

بررسی حذف رنگ بازیک رد ۱۸ از محلول‌های آبی با استفاده از خاکستر پوست بادام‌زمینی

مرتضی احمد آبادی^۱، سمیه رهدار^۲، محمود تقوی^{۳*}

۱- کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تربت جام، تربت جام، ایران

۲- کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زابل، زابل، ایران

۳- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران

چکیده

زمینه و هدف: رنگ‌ها یکی از مهمترین آلاینده‌های فاضلاب صنایع نساجی بوده که سمی، سرطان‌زا، جهش‌زا و غیر قابل تجزیه بیولوژیک می‌باشند. بازیک رد ۱۸ رایج‌ترین ماده رنگی جهت رنگ‌آمیزی است. این مطالعه با هدف حذف رنگ بازیک رد ۱۸ از محلول‌های آبی با استفاده از خاکستر پوست بادام‌زمینی انجام گردید.

روش‌ها: این مطالعه در مقیاس آزمایشگاهی و به صورت ناپیوسته در یک راکتور منقطع بر روی فاضلاب سنتتیک انجام شد و تاثیر پارامترهای مهم از جمله pH (۱۲-۲)، زمان تماس (۵-۱۵۰ دقیقه)، مقدار جاذب (۱/۲-۰/۲ گرم بر لیتر) و غلظت اولیه رنگ (۱۵۰-۲۰ میلی‌گرم بر لیتر) در حذف رنگ مورد بررسی قرار گرفت. همچنین رفتار جذب رنگ توسط ایزوترم‌های فروندلیچ، لانگمویر و تمکین مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج: راندمان حذف ۹۶/۲ درصد در pH برابر با ۱۱، زمان تماس ۹۰ دقیقه و دوز جاذب ۰/۸ گرم بر لیتر و غلظت اولیه رنگ ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر حاصل شد. با افزایش غلظت اولیه رنگ از ۲۰ به ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر، راندمان حذف از ۹۰/۱۲ درصد به ۹۶/۱۶ درصد افزایش یافت. نتایج بررسی ایزوترم‌های جذب نشان داد که فرآیند جذب بازیک رد ۱۸ با استفاده از خاکستر پوست بادام‌زمینی از مدل جذب فروندلیچ ($R^2=0/98$) پیروی می‌کند. **نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد که این ماده یک جاذب طبیعی موثر و ارزان‌قیمت در تصفیه فاضلاب‌های حاوی رنگ بازیک رد ۱۸ می‌باشد. لذا استفاده از این ماده جهت حذف رنگ بازیک رد ۱۸ از محیط‌های آبی پیشنهاد می‌گردد.

کلمات کلیدی: خاکستر پوست بادام‌زمینی، بازیک رد ۱۸، جذب سطحی، ایزوترم جذب

*آدرس نویسنده مسئول: دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران. شماره تماس: ۰۳۵-۳۸۲۰۹۱۵۴

آدرس پست الکترونیک: taghavi66@yahoo.com

مقدمه

رشد فزاینده جمعیت به همراه گسترش صنعت و کشاورزی، در سال‌های اخیر و کمبود آب سالم در جهان، ضرورت تصفیه و بازیابی مجدد آب‌های مصرفی را حائز اهمیت کرده است (۱). سالانه مقادیر قابل توجهی آب در صنایع نساجی مصرف و به تبع آن فاضلاب حاوی رنگ تولید می‌شود که از لحاظ کمیت و کیفیت با هم تفاوت دارند (۲، ۳). با توجه به حجم بالای تولید فاضلاب‌های رنگی در کشور و اثرات سوء آنها، توسعه راهکارهای عملی مناسب برای تصفیه چنین فاضلاب‌هایی ضروری است (۴).

سالانه مقادیر زیادی رنگ در صنایع نساجی در طی فرآیند رنگرزی حاصل و وارد فاضلاب می‌شود (۵). براساس تخمین‌ها، در فرآیندهای رنگرزی حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد از کل رنگ‌ها وارد پساب می‌شود (۶). ورود فاضلاب‌های صنعتی حاوی مواد رنگ‌زا به داخل منابع آب سبب کاهش کیفیت آب، اثرات سمی، سرطان‌زایی و جهش‌زایی شده که صدمات جبران ناپذیری را به محیط زیست وارد می‌کند (۷).

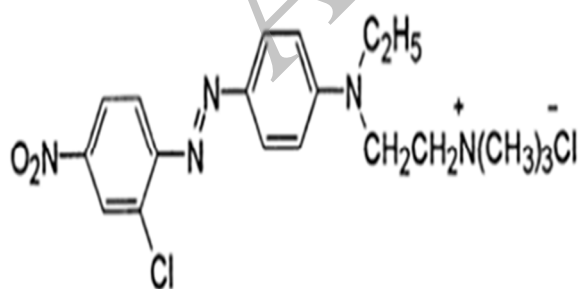
روش‌های مختلفی از جمله فرآیندهای جذب سطحی، اکسیداسیون- احیاء، از نرنی، روش‌های بیولوژیکی، انعقاد و لخته‌سازی و روش‌های غشایی برای تصفیه فاضلاب‌های حاوی رنگ مورد استفاده قرار می‌گیرند (۸، ۹). هرکدام از این روش‌ها دارای مزایا و معایبی هستند. فرآیندهای غشایی نیز هزینه‌بر بوده و راهبری آن به نیروی متخصص نیاز دارد (۱۰). اکسیداسیون- احیاء نیز نیاز به افزودن مواد شیمیایی اضافی به فاضلاب دارد که در نتیجه باعث آلودگی ثانویه می‌شود. روش منعقدسازی- لخته‌سازی علاوه بر نیاز به دستگاه‌های تزریق مواد شیمیایی، لجن زیادی تولید می‌کند (۱۱، ۱۲). جذب سطحی یک روش تصفیه قابل اطمینان به دلیل هزینه و سرمایه‌گذاری پایین، سادگی طراحی، سهولت بهره‌برداری و عدم حساسیت به مواد سمی می‌باشد (۷). روش تصفیه با کربن فعال هزینه‌بر بوده و فرآیند احیاء آن مشکل و دفع زائدات آن نیز از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست (۱۳).

مطالعاتی در مورد استفاده از جاذب‌های ارزان قیمت و قابل دسترس مانند مواد طبیعی خاک‌های رسی، کیتین، جلبک‌های دریایی، پسماندهای کشاورزی، خاکستر آتشفشانی، لجن‌های هیدروکسید فلزی و لجن‌های فاضلاب انجام شده است (۱۶-۱۴). استفاده از این جاذب‌ها در مقایسه با سایر روش‌ها به دلیل

حذف فیزیکی آلاینده‌های مختلف از پساب و عدم تولید محصول جانبی خطرناک مورد توجه قرار گرفته است (۱۶، ۱۷). سطح زیر کشت بادام‌زمینی در ایران در سال ۱۳۹۴ حدود ۳۰۰۰ هکتار بوده است که تولید بالای این محصول در ایران را نشان می‌دهد. لذا پوست بادام زمینی به عنوان یک ماده طبیعی در مقادیر بالا در دسترس می‌باشد (۱۸). با توجه به اینکه تا کنون مطالعه‌ای در رابطه با حذف رنگ بازیک رد ۱۸ با استفاده از خاکستر پوست بادام زمینی انجام نشده است، این مطالعه با هدف بررسی حذف رنگ بازیک رد ۱۸ با استفاده از خاکستر پوست بادام‌زمینی از محلول‌های آبی انجام گرفت و اثرات پارامترهای مختلف از جمله pH اولیه محلول، دوز جاذب، غلظت رنگ بازیک رد ۱۸ و زمان تماس بر روی فرآیند جذب بررسی شد.

روش‌ها

رنگ بازیک رد ۱۸ به عنوان رنگ کاتیونی با وزن مولکولی ۴۲۶/۳۴ گرم بر مول و حداکثر جذب در طول موج ۵۳۰ نانومتر مورد مطالعه قرار گرفت. رنگ بازیک رد ۱۸ مورد استفاده از شرکت الوان ثابت تهیه شد. فرمول شیمیایی بازیک رد ۱۸ در شکل ۱ ($19H_{25}Cl_2N_5O_2$) نشان داده شده است. اسید کلریدریک و سود از شرکت مرک آلمان خریداری شده است. برای انجام این آزمایش محلول‌های رنگی با غلظت‌هایی در محدوده ۱۵۰-۲۰ میلی‌گرم بر لیتر از محلول استوک (۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) با آب مقطر تهیه شدند. جهت تنظیم pH از دستگاه pH متر مدل (WTW) و جهت سنجش غلظت رنگ از دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل (PG T80 - UV-VIS) استفاده شد.



شکل ۱- ساختار مولکولی ماده رنگ‌زای بازیک رد ۱۸

آماده سازی جاذب: پوست بادام‌زمینی پس از جمع‌آوری و شستشوی اولیه با آب مقطر جهت حذف ناخالصی‌هایی از قبیل شن، ماسه، برگ و ترکیبات رنگی و محلول، در دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد برای مدت زمان ۱۲ ساعت خشک شدند.

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

ایزوترم‌های جذب، داده‌های تعادلی هستند که به‌منظور تشریح چگونگی واکنش بین ماده جذب شونده و جاذب مورد استفاده قرار می‌گیرند. ایزوترم‌ها همچنین بیان‌کننده ظرفیت جذب یک جاذب هستند (۲۱). آزمایشات جذب در مدت زمان تماس ۲۴ ساعت انجام شدند. در مطالعه حاضر به منظور بررسی تحلیل داده‌های تجربی و توصیف حالت تعادل در جذب بین فاز جامد و مایع از مدل‌های ایزوترم لانگمویر، فروندلیچ و تمکین استفاده شد. تبعیت از هر مدل با رسم منحنی مربوط به هر ایزوترم و بررسی ضریب همبستگی مدل R^2 با نتایج تجربی مشخص می‌گردد.

مدل ایزوترم لانگمویر بر مبنای فرضیاتی علمی استوار است. مهمترین این فرضیات آن است که مواد جذب شونده به نقاط مشخص و یکسان بر روی سطح جاذب متصل می‌شود و فرآیند جذب تک لایه‌ای روی می‌دهد (۲۲، ۲۳). همچنین این مدل بیان می‌کند که تمامی مکان‌های جذب دارای پیوستگی یکسان نسبت به مولکول‌های ماده جذب شونده بوده و هیچ گونه فرآیند انتقالی از ماده جذب شونده در سطح جاذب اتفاق نمی‌افتد (۲۱). این مدل توسط معادله زیر بیان می‌شود:

$$q_e = \frac{q_m K_1 C_e}{1 + K_1 C_e} \quad \text{معادله (۳)}$$

که در این معادله K_1 ثابت لانگمویر، q_e مقدار رنگ جذب شده به ازاء مقدار معین جاذب مصرفی (میلی‌گرم بر گرم)، C_e غلظت تعادلی محلول (میلی‌گرم بر لیتر) و q_m مقدار حداکثر رنگ بازیگ رد مورد نیاز برای تشکیل دو لایه‌ای (میلی‌گرم بر گرم) می‌باشد (۲۴). معادله لانگمویر می‌تواند حداقل به چهار صورت متفاوت به‌صورت خطی درآید که در جدول ۱ نشان داده شده است (۲۵).

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:

$$q_e = K_f C_e^{\frac{1}{n}} \quad \text{معادله (۴)}$$

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 $\ln C_e$ به‌دست می‌آیند. معادله

سپس مواد خشک شده در دمای ۷۰۰ درجه برای ۲ ساعت سوزانده شده و در یک هاون چینی خرد شده و سپس توسط آک‌های استاندارد ASTM ۱۰۰-۲۰ مش دانه‌بندی انجام گرفت. دانه‌های خاکستر با قطر بین ۰/۱۵ تا ۰/۸۵ میلی‌متر به‌دست آمد. پودر جاذب در ظرفی بدون منفذ تا زمان استفاده نگهداری می‌شد. هیچ ترکیب شیمیایی و یا تصفیه فیزیکی دیگری بر روی جاذب‌ها قبل از انجام فرآیند جذب انجام نگرفت.

آزمایشات جذب: پارامترها شامل pH اولیه محلول (۱۲-۲)، دوز جاذب (۱/۲-۰/۲ گرم بر لیتر) و زمان تماس (۱۵۰-۵ دقیقه) و غلظت اولیه رنگ (۱۵۰-۲۰ میلی‌گرم بر لیتر)، می‌باشد. در ابتدا آزمایشات جهت تعیین pH بهینه در شرایط ثابت غلظت اولیه رنگ ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و دوز جاذب ۰/۵ گرم بر لیتر و مدت زمان واکنش ۶۰ دقیقه با تغییر دادن در مقادیر از پیش تعیین شده، انجام پذیرفت. در مراحل بعدی، مقدار بهینه یکی دیگر از متغیرهای دوز جاذب، زمان تماس و غلظت اولیه رنگ به‌دست آمد. تعداد کل نمونه‌ها در این مطالعه با در نظر گرفتن متغیرهای مورد بررسی ۹۶ نمونه و با دوبار تکرار بود (۱۹). تمام آزمایشات حذف رنگ توسط خاکستر پوست بادام‌زمینی در ارلن‌های ۲۵۰ میلی‌لیتری با حجم محلول ۱۰۰ میلی‌لیتر بر روی شیکر با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه انجام شد. نمونه‌های مورد آزمایش جهت سنجش غلظت نهایی رنگ بعد از هر مرحله آزمایش، پس از سانتریفیوژ در ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه، از فیلتر ۰/۴۵ میکرونی عبور داده و میزان جذب محلول عبوری با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (UV-VIS PG T80) در طول موج ۵۳۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. در نهایت داده‌های حاصل با ایزوترم‌های فروندلیچ، لانگمویر و تمکین تطبیق داده شدند. سپس مقدار رنگ بازیگ رد ۱۸ جذب شده به ازای جرم جاذب یا 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 (برحسب میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشد. V حجم محلول (لیتر) و M مقدار جاذب مورد استفاده (گرم) می‌باشد (۲۰). درصد حذف رنگ نیز با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید:

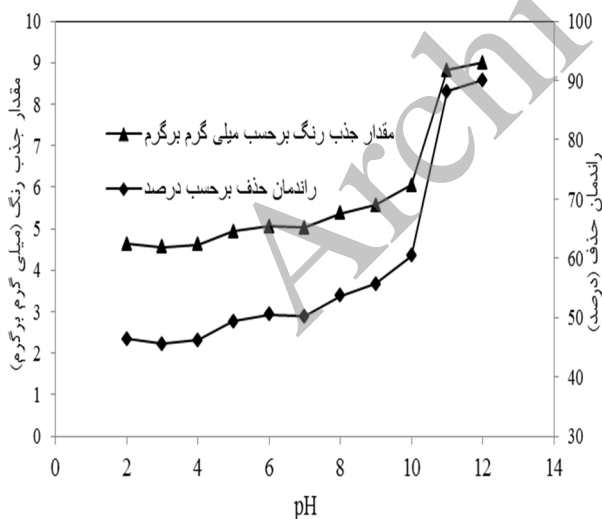
$$\% = \frac{(C_0 - C_f)}{C_0} \times 100 \quad \text{معادله (۲)}$$

داده‌های به دست آمده از مراحل مختلف آزمایشات و نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های جمع‌آوری شده و سایر پارامترهای اندازه‌گیری، به کمک نرم افزار Excel در قالب نمودار ارائه شد.

نتایج

در مطالعه حاضر اثر pH بر روی ظرفیت جذب رنگ بازیک رد ۱۸ توسط خاکستر پوست بادامزمینی در گستره pH معادل ۱۲-۲ حاوی غلظت اولیه رنگ ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و دوز جاذب ۰/۵ گرم بر لیتر برای مدت زمان واکنش ۶۰ دقیقه مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در شکل ۱ نمایش داده شده است. جذب رنگ بازیک رد ۱۸ توسط خاکستر پوست بادامزمینی با افزایش مقدار pH از ۲ به ۱۲ افزایش یافته است که راندمان ۸۶ درصد و مقدار رنگ جذب شده به ازای جرم جاذب ۸/۶ میلی‌گرم بر گرم برای pH معادل ۱۱ حاصل گردید. با افزایش pH به ۱۲ افزایش راندمان ناچیز بود. لذا با توجه به جنبه‌های اقتصادی، pH بهینه ۱۱ در نظر گرفته شد و مراحل بعدی آزمایشات در این میزان pH بهینه انجام شدند.

معنی‌دار نبود ($P=0/۸۳$)، حال آن که بعد از مداخله، این تغییرات در گروه مداخله به طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل بود (جدول ۲). نتیجه آزمون تی زوجی نشان داد در گروه مداخله، سلامت معنوی بعد از مداخله به طور معنی‌داری بیشتر از سلامت معنوی قبل از مداخله بوده است ($P<0/۰۰۱$).



شکل ۱: اثر pH اولیه محلول بر جذب رنگ بازیک رد ۱۸ بر روی خاکستر پوست بادامزمینی (غلظت اولیه رنگ ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، دوز جاذب ۰/۵ گرم بر لیتر، زمان تماس ۶۰ دقیقه).

فروندلیج، برای تعیین ثابت‌های جذب فروندلیج به صورت زیر می‌تواند خطی شود (۲۶):

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (۵)$$

در مدل تمکین، با در نظر گرفتن برهم کنش‌های احتمالی موجود بین جذب شونده- جذب شونده و گونه‌های جذب شونده - جاذب، نظریه جذب سطحی تصحیح می‌گردد. گرمای جذب سطحی تمام مولکول‌ها در لایه جذب به صورت خطی با مقدار پوشش کاهش می‌یابد (۲۷).

$$q_e = B \ln K_T + B \ln C_e \quad (۶)$$

که B_1 با انرژی جذب مرتبط است و برابر است با T . $B_1 = \frac{RT}{b}$ دمای مطلق (کلوین)، R ثابت جهانی گازها ($۸/۳۱۴ \text{ J/mol}$) و K_T ثابت تعادلی پیوند (L/mg) است.

به منظور اعتباریابی ایزوترم‌های جذب بررسی شده در این مطالعه، به جز R^2 پارامترهای ΔQ و HYBRID^۲ و MPSD^۱ نیز محاسبه و بررسی شدند.

$$\text{HYBRID} = \frac{100}{N-P} \sum_{i=1}^N \left[\frac{(q_{e,\text{exp}} - q_{e,\text{calc}})^2}{q_{e,\text{exp}}} \right]_i$$

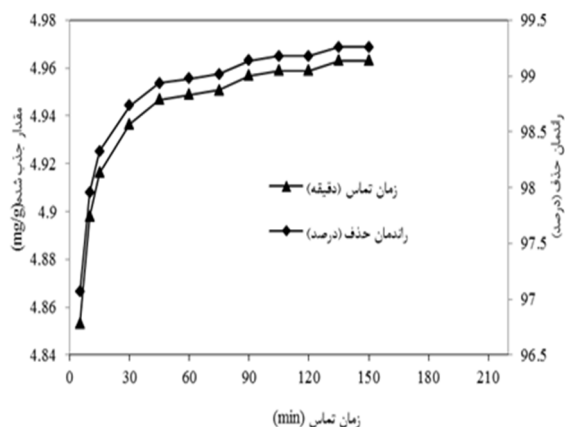
$$\text{MPSD} = 100 \sqrt{\frac{1}{N-P} \sum_{i=1}^N \left(\frac{q_{e,\text{exp}} - q_{e,\text{calc}}}{q_{e,\text{exp}}} \right)_i^2}$$

برای مقایسه اعتبار هر مدل، یک انحراف معیار نرمال ΔQ (درصد) با استفاده از معادله زیر محاسبه شده است که در آن q_{cal} و q_{exp} (میلی‌گرم بر لیتر) به ترتیب ماکزیمم مقدار رنگ جذب شده در آزمایشات و ماکزیمم مقدار رنگ جذب شده محاسبه شده می‌باشد. N و P به ترتیب تعداد اندازه‌گیری انجام شده و تعداد پارامترهای مورد استفاده در مدل رگرسیونی است. اگر داده‌های محاسبه شده از نتایج آزمایشات برای یک مدل شبیه به هم باشند مقدار ΔQ (درصد) کم خواهد بود. در غیر این صورت، اگر آنها متفاوت باشد، مقدار ΔQ (درصد) بالا خواهد بود. برای تایید بهترین ایزوترم و مناسب‌ترین مدل‌های جنبشی برای سیستم جذب، ضروری است که تجزیه و تحلیل مجموعه داده‌ها با استفاده از ΔQ (درصد) همراه با تعیین ضرایب R^2 انجام شود (۲۸).

$$\Delta q(\%) = 100 \sqrt{\frac{\sum (q_{\text{exp}} - q_{\text{cal}})^2}{N-1}}$$

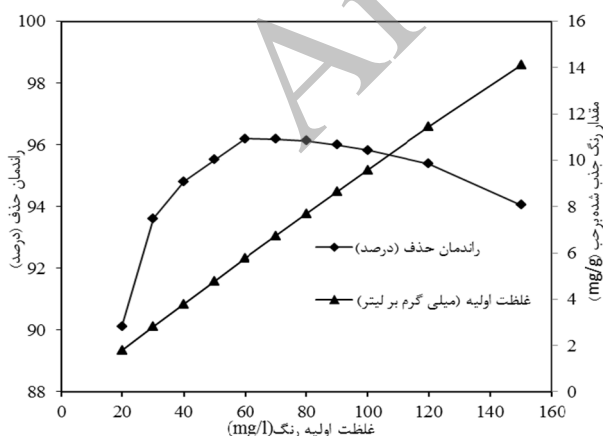
^۱ - Marquardt's percent standard deviation

^۲ - Hybrid error function



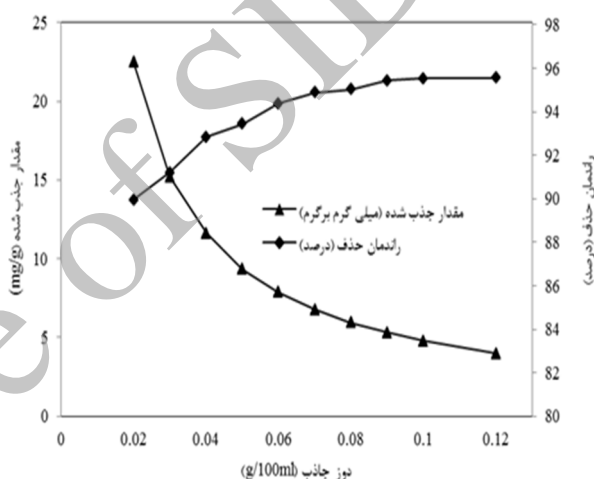
شکل ۳- اثر زمان‌های تماس مختلف بر حذف رنگ بازیک رد ۱۸ توسط خاکستر پوست بادام‌زمینی (غلظت اولیه رنگ ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، ۴ بهینه ۱۱، دوز جذب بهینه ۰/۰۸ گرم بر لیتر)

اثر غلظت اولیه رنگ بازیک رد ۱۸ بر روی میزان جذب توسط خاکستر پوست بادام‌زمینی در شکل ۴ نشان داده شده است. زمانی که غلظت اولیه رنگ افزایش می‌یابد، درصد حذف رنگ در ابتدا افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابد. در مقابل با افزایش غلظت اولیه رنگ، مقدار رنگ جذب شده نیز افزایش می‌یابد. زمانی که غلظت اولیه رنگ از ۲۰ به ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش می‌یابد، راندمان حذف از ۹۰/۱۲ درصد به ۹۶/۱۶ درصد افزایش می‌یابد و میزان رنگ جذب شده به ازای جرم جذب نیز از ۱/۸۰ میلی‌گرم بر گرم به ۵/۷۷ میلی‌گرم بر گرم افزایش می‌یابد و بعد از آن با افزایش غلظت اولیه رنگ از ۶۰ به ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر راندمان حذف از ۹۶/۱۹ به ۹۴/۰۴ درصد کاهش می‌یابد.



شکل ۴- اثر غلظت اولیه رنگ بر جذب سطحی رنگ بازیک رد ۱۸ توسط خاکستر پوست بادام زمینی (زمان تماس ۹۰ دقیقه، pH بهینه ۱۱، دوز جذب بهینه ۰/۰۸ گرم بر لیتر)

به منظور تعیین اثر دوز جذب بر روی فرآیند جذب سطحی، مقدار ۰/۰۲-۰/۱۲ گرم بر لیتر جذب برای آزمایشات جذب مورد استفاده قرار گرفت که نتایج آن در شکل ۲ ارائه شده است. راندمان حذف رنگ با افزایش مقدار جذب از ۰/۰۲ تا ۰/۰۶ گرم بر لیتر، به سرعت افزایش یافت و با افزایش بیشتر دوز جذب از ۰/۰۶ تا ۰/۰۸ گرم بر لیتر راندمان حذف با شیب کمتری افزایش یافت. از سوی دیگر با افزایش دوز جذب، مقدار رنگ جذب شده به ازای جرم جذب کاهش می‌یابد. راندمان حذف رنگ بازیک رد ۱۸ بر روی خاکستر پوست بادام‌زمینی ۹۵/۰۲ درصد در دوز جذب ۰/۰۸ گرم بر لیتر بود و مقدار رنگ جذب شده به ازای جرم جذب در این دوز جذب برابر با ۵/۹۳ میلی‌گرم بر گرم بود و پس از آن افزایش چشمگیری در راندمان حذف مشاهده نشد.



شکل ۲- اثر دوز جذب بر جذب سطحی رنگ بازیک رد ۱۸ بر روی خاکستر پوست بادام‌زمینی (غلظت اولیه رنگ ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، pH بهینه ۱۱، زمان تماس ۶۰ دقیقه)

شکل ۳ نشان‌دهنده اثر زمان تماس (۵-۱۵۰ دقیقه)، روی درصد حذف بازیک رد ۱۸ و ظرفیت جذب خاکستر پوست بادام‌زمینی می‌باشد. ظرفیت جذب و درصد حذف بازیک رد ۱۸ در ابتدای فرآیند و تا مدت زمان ۴۵ دقیقه به طور قابل توجهی افزایش پیدا می‌کند و پس از آن با شیب کمتری افزایش راندمان ادامه می‌یابد و در ۹۰ دقیقه به حالت تعادل می‌رسد. در زمان تماس ۹۰ دقیقه راندمان حذف ۹۹/۱۳ درصد و میزان رنگ جذب شده به ازای جرم جذب ۴/۹۵ میلی‌گرم بر گرم حاصل شد.

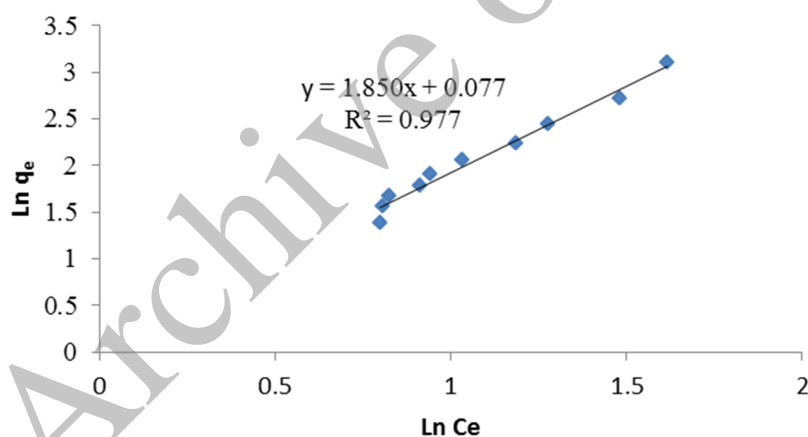
با داده‌های جذب می‌باشند (۲۸). با توجه به پارامترهای مورد بررسی، فرآیند جذب رنگ بازیک رد ۱۸ از ایزوترم فروندلیچ تبعیت می‌کند. شکل ۵ تطابق داده‌های جذب رنگ بازیک رد ۱۸ توسط خاکستر پوست بادامزمینی با ایزوترم فروندلیچ را نشان می‌دهد. براساس نتایج این مطالعه، حداکثر ظرفیت جذب رنگ بازیک رد ۱۸ بر روی خاکستر پوست بادام زمینی براساس یافته‌های ایزوترم لانگمویر برابر ۱۲/۲۳ میلی‌گرم بر گرم می‌باشد.

داده‌های جذب تعادلی با ایزوترم‌های جذب لانگمویر، فروندلیچ و تمکین تطبیق داده شدند. ضرایب ثابت، ضرایب همبستگی و پارامترهای HYBRID، MPSD و ΔQ برای ایزوترم‌های مورد بررسی در جدول ۱ آمده است.

با توجه به مقادیر توابع خطا هر یک از ایزوترم‌ها، مشخص می‌شود که مدل فروندلیچ مناسب‌ترین مدل برای توصیف پدیده جذب مورد مطالعه می‌باشد. در واقع بالاترین R^2 و کمترین HYBRID، MPSD و ΔQ نشان دهنده تطابق بهتر مدل

جدول ۱- ضرایب ثابت و ضرایب همبستگی ایزوترم لانگمویر، فروندلیچ و تمکین در جذب بازیک رد ۱۸ بر روی خاکستر پوست بادامزمینی

پارامترها	Δq (درصد)	HYBRID	MPSD	R^2	ایزوترم
$q_m=11/49 \text{ mg/g}$ $K_L=0/13$ L/mg	۳۸/۱۸	۱۶۲/۲۲	۴۰/۴۹	۰/۷۹	Langmuir (I)
$q_m=9/90 \text{ mg/g}$ $K_L=0/15$ L/mg	۱۹/۰۳	۲۶/۵۶	۲۰/۱۸	۰/۹۳	Langmuir (II)
$q_m=11/32 \text{ mg/g}$ $K_L=0/14$ L/mg	۲۹/۲۲	۲۳/۹۴	۳۰/۹۹	۰/۹۶	Langmuir (III)
$q_m=12/23 \text{ mg/g}$ $K_L=0/13$ L/mg	۹/۹۲	۲/۹۴	۱۰/۵۲	۰/۹۶	Langmuir (IV)
$K_F=1/0/8 \text{ mg/g}$ $(L/mg)^{1/n}$	$n=0/54$	۵/۹۱	۹/۰۷	۰/۹۸	Freundlich
$B=19/10$ $K_T=$ ۱/۸۱L/mg	۱۳/۰۷	۱۸/۶۷	۱۳/۸۶	۰/۹۳	Temkin



شکل ۵- ایزوترم فروندلیچ جذب رنگ بازیک رد ۱۸ بر روی خاکستر پوست بادامزمینی

جاذب توضیح داد که منجر به جذب رنگ کاتیونی بازیک رد ۱۸ می‌شود. به عبارت دیگر با افزایش pH، سطح یون H^+ موجود در محلول کاهش و OH^- افزایش خواهد یافت. در نتیجه بارهای منفی در سطح جاذب ایجاد می‌شوند که سبب جذب مولکول‌های رنگ می‌شوند (۳۰، ۳۱). این نتایج با یافته‌های ارائه شده توسط سایر محققین همخوانی دارد. در مطالعه‌ای که توسط فیل^۱ و همکاران انجام شد نیز مشاهده گردید که با افزایش pH از ۴ به ۱۰، ظرفیت جذب از ۱۶۰

بحث

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 (۲۹). یافته‌های حاصل از آزمایشات نشان داد که با تغییرات در میزان pH از ۲ تا ۱۲، کارایی فرآیند افزایش می‌یابد به طوری که در pH برابر ۱۲ بالاترین راندمان (۹۰/۰۹ درصد) را دارد. این پدیده را می‌توان با در نظر گرفتن کشش الکترواستاتیکی موجود بین شارهای منفی سطح گسترده‌ای از

^۱ - Fil

افزایش دوز جاذب افزایش یافته است، در دوزهای بالای جاذب، سایت‌های جذب در طی فرآیند جذب به صورت اشباع نشده باقی می‌مانند که منجر به کاهش مقدار رنگ جذب شده به ازای واحد جرم جاذب می‌شود (۲۲، ۳۴). مطالعات ویمونز^۳ و همکارانش (۲۰۰۹) و فیل و همکارانش (۲۰۱۳) نتایج مشابهی نشان داد (۳۲، ۳۵).

زمان تماس یکی از مهمترین پارامترهای تاثیرگذار بر کاربردهای عملی در فرآیند جذب است. نتایج حاصل از بررسی اثر این پارامتر نشان داد که با افزایش زمان تماس، راندمان حذف رنگ افزایش می‌یابد. میزان حذف آلاینده در ابتدای فرآیند سریع بوده اما به تدریج با افزایش بیشتر زمان تماس کاهش یافته و با شیب کمتری ادامه می‌یابد تا اینکه در زمان تماس ۹۰ دقیقه به حالت تعادل می‌رسد. این پدیده ناشی از این حقیقت است که در ابتدا و مراحل اولیه جذب، تعداد زیادی از سایت‌های فعال سطحی برای فرآیند جذب در دسترس بوده اما با افزایش زمان تماس، تعداد این سایت‌ها کاهش یافته و جذب با سرعت کمتری اتفاق می‌افتد. به طور کلی می‌توان بیان نمود که ظرفیت جذب با افزایش زمان تماس، افزایش می‌یابد و در یک زمان مشخص مقدار رنگ جذب شده با مقدار واجذب در حالت تعادل قرار می‌گیرد (۲۲، ۲۳، ۳۶).

مطالعه یزدان‌شناس و همکارانش نشان داد که حذف رنگ بازیک آبی ۴۱ از پساب رنگرزی توسط نانو ذرات چوب بامبو با افزایش زمان تماس تا ۶۰ دقیقه ابتدایی افزایش یافته و سپس روند ثابتی داشته است (۳۷).

تغییرات غلظت اولیه آلاینده از عوامل دیگری است که میزان جذب را تحت تاثیر قرار می‌دهد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش غلظت اولیه رنگ میزان رنگ جذب شده به ازای واحد جرم جاذب افزایش می‌یابد. علت افزایش ظرفیت جذب جاذب با افزایش غلظت اولیه رنگ، این است که در چنین شرایط نیروی انتقال جرم افزایش یافته، این پدیده بر نیروی مقاومت کننده در برابر جذب غلبه کرده و به علت ایجاد نیروی رانش قابل توجه، جهت انتقال آلاینده از فاز مایع به سطح مشترک جاذب و مایع را سبب می‌شود. چنین نتایجی توسط عسکری و غنی‌زاده در سال ۲۰۰۹ و مهمت^۴ و همکارانش در سال ۲۰۰۴ نیز تایید شده است (۳۸، ۳۹). با افزایش غلظت اولیه

میلی‌گرم بر گرم تا حدود ۱۹۰ میلی‌گرم بر گرم افزایش می‌یابد. افزایش pH محلول سبب افزایش تعداد گروه‌های هیدروکسیل می‌شود. در نتیجه افزایش تعداد سایت‌های با شار منفی، زمینه جذب رنگ بر روی سطح جاذب را فراهم می‌شود. به طور کلی، بار مثبت خالص با افزایش مقدار pH کاهش می‌یابد که منجر به کاهش نیروی دافعه بین سطح جاذب و رنگ شده و در نتیجه، بهبود ظرفیت جذب جاذب می‌شود (۳۲). نتایج مطالعه کریم^۱ و همکاران در سال ۲۰۰۹ بر روی حذف رنگ بازیک رد ۴۶ با استفاده از خاک رس مراکشی در محدوده pH ۱۲-۴، نشان داد که با افزایش pH راندمان حذف نیز افزایش می‌یابد و بالاترین راندمان در pH برابر با ۱۲ مشاهده شد (۳۱). در مقادیر پایین pH محلول، غلظت بالای یون‌های هیدروژن سبب ترغیب پروتون‌دار شدن^۲ گروه‌های کاربردی شده و از این رو جاذب‌ها بار مثبت بیشتری را در سطح 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 پایین 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 دارای بار منفی بیشتری می‌شوند، کنش و واکنش بین جاذب‌ها و مولکول‌های رنگی کاتیونی نیز افزایش می‌یابد. بنابراین ظرفیت جذب سطحی جاذب‌ها با افزایش مقدار pH افزایش می‌یابد (۳۳، ۳۱).

دوز جاذب یکی دیگر از پارامترهای مهم و تاثیرگذار در فرآیند جذب بوده و از این رو تعیین کننده ظرفیت خاکستر پوست بادام زمینی برای یک غلظت اولیه معین از رنگ بازیک رد ۱۸ است. با افزایش دوز جاذب، راندمان افزایش یافته است و از سوی دیگر مقدار رنگ جذب شده به ازای واحد جرم جاذب با افزایش دوز جاذب کاهش یافته است. این موضوع نشان دهنده آن است که با افزایش دوز جاذب تعداد سایت‌های در دسترس برای جذب افزایش می‌یابد. از سوی دیگر با توجه به اینکه غلظت اولیه رنگ افزایش نیافته است و سایت‌های فعال جذب به دلیل

³ - Vimonses

⁴ - Mehmet

¹ - Karim

² - protonation

مطالعه ایزوترم جذب رنگ بازیک رد ۴۶ بر روی خاک رس طبیعی ترکیه نیز نشان داد که فرآیند جذب به خوبی از ایزوترم فروندلیج تبعیت می‌کند (۳۲).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که افزایش pH اولیه محلول سبب افزایش راندمان حذف رنگ بازیک رد ۱۸ با استفاده از خاکستر پوست بادامزمینی می‌شود. افزایش دوز جاذب و زمان تماس نیز سبب افزایش راندمان حذف شدند. اما افزایش غلظت اولیه رنگ بازیک رد ۱۸ ابتدا سبب افزایش و سپس کاهش راندمان حذف شد. یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که فرآیند جذب رنگ بازیک رد ۱۸ بر روی خاکستر پوست بادامزمینی از ایزوترم فروندلیج تبعیت می‌کند. براساس یافته‌ها، حداکثر راندمان حذف قابل دستیابی برای رنگ بازیک رد ۱۸ در شرایط بهینه زمان تماس ۹۰ دقیقه، pH بهینه ۱۱، دوز جاذب بهینه ۰/۰۸ گرم بر لیتر برابر با ۹۶/۱۹ درصد می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر می‌توان نتیجه‌گیری نمود که خاکستر پوست بادام زمینی ظرفیت بالایی در جذب رنگ بازیک رد ۱۸ از محیط‌های آبی برخوردار بوده و لذا می‌تواند به‌عنوان جاذب طبیعی و ارزان جهت حذف رنگ بازیک رد ۱۸ از پساب‌های صنعت نساجی که از این نوع رنگ استفاده می‌نمایند، مورد استفاده قرار گیرد. با این وجود انجام مطالعات تکمیلی بر روی ترمودینامیک فرآیند، اثر آنیون‌ها و کاتیون‌های موجود در پساب بر جذب رنگ بازیک رد ۱۸ با استفاده از خاکستر پوست بادامزمینی پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی

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

References

1- Jafarzadeh N, Daneshvar N. Treatment of textile wastewater containing basic dyes by electrocoagulation process. J.of Water & Wastewater (Ab va Fazilab). 2006;57:22-9. [In persian]
2- 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. [In persian]

رنگ، میزان حذف رنگ ابتدا افزایش و به تدریج کاهش یافت. این موضوع می‌تواند ناشی از این حقیقت باشد که در غلظت‌های کم رنگ، با افزایش غلظت رنگ، نیروی رانش ایجاد شده سبب می‌شود مولکول‌های رنگ به سرعت روی سطح جاذب جذب شده و افزایش راندمان حذف را در پی دارد (۴۰). اما با افزایش بیشتر در غلظت اولیه رنگ، سطح جاذب در زمان کوتاه اشباع شده و به دلیل دافعه ایجاد شده بین مولکول‌های رنگ، میزان حذف کاهش می‌یابد. در واقع جاذب‌ها دارای یک تعداد محل‌های فعال محدود می‌باشند که در یک جرم جاذب ثابت با افزایش غلظت اولیه رنگ، میزان سطح فعال در دسترس برای جذب ثابت مانده اما تعداد مول‌های آلاینده موجود در محیط واکنش افزایش یافته که سبب اشباع سایت‌های فعال جاذب می‌شود و راندمان حذف کاهش می‌یابد (۴۱، ۴۲). یافته‌های این مطالعه با یافته‌های سایر محققین از جمله قانعیان و همکاران (۲۰۱۲) جعفری و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد (۳، ۴۳).

تعیین ایزوترم‌های جذب آلاینده توسط جاذب‌های مختلف یکی از پارامترهای اصلی و مهم در مطالعات جذب می‌باشد. ایزوترم‌های جذب، مدل‌هایی هستند که به توصیف چگونگی واکنش آلاینده‌ها با مواد جاذب می‌پردازند و در کاربردهای عملی جاذب نقش اساسی دارند. ایجاد ارتباط مناسب برای منحنی تعادل و بهینه نمودن طراحی یک سیستم جذب سطحی برای حذف رنگ‌ها بسیار مهم است. تعادل جذبی وقتی رخ می‌دهد که مقدار رنگزای جذب شده روی سطح جاذب برابر با مقدار رنگزای واجذب شده باشد (۴۴-۴۶). جذب رنگ بازیک رد ۱۸ بر روی خاکستر پوست بادامزمینی توسط ایزوترم‌های جذب لانگمویر، فروندلیج و تمکین تطبیق داده شد که نتایج بیانگر تطابق بهتر ایزوترم جذب فروندلیج با داده‌های حاصل از مطالعه حاضر است.

3- 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. [In persian]
4- Samarghandy MR, Hoseinzade E, Taghavi M, Hoseinzadeh S. Biosorption of Reactive Black 5 from aqueous solution using Acid-treated biomass solution using Acid-treated biomass from Potato

- Peel Waste. *Bioresources*. 2011;6(4):4840-55.
- 5- Uddin M, Sultana Y, Islam M. Nano-sized SnO₂ Photocatalysts: Synthesis, Characterization and Their Application for the Degradation of Methylene Blue Dye. *JSR*. 2016;8(3):399-411.
- 6- Al-Ghouti MA, Khraisheh MAM, Allen SJ, Ahmad MN. The removal of dyes from textile wastewater: a study of the physical characteristics and adsorption mechanisms of diatomaceous earth. *J. Environ. Manage.* 2003;69(3):229-38.
- 7- Mousavi SA, Khashij M, Shahbazi P. Adsorption Isotherm Study and Factor Affected on Methylene Blue Decolorization using Activated Carbon Powder Prepared Grapevine Leaf. *J Saf Promot Inj Prev*. 2016;3(4):249-56. [In persian]
- 8- Zaghbani N, Hafiane A, Dhahbi M. Removal of Safranin T from wastewater using micellar enhanced ultrafiltration. *Desalination*. 2008;222(1):348-56.
- 9- Sohrabi M, Ghavami M. Photocatalytic degradation of direct red 23 dye using UV/TiO₂: effect of operational parameters. *J Hazard Mater*. 2008;153(3):1235-9.
- 10- Rezaie R, Maleki A, Shirzad Siboni M, Rahimi M, Mohammadi M. Comparison of efficiency of photochemical and sonochemical processes combined with hydrogen peroxide in removal of Direct Blue 71 (DB71) from aqueous solution: A kinetic study. *SJKUMS*. 2011;16(1):38-47. [In persian]
- 11- Shi B, Li G, Wang D, Feng C, Tang H. Removal of direct dyes by coagulation: The performance of preformed polymeric aluminum species. *J Hazard Mater*. 2007;143(1):567-74.
- 12- Gao B-Y, Yue Q-Y, Wang Y, Zhou W-Z. Color removal from dye-containing wastewater by magnesium chloride. *J. Environ. Manage.* 2007;82(2):167-72.
- 13- 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: SPECTROCHIM ACTA A*. 2012;99:102-9.
- 14- Samarghandi MR, Zarrabi M, 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. *JEHSE*. 2012;9(9):1-10.
- 15- Santos SC, Boaventura RA. Adsorption modelling of textile dyes by sepiolite. *Appl Clay Sci*. 2008;42(1):137-45.
- 16- Karaoğlu MH, Doğan M, Alkan M. Removal of cationic dyes by kaolinite. *Micropor Mesopor Mat*. 2009;122(1):20-7.
- 17- 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.
- 18- Afshar mohammadian M, Ebrahimi Nokandeh S, Damsi BH, Jamalomid M. The effect of different levels of salinity on germination and growth indices of four cultivars of *Arachis hypogaea* L. *J of Plant Res*. 2015;28(1):23-33.
- 19- Nasseh N, Barikbin B, Taghavi L, Harifi A. Analysis of Application of the Almond Green Hull Derived Carbon in Hexavalent Chromium Removal from Synthetic Wastewater. *J Env Sci Tech*. 2016;18(2):193-207.
- 20- 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.
- 21- Kakavandi B, Rezaei Kalantary R, Jonidi Jafari A, Esrafiy A, Gholizadeh A, Azari A. Efficiency of powder activated carbon magnetized by Fe₃O₄ nanoparticles for amoxicillin removal from aqueous solutions: Equilibrium and kinetic studies of adsorption process. *Iran. J. Health & Environ*. 2014;7(1):21-34.
- 22- Bazrafshan E, Kord Mostafapour F, Rahdar S, Mahvi AH. Equilibrium and thermodynamics studies for decolorization of Reactive Black 5 (RB5) by adsorption onto MWCNTs. *DESALIN WATER TREAT*. 2015;54(8):2241-51.
- 23- Bazrafshan E, Rahdar S, Balarak D, Mostafapour FK, Zazouli MA. Equilibrium and Thermodynamics Studies for Decolorization of Reactive Black 5 by Adsorption onto Acid Modified Banana Leaf Ash. *Iran. J. Health & Environ*. 2015;3(3):15-28.
- 24- Rahdar S, Ahmadabadi A, Bazrafshan A, Taghavi M, Amrollahi M. Evaluation of Methylene Blue Removal from Aqueous Solution Using Peanut Shell Powder. *Toloo e Behdasht*. 2016;15(1):36-50. [In persian]

- 25- Behnamfard A, Salarirad MM. Equilibrium and kinetic studies on free cyanide adsorption from aqueous solution by activated carbon. *J Hazard Mater.* 2009;170(1):127-33.
- 26- Taghavi M, Zazouli MA, Yousefi Z, Akbari-adergani B. Kinetic and isotherm modeling of Cd (II) adsorption by l-cysteine functionalized multi-walled carbon nanotubes as adsorbent. *Environmental monitoring and assessment.* 2015;187(11):1-10.
- 27- Başar CA. Applicability of the various adsorption models of three dyes adsorption onto activated carbon prepared waste apricot. *J Hazard Mater.* 2006;135(1):232-41.
- 28- Sanchooli Moghaddam M, Rahdar S, Taghavi M. Cadmium Removal from Aqueous Solutions Using Saxaul Tree Ash. *Iran J Chem Chem Eng.* 2016;35(3):45-52.
- 29- Malakotian M, Asadipour A, Senjedkooh SM. A survey of the Efficacy of Calcium Peroxide Nanoparticles in the Removal of Reactive Red 198 from Textile Wastewater. *J Sabzevar Univ Med Sci.* 2016;23(1):110-21. [In persian]
- 30- Pavan FA, Mazzocato AC, Gushikem Y. Removal of methylene blue dye from aqueous solutions by adsorption using yellow passion fruit peel as adsorbent. *BIORESOURSE TECHNOL.* 2008;99(8):3162-5.
- 31- Bennani Karim A, Mounir B, Hachkar M, Bakasse M, Yaacoubi A. Removal of Basic Red 46 dye from aqueous solution by adsorption onto Moroccan clay. *J Hazard Mater.* 2009;168(1):304-9.
- 32- Fil B, Yilmaz A. Removal of cationic dye (Basic Red 18) from aqueous solution using natural Turkish clay. *Global Nest J.* 2013;15:529-41.
- 33- Allegre C, Moulin P, Maisseu M, Charbit F. Treatment and reuse of reactive dyeing effluents. *J. Membr. Sci.* 2006;269(1):15-34.
- 34- Bazrafshan E, Kord Mostafapour F. Evaluation of color removal of Methylene blue from aqueous solutions using plant stem ash of Persica. *J North Khorasan Univ Med Sci.* 2012;4:523-32 [In persian]
- 35- Vimonses V, Lei S, Jin B, Chow CW, Saint C. Kinetic study and equilibrium isotherm analysis of Congo Red adsorption by clay materials. *Chem. Eng. J.* 2009;148(2):354-64.
- 36- Ghaneian M, Ehrampoush M, Dehvary M, Jamshidi B, Amrollahi M. A survey of the efficacy of cuttle fish bone powder in the removal of reactive red 198 dye from aqueous solution. *Toloo e Behdasht.* 2011;10(3-4):127-38. [In persian]
- 37- 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.
- 38- Ghanizadeh G, Asgari G. Removal of methylene blue dye from synthetic wastewater with bone char. *Iran. J. Health & Environ.* 2009;2(2):104-13.
- 39- Doğan M, Alkan M, Türkyilmaz A, Özdemir Y. Kinetics and mechanism of removal of methylene blue by adsorption onto perlite. *J Hazard Mater.* 2004;109(1):141-8.
- 40- Yazdani M, Arami M, Bahrami H. Textile Dyes Removal from Single and Binary Systems Using Inorganic Adsorbent. *J. Color Sci. Tech.* 2012;6:153-64.
- 41- Gil A, Assis F, Albeniz S, Korili S. Removal of dyes from wastewaters by adsorption on pillared clays. *Chem. Eng. J.* 2011;168(3):1032-40.
- 42- 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. Soc.* 2014;187-200.
- 43- 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. [In persian]
- 44- Noori Sepehr M, Taghavi M, Zarrabi M. Investigation of Apple Scum and Its Modification with Magnesium Chloride and Hydrogen Peroxide for Removal of Toxic Hexavalent Chromium from Aqueous Solution. *Alborz University Medical Journal.* 2015;3(4):253-60.
- 45- Ghaneian MT, Jamshidi B, Amrollahi M, Dehvary 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.
- 46- Zarrabi M, Noori Sepehr M, Amrollahi M, Taghavi M. Biosorption of fluoride by apple pulp from aqueous solution. *koomesh.* 2015;16(2):213-9.

Evaluation of basic red 18 removals from aqueous solution using peanut shell ash

Morteza Ahmadabadi¹, Somayeh Rahdar², Mahmoud Taghavi^{3*}

1. M.Sc of Environmental Health Engineering, Torbat-e-Jam University of Medical Sciences, Torbat-e-Jam, Iran

2. M.Sc of Environmental Health Engineering, Zabol University of Medical Sciences, Zabol, Iran

3. Department of Environmental Health Engineering, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran

*Corresponding Address: Department of Environmental Health Engineering, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran. Tel: +9851-57225080

Email address: Taghavi66@yahoo.com

Abstract

Background & Aim: Dyes are one of the most important pollutants of textile industrial wastewater which are toxic, carcinogenic, teratogenic, and non-biodegradable. Basic red is the most commonly used pigment for dyeing. In this study, peanut shell ash was used as a low cost adsorbent for the removal of basic red 18 from aqueous solutions.

Methods: This research was conducted in bench scale in a batch reactor on synthetic wastewater. The effect of important parameters such as pH (2-12), reaction time (5-150 min), adsorbent dosage (0.02-1.2 g/l) and initial dye concentration (20-150 mg/l) on dye removal were evaluated. Also, the adsorption behavior of dye evaluated by Freundlich, Langmuir and Temkin isotherms.

Results: Removal efficiency of 96.2 % was achieved at optimal pH equal to 11, contact time of 90 min, adsorbent dosage of 0.8 g/l and 60 mg/l initial dye concentration. With increasing dye concentration from 20 to 60 mg/l, removal efficiency was increased from 90.12% to 96.16%. The results of isotherm study showed that adsorption process of basic red 18 using peanut shell ash follows from Freundlich isotherm ($R^2=0.977$).

Conclusion: The results showed that this material is an effective, natural and inexpensive adsorbent in treatment of wastewater containing basic red 18. Hence, using this material suggested for removal basic red 18 from aqueous solutions after additional studies.

Keywords: Peanut shell ash, Basic red 18, Adsorption, Adsorption isotherm.