



ارزیابی اثر pH محلول و غلظت جاذب نانو لوله کربنی چند دیواره اصلاح شده بر کارایی حذف رنگ اریکروم بلک تی از پساب کارخانه سامان نوش همدان

نویسندگان: سهیل سبحان اردکانی^۱ شیوا عین القزاتی^۲ رضا صحرایی^۳

۱. استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان

۲. نویسنده مسئول: دانش آموخته کارشناس ارشد محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان

تلفن: ۰۸۱۱۸۲۷۹۷۲۰ Email: shiva_einolghozati67@yahoo.com

۳. استادیار گروه شیمی، دانشگاه ایلام

چکیده

مقدمه: رنگ‌ها یکی از آلاینده‌های مهم در پساب‌های صنعتی محسوب می‌شوند که تصفیه آن‌ها به دلیل منشاء مصنوعی و ماهیت مولکولی پیچیده بسیار دشوار است. رنگ اریکروم بلک تی یکی از رنگ‌های خانواده آزو می‌باشد که به صورت گسترده‌ای در مواد غذایی، صنعتی، آرایشی، بهداشتی و دارویی مورد استفاده قرار گرفته است و با توجه به حلالیت بالا در محیط‌های آبی، زمان ماندگاری بالا، تجزیه ناپذیری توسط ترکیبات ارگانیک و تجمع زیستی آن، در محیط زیست به عنوان یک آلاینده مهم محیط‌های آبی، به خصوص آب‌های پذیرنده مطرح است. لذا این مطالعه با هدف بررسی کارایی فرآیند حذف رنگ اریکروم بلک تی توسط نانو لوله کربنی چند دیواره اصلاح شده از نمونه حقیقی پساب صنعتی کارخانه سامان نوش همدان انجام شد.

روش بررسی: در این پژوهش به منظور ارزیابی کارایی حذف رنگ اریکروم بلک تی تحت شرایط بهینه از پساب کارخانه سامان نوش همدان به عنوان نمونه حقیقی، از نانو لوله‌های کربنی چند دیواره اصلاح شده و روش فرآوری Batch استفاده و بدین منظور تاثیر پیراسنجه‌های pH محلول و غلظت جاذب، مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین به منظور تعیین ثابت سرعت فرآیند جذب، داده‌های آزمایشگاهی با دو مدل سینتیکی شبه مرتبه اول و دوم مقایسه و با ایزوترم‌های لانگمویر و فروندلیخ مطابقت داده شدند.

نتیجه گیری: نتایج بیانگر آن بود که در شرایط بهینه پیراسنجه‌ها (pH=۳، مقدار ۰/۰۱ گرم جاذب)، کارایی حذف رنگ به ۹۸ درصد رسید. همچنین مشخص شد که داده‌ها از سینتیک مرتبه دوم و ایزوترم جذب فروندلیخ با ضریب همبستگی ۰/۹۶۲۲ پیروی می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: نانو لوله کربنی چند دیواره، رنگ اریکروم بلک تی، تصفیه پساب‌های صنعتی، ایزوترم فروندلیخ

طلوع بهداشت

فصلنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال دوازدهم

شماره: چهارم - ۱۳۹۲

شماره مسلسل: ۴۲

ویژه نامه بهداشت محیط

تاریخ وصول: ۱۳۹۱/۱۰/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۱۸

در برخی صنایع به ویژه صنایع غذایی، استفاده از رنگ برای ایجاد فرآورده های جدید و بهبود کالا امری ضروریست. به همین دلیل مصرف رنگ در مواد غذایی روز به روز افزایش می یابد. امروزه این رنگ ها به وفور در مواد غذایی صنعتی همچون: نوشابه ها، ژله ها، آبمیوه های صنعتی و غذاهای آماده به کار می روند (۱). تاکنون در ایران مطالعات جامعی بر روی اندازه گیری رنگ های مجاز خوراکی در مواد غذایی و دارویی صورت نگرفته است. طبق استانداردهای ملی در زمینه رنگ های مجاز صنعتی فقط به کنترل کیفی این مواد در محصولات غذایی و دارویی اشاره شده و تاکید بر روش اندازه گیری این ترکیبات در محصول تولیدی نشده است (۲).

از جمله رنگ های خوراکی پر مصرف می توان به اریکروم بلک تی اشاره نمود که به وفور در صنایع غذایی همچون روغن های مایع، نوشابه ها، غذاهای کنسرو شده و آب میوه های صنعتی، پاستیل، پودر ژله، ماکارونی های رنگی و ... به کار می رود و سلامت بشر را با مخاطرات جدی مواجه می کند (۲). لذا با توجه به قابلیت حلالیت بالای این رنگ در محیط های آبی، زمان ماندگاری بالا، تجزیه ناپذیری توسط ترکیبات ارگانیک، تجمع زیستی در محیط زیست، ایجاد رادیکال های آزاد حلقوی گسسته در صورت اکسید شدن، حذف و یا کاهش آن ها از پساب های صنعتی امری ضروری است (۳، ۴).

امروزه استفاده از فناوری های نوین به خصوص نانوفناوری در راستای کاهش اثرات سوء آلودگی های محیط زیستی به عنوان



یکی از راهکارهای مدیریتی مطرح می باشد. یکی از مواردی که این فناوری کاربرد خود را متبلور می نماید، در ارتباط با منابع آب می باشد، که در نظر گرفتن چالش های پیش رو، ضرورت استفاده از آن را پر رنگ تر نموده است (۵). با توجه به این که کارایی حذف رنگ توسط جاذب بسیار حایز اهمیت است (۶)، لذا در این مطالعه از نانو لوله کربنی چند دیواره اصلاح شده به عنوان جاذب برای حذف رنگ اریکروم بلک تی از یک نمونه حقیقی استفاده و تاثیر پیرا سنجه های pH و غلظت جاذب بر کارایی حذف این رنگ مورد بررسی قرار گرفته است.

روش بررسی

در این پژوهش به منظور ارزیابی اثر pH محلول و غلظت جاذب نانو لوله کربنی چند دیواره اصلاح شده بر کارایی حذف رنگ اریکروم بلک تی از نمونه حقیقی، از نانو لوله کربنی چند دیواره (قطر خارجی به طور متوسط ۸ نانومتر، خلوص ۹۵ درصد، سطح مقطع ۲۸۰ مترمربع بر گرم و طول CNTs ۱۵-۵ میکرومتر) ساخت پژوهشگاه صنعت نفت ایران؛ رنگ آنیونی اریکروم بلک تی ساخت شرکت مرک آلمان (فرمول شیمیایی $C_{20}H_{12}N_3NaO_7S$ ، وزن مولکولی ۴۶۱/۳۸ گرم بر مول و طول موج حداکثر جذب ۶۱۲ نانومتر)؛ اسید کلریدریک ۹۵ درصد ساخت شرکت مرک آلمان؛ اسید نیتریک ۶۵ درصد ساخت شرکت مرک آلمان؛ دستگاه اسپکتروفتومتر Perkin Elmer مدل CT06484؛ دستگاه pH متر Jenway مدل ۳۵۱۰؛ ترازوی دیجیتال آزمایشگاهی با دقت ۰/۱ میلی گرم؛ آب دوبار تقطیر و



اولیه ۱۰ میلی گرم بر لیتر از ماده جذب شونده تهیه شد و سپس pH این محلول‌ها با استفاده از محلول‌های ۰/۰۱ مولار اسید کلریدریک و هیدروکسید سدیم توسط دستگاه pH متر در دامنه ۱ تا ۱۲ تنظیم گردید. با اضافه کردن ۰/۰۲ گرم جاذب به هر محلول، نمونه‌ها به مدت ۷ دقیقه درون همزن با سرعت ۱۸۰ دور در دقیقه در دمای محیط قرار داده شدند. پس از اتمام زمان هم زدن و جدا کردن جاذب، میزان جذب هر محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۱۲ نانومتر قرائت شده و در نهایت درصد حذف ماده جذب شونده توسط رابطه ۱ محاسبه گردید (۸).

رابطه (۱)

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

در این رابطه:

R = درصد حذف رنگ

C_0 = غلظت اولیه ماده جذب شونده بر حسب میلی گرم بر لیتر

C_e = غلظت تعادلی ماده جذب شونده بر حسب میلی گرم بر لیتر به منظور بررسی اثر مقدار جاذب بر جذب سطحی رنگ در pH بهینه و دمای محیط، وزن‌های مختلف از جاذب در دامنه ۰/۰۱ تا ۰/۱ گرم، با غلظت ۳۰ میلی گرم بر لیتر از رنگ اریکروم بلک تی استفاده شد. در هر آزمایش مقادیر مختلف از جاذب با ۱۰ میلی گرم بر لیتر از محلول رنگ به مدت ۷ دقیقه درون همزن با سرعت ۱۸۰ دور در دقیقه در دمای محیط قرار داده شدند. پس از اتمام زمان همزدن و جدا کردن جاذب، میزان جذب هر محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۱۲ نانومتر قرائت شده و در

پساب کارخانه سامان نوش همدان به عنوان نمونه حقیقی استفاده شد. به منظور اصلاح کردن نانو لوله‌ها، پس از شستشوی آن‌ها با اسید نیتریک ۲۰ درصد و آب دوبار تقطیر، نانو لوله‌ها در محلولی حاوی اسید نیتریک ۶۵ درصد، در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت اکسید شدند. نانو لوله‌های اکسید شده چندین بار توسط آب دوبار تقطیر و با استفاده از پمپ خلاء شستشو داده شد. سپس نانو لوله‌ها در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت در آون خشک شدند (۷).



شکل ۱: SEM از نانو لوله کربنی چند دیواره اصلاح شده

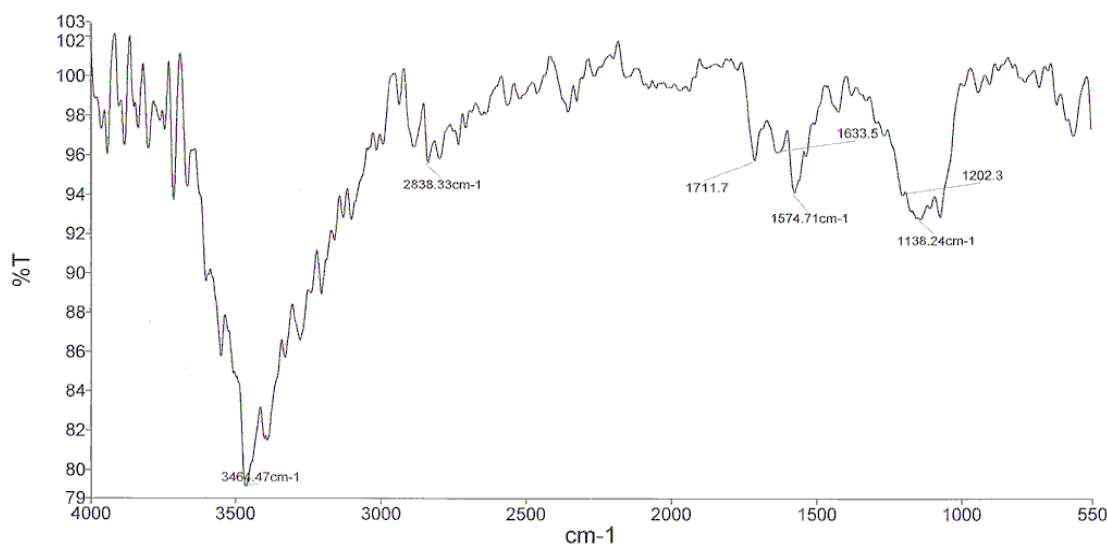
در ارزیابی گروه‌های عاملی بر روی نانو لوله‌های کربنی چند دیواره اصلاح شده، طیف IR جاذب در نواحی cm^{-1} ۱۵۷۴/۷۱، cm^{-1} ۱۷۱۱/۷ و cm^{-1} ۳۴۶۴/۴۷ به ترتیب نشان دهنده تشکیل گروه‌های عاملی کربوکسیل، کربونیل و هیدروکسیل بر روی جاذب می‌باشد. این گروه‌های عاملی آبدوست بوده، لذا موجب تسهیل در حل شدن نانو لوله کربنی اصلاح شده در آب می‌شوند (شکل ۲). به منظور بررسی اثر pH محلول بر جذب سطحی رنگ توسط جاذب، محلول‌هایی با غلظت



جاذب، میزان جذب در هر محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۱۲ نانومتر قرائت شده و جهت محاسبه درصد حذف ماده جذب شونده از رابطه ۱ استفاده گردید.

در نهایت نیز برای تعیین ثابت سرعت فرآیند جذب، داده های آزمایشگاهی با دو مدل سینتیکی شبه مرتبه اول و دوم مقایسه و با ایزوترم های لانگمویر، فروندلیخ و تمکین مطابقت داده شدند.

نهایت جهت محاسبه درصد حذف ماده جذب شونده از رابطه ۱ استفاده گردید (۹). همچنین برای ارزیابی کارایی روش در حذف رنگ اریکروم بلک تی از نمونه حقیقی در شرایط بهینه ی پیراسنجه ها، از روش افزودن استاندارد استفاده شد. بدین ترتیب که ۵ میلی لیتر از نمونه حقیقی در بالن های ۲۵ میلی لیتری ریخته شد. سپس مقادیر ۷، ۱۰، ۱۲، ۱۸ و ۲۷ میلی گرم بر لیتر از محلول رنگ توسط سمپلر متغیر به بالن ها اضافه گردید. پس از جدا کردن



شکل ۲: تصویری از طیف IR جاذب

نتایج ارایه شده در جدول ۱ بیانگر آن است که با افزایش غلظت رنگ در نمونه حقیقی کارایی حذف رنگ اریکروم بلک تی توسط جاذب، کاهش می یابد. نتایج ارایه شده در جدول ۲ بیانگر آن است که فرآیند جذب رنگ اریکروم بلک تی توسط جاذب، از سینتیک شبه مرتبه دوم پیروی می کند.

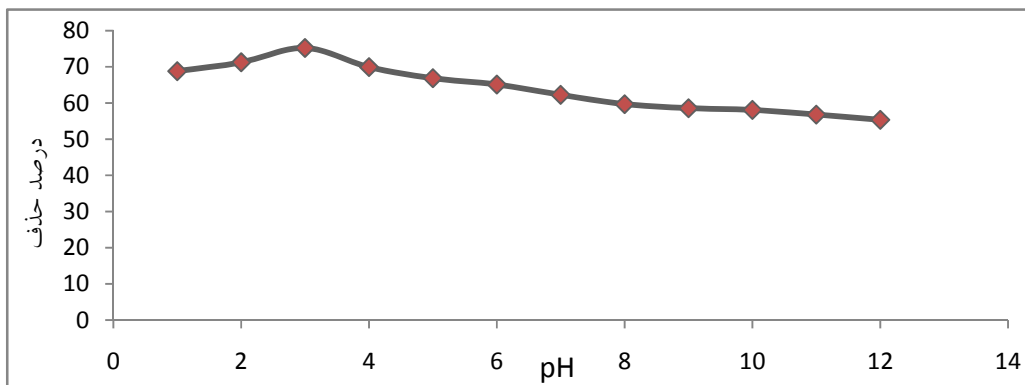
نتایج ارایه شده در جدول ۳ بیانگر آن است که به علت بالاتر بودن مقدار ضریب همبستگی مدل فروندلیخ در مقایسه با مقدار ضریب

یافته ها

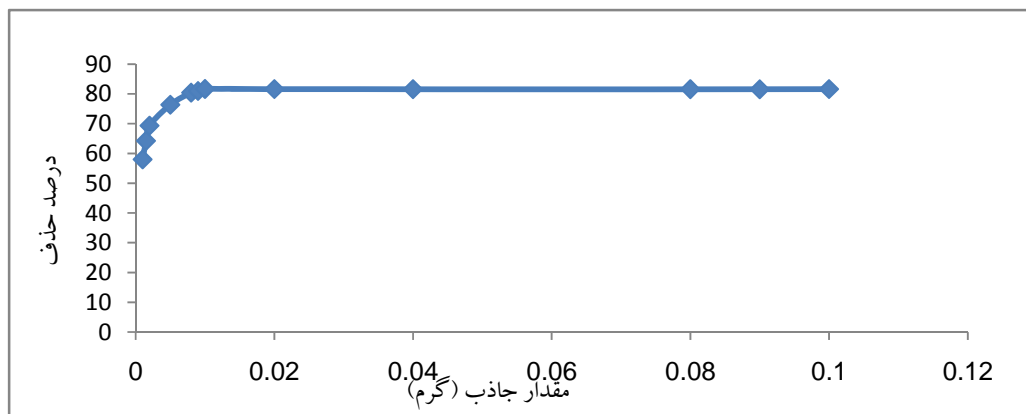
نتایج در نمودارهای ۱ و ۲ و جداول ۱ تا ۳ ارایه شده اند. نمودار ۱ بیانگر آن است که با کاهش pH، میزان جذب رنگ توسط جاذب به علت ساختار آنیونی رنگ اریکروم بلک تی افزایش یافته است. نمودار ۲ بیانگر آن است که در شرایط pH بهینه، اضافه شدن ۰/۰۱ میلی گرم جاذب، منجر به حداکثر میزان جذب رنگ اریکروم بلک تی با نرخ ۸۱/۶۶ درصد شده است.



همبستگی حاصل از مدل لانگمویر، فرآیند جذب از الگوی فروندلیخ تبعیت کرده است.



نمودار ۱: تاثیر pH بر جذب رنگ اریکروم بلک تی توسط نانو لوله کربنی چند دیواره اصلاح شده



نمودار ۲: تاثیر مقدار جاذب بر نرخ جذب رنگ اریکروم بلک تی

جدول ۱: میزان جذب سطحی رنگ اریکروم بلک تی توسط جاذب از نمونه حقیقی

نمونه	غلظت رنگ (میلی گرم بر لیتر)	درصد حذف
۱	۷	۹۸/۰۱
۲	۱۰	۹۷/۰۷
۳	۱۳	۹۶/۱
۴	۱۸	۹۵/۶۴
۵	۲۸	۹۴/۹۷



جدول ۲: ثابت‌های سرعت واکنش مرتبه اول و دوم و ضرایب همبستگی آن‌ها برای جذب رنگ اریکروم بلک تی از نمونه حقیقی توسط جاذب (غلظت اولیه رنگ ۱۰ میلی گرم بر لیتر و مقدار جاذب ۰/۰۱ گرم بوده است).

سیتیک مرتبه اول					
R ²	K	q _{e,cal} (mgg ⁻¹)	q _{e,exp} (mg/g ⁻¹)	مقدار جاذب (گرم)	غلظت ماده جذب شونده (میلی گرم بر لیتر)
۰/۹۸۵۹	-۰/۰۲۵۲	۲۳/۰۴۱۴	۲۲/۹۹۸	۰/۰۱	۱۰
سیتیک مرتبه دوم					
R ²	K ₂	q _e	مقدار جاذب (گرم)	غلظت ماده جذب شونده (میلی گرم بر لیتر)	
۰/۹۹۹	۱۳۰۲۰	۲۳/۰۴۱۴	۰/۰۱	۱۰	

جدول ۳: ثابت‌های مدل‌های جذب لانگمویر و فروندلیخ و ضرایب همبستگی آن‌ها برای جذب رنگ اریکروم بلک تی از نمونه حقیقی توسط جاذب

مدل لانگمویر			
R ²	b	Q _{max} (میلی گرم بر گرم)	غلظت ماده جذب شونده (میلی - گرم بر لیتر)
۰/۸۸۶۹	۰/۲۶۹۸	۲۲/۹۹۸	۱۰
مدل فروندلیخ			
R ²	n	Log kf (میلی گرم بر گرم)	غلظت ماده جذب شونده (میلی گرم بر لیتر)
۰/۹۶۲۲	۰/۶۲۲	۰/۳۵۰	۱۰

بحث و نتیجه گیری

الکترواستاتیکی میان جاذب و رنگ افزایش یافته و کارایی جذب آن افزایش می‌یابد (۱۲). نتایج ارزیابی اثر pH بر فرآیند جذب سطحی رنگ اریکروم بلک تی توسط نانو لوله کربنی چند دیواره اصلاح شده بیانگر آن بود که با افزایش pH محلول تا ۳، کارایی حذف رنگ اریکروم بلک تی به میزان ۷۵/۲۳ درصد افزایش یافته است (نمودار ۱). بنابراین، می‌توان عنوان نمود که pH محلول، اثر مهمی بر ویژگی‌های سطحی جاذب، یونیزاسیون و یا تخریب مولکول جذب شونده دارد. همچنین برهم کنش الکترواستاتیک بین جاذب و طبیعت آنیونی ماده جذب شونده از طریق برهم کنش

pH یکی از عوامل مهمی است که از طریق تاثیر بر ساختار رنگ و بار سطحی جاذب در فرآیند جذب تاثیر می‌گذارد. طبق نتایج حاصل، با کاهش pH، میزان جذب رنگ توسط جاذب به علت ساختار آنیونی رنگ اریکروم بلک تی افزایش یافته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در pH های پایین و اسیدی بار الکتریکی سطحی غالب در سطح جاذب به صورت بار مثبت است (۱۱، ۱۰). با افزایش pH، تعداد بارهای مثبت افزایش یافته و با توجه به ماهیت آنیونی رنگ اریکروم بلک تی نیروی جاذبه



که برای حذف رنگ راکتیو نارنجی ۱۶ از جاذب نانو ذره دی اکسید تیتانیوم استفاده کردند، Ncibi و همکاران (۲۰۰۷) که برای حذف رنگ از جاذب زیست توده فیبری استفاده نمودند، El Zawahry و همکاران (۲۰۰۴) که برای حذف رنگ آزو از - Aminated EC استفاده کردند و Annadurai و همکاران (۲۰۰۲) که اقدام به حذف رنگ از محیط های آبی توسط زباله های سلولزی شده نمودند، مطابقت دارد (۱۰-۸ و ۲۲-۱۳).

نتایج ارزیابی تاثیر مقدار جاذب بر فرآیند جذب سطحی رنگ اریکروم بلک تی بیانگر آن بود که در شرایط pH بهینه، اضافه شدن ۰/۰۱ میلی گرم جاذب، منجر به بالاترین میزان جذب رنگ اریکروم بلک تی با نرخ ۸۱/۶۶ درصد شده است (نمودار ۲). لذا، به دلیل افزوده شدن سایت های جذبی موجود در سطح جاذب در مقابل مقادیر ثابت مولکول های اریکروم بلک تی، کارایی جذب با افزایش مقدار جاذب، افزایش پیدا کرده و بعد ثابت می شود. نتایج به دست آمده در این پژوهش نشان می دهد که حذف رنگ توسط جاذب، به علت محدودیت سایت های جذب نانو لوله کربنی چند دیواره اصلاح شده و اشباع آن ها در غلظت های بالای رنگ در محیط، با افزایش غلظت رنگ کاهش می یابد. این نتایج با دستاورد پژوهش های Duan و همکاران (۲۰۱۲) که طی آن برای حذف رنگ متیلن ویولت از محیط های آبی از جاذب نانو لوله کربنی استفاده شد، Fernando و همکاران (۲۰۱۱) که طی آن برای حذف رنگ های کاتیونی از محیط آبی از نانو لوله کربنی چند لایه مغناطیسی استفاده شد، Afkhami و همکاران (۲۰۱۰)، Shahryari و همکاران (۲۰۱۰) که طی آن برای حذف رنگ

واندروالسی و یا تشکیل پیوند هیدروژنی، می تواند به عنوان یک سازو کار پیشنهادی برای جذب ماده جذب شونده توسط جاذب مدنظر قرار گیرد. با افزایش pH دپروتونه شدن گروه های عاملی در سطح جاذب اتفاق می افتد (۱۳). لذا، سطح جاذب دارای بار منفی خواهد شد. در pH اسیدی، گروه های عاملی کربوکسیل و هیدروکسیل موجود در سطح نانو لوله کربنی، پروتونه شده و سطح جاذب دارای بار مثبت می گردد. این امر موجب افزایش میزان جذب از طریق برهم کنش الکترواستاتیک می گردد. این نتایج با دستاورد پژوهش های Gupta (۲۰۱۲) که برای حذف رنگ آزو از جاذب کربن فعال حاصل از پسماند چوب بامبو استفاده کرد، Yu و همکاران (۲۰۱۲) که برای حذف رنگ آزو از پساب صنایع از جاذب نانو لوله کربنی چند دیواره مغناطیسی استفاده کردند، Fernando و همکاران (۲۰۱۱) که برای حذف رنگ قرمز M-2BE از محیط آبی از جاذب نانو لوله کربنی چند دیواره استفاده کردند، Kamboh و همکاران (۲۰۱۱) که برای حذف رنگ آزو از جاذب رزین استفاده کردند، Afkhami و همکاران (۲۰۱۰) که برای حذف رنگ از محیط آبی از جاذب نانو ذرات مغناطیسی استفاده کردند، Zarei (۲۰۱۰) که برای حذف رنگ آزو از جاذب نانو لوله کربن استفاده کرد، Zhu و همکاران (۲۰۱۱) که برای حذف رنگ از محیط آبی از جاذب کربن فعال استفاده کردند، Kamal (۲۰۰۸) که توسط جاذب کربن فعال اقدام به حذف رنگ های ری اکتیو نمود، Kaur و همکاران (۲۰۰۷) که برای حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از جاذب نانو ذره دی اکسید تیتانیوم استفاده کردند، Minjin و همکاران (۲۰۰۷)



اریکروم بلک تی توسط جاذب با ضریب همبستگی $R^2=0/886$ و در الگوی فروندلیخ فرآیند جذب صعودی بوده و $R^2=0/9622$ بوده است (جدول ۳). از آنجایی که فرآیند جذب اریکروم بلک تی روندی چند لایه داشته است، نمی‌تواند از الگوی لانگمویر پیروی کند.

مدل ایزوترم‌های جذب نشان دهنده رابطه تعادلی بین ماده جذب شده در سطح نانو لوله کربنی چند دیواره اصلاح شده و غلظت ماده جذب شونده باقی مانده در داخل محلول بود که برای به دست آوردن اطلاعات در مورد مدل جذب سیستم مورد مطالعه، نتایج حاصل بر روی دو ایزوترم لانگمویر و فروندلیخ اعمال شد. مقدار ضریب همبستگی بالای مدل فروندلیخ در مقایسه با مقدار ضریب همبستگی به دست آمده از مدل لانگمویر، بیانگر آن بود که این مدل برای استفاده در داده‌های آزمایشگاهی به دست آمده در این مطالعه مناسب می‌باشد. لذا، از آنجا که فرآیند پلیمریزاسیون جذب رنگ اریکروم بلک تی در سطح جاذب روندی چند لایه داشته، فرآیند جذب از الگوی فروندلیخ تبعیت کرده است. مقایسه ضریب همبستگی (R^2) داده‌های این پژوهش برای ایزوترم‌های لانگمویر و فروندلیخ نشان داد که مدل جذب فروندلیخ برای جذب رنگ اریکروم بلک تی توسط جاذب مناسب است. با توجه به این که در مدل فروندلیخ سایت‌های جذب متفاوت دارای انرژی‌های جذب متفاوتی می‌باشند، بنابراین به نظر می‌رسد که جذب رنگ اریکروم بلک تی توسط جاذب به صورت چند لایه‌ای صورت می‌گیرد. همچنین به نظر می‌رسد که مولکول‌های رنگ اریکروم بلک تی در سطح نانو لوله کربنی چند

میتلن بلو از محیط آبی از جاذب نانو لوله کربنی استفاده شد، Yavari و همکاران (۲۰۱۰) که طی آن برای حذف سزیوم یک ظرفیتی از محلول‌های آبی از نانو لوله‌های کربنی چند دیواره استفاده کردند، Zarei (۲۰۱۰) و Kamal (۲۰۰۸)، مطابقت دارد (۲۴، ۲۳، ۱۸، ۱۶، ۱۳، ۹، ۸).

نتایج ارزیابی کارایی حذف غلظت‌های متفاوت از رنگ اریکروم بلک تی (۷ تا ۲۸ میلی گرم بر لیتر) توسط جاذب در نمونه حقیقی بیانگر آن بود که با افزایش غلظت رنگ در نمونه حقیقی، کارایی حذف ماده جذب شونده توسط جاذب، کاهش یافته است (جدول ۱).

نتایج مقایسه ضریب همبستگی در دو سینتیک جذب اریکروم بلک تی توسط نانو لوله کربنی چند دیواره اصلاح شده، بیانگر آن بود که فرآیند جذب اریکروم بلک تی توسط جاذب، از سینتیک شبه مرتبه دوم پیروی می‌کند (جدول ۲)، به طوری که ضریب همبستگی سینتیک شبه مرتبه دوم برابر با $R^2=0/999$ بوده که در مقایسه با ضریب همبستگی سینتیک شبه مرتبه اول، از میزان همبستگی بیشتری برخوردار است. در تحقیقی که Gregorio (۲۰۰۸) به منظور حذف رنگ‌های کاتیونی از محلول آبی با استفاده از یک پلیمر Cyclodextrin انجام داد، نتایج بیانگر آن بود که فرآیند حذف رنگ از سینتیک شبه مرتبه دوم پیروی می‌کند (۱۳).

نتایج بررسی ایزوترم‌های جذب تعادلی به منظور بررسی الگوی جذب در دو مدل لانگمویر (۲۵) و فروندلیخ بیانگر آن بود که در الگوی لانگمویر، جذب فرآیندی صعودی داشته و روند جذب



دیواره اصلاح شده با یکدیگر برهمکنش دارند. این نتایج با نتایج مربوط به سایر پژوهش ها در جدول ۴ ارائه شده است (۲۶)، دستاورد پژوهش Yavari و همکاران (۲۰۱۰) (۲۵) مطابقت دارد. (۱، ۳، ۱۳).

جدول ۴: مقایسه نتایج پژوهش حاضر با دستاورد سایر پژوهش ها

منبع	کارایی حذف رنگ اریکروم بلک تی (درصد)	pH	جاذب
Pragnesh, 2010	۷۰	۸	پوست درخت اکالیپتوس
Mittal, 2010	۹۴	۳/۵	پسماند دانه روغنی سویا
Lade, 2011	۹۳/۸	۲	کربن فعال
Mittal, 2010	۸۹	۳/۵	خاکستر
Somasekhara, 2006	۷۰	۴	پوست میوه تمرهندی
This work, 2012	۹۸	۳	نانو لوله کربنی اصلاح شده

تقدیر و تشکر

قدردانی نمایند. لازم به ذکر است این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته محیط زیست می باشد.

نویسندگان لازم می دانند از همه عزیزانی که ما را در انجام این پژوهش یاری نموده اند، به ویژه آقای دکتر عباس فرمانی تشکر و

References

- 1-Ladhe SK, Wankhede VT. Removal of Eriochrome Black T from synthetic wastewater by Cotton waste. E-Journal of Chemistry 2011; 83:25-42.
- 2- Asilian H, Moussavi GR, Mahmoudi M. Adsorption of Reactive Red 198 Azo Dye from aqueous solution onto the waste coagulation sludge of the water treatment plants. Iranian Journal of Health and Environment 2010; 3(1):93-102. [Persian]
- 3-Mittal A, Gupta VK. Adsorptive removal and recovery of the Azo Dye Eriochrome Blak T. Toxicological and Environmental chemistry 2010; 92:30-52.
- 4-Wang H, Liu P, Liu G, et al. Rapid biodecolourization of Eriochrome Black T wastewater by bioaugmented aerobic granules cultivated through a specific method. Enzyme and Microbial Technology 2010; 45:37-43.
- 5-Jia J, Peng X, Luan Z, et al. Removal of dyes from water by carbon nanotubes. Fresenius Environmental Bulletin 2009; 38:91-112.



- 6-Qu S, Huang F, Yu S, et al. Magnetic removal of dyes from aqueous solution using multi-wall carbon nanotubes filled with Fe₂O₃ particles. *Journal of Hazardous Materials* 2008; 57:595-600.
- 7-Muataz A, Omer Y, Yehya B, et al. Effect of Carboxylic Functional on Carbon Nanotubes Surface on the Removal of Lead from Water. *Bioinorganic Chemistry and Applications* 2010; 9:58-71.
- 8-Fernando M, Carlos P, Thais HM, et al. Adsorption of Reactive Red M-2BE dye from water solutions by multi-walled carbon nanotubes and activated carbon. *Journal of Hazardous Materials* 2011; 192:1122-31.
- 9-Afkhami A, Saber-Tehrani M, Bagheri H. Modified maghemite nanoparticles as an efficient adsorbent for removing some cationic dyes from aqueous solution. *Journal of Hazardous Materials* 2010; 263: 240-48. [Persian]
- 10-Kaur S, Singh V. TiO₂ mediated photocatalytic degradation studies of Reactive Red 198 by UV irradiation. *Journal of Hazardous Materials* 2007; 141(1):230-36.
- 11- Dutta S, Parsons SA, Bhattacharjee C, et al. Kinetic study of adsorption and photo decolorization of Reactive Red 198 on TiO₂ surface. *Chemical Engineering Journal* 2009; 155(3):674-79.
- 12-Hoffmann MR, Martin ST, Choi W, et al. Environmental applications of semiconductor photocatalysis. *Chemical Reviews* 1995; 95:69-96.
- 13- Einolghozati Sh, Sobhan Ardakani S, Sahraee R. Evaluation of Removal Efficacy of Eriochrome Black T from Industrial Waste Water Using Carbon Nanotubes (Case Study: Saman Nosh Industry Waste Water), MSc thesis. Hamedan Branch, Islamic Azad University, 2012, pp. 51. [Persian]
- 14-Gupta VK. Application of low-cost adsorbents for dye removal- A review. *Journal of Environmental Management* 2009; 90:2313-42.
- 15-Yu F, Chen J, Lu C. Magnetic carbon nanotubes synthesis by Fenton's reagent method and their potential application for removal of azo dye from aqueous solution. *Journal of Colloid and Interface Science* 2012; 378:175-83.



- 16-Zarei M, Khataee A, Fathinia M. Photoelectro-Fenton combined with photocatalytic process for degradation of an azo dye using supported TiO₂ nanoparticles and carbon nanotube cathode: Neural network modeling. *Electrochimica Acta* 2010; 55:7259-65. [Persian]
- 17-Zhu HY, Fu QY, Jiang R, et al. Adsorption removal of Congo Red onto magnetic cellulose/ Fe₃O₄/activated carbon composite: Equilibrium, kinetic thermodynamic studies. *Chemical Engineering Journal* 2011; 173:494-502.
- 18- Kamal A. Removal of reactive dye from aqueous solutions by adsorption onto activated carbons prepared from sugarcane bagasse pith. *Desalination* 2008; 223:152-61.
- 19- Minjin D, Radulovic M, Zlatic D, et al. Photocatalytic degradation of textile dye C.I. Reactive Orange 16 in TiO₂ water suspension by simulated solar light. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly* 2007; 13(4):179-85.
- 20-Ncibi M, Mahjoub C. Adsorptive removal of textile reactive dye using *Posidonia oceanica* (L.) fibrous biomass, *International Journal of Environmental Science and Technology* 2007; 4(4):433-40. [Persian]
- 21-El Zawahry M, Kamel M. Removal of Azo and Anthraquinone Dyes from aqueous solutions by *Eichhornia Crassipes*. *Water Research* 2004; 38:2967-72.
- 22-Annadurai G, Juang R, Lee D. Use of cellulose-based wastes for adsorption of dyes from aqueous solutions. *Journal of Hazardous Materials* 2002; 92:263-74.
- 23-Shahryari Z, Soltani Goharrizi A, Azadi M. Experimental study of methylene blue adsorption from aqueous solutions onto carbon nano tubes. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering* 2009; 56:68-82. [Persian]
- 24-Yavari R, Huang YD, Ahmadi SJ. Adsorption of Cesium(I) from aqueous solution using oxidized multiwall carbon nanotubes. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 2010; 287:393-401.



- 25-Langmuir I. The adsorption of gases on plan surface of glass mica and platinum. Journal of the American Chemical Society 1918; 40:1361-1403. [Persian]
- 26- Somasekhara Reddy M C. Removal of direct dye from aqueous solutions with an adsorbent made from tamarind fruit shell, an agricultural solid waste. Journal of Scientific & Industrial Research 2006; 65: 443-46.



Evaluation Of Solution Ph And Multiwalled Carbon Nanotubes Adsorbent Dose Effects On Removal Efficiency Of Eriochrome Black T From Saman Noosh Industry Waste Water

Sobhanardakani S (Ph.D)¹, Einolghozati Sh (MS.c)², Sahraee R (Ph.D)³

1. Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.

2. Corresponding Author: MSc of Environmental Engineering, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.

3. Assistant Professor, Department of Chemistry, Ilam University, Ilam, Iran.

Abstract

Introduction: Dyes in industrial wastewater are major pollutants that are difficult to treat due to their complex molecular nature and synthetic origin. EBT is one of azo dyes that has been used in the cosmetics, health and medicine products. Due to its high solubility in aqueous environments and high shelf life, the inseparability of the biological magnification by organic compounds in the environment is a major pollutant in the aquatic environment, especially in the receptive waters. The extensive use of dyes often causes pollution problems in the form of colored wastewater discharged into environmental water bodies. In addition, they create free annular radicals that are highly carcinogenic. EBT being a naphthol azo dye is recalcitrant to oxidative biodegradation. Biological treatment would be cost-effective but most dyes are resistant to bacterial degradation and a considerable percentage of these dyes go into the effluent during the dyeing process as they are highly soluble in water and cannot be separated by filtration. Therefore developing new methods for their treatment is important.

Methods: In this study, the effects of major variables governing the efficiency of the process such as, temperature, initial dye concentration, CNTs dosage and pH were investigated.

Results: The adsorption kinetic data were analyzed using pseudo-second-order and Freundlich isotherm model. pH=3, and 0.01 g adsorbent, adsorption capacity rates were 98% for removal of EBT.

Conclusion: The results of adsorption studies showed that removal rates would increase with decreasing pH and temperature. On the basis of the results, MWCNTs can absorb EBT dye appropriately and efficiency of the process is higher in acidic pH. Multiwalled carbon nanotubes can contribute to environmental pollutant removal, and more pollutant absorption on nanotubes in acidic condition.

Keywords: Multiwalled Carbon Nanotubes, Dye EBT, Industrial Wastewater Treatment, Freundlich Isotherm