

A Survey on Dye Removal from Colored Textile Wastewater Using Multi-walled Carbon Nanotubes and Palm Ash as a Natural Adsorbent

Hosein Alidadi ^{1*}
Hassan Karimian²
Edris Bazrafshan³
Ali Asghar Najaf Poor¹
Shahrbanoo Rafe²

¹ Associate Professor, Health Sciences Research Center, Environmental Health Engineering Department, School of Health, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

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

³ Associate Professor, Environmental Health Engineering Department, School of Health, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran

(Corresponding author): Hosein Alidadi,
Tel: 051- 38552610
Email: alidadih@mums.ac.ir

Received: 2 November 2014

Accepted: 26 January 2015

Abstract

Background and Objective: Textile industry is one of the largest consumers of dyes. Approximately 75% of global dye production is used for dyeing textile, leather, and paper products. Dyes due to their complex structure are mostly stable, toxic, carcinogenic, mutagenic, and resistant to biodegradation; they also can cause allergies and skin conditions in humans. This study aimed to evaluate the efficacies of multi-walled carbon nanotubes and palm ash for dye removal from textile wastewater in Baluch region of Iranshahr in Iran.

Methods: This experimental study was performed on textile wastewater with a dye concentration of 20 mg/L in 2013. The efficacy of multi-walled carbon nanotubes and palm ash for dye removal at different concentrations, durations (30, 60, 90, 120, and 150 minutes), and pH ranges (3, 5.7, 9, and 11) was investigated. Dye concentration in different samples was measured, using a spectrophotometer at a wavelength of 525 nm.

Results: The rates of dye removal using multi-walled carbon nanotubes at pHs of 3, 5, 7, 9, and 11, dye concentration of 20 mg/L, and adsorbent concentration of 0.05 g/L were 85.5%, 93.4%, 88.4%, 81.3%, and 75.3%, respectively during 180 minutes. The corresponding values for palm ash were 88%, 92.8%, 96%, 92.2%, and 88.7%, respectively. The rates of dye absorption were 1710, 1868, 1769, 1626, and 1506 mg/g for multi-walled carbon nanotubes and 1763, 1857, 1921, 1844, and 1775 mg/g for palm ash, respectively. According to Langmuir isotherm model, adsorption isotherms were $R^2=0.876$ and $R^2=0.980$ for carbon nanotubes and palm ash, respectively. The maximum removal of chemical oxygen demand (COD) in multi-walled carbon nanotubes was obtained at pH=5, adsorbent concentration of 0.05, and contact time of 180 min (73.4%). For palm ash, maximum removal was achieved at pH=7, adsorbent concentration of 0.05, and contact time of 180 min (70.6%).

Conclusion: Dye removal from textile wastewater can be promoted by increasing reaction time. Dye and COD removal by multi-walled carbon nanotubes and palm ash was desirable. In fact, in multi-walled carbon nanotubes, efficacy was desirable at acidic pHs, while in palm ash, neutral pH was considered desirable. Therefore, use of palm ash for the removal of environmental pollutants can be cost-effective, given its high abundance.

Paper Type: Research Article

Keywords: Palm ash, Textile wastewater, Multi-walled carbon nanotubes

► **Citation:** Alidadi H, Karimian H, Bazrafshan E, Najaf Poor AA, Rafe Sh. A Survey on Dye Removal from Colored Textile Wastewater Using Multi-walled Carbon Nanotubes and Palm Ash as a Natural Adsorbent. Journal of Research in Environmental Health. Spring 2015; 1(1):10-19.

بررسی کارایی نانولوله کربن چند جداره و خاکستر حاصل از زائدات درخت خرما در حذف رنگ از فاضلاب نساجی

چکیده

زمینه و هدف: یکی از مصارف مهم مواد رنگی، صنعت نساجی است که حدود ۷۵٪ مواد رنگی تولید شده در جهان در رنگرزی کالاهای نساجی، چرم و کاغذ به کار می‌رود. رنگ‌ها به دلیل ساختار پیچیده، اغلب پایدار و مقاوم به تجزیه بیولوژیک و سمی، سرطان‌زا و جهش‌زا بوده و می‌توانند باعث آلرژی و مشکلات پوستی در انسان شوند. مطالعه حاضر با هدف بررسی کارایی نانولوله کربن چند جداره و خاکستر خرما در حذف رنگ از فاضلاب نساجی بافت بلوچ شهرستان ایرانشهر انجام شد.

مواد و روشها: این مطالعه کاربردی به صورت تجربی در سال ۱۳۹۲ بر روی فاضلاب نساجی با غلظت رنگ ۲۰ میلی‌گرم در لیتر انجام شد. در این مطالعه تأثیر متغیرهای غلظت نانولوله کربن چند جداره و خاکستر حاصل از زائدات خرما در زمان‌های ۰.۳، ۰.۶، ۰.۹، ۱.۲ و ۱۵۰ دقیقه و pH های ۳، ۵.۷، ۹ و ۱۱ بر کارایی حذف رنگ بررسی شد. غلظت رنگ در نمونه‌های مختلف با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۵ نانومتر قرائت شد.

یافته ها: مقادیر حذف رنگ با جاذب نانولوله کربن چند جداره در pH های ۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۱ برای غلظت رنگ ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و ۰.۰۵ گرم در لیتر نانولوله کربن در زمان ۱۸۰ دقیقه به ترتیب ۸۵/۵، ۹۳/۴، ۸۸/۴، ۸۱/۳ و ۷۵/۳ درصد و برای جاذب خاکستر خرما در زمان‌های مذکور به ترتیب ۸۸، ۹۲/۸، ۹۶، ۹۲/۲ و ۸۸/۷ درصد به دست آمد. همچنین میزان جذب رنگ توسط نانولوله کربن چند جداره به ترتیب ۱۷۱۰، ۱۸۶۸، ۱۷۶۹، ۱۶۲۶، ۱۵۰۶ میلی‌گرم در گرم جاذب و برای خاکستر خرما ۱۷۶۳، ۱۸۵۷، ۱۹۲۱، ۱۸۴۴ و ۱۷۷۵ میلی‌گرم در گرم جاذب بود. ایزوترم جذب برای دو جاذب منطبق با مدل لانگمیر ($R^2=0.876$) و $R^2=0.980$ نانولوله کربن چند جداره و $R^2=0.980$ خاکستر خرما) بود. بیشترین مقدار حذف COD جاذب نانولوله کربن چند جداره در $pH=5$ ، غلظت جاذب ۰.۰۵ و زمان تماس ۱۸۰ دقیقه، و برای خاکستر خرما در $pH=7$ و غلظت جاذب ۰.۰۵ و زمان تماس ۱۸۰ دقیقه، ۷۰/۶٪ به دست آمد.

نتیجه گیری: میزان حذف رنگ از فاضلاب نساجی با افزایش زمان واکنش، افزایش می‌یابد و همچنین میزان حذف رنگ و حذف COD توسط نانولوله کربن چند جداره و خاکستر خرما در حد مطلوبی است، ولی کارایی نانولوله کربن چند جداره در pH اسیدی و کارایی خاکستر خرما در pH خنثی بیشتر است. به نظر می‌رسد با توجه به فراوانی زائدات خرما، استفاده از خاکستر خرما در حذف آلاینده‌های زیست محیطی مقرون به صرفه‌تر است.

کلیدواژه ها: خاکستر خرما، فاضلاب نساجی، نانولوله کربن چند جداره

حسین علی‌دادی^{۱*}

حسن کریمیان^۳
ادریس بذرافشان^۲
علی اصغر نجف پورا
شهربانو رافع^۳

^۱ دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران

^۲ دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران

^۳ کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

حسین علی‌دادی

(نویسنده مسئول)

تلفن: ۰۵۱-۳۸۵۵۲۶۱۰

Email: alidadih@mums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۳/۷/۸

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۱

◀ **استاد:** علی‌دادی ح، کریمیان ح، بذرافشان ا، نجف پور ع، رافع ش. بررسی کارایی نانولوله کربن چند جداره و خاکستر حاصل از زائدات درخت خرما در حذف رنگ از فاضلاب نساجی، فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط، بهار ۱۳۹۴؛ (۱): ۱۹-۱۰.

مقدمه

در سال‌های اخیر با افزایش جمعیت و گسترش صنایع مختلف، کشاورزی و کمبود آب سالم در جهان، تصفیه و بازیابی مجدد آب‌های مصرفی اهمیت پیدا کرده است (۱ و ۲). صنایع نساجی در زمینه تنوع تولید در مواد اولیه مصرفی و میزان بار آلودگی، از صنایع شاخص کشور محسوب می‌شود (۳). سالانه بیش از ۱۰ هزار نوع رنگ سنتزی در جهان تولید و به طور گسترده در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴-۶). میزان تولید رنگ در جهان حدود ۷۰۰ هزار تا یک میلیون تن بوده که در صنایع متعدد نظیر تولید مواد آرایشی، چرم، کاغذ و صنایع نساجی مصرف می‌شود (۵-۸).

مواد رنگی بر حسب ساختار شیمیایی به دسته‌های آزو، آنتراکینون، زانتین، آکریدین، فلاوین، فتان سیانین و... از نظر کاربردی به دسته‌های راکتیو، اسیدی، مستقیم، خمی، دیسپرس و... تقسیم می‌شوند (۷). در این میان ترکیبات آزو، بزرگ‌ترین گروه رنگزاهای آلی سنتزی هستند (۵). در بین رنگ‌های آزو، رنگ‌های راکتیو به خاطر حلالیت بالا در آب و تجزیه‌پذیری پایین، به عنوان مسئله سازترین ترکیبات در پساب‌های صنایع نساجی شناخته می‌شوند (۶ و ۹). این رنگ‌ها به دلیل ساختار پیچیده، به تجزیه بیولوژیک پایدار و مقاوم بوده و غالباً سمی، سرطان‌زا و جهش‌زا هستند و می‌توانند باعث آلرژی و مشکلات پوستی شوند (۸).

جهت حذف رنگ از محلول‌های آبی از روش‌های مختلفی مانند: فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی (۶) و یا روش‌های تلفیقی استفاده می‌شود. به دلیل پایداری رنگ‌ها در مقابل تجزیه بیولوژیکی، اغلب از روش‌های فیزیکی و شیمیایی نظیر انعقاد-لخته سازی (۱ و ۲ و ۱۰)، جذب سطحی (۳ و ۸ و ۹ و ۱۱-۱۳)، اکسیداسیون شیمیایی (۴)، اکسیداسیون پیشرفته و فرآیندهای غشایی برای حذف این ترکیبات استفاده می‌شود (۷ و ۱۴ و

۱۵). جذب سطحی، یکی از روش‌های کارآمد در حذف رنگ از فاضلاب‌های نساجی بوده که از جاذب‌های متعدد نظیر کربن فعال، خاک اره، سبوس جو، پوسته برنج و کیتوزان و پوسته تخم مرغ استفاده می‌شود (۱۳ و ۱۶). در این میان کربن فعال، یکی از پرکاربردترین جاذب‌های مورد استفاده برای کنترل آلودگیهای محیطی می‌باشد، اما به دلیل هزینه بالای تولید، احیاء مجدد و تصفیه آن، تحقیقات بر روی جاذب‌های جایگزین با ظرفیت جذب بالا و هزینه پایین متمرکز شده است (۳ و ۸ و ۱۶). در همین راستا اخیراً توجه زیادی به استفاده از روش‌های نانوتکنولوژی مبذول شده است. در ارتباط با کاربرد نانوذرات در حذف رنگ مطالعات زیادی صورت گرفته که از جمله می‌توان به استفاده از نانوذرات اکسید منیزیم برای حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹ و راکتیو قرمز ۱۹۸ از فاضلاب اشاره کرد (۱). مطالعه حاضر با هدف بررسی کارایی نانو لوله کربن چند جداره و خاکستر حاصل از درخت خرما در حذف رنگ از فاضلاب نساجی بافت بلوچ شهرستان ایرانشهر انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع آزمایشگاهی و در سال ۱۳۹۲ انجام شد نانو لوله کربن چند جداره مورد استفاده در این تحقیق از پژوهشگاه صنعت نفت ایران تهیه شد که دارای ۳۰ میکرومتر طول، ۲۰-۱۰ نانومتر قطر خارجی، مساحت ویژه ۲۰۰ مترمربع به ازای هر گرم و چگالی واقعی ۲/۱ گرم به سانتیمتر مکعب بود. خاکستر زائدات درخت خرما نیز در شرایط آزمایشگاهی با استفاده از کوره الکتریکی در دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۲ ساعت تهیه شد. دانه بندی خاکستر حاصله نیز با استفاده از الک استاندارد ASTM انجام گرفت. برای انجام آزمایشات، ابتدا نمونه‌های واقعی فاضلاب نساجی بافت بلوچ شهرستان ایرانشهر تهیه و در pHهای ۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۱ با

سولفوریک اضافه شده و به مدت ۲ ساعت در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد و پس از سرد شدن مقادیر COD، محلول توسط اسپکتروفتومتری اندازه گیری شد.

یافته ها

نتایج حاصل از حذف رنگ از فاضلاب نساجی توسط نانولوله کربن چند جداره و خاکستر درخت خرما با غلظت اولیه رنگ ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و غلظت جاذب ۰/۰۱ گرم در لیتر و زمان تماس ۱۸۰ دقیقه، در نمودار ۱ ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود مقدار pH بهینه برای حذف رنگ از فاضلاب نساجی توسط نانولوله کربن چند جداره، ۵ و برای خاکستر خرما، ۷ می‌باشد.

اثر دوز جاذب در حذف رنگ از فاضلاب نساجی در غلظت رنگ ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و زمان تماس ۱۸۰ دقیقه و pH=۷ در نمودار ۲ نشان داده شده است. دوز بهینه جاذب نانولوله کربن چند جداره ۰/۰۵ گرم در لیتر و دوز بهینه جاذب خاکستر خرما ۰/۰۴ گرم در لیتر بود.

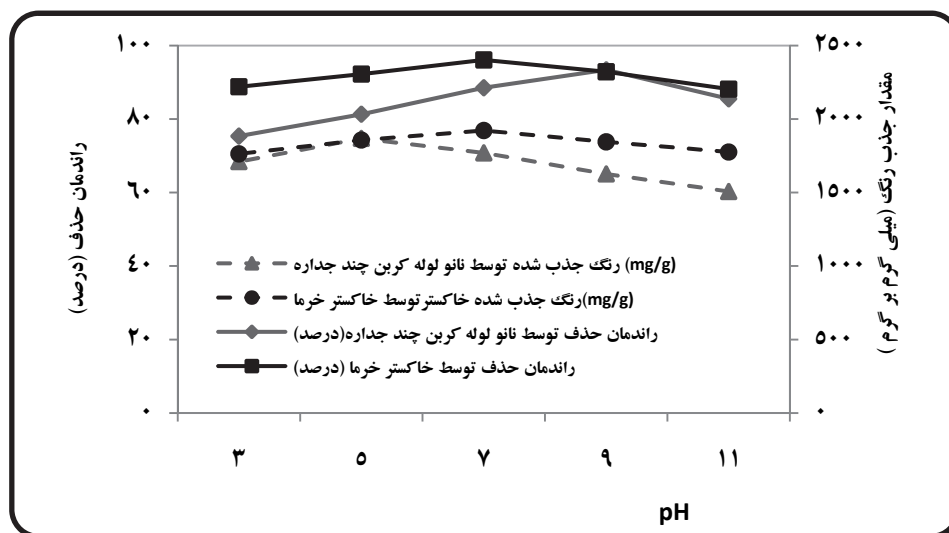
مقادیر مشخصی از نانولوله کربن چند جداره و خاکستر درخت خرما با غلظت‌های ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۳، ۰/۰۴ و ۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر و زمان‌های ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه ۱۵۰ دقیقه تماس داده شد. برای ایجاد تماس بهتر بین آلاینده و ماده جاذب، نمونه‌ها روی همزن مغناطیسی قرار گرفتند. در نهایت محلول‌های حاوی جاذب، در سانتریفیوژ با دور ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفته و سپس از کاغذ صافی ۰/۴۵ میکرون عبور داده و غلظت نهایی رنگ در محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۵ قرائت شد (۲۰).

برای تعیین درصد حذف رنگ از فاضلاب نساجی با استفاده از دو ماده جاذب از فرمول زیر استفاده شد:

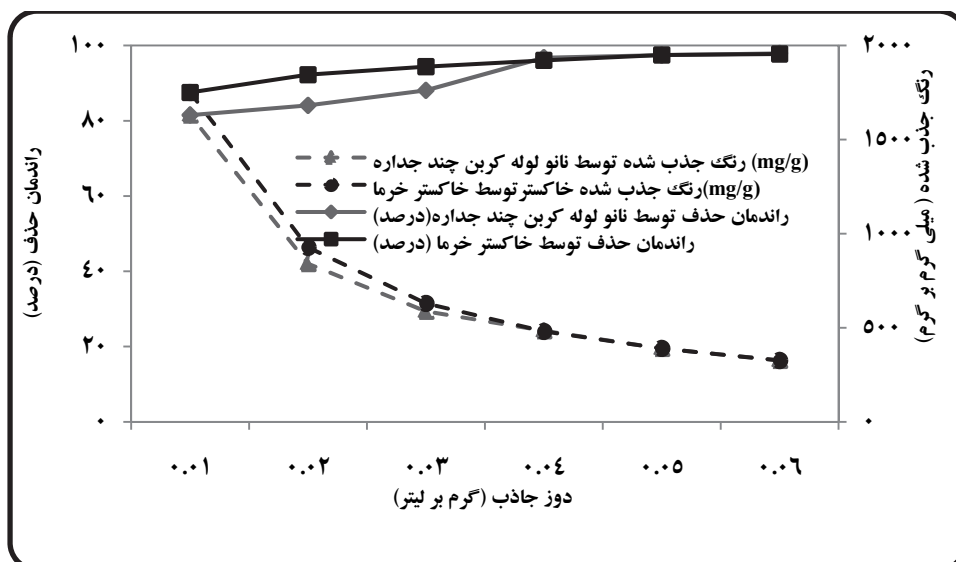
$$R(\%) = [1 - (C_p - C_0)] \times 100$$

در این فرمول R درصد حذف، C_p غلظت رنگ در فاضلاب نساجی بعد از صاف نمودن و C_0 غلظت اولیه رنگ در فاضلاب نساجی می‌باشد. به منظور تعیین ایزوترم جذب، از ایزوترم لانگمیر، فروندلیچ و بت استفاده شد.

برای اندازه گیری COD محلول، مقادیر مشخص از پساب به ظرف شیشه‌ای حاوی دی کرومات پتاسیم و اسید



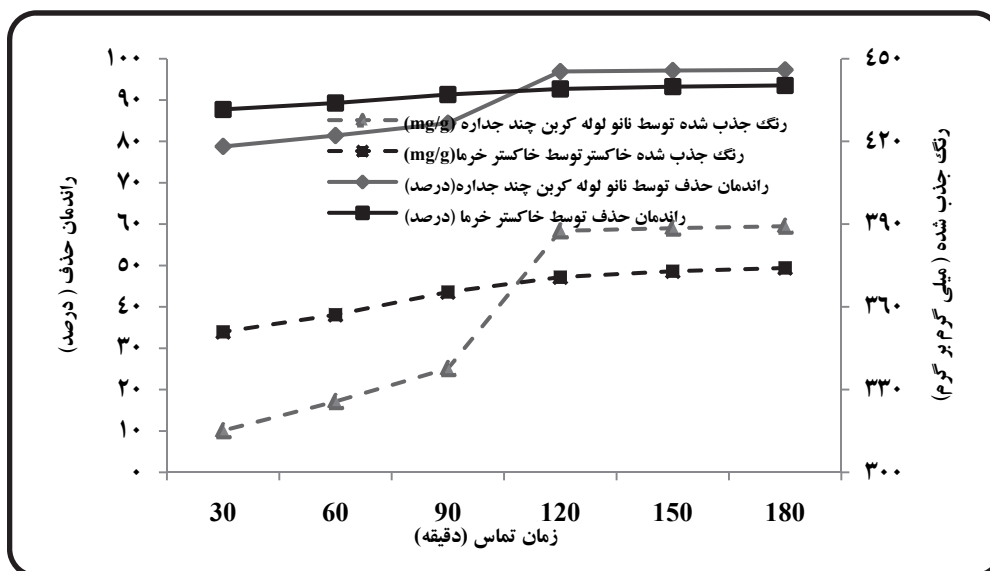
نمودار ۱. اثر pH های مختلف بر حذف رنگ از فاضلاب نساجی و مقدار جذب رنگ توسط خاکستر خرما و نانولوله کربن چند جداره



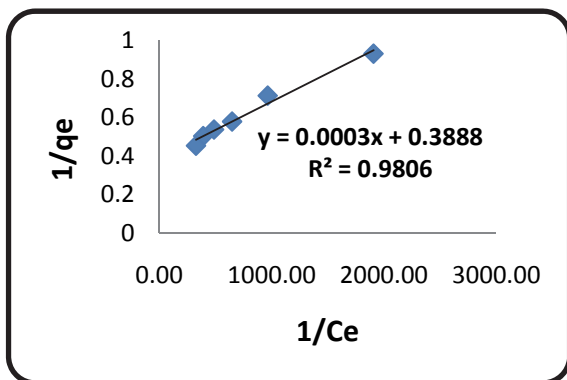
نمودار ۲- اثر دوزهای مختلف جاذب بر روی حذف رنگ از فاضلاب نساجی توسط خاکستر خرما و نانولوله کربن چند جداره

برای هر دو نوع جاذب، زمان ۱۸۰ دقیقه به دست آمد. ایزوترم‌های لانگمویر مربوط به اثر غلظت جاذب بر حذف رنگ در غلظت‌های مختلف جاذب با نانولوله کربن چند جداره و خاکستر خرما در نمودار ۴ و ۵ نشان داده شده است.

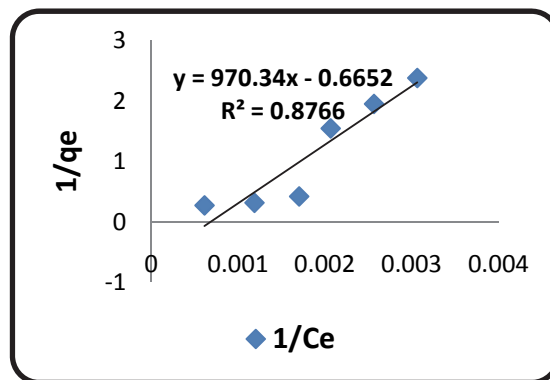
میزان حذف رنگ از فاضلاب نساجی در زمان‌های مختلف با ماده جاذب نانولوله کربن چند جداره و خاکستر خرما با غلظت رنگ ۲۰ میلی گرم در لیتر و غلظت جاذب ۰/۰۵ گرم در لیتر و $pH=7$ ، در نمودار ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، زمان تعادل مناسب



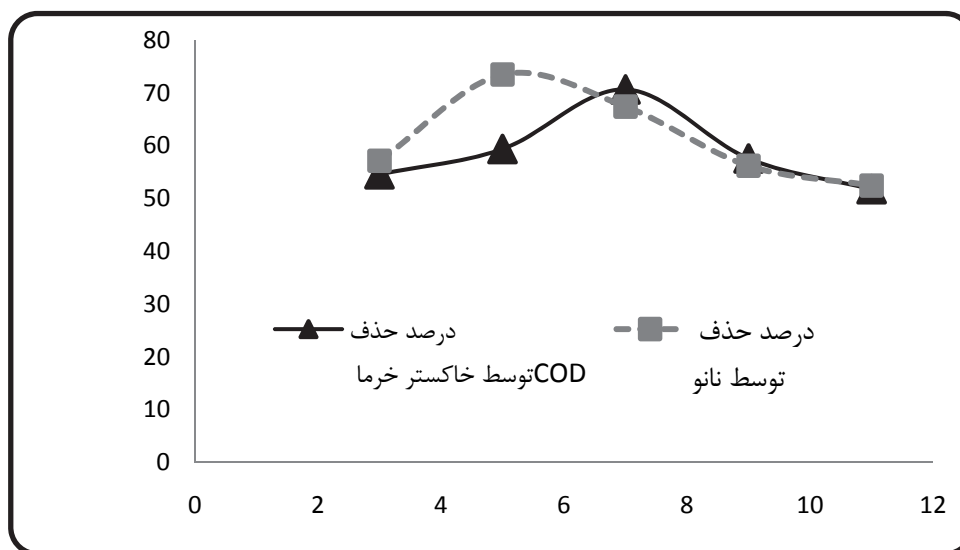
نمودار ۳- اثر زمان های تماس مختلف بر حذف رنگ از فاضلاب نساجی توسط خاکستر خرما و نانولوله کربن چند جداره



نمودار ۵- ایزوترم لانگمویر خاکستر درخت خرما



نمودار ۴- نمودار ایزوترم لانگمویر نانولوله کربن چندجداره



نمودار ۶- اثر pH بر حذف COD توسط نانولوله کربن چند جداره و خاکستر خرما

رنگ با استفاده از جاذب نانولوله کربن چند جداره در pH های ۳ تا ۵، حدود ۸٪ افزایش یافته و با افزایش pH از ۵ به ۱۱، کارایی حذف رنگ حدود ۱۸٪ کاهش نشان داد. همچنین درصد حذف رنگ با استفاده از جاذب خاکستر خرما در pH های ۳ تا ۷ حدود ۸٪ افزایش و کارایی حذف رنگ با افزایش pH از ۵ به ۱۱، حدود ۹٪ کاهش یافت. غلظت اولیه رنگ در این آزمایش ۲۰ میلی گرم و غلظت جاذب نانولوله کربن چند جداره و خاکستر خرما ۰/۰۱ گرم بر لیتر در زمان ۳ ساعت بود. گروههای عاملی اکسیژن دار بر روی سطوح نانوذرات نقش مهمی ایفا می کنند؛ به گونه ای که در pH

اثر pH بر حذف COD توسط نانولوله کربن چند جداره و خاکستر خرما با غلظت رنگ ۲۰ میلی گرم در لیتر و غلظت جاذب ۰/۰۵ گرم در لیتر، در نمودار ۶ نشان داده شده است. مقدار COD اولیه در فاضلاب نساجی ۱۱۶۹ میلی گرم در لیتر بود.

بحث

مقدار pH محلول، یکی از پارامترهای مهم و تأثیرگذار بر واکنشهای شیمیایی و بیولوژیکی فاضلاب محسوب می شود (۸، ۹، ۱۳، ۱۷). بر اساس نمودار ۱، درصد حذف

بیشتر از ۵، باعث افزایش پیوند میان گروه‌های OH^- روی سطوح نانو ذرات می‌شوند و به آن بار منفی می‌دهند و در pH کم‌تر از ۵، جذب گروه‌های H^+ روی نانو تیوب چند جداره را تقویت کرده و به آن بار مثبت می‌دهند که هر دو پدیده ذکر شده باعث کاهش کارایی حذف رنگ در pH های بالاتر یا پایین‌تر از ۵ میشود. در مطالعه ندافی و همکاران در سال ۲۰۱۱، pH بهینه حذف رنگ راکتیو بلو ۲۹ توسط نانو لوله کربن تک جداره از محیط آبی نیز ۵ بیان شد (۹). در مطالعه کاسوران و همکاران در سال ۲۰۰۴ که جهت مقایسه چند فرآیند اکسیداسیون پیشرفته برای رنگبری رنگزای راکتیو قرمز ۱۲۰ در محلول‌های آبی انجام شد، pH بهینه، pH اسیدی بود (۱۸).

در مطالعات جذب، تعیین دوز مناسب جاذب، یکی از مهم‌ترین مسائلی است که باید مورد توجه قرار گیرد. نمودار ۲ اثر غلظت اولیه جاذب بر روی حذف رنگ از فاضلاب نساجی توسط نانو لوله کربن چند جداره و خاکستر خرما را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار، در نانو لوله کربن چند جداره، درصد حذف رنگ با افزایش دوز جاذب، افزایش یافت؛ به گونه ای که در غلظت ۰/۰۱ گرم در لیتر، ۸۱٪ حذف رنگ از فاضلاب نساجی صورت گرفت و در غلظت ۰/۰۶ گرم در لیتر به بیش از ۹۷٪ افزایش یافت. در مطالعه حاضر میزان بهینه غلظت جاذب ۰/۰۵ گرم در لیتر بود. همچنین اثر غلظت اولیه جاذب بر روی حذف رنگ از فاضلاب نساجی توسط خاکستر خرما نشان داد که در غلظت ۰/۰۱ گرم در لیتر، ۸۷٪ حذف رنگ از فاضلاب نساجی صورت گرفت و در غلظت ۰/۰۵ گرم در لیتر به بیش از ۹۷٪ افزایش یافت. افزایش در جذب با مقدار جاذب می‌تواند به دلیل افزایش سطح جاذب و میزان دسترسی بیشتر به مکانهای جذب باشد (۸، ۱۳، ۱۹).

در مطالعه غنی‌زاده و همکار در سال ۲۰۰۹ که جهت حذف رنگ متیلن بلو از خاکستر استخوان استفاده شد، با

افزایش دوز جاذب، راندمان حذف رنگ افزایش یافت و این افزایش، در میزان جاذب حدود یک گرم به حالت تعادل رسید (۸، ۱۹). نتایج مطالعه غلامی و همکاران در سال ۲۰۱۳ که در خصوص قابلیت کربن پوست پرتقال در حذف رنگزای مستقیم مشکی ۲۲ از محیط‌های آبی صورت گرفت، با افزایش دوز جاذب از ۰/۵ تا ۲ گرم در لیتر، میزان حذف از ۲۲/۰۱٪ تا ۸۷/۳۲٪ افزایش یافت (۲۰). با افزایش زمان تماس، به دلیل افزایش برخورد مولکول‌های رنگزدا با سطح جاذب، جذب سطحی بیشتر خواهد شد. افزایش فرآیند جذب با گذشت زمان تماس تا رسیدن به حالت تعادل صورت می‌گیرد.

با توجه به نمودار ۳ زمان تماس، یک متغیر مهم در فرآیند جذب است. ظرفیت جذب و بازده حذف رنگزا توسط جاذب، ارتباط مستقیم با زمان تماس دارد. در مطالعه حاضر در خصوص نانو لوله کربن چند جداره، حذف بیش از ۷۵٪ ماده رنگزا در ۳۰ دقیقه ابتدایی صورت گرفت و در ۱۸۰ دقیقه، ۹۷/۳٪ رنگ فاضلاب نساجی توسط نانو لوله حذف شد و پس از آن، افزایش حذف بسیار جزئی بوده تا به مقدار ثابتی برسد. در طی فرآیند جذب، سطح جاذب توسط مولکولهای ماده جذب شده مسدود شده و پس از مدت زمانی پوشانیده می‌شود. وقتی این اتفاق روی می‌دهد، جاذب نمی‌تواند مولکول‌های رنگزای بیشتری را جذب کند. نتایج تأثیر زمان تماس بر روی حذف رنگ از فاضلاب نساجی توسط خاکستر خرما نشان داد که در ۳۰ دقیقه اول بیش از ۸۵٪ رنگ فاضلاب نساجی، و در ۱۸۰ دقیقه، ۹۳/۵٪ حذف شده و پس از آن به حالت تعادل رسید. مقایسه کارایی این دو جاذب نشان داد که هر دو در ۱۸۰ دقیقه به تعادل رسیدند، اما نانو لوله کربن چند جداره در ۳۰ دقیقه ابتدایی بیش از ۷۵٪ ماده رنگزا را حذف نمود، در حالی که خاکستر خرما بیش از ۸۵٪ ماده رنگزا را حذف کرد.

انتظار می‌رود برای حذف کامل ماده رنگزا، کاهش قابل ملاحظه‌ای در بازده حذف COD صورت گیرد. نمودار ۶ نشان می‌دهد که ساختار ماده رنگزا، تجزیه شده و به صورت مولکول‌های کوچک تر آلی درآمده است (۱۵).

در مطالعه قانعیان و همکاران در سال ۲۰۱۰ که در مورد کاربرد فرآیند ازن زنی در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ در شرایط قلیایی انجام شد، میزان حذف COD در pH های ۷، ۹، ۱۰ و ۱۱ و در زمان ۶۰ دقیقه به ترتیب ۳۱، ۴۰، ۴۳ و ۵۳ درصد بود (۲۲). همچنین در مطالعه دالوند و همکاران در سال ۲۰۰۹ که در زمینه تصفیه فاضلاب سنتتیک حاوی رنگزای راکتیو قرمز ۱۹۸ با استفاده از فرآیند الکتروکواگولاسیون، در شرایط بهینه عملیاتی توانست رنگ را به میزان ۹۹/۱٪ COD را به میزان ۸۴/۳٪ حذف کند (۱۱).

نتیجه گیری

مطالعه حاضر نشان داد که نانولوله کربن چند جداره و خاکستر خرما می‌توانند به طور مؤثر رنگ را از فاضلاب نساجی حذف کنند. درصد حذف رنگ با مقدار جاذب و زمان تماس نسبت مستقیم دارد. در مطالعه حاضر pH بهینه برای نانولوله کربن چند جداره ۵ و برای خاکستر خرما ۷ بود. همچنین درصد حذف COD برای جاذب نانولوله کربن چند جداره ۷۳٪ و برای خاکستر خرما ۷۰٪ بود. به نظر می‌رسد با توجه به فراوانی زائدات درخت خرما در منطقه مورد مطالعه، استفاده از خاکستر خرما نیازمند حداقل تکنولوژی و کم هزینه و مقرون به صرفه می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مشهد به دلیل همکاری‌های بی دریغشان، تشکر و قدردانی می‌شود.

در مطالعه ندافی و همکاران در سال ۲۰۱۱ که در مورد حذف رنگ راکتیو بلو ۲۹ از محیط آبی توسط جذب سطحی بر روی نانو لوله‌های کربنی تک جداره انجام شد، زمان تعادل حدود ۴ ساعت به دست آمد (۹). در مطالعه غنی‌زاده و همکار در سال ۲۰۰۹، از خاکستر استخوان جهت حذف رنگ متیلن بلو استفاده شد و زمان تعادل، ۲ ساعت بود (۸). در مطالعه غلامی و همکاران در سال ۲۰۱۳، زمان تعادل ۹۰ دقیقه بود (۲۰). تعیین ایزوترم‌های جذب آلاینده توسط جاذب‌های مختلف، یکی از پارامترهای مهم در مطالعات جذب می‌باشد. ایزوترم‌های جذب، خواص جذبی و داده‌های تعادلی هستند که به توصیف چگونگی واکنش آلاینده‌ها با مواد جاذب می‌پردازند و نقش اساسی در بهینه‌سازی معرف جاذب دارند (۱۳). در مطالعه حاضر، بررسی داده‌های آزمایشگاهی با دو مدل لانگمویر، فروندلیچ و مقایسه ضرایب همبستگی آن‌ها نشان داد که جذب رنگ فاضلاب نساجی بر روی نانولوله کربن چند جداره و خاکستر خرما از ایزوترم لانگمویر تبعیت می‌کند. همچنین ضریب همبستگی، R^2 در مدل لانگمویر ۰/۹۹۸۱ و در مدل فروندلیچ ۰/۹۳۳۲ بود. با توجه به بالاتر بودن ضریب همبستگی در مدل لانگمویر، جذب رنگ فاضلاب نساجی بر روی ذرات جاذب نانولوله کربن چند جداره با مدل لانگمویر تطابق بیشتری داشته و بر اساسین مدل، جذب رنگ به صورت تک لایه روییک سطح هموزن صورت می‌گیرد.

قانعیان و همکاران در سال ۲۰۱۰ از پوسته تخم مرغ به عنوان جاذب طبیعی در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ از فاضلاب سنتتیک نساجی استفاده کرده و گزارش کردند که جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ از ایزوترم لانگمویر تبعیت می‌کند (۱۶). آپسالان و همکاران در سال ۲۰۱۱ در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۲۰ با نانوذرات مغناطیسی Fe_3O_4 نیز گزارش کردند که حذف رنگ مذکور از مدل لانگمویر با ضریب همبستگی ۰/۹۹۴۶ تبعیت می‌کند (۲۱).

References

1. Dalvand A, Gholami M, Joneidi A, Mahmoodi NM. Investigation of Electrochemical Coagulation Process Efficiency for Removal of Reactive Red 198 from Colored Wastewater. *Journal of Science and Technology of Color*. 2009;3(2):97-105. [In persian].
2. Jafarzadeh N, Daneshvar. Treatment of Textile Wastewater Containing Basic Dyes by Electrocoagulation Process. *J of Water and Wastewater*. 2006;17(57):22-9. [In persian].
3. Alizadeh R, Barghaei SM. The use of granular activated carbon to remove organic matter and organic carbon in the process of textile dye effluents. *Chemistry and Chemical Engineering*. 2006;25(3):21-8. [In persian].
4. Daneshvar N, Khataee A, Rasoulifard MH, seyed Dorraji M. Removal of Organic Dyes from Industrial Wastewaters Using UV/H₂O₂, UV/H₂O₂/Fe (II), UV/H₂O₂/Fe (III) Processes water and wastewater. 2007;18(61):34-42 [In persian].
5. Maleki A, Rezaee R. Toxicity Reduction of Reactive Black 5 and Disperse Orange 25 by Advanced Oxidation Processes *Journal of Science and Technology of Color*. 2009;3(1):17-23. [In persian].
6. Noohi A, Emtiazioo M, N o. decolorization of Reactive Black 5 by native strains isolated from wastewater of textile factories in Tehran. *Journal of Environmental Science and Technology*. 2008;10(1):17-9. [In persian].
7. Emami F, Tehrani-Bagha AR, Gharanjig K. Influence of Operational Parameters on the Decolorization of an Azo Reactive Dye (C.I. Reactive Red 120) by Fenton Process Research, Institute for Color Science and Technology. 2009;4(2):105-14. [In persian].
8. Ghanizadeh G, Asgari G. Removal of Methylene Blue Dye from Synthetic Wastewater with Bone Char. *Iranian journal of health and environment*. 2009;2(2):104-13. [In persian].
9. Naddafi K, Nabizadeh Nodehi R, Jahangiri rad M. Removal of Reactive Blue 29 Dye from Water by Single-Wall Carbon Nanotubes. *J Health & Environ*. 2011;3(4):359-68. [In persian].
10. Hasani Zonoozi M, Alavimoghaddam MR, Aram M. Removal of C.I. Acid Blue 292 using Polyaluminum Chloride. *Journal of Color Science and Technology*. 2008;2(2.):87-94. [In persian].
11. Ghaneian MT, Dehvari M, Ahrampoosh MH, Jamshidi B. Fish bone meal application of Reactive Red 198 ink removal from textile wastewater in alkaline conditions. Fourteenth National Conference on Environmental Health, Yazd [In persian]. 2011.
12. Masombaigi H, Rezaee A, Nasiri A. Photocatalytic Degradation of Methylene Blue using ZnO Nano-Particles. *Journal of Health and Environment*. 2009;2(3):188-95. [In persian].
13. Khorramfar S, Mahmoodi NM, Arami M, Gharanjig K. Dye Removal from Colored Textile Wastewater Using Tamarindus Indica Hull: Adsorption Isotherm and Kinetics Study. *Journal of Color Science and Technology* 2009;3(2):81-8. [In persian].
14. Behjat A, Parsaeian M, Anvari F, Kheirkhah M, Tahami M. Dicolorization of Reactive Dyes in Aqueous Solutions Using Ionizing Electron Beam Radiation water and wastewater. 2009;20(3):26-31. [In persian].
15. Tehrani-Bagha AR, Amini FL. Decolorization of Wastewater Containing C. I. Reactive Red 120 by UV-Enhanced Ozonation Research, Institute for Color Science and Technology. 2010;4(3):151-60. [In persian].
16. Ghaneian M, Ghanizadeh G, M. G, Ghaderinasab F. Application of Eggshell as a Natural Sorbent for the Removal of Reactive Red 123 Dye from Synthetic Textile Wastewater. *Zahedan Journal of Research in Medical, Zahedan Sciences*. 2010;11(4):25-34. [In persian].
17. Li Y, Liu F, Xia B, Du Q, Zhang P, Wang D, et al. Removal of copper from aqueous solution by carbon nanotube/calcium alginate composites. *Journal of Hazardous Materials*. 2010;177(1-3):876-80.
18. Kusvuran E, Gulnaz O, Irmak S, Atanur OM, Ibrahim Yavuz H, Erbatur O. Comparison of several advanced oxidation processes for the decolorization of Reactive Red 120 azo dye in aqueous solution. *Journal of Hazardous Materials*. 2004;109(1-3):85-93.
19. NateghiGholam R, Boniadi R, Asadi A, Amin MM. Nickel Oxide Nanoparticles Application as an Efficient Adsorbent for Dye Removal Health System Research. 2010;6. . [In persian].
20. Gholami H, Gholami M, Gholizadeh A, rastegar A. Direct Black 22 carbon potential of orange peel in removal from aqueous solutions. *Journal of North Khorasan University of Medical Sciences* 2013;4(1):45-55. [In persian].

21. Absalan G, Asadi M, Kamran S, Sheikhan L, Goltz DM. Removal of reactive red-120 and 4-(2-pyridylazo) resorcinol from aqueous samples by Fe₃O₄ magnetic nanoparticles using ionic liquid as modifier. *Journal of Hazardous Materials*. 2011;192(2):476-84.

22. Ghaneian MT, Ehrampoush MH, Ganizadeh Gh, Askar Shahi M, Momtaz M. Application of Ozonation on the removal of Reactive Red 198 dye at alkaline Condition. *Journal of School Health, Yazd*. 2010;9(2):11-21. [In persian].