



اثربخشی کربن فعال حاصل از چوب بلوط پوشش داده شده با اکسید منیزیم در حذف رنگ

برمو کروزول سبز: ایزوترم و سینتیک‌ها

محمدامین کرمی^۱، محمد درویش‌متولی^۲، زهره حیدری‌منش^۳، بهرام کمره‌یی^{۴*}

۱- استادیار- گروه مهندسی بهداشت محیط- دانشکده بهداشت و تغذیه- دانشگاه علوم پزشکی لرستان- لرستان- ایران.

۲- دانشجوی دکتری- گروه مهندسی بهداشت محیط- دانشکده بهداشت- دانشگاه علوم پزشکی اصفهان- اصفهان- ایران.

۳- کارشناسی ارشد- مهندسی محیط زیست- دانشگاه آزاد اسلامی اهواز- اهواز- ایران.

۴- دانشیار- گروه مهندسی بهداشت محیط- دانشکده بهداشت و تغذیه- دانشگاه علوم پزشکی لرستان- لرستان- ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۲۴، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۱۷

چکیده

مقدمه: حذف رنگ‌های صنعتی از پساب صنایع نساجی برای حفظ منابع آب و محیط زیست ضروری است. هدف این مطالعه، حذف رنگ برمو کروزول سبز از محلول‌های آبی توسط کربن فعال حاصل از چوب بلوط بود.

مواد و روش‌ها: از کربن فعال حاصل از چوب بلوط پوشش داده شده با اکسید منیزیم (MgO/AC) جهت حذف رنگ برمو کروزول سبز به‌عنوان یک رنگ صنعتی از محلول‌های آبی استفاده شد. تأثیر متغیرهای مختلف شامل pH اولیه محلول، زمان تماس، مقدار جاذب و غلظت اولیه رنگ بر کارایی حذف رنگ بروموکروزول سبز مورد مطالعه قرار گرفت. به‌منظور درک چگونگی فرایند جذب، داده‌های به‌دست آمده با ایزوترم‌های لانگمیر، فروندلیچ و تمکین برازش شدند.

نتایج: نتایج نشان داد که بالاترین راندمان حذف رنگ بروموکروزول سبز (حدود ۹۲/۶٪) در $pH=3$ در زمان ۴ دقیقه و دوز جاذب 4 g/L برای غلظت رنگ 20 mg/L به‌دست آمد. نتایج برازش با ایزوترم‌ها نشان داد جذب رنگ بروموکروزول سبز از ایزوترم فروندلیچ ($R^2=0/9969$) و سینتیک شبه درجه دوم ($R^2=0/9955$) پیروی می‌کند.

نتیجه‌گیری: کربن فعال استفاده شده در این مطالعه می‌تواند به‌عنوان جاذبی کارا و مناسب برای حذف رنگ از محیط‌های آبی (به‌خصوص در غلظت‌های کم) مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: بروموکروزول سبز، محلول‌های آبی، کربن فعال، جاذب، جذب سطحی.

*نویسنده مسئول: دانشگاه علوم پزشکی لرستان- دانشکده بهداشت و تغذیه- گروه مهندسی بهداشت محیط، تلفن: ۰۶۶۳۳۴۱۲۳۰۹، نمابر: ۰۶۶۳۳۴۱۲۳۰۹

Email: b.kamarehie@gmail.com

ارجاع: محمدامین کرمی، درویش‌متولی محمد، حیدری‌منش زهره، کمره‌یی بهرام. اثربخشی کربن فعال حاصل از چوب بلوط پوشش داده شده با اکسید منیزیم در حذف رنگ برمو کروزول سبز: ایزوترم و سینتیک‌ها. مجله دانش و تندرستی در علوم پایه پزشکی ۱۴(۳):۴۲-۵۱.

مقدمه

افزایش جمعیت، توسعه صنعتی و گسترش روز افزون صنایع، محدودیت منابع آبی و آلوده شدن منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی گروه مهمی از چالش‌های اجتماعی-اقتصادی و زیست‌محیطی عصر حال حاضر به‌شمار می‌آیند. آلودگی آب به‌عنوان یک معضل جدی در سطح جهانی مطرح بوده که منجر به انتشار بیماری و مرگ در سطح جهانی و مخصوصاً در کشورهای در حال توسعه می‌شود (۱ و ۲).

پساب‌های صنعتی معمولاً، یکی از عمده‌ترین صنایع آلاینده محیط زیست و آب‌های سطحی به‌شمار می‌روند. صنایع نساجی یکی از عمده‌ترین صنایع پایه در هر کشور محسوب می‌شود و مشخصه اصلی پساب این نوع صنایع، رنگی بودن آنها بوده که به‌دلیل استفاده از مواد رنگی در این گونه صنایع می‌باشد (۳). رنگ‌ها به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان یک ماده خام اصلی در صنایعی مانند نساجی، لاستیک، پلاستیک، کاغذ، چرم، آرایشی بهداشتی، چاپ، غذا و دارو استفاده می‌شوند. حدود ۱۰ درصد از رنگ‌ها به‌عنوان پساب رنگی صنعتی بعد از فرایندهای تولید و عملیات مختلف صنعتی به شکل فاضلاب تخلیه می‌شوند (۴). سالانه بیش از ۱۰۰۰۰ ماده رنگی تولید شده و ۷۰۰۰۰ تن از انواع رنگ‌ها به صورت تجاری در سطح جهانی وجود دارند (۵). تخلیه فاضلاب‌های رنگی تصفیه نشده به بدنه‌های آبی منجر به مشکلات زیست محیطی مانند تخلیه اکسیژن آب و کاهش نفوذ نور خورشید شده که حیات گونه‌های آبی را با خطر مواجه می‌کند. علاوه بر این مطالعات مختلف ارتباط بین سمیت و سرطان‌زایی برای انسان را با فاضلاب‌های صنعتی حاوی رنگ نشان داده‌اند (۶-۸). به‌منظور حفظ سلامت انسان و محیط زیست، بهره‌گیری از روش‌های ارزان قیمت و اقتصادی در حذف رنگ از فاضلاب‌های نساجی و کارخانه‌های تولید رنگ به‌عنوان یک نیاز ضروری در کشورهای در حال توسعه مطرح می‌باشد (۶ و ۹). تاکنون روش‌های مختلفی به‌منظور کاهش ورود فاضلاب‌های رنگی به آب‌های سطحی مطالعه شده‌اند. از جمله این روش‌ها می‌توان به استفاده از منعقدکننده‌ها، عوامل اکسیدکننده، غشاهای فرایندهای فتوکاتالیستی، فرایندهای الکتروشیمیایی و فرایندهای بیولوژیکی اشاره کرد (۴ و ۱۰). این روش‌ها معایبی مانند هزینه بالا، تولید لجن و عدم انتخابی بودن را دارند. یکی از فرایندهایی که به‌طور گسترده و مؤثر جهت حذف آلاینده‌ها از فاضلاب صنعتی به‌کار گرفته شده است، جذب سطحی می‌باشد. جذب سطحی مؤثرترین و اقتصادی‌ترین روش جهت حذف رنگ در سطح جهانی می‌باشد. عدم حساسیت به مواد سمی، بهره‌برداری در دامنه وسیعی از دماها و pH، سهولت در امر بهره‌برداری و لجن تولیدی پایین از مزایای روش جذب سطحی می‌باشد (۱۱). کربن فعال به‌عنوان معمول‌ترین جاذب جهت تصفیه پساب در مقیاس صنعتی استفاده شده است. کربن فعال با دارا بودن ویژگی‌هایی مانند مساحت سطحی بالا،

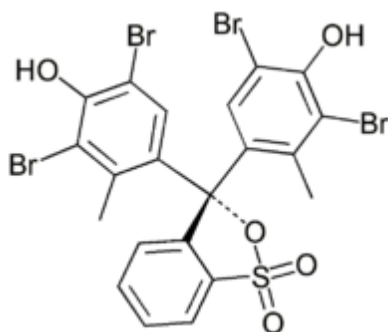
ساختار متخلخل، خواص شیمیایی سطحی متغیر و قدرت مکانیکی بالاتر، پتانسیل بالایی را جهت تصفیه و حذف بسیاری از آلاینده‌های مقاوم به آن داده است (۴).

یکی از رنگ‌های مورد استفاده در صنعت، برمو کروزول سبز می‌باشد. این رنگ (متعلق به خانواده تری فنیل متان) به‌طور عمومی به‌عنوان شناساگر و جهت شناسایی DNA مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این در صنایع بافندگی مانند کتان و پارچه‌های کتان کاربرد دارد. در محیط‌های اسیدی به‌صورت جامد قهوه‌ای روشن و در محیط‌های بازی به‌صورت جامد سبز تیره نمایان می‌شود (۱۲).

اخیراً فرایند حذف رنگ برمو کروزول سبز توسط جاذب‌هایی مانند زیزیفوس نومولاریا (۱۳)، گرانیت (۱۴)، خاک رس (۱۵)، جاذب نانوفیبر کیتین (۱۶) و جاذب پنتا آزا تترا اتیلن ساپورت شده بر روی پلی آکریل آمید (۱۷) مورد مطالعه قرار گرفته است. بررسی منابع در دسترس نشان داد که تاکنون مطالعه‌ای در رابطه با حذف رنگ بروموکروزول سبز با استفاده از کربن فعال تولید شده از چوب بلوط پوشش داده شده با اکسید منیزیم انجام نشده است. مطالعه حاضر با هدف بررسی حذف رنگ بروموکروزول سبز از محلول‌های آبی با استفاده از کربن فعال تولید شده از چوب بلوط پوشش داده شده با اکسید منیزیم انجام شد. اثر متغیرهای مختلف بر حذف رنگ بررسی شد. همچنین به‌منظور توصیف چگونگی جذب و حذف آلاینده توسط جاذب، ایزوترم و سینتیک فرایند مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

کلرید روی، نیترات منیزیم و برمو کروزول سبز از شرکت سیگما آلدريج خریداری شدند و بدون خالص‌سازی مورد استفاده قرار گرفتند. اسید کلریدریک از شرکت سامچون خریداری و استفاده شد. در شکل ۱ شمایی از ساختار مولکولی رنگ برمو کروزول سبز نشان داده شده است.



شکل ۱- ساختار مولکولی رنگ برمو کروزول سبز

به‌منظور خرد کردن چوب بلوط و تبدیل آن به قطعات ریز از آسیاب توپی استفاده شد. همچنین برای جداسازی مواد جامد از حلال سانتیفریوژ استفاده شد. از کوره الکتریکی با مدل Lenton

متغیرهای مورد بررسی تمام مراحل آزمایش در سه مرحله انجام شد و از میانگین آزمایشات برای نتیجه‌گیری نهایی استفاده گردید. جهت انجام آزمایشات در هر مرحله ۴۰ ml محلول حاوی رنگ با غلظت‌های تعریف شده (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰) و در ۵، ۹، ۱۱، ۳ pH آماده و به یک ارلن مایر با حجم ۱۰۰ ml انتقال داده شد، سپس محلول رنگ در زمان‌های تماس ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ دقیقه به وسیله دستگاه همزن الکتریکی با سرعت ۱۲۰ rpm مخلوط گردید. پس از پایان هر دوره عملیات، به منظور حذف عوامل مداخله گر در تعیین غلظت نمونه مجهول، محلول را با سرعت ۶۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ نموده و میزان غلظت باقی‌مانده در محلول با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۵۴ نانومتر قرائت گردید و به این ترتیب از روی منحنی استاندارد، میزان باقی مانده رنگ و درصد حذف مشخص گردید (۲۰، ۲۱). برای تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار اکسل و ضریب رگرسیون استفاده گردید. کارایی سیستم برحسب مقدار جزء جذب شده در واحد جرم جسم جاذب (qe(mg/g)) و کارایی حذف رنگ به ترتیب مطابق معادلات (۱) و (۲) تعیین شد.

$$qe = \frac{(C_0 - C_e)V}{M} \quad \text{معادله (۱)}$$

$$\text{Removal (\%)} = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} 100 \quad \text{معادله (۲)}$$

در این روابط C_0 و C_e غلظت اولیه و تعادلی رنگ در محلول (mg/L) و V حجم محلول (L) و M وزن جاذب (g) می‌باشد (۲۶). ارزیابی سینتیک واکنش‌ها گامی اساسی در جهت تعیین عوامل مؤثر بر سرعت واکنش‌ها به حساب می‌آید (۲۲). در مطالعه حاضر از دو مدل لاگرگرن (شبه درجه یک) و معادله هو (شبه درجه دوم) استفاده شد، در مدل شبه درجه اول سرعت تغییرات مصرف جسم حل شده در زمان به‌طور مستقیم متناسب با تغییرات در غلظت اشباع و مقدار مصرف جاذب با زمان می‌باشد. فرم خطی سینتیک مرتبه اول و مرتبه دوم در معادله ۳ و ۴ نشان داده شده است.

$$\text{Log}(qe - qt) = \log(qe) - \frac{k_1}{2.303} t \quad \text{معادله (۳)}$$

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 qe^2} + \frac{t}{qe} \quad \text{معادله (۴)}$$

در این معادلات، qe برابر مقدار رنگزای جذب شده در حالت تعادل (mg/g)، qt مقدار رنگزای جذب شده در زمان t (mg/g)، k_1 ثابت تعادلی سرعت سینتیک مرتبه اول (1/min) و k_2 ثابت تعادلی سرعت سینتیک مرتبه دوم (mg.g.min⁻¹) می‌باشد (۲۱ و ۲۲).

ایزوترم‌های جذب، معادلاتی برای تشریح حالت تعادل جزء جذب شونده بین فاز جامد و سیال می‌باشد (۲۳). ایزوترم‌های جذب می‌توانند به توصیف چگونگی واکنش جذب شونده‌ها با مواد جاذب کمک کنند و در بهینه‌سازی میزان مصرف جاذب نقش اساسی دارند (۲۴). در این مطالعه به‌منظور ارزیابی چگونگی جذب، داده‌های به‌دست آمده با ایزوترم‌های لانگمیر، فروندلیچ و تمکین برازش داده شدند.

(Johannesburg South Africa) برای خشک کردن و کلسینه کردن مواد جامد استفاده شد. جهت تعیین pH از pH متر مدل Metrohm (Netherland) استفاده شد. برای تعیین طیف مادون قرمز در گستره ۴۰۰-۴۰۰۰ cm⁻¹ فاز بلوری توسط الگوی پراش اشعه x به ترتیب از دستگاه‌های FT-IR استفاده از قرص KBr و دستگاه Philips X-Pert (USA) MPD استفاده شد. در نهایت بررسی‌های ساختاری و مورفولوژی سطح توسط میکروسکوپ روبش الکترونی MIRA3TESCAN (USA) با ولتاژ ۲۵ کیلو ولت انجام شد.

مطالعه حاضر یک مطالعه تجربی و در مقیاس آزمایشگاهی بود. ابتدا مقدار کافی از چوب بلوط از جنگل‌های بلوط شهرستان خرم‌آباد تهیه شد. به‌منظور حذف ناخالصی‌ها، چوب بلوط با آب مقطر شستشو داده شد. سپس چوب‌های شسته شده را در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس در دستگاه فور به مدت ۲۴ ساعت خشک نموده تا رطوبت آن حذف گردد. چوب‌های خشک شده توسط آسیاب خرد شده و در اندازه‌های ۲ میلی‌متری مش بندی گردید. در مرحله فعال‌سازی شیمیایی، قطعات چوب بلوط خرد شده توسط اسید فسفریک یک نرمال (به‌عنوان ماده فعال‌کننده) با نسبت وزنی w/w: ۱/۱۰ (چوب بلوط/اسید فسفریک) آغشته گردید و به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار داده شد تا اسید فسفریک به‌طور کامل جذب قطعات چوب گردد. به‌منظور خشک شدن نهایی، قطعات چوب به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس فور قرار داده شدند، سپس قطعات خرد شده چوب بلوط داخل بوته چینی گذاشته و در کوره الکتریکی با دمای اولیه ۵۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه و دمای ثانویه ۷۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه حرارت داده شد تا کربن فعال موردنظر تهیه گردد (۱۸ و ۱۹).

جهت اصلاح کربن فعال حاصله از روش پوشش‌دهی عمقی با اکسید منیزیم (MgO) استفاده شد. بدین منظور ۵۲/۵۵ گرم از نیترات منیزیم را در یک لیتر آب مقطر حل کرده و ۳ میلی‌لیتر سود ۱ نرمال به آن افزوده شد. مخلوط موردنظر به مدت ۱۰ دقیقه به هم زده شد و به دنبال آن ۵۰ گرم از کربن فعال حاصل از چوب بلوط در مخلوط ریخته و به مدت یک ساعت هم زده شد و به مدت ۱ ساعت به حالت سکون قرار گرفت. مایع رویی آن تخلیه شده و گرانوله‌های کربن فعال که با هیدروکسید منیزیم پوشش داده شده‌اند به مدت ۳ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌منظور خشک شدن قرار داده شد. در نهایت ترکیب حاصله به مدت ۲ ساعت در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد جهت کلسینه شدن قرار گرفت.

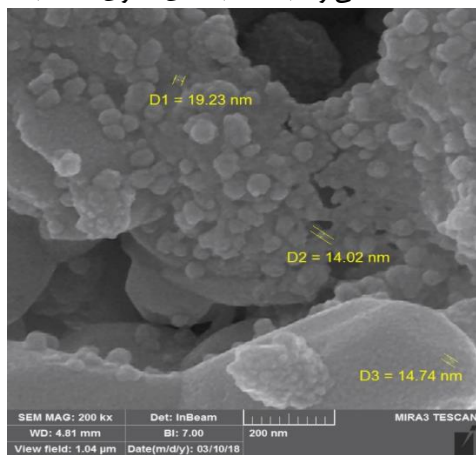
این مطالعه به‌صورت ناپیوسته و در شرایط آزمایشگاهی بر روی محلول‌های آبی در ارلن‌های ۱۰۰ ml و روی یک همزن الکتریکی انجام شد. متغیرهای مورد بررسی شامل pH محلول (۳، ۵، ۹ و ۱۱)، غلظت‌های اولیه رنگ (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰)، زمان تماس (۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ دقیقه) و دوز جاذب (۰/۰۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ g/l) بودند. براساس محدوده

که در این رابطه $B1 = RT/b$ و R ، T به ترتیب ثابت گازها و دما بوده، $B1$ ثابت تمکین است که به انرژی جذب (kJ mol^{-1}) وابسته است، $B1$ ثابت انرژی ایزوترم تمکین (L mol^{-1}) که به گرمای جذب وابسته است و KT ثابت ایزوترم تمکین ($1/\text{min}$) می باشد.

نتایج

ویژگی های ساختاری کربن فعال پوشش داده شده با اکسید منیزیم توسط SEM مشخص شده است (شکل ۲). همان گونه که شکل ۲ نشان می دهد، ساختار متخلخل و نسبتاً نامنظم کربن فعال تولید شده منجر به افزایش سطح تماس و در نتیجه افزایش ظرفیت جذبی آلاینده می شود. سطح تماس فاکتور مهمی در فرایند جذب سطحی می باشد.

علاوه بر این در این مطالعه به منظور تعیین گروه های عاملی و ساختار شیمیایی کربن فعال تهیه شده، طیف FTIR کربن فعال اصلاح شده مطابق شکل ۳ ارزیابی شد. نتایج حاصل از طیف نشان می دهد که سطح جذب دارای گروه های عاملی متفاوتی می باشد. باتوجه به نتایج این تجزیه و تحلیل در کربن فعال پوشش داده شده با اکسید منیزیم، پیک های 1698 ، 1396 ، 1178 ، 1074 و 435 cm^{-1} قابل توجه است. پیک مشاهده شده در محدوده 11047 cm^{-1} می تواند به واسطه پیوندهای مستحکم و ارتعاشی $\text{C}=\text{O}$ باشد (۳۱). باند مشاهده شده در محدوده 3458 cm^{-1} می تواند به دلیل حضور گروه های $\text{O}-\text{H}$ باشد. باند مشاهده شده در محدوده 1396 cm^{-1} می تواند به واسطه اجزاء حلقه بنزنی باشد. باند جذبی مشاهده شده در محدوده 1698 cm^{-1} می تواند به علت باندهای حلقوی $\text{C}=\text{C}$ باشد (۳۲).



شکل ۲- تصویر SEM کربن فعال پوشش داده شده با اکسید منیزیم

الگوی پراش پرتو اشعه ایکس نمونه کربن فعال شده و MgO/AC به ترتیب در شکل ۴ (الف) و (ب) ارایه شده است. همان گونه که در شکل ملاحظه می گردد، الگوی پراش پرتو ایکس پیک ملایمی در ناحیه 2θ برابر $43/6$ تشخیص داده است. همچنین ماهیت بلوری MgO/AC سنتز شده توسط الگوی پراش پرتو ایکس تأیید شد. باتوجه به مطابقت موقعیت پیک های این الگو با کارت استاندارد (JCDPS No. 75-0447)، ساختار بلوری اکسید منیزیم به صورت مکعبی به همراه کربن فعال است.

بر اساس فرضیات مدل لانگمویر، جذب به صورت یک لایه ای و بدون واکنش بین مولکول های جذب شده صورت می گیرد. به این صورت که یک لایه از مولکول های ماده حل شده، جذب جاذب شده و در تمامی سطوح جاذب، مقدار انرژی جذب یکسان و پیوندهای جذب برگشت پذیر فرض می شوند (۲۵). شکل خطی معادله لانگمویر به صورت معادله (۵) می باشد.

$$\text{معادله (۵): } \frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_{\max} b} + \frac{C_e}{Q_{\max}}$$

که در آن q_e مقدار جزء جذب شده در واحد جرم جسم جاذب (mg/g)، C_e غلظت تعادلی ماده جذب شدنی در محلول بعد از جذب سطحی (mg/L)، Q_{\max} نشان دهنده حداکثر ظرفیت جذب و b (L/mg) ثابت لانگمویر می باشد که از رسم نمودار C_e/q_e در مقابل C_e به دست می آید. ثابت های Q_{\max} و b از شیب و عرض از مبدا منحنی به دست می آید. یکی از ویژگی های معادله لانگمویر، شاخص بدون بعد ضریب جداسازی RL می باشد که از معادله (۶) محاسبه می شود، با استفاده از این شاخص، نوع فرایند جذب را می توان مشخص ساخت که اگر $RL > 1$ نوع جذب غیرمطلوب، $RL = 1$ نوع جذب خطی، $0 < RL < 1$ جذب مطلوب و $RL = 0$ برگشت ناپذیر است (۲۶).

$$\text{معادله (۶): } RL = \frac{1}{1 + b C_e}$$

در مدل فروندلیچ، مناطق موجود روی سطح جسم جاذب، یکنواخت نبوده و قدرت جذب متفاوتی دارند، مدل فروندلیچ بر اساس جذب تک لایه ای بر روی مکان های جذب هتروژن (ناهمگن) و دارای انرژی های نابرابر و غیرهمسان استوار است. بر خلاف ایزوترم لانگمویر دمای جذب به صورت لگاریتمی کاهش می یابد. معادله غیرخطی ایزوترم فروندلیچ به صورت معادله (۷) می باشد (۲۶ و ۲۷).

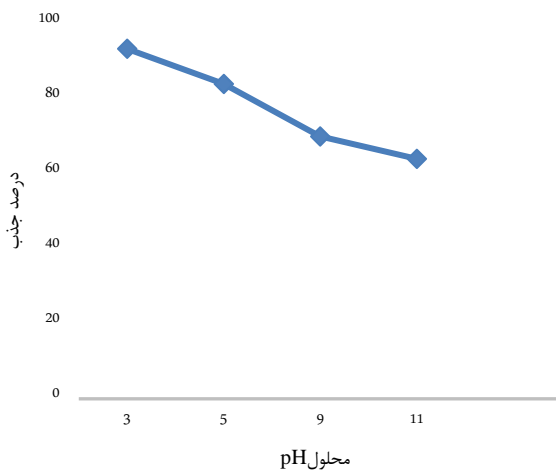
$$\text{معادله (۷): } \log q_e = \log k_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

در این معادلات C_e غلظت تعادلی (mg/L)، q_e ظرفیت جذب در زمان تعادل بر حسب (mg/g) و k_f و n به ترتیب ثابت های جذب فروندلیچ مربوط به ظرفیت و شدت جذب می باشند، k_f عرض از مبدا منحنی حاصل و $\frac{1}{n}$ شیب خط می باشد که با رسم نمودار $\log q_e$ در مقابل $\log C_e$ به دست می آید. در این معادله مقدار $\frac{1}{n}$ نشان دهنده ای مناسب بودن فرایند جذب است و چنانچه مقدار شاخص n در محدوده 1 تا 10 قرار بگیرد نشان دهنده ای فرایند جذب از نوع مطلوب می باشد (۲۸).

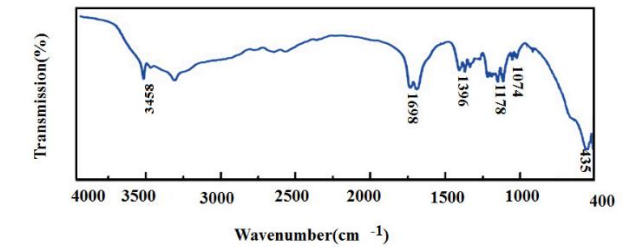
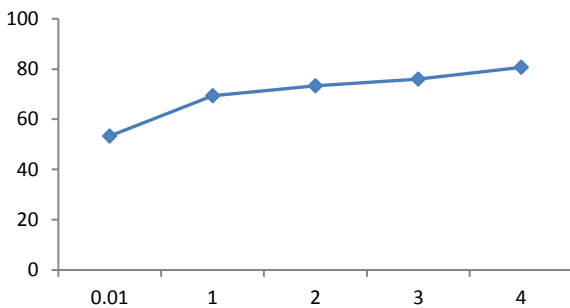
ایزوترم جذب تمکین، برهم کنش غیرمستقیم جاذب و جذب شونده، همچنین انرژی جذب را توصیف می کند در این مدل فرض می شود که گرمای جذب همه مولکول ها در لایه به صورت خطی با پوشش مولکول ها باتوجه به دافعه جذب شونده - جذب شونده کاهش می یابد و جذب به صورت یکنواخت توزیع شده است (۲۹). رابطه ایزوترم تمکین (۳۰) در معادله ۸ بیان شده است.

$$\text{معادله (۸): } q_e = B1 \ln kT + B1 \ln C_e$$

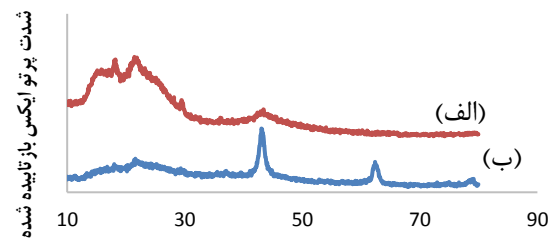
۳ حاصل شده است. با افزایش pH از ۳ به ۱۱، حذف رنگ از ۹۳/۳۳ به ۶۴ درصد کاهش یافته است. جهت بررسی اثر دوز جاذب بر مقدار حذف رنگ برموزول سبز، دوزهای مختلفی از جاذب (۰/۱-۴ گرم) در غلظت ثابت رنگ (۲۰ mg/L) و pH برابر ۳ استفاده شد. همانگونه که در شکل ۷ نشان داده شده است. با افزایش دوز جاذب از ۰/۱ به ۴ گرم میزان حذف رنگ از ۵۳/۳۳ درصد به ۸۰/۶۶ درصد افزایش یافته است.



شکل ۵- تأثیر pH بر میزان جذب برموزول سبز با غلظت ۲۰ میلی گرم بر لیتر، دوز جاذب ۰/۱ گرم و مدت زمان تماس ۴ دقیقه

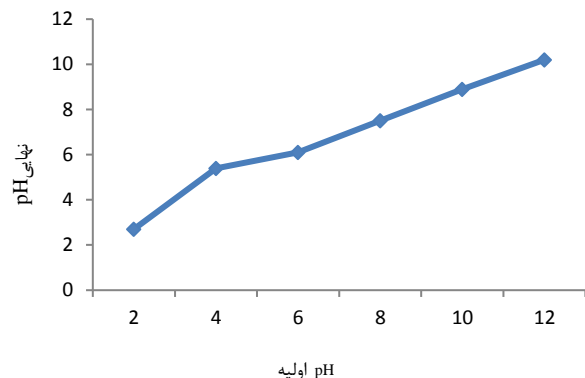


شکل ۷- طیف FTIR جاذب MgO/AC سنتز شده



زاویه بین پرتو تابش و بازتابش (2θ)

شکل ۸- (الف) الگوی پراش پرتو ایکس کربن فعال، (ب) الگوی پراش پرتو ایکس MgO/AC



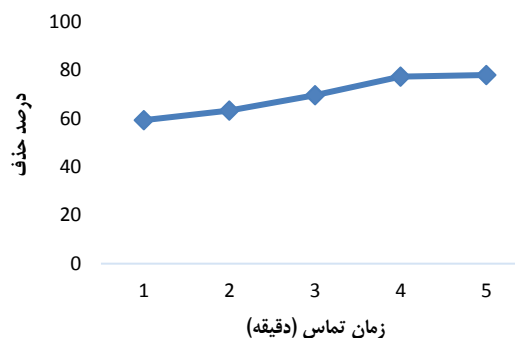
شکل ۹- نمودار تعیین pHZPC کربن فعال حاصل از چوب بلوط پوشش داده شده با اکسید منیزیم

شکل ۷- تأثیر غلظت جاذب بر روی میزان در صد جذب رنگ برموزول سبز با غلظت ۲۰ میلی گرم بر لیتر، با مدت زمان تماس ۴ دقیقه و pH برابر ۳ اثر زمان تماس در حذف رنگ از محلول در غلظت رنگ ۲۰ mg/l، pH برابر ۳ و دوز جاذب ۴ گرم بررسی شد. نتایج نشان داد با افزایش زمان تماس مقدار حذف رنگ افزایش یافت. همان گونه که از شکل ۸ پیداست، در زمان تماس ۱ دقیقه میزان رنگ حذف شده ۵۹/۳۳ درصد بوده که با افزایش زمان تماس به ۴ دقیقه میزان رنگ حذف شده تا ۷۷/۳۳ درصد افزایش یافته است. با افزایش زمان تماس به ۵ دقیقه تغییر چندانی در میزان رنگ حذف شده مشاهده نشد.

pH به عنوان یک عامل مهم که در اثربخشی فرایند تأثیرگذار است، در محدوده ۳-۱۱ مطالعه شد. علاوه بر این pHZPC جاذب سنتز شده اندازه گیری شد. pHZPC برابر نقطه ای می باشد که pH اولیه برابر با pH نهایی باشد که این نقطه برای جاذب ذکر شده برابر ۶/۱ می باشد. در این نقطه بارهای الکتریکی مثبت و منفی موجود در سطح کربن فعال حاصل از چوب بلوط با یکدیگر در تعادل هستند (شکل ۵). نتایج به دست آمده نشان داد که با افزایش pH، میزان حذف رنگ برموزول سبز کاهش یافت (شکل ۶). همان طوری که در شکل ۶ مشاهده می شود حداکثر در صد جذب معادل ۹۳/۳۳٪ برای pH معادل

نشان داده شده است. براساس داده‌های حاصل از مطالعات مربوطه به معادلات جذب و نتایج جدول ۱، مقادیر ضریب همبستگی (R^2) به دست آمده در ایزوترم‌های مدل لانگمویر، فروندلیچ و تمکین (به ترتیب ۰/۹۴، ۰/۹۹ و ۰/۹۸) بیانگر این مطلب است که حذف رنگ بروموکروزول سبز با استفاده از جاذب کربن فعال تهیه شده از چوب بلوط پوشش داده شده با اکسید منیزیم بیشتر از مدل فروندلیچ تبعیت می‌کند.

در شکل ۱۰- الف و ۱۰- ب، برازش مدل‌های سنتیک بر داده‌های جذب رنگ بروموکروزول سبز در شرایط ثابت (غلظت رنگ ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر، جرم جاذب ۵ گرم و pH برابر با ۳) توسط کربن فعال تهیه شده از چوب بلوط و همچنین در جدول ۲ مقادیر شاخص‌های سینتیکی فرایند جذب رنگ بروموکروزول سبز روی جاذب مورد نظر نمایش داده شده است. در مطالعه حاضر بررسی سینتیک واکنش جذب نشان داد که مدل سینتیکی مرتبه دوم با بیشترین ضریب همبستگی ($R^2=0/9955$) از مطابقت بیشتری با داده‌های تجربی حذف رنگ برخوردار است.



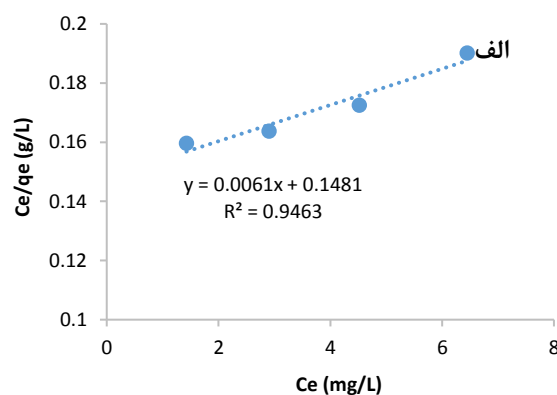
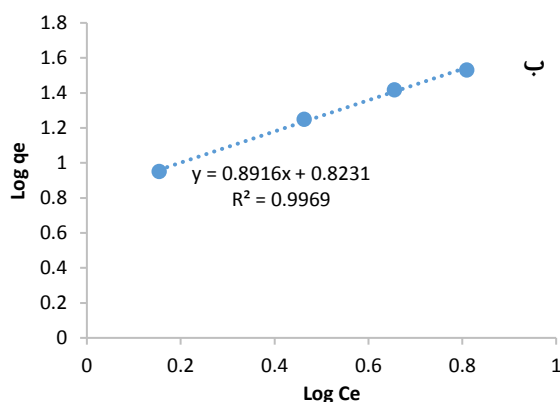
شکل ۸- تأثیر زمان تماس حذف رنگ بر درصد جذب بروموکروزول سبز با غلظت ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و دوز جاذب ۴ (MgO/AC) گرم و pH برابر با ۳ در شکل ۹- الف، ب و ۹- ج به ترتیب نتایج حاصل از برازش داده‌های زمان تعادل بر مدل‌های ایزوترمی لانگمویر، فروندلیچ و تمکین نشان داده شده است. در جدول ۱ نیز شاخص‌های محاسبه شده از مدل‌های ایزوترمی

جدول ۱- ضرایب شاخص‌های مدل‌های ایزوترم‌های مختلف

مدل‌های ایزوترمی	شرایط کاربرد	معادلات	شاخص، واحد و معیار آنها	مقادیر شاخص‌ها
لانگمویر	جذب تک لایه یا سطح همگن	$Ce/qe = 1/0.061x + Ce$	q_m (mg/g)	۱۶۳/۹۳
فروندلیچ	جذب سطحی چند لایه یا توزیع غیر یکنواخت سطح ناهمگن		R_L (L/mg)	۰/۰۴
			R^2	۰/۹۴
			1/n	۰/۸۹
تمکین	توزیع یکنواخت یا سطح همگن	$\text{Log } qe = 1/8916x + \text{Log } Ce$	k_F (L/mg)	۶/۶۵
			R^2	۰/۹۹
			k_T (L/mg)	۱/۱۳
		$qe = 16/406x + \text{Ln } Ce$	B_1	۱۶/۴۰
			R^2	۰/۹۸

جدول ۲- ضرایب سینتیک جذب برای حذف رنگ بروموکروزول سبز توسط MgO/AC (غلظت اولیه رنگ ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر، دوز جاذب ۵ گرم، pH برابر ۳)

مدل‌های ریاضی	معادلات	ضریب همبستگی (R^2)	ثابت سرعت مدل‌ها
مدل شبه درجه اول	$\text{Log}(qe-qt) = -1/8969t + 1/418t$	۰/۹۸	$K_1 = 1/0.9 \text{ min}^{-1}$
مدل شبه درجه دوم	$t/qt = 1/0.74t + 1/121$	۰/۹۹	$K_2 = 1/5 \times 10^{-5} (\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1})$

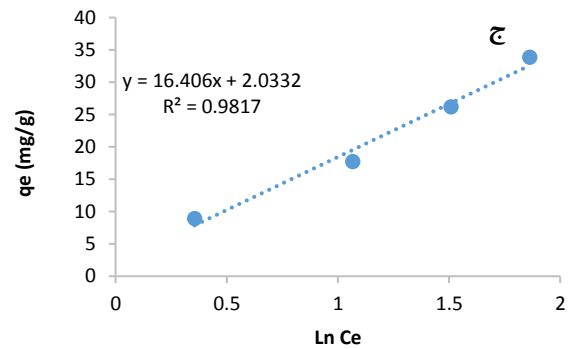


حذف رنگ بروموکرزول سبز کاهش یافت. در pH اسیدی به دلیل وجود مقادیر زیاد پروتون‌ها، بار برموموکروزول سبز به عنوان یک رنگ آنیونی مثبت می‌شود که این عامل سبب جذب بیشتر رنگ بر روی جاذب می‌شود. با افزایش pH، بار مثبت برموموکروزول سبز کاهش یافته و نیروی دافعه الکترواستاتیک منجر به کاهش جذب رنگ می‌شود. در مطالعه‌ای که توسط شکرالهی و همکاران انجام گرفت (۱۳)، جذب بروموکرزول سبز بر روی کربن فعال حاصل از رملیک به عنوان یک جاذب جدید مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه مطالعه آنها نشان داد که با افزایش pH مقدار رنگ جذب شده کاهش یافت.

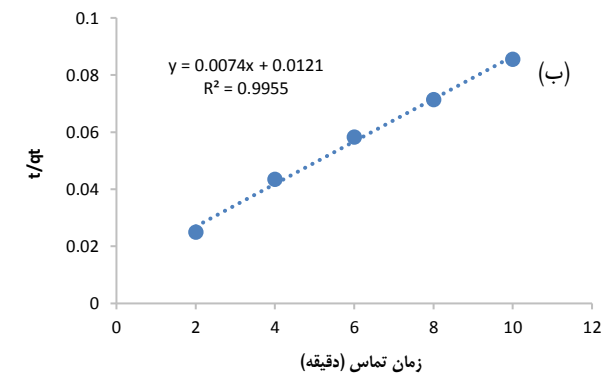
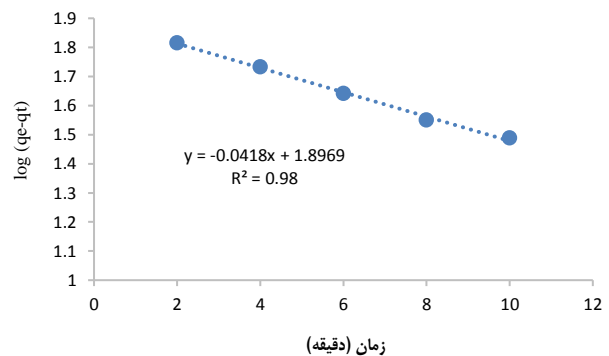
با افزایش دوز جاذب میزان حذف رنگ بروموکرزول سبز افزایش یافت. افزایش میزان حذف رنگ با افزایش دوز جاذب را می‌توان به افزایش مساحت سطح و همچنین افزایش سایت‌های جذبی جهت جذب رنگ نسبت داد. نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر مشابه نتایج به دست آمده از مطالعات هایه‌ای و همکاران (۳۳)، رجاسخار (۳۴) و شکرالهی و همکاران (۱۳) می‌باشد. براساس یافته‌های این مطالعات با افزایش دوز جاذب مقدار حذف رنگ افزایش می‌یابد.

یکی دیگر از عوامل مؤثر در واکنش شیمیایی زمان تماس می‌باشد. نتایج مطالعه نشان داد با افزایش زمان تماس میزان حذف رنگ افزایش می‌یابد. افزایش حذف رنگ در ابتدای واکنش را می‌توان به وجود تعداد زیاد مکان‌های جذبی روی جاذب و تفاوت چشمگیر بین غلظت رنگ در محلول جذبی و مقدار آن در سطح جاذب که منجر به افزایش جذب رنگ می‌شود، نسبت داد. همچنین با افزایش زمان به دلیل اشغال فضاهای خالی روی سطح جاذب و جذب رقابتی جهت اشغال فضاهای باقی‌مانده، مشاهده می‌شود که تغییر چندانی در میزان حذف رنگ در زمان بیشتر از ۴ دقیقه حاصل نشده است. نتیجه به دست آمده مشابه با نتیجه مطالعه الماسی و همکاران می‌باشد. مطالعه آنها نشان داد که با افزایش زمان تماس جذب رنگ Reactive2 توسط کربن فعال حاصل از پوست گردو افزایش می‌یابد (۳۱). همچنین مطالعه کیندلای و همکاران نشان داد با افزایش زمان تماس تا یک مقدار مشخص، میزان حذف رنگ متیلن بلو و بروموکرزول سبز افزایش می‌یابد (۳۵).

براساس نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر جذب رنگ توسط کربن فعال تولید شده از چوب بلوط از مدل فروندلیچ تبعیت می‌کند. ضریب همبستگی (R^2) بالای ایزوترم فروندلیچ (۰/۹۸) بیانگر تناسب بهتر این مدل جذب جهت توصیف تعادل حذف رنگ بروموکرزول سبز با استفاده از جاذب می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که حذف رنگ بروموکرزول سبز به صورت چند لایه و از معادله ایزوترمی فروندلیچ پیروی می‌کند. در مطالعه صفا و همکاران جذب رنگ رودامین B بر روی جاذب استخراج شده از تفاله چای قلیایی با ایزوترم مدل فروندلیچ تطابق داشته است (۳۶). همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است، q_{max} (حداکثر مقدار جذب) به دست آمده از مدل لانگمیر



شکل ۹- ایزوترم جذب رنگ بروموکرزول سبز براساس مدل ایزوترم مدل لانگمویر (الف)، مدل فروندلیچ (ب) و مدل تمکین (ج)



شکل ۱۰- سنتیک شبه درجه اول (الف) و سنتیک شبه درجه دوم (ب) برای جذب رنگ بروموکرزول سبز

بحث

pH محلول نقش مهمی در کل فرایند و ظرفیت جذبی جاذب ایفا می‌کند. مقدار pH بر میزان بار سطحی، درجه یونیزاسیون و تجزیه جذب شونده و گروه‌های عاملی مکان‌های جذبی جاذب اثرگذار است (۷). براساس نتایج به دست آمده از این مطالعه، با افزایش pH میزان

تولید شده از چوب بلوط می‌تواند به‌عنوان جاذبی مؤثر و مناسب برای حذف رنگ از محیط‌های آبی (به‌خصوص در غلظت‌های کم) مورد استفاده قرار گیرد. به‌عنوان یک نتیجه کلی می‌توان استنباط نمود که پودر کربن فعال تهیه شده از چوب بلوط به‌دلیل دسترسی آسان می‌تواند به‌عنوان یک جاذب طبیعی ارزان قیمت در حذف رنگ بروموکروزول سبز از فاضلاب‌های رنگی به‌کار رود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز بابت حمایت مالی از طرح فوق تشکر و قدردانی نمایند.

References

1. Ali M, Sreekrishnan T. Aquatic toxicity from pulp and paper mill effluents: a review. *Adv Environ Res* 2001;5:175-96. doi: 10.1016/S1093-0191(00)00055-1
 2. Kindala J, Sungula J, Kifuaani KA, Ilinga LB, Taba K. Removal of methylene blue, bromocresol green and methyl red dyes from aqueous solutions by adsorption using *Bryophyllum pinnatum* (Lam.) kurz stem powder and its activated carbon. *Congo Sciences* 2015;3:67-71.
 3. Rangabhashiyam S, Balasubramanian P. Adsorption behaviors of hazardous methylene blue and hexavalent chromium on novel materials derived from *Pterospermum acerifolium* shells. *Journal of Molecular Liquids* 2018;254:433-45.
 4. Yagub MT, Sen TK, Ang H. Equilibrium, kinetics, and thermodynamics of methylene blue adsorption by pine tree leaves. *Water, Air, & Soil Pollution* 2012;223:5267-82. doi: 10.1007/s11270-012-1277-3
 5. Ardejani FD, Badii K, Limaee NY, Mahmoodi N, Arami M, Shafaei S, et al. Numerical modelling and laboratory studies on the removal of Direct Red 23 and Direct Red 80 dyes from textile effluents using orange peel, a low-cost adsorbent. *Dyes and Pigments* 2007;73:178-85. doi: 10.1016/j.dyepig.2005.11.011
 6. Elmoubarki R, Mahjoubi F, Tounsadi H, Moustadraf J, Abdennouri M, Zouhri A, et al. Adsorption of textile dyes on raw and decanted Moroccan clays: Kinetics, equilibrium and thermodynamics. *Water Resources and Industry* 2015;9:16-29. doi: 10.1016/j.wri.2014.11.001
 7. Guo J-Z, Li B, Liu L, Lv K. Removal of methylene blue from aqueous solutions by chemically modified bamboo. *Chemosphere* 2014;111:225-31. doi: 10.1016/j.chemosphere.2014.03.118
 8. Mungasavalli DP, Viraraghavan T, Jin Y-C. Biosorption of chromium from aqueous solutions by pretreated *Aspergillus niger*: batch and column studies. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 2007;301:214-23. doi: 10.1016/j.colsurfa.2006.12.060
 9. Yeddou N, Bensmaili A. Kinetic models for the sorption of dye from aqueous solution by clay-wood sawdust mixture. *Desalination* 2005;185:499-508. doi: 10.1016/j.desal.2005.04.053
 10. Siddiqui SH. The removal of Cu²⁺, Ni²⁺ and methylene blue (MB) from aqueous solution using *Luffa actangula* carbon: kinetics, thermodynamic and isotherm and response methodology. *Groundwater for Sustainable Development* 2018;6:141-9. doi: 10.1016/j.gsd.2017.12.008
 11. Diamond D, Lau KT, Brady S, Cleary J. Integration of analytical measurements and wireless communications—Current issues and future strategies. *Talanta* 2008;75:606-12. doi: 10.1016/j.talanta.2007.11.022
 12. Shokrollahi A, Alizadeh A, Malekhosseini Z, Ranjbar M. Removal of bromocresol green from aqueous solution via adsorption on *Ziziphus nummularia* as a new, natural, and low-cost adsorbent: kinetic and thermodynamic study of removal process. *Journal of Chemical & Engineering Data* 2011;56:3738-46. doi: 10.1021/jc200311y
- ۱۶۳/۹۳ mg/g می‌باشد. تان و همکاران در سال ۲۰۰۶ با استفاده از کربن فعال تهیه شده از فیبرهای روغن خرما در مالزی مطالعه‌ای را در زمینه حذف رنگ‌های بازی انجام دادند که ظرفیت جذب کربن فعال سنتز شده ۲۷۸/۸ mg/g تعیین شد و داده‌ها از ایزوترم لانگمیر پیروی نمود (۳۷). ضریب جداسازی (RL) یکی از شاخص‌های مهم ایزوترم لانگمیر می‌باشد که توانایی جاذب برای جداسازی آلاینده‌ها را مشخص می‌سازد. داده‌های حاصل از ایزوترم لانگمیر حاکی از آن است که مقدار RL به‌دست آمده برای غلظت ۲۰ mg/L در محدوده مطلوب ۰ تا ۱ قرار گرفت که این امر نشان می‌دهد جاذب مورد استفاده برای حذف رنگ بروموکروزول سبز مناسب است (۳۸). نتایج به‌دست آمده در تناسب با مطالعات اریولی و همکاران و وینکاترامن و همکاران نیز می‌باشد (۳۶ و ۳۹). علاوه بر این شاخص مطلوبیت جذب (n) در مدل فروندلیچ باید در محدوده ۱ تا ۱۰ قرار گیرد تا به‌صورت جذب مطلوب شناخته شود (۳۸). باتوجه به مقدار n به‌دست آمده (n=۱/۱۲) از برازش مدل فروندلیچ بر داده‌های جذب می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که جذب رنگ بروموکروزول سبز بر روی جاذب موردنظر از مطلوبیت خوبی برخوردار است.
- جذب، یک فرایند چند مرحله‌ای شامل انتقال مولکول‌های جذب شونده از فاز محلول به سطح جاذب و سپس نفوذ ذرات حل شونده به منافذ درونی می‌باشد. سنتیک جذب برای تعیین مکانیسم کنترل فرایندهای جذب سطحی استفاده می‌شود (۲۱). براساس داده‌های این مطالعه جذب رنگ بروموکروزول سبز توسط جاذب از سینیک شبه درجه دوم تبعیت می‌کند. در مطالعه‌ای که توسط جونپور کیندالا و همکاران در رابطه با حذف رنگ بروموکروزول سبز انجام شد، نتایج نشان داد جذب رنگ بروموکروزول سبز روی جاذب از سینتیک شبه درجه دوم پیروی می‌کند (۳۵). مهمترین سنتیک از نظر سرعت واکنش، درجه دو می‌باشد و بیشتر جاذب‌ها با کارایی بالا از این سنتیک پیروی می‌کنند (۴۰). تبعیت سینتیک فرایند جذب سطحی از معادله سرعت شبه مرتبه دوم، نشان می‌دهد که سرعت کل فرایند جذب سطحی رنگ بر سطح جاذب تحت کنترل فرایند شیمیایی قرار دارد.
- نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که کارایی حذف رنگ بروموکروزول سبز تابع شاخص‌های دوز جاذب، زمان تماس، pH و غلظت اولیه رنگ می‌باشد، به‌طوری که ۴ g/l پودر کربن فعال مورد مطالعه به‌عنوان مقدار بهینه جاذب در شرایط ۲۰ mg/L غلظت رنگ‌زا، دمای ۲۵±۲ درجه سانتی‌گراد، مدت زمان ۴ دقیقه و pH=۳ در نظر گرفته شد در این شرایط بیشترین راندمان حذف برابر ۷۷/۳٪ بود. برازش مدل‌های ایزوترمی و سینتیک نشان داد که مدل جذبی چند لایه‌ای فروندلیچ و سینتیک شبه درجه دوم دارای ضریب رگرسیون بیشتر نسبت به سایر ایزوترم‌ها و سینتیک‌ها می‌باشد. همچنین باتوجه به برازش داده‌های به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که کربن فعال

13. Kadhim L. Granite as an adsorption surface for the removal of bromo phenol red, bromo cresol green and leishman's stain from aqueous solutions. *Journal of Basrah Researches (Sciences)* 2012;38:106-16.
14. Omid-Khaniabadi Y, Jafari A, Jourvand M, Saeedi S, Basiri H, Nourmoradi H, et al. The study of an azo dye removal from liquid medium by modified clay. *Journal of Advances in Environmental Health Research* 2016;4:9-17. doi: 10.22102/jaehr.2016.40214
15. Omid S. Investigation of chitin nano-fiber the ability on removal of bromo-crossover green color from aqueous solutions. Urmia University: Urmia University 2016.
16. Iranpour M, Zare MA, Fadavi A, Masoumeh E. Removal color from aqueous solution by penta aza tetra ethylene supported on polyacrylamide as a new adsorbent kinetic and adsorption isotherm studies. *New Material* 2016;8:13-28.
17. Mahvi AH HB. 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;1:7-15.[Persian].
18. Samarghandi MR ID, Noori Sepehr M, Zarabi M. Preparation of activated carbon from wood of cypress tree and its effectiveness in removing acid dyes 18: Kinetics and equilibrium study. *Scientific Journal Alborz University of Medical Sciences* 2012;1:226-35.
19. Leili M, Ramavandi B. The efficiency evaluation of activated carbon prepared from date stones for removal of methylene blue dye from aqueous solutions. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences* 2014;21:502-13.
20. Mansoorian HJ, Mahvi AH, Mostafapoor FK, Alizadeh M. Equilibrium and synthetic studies of methylene blue dye removal using ash of walnut shell. *Journal of Health in the Field* 2017;1.
21. Samarghandi MR, Zarrabi M, Sepehr MN, Amrane A, Safari GH, Bashiri S. Application of acidic treated pumice as an adsorbent for the removal of azo dye from aqueous solutions: kinetic, equilibrium and thermodynamic studies. *Iranian J Environ Health Sci Eng* 2012;9:9. doi: 10.1186/1735-2746-9-9
22. Gil A, Assis F, Albeniz S, Korili S. Removal of dyes from wastewaters by adsorption on pillared clays. *Chemical Engineering Journal* 2011;168:1032-40. doi: 10.1016/j.cej.2011.01.078
23. Akbal F. Adsorption of basic dyes from aqueous solution onto pumice powder. *Journal of Colloid and Interface Science* 2005;286:455-8. doi: 10.1016/j.jcis.2005.01.036
24. Ho YS, Wase DJ, Forster C. Kinetic studies of competitive heavy metal adsorption by sphagnum moss peat. *Environmental Technology* 1996;17:71-7. doi: 10.1080/09593331708616362
25. Aksu Z. Reactive dye bioaccumulation by *Saccharomyces cerevisiae*. *Process Biochemistry* 2003;38:1437-44. doi: 10.1016/S0032-9592(03)00034-7
26. Kumar PS, Gayathri R. Adsorption of Pb²⁺ ions from aqueous solutions onto bael tree leaf powder: isotherms, kinetics and thermodynamics study. *Journal of Engineering Science and Technology* 2009;4:381-99.
27. Kitis M, Kaplan S, Karakaya E, Yigit N, Civelekoglu G. Adsorption of natural organic matter from waters by iron coated pumice. *Chemosphere* 2007;66:130-8. doi: 10.1016/j.chemosphere.2006.05.002
28. Choy KK, McKay G, Porter JF. Sorption of acid dyes from effluents using activated carbon. *Resources, Conservation and Recycling* 1999;27:57-71. doi: 10.1016/S0921-3449(98)00085-8
29. Aharoni C, Ungarish M. Kinetics of activated chemisorption. Part 2.—Theoretical models. *Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions 1: Physical Chemistry in Condensed Phases* 1977;73:456-64. doi: 10.1039/F19777300456
30. Almasi A, Rostamkhani Z, Mousavi SA. Adsorption of reactive red 2 using activated carbon prepared from walnut shell: batch and fixed bed studies. *Desalination and Water Treatment* 2017;79:356-67.
31. Zhang L, Xia H, Peng J, Zhang S, Wang S. Preparation of high specific surface area activated carbon from walnut shells by microwave-induced KOH activation. *Journal of Porous Materials* 2015;22:1527-37. doi: 10.1007/s10934-015-0035-5
32. Hayeeye F, Sattar M, Chinpa W, Sirichote O. Kinetics and thermodynamics of Rhodamine B adsorption by gelatin/activated carbon composite beads. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 2017;513:259-66. doi: 10.1016/j.colsurfa.2016.10.052
33. Rajasekhar K. Removal of malachite green from aqueous solution using corn cob as adsorbent. *International Journal of Engineering and Computer Science* 2014;3:5083-7.
34. Junior Kindala, Jean KAYEMBE Sungula, Kifuani KA, Ilinga LB, Taba K. Removal of methylene blue, bromocresol green and methyl red dyes from aqueous solutions by adsorption using *Bryophyllum pinnatum* (Lam.) kurz stem powder and its activated carbon. *Journal of Congo Sciences* 2015;3:67-74.
35. Venkatraman B, Gayathri U, Elavarasi S, Arivoli S. Removal of rhodamine B dye from aqueous solution using the acid activated *Cynodon dactylon* carbon. *Der Chemica Sinica* 2012;3:99-113.
36. Moraci N, Calabrò PS. Heavy metals removal and hydraulic performance in zero-valent iron/pumice permeable reactive barriers. *Journal of Environmental Management* 2010;91:2336-41. doi: 10.1016/j.jenvman.2010.06.019
37. Padmesh T, Vijayaraghavan K, Sekaran G, Velan M. Batch and column studies on biosorption of acid dyes on fresh water macro alga *Azolla filiculoides*. *Journal of Hazardous Materials* 2005;125:121-9.
38. Oliveira LS, Franca AS, Alves TM, Rocha SD. Evaluation of untreated coffee husks as potential biosorbents for treatment of dye contaminated waters. *Journal of Hazardous Materials* 2008;155:507-12. doi: 10.1016/j.jhazmat.2007.11.093
39. Ho Y-S, McKay G. Pseudo-second order model for sorption processes. *Process biochemistry* 1999;34:451-65. doi: 10.1016/S0032-9592(98)00112-5



Effectiveness of Derived Oka Activated Carbon Coated with Magnesium Oxide in Removal of Bromocresol Green: Isotherms and Kinetics

Mohammad Amin Karami (Ph.D.)¹, Mohammad Darvish Motevalli (Ph.D. Student)², Zoreh Hyedarimanesh (B.Sc.)³, Bahram Kamarehie (Ph.D.)^{4*}

1- Dept. of Environmental Health, School of Health and Nutrition, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran.

2- Dept. of Environmental Health Engineering, Public Health School, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.

3- Dept. of environmental Engineering, Azad Islamic University, Ahvaz Branch, Ahvaz, Iran.

4- Dept. of Environmental Health, School of Health and Nutrition, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran.

Received: 15 September 2019, Accepted: 8 December 2019

Abstract:

Introduction: Protection of environment and water resources implies an urgent need for removal of dyes from textile wastewater. The aim of study was to evaluate the effectiveness of derived Oka activated carbon coated with magnesium oxide in removal of bromocresol green (BG) from aqueous solution.

Methods: Activated carbon was derived from Oak and coated with magnesium oxide. The prepared carbon was used for removal of BG from aqueous solution. Effect of various variables such as initial pH, contact time, adsorbent dosage and initial dye concentration was investigated. The adsorption equilibrium was demonstrated with Langmuir and Freundlich and Temkin isotherm models.

Results: Results showed that the maximum removal rate of BG (92.6%) was obtained in pH=3, contact time=4 min, adsorbent dosage of 4 g/l and dye concentration of 20 mg/l. The Freundlich isotherm model fitted well with the experimental adsorption data ($R^2=0.9969$). The adsorption kinetic equations of pseudo-first order, pseudo-second order were used to model the experimental data as function of contact time. The experimental adsorption data best correlated to pseudo-second order model ($R^2=0.9955$).

Conclusion: The modified activated carbon used in this study can be applied as effective adsorbent for removal of dye in aqueous solution.

Keywords: Bromocresol green, Aqueous solution, Activated carbon, Adsorbent, Adsorption.

Conflict of Interest: No

*Corresponding author: B. Kamarehie, Email: b.kamarehie@gmail.com

Citation: Karami MA, Darvish Motevalli M, Hyedarimanesh Z, Kamarehie B. Effectiveness of derived oka activated carbon coated with magnesium oxide in removal of bromocresol green: isotherms and kinetics. Journal of Knowledge & Health in Basic Medical Sciences 2019;14(3):42-51.