



بررسی حذف رنگ متیلن بلو از محلول‌های آبی با استفاده از پودر پوست بادام زمینی

نویسندگان: سمیه رهدار^۱، مرتضی احمد آبادی^۲، ادریس بذرافشان^۳، محمود تقوی^۴، محسن امرالهی^۵

۱. کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی زابل
۲. کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تربت جام
۳. دانشیار، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات ارتقاء سلامت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان
۴. نویسنده مسئول: دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تربت حیدریه تلفن تماس: ۰۹۳۵۸۰۴۰۴۲۳ Email: taghavi66@yahoo.com
۵. کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

چکیده

مقدمه: صنایع نساجی یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان ترکیبات آلی و رنگی می‌باشند. متیلن بلو رایج‌ترین ماده رنگی جهت رنگ‌آمیزی است. در مطالعه حاضر، پودر پوست بادام زمینی به‌عنوان یک جاذب ارزان قیمت جهت حذف رنگ متیلن بلو از محلول‌های آبی مورد استفاده قرار گرفته است.

روش بررسی: در این مطالعه تجربی، در مقیاس آزمایشگاهی اثر پارامترهای بهره‌برداری از جمله pH (۱۲-۲)، زمان تماس (۲۱۰-۵ دقیقه)، مقدار جاذب (۱-۰/۱ گرم بر لیتر) و غلظت اولیه رنگ (۱۲۰-۱۰ میلی‌گرم بر لیتر) بر حذف رنگ از فاضلاب سنتتیک مورد بررسی قرار گرفت. همچنین رفتار جذب رنگ توسط ایزوترم‌های فروندلیچ و لانگمویر ارزیابی شد.

یافته‌ها: بالاترین راندمان حذف رنگ متیلن بلو از محلول در pH بهینه ۱۱، زمان تماس ۷۵ دقیقه و دوز جاذب ۸ گرم بر لیتر و غلظت اولیه ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر حاصل شد. وقتی که غلظت از ۱۰ به ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌رسد راندمان حذف از ۹۹/۵ به ۹۶/۴۶ درصد کاهش می‌یابد. نتایج بررسی ایزوترم‌های جذب نشان داد که فرآیند جذب متیلن بلو با استفاده از پودر پوست بادام زمینی از مدل لانگمویر ($R^2=0.894$) پیروی می‌کند. **نتیجه‌گیری:** بر اساس نتایج این مطالعه، پودر پوست بادام زمینی از توانایی مطلوبی در حذف رنگ متیلن بلو از محلول‌های آبی و فاضلاب‌های صنعت نساجی برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: پودر پوست بادام زمینی، متیلن بلو، جذب سطحی، ایزوترم جذب

طوع بهداشت

دوماهنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال پانزدهم

شماره: اول

فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۵

شماره مسلسل: ۵۵

تاریخ وصول: ۱۳۹۴/۲/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۴/۱

در حال حاضر آلودگی محیط‌زیست به‌عنوان یک مشکل و معضل جهانی مطرح می‌باشد (۱). میزان تولید رنگ در جهان در حدود یک میلیون تن تخمین زده می‌شود که در صنایع مختلف چرم، داروسازی، کاغذ، آرایشی و نساجی کاربرد دارد و مصرف این ترکیبات در فرآیندهای صنعتی منجر به تولید حجم زیادی از پساب‌های رنگی می‌شود (۲). رنگ‌ها ممکن است به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بر روی کاهش نفوذ نور، فعالیت نوری زندگی آبزیان و اختلال در عملکرد فتوسنتز گیاهان آبی، ایجاد پدیده اتروفیکاسیون، افزایش مواد معلق و کدورت تأثیر بگذارند و همچنین این ترکیبات از نقطه‌نظر زیبایی‌شناختی بر کیفیت آب برای مصارف شرب و سایر مصارف اثر منفی برجای می‌گذارند (۳، ۴). علاوه بر این به علت وجود ترکیبات آروماتیک، نمک‌ها، کلرایدها و غیره مقاوم به تجزیه بیولوژیکی و غالباً سمی، سرطان‌زا و جهش‌زا هستند (۵-۷). در حین حال سبب بروز آلرژی، درماتیت و تحریک پوستی در انسان می‌شوند (۸). متیلن‌بلو رایج‌ترین ترکیب رنگی مورد استفاده به‌منظور رنگ‌آمیزی پنبه، پشم و ابریشم است. اشتیاق این ترکیب می‌تواند سبب اختلال در تنفس شده و حال آن‌که مواجهه مستقیم با آن می‌تواند باعث بروز آسیب‌های دائمی به چشم‌های انسان و حیوانات، سوختگی‌های موضعی، تهوع و استفراغ، افزایش تعریق، اختلالات ذهنی و متهموگلوبینمی‌ا شود (۹). تصفیه نامناسب و دفع غیراصولی فاضلاب‌های رنگی حاصل از صنایع نساجی، رنگرزی، چاپ و



صنایع مرتبط زمینه‌ساز بروز مشکلات و معضلات زیست‌محیطی

فراوانی در سرتاسر جهان شده است (۹-۱۱).

حذف رنگ از فاضلاب‌های صنعتی با روش‌های گوناگون نظیر انعقاد و لخته‌سازی، تصفیه بیولوژیکی، اکسیداسیون شیمیایی، ازن‌زنی، نانو ذرات، فرآیندهای غشایی، تصفیه الکتروشیمیایی، تعویض یون و فرآیند جذب سطحی امکان‌پذیر است (۱۳، ۱۲، ۲). به دلیل نیاز به هزینه بالا و مشکلات بهره‌برداری استفاده از این روش‌ها برای بسیاری از کشورها مقرون‌به‌صرفه نیست (۱۶-۱۴). در روش انعقاد و فیلتراسیون زائادات ثانویه تولیدی زیاد است (۱۷). رنگ‌ها معمولاً در مقابل تجزیه بیولوژیکی هوازی مقاوم بوده و با فرآیندهای متداول بیولوژیکی حذف نمی‌شوند. فرآیندهای غشایی نیز هزینه‌بر بوده و راهبری آن نیاز به نیروی متخصص جهت بهره‌برداری دارد (۱۸، ۱۹). کاربرد روش اکسیداسیون شیمیایی در مقیاس‌های بزرگ در صنایع امکان‌پذیر نیست (۲۰). از بین گزینه بیان‌شده فرآیند جذب به علت راندمان بالا، سهولت در بهره‌برداری، عدم حساسیت به ترکیبات سمی و در دسترس بودن رنجی وسیعی از جاذب‌ها کاربرد گسترده‌ای دارد (۲۱، ۹). بیشترین گستردگی کاربرد جذب در از بین بردن آلودگی‌های آلی که نسبت به تصفیه بیولوژیکی مقاوم هستند کربن فعال دارد اما این ماده بسیار گران‌قیمت می‌باشد. لذا جستجو برای جاذب‌های ارزان‌قیمت که ظرفیت بالایی در حذف رنگ داشته باشند بسیار مورد توجه بوده است (۲۳، ۲۲).

اغلب محققین به دنبال جاذب‌های جدید و ارزان بوده و تحقیقات



لذا این مطالعه باهدف بررسی کاربرد پودر پوست بادامزمینی بهعنوان یک جاذب طبیعی و ارزانقیمت در حذف رنگ متیلن بلو از محیطهای آبی انجام شد. همچنین پارامترهایی همانند دوز جاذب، زمان تماس، pH اولیه فرآیند و غلظت اولیه رنگ مورد ارزیابی قرار گرفتند.

روش بررسی

مطالعه حاضر که یک مطالعه تجربی در مقیاس آزمایشگاهی می باشد. رنگزای متیلن بلو از شرکت الوان ثابت خریداری گردید. متیلن بلو بهعنوان رنگ کاتیونی با جرم مولی (g/mol) ۳۱۹/۸۵ فرمول مولکولی $C_{16}H_{18}N_3SCl$ می باشد.

سایر مواد شیمیایی از شرکت مرک آلمان تهیه شدند. خرد کردن و دانه بندی پودر پوست بادامزمینی با استفاده از آسیاب برقی و آلکهای استاندارد ASTM با اندازه های بین ۳۰ تا ۶۰ مش انجام گرفت. جهت تهیه محلول استوک رنگ (۱۰۰۰mg/l)، ۱ گرم از رنگ متیلن بلو را در حجم ۱ لیتر آب مقطر حل کرده و تا زمان انجام آزمایشات در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شد. برای انجام فرآیند، محلول های رنگی با غلظت هایی در گستره ۱۰-۱۲۰mg/L از طریق رقیق سازی محلول استوک رنگ با آب مقطر تهیه شد. خاطر نشان می شود تعداد کل نمونه های مورد بررسی در این مطالعه با در نظر گرفتن متغیرهای مورد بررسی ۹۶ نمونه تهیه و ۱۹۲ آزمایش صورت گرفت تمام آزمایشات در ارلن با حجم ۱۰۰ میلی لیتر و بر روی شیکر با دور ۱۲۰rpm انجام شد. نمونه های گرفته شده جهت سنجش

زیادی برای توسعه کاربرد جاذب های کم هزینه در حال انجام است (۱). از این بین می توان به مطالعاتی با جاذب های ضایعات نیشکر، پوسته ذرت، سبوس برنج، زائدات موز، پوست نارگیل، پسماند لجن و مواد خام کربنی نظیر زغال، پوست سیب زمینی، گل قرمز و پودر دانه انار اشاره نمود (۴، ۲۴-۱).

ازیچی (Ezechi) و همکاران حذف رنگ متیلن بلو با استفاده از پودر برگ گیاه آگراتوم (*Ageratum conyzoides*) را مورد بررسی قرار دادند که نتایج نشان داد که در مدت زمان ۲۰ دقیقه و مقدار جاذب ۶۰ میلی گرم برای غلظت های اولیه متیلن بلو ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی گرم بر لیتر، به ترتیب راندمان ۸۴/۷، ۸۳/۹ و ۸۱/۲ درصد قابل دستیابی است (۲۵).

مطالعه حذف رنگ متیلن بلو با استفاده از نانولوله های کربنی بر پایه آئروژل نشان داد که داده های جذب تعادلی تطابق خوبی با مدل ایزوترمی فروندلیچ دارند (۲۶). غنی زاده و همکاران نیز راندمان حذف رنگ متیلن بلو با استفاده از خاکستر استخوان از فاضلاب مصنوعی را مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه زمان تعادل برای جذب ۲ ساعت گزارش شده است و بیشترین میزان جذب رنگ متیلن بلو در pH قلیایی در محدوده ۱۲-۸/۵ رخ داده است (۲۷). در مطالعه دیگری که توسط جاهد و همکاران انجام شد، تولید کربن فعال از روزنامه باطله و کاربرد آن در حذف رنگ متیلن بلو از محیط آبی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که افزایش pH منجر به افزایش راندمان حذف رنگ می شود و در pH برابر با ۱۱ به بالاترین مقدار می رسد (۲۸).



متصل می‌شود و فرآیند جذب تک لایه‌ای روی می‌دهد که توسط معادله زیر ارائه شده است:

$$q_e = \frac{q_m K_l C_e}{1 + K_l C_e} \quad \text{معادله (۳)}$$

که در این معادله q_e مقدار رنگ جذب شده به ازای مقدار معین جاذب مصرفی (mg/g)، C_e غلظت تعادلی محلول (mg/L) و q_m مقدار حداکثر رنگ مورد نیاز برای تشکیل دو لایه‌ای (mg/g) می‌باشد. در عین حال می‌توان معادله لانگمویر را به صورت خطی ترسیم نمود و تعیین ثابت‌های جذب لانگمویر (KL) و حداکثر ظرفیت جذب از جاذب (qm) به صورت زیر خطی شود. مقادیر qm و KL با ترسیم نمودار $1/q$ در برابر $1/C_e$ حاصل می‌شود.

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{q_m K_l} \frac{1}{C_e}$$

ایزوترم فروندلیچ صرفاً مدل تجربی است که بر اساس جذب سطحی بر روی سطح جاذب به صورت ناهمگن، توسط معادله زیر شرح داده شده است:

$$q_e = K_f C_e^{1/n} \quad \text{معادله (۵)}$$

که در این معادله k_f و $1/n$ ثابت‌های جذب فروندلیچ مربوط به ظرفیت و شدت جذب می‌باشند. ثابت‌های تعادل فروندلیچ با ترسیم نمودار $\ln q_e$ در برابر $\ln C_e$ بر اساس داده‌های تجربی عرض از مبدأ منحنی حاصل تحت عنوان K_f و شیب خط تحت عنوان $1/n$ حاصل می‌شود. معادله فروندلیچ، برای تعیین ثابت‌های جذب فروندلیچ به صورت زیر می‌تواند خطی شود (۹):

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \ln C_e \quad \text{معادله (۶)}$$

غلظت نهایی رنگ بعد از هر مرحله آزمایش، از فیلتر ۰/۴۵ میکرونی عبور داده و میزان جذب محلول عبوری با دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل (UV/VIS (Shimadzo-1700, Japan) در طول موج بیشینه ۶۶۵nm به دست آمد (۲۴).

مقدار رنگ متیلن بلو جذب شده $q_e (mg/g)$ با استفاده از معادله زیر تعیین مقدار شد.

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

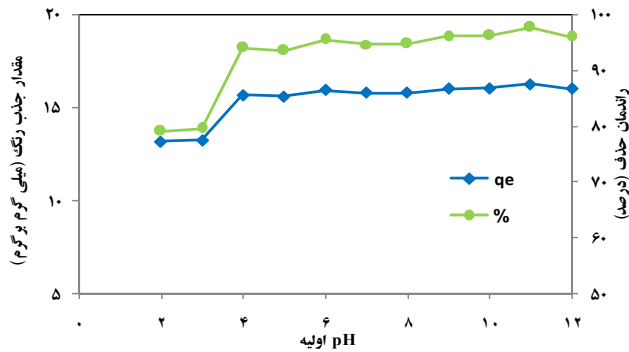
که در این معادله C_0 و C_e غلظت اولیه و تعادلی آلاینده در فاز مایع بر حسب (mg/L) می‌باشد. V ، حجم محلول (L) و M مقدار جاذب مورد استفاده (g) می‌باشد (۲۹). درصد حذف رنگ نیز با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید:

$$\% = \frac{(C_0 - C_f)}{C_0} \times 100$$

که در این معادله C_0 و C_f به ترتیب غلظت‌های اولیه و نهایی رنگ پس از جذب می‌باشند.

ایزوترم‌های جذب چگونگی توزیع مولکول‌های جذب شونده در فاز مایع و فاز جامد در هنگام حصول تعادل را نشان می‌دهند. مهم‌ترین مدل‌های جذب، شامل مدل خطی ایزوترم لانگمویر، مدل فروندلیچ، مدل تمکین و مدل داینین-رادوشکویچ هستند. سه مدل اول در جذب شیمیایی نیز کاربرد دارند. تبعیت هر مدل با رسم منحنی مربوط به هر تعادل و بررسی ضریب همبستگی مدل (R^2) با نتایج تجربی مشخص می‌گردد (۳۰، ۳۱).

مدل ایزوترم لانگمویر بر مبنای فرضیاتی علمی استوار است. مهم‌ترین این فرضیات آن است که مواد جذب شونده (اتم، مولکول یا یون) به نقاط مشخص و یکسان بر روی سطح جاذب



نمودار ۱: اثر pH اولیه محلول بر جذب رنگ متیلن بلو بر روی پودر پوست بادام زمینی (غلظت اولیه رنگ ۵۰ میلی گرم در لیتر، دوز جاذب ۰/۱ گرم بر لیتر، زمان تماس ۶۰ دقیقه و درجه حرارت ۲۵ سانتی گراد) به منظور تعیین اثر دوز جاذب بر روی فرآیند جذب سطحی، مقدار (۰/۱-۱g/100mL) جاذب برای آزمایشات جذب در مقدار ثابت pH برابر ۱۱، غلظت اولیه رنگ (۵۰ mg/l) و درجه حرارت آزمایشگاه (۲۲ ± ۲) در زمان تماس ۶۰ دقیقه مورد استفاده قرار گرفت که نتایج حاصله در نمودار ۲ ارائه شده است. راندمان حذف رنگ با افزایش مقدار جاذب از ۰/۱ تا ۰/۳ گرم، به سرعت افزایش یافت و با افزایش بیشتر دوز جاذب از ۰/۳ تا ۰/۶ گرم راندمان حذف با شیب کمتری افزایش یافت.

از سوی دیگر با افزایش دوز جاذب، مقدار رنگ جذب شده کاهش می یابد. حداکثر راندمان حذف رنگ متیلن بلو بر روی پودر پوست بادام زمینی ۹۸/۴۲٪ در دوز جاذب ۰/۸ گرم بود و مقدار رنگ جذب شده در این دوز جاذب برابر با ۶/۱۵ میلی گرم بر گرم بود و پس از آن افزایش چشمگیری در راندمان حذف مشاهده نشد.

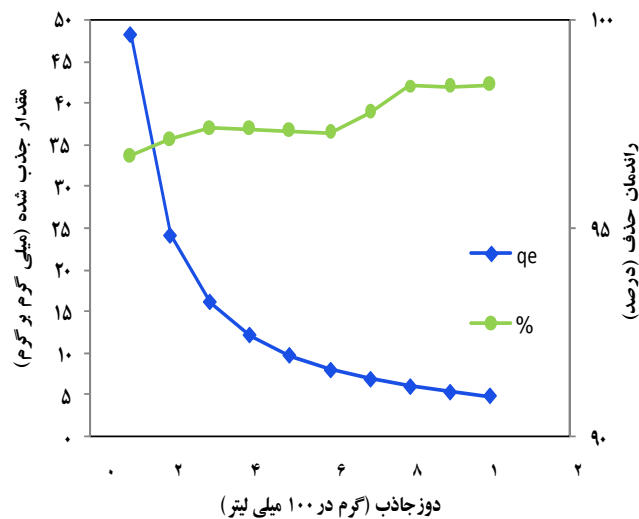
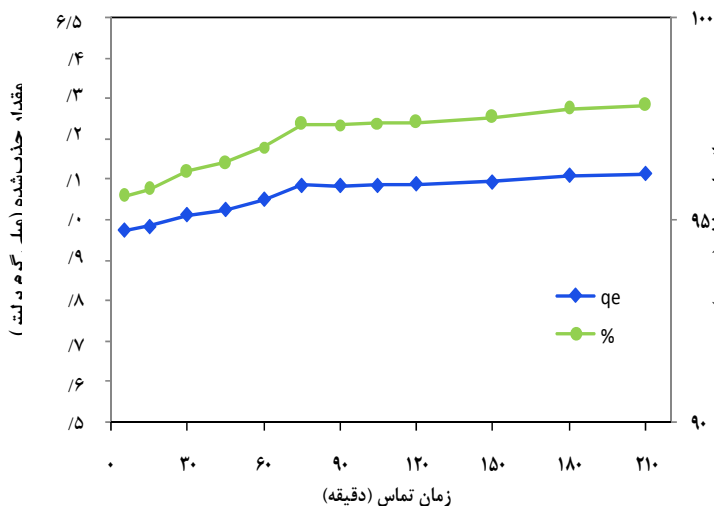
تنظیم pH نمونه ها توسط محلول های NaOH یا HCL ۰/۱ نرمال انجام پذیرفت. گستره پارامترهای مورد مطالعه به طور خلاصه شامل غلظت اولیه رنگ (۱۰-۱۲۰ mg/l)، pH اولیه محلول (۱۲-۱)، دوز جاذب (۰/۱-۱g/100mL) و زمان تماس (۲۱۰-۵ min) در دمای آزمایشگاه (۲۵ ± ۲) بود.

در پایان نتایج حاصل از آزمایشات جذب با کمک نرم افزار اکسل در قالب نمودار ارائه و با توجه به دو بار تکرار بودن تمامی آزمایشات، مقادیر به صورت میانگین گزارش شد.

یافته ها

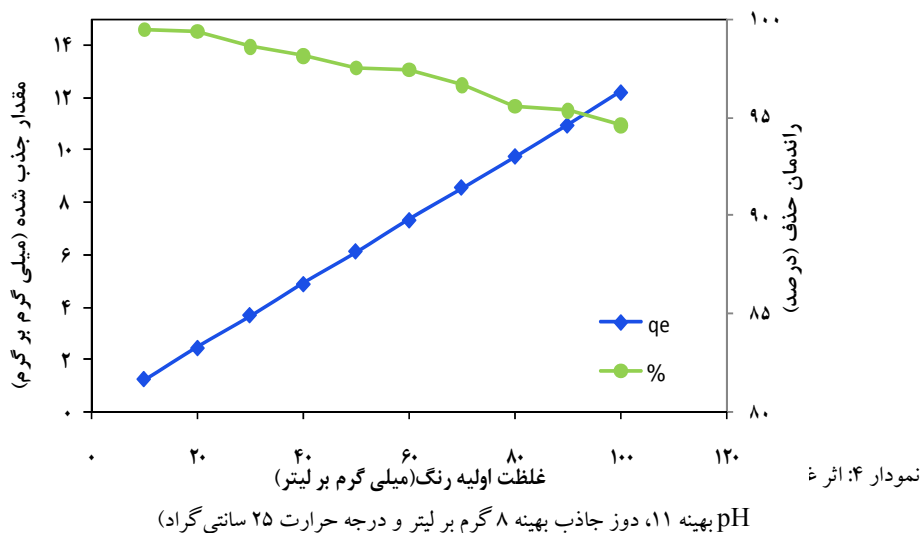
در مطالعه حاضر اثر pH بر روی ظرفیت جذب رنگ متیلن بلو توسط پودر پوست بادام زمینی در گستره pH معادل (۱۲-۲) حاوی غلظت اولیه رنگ (۵۰ mg/l) و دوز جاذب ۰/۳g/100mL برای مدت زمان واکنش ۶۰ دقیقه در دمای (۲ ± ۲) مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در نمودار ۱ نمایش داده شده است.

جذب رنگ متیلن بلو توسط پودر پوست بادام زمینی با افزایش مقدار pH از ۲ به ۱۱ افزایش یافته است که حداکثر راندمان ۹۷/۶۵٪ و مقدار رنگ جذب شده ۱۶/۲۸ میلی گرم بر گرم برای pH معادل ۱۱ حاصل گردید. لذا pH بهینه ۱۱ در نظر گرفته شد و مراحل بعدی آزمایشات در این میزان pH بهینه انجام شدند.



پودر پوست بادام زمینی (غلظت اولیه رنگ ۵۰ میلی گرم بر لیتر، pH بهینه ۱۱، دوز جاذب بهینه ۸ گرم بر لیتر و درجه حرارت ۲۵ سانتی گراد) تأثیر غلظت‌های اولیه رنگ متیلن بلو در نمودار ۴ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در زمان تماس ۷۵ دقیقه و pH بهینه ۱۱ و دوز جاذب ۸ گرم بر لیتر با افزایش غلظت اولیه رنگ، راندمان حذف رنگ کاهش می‌یابد و مقدار رنگ جذب شده با افزایش غلظت اولیه رنگ، افزایش می‌یابد. زمانی که غلظت اولیه رنگ از ۱۰ به ۱۱۰ mg/l افزایش می‌یابد میزان رنگ جذب شده نیز از ۱/۲۱ به ۱۲/۲۲ میلی گرم بر گرم افزایش می‌یابد و راندمان حذف از ۹۹/۵ به ۹۶/۴۶ درصد کاهش می‌یابد. داده‌های جذب تعادلی با ایزوترم های جذب لانگمویر و فروندلیچ تطبیق داده شدند. با توجه به مقدار رگرسیون (R2) هر یک از ایزوترم‌ها، مشخص می‌شود که مدل فروندلیچ بیشترین تطابق را با داده‌های به دست آمده دارد (R2=۰/۹۵۳) و بهترین مدل در جذب سطحی رنگ متیلن بلو توسط جاذب مورد مطالعه می‌باشد. ضرایب ثابت و ضرایب همبستگی ایزوترم‌های مورد بررسی در جدول ۱ آمده است.

نمودار ۲: اثر دوز جاذب بر جذب سطحی رنگ متیلن بلو بر روی پودر پوست بادام زمینی (غلظت اولیه رنگ ۵۰ میلی گرم در لیتر، pH بهینه ۳، زمان تماس ۶۰ دقیقه و درجه حرارت ۲۵ سانتی گراد) زمان تماس واکنش بین جاذب و رنگ‌زا یکی دیگر از پارامترهای مورد بررسی در این مطالعه بود. نتایج نشان داد که با افزایش زمان تماس، مقدار رنگ باقیمانده در محلول نیز کاهش می‌یابد به طوری که نمودار ۳ نشان می‌دهد که افزایش میزان رنگ جذب شده و افزایش راندمان حذف رنگ متیلن بلو توسط جاذب در زمان‌های تماس اولیه سریع است و سپس با سرعت کمتری متناسب با زمان روند صعودی را تا رسیدن به حالت تعادل طی می‌نماید. با توجه به اینکه بعد از گذشت مدت زمان ۷۵ دقیقه افزایش چشمگیری در راندمان حذف رنگ مشاهده نشد، مدت زمان تعادل ۷۵ دقیقه انتخاب شد که راندمان حذف رنگ متیلن بلو در زمان تماس ۷۵ دقیقه معادل ۹۷/۳۹٪ (۶/۰۹ میلی گرم بر گرم) حاصل گردید.



جدول ۱: ضرایب ثابت و ضرایب همبستگی ایزوترم فروندلیچ و لانگمویر در جذب متیلن بلو بر روی پودر پوست بادام زمینی

لانگمویر		فروندلیچ	
$q_m(\text{mg/g})$	۷۶/۹۲	K_F ($\text{mg/g}(\text{l/mg})^{1/n}$)	۵/۵
$b (\text{L/mg})$	۰/۰۷۸	$1/n$	۰/۹۱۲
R^2	۰/۸۹۴	R^2	۰/۹۵۳

بحث و نتیجه گیری

در pH برابر ۱۱ بالاترین راندمان (۹۷/۶۵ درصد) را دارد. این رامی توان با در نظر گرفتن کشش الکترواستاتیکی موجود بین شارهای منفی سطح گسترده‌ای از جاذب توضیح داد که منجر به جذب رنگ کاتیونی متیلن بلو می‌شود. به عبارت دیگر با افزایش pH سطح یون H^+ موجود در محلول کاهش همچنین OH^- افزایش خواهد یافت و به موجب آن میزان یونهای مثبت بر روی سطح جاذب افزایش می‌یابد. این نتایج با یافته‌های ارائه شده توسط سایر محققین همخوانی دارد (۳۶-۳۴).

pH محلول می‌تواند بر بار سطحی جاذب، درجه یونیزاسیون آلاینده‌های مختلف، تفکیک گروه‌های کاربردی بر روی سایت‌های فعال جاذب و نیز ساختار مولکول رنگ اثرگذار باشد (۳۲). pH محلول، شیمی محیط آبی و پیوندهای سطح جاذب را تحت تأثیر قرار می‌دهد و لذا pH محلول به عنوان یک پارامتر مهم در طی فرآیند جذب رنگ مطرح می‌باشد (۳۳). یافته‌های حاصل از آزمایشات نشان داد که با تغییرات در میزان pH از ۲ تا ۱۲، کارایی فرایند افزایش می‌یابد به طوری که



دوز جاذب یکی دیگر از پارامترهای مهم و تأثیرگذار در فرآیند جذب بوده و از این رو تعیین‌کننده ظرفیت جاذب (پودر پوست بادام زمینی) برای یک غلظت اولیه معین از رنگ متیلن بلو است. همان‌طور که شکل (۲) نشان می‌دهد، درصد حذف رنگ با افزایش مقدار جاذب از ۰/۱ تا ۰/۳ گرم، راندمان حذف به سرعت افزایش یافته و از ۰/۳ تا ۰/۶ گرم، این افزایش با سرعت کمتری ادامه می‌یابد.

با افزایش غلظت جاذب راندمان افزایش یافته است و از سوی دیگر مقدار رنگ جذب شده با افزایش دوز جاذب کاهش یافته است. این نتیجه بر اساس این حقیقت قابل تفسیر است که با افزایش دوز جاذب تعداد سایت‌های در دسترس برای جذب افزایش می‌یابد و سایت‌های جذب در طی فرآیند جذب به صورت اشباع نشده باقی می‌مانند. حداکثر راندمان جذب رنگ متیلن بلو بر روی پودر پوست بادام زمینی برابر با ۹۸/۴۲٪ در دوز جاذب ۸ گرم برلیتر حاصل شد. با این وجود، با افزایش بیشتر دوز جاذب، افزایش چشمگیری در راندمان حذف رنگ مشاهده نشد. همچنین نتایج مطالعات دیگری از یافته‌های این مطالعه تبعیت می‌کنند (۳۹، ۴۰). زمان تماس واکنش، دیگر پارامتر مؤثر در تعیین عملکرد فرآیند می‌باشد. بر همین اساس نتایج حاصل از سنجش این پارامتر نشان داد که با گذشت زمان مقدار رنگ باقیمانده در محلول کاهش و مقدار رنگ جذب شده افزایش می‌یابد. نرخ حذف آلاینده (جذب شده) در ابتدا سریع بوده اما به تدریج با گذشت زمان کاهش یافته تا اینکه در زمان تماس ۷۵ دقیقه به حالت تعادل می‌رسد.

همچنین در مطالعه دیگری که توسط پاوان Pavan و همکاران انجام شد نیز مشاهده گردید که با افزایش pH تا حدود ۱۲ راندمان فرایند تا ۹۶ درصد افزایش می‌یابد (۳۷).

در مطالعه آلزایدین ALZaydien و همکارانش در سال ۲۰۰۹ مشاهده شد که جذب در pH ۸-۱۰ بالا بوده است و بالاترین جذب در pH برابر ۸ که برابر با ۹۷٪ بود، مشاهده شد. گزارش شده است که واکنش جاذب بارنگ‌های کاتیونی عمدتاً از طریق کنش و واکنش‌های صورت گرفته بین باندهای هیدروژن و نیروهای واندروالسی است (۳۸). در مقادیر پایین pH محلول، غلظت بالای یون‌های هیدروژن سبب ترغیب پروتون دهی protonation گروه‌های کاربردی شده و از این رو جاذب‌ها بار مثبت بیشتری را در خود جای داده که این امر مانع از جذب رنگ‌های کاتیونی بر روی جاذب می‌شود. به عبارت دیگر، یون‌های هیدروژن اضافی، با مولکول‌های رنگ کاتیونی برای جذب بر روی سایت‌های فعال رقابت می‌کنند. بنابراین ظرفیت جذب سطحی جاذب‌ها به میزان زیادی در مقادیر pH پائین کاهش می‌یابد. زمانی که pH محلول افزایش می‌یابد، تعداد سایت‌های در دسترس با بار مثبت کاهش یافته که این امر به مفهوم آن است که تعداد سایت‌های باردار منفی افزایش می‌یابد. همان‌طور که سطح جاذب‌ها بار منفی بیشتری را به خود می‌گیرند، کنش و واکنش بین جاذب‌ها و مولکول‌های رنگی کاتیونی نیز افزایش می‌یابد. بنابراین ظرفیت جذب سطحی جاذب‌ها با افزایش مقدار pH افزایش می‌یابد (۱۰).



جذب رنگ سبز مالاشیت بر روی خاک اره، با افزایش غلظت رنگ راندمان حذف کاهش می‌یابد (۴۵).

مطالعه ایزوترم‌های جذب می‌تواند توصیف‌کننده چگونگی وقوع واکنش بین ماده جذب شوند با ماده جاذب باشد (۲۱،۹). در واقع معادله ایزوترم فراهم‌کننده ارتباط بین غلظت رنگ در محلول و مقدار رنگ جذب‌شده بر سطح فاز جامد بوده در شرایطی که هر دو فاز در حال تعادل با یکدیگر قرار دارند. در مدل فروندلیچ، مناطق موجود روی سطح جسم جاذب، یکنواخت نبوده و قدرت جذب متفاوتی دارند (۲۴،۱). بر اساس داده‌های حاصل از مطالعات مربوط به معادلات جذب ضریب همبستگی مدل فروندلیچ بالاتر از مقدار آن برای مدل لانگمویر بوده که این امر بیانگر تناسب بهتر مدل جذب فروندلیچ جهت توصیف تعادل جذب رنگ متیلن‌بلو بر روی پودر پوست بادام‌زمینی است. مقدار $1/n$ نیز برای جاذب مورد مطالعه کمتر از ۱ می‌باشد با توجه به این ضریب می‌توان گفت که فرآیند جذب در این مطالعه یک فرآیند مطلوب بوده است. با توجه به q_{max} به دست آمده از مدل ایزوترمی لانگمویر که برابر با $76/91$ میلی‌گرم بر گرم می‌باشد، جاذب مورد مطالعه ظرفیت بالایی برای جذب متیلن‌بلو از محیط‌های آبی دارد. جاهد و همکاران ماکزیمم ظرفیت جذب کربن فعال تولیدی از روزنامه‌های باطله برای متیلن‌بلو را $68/03$ میلی‌گرم بر گرم اعلام کردند (۲۸).

از نتایج مطالعه حاضر چنین نتیجه‌گیری می‌شود که پودر پوست بادام‌زمینی می‌تواند به نحوی مؤثر و کارآمد جهت حذف رنگ متیلن‌بلو از محلول‌های آبی مورد استفاده قرار گیرد.

این پدیده ناشی از این حقیقت است که در ابتدا و مراحل اولیه جذب شمار زیادی از سایت‌های سطحی خالی برای انجام جذب در دسترس بوده اما با گذشت زمان، تعداد این سایت‌ها کاهش یافته و جذب با سرعت کمتری اتفاق می‌افتد (۳۷). مطالعه یزادشناس و همکارانش نشان دادند حذف رنگ بازیک آبی ۴۱ از پساب رنگرزی توسط جاذب ارزان‌قیمت نانو ذرات چوب بامبو با افزایش زمان تماس میزان جذب در ۶۰ دقیقه اول افزایش یافته و سپس روند ثابتی داشته است (۴۱).

نتایج تأثیر غلظت‌های اولیه رنگ متیلن‌بلو بر راندمان حذف، نشان داد که با افزایش غلظت رنگ‌زای اولیه، میزان حذف رنگ ابتدا افزایش و به تدریج کاهش یافت. ابتدا در شرایط ثابت (مقدار جاذب و زمان تماس ثابت) با افزایش غلظت رنگ راندمان فرآیند نیز کاهش می‌یابد. این موضوع ممکن است ناشی از این حقیقت باشد که در غلظت‌های کم ماده رنگ‌زا، مولکول‌های ماده رنگی به سرعت روی سطح جاذب، جذب شده و با افزایش در غلظت اولیه رنگ، سطح جاذب در زمان کوتاه اشباع شده و به دلیل دافعه ایجاد شده بین مولکول‌های رنگ‌زا میزان جذب را کاهش می‌یابد. در واقع جاذب‌ها دارای یک تعداد محل‌های فعال محدود می‌باشند که در غلظت‌های بالا اشباع می‌شود (۴۳-۴۱).

در مطالعه شیرزاد سبینی و همکارانش حذف رنگ راکتیو بلک توسط مهره‌های مغناطیس آلزینات سدیم سنتز شده، نشان داد با افزایش غلظت رنگ راندمان حذف کاهش می‌یابد (۴۴). در مطالعه دیگری Khattri و همکارانش نشان دادند که در فرآیند



حاضر می‌توان نتیجه‌گیری نمود که پوست بادام زمینی ظرفیت بالایی در جذب رنگ متیلن بلو از محیط‌های آبی برخوردار بوده و لذا می‌تواند به‌عنوان یک راهکار عملی جهت حذف این نوع رنگ از پساب‌های صنعت نساجی که از این نوع رنگ استفاده می‌نمایند، مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله مراتب سپاسگزاری خود را از معاونت محترم تحقیقات و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی زاهدان و کارشناسان آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی زاهدان به خاطر کمک‌های بی‌دریغشان اعلام می‌دارند.

درصد حذف رنگ تابع مقدار غلظت اولیه رنگ و زمان تماس بین رنگ و جاذب، pH، جاذب است. همچنین این جاذب قادر به حذف حدود ۹۷٪ رنگ متیلن بلو از محلول‌هایی با غلظت اولیه رنگ متیلن بلو در گستره (۲۰۰-۵) mg/L می‌باشد.

جذب رنگ متیلن بلو بر روی پودر پوست بادام زمینی توسط ایزوترم‌های جذب لانگمویر و فروندلیچ توصیف شد که بیانگر تطابق بهتر ایزوترم جذب لانگمویر با داده‌های حاصل از مطالعه حاضر است. حذف رنگ از محلول‌های آبی در غلظت‌های پائین رنگ تحت تأثیر جذب بر سایت‌های سطحی جاذب جامد بوده و حال آنکه در غلظت‌های رنگ بالا جذب در سطح و تبادل داخلی هر دو به وقوع می‌پیوندد. در پایان بر اساس نتایج حاصل از مطالعه

References

- 1- Gulnaz O, Sahmurova A, Kama S. Removal of Reactive Red 198 from aqueous solution by Potamogeton crispus. Chem Engineer J 2011; 174(2): 579-85.
- 2- Ghaneian MT, Dehvari M, Taghavi M, Amrollahi M, Jamshidi B. Application of Pomegranate Seed Powder in the removal of Reactive Red 198 dye from aqueous solutions. Jundishapur J Health Sci 2012; 4(3): 45-55.
- 3- Samarghandy MR, Hoseinzade E, Taghavi M, Hoseinzadeh S. Biosorption of Reactive Black 5 from aqueous solution using Acid-treated biomass from Potato Peel Waste. Bioresources 2011; 6(4): 4840-55.
- 4- Jaafari SJ, Shokouhi R, Zadeh EH, Taghavi M, Arezoumandi R, Ahadi H. Removal of Reactive Black 5 (RB5) dye from aqueous solution by using of adsorption onto activated red mud: kinetic and equilibrium study. Jundishapur J Health Sci 2012; 4(1): 69-76.
- 5- Royer B, Cardoso NF, Lima EC, Macedo TR, Airoidi C. A useful organofunctionalized layered silicate for textile dye removal. J Hazard Material 2010; 181(1): 366-7.۴
- 6- Kaur S, Singh V. TiO₂ mediated photocatalytic degradation studies of Reactive Red 198 by UV irradiation. J Hazard Material 2007; 141(1): 230-6.



- 7- Banat F, Al-Asheh S, Al-Ahmad R, Bni-Khalid F. Bench-scale and packed bed sorption of methylene blue using treated olive pomace and charcoal. *Bioresource Tech* 2007; 98(16): 3017-25.
- 8- Brookstein DS. Factors associated with textile pattern dermatitis caused by contact allergy to dyes, finishes, foams, and preservatives. *Dermatologic Clinics* 2009; 27(3): 309-22.
- 9- Bazrafshan E, Kord Mostafapour F. Evaluation of color removal of Methylene blue from aqueous solutions using plant stem ash of *Persica*. *J North Khorasan Uni Med Sci* 2012; 4: 523-32.
- 10 Allegre C, Moulin P, Maisseu M, Charbit F. Treatment and reuse of reactive dyeing effluents. *J Membrane Sci* 2006; 269(1): 15-34.
- 11- Liu H-L, Chiou Y-R. Optimal decolorization efficiency of reactive red 239 by UV/ZnO photocatalytic process. *J Chinese Ins Chem Engineer* 2006; 37(3): 289-98.
- 12- Asgari G, Hoseinzadeh E, Taghavi M, Jafari J, Sidmohammadi A. Removal of Reactive Black 5 from Aqueous solution Using Catalytic. *Jundishapur J Health Sci* 2012; 4(2): 21-30.
- 13- Shokouhi R. Study of Adsorption Equilibrium and Kinetics of direct blue 71 by activated red mud from aqueous solutions. *J Health Dev* 2014.
- 14- Vogelpohl A, Kim S-M. Advanced oxidation processes (AOPs) in wastewater treatment. *J Industrial Engineer Chem* 2004; 10(1): 33-40.
- 15- Órfão J, Silva A, Pereira J, Barata S, Fonseca I, Faria P, et al. Adsorption of a reactive dye on chemically modified activated carbons—influence of pH. *J Colloid Interface Sci* 2006; 6(2): 299-480.
- 16- Liu C-H, Wu J-S, Chiu H-C, Suen S-Y, Chu KH. Removal of anionic reactive dyes from water using anion exchange membranes as adsorbers. *Water Res* 2007; 41(7): 1491-500.
- 17- Hasani Zm, Alavi Ms, Arami M. Removal of CI Acid Blue 292 using polyaluminum chloride. *J Color Sci Tech* 2008; 2: 87-94. [Persian]
- 18- Sohrabi M, Ghavami M. Photocatalytic degradation of Direct Red 23 dye using UV/TiO₂: Effect of operational parameters. *Journal of Hazardous Materials*. 2008; 153(3): 1235-9.
- 19- Sleiman M, Vildoza D, Ferronato C, Chovelon J-M. Photocatalytic degradation of azo dye Metanil Yellow: optimization and kinetic modeling using a chemometric approach. *App Catalysis B: Environ* 2007; 77(1): 1-11.
- 20- Lorenc-Grabowska E, Gryglewicz G. Adsorption characteristics of Congo Red on coal-based mesoporous activated carbon. *Dyes Pigments* 2007; 74(1): 34-40.



- 21- Bazrafshan E, Kord Mostafapour F, Rahdar S, Mahvi AH. Equilibrium and thermodynamics studies for decolorization of Reactive Black 5 (RB5) by adsorption onto MWCNTs. *Desalination Water Treatment* 2015; 54(8): 2241-51.
- 22- Fanchiang J-M, Tseng D-H. Degradation of anthraquinone dye CI Reactive Blue 19 in aqueous solution by ozonation. *Chemosphere* 2009; 77(2): 214-21.
- 23- Madrakian T, Afkhami A, Ahmadi M. Adsorption and kinetic studies of seven different organic dyes onto magnetite nanoparticles loaded tea waste and removal of them from wastewater samples. *Spectrochimica Acta Part A: Molecul Biomolecul Spectroscopy* 2012; 99: 102-9.
- 24- Jafari Mansoorian H, Mahvi AH, Kord Mostafapoor F, Alizadeh M. Equilibrium and synthetic studies of methylene blue dye removal using ash of walnut shell. *J health Field* 2013; 3(1): 48-55. [Persian].
- 26- Ezechi EH, Kutty SRbM, Malakahmad A, Isa MH, Aminu N, Salihi IU. Removal of methylene blue from dye effluent using *ageratum conyzoides* leaf powder (ACLP). *AIP Conference Proceedings* 2015; 1669: 020013.
- 26- Tabrizi NS, Yavari M. Methylene blue removal by carbon nanotube-based aerogels. *Chem Engineer Res Design* 2015; 94: 516-23.
- 27- Ghanizadeh G, Asgari G. Removal of methylene blue dye from synthetic wastewater with bone char. *Iran J Health Environ* 2009; 2(2): 104-13.
- 28- Jahed B, Shaker Khatibi M, Baghapour MA, Khalili Nadji F. The application of activated carbon produced from used newspaper in the removal of methylene blue dye from aqueous solution: isotherm, kinetic and thermodynamic study. *Modares J Civil Engineer* 2015; 14(4): 1-9.
- 29- Zazouli MA, Yousefi Z, Taghavi M, Akbari-adergani B, Cherati JY. Cadmium Removal from Aqueous Solutions using L-cysteine Functionalized Single-Walled Carbon Nanotubes *J Mazand Univ Med Sci* 2013; 23(98): 37-47.
- 30- Ghaneian MT, Jamshidi B, Amrollahi M, Dehvari M, Taghavi M. Application of biosorption process by pomegranate seed powder in the removal of hexavalent chromium from aqueous environment. *Koomesh* 2014; 15(2): 206-11.
- 31- Zarrabi M, Noori Sepehr M, Amrollahi M, Taghavi M. Biosorption of fluoride by apple pulp from aqueous solution. *Koomesh* 2015; 16(2): 213-9.



- 32- Ai L, Zhang C, Liao F, Wang Y, Li M, Meng L, et al. Removal of methylene blue from aqueous solution with magnetite loaded multi-wall carbon nanotube: kinetic, isotherm and mechanism analysis. *J Hazard Material* 2011; 198: 282-90.
- 33- Khorramfar S, Mahmoodi N, Arami M, Gharanjig K. Dye removal from colored textile wastewater using tamarindus indica hull: Adsorption isotherm and kinetics study. *J Color Sci Tech* 2009; 81: 3-8. [Persian]
- 34- Anbia M, Hariri SA. Removal of methylene blue from aqueous solution using nanoporous SBA-3. *Desalination* 2010; 261(1): 61-6.
- 35- Yu S, Liu M, Ma M, Qi M, Lü 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 Membrane Sci* 2010; 350(1): 83-91.
- 36- Ertaş M, Acemioğlu B, Alma MH, Usta M. Removal of methylene blue from aqueous solution using cotton stalk, cotton waste and cotton dust. *J Hazard Material* 2010; 183(1): 421-7.
- 37- Pavan FA, Mazzocato AC, Gushikem Y. Removal of methylene blue dye from aqueous solutions by adsorption using yellow passion fruit peel as adsorbent. *Bioresource Tech* 2008; 99(8): 3162-5.
- 38- ALzaydien AS. Adsorption of methylene blue from aqueous solution onto a low-cost natural Jordanian Tripoli. *American J App Sci* 2009; 6(6): 1047.
- 39- Amin NK. Removal of reactive dye from aqueous solutions by adsorption onto activated carbons prepared from sugarcane bagasse pith. *Desalination* 2008; 223(1): 152-61.
- 40- Cengiz S, Cavas L. Removal of methylene blue by invasive marine seaweed: *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*. *Bioresource Tech* 2008; 99(7): 2357-63.
- 41- Yazdanshenas M, Farizadeh K, Ahmadi S, Fazilat A. Remove of Dye pollutants from wastewater by absorbing low-cost nano-bamboo International Conference on Water and Wastewater; Tehran 2010.
- 42- Gil A, Assis F, Albeniz S, Korili S. Removal of dyes from wastewaters by adsorption on pillared clays. *Chem Engineer J* 2011; 168(3): 1032-40.
- 43- Kushwaha AK, Gupta N, Chattopadhyaya M. Removal of cationic methylene blue and malachite green dyes from aqueous solution by waste materials of *Daucus carota*. *J Saudi Chem Society* 2014; 18(3): 200-7.



-
- 44- Shokohi R, Samarghandi M, Pourfarzi F, Shirzad Siboni M. Removal of Reactive Black 5 (RB5) Dye from Aquatic Solution by Using of Adsorption onto Synthesized SodiumAlginate Magnetic Beads. Iran J Health Environ 2011; 4(1): 1-10.
- 45- Khattri S, Singh M. Removal of malachite green from dye wastewater using neem sawdust by adsorption. J Hazard Material 2009; 167(1): 1089-94.



Evaluation of Methylene Blue Removal from Aqueous Solution Using Peanut Shell Powder

Rahdar S (M.Sc)¹, Ahmadabadi M (M.Sc)², Bazrafshan E (Ph.D)³, Taghavi M (Ph.D)⁴, Amrollahi M (M.Sc)⁵

1. M.Sc of Environmental Health Engineering, Zabol University of Medical Sciences, Zabol, Iran
2. M.Sc of Environmental Health Engineering, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran
3. Associate Professor, Health Promotion Research Center, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran
4. Corresponding Author: Ph.D student of Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, Torbat Heydarieh University of Medical Sciences, Torbat Heydarieh, Iran
5. M.Sc of Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

Abstract

Introduction: Textile industry is regarded as one of the largest producers of dye and organic compounds, and Methylene Blue is the most commonly used dye material. In the present study, peanut shell powder was used as a low-cost adsorbent for removal of Methylene blue dye from aqueous solutions.

Methods: In this experimental study, effect of operating parameters including pH (2-12), reaction time (5-210 min), adsorbent dosage (0.1-1 g/l) and initial dye concentration (10-120 mg/l) were assessed on dye removal from synthetic wastewater. Moreover, the adsorption behavior of dye was evaluated by Freundlich and Langmuir isotherms.

Results: Maximum removal efficiency of methylene blue was achieved at optimal pH of 11, reaction time of 75 min, adsorbent dosage of 8 g/l and initial dye concentration of 10 mg/l. With increasing dye concentration from 10 to 100 mg/l, removal efficiency was decreased from 99.5% to 96.46%. The obtained data demonstrated that adsorption process of Methylene blue using peanut shell powder was well fitted with Langmuir isotherms ($R^2=0.894$).

Conclusion: Based on the results of the current study, the peanut shell seems to have an appropriate ability in Methylene blue dye removal from aqueous solution, and textile industry wastewater.

Keywords: Adsorption; Equilibrium isotherm; Methylene blue; Peanut shell powder