دانشکده علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تربت جام
مجله تحقیق و توسعه سلامت
دوره ۲، شماره ۱، خرداد۱۴۰۳

بررسی کارایی حذف رنگ اسید اورانژ ۷ با روش جذب سطحی توسط کربن فعال پنبه از محلول‌های آبی

حامد بیگلري[۱](MSc)، حسن رضا رکنی*[۲](MSc)، احمد زارعی[۳](Ph.D.)

مقاله پژوهشی

چکیده

سابقه و هدف: رنگ‌ها، گروهی از مواد آلی با ساختاری پیچیده، غالباً سمی، سرطان‌زا، جهش‌زا، مقاوم به تجزیه بیولوژیکی و یکی از مهمترین آلاینده‌های فاضلاب صنایع نساجی و رنگرزی بوده که تخلیه آنها در محیط زیست، معضلات شدیدي را ایجاد می‌کند. روش‌های مختلفی برای جداسازی رنگ‌ها از فاضلاب وجود دارد که فرایند جذب، یکی از روش‌هایی است که در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده و تحقیقات زیادی در زمینه جستجوی جاذب‌های ارزان قیمت و موثر در جذب انواع رنگ‌ها انجام شده است. در این مطالعه، قابلیت کربن فعال پنبه برای جذب رنگ اسید اورانژ ۷ مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی، پنبه مورد نیاز از شهرستان گناباد تهیه و جهت کربنه کردن، به مدت دو ساعت درون کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس تاثیر متغیرهای دوز جاذب، pH، زمان تماس و غلظت رنگ بر راندمان حذف رنگ از محلول‌های آبی سنتتیک در دمای محیط (۲۷ درجه سانتی‌گراد) بررسی شد.

یافته‌ها: نتایج آزمایشات نشان داد که با افزایش دوز جاذب، کاهش pH، افزایش زمان تماس و کاهش غلظت اولیه رنگ، فرآیند جذب بهبود می‌یابد. مطابق یافته‌های این مطالعه، حداکثر راندمان حذف، معادل ۸۷ درصد در شرایط بهینه در مقدار۱ گرم بر لیتر جاذب،pH=۲، غلظت اولیه رنگ ۵ میلی‌گرم برلیتر و زمان تماس ۸۰ دقیقه بدست آمد.

نتیجه گیری: پنبه می‌تواند به عنوان یک گزینه مناسب و موثر، باتوجه به قیمت ارزان و در دسترس بودن، برای کاهش میزان رنگ اسید اورانژ ۷ از محلول‌های آبی سنتتیک به‌کار گرفته شود.

واژه های کلیدی: جذب، رنگ اسید اورانژ ۷، کربن فعال پنبه، محیط آبی

نویسنده مسئول: حسن رضا رکنی ، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران تلفن تماس: ۰۹۱۵۶۹۳۴۶۵۴ E-mail:h.r.rikni@gmail.com

۱. مربی ، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران

۳. دانشیار،گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات بیماری های عفونی، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران

دریافت:۱۴۰۲/۱۲/۱۳ اصلاح: ۱۴۰۳/۰۲/۲۶ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۸

[Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.61186/jhrd.2.1.52]

مقدمه

آب به عنوان یکی از مهمترین عوامل محیطی موثر بر زندگی انسان‌ها، تاثیر مهمی بر سلامت مردم دارد. رشد شهرها، افزایش فعالیت‌های صنعتی و استفاده بی‌رویه از انواع مواد شیمیایی، باعث آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی شده است که تاثیر نامطلوبی روی سلامتی انسان، حیوانات و گیاهـــان دارد. رنگ‌ها، گروهی از مواد آلی پیچیده هستند که طی فرآیندهای مختلف نظیر رنگرزی و تکمیل در صنعت نساجی، به محیط زیست وارد می‌شوند. این مواد براساس کاربرد به انواع وات[3]، راکتیو[4]، دایرکت[5]، کاتیونی و اسیدی تقسیم می‌شوند (۱). مصرف رنگ در صنایع نساجی دنیا، سالیانه بیش از ۱۰۰۰۰ تن تخمین زده شده که با این میزان مصرف، سالانه ۱۰۰۰ تـن از رنـگ مـصرفی وارد فاضلاب این صنایع می‌شود (۲). تخلیه فاضلاب‌های رنگی حاصل از عملکرد صنایع نساجی به آب‌های پذیرنده منجر به کاهش نفوذ نور خورشید، بروز پدیده اوتریفیکاسیون و تداخل در اکولوژی آب‌های پذیرنده شده که ضمن تاثیر برگیاهان آبزی وجلبک‌ها در محیط‌های آبی، باعث آسیب به محیط زیست می‌شود (۳, ۴). این ترکیبات بر جنبه‌های زیبائی شناختی و کیفیت آب‌های شرب و... اثر منفی دارند (۵). در صنایع نساجی مقادیر زیادی از فاضلاب‌های رنگی تولید شده که معمولا سمی و پایدار در محیط زیست هستند (۶, ۷). بسیاری از رنگ‌ها به دلیل داشتن ساختمان آروماتیکی و سمی بودن برای حیات آبزیان، سیستم بیولوژیک آن‌ها را نیز تهدید می‌کنند. همچنین رنگ‌ها روی اکوسیستم رودخانه‌ها تاثیر غیرمستقیم داشته و خطر جدی تلقی می‌شوند. علاوه بر این، در غلظت بسیار پایین هم موجب کاهش شفافیت آب شده و روی فعالیت‌های فتوسنتزی و فتوشیمیایی تاثیر می‌گذارند. (۸). رنگ‌های آزو مانند متیل اورانژ، بزرگترین و مهمترین دسته از رنگ‌های تجاری محسوب می‌شوند که جزء آلاینده‌های سرسخت و غیرقابل تخریب زیستی محسوب می‌شوند. بنابراین روش‌های متداول بیولوژیکی برای حذف اغلب رنگ‌های سبک به دلیل ساختار حلقوی پیچیده و ماهیت مقاوم رنگ، موثر نیستند (۹). تماس موجودات با رنگ‌های یاد شده، سبب بروز آلرژی، درماتیت، تحریک پوست، سرطان و حتی جهش‌های ژنتیکی می‌شود (۱۰). لذا مدیریت فاضلاب حاوی رنگ‌های راکتیو از دیدگاه زیست محیطی حائز اهمیت است (۱۱). رنگ‌های راکتیو سولفوناته، بطور ضعیفی روی توده‌های بیولوژیکی جذب شده و تحت شرایط هوازی، تجزیه نمی‌شوند (۱۲) لذا سیستم‌های متداول تصفیه بیولوژیکی فاضلاب، دارای کارایی مناسبی در حذف رنگ نیستند (۱۳). مطالعات نشان داده‌اند که فاضلاب‌های نساجی دارای نسبت اکسیژن مورد نیاز جهت اکسیداسیون بیوشیمیایی مواد آلی (BOD^6) به اکسیژن مورد نیازجهت اکسیداسیون شیمیایی مواد آلی (COD^7) پایین (معمولا کمتر از ۰/۱) بوده که ناشی از ماهیت غیر قابل تجزیه بیولوژیکی رنگ است (۱۴). به همین دلیل بسیاری از صنایعی که از رنگ‌های فوق و مشابه استفاده می‌کنند، تحت فشار شدید مسئولین و افکار عمومی، موظفند فاضلاب‌های خود را قبل از تخلیه به محیط، به نحو مطلوب و تا حد استاندارد تصفیه نمایند. یافتن روش‌های موثر تصفیه، امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. در طی سالیان متمادی، روش‌های شیمیایی مختلفی مانند نانو کاتالیزورهای نوری، فتوفنتون، ازن زنی، فیلتراسیون و... برای تصفیه فاضلاب‌های نساجی جهت حذف مواد رنگزا استفاده شده است (۱۵). از معایب عمده روش ازناسیون، هزینه بالای تجهیزات و نگهداری، نیاز به تأمین انرژی بالا و محدودیت‌های انتقال جرم، نیاز به انتقال ملکول‌های ازن از فاز گازی به فاز مایع (که در حین حمله به ملکول‌های آلی اتفاق می‌افتد)، میزان مصرف بسیار بالای ازن در واحد حجم، افزایش هزینه‌های بهره برداری، کاهش عملکرد ازن زنی در صورت وجود مواد آلی و جامدات معلق، یون‌های کربنات، بی‌کربنات و کلرور و همچنین اثر pH و دما است (۱۶, ۱۷). از عمده‌ترین معایب روش فتوفنتون نیاز به واحدهای pH پایین (به منظور جلوگیری از رسوب آهن که در pH های بالا رخ می‌دهد) می‌باشد (۱۸). از عمده معایب

[3]Wheat
[4]Reactive
[5]Direct

[6]Biological Oxygen Demand
[7]Chemical Oxygen Demand

[Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.61186/jhrd.2.1.52]

فرآیند نانو کاتالیزور نوری (نانوفتوکاتالیستی) می‌توان به بازدهی کوانتومی نسبتاً کم این فرآیند، محدوده نسبتاً باریک نور- پاسخ کاتالیست، نیاز به جداسازی نهایی یک محلول آبی حاوی سوسپانسیونی از ذرات ریز کدر (همان کاتالیست) و مشکلات حذف کاتالیزور در پایان فرآیند (که می‌تواند زمان بر و پر هزینه باشد) اشاره کرد (۱۹, ۲۰). مهمترین مشکل سیستم‌های فیلتراسیون، گرفتگی بسترها توسط رسوب مواد شیمیایی یا رشد جرم میکروبی در طی عملیات بهره برداری عادی می‌باشد (۲۱). با این تفاسیر، شاید بتوان یکی از روش‌های جایگزین و ارزان قیمت برای حذف رنگ‌های سنتتیک از فاضلاب‌های صنعتی را فرآیند جذب دانست. زیرا ترکیبات رنگی موجود در فاضلاب به سادگی به فاز جامد منتقل شده و ماده جاذب مورد استفاده نیز می‌تواند مجددا احیاء شده و در فرآیند جذب مورد استفاده قرار گیرد و یا پس از استفاده، در محلی خشک و بدون تماس مستقیم با محیط نگهداری شود (۲۲). در مطالعات مختلف به اثبات رسیده است که فرآیند جذب به دلیل هزینه سرمایه گذاری حداقل، سهولت طراحی و بهره برداری و عدم حساسیت به ترکیبات سمی، یک راهکار تصفیه مطمئن است ولی استفاده از جاذب‌های گران قیمت می‌تواند یک عامل محدود کننده محسوب شود. کربن فعال، کربن متخلخل، خاک رس، بیوپلیمرهایی نظیر کیتوزان و محصولات جانبی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی از جمله جاذب‌هایی هستند که به منظور تصفیه فاضلاب‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. به منظور کاهش هزینه آماده سازی، استفاده از مواد ارزان قیمت نظیر باقی مانده‌های محصولات کشاورزی و صنعتی جهت تولید کربن فعال به عنوان گزینه‌ای مناسب همواره مدنظر قرار گرفته است (۲۳). در کنار کاهش هزینه و حل مشکل دفع بیومس، ارزش زائدات غذایی و کشاورزی را بیش از پیش افزایش داده است. کربن حاصل از زائدات کشاورزی و مواد غذایی، مزایایی از قبیل سختی مطلوب، سطح مقطع بالا و ساختاری متخلخل را دارا است (۲۴). شهرستان گناباد با دارا بودن سطح وسیع زیر کشت پنبه، به عنوان یکی از مراکز عمده تولید پنبه در استان خراسان رضوی به شمار می‌رود. هدف از این پژوهش، تعیین کارایی حذف رنگ اسید اورانژ ۷ با روش جذب سطحی توسط کربن فعال پنبه از محلول‌های آبی است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در آزمایشگاه و در یک راکتور بصورت ناپیوسته در دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی گناباد انجام شد. مواد آزمایشگاهی از شرکت مرک آلمان خریداری گردید. پنبه مورد استفاده در این مطالعه، در شهر گناباد خریداری و برای زدایش گرد و غبار و آلودگی‌های احتمالی، با آب دو بار تقطیر شسته شد. به منظور بررسی اثر فرآیند جذب سطحی بر حذف ماده آلی اسید اورانژ، تأثیر هر یک از پارامترهای مهم در این فرآیند از جمله دوز جاذب، pH، زمان تماس و غلظت رنگ بر این فرآیند، در آزمایشات مجزا سنجیده شد.

یافته ها

آزمایشات با توجه به هزینه و زمان طولانی به صورت One Factorial انجام شد و بر این اساس، به تعداد زیر آزمایش وجود داشت:

۱۲۳ = (۳ تکرار) × (۳ ایزوترم) + (۱۰ دوز جاذب) + (۹ زمان تماس) + (۱۰ غلظت رنگ) + (۹pH) = تعداد نمونه‌ها

کل فرایند آزمایشگاهی برای انجام فرآیند جذب، در محدوده ۱۰ غلظت مختلف اسید اورانژ ۷ (۵۰mg/l-۵)، ۱۰ مقدار جاذب (۱mg/l-۰/۱)، ۹ محدوده زمان واکنش (۱۵۰-۵ دقیقه)، ۹ محدوده pH (۱۰-۲) و در دمای محیط (۲۷ درجه سانتی‌گراد) انجام شد. پس از تهیه هر یک از نمونه‌های مورد نظر با غلظت معین و تنظیم مقادیرpH، نوع و مقدار ماده جاذب در آنها، نمونه‌ها درون ظروف ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری (محلول بافر فسفات نیز به آنها اضافه شد تا تغییرات اسیدیته کم و به راحتی اسیدته آن تنظیم شود) ریخته، مخلوط کن را روشن نموده (در ۱۸۰±۱۰ rpm مورد نظر) و پس از گذشت مدت زمان تعیین شده دستگاه خاموش و اقدام به برداشت نمونه از محلول موجود در ظرف (ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری) شد.سپس نمونه برداشت شده از فیلتر واتمن (Wathman) ۴۰ میکرونی عبور داده شد و پس از انجام فرآوری‌های لازم مطابق روش‌های کتاب Standard method نمونه‌ها آنالیز فوری و یا اینکه پس از افزودن مواد نگهدارنده و با در نظر گرفتن شرایط استاندارد، آنها را نگهداری و عمل آنالیز نمونه‌ها

[Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.61186/jhrd.2.1.52]

در فواصل زمانی منظم انجام شد. در ادامه با توجه به نتایج حاصل از انجام آزمایشات، شرایط بهینه جهت متغیرهای دوز جاذب، pH، زمان واکنش و غلظت رنگ (منظور از شرایط بهینه، شرایط حصول حداکثر راندمان حذف هر یک از آلاینده‌ها از نظر pH، غلظت رنگ، دوز جاذب و زمان ماند می‌باشد) تعیین شد. همچنین پس از حصول شرایط بهینه برای حذف رنگ ذکر شده و تاثیر متغیرهای دوز ماده جاذب، pH، زمان تماس، غلظت اولیه رنگ و همچنین ایزوترم جذب این مواد (ایزوترم‌های جذب لانگمویر یا فروندلیچ) مورد بررسی قرار گرفت. در پایان مقایسه نمونه‌ها قبل و بعد از تاثیر پذیری از فرآیند جذب، کارایی روش و نوع ماده‌ی جاذب در حذف رنگ تحت متغیرهای گوناگون مشخص شد.

تهیه نمونه‌های شیمیایی

۱۰۰۰میلی‌گرم رنگ اسید اورانژ خالص بدون آب وزن و به بالن حجمی ۱۰۰۰ میلی لیتری منتقل و ضمن هم زدن با آب مقطر، به حجم رسید و اسیدیته این محلول توسط اسید سولفوریک به زیر واحد ۲ رسید (این محلول ۲۸ روز در یخچال پایدار باقی می ماند).

ابتدا غلظت مورد نظر رنگ را از محلول مادر مهیا شده با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر رنگ، در حجم یک لیتر آب مقطر ریخته و pH مورد نظر در نمونه‌ها تنظیم و سپس کربن فعال حاصل از پنبه را که در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت مهیا شده به غلظت‌های متفاوت به ظروف محتوی نمونه‌ها اضافه شد. در مدت زمان انجام آزمایشات درب ظروف ارلن مایر توسط پارافیلم کاملا بسته نگه داشته شد. سرانجام نمونه‌های آماده شده روی دستگاه مخلوط کن (افقی) با دور ۱۸۰ rpm قرار داده شد. بعد از گذشت مدت زمان ۱۸۰ دقیقه، اقدام به برداشت نمونه به حجم ۱۰۰ سی‌سی بر اساس روش مندرج در کتب رفرنس نموده و پس از عبور دادن نمونه از فیلتر ۴۰ میکرونی واتمن، غلظت اسید اورانژ توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV/Vis T۸۰ در طول موج ۴۹۷ نانومتر بر اساس روش مندرج در بخش ۵۹۱۰ رفرنس Standard method مورد آزمایش قرار گرفت.

تنظیم pH نمونه‌ها، زمان بندی و سایر متغیر های مورد بررسی

- به منظور ارزیابی تاثیر pH در فرآیند حذف، اسیدیته pH مورد نیاز در واحدهای ۲ الی ۱۰ بود که توسط H_2SO_4 و NaOH ۱ و ۰/۱ نرمال تأمین و تنظیم شد.
- زمان واکنش عملیات جذب در ۹ محدوده زمانی شامل ۵ الی ۱۵۰ دقیقه در نظر گرفته شد.
- مقادیر دو جاذب کربن فعال به میزان ۰/۱ الی ۱ گرم در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر به محلول حاوی آلاینده رنگ اسید اورانژ ۷ اضافه شد.
- غلظت‌های اولیه رنگ در پنج محدوده ۵ الی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه شد. پس از بدست آوردن شرایط بهینه (زمان واکنش، pH، غلظت مواد جاذب افزودنی) غلظت‌های مختلف در حدود پایین‌تر و بالاتر از این مقادیر نیز در شرایط بهینه سنجش شد.

غلظت نهایی

مطابق روش ذکر شده در کتاب Standard method توسط دستگاه اسپکتروفتومتر، میزان جذب قرائت شده و پس از آن با استفاده از منحنی جذب کالیبراسیون که برای اسید اورانژ در این دستگاه رسم گردیده است، میزان غلظت باقی‌مانده نهایی مشخص شد.

ایزوترم‌های جذب

در مطالعات مختلف بررسی جذب آلاینده‌ها بر سطوح جاذب‌های مختلف، تعیین ایزوترم جذب و ظرفیت جاذب از مهمترین مشخصه‌های مورد توجه محققین است. بررسی ایزوترم‌ها می‌تواند چگونگی جذب یک ماده جذب شونده را تفسیر کند و رابطه بین غلظت آلاینده موجود در محلول و میزان جذب توسط فاز جامد، وقتی که هر دو فاز در حالت موازنه هستند را نشان دهد. در این مطالعه بعد از تعیین زمان جذب، مشخصه‌های تماس مناسب، دوز جاذب و pH جذب، مشخصه‌های مرتبط با ایزوترم جذب آلاینده مورد نظر روی کربن فعال پنبه ساخته شده در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس تعیین شد و داده‌های موازنه جذب توسط دو مدل ایزوترم جذب فروندلیچ و لانگمویر مورد بررسی قرار گرفتند. ضریب

[Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2026-11-29]
[DOI: 10.61186/jhrd.2.1.52]

بالای همبستگی (R^2 نزدیک یا معادل با ۱) نشان دهنده تطابق حدود داده‌های مورد آزمایش با مدل ایزوترم مربوطه می‌باشد (۲۵).

تعیین دوز جاذب بهینه

دوز جاذب از جمله پارامترهای مهم در روند حذف رنگ است؛ زیرا افزایش میزان آن بدون تغییر محسوس در راندمان حذف، تنها میزان جاذب را افزایش می‌دهد و بار اقتصادی نیز دارد. همچنین کاهش بیش از حد آن نیز توانایی جذب را پایین می‌آورد. آزمایشات مربوط به این پارامتر با دوزهای ۰/۱ تا ۱ گرم بر لیتر از جاذب، زمان تماس ۳۰ دقیقه و دمای ۲۷ درجه سلسیوس در pH=۷ در شرایط آزمایشگاهی انجام شد که یافته‌های آن در شکل ۲ نشان داده شده است. مطابق شکل، با افزایش میزان جاذب، راندمان حذف رنگ نیز افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج مطالعه حاضر می‌توان مقدار ۱ گرم بر لیتر جاذب را به عنوان دوز بهینه در نظر گرفت.

تعیین pH بهینه

جهت بررسی تاثیر pH، آزمایش روی ۱ گرم بر لیتر جاذب با غلظت رنگ ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و زمان تماس ۳۰ دقیقه در دمای ۲۷ درجه سلسیوس در pH های مختلف انجام شد. یافته‌های آزمایش در شکل ۳ نشان داده شده است. این نتایج بیانگر آن است که با افزایش pH، راندمان حذف نیز کمتر شده است.

نتایج ایزوترم‌های جذب

در این مطالعه مقدار RL محاسبه شده در بازه ۰ تا ۱ قرار دارد و بیان‌گر جذب مطلوب رنگ بر سطح خاکستر پنبه می‌باشد بطوری که افزایش مقادیر بالای غلظت رنگ C_0 گواه جذب مناسب رنگ بر سطح جاذب خاکستر پنبه است. همچنین با توجه به اینکه مقدار 1/n معادل ۳/۸۷ و n معادل ۰/۲۵۸ حاصل شد، این مقادیر نشان دهنده مطلوبیت ایزوترم لانگمویر و فروندلیچ در انجام آزمایشات این مطالعه است. لذا جذب رنگ بر سطح خاکستر جاذب پنبه از هر دو ایزوترم جذب لانگمویر و فروندلیچ تبعیت می‌کند. در صورتی که تبعیت ایزوترم‌ها تنها بر اساس مقدار ضریب همبستگی ارزیابی شود، در این مطالعه مدل ایزوترم جذب اصلح لانگمویر بوده و در این خصوص می‌توان مهمترین فرضیات اساسی این مدل یعنی جذب مستقل از کسر پوششی، هم‌ارزی تمام مکان‌های جذب با یکدیگر و سطح انرژی یکسان را برای جاذب در نظر گرفت (۲۵). در ایزوترم جذب لانگمویر هر مکان جذب تنها یک گونه را جذب می‌کند و جذب سطحی آن قابل برگشت و بصورت تک لایه انجام می‌شود. لذا در این مطالعه ایزوترم لانگمویر با ضریب همبستگی حدود ۰/۹۸ به عنوان مدل اصلح در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است واکنش‌های جذبی که از مدل لانگمویر پیروی کنند، واکنش جذب ایده‌آل نامیده می‌شوند. حداکثر ظرفیت جذب در ایزوترم لانگمویر و فروندلیچ به ترتیب ۱۳/۷ و ۷/۳۵ میلی‌گرم بر گرم جاذب حاصل شد. بررسی همبستگی (R^2) منحنی‌های این دو مدل جذب، نشان می‌دهد که جذب رنگ روی کربن پنبه در ایزوترم جذب لانگمویر تطابق بهتری را دارد. مشخصهٔ اساسی معادله لانگمویر ثابت بدون بعدی به نام پارامتر تعادل مطابق با معادله زیر می‌باشد:

$$R_L = \frac{1}{1 + bC_0}$$

C_0 غلظت اولیه ماده رنگی (میلی‌گرم بر لیتر) است و RL بیانگر نوع ایزوترم است بطوری که اگر ۱>RL> ۰ عمل جذب مطلوب، اگر RL>۱ عمل جذب نامطلوب و اگر RL=۰ باشد، عمل جذب خطی است (۲۶). در مدل ایزوترم جذب فروندلیچ، چنانچه ضریب n در بازه ۱ تا ۱۰ قرار داشته باشد، تابع ایزوترم از نظر ریاضی مطلوب بوده و مقدار 1/n مقیاسی از شدت جذب می‌باشد و در صورتی که مقدار آن در بازه ۰/۱ تا ۱ قرار داشته باشد، نشان دهنده تبعیت مناسب از ایزوترم فروندلیچ و جذب سطحی مطلوب است (۲۷).

تعیین زمان تماس بهینه

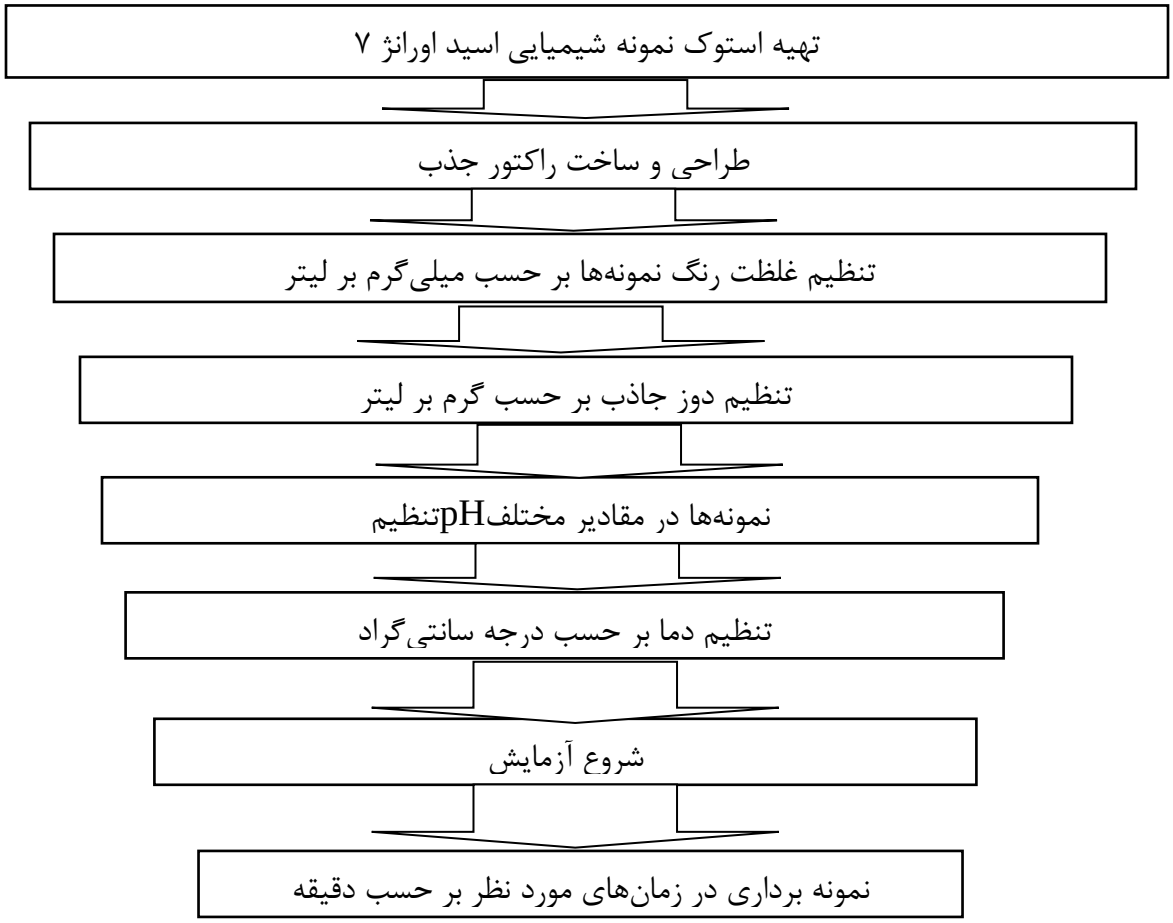
زمان تماس یک شاخصه مهم کنترلی بوده و بدیهی است که هرچه زمان تماس جاذب با رنگ بیشتر باشد، فرصت بیشتری برای جذب فراهم می‌شود؛ بنابراین با راندمان رابطه مستقیم

[Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2026-11-29]
[DOI: 10.61186/jhrd.2.1.52]

دارد. تاثیر مدت زمان تماس، در فواصل ۱۵۰- ۵ دقیقه برای جذب رنگ‌هایی با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر در pH=۷ و با دوز ثابت ۱ گرم بر لیتر جاذب بررسی شد که یافته‌های آن در شکل ۴ نشان داده شده است. مطابق شکل در ابتدا با افزایش زمان تماس، راندمان نیز افزایش می‌یابد و بعد از ۸۰ دقیقه، تقریبا ثابت می‌شود.

تعیین غلظت رنگ بهینه

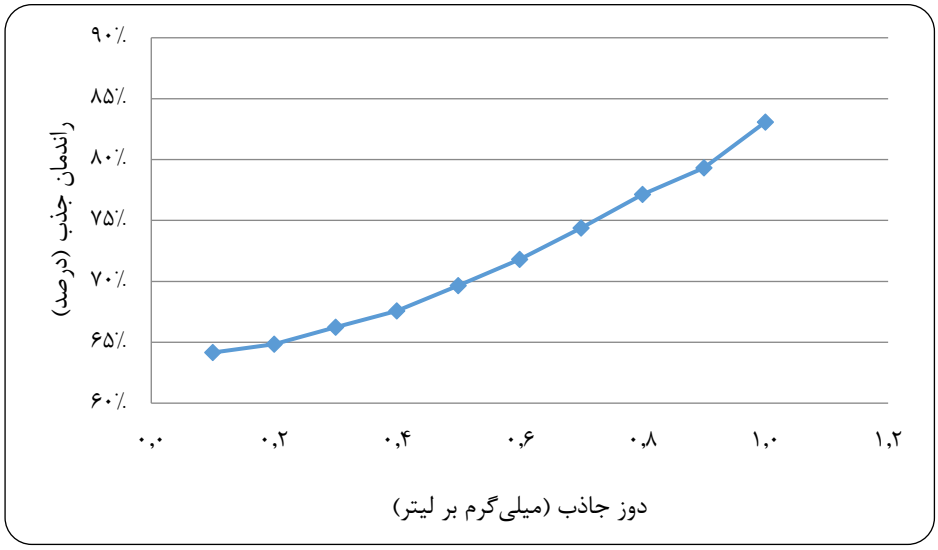
غلظت اولیه رنگ از دیگر عوامل موثر در روند فرآیند حذف است که به منظور بررسی تاثیر آن روی راندمان، مقدار ۱ گرم بر لیتر از جاذب را به ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول‌های حاوی غلظت‌های مختلف رنگ از ۵ تا۵۰ میلی‌گرم بر لیتر که pH آن با سدیم هیدروکسید و اسیدکلریدریک روی ۷ تنظیم شده بود، اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه هم زده و سپس صاف شد. پس از اندازه‌گیری جذب محلول‌های حاصل، یافته‌های آن در شکل ۵ نشان داده شد. این بررسی بیانگر آن است که افزایش غلظت رنگ از ۵ به ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، راندمان حذف را کاهش می‌دهد.



شکل ۱: مراحل انجام آزمایش

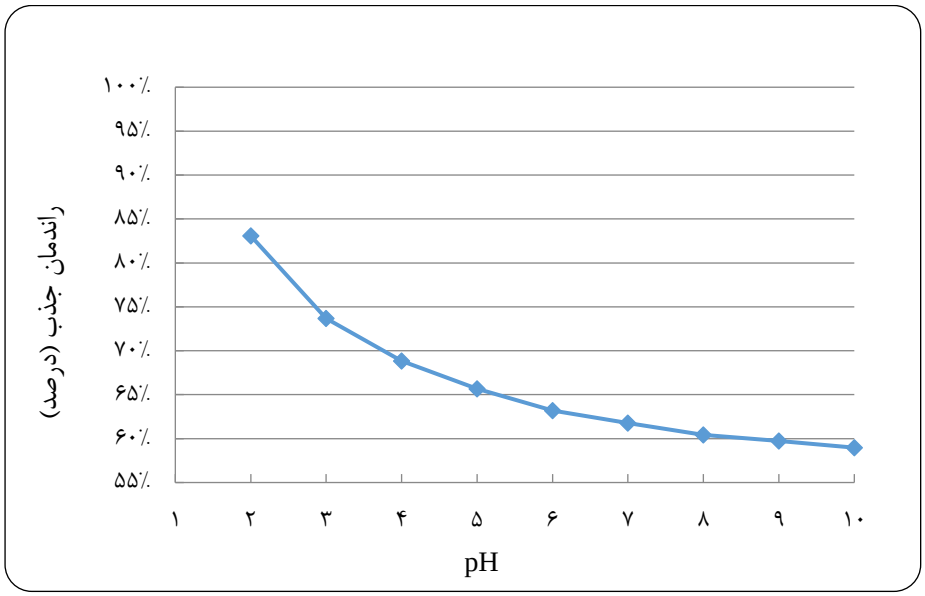
[Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.61186/jhrd.2.1.52]



شکل ۲- تاثیر تغییر دوز جاذب بر کارایی حذف رنگ اورانژ

(غلظت اولیه رنگ: ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر ، دما: ۲۷ درجه سانتی‌گراد، زمان تماس: ۳۰ دقیقه،pH=۷)

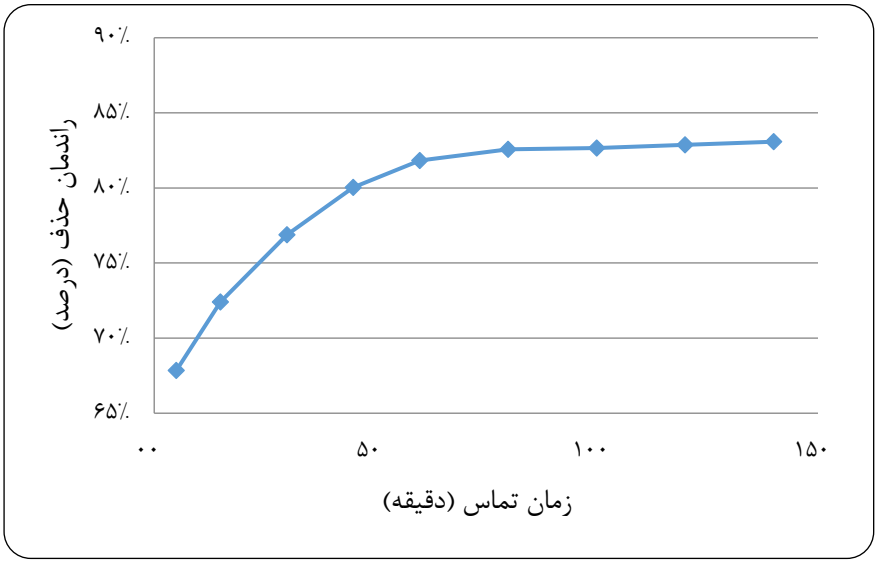


شکل ۳- تاثیر میزان pH بر کارایی حذف رنگ اسید اورانژ

(غلظت اولیه رنگ:۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، دما: ۲۷ درجه سانتی‌گراد، زمان تماس: ۳۰دقیقه، دوز جاذب: ۱گرم بر لیتر)

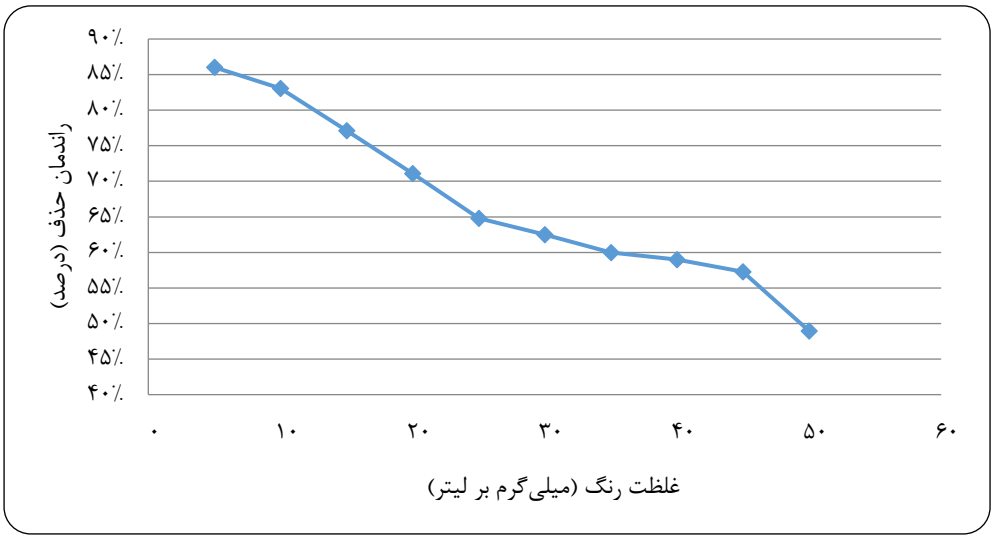
[Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.61186/jhrd.2.1.52]



شکل ۴- تاثیر زمان تماس بر کارایی حذف رنگ اسید اورانژ

(غلظت اولیه رنگ: ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، دما: ۲۷ درجه سانتی‌گراد، دوز جاذب: ۱گرم بر لیتر، pH=۷)



شکل ۵- تاثیر غلظت رنگ بر کارایی حذف رنگ اسید اورانژ

(دما: ۲۷ درجه سانتی‌گراد، زمان تماس: ۳۰دقیقه، دوز جاذب: ۱گرم بر لیتر، pH=۷)

[Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.61186/jhrd.2.1.52]

بحث

یافته‌های این مطالعه حاکی از این است که با افزایش دوز جاذب، کاهش pH، افزایش زمان تماس و کاهش غلظت اولیه رنگ، فرآیند جذب بهبود می‌یابد. مطابق یافته‌های این مطالعه، حداکثر راندمان حذف، معادل ۸۷ درصد در شرایط بهینه در مقدار ۱ گرم بر لیتر جاذب، pH=۲، غلظت اولیه رنگ ۵ میلی‌گرم برلیتر و زمان تماس ۸۰ دقیقه حاصل شد.

در مطالعه‌ای که توسط ندافی و همکاران تحت عنوان حذف رنگ راکتیو بلو ۲۹ از محیط آبی توسط فرآیند جذب سطحی بر روی نانوتیوب‌های کربنی تک دیواره انجام شد، ظرفیت جذب معادل ۴۹۶ mg/g و همچنین بیشترین میزان جذب در pH=۵ گزارش شد (۲۸). در مطالعه‌ی حاضر، مشخص شد که با افزایش pH، میزان جذب رنگ کاهش می‌یابد که دلیل این امر بالا رفتن غلظت یون های H^+ رقابتی بین یون های H^+و یون های فلزات سنگین برای جذب سطحی روی جاذب است.

در مطالعه‌ای که توسط شکوهی و همکاران ، مشخص شد که کارایی حذف رنگ با افزایش pH و غلظت اولیه رنگ، کاهش و با افزایش زمان تماس، افزایش پیدا می‌کند (۲۹). در مطالعه‌ی حاضر نیز مشخص شد که با کاهش pH و افزایش زمان تماس (به دلیل افزایش زمان واکنش بین رنگ و جاذب)، کارایی حذف رنگ افزایش یافته و با افزایش غلظت اولیه رنگ (چون در غلظت‌های پایین، سایت‌های خاصی مسئولیت جذب رنگ را بر عهده دارند که در غلظت‌های بالا این سایت‌ها اشباع می‌شوند و جذب کاهش پیدا می‌کند)، کارایی حذف رنگ کاهش می‌یابد.

در مطالعه‌ی انجام شده توسط سیبنی و همکاران در سال ۱۳۹۲ تحت عنوان حذف رنگ‌های اسید رد ۸ و راکتیو بلاک ۵ با استفاده از جاذب آزولافیلیکولوئیدس انجام شد، ظرفیت این جاذب ۵/۸۱ mg/g گزارش شد (۳۰). در مطالعه‌ی حاضر نیز ظرفیت جاذب کربن فعال پنبه، ۳۵/۷ mg/g تعیین شد که بسیار بیشتر از ظرفیت جاذب در مطالعه یاد شده است.

در مطالعه‌ی عمویی و همکاران با عنوان بهینه سازی جذب سطحی رنگ راکتیو اورانژ ۱۶ از محلول‌های آبی توسط ساقه آفتابگردان اصلاح شده با استفاده از روش سطح پاسخ، مشخص شد که راندمان جذب با افزایش زمان تماس و مقدار جاذب و با کاهش pH و غلظت رنگ، افزایش می‌یابد (۳۱) که در مطالعه حاضر نیز مشخص شد با افزایش زمان تماس (به دلیل زیاد بودن جایگاه‌های فعال جذب در سطح پنبه)، افزایش دوز جاذب (به دلیل در دسترس قرارگیری مکان‌های بیشتر جهت حذف رنگ توسط جاذب)، کاهش pH و کاهش غلظت اولیه رنگ (به دلیل کاهش سطح جاذب برای جذب رنگ) راندمان جذب افزایش پیدا می‌کند.

در مطالعه‌ی رحیمی و همکاران با عنوان کاربرد کلش‌های برنج در جذب رنگ‌های اسید اورانژ و ریمازول بلاک از فاضلاب‌های شبیه سازی شده صنایع نساجی، ظرفیت این جاذب ۲۷/۳ mg/g گزارش شد (۳۲). همانطور که ذکر شد، ظرفیت جاذب کربن فعال پنبه در این مطالعه، ۳۵/۷ mg/g تعیین شد که بیشتر از ظرفیت جاذب در مطالعه یاد شده است.

تیموریان و همکاران در پژوهش خود تحت عنوان جذب سطحی رنگ کاتیونی از محلول‌های آبی با استفاده از کربن فعال پوست گریپ فروت و روش بهینه‌سازی تاگوچی بیان داشتند که در عمل حذف رنگ‌زاهای کاتیونی با جاذب‌های مختلف، pH بهینه معمولا قلیایی بوده و همچنین با افزایش دوز جاذب، روند جذب نیز افزایش می‌یابد (۳۳). در مطالعه حاضر مشخص شد با کاهش pH فرایند جذب بهبود می‌یابد. چون در pH های اسیدی با بالا رفتن غلظت یون های H^+رقابتی بین یون‌های H^+ و یون‌های فلزات سنگین برای جذب سطحی روی جاذب رخ داده و در این بین یون‌های H^+ تمامی جایگاه‌های فعال در سطح جاذب را اشغال می‌کنند. همچنین در pH های قلیایی به دلیل افزایش غلظت یون‌های هیدروکسیل (OH^-) و واکنش آنها با فلزات سنگین، هیدروکسیدهای فلزی تشکیل شده که رسوب پیدا می‌کنند و دیگر جاذب توانایی جذب این گونه‌های یاد شده را نخواهد داشت و به این ترتیب میزان جذب کاهش پیدا می‌کند.

یافته‌های مطالعه‌ی ضیاپور و همکاران با عنوان استفاده از باگاس به عنوان جاذب رنگ اسید اورانژ ۷ از محلول آبی، ظرفیت جاذب باگاس، ۱۸/۵۶ mg/g گزارش شده است (۳۴) که کمتر از ظرفیت جاذب مورد استفاده در مطالعه حاضر است.

[Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.61186/jhrd.2.1.52]

در مطالعه‌ی کایا و همکاران تحت عنوان جذب رنگ اسید اورانژ ۷ روی پودر پوسته پسته چهارتایی شده از محلول‌های آبی، ظرفیت این جاذب ۲۱۵/۵ mg/g گزارش شده است (۲۶). در مطالعه‌ی حاضر که انجام شده است، ظرفیت جاذب کربن فعال پنبه ۳۵/۷ mg/g مشخص شد که از ظرفیت جاذب در مطالعه یاد شده کمتر است.

مزایای این جاذب، در دسترس بودن و قیمت نسبتا ارزان آن می‌باشد. علاوه بر این، کارایی معقولی در دوزهای کم جاذب برای حذف رنگ از خود نشان داد. از جمله معایب این جاذب، کارایی حداکثر جذب آن در pH های کم (در این مطالعه حداکثر کارایی در pH=۲ حاصل شد) است. بنابراین بیشتر برای فاضلاب‌های اسیدی توصیه می‌شود و این مشکل، کاربرد آن برای سایر فاضلاب ها با pH بالاتر را محدود می‌کند.

نتیجه گیری

مطابق یافته‌های این مطالعه، بیشترین راندمان حذف رنگ، معادل۸۷ درصد در شرایط غلظت اولیه رنگ ۵ میلی‌گرم بر لیتر، pH=۲، زمان تماس ۸۰ دقیقه و دوز جاذب ۱ گرم بر لیتر در دمای محیط (۱±۲۷ درجه سانتی‌گراد) با حداکثر ظرفیت جذب سطحی رنگ معادل ۳۵/۷ میلی‌گرم بر گرم خاکستر پنبه حاصل شد. نتایج نشان داد که با افزایش دوز جاذب تا میزان ۱ گرم بر لیتر، میزان جذب رنگ افزایش یافته است و با کاهش مقدار pH کارایی حذف رنگ توسط جاذب افزایش یافت و همچنین جذب رنگ توسط کربن پنبه، به خوبی از مدل ایزوترم جذب لانگمویر (R^2=۰/۹۹) تبعیت کرده و فرآیند جذب بصورت برگشت پذیر و تک‌لایه است. لذا با توجه به هزینه‌بر بودن سایر روش‌های حذف رنگ، می‌توان از کربن فعال پنبه به‌عنوان جاذبی نسبتا کارآمد و ارزان قیمت برای حذف رنگ اسید اورانژ از محلول‌های آبی استفاده نمود.

سپاسگزاری

از کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی گناباد که حمایت مالی این طرح را به عهده داشتند، تشکر و قدردانی می‌گردد (کد طرح: ۹۵/۱۴).

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافعی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

[Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.61186/jhrd.2.1.52]

References

1. Xiang-Rong Xu a, Hua-Bin Li a, Wen-Hua Wang. Degradation of dyes in aqueous solutions by the Fenton process. Chemosphere. 2004;57(7):595-600.
2. Mohamed A. Hassaan , Ahmed El Nemr. Investigating the effect of advanced oxidation methods on color removal from textile waste water. 2017; 2(3): 85-93.
3. Sauer T, Neto GC, Jose H, Moreira R. Kinetics of photocatalytic degradation of reactive dyes in a TiO2 slurry reactor. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry. 2002;149(1-3):147-54.
4. Alaton IA, Balcioglu IA, Bahnemann DW. Advanced oxidation of a reactive dyebath effluent: comparison of O3, H2O2/UV-C and TiO2/UV-A processes. Water Research. 2002;36(5):1143-54.
5. Lee YH, Pavlostathis SG. Decolorization and toxicity of reactive anthraquinone textile dyes under methanogenic conditions. Water research. 2004;38(7):1838-52.
6. Forgacs E, Cserhati T, Oros G. Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review. Environment international. 2004;30(7):953-71.
7. Royer B, Cardoso NF, Lima EC, Macedo TR, Airoldi C. A useful organofunctionalized layered silicate for textile dye removal. Journal of hazardous materials. 2010;181(1-3):366-74.
8. Dinçer AR, Güneş Y, Karakaya N. Coal-based bottom ash (CBBA) waste material as adsorbent for removal of textile dyestuffs from aqueous solution. Journal of Hazardous Materials. 2007;141(3):529-35.
9. Ledakowicz S, Solecka M, Zylla R. Biodegradation, decolourisation and detoxification of textile wastewater enhanced by advanced oxidation processes. Journal of biotechnology. 2001;89(2-3):175-84.
10. Wibowo, Y. G., Lululangin, B. R. G., Safitri, H. Application and efficiency of agricultural residues in removing heavy metals and dyes from water and wastewater: optimal absorption studies. Man and environment magazine. 2015;12(4):23-38.
11. Mohammadi R, Masoumi B, Sadeghi V. Investigating the amount of surface absorption of methyl orange Using GO2/TiO-Ag nanocomposite. Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering. 2018;37(1):113-24.
12. de Lima ROA, Bazo AP, Salvadori DMF, Rech CM, de Palma Oliveira D, de Aragão Umbuzeiro G. Mutagenic and carcinogenic potential of a textile azo dye processing plant effluent that impacts a drinking water source. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis. 2007;626(1-2):53-60.
13. Andrade LS, Ruotolo LAM, Rocha-Filho RC, Bocchi N, Biaggio SR, Iniesta J, et al. On the performance of Fe and Fe, F doped Ti–Pt/PbO2 electrodes in the electrooxidation of the Blue Reactive 19 dye in simulated textile wastewater. Chemosphere. 2007;66(11):2035-43.
14. Zille A. Laccase reactions for textile applications. 2005; 33 (5), 917-941.
15. Chao He, Yun Yu, Xingfang Hu. Influence of silver doping on the photocatalytic activity of titania films. Applied Surface Science. 2002;200(1-4):239-47.
16. Gogate PR, Pandit AB. A review of imperative technologies for wastewater treatment I: oxidation technologies at ambient conditions. Advances in Environmental Research. 2004;8(3-4):501-51.
17. Pani N, Tejani V, Anantha-Singh T, Kandya A. Simultaneous removal of COD and Ammoniacal Nitrogen from dye intermediate manufacturing Industrial Wastewater using Fenton oxidation method. Applied Water Science. 2020;10(2):1-7.
18. Tang WZ, Chen RZ. Decolorization kinetics and mechanisms of commercial dyes by H2O2/iron powder system. Chemosphere. 1996;32(5):947-58.
19. Gogate PR, Pandit AB. A review of imperative technologies for wastewater treatment II: hybrid methods. Advances in environmental research. 2004;8(3-4):553-97.
20. Molinari R, Pirillo F, Loddo V, Palmisano L. Heterogeneous photocatalytic degradation of pharmaceuticals in water by using polycrystalline TiO2 and a nanofiltration membrane reactor. Catalysis Today. 2006;118(1-2):205-13.

[Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.61186/jhrd.2.1.52]

21. Cescon A, Jiang JQ. Filtration process and alternative filter media material in water treatment. Water. 2020; 12(12): 3377- 3382.
22. Lima EC, Royer B, Vaghetti JC, Simon NM, da Cunha BM, Pavan FA, et al. Application of Brazilian pine-fruit shell as a biosorbent to removal of reactive red 194 textile dye from aqueous solution: kinetics and equilibrium study. Journal of hazardous materials. 2008;155(3):536-50.
23. Malik P. Dye removal from wastewater using activated carbon developed from sawdust: adsorption equilibrium and kinetics. Journal of Hazardous Materials. 2004;113(1-3):81-8.
24. Hsuan-Liang Liu, Yun-Ru Chiou. Optimal decolorization efficiency of Reactive Red 239 by UV/TiO2 photocatalytic process coupled with response surface methodology. Chemical Engineering Journal. 2005;112(1-3):173-9.
25. Liu H-L, Chiou Y-R. Optimal decolorization efficiency of reactive red 239 by UV/ZnO photocatalytic process. Journal of the Chinese Institute of Chemical Engineers. 2006;37(3):289-98.
26. Zaid B, Saidi D, Benzaid A, Hadji S. Effects of pH and chloride concentration on pitting corrosion of AA6061 aluminum alloy. Corrosion Science. 2008;50(7):1841-7.
27. Kaya A, Şahin SA. Acid Orange 7 adsorption onto quaternized pistachio shell powder from aqueous solutions. Biomass Conversion and Biorefinery. 2022:1-18.
28. Guo Q, Ma Q, Xue Z, Gao X, Chen H. Studies on the binding characteristics of three polysaccharides with different molecular weight and flavonoids from corn silk (Maydis stigma). Carbohydrate Polymers. 2018;198:581-8.
29. Naddafi k, Nabizade R, Jahangiri M. Removal of Reactive Blue 29 dye from water environment by surface adsorption on single-walled carbon nanotubes. health and environment magazine.2010:3(4):359-68.
30. Shokouhi R, Jafari J, Shirzad M. Removal of acid blue 113 dye from aqueous media using adsorption on activated red mud: an equilibrium and kinetic study. Journal of Kurdistan University of Medical Sciences. 2011;16(2):55-65.
31. Shirzad M, Fallah S, Tajassosi S. Removal of acid red 18 and reactive black 5 dyes from aqueous media using adsorption on Azolla filiculoides: a kinetic study. Journal of Gilan University of Medical Sciences. 2013;22:42-50.
32. Amoee A, Asgharnia H, Karimian K. Optimizing surface adsorption of reactive orange 16 (RO16) dye from aqueous solutions by modified sunflower stem using response surface method. Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences. 2016;14(10):813-26.
33. Rahimi A, Hamze Y, Abdilkhani A. The application of rice stubble in the absorption of acid orange and rimosol black dyes from the simulated effluents of textile industries. Iranian wood and paper industry magazine. 2018;9(3):397-409.
34. Teymorian S, Azimzade H, Ghasemi H. Surface adsorption of cationic dyes from aqueous solutions using grapefruit peel activated carbon and Taguchi optimization method. Scientific magazine Madras Civil Engineering. 2018;18(1):55-67.

[Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.61186/jhrd.2.1.52]

Torbat Jam University of Medical Sciences
Health Research and Development Journal
Vol. 2, No. 1, May 2024

The Efficiency of Acid Orange 7 Dye Removal from Aqueous Solutions Using Cotton Activated Carbon via Surface Adsorption Method

Hamed Biglari[1], Hasan Reza Rokni*[2], Ahmad Zarei[3]

Original Article

Abstract

Background and purpose: Dyes are a group of organic substances with a complex structure, often toxic, carcinogenic, mutagenic, non-biodegradable, and one of the most important pollutants in textile and dyeing industries' waste water, whose discharge in the environment creates severe problems. There are different methods for separating colors from wastewater, and the absorption process is one of the methods that has attracted a lot of attention in recent years, and a lot of research has been done in the field of searching for cheap and effective adsorbents in absorbing all kinds of colors. In this study, the ability of cotton activated carbon to absorb acid orange 7 has been evaluated.

Materials: In this experimental study, the required cotton was procured from Gonabad city and placed in an electric furnace at a temperature of 550 degrees Celsius for 2 hours for carbonization. Then, the effect of adsorbent dose, pH, contact time and dye concentration variables on dye removal efficiency from synthetic aqueous solutions at ambient temperature (27°C) was investigated.

Results: The results of the experiments showed that by increasing the adsorbent dose, decreasing the pH, increasing the contact time and decreasing the initial concentration of the dye, the absorption process improves. According to the findings of this study, the maximum removal efficiency, equivalent to 87%, was obtained in optimal conditions in the amount of 1 gram/liter of absorbent, pH=2, initial dye concentration of 5 mg/liter, and contact time of 80 minutes.

Conclusion: The results showed that the activated carbon obtained from cotton can be used as an efficiecnt, cheap and available adsornebt for the removal of Acid Orange 7 from aqueous solutions.

Keywords: Adsorption, Acid Orange 7, Aquous solution, Cotton activated Carbon.

Corresponding author: Hasan Reza Rokni، Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, IR Iran E-mail: h.r.rokni@gmail.com

1. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran.
2. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran
3. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Infectious Disease Research Center, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran

Received: 03.03.2024 **Revised: 15.05.2024** **Accepted: 28.05.2024**

[Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.61186/jhrd.2.1.52]