به‌دست آمد. با توجه به تعیین مقادیر pHهای موردنظر در طراحی آزمایشات، در بازه ۱۲ و ۱۱، ۹، ۷، ۵، ۳ در نظر گرفته شد. بدین منظور تعدادی آزمایش با استفاده از ماده رنگ‌زا با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، دوز جذب ۱۰ گرم بر لیتر، زمان ۱۸۰ دقیقه در pHهای یاد شده انجام پذیرفت.

در این مرحله تعدادی آزمایش با استفاده از جاذب به میزان ۱۰g/l، pH بهینه (به‌دست آمده از آزمایش قبلی)، ماده رنگ‌زا با غلظت ۵۰mg/l و زمان‌های ۱۲۰، ۱۶۰، ۱۸۰، ۲۴۰، ۷۵، ۶۰ دقیقه انجام

جامعه آماری در این تحقیق پساب سنتتیک، جهت بررسی مقایسه‌ای جذب رنگ متیلن بلو توسط دو گونه جاذب بود. تعداد نمونه با توجه به متغیرهای مورد بررسی شامل pH، دوز جاذب، زمان تماس و غلظت پساب، ۲۵۲ نمونه برآورد گردید.

۱- تهیه وسایل موردنظر

۲- تهیه و آماده‌سازی جاذب‌های لیکا و مرجان آهکی: جاذب لیکا در اندازه ۳ میلی‌متر با دانسیته ۳۸۰ کیلوگرم بر متر مکعب از شرکت تولیدی لیکا در تهران خریداری گردید. جاذب مرجان آهکی نیز از بسترهای آهکی جزیره کیش تهیه شد. ابتدا نمونه‌های اولیه به‌صورت دستی خرد و پس از شستشوی مناسب با آب مقطر در آون قرار داده و خشک گردید. پس از خشک شدن و عبور از الک در اندازه مناسب در ظرف در بسته‌ای نگهداری گردید.

۳- تهیه محلول‌های موردنظر در غلظت‌های مختلف جهت استفاده و رسم منحنی استاندارد: برای این منظور رنگ متیلن بلو با غلظت ۹۸ درصد ساخت شرکت مرک آلمان تهیه و استفاده گردید.

۴- شروع و انجام آزمایشات در شرایط مناسب و دمای آزمایشگاه و به‌صورت مرحله به مرحله انجام گردید.

مربوطه ایزوترم‌های لانگموئر و فرن‌دلیخ، معادله‌ای که ضریب رگرسیون (R^2) بالاتری داشت، به‌عنوان معادله ایزوترمی توصیف‌کننده فرآیند جذب معرفی گردید.

در اغلب مطالعات جذب از دو مدل سینتیکی درجه اول و درجه دوم کاذب استفاده می‌شود که در این پژوهش نیز از این دو مدل استفاده گردید. فرم خطی مدل سینتیک درجه اول کاذب در معادله ۴ نشان داده شده است.

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \left(\frac{k_{1,ads}}{2.303}\right) t \quad \text{معادله ۴}$$

که به ترتیب بیانگر مقادیر جذب رنگ در زمان تعادل، مقدار جذب رنگ در زمان‌های t ($60-75-120-160-180 \text{ min}$) و ثابت سرعت می‌باشد که در محاسبات این بخش مورد استفاده قرار گرفت.

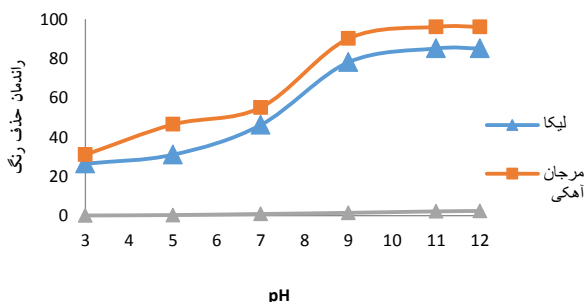
فرم خطی مدل سینتیک درجه دوم کاذب در معادله ۵ ارایه شده است.

$$\frac{t}{q_t} = \left(\frac{1}{k_{2,ads} q_e^2}\right) + \left(\frac{1}{q_e}\right) t \quad \text{معادله ۵}$$

که $k_{2,ads}$ بر حسب $\left(\frac{g}{mg \times min}\right)$ ، ثابت سرعت می‌باشد که در محاسبات این قسمت مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله آخر نیز مقادیر عامل‌های R^2 ، q_e و $k_{1,ads}$ جهت سینتیک درجه اول کاذب و R^2 ، q_e و $k_{2,ads}$ جهت سینتیک درجه دوم کاذب تعیین گردید. مدلی که دارای ضریب همبستگی (R^2) بالاتری بود به‌عنوان مدل سینتیکی واکنش معرفی شد.

نتایج

باتوجه به نتایج به‌دست آمده از این مطالعه مشخص گردید که نرخ حذف بار آلی و رنگ در محدوده قلیایی بیشتر از محدوده اسیدی بود. در این مطالعه pH بهینه برابر ۱۱ به‌دست آمد. حذف رنگ توسط مرجان آهکی در pH بهینه برابر با ۹۶٪ و با جذب لیکا به میزان ۸۲٪ به‌دست آمد. همچنین در pH بهینه، حذف بار آلی توسط مرجان آهکی ۸۲٪ و با جذب لیکا به میزان ۶۷٪ بود (نمودار ۱).



نمودار ۱- راندمان حذف رنگ تحت تأثیر متغیر pH

پذیرفت. در این راستا میزان مقادیر جذب در مراحل قبل و بعد از استفاده از جاذب اندازه‌گیری و ثبت گردید.

در این مرحله تعدادی آزمایش با استفاده از جاذب به میزان 10 g/l ، زمان و pH بهینه به‌دست آمده از آزمایش قبل و با استفاده از ماده رنگ‌زا با غلظت‌های ۱۵۰، ۱۰۰، ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر انجام پذیرفت. در این راستا میزان مقادیر جذب در غلظت‌های مختلف در مراحل قبل و بعد از استفاده از جاذب اندازه‌گیری و ثبت گردید سپس مقدار بهینه غلظت ماده رنگ‌زا تعیین گردید.

در این مرحله تعدادی آزمایش با استفاده از مقادیر زمان، غلظت ماده رنگ‌زا و pH بهینه به‌دست آمده از آزمایش‌های مراحل قبل و جاذب‌های موردنظر در مقادیر ۱۲ و ۱۰، ۸، ۴، ۲، ۱ گرم بر لیتر انجام پذیرفت. در این راستا مقادیر جذب محلول‌ها در مراحل قبل و بعد از استفاده از جاذب اندازه‌گیری و ثبت شد سپس میزان بهینه غلظت جاذب‌ها جهت انجام آزمایش‌ها تعیین گردید.

طی مطالعات جذب، مدل‌های لانگموئر و فرن‌دلیخ به‌عنوان مدل‌های ایزوترمی به‌طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. که در این پژوهش نیز این دو مدل مورد ارزیابی قرار گرفت. اساس محاسبات ایزوترمی، غلظت اولیه رنگ متیلن بلو بود. فرم خطی از مدل لانگموئر در معادله ۱ نشان داده شده است.

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{k q_m} + \frac{C_e}{q_m} \quad \text{معادله ۱}$$

که به ترتیب $\left(\frac{mg}{g}\right)q_m$ ، $\left(\frac{mg}{l}\right)C_e$ ، $\left(\frac{1}{mg}\right)k$ به ترتیب حداکثر مقدار رنگ جذب شده در واحد وزن جاذب، مولکول‌های رنگ جذب نشده در محلول و همبستگی محلول‌های اتصال (ثابت لانگموئر) می‌باشند. همچنین مدل ایزوترمی لانگموئر، به‌وسیله عامل جداسازی (۱۵) و مطابق با معادله ۲ نشان داده شده است.

$$R_L = \frac{1}{1 + C_0 K} \quad \text{معادله ۲}$$

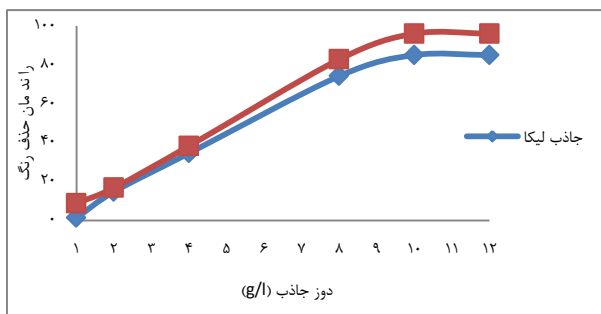
که $\left(\frac{mg}{l}\right)C_0$ غلظت اولیه رنگ متیلن بلو می‌باشد که در سه غلظت (۱۵۰-۱۰۰-۵۰) میلی‌گرم بر لیتر در محاسبات مربوطه این بخش مورد استفاده قرار گرفت.

فرم خطی ایزوترم فرن‌دلیخ در معادله ۳ نشان داده شده است.

$$\log q_e = \frac{1}{n} \log C_e + \log K_F \quad \text{معادله ۳}$$

که q_e بر حسب $\frac{mg}{g}$ ، K_F ، n به ترتیب مقدار رنگ جذب شده به ازاء هر واحد وزن جاذب، ثابت شدت جذب و ثابت ظرفیت می‌باشد که در محاسبات مربوطه این بخش مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله آخر عامل‌های R^2 ، q_m ، k و RL محاسبه گردید. پس از انجام محاسبات

بیشترین میزان حذف رنگ در غلظت ۱۰g/l به دست آمد بنابراین وزن بهینه جاذب در این تحقیق ۱۰ گرم بر لیتر در نظر گرفته شد. درخصوص هر دو جاذب مورد مطالعه با افزایش دوز جاذب تا میزان ۱۰ گرم در لیتر راندمان حذف رنگ و بار آلی به طور چشمگیری افزایش پیدا کرد. افزایش وزن جاذب از ۱۰ تا ۱۲ گرم باعث کاهش یا ثابت بودن راندمان حذف رنگ و بار آلی گردید (نمودار ۴).

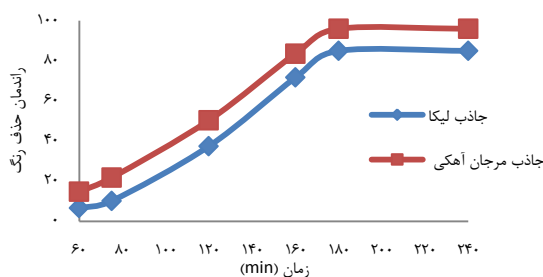


نمودار ۴- راندمان حذف رنگ تحت تأثیر متغیر دوز جاذب
غلظت mg/l=۵۰، دوز جاذب g/l=۱۰، pH=۱۱، min زمان

ابتدا با تهیه محلول‌هایی با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر از متیلن بلو و میزان جذب آنها در طول موج‌های مختلف، نتایج مربوطه تعیین طول موج بهینه به دست آمد که بر این اساس طول موج بهینه ۵۳۳ نانومتر تعیین گردید. همچنین جهت تهیه منحنی استاندارد (کالیبراسیون رنگ) محلول‌هایی با غلظت‌های مشخص ۱۵۰، ۱۲۵، ۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر از رنگ تهیه شد و مقادیر جذب آنها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین گردید.

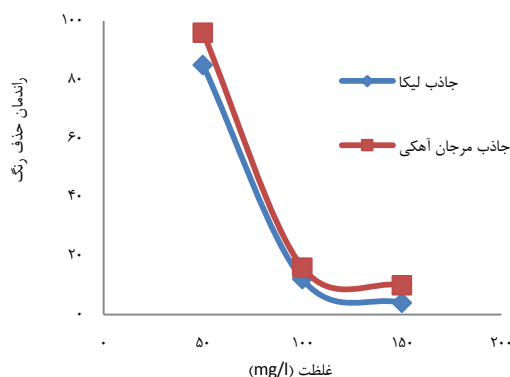
براساس ایزوترم‌های جذب و مدل‌های بررسی شده لانگموئر و فروندلیخ، مشخص گردید که فرآیند جذب از هر دو مدل ایزوترمی تبعیت می‌کند ولی جذب رنگ متیلن بلو با ایزوترم لانگموئر بیشتر مطابقت دارد. ایزوترم جذب در تحقیق حاضر در جاذب مرجان آهکی ایزوترم لانگموئر بود که نشان‌دهنده خطی بودن واکنش می‌باشد ولی ایزوترم جذب در جاذب لیکا، ایزوترم فروندلیخ بود به عبارت دیگر ایزوترم لانگموئر مدل مناسبی جهت توصیف فرآیند جذب در این مطالعه بود. ضریب رگرسیون براساس محاسبات اولیه مدل ایزوترمی لانگموئر برای جاذب لیکا و مرجان آهکی به ترتیب ۰/۹۸۷ و ۱ به دست آمد. ایزوترم فروندلیخ مربوطه جاذب لیکا و مرجان آهکی بیانگر سازگاری بیشتر جاذب لیکا با ضریب رگرسیون بالاتر (۰/۹۹۹) نسبت به جاذب مرجان آهکی با ضریب رگرسیون (۰/۷۸۱) با مدل فروندلیخ است. نتایج حاصل از مطالعات ایزوترمی و سینتیکی نشان داد تمامی مدل‌های مورد بررسی دارای ضریب رگرسیون خطی بالایی برای هر دو نوع جاذب می‌باشند.

با افزایش زمان ماند از ۶۰ دقیقه به ۱۸۰ دقیقه افزایش چشمگیری در حذف رنگ و بار آلی به دست آمد بنابراین زمان بهینه با توجه به نتایج آزمایشات ۱۸۰ دقیقه در نظر گرفته شد. در این مطالعه با افزایش زمان، راندمان حذف رنگ و بار آلی، افزایش و در زمان ۲۴۰ دقیقه به حالت تعادل رسید. راندمان جذب رنگ در استفاده از جاذب لیکا در زمان ۱۸۰ دقیقه به ۸۲ درصد و در استفاده از جاذب مرجان آهکی به ۹۶ درصد رسید (نمودار ۲).



نمودار ۲- راندمان حذف رنگ تحت تأثیر متغیر زمان
غلظت mg/l=۵۰، دوز جاذب g/l=۱۰، pH=۱۱

غلظت بهینه رنگزا با توجه به نتایج آزمایش ۵۰ میلی‌گرم در نظر گرفته شد. حذف رنگ در غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم به ترتیب در جاذب مرجان آهکی به ترتیب ۱۶ و ۱۰ درصد به دست آمد. حذف رنگ در غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم به ترتیب در جاذب لیکا ۴ و درصد بود. حذف بار آلی در غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم به ترتیب در جاذب مرجان آهکی به ترتیب ۱۲ و ۴ درصد به دست آمد. حذف بار آلی در غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم به ترتیب در جاذب لیکا به ترتیب ۱۰ و ۸/۲ درصد بود. با افزایش غلظت رنگزا نرخ حذف بار آلی و جذب رنگ کاهش یافت (نمودار ۳).



نمودار ۳- راندمان حذف رنگ تحت تأثیر متغیر غلظت
PH=۱۱، دوز جاذب، g/l ۱۰، min ۱۸۰ زمان

جذب اتفاق افتاد. پس از افزایش زمان واکنش از ۱۸۰ تا ۲۴۰ دقیقه، درخصوص هر دو جاذب افزایش بسیار کمی در میزان جذب اتفاق افتاد که این به معنی بیشترین پایداری جذب توسط جاذب در این زمان می‌باشد. این امر نشان می‌دهد که جاذب‌های لیکا و مرجان آهکی در طول این زمان تماس به حد اشباع می‌رسند و بعد از آن میزان جذب رنگ کاهش می‌یابد بنابراین باید جاذب تازه جایگزین جاذب اشباع شده گردد. همچنین نتایج آزمایشات نشان داد که میزان جذب و حذف بار آلی و سرعت رسیدن به حالت تعادل در جاذب مرجان آهکی بیشتر از جاذب لیکا می‌باشد. تحقیقی که توسط فونگار روی جذب رنگ آر او ۱۶ با کاربرد جاذب خاکستر فرار انجام شد نشان داد که میزان جذب این رنگ پس از یک ساعت به شدت کاهش می‌یابد در حالی که بیشترین میزان جذب در ۳۰ دقیقه اول صورت گرفت (۴۴). در مقایسه با جاذب‌های مورد مطالعه در این پژوهش با خاکستر فعال توسط فونگار، مشخص می‌گردد که جاذب لیکا و مرجان آهکی نسبت به جاذب خاکستر فرار دارای ظرفیت بیشتری برای حذف رنگ می‌باشند. در پژوهش دیگر با عنوان بررسی جذب رنگ متیلن بلو از محلول‌های آبی با استفاده از خاکستر ساقه گیاه پرسیکا توسط بذرافشان و همکاران، مشخص گردید که حذف رنگ بعد از ۸۰ دقیقه به میزان تعادل می‌رسد (۴۲). نتیجه به‌دست آمده از تحقیق حاضر با یافته بعضی از مطالعات همانند بررسی مقایسه‌ای جذب رنگ آر ۳ با جاذب مرجان آهکی و لیکا توسط شکوهی و همکاران که زمان بهینه ۱۸۰ دقیقه در نظر گرفته شده کاملاً مطابقت دارد (۴۱). در مطالعه حاضر با افزایش غلظت ماده رنگزا از ۵۰ mg/l به ۱۵۰ mg/l حذف ماده رنگزا کاهش یافت. به‌طوری‌که راندمان حذف رنگ از ۸۲ و ۹۶ درصد به ترتیب در استفاده از جاذب لیکا در غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ mg/l به ۱۲ و ۴ درصد و در استفاده از جاذب مرجان آهکی در غلظت ۱۰۰ و ۱۵۰ mg/l به ۱۶ و ۱۰ درصد رسید. بنابراین غلظت بهینه ماده رنگزا، ۵۰ mg/l در نظر گرفته شد. علت کاهش میزان جذب در دو جاذب مطالعه حاضر را می‌توان به کاهش سطح جذب به دلیل اشباع شدن ربط داد. در مطالعه‌های مشابه مثل جذب رنگ آر ۳ با استفاده از جاذب لیکا و مرجان آهکی توسط شکوهی و همکاران (۴۱) و بررسی جذب رنگ متیلن بلو از محیط‌های آبی با استفاده از پودر استخوان توسط عسگری و همکاران، نشان داده شده است که با افزایش غلظت ماده رنگزا، راندمان حذف رنگ کاهش می‌یابد که با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد (۴۳).

با افزایش دوز جاذب راندمان حذف رنگ هم افزایش چشم‌گیری پیدا نمود. بیشترین میزان حذف رنگ در غلظت ۱۰ g/l انجام شد بنابراین میزان بهینه دوز جاذب‌ها ۱۰ گرم بر لیتر تعیین گردید. دلیل این امر را می‌توان به افزایش سطح مخصوص جاذب با افزایش میزان جذب در محلول نسبت داد که باعث می‌شود سطح بیشتری از جاذب در

باتوجه به نتایج به‌دست آمده در مدل سینتیک‌های واکنش درجه اول و دوم کاذب در این تحقیق، نشان داده شد که حذف رنگ متیلن بلو از هر دو نوع مدل سینتیک تبعیت می‌کند با این تفاوت که ضریب رگرسیون خطی مربوط به مدل سینتیک درجه دوم کاذب، مقدار بالاتری را نشان می‌دهد پس واکنش از مدل سینتیک درجه دو تبعیت می‌کند. ضرایب مربوط به ثابت سرعت واکنش (k_1 و k_2) برای مرجان آهکی مقادیر بالاتری را نسبت به لیکا نشان داد. فرم خطی مدل سینتیک درجه اول و دوم کاذب به ترتیب در معادله ۱ و ۲ نشان داده شده است.

$$\text{معادله ۱: } \log(q_e - q_t) = \log q_e - \left(\frac{k_1 \text{ ads}}{2.303} \right) t$$

$$\text{معادله ۲: } \frac{t}{q_t} = \left(\frac{1}{\{k_2 \text{ ads} | q_e^2\}} \right) + \left(\frac{1}{q_e} \right) t$$

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که شرایط بهینه برای حذف رنگ متیلن بلو توسط جاذب لیکا و مرجان آهکی در pH برابر ۱۱، زمان تماس ۱۸۰ دقیقه، غلظت رنگزای ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و میزان جاذب ۱۰ گرم در لیتر می‌باشد. به‌طور کلی تحت شرایط بهینه میزان حذف رنگ توسط مرجان آهکی نسبت به لیکا بیشتر صورت می‌پذیرد.

بحث

تعیین ترکیبات موجود در ساختار یک جاذب یکی از مهمترین نکات مورد توجه در حذف رنگ می‌باشد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تحت شرایط بهینه میزان حذف رنگ توسط مرجان آهکی نسبت به لیکا بیشتر صورت می‌پذیرد.

pH اولیه محلول نقش قابل توجهی بر نرخ واکنش‌های شیمیایی و راندمان حذف رنگ و بار آلی دارد. pH یکی از عوامل بسیار مهم در فرآیند جذب می‌باشد به‌طوری‌که با تأثیر بر ساختار آلایند و بار سطحی جاذب اثرات خود را اعمال می‌کند. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار pH از ۳ به ۱۱ میزان جذب رنگ توسط جاذب‌ها افزایش می‌یابد و در pH برابر ۱۲ تقریباً ثابت می‌گردد. راندمان حذف رنگ در استفاده از جاذب لیکا در pH برابر ۱۱ به ۸۶٪ و در استفاده از جاذب مرجان آهکی به ۹۶٪ رسید. بنابراین pH برابر ۱۱ به عنوان pH بهینه به‌منظور انجام آزمایش‌های بعدی مدنظر قرار گرفت. نتایج این تحقیق با یافته‌های ارایه شده توسط سایر محققین همخوانی دارد. در مطالعه‌ای توسط بذرافشان و همکاران در سال ۲۰۱۲ با عنوان بررسی جذب رنگ متیلن بلو از محلول‌های آبی با استفاده از خاکستر ساقه پرسیکا، جذب رنگ با افزایش pH روند افزایشی داشته و بهینه آن ۱۱ تا ۱۳ در نظر گرفته شده است (۴۲). همچنین یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج مطالعه جذب رنگ متیلن بلو و حذف COD آن از فاضلاب سنتتیک با استفاده از خاکستر استخوان توسط عسگری و همکاران در سال ۲۰۱۱، که pH بهینه بین ۸/۵ تا ۱۲ در نظر گرفته شده بود، همخوانی دارد (۴۳). در این مطالعه در زمان ۱۸۰ دقیقه بیشترین میزان

جاذب یکی از مهم‌ترین نکات مورد توجه در حذف رنگ می‌باشد. مرجان آهکی به علت داشتن کانی آراگونیت و ساختاری کربناته در جذب و به دام انداختن یون‌های رنگ دارای قدرت بهتر و پایدارتری نسبت به لیکا با ساختاری سیلیکاته به دلیل حضور فراوان کانی کوارتز می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از مطالعات ایزوترمی و سینتیکی نشان داد تمامی مدل‌های مورد بررسی دارای ضریب رگرسیون خطی بالایی برای هر دو نوع جاذب می‌باشند که این امر نشان‌دهنده وجود محل‌های قابل جذب هتروژن برای مولکول‌های رنگی می‌باشد که به صورت یکنواخت در سطح جاذب توزیع شده‌اند. مرجان آهکی و لیکا به عنوان جاذب‌های ارزان قیمت نسبت به جاذب‌های اصلی نظیر کربن فعال می‌تواند در آینده به صورت گسترده‌ای برای جذب آلاینده‌های محلول در آب و فاضلاب مورد استفاده قرار گیرند. استفاده از این جاذب‌ها به دلیل دارا بودن دانسیته مناسب، قابلیت ته‌نشینی سریع و عدم باقیمانده مؤثر در پساب، می‌تواند کاربرد آسان‌تری نسبت به سایر جاذب‌ها داشته باشد.

در راستای عملیاتی شدن کاربرد این جاذب‌ها در حذف رنگ در مقیاس واقعی، پیشنهادات ذیل ارائه می‌گردد:

- ۱- مطالعه جذب سایر آلاینده‌های آلی توسط جاذب‌های طبیعی مثل لیکا و مرجان آهکی در مورد روغن‌ها، پاک‌کننده‌ها و اسیدهای آلی که به فراوانی در فاضلاب نساجی یافت می‌شوند.
- ۲- مطالعه توجیه اقتصادی انجام فرآیند جذب توسط جاذب‌های طبیعی.
- ۳- مطالعه جذب آلاینده‌های معدنی توسط جاذب‌های طبیعی مثل مرجان آهکی، لیکا به‌ویژه فلزات سنگین.
- ۴- مطالعه و تأثیر دما بر فرآیند جذب توسط جاذب‌های طبیعی مثل مرجان آهکی و لیکا.
- ۵- مطالعه امکان استفاده از این جاذب در مقیاس واقعی.
- ۶- مطالعه تغییرات فیزیکی و شیمیایی ساختار جاذب‌های مورد مطالعه در راستای افزایش راندمان جذب.

تشکر و قدردانی

این مطالعه بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی محیط زیست گرایش آب و فاضلاب آقای سیدامین آل‌یاسین می‌باشد. لذا بدین وسیله از راهنمایی‌های دلسوزانه استاد ارجمند جناب آقای دکتر نادر مختارانی و همچنین سایر دوستان در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

1. Paul J, Rawat KP, Sarma KS, Sabharwa SI. Decoloration and degradation of Reactive Red-120 dye by electron beam irradiation in aqueous solution. Applied Radiation and Isotopes 2011;69:982-7. doi: 10.1016/j.apradiso.2011.03.009

تماس با محلول رنگ قرار بگیرد. در مطالعه مشابهی، ژو برای حذف رنگ و بار آلی از پسماندهای کشاورزی از جمله سیوس برنج استفاده کرد و مشاهدات او نشان داد که با افزایش غلظت جاذب میزان جذب افزایش می‌یابد ولی ظرفیت جذب بعد از ۱۰g/l کاهش می‌یابد (۴۵). در مطالعه‌ای دیگر با عنوان بررسی جذب رنگ متیلن بلو از محلول‌های آبی با استفاده از خاکستر ساقه گیاه پرسیکا توسط بذرافشان و همکاران، مشخص گردید که با افزایش دوز جاذب میزان حذف بیشتر و در دوز ۱۰g/l به میزان حداکثر می‌رسد و سپس اشباع می‌گردد که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد (۴۲). در تحقیقی دیگر توسط شکوهی و همکاران با موضوع بررسی مقایسه ایی جذب رنگ ۳ آر با جاذب‌های لیکا و مرجان آهکی مقدار بهینه جاذب ۱۰g/l در نظر گرفته شد که با نتیجه تحقیق انجام شده کاملاً مطابقت دارد (۴۱).

جاذب مرجان آهکی با ضریب رگرسیون ۱ و جاذب لیکا با ضریب ۰/۹۸۷ نشان داد که جذب شونده‌ها به صورت یک تک لایه بر سطح جاذب مرجان آهکی و یکنواخت بر روی لیکا جذب گردیده‌اند که علت این امر را می‌توان به وجود محل‌های هتروژن قابل جذب برای مولکول‌های رنگ بر روی سطح جاذب‌های مورد مطالعه نسبت داد که به صورت یکنواخت بر روی سطح جاذب گسترش یافته‌اند که با مدل ایزوترمی تحقیق جذب رنگ ۳ آر توسط جاذب لیکا و مرجان آهکی توسط شکوهی و همکاران مطابقت دارد (۴۱). معادلات ایزوترم فرنللیخ برای جاذب لیکا و مرجان آهکی بیانگر سازگاری بیشتر جاذب لیکا با ضریب رگرسیون بالاتر (۰/۹۹۹) نسبت به جاذب مرجان آهکی با ضریب رگرسیون (۰/۷۸۱) با مدل فرنللیخ است. معادله فرنللیخ کاملاً براساس جذب بر سطح ناهمگون بوده است، که مربوط به ظرفیت و شدت جذب و بیانگر جذب بهتر رنگ متیلن بلو بر روی جاذب لیکا می‌باشد که با نتایج ایزوترمی مطالعه عسگری و همکاران در جذب رنگ متیلن بلو توسط جاذب پودر استخوان مطابقت دارد (۴۳). براساس نتایج این مطالعه و مطالعات مشابه می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که نمی‌توان یک مدل واحدی برای جذب آلاینده‌ها ارائه داد و مدل جذب تابعی از نوع آلاینده و جاذب مورد استفاده می‌باشد. مدل سینتیکی‌های واکنش درجه اول و دوم کاذب در این تحقیق نشان داد که سینتیکی حذف رنگ مورد مطالعه از هر دو نوع مدل سینتیکی تبعیت می‌کند با این تفاوت که ضریب رگرسیون خطی مربوط به مدل سینتیکی درجه دوم کاذب مقدار بالاتری را نشان می‌دهد. پس واکنش از مدل سینتیکی درجه دو تبعیت می‌کند. ضرایب مربوط به ثابت سرعت واکنش (k_1 و k_2) برای مرجان آهکی مقادیر بالاتری را نسبت به لیکا نشان می‌دهد که این نشان‌دهنده جذب بهتر رنگ بر روی جاذب مرجان آهکی می‌باشد که با نتایج مطالعه شکوهی و همکاران مطابقت دارد (۴۱). تعیین ترکیبات موجود در ساختار یک

2. Lima EC, Royer B, Vaghetti JC, Simon NM, da Cunha BM, Pavan FA, et al. Application of Brazilian pine-fruit shell as a biosorbent to removal of reactive red 194 textile dye from aqueous solution Kinetics and equilibrium study. *J Hazard Mater* 2008;155:536-50. doi: 10.1016/j.jhazmat.2007.11.101
3. Royer B, Cardoso NF, Lima EC, Vaghetti JC, Simon NM, Calvete T, et al. Applications of Brazilian-pine fruit shell in natural and carbonized forms as adsorbents to removal of methylene blue from aqueous solutions - kinetic and equilibrium study. *J Hazard Mater* 2009;164:1213-22. doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.09.028
4. Royer B, Cardoso NF, Lima EC, Macedo TR, Airoidi C. A useful organofunctionalized layered silicate for textile dye removal. *J Hazard Mater* 2010;181:366-74. doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.05.019
5. Brookstein DS. Factors associated with textile pattern dermatitis caused by contact allergy to dyes, finishes, foams, and preservatives. *Dermatol Clin* 2009;27:309-22. doi: 10.1016/j.det.2009.05.001
6. Alves de Lima RO, Bazo AP, Salvadori DM, Rech CM, de Palma Oliveira D, de Aragão Umbuzeiro G. Mutagenic and carcinogenic potential of a textile azo dye processing plant effluent that impacts adinking water source. *Mutat Res* 2007;626:53-60.
7. Carneiro PA, Umbuzeiro GA, Oliveira DP, Zanoni MV. Assessment of water contamination caused by a mutagenic textile effluent/dyehouse effluent bearing disperse dyes. *J Hazard Mater* 2010;174:694-9. doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.09.106
8. Rafatullah M, Sulaiman O, Hashim R, Ahmad A. Adsorption of methylene blue on low-cost adsorbents: A review. *J Hazard Mater* 2010;177:70-80. doi:10.1016/j.jhazmat.2009.12.047
9. Ponnusami V, Madhuram R, Krithika V, Srivastava SN. Effects of process variables on kinetics of methylene blue sorption onto untreated guava (psidium guajava) leaf powder: statistical analysis. *Chemical Engineering Journal* 2008;140:609-13. doi: 10.1016/j.cej.2007.11.003
10. Liu HL, Chiou YR. Optimal decolorization efficiency of reactive red 239 by UV/ZnO photocatalytic process. *Journal of the Chinese Institute of Engineers (JCIE)* 2006;37:289-98.
11. Allegre C, Moulin P, Maisseu M, Charbit F. Treatment and reuse of reactive dyeing effluents. *Journal of Membrane Science* 2006;269:15-34. doi: 10.1016/j.memsci.2005.06.014
12. Netpradit S, Thiravetyan P, Towprayoon S. Application of 'waste' metal hydroxide sludge for adsorption of azo reactive dyes. *Water Res* 2003;37:763-72. doi: 10.1016/S0043-1354(02)00375-5
13. Koyuncu I. Reactive dye removal in dye/salt mixtures by nanofiltration membranes containing vinylsulphone dyes: effects of feed concentration and cross flow velocity. *Desalination* 2002;143:243-53. doi: 10.1016/S0011-9164(02)00263-1
14. Namasivayam C, Kavitha D. Removal of congo red from water by adsorption onto activated carbon prepared from coir pith, an agricultural solid waste. *Dyes Pigments* 2002;54:47-58. doi: 10.1016/S0143-7208(02)00025-6
15. Aksu Z, Karabayir G. Comparison of biosorption properties of different kinds of fungi for the removal of Gryfalan Black RL metal-complex dye. *Bioresour Technol* 2008;99:7730-41. doi: 10.1016/j.biortech.2008.01.056
16. Vijayaraghavan K, Yeoung-Sang Y. Biosorption of C.I. reactive black 5 from aqueous solution using acid-treated biomass of brown seaweed *Laminaria* sp. *Dyes and Pigments* 2008;76:726-32. doi: 10.1016/j.dyepig.2007.01.013
17. Kapdan IK, Kargi F. Simultaneous biodegradation and adsorption of textile dyestuff in an activated sludge unit. *Process Biochemistry* 2002;37:973-81. doi: 10.1016/S0032-9592(01)00309-0
18. Kusvuran E, Gulnaz O, Samil A, Yildirim O. Decolorisation of malachite green decolorisation kinetics and stoichiometry of ozone-malachite green and removal of antibacterial activity with ozonation processes. *J Hazard Mater* 2011;186:133-43. doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.10.100
19. Cooper P. Removing colour from dyehouse waste waters-a critical review of technology available. *J. Soc. Dyes and Pigments* 1993;109:97-100. doi: 10.1111/j.1478-4408.1993.tb01536.x
20. Solozhenko EG, Soboleva NM, Goncharuk VV. Decolorization of azo dye solutions by Fenton's oxidation. *Water Res* 1995;29:2206-10. doi: 10.1016/0043-1354(95)00042-J
21. Clark T, Bruce M, Anderson S. Decolorisation of extraction stage bleach plant effluent by combined hypochlorite oxidation and anaerobic treatment. *Water Sci Technol* 1994;29:421-32.
22. Yu S, Liu M, Ma M, Qi M, Lu Z, Gao C. Impacts of membrane properties on reactive dye removal from dye/salt mixtures by asymmetric cellulose acetate and composite polyamide nanofiltration membranes. *J Membr Sci* 2010;350:83-91. doi: 10.1016/j.memsci.2009.12.014
23. Mahvi AH, Ghanbarian M, Nasser S, Khairi A. Mineralization and discoloration of textile wastewater by TiO₂ nanoparticles. *Desalination* 2009;239:309-16. doi: 10.1016/j.desal.2008.04.002
24. Maleki A, Mahvi AH, Ebrahimi R, Zandsalimi Y. Study of photochemical and sonochemical processes efficiency for degradation of dyes in aqueous solution. *Korean J Chem Eng* 2010;27:1805-10.[Persian].
25. Dehghani MM, Mesdaghinia AR, Nasser S, Mahvi AH, Azam K. Application of SCR technology for degradation of reactive yellow dye in aqueous solution. *Water Qual Res J Can* 2008;43:183-7.[Persian].
26. Gholami-Borujeni F, Mahvi A, Naseri S, Faramarzi MA, Nabizadeh R, Alimohammadi M. Application of immobilized horseradish peroxidase for removal and detoxification of azo dye from aqueous solution. *Res J Chem Environ* 2011;15:217-22.[Persian].
27. Gholami-Borujeni F, Mahvi A, Nasser S, Faramarzi MA, Nabizadeh R, Alimohammadi M. Enzymatic treatment and detoxification of acid orange 7 from textile wastewater. *Appl Biochem Biotechnol* 2011; 165:1274-1284. doi: 10.1007/s12010-011-9345-5
28. Erdem E, Donat R. The removal of textile dyes by diatomite earth. *J Colloid Interface Sci* 2005; 282:314-9. doi:10.1016/j.jcis.2004.08.166
29. Khraisheh MA, Al-Ghouti MA, Allen SJ, Ahmad MN. Effect of OH and silanol groups in the removal of dyes from aqueous solution using diatomite. *Water Res* 2005;39:922-32. doi: 10.1016/j.watres.2004.12.008
30. Demirbas E, Kobya M, Sulak MT. Adsorption kinetics of a basic dye from aqueous solutions onto apricot stone activated carbon. *Bioresour Technol* 2008;99:5368-73. doi: 10.1016/j.biortech.2007.11.019
31. Malik PK. Dye removal from wastewater using activated carbon developed from sawdust:adsorption equilibrium and kinetics. *J Hazardous Materials* 2004; B113:81-8.
32. Asouhidou D, Triantafyllidis KS, Lazaridis NK, Matis KA, Kim SS, Pinnavaia TJ. Sorption of reactive dyes from aqueous solutions by ordered hexagonal and disordered mesoporous carbons. *Microporous and Mesoporous Materials* 2009;117:257-67. doi: 10.1016/j.micromeso.2008.06.034
33. Lazaridis NK, Karapantsios TD, Georgantas D. Kinetic analysis for the removal of a reactive dye from aqueous solution onto hydrotalcite by adsorption. *Water Res* 2003;37:3023-33. doi: 10.1016/S0043-1354(03)00121-0
34. Lambert SD, Graham N, Sollars CJ, Fowler GD. Evaluation of inorganic adsorbents for the removal of problematic textile dyes and pesticides. *Water Sci Technol* 1997;36:173-80. doi: 10.1016/S0273-1223(97)00385-5
35. Rosa S, Laranjeira MC, Riela HG, Favere VT. Cross-linked quaternary chitosan as an adsorbent for the removal of the reactive dye from aqueous solutions. *J Hazard Mater* 2008;155:253-60. doi: 10.1016/j.jhazmat.2007.11.059

36. Chiou M, Li H. Equilibrium and kinetic modeling of adsorption of reactive dye on cross-linked chitosan beads. *J Hazard Mater* 2002;93:233-48. doi: 10.1016/S0304-3894(02)00030-4
37. Cicek F, Ozer D, Ozer A, Ozer A. Low cost removal of reactive dyes using wheat bran. *J Hazard Mater* 2007;146:408-16. doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.12.037
38. Wang XS, Zhou Y, Jiang Y, Sun C. The removal of basic dyes from aqueous solutions using agricultural by-products. *J Hazard Mater* 2008;157:374-85. doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.01.004
39. Khraisheh MA, Al-Ghouti MA, Allen SJ, Ahmad MN. Effect of OH and silanol groups in the removal of dyes from aqueous solution using diatomite. *Water res* 2005;39:922-32. doi: 10.1016/j.watres.2004.12.008
40. Bhatnagar A, Sillanpaa M. Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water treatment-A review. *Chem Eng J* 2010;157:277-96. doi: 10.1016/j.cej.2010.01.007
41. Shookohi MR, Zarrabi M, Samadi MT, Samarghandi MR, Karimian K. A comparative study of removal efficiency for reactive orange 3R from aqueous solution using coral limestone granule and LECA granule. *J Health* 2013;4:217-31.[Persian].
42. Paul J, Rawat KP, Sarma KS, Sabharwal S. Decoloration and degradation of reactive red-120 dye by electron beam irradiation in aqueous solution. *Appl Radiat Isot* 2011;69:982-7. doi: 10.1016/j.apradiso.2011.03.009
43. Ghanizade G, Asgari Gh. Removal of methylene blue dye from synthetic wastewater with bone char. *IJHE* 2009;2:104-13.
44. Denise A, Sueli Ivone B, Terezinha Elizabeth M. Adsorption of reactive orange 16 onto zeolite synthesized from fly ash: kinetics and equilibrium studies. *Proceedings of the Symposium Brazil- japan in Economy, Science and Technological innovation*. 2008 June 14-16; Sao Paulo - SP, Brazil. 117-24.
45. Guo Y, Yang S, Fu W, Qi J, Li R, Wang Z, et al. Adsorption of malachite green on micro and mesoporous rice husk-based active carbon. *Dyes and Pigments* 2003;56:219-29. doi:10.1016/S0143-7208(02)00160-2



A Comparative Study of Removal Efficiency for Methylene Blue Aqueous Solution Using Coral Limestone Granule and LECA Granule from of Synthetic Wastewater

Seyd Omid Al Yasin (Ph.D. Student)¹, Mohammad Khoshgoftar (M.Sc.)², Nader Mokhtarani (Ph.D.)³,
Abdolrahim Yusefzadeh (M.Sc.)^{4*}

1- Dept. of Environmental Health Engineering, Deputy Health, Arak University of Medical Sciences, Arak, Iran.

2- Dept. of Environmental Health Engineering, Deputy Health, Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran.

3- Dept. of Environment, School of Environment, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

4- Young Researchers and Elite Club, Sardasht Branch, Islamic Azad University, Sardasht, Iran.

5- Young Researchers and Elite Club, Uromyeh Branch, ISLAMIC Azad University, Uromyeh, Iran.

Received: 13 July 2017, Accepted: 26 July 2017

Abstract:

Introduction: Dyes are one of the main pollutants in textile wastewater and due to their molecular structures, they are usually toxic, carcinogen and persistent in the environment. Therefore, the aim of present work was to compare the efficiency of LECA and coral limestone to remove Methylene Blue aqueous solution from synthetic wastewater.

Methods: This work is a basic-applied study in which, LECA and coral limestone were used as efficient adsorbents for removal of Methylene Blue aqueous solution. The parameters studied included adsorbent weight, contact time, dye concentration and solution pH. As well, data acquired from equilibrium constant were evaluated using various isotherm and kinetic models.

Results: The results of the experiments showed that absorption of Dye by both absorptions was increased by increasing the pH, contact time and adsorbent dosage. By increasing the concentration of dye from 50 mg/l to 100 and 150 mg/l, the removal efficiency of organic matter and color has been reduced. The results showed that constant equilibrium data obeyed both isotherm models, With the difference that Langmuir isotherm model showed a higher correlation coefficient in the use of calcareous coral absorber ($R^2= 1$) and higher LECA absorption coefficient ($R^2= 0.999$) in using Freundlich model. Also checking the data showed that kinetics of methylene blue removal is followed by both kinetic models that in this case, the second-order kinetic equation showed a higher correlation coefficient ($R^2.870$).

Conclusion: According to the results, it was determined that coral limestone has higher efficiency than LECA in removal of Methylene Blue aqueous solution. The use of these adsorbents due to rapid sedimentation and lack of effective residual in the wastewater can be easier to use than other adsorbents.

Keywords: Adsorption, Coral limestone granule, LECA granule, Methylene blue, Textile Industries.

Conflict of Interest: No

*Corresponding author: A. Yusefzadeh, Email: r.yusefzadeh@gmail.com

Citation: Al Yasin SO, Khoshgoftar M, Mokhtarani N, Abdolrahim Yusefzadeh. A comparative study of removal efficiency for methylene blue aqueous solution using coral limestone granule and LECA granule from of synthetic wastewater. Journal of Knowledge & Health 2017;12(2):32-41.