



## حذف آنیلین از محلول‌های آبی با کربن فعال تولیدی از ساقه پنبه

زینب رازقندی<sup>۱</sup>، فاطمه جراحی<sup>۱</sup>، فاطمه داربندی<sup>۱</sup>، زهرا رضائی گزل آباد<sup>۲</sup>، ایوب رستگار\*<sup>۳</sup>

۱. کارشناسی مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، ایران
۲. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران
۳. \*نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی ایران، ایران  
rastegar.89@gmail.com

(تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۱۱ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۵/۰۱/۳۰)

**زمینه و هدف:** هیدروکربن‌های آروماتیک یکی از آلاینده‌های متداولی هستند، که در بسیاری از صنایع کاربرد دارند. از بین ترکیبات آروماتیک، آنیلین کاربرد بسیار گسترده‌ای در صنایع شیمیایی دارد. با توجه به اثرات خطرناک آنیلین بر روی سلامت انسان و محیط، محدودیت‌های سخت‌گیرانه‌ای برای آب حاوی آنیلین وجود دارد. از این رو هدف از مطالعه حاضر حذف آنیلین از محلول‌های آبی با کربن فعال تولیدی از ساقه پنبه می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** کلیه آزمایشات جذب آنیلین روی کربن فعال تولیدی در راکتور ناپیوسته و در ارلن‌هایی با حجم ۱۰۰ ml و حاوی ۵۰ ml از غلظت‌های مشخص آنیلین و جاذب در پارامترهای مختلف شامل pH (۲-۴-۶-۸-۱۰)، دوز جاذب (۰/۰۲-۰/۰۴-۰/۰۶-۰/۰۸ میلی‌گرم بر لیتر)، دوز جذب شونده (۵۰-۱۰۰-۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، مدت زمان تماس (۵-۱۵-۳۰-۴۰-۵۰-۶۰ دقیقه) و دما (۱۰-۲۰-۴۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد) مورد بررسی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** بر اساس نتایج حاصل زمان ۶۰ دقیقه با راندمان ۸۲/۰۵ درصد، دوز ۰/۰۶ mg/l با راندمان ۹۰ درصد، غلظت ۵۰ mg/l با راندمان ۷۵/۶۴ درصد، pH ۶ با راندمان ۶۷/۷۱ درصد به عنوان مقادیر بهینه بدست آمدند. همچنین مطالعات ایزوترم بر روی کربن تولیدی پیروی از ایزوترم لانگمویر ( $R^2 < 0.998$ ) و معادله سنتتیک درجه دوم را نشان داد. **نتیجه‌گیری:** بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش و با توجه به ظرفیت جذب قابل قبولی که کربن تولیدی داشت می‌توان آنرا به عنوان یک جاذب مناسب، ارزان و بومی جایگزین کربن مرک استاندارد، برای تصفیه آلاینده‌های آب و فاضلاب مورد استفاده قرار داد.

**کلید واژه‌ها:** آنیلین، کربن فعال، جذب سطحی، ساقه پنبه

### مقدمه

۳/۵ درصد در آب حل شده و این قابلیت حل شدن احتمال حضور آلودگی آن را در آب افزایش می‌دهد (۷). تولید سالانه اش در ایالات متحده امریکا حدود ۴۵۷۰۰۰ می‌باشد (۸). این ترکیب سمی با ورود به خون و تبدیل هموگلوبین به مت‌هموگلوبین باعث جلوگیری از جذب اکسیژن و منجر به یرقان می‌شود. تماس طولانی و مکرر با آن منجر به کاهش اشتها، کم‌خونی، کاهش وزن، اختلال در سیستم عصبی و آسیب به کلیه و کبد و مغز استخوان می‌شود و ممکن است باعث واکنش‌های آلرژیک پوستی نیز شود (۹). همچنین به عنوان یک ماده سرطان‌زا شناخته شده است (۱۰). علاوه بر این آنیلین یک ماده سمی برای آبزیان محسوب می‌شود و می‌تواند

هیدروکربن‌های آروماتیک یکی از آلاینده‌های متداولی هستند، که در بسیاری از صنایع کاربرد دارند. از بین ترکیبات آروماتیک، آنیلین کاربرد بسیار گسترده‌ای در صنایع شیمیایی دارد (۱). آنیلین (Aniline) مایعی بی‌رنگ با شکل ظاهری روغن مانند است و خاصیت بازی ۹/۳ دارد و با نام‌های آمینو بنزن (Aminobenzene) و بنزن آمین (Benzenamine) نیز شناخته می‌شود (۲). این ماده به طور گسترده در صنایع شیمیایی، پتروشیمی، پلاستیک، مواد رنگی و رنگ‌ریزی، نساجی (۳)، لاستیک (۴)، داروسازی (۵)، آفت‌کش‌ها، جوهرمارک، رنگ‌مو، جلای کفش، مواد مخدر (۶) استفاده می‌شود، و به میزان

شده از ساقه پنبه بعنوان جاذب در فرایند حذف آنیلین است.

### مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر یک پژوهش تجربی در مقیاس آزمایشگاهی می باشد. که در آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی سبزوار انجام گردید.

تهیه ی کربن فعال از زائدات کشاورزی: در این مطالعه ابتدا ساقه های پنبه جمع آوری شد، سپس جهت حذف ناخالصی ها، با آب مقطر شستشو داده شد و در فور با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شد، آنگاه در شرایط آنوکسیک به زغال تبدیل و با استفاده از الک با مش ۱۰-۱۶ دانه بندی شد. برای فعال سازی زغال تولیدی از کلراید آمونیوم  $NH_4Cl$  با روش غوطه‌ور سازی استفاده شد. بدین گونه که در یک ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری ابتدا ۱۰۰ میلی لیتر آب دوبار تقطیر شده را با مقداری از زغال با نسبت ۲ درصد وزنی کلراید آمونیوم مخلوط و بر روی شیکلر با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲ ساعت هم زده شد، آنگاه در فور با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت زمان ۲ ساعت قرار داده شد تا رطوبت آن گرفته شد. به منظور تثبیت کلراید آمونیوم زغال داخل کوره با دمای ۸۰۰ °C به مدت زمان ۲ ساعت گذاشته شد (۲۳)، بعد از این مرحله کربن فعال تولیدی آسیاب شد و جهت یکنواخت نمودن از یک الک با مش ۵۰ عبور داده شد.

تهیه محلول استوک آنیلین: ۱CC آنیلین در بالون ژوژه ۱۰۰۰ میلی لیتر ریخته و سپس با آب مقطر به حجم ۱۰۰۰ رسانده شد.

روش آزمایش: کلیه آزمایشات جذب آنیلین روی کربن فعال تولیدی در راکتور ناپیوسته و در ارلن هایی با حجم ۱۰۰ میلی لیتر و حاوی ۵۰ میلی لیتر از غلظت های مشخص آنیلین و جاذب در پارامترهای مختلف شامل pH (۲-۴-۶-۸-۱۰)، دوز جاذب (۰/۰۲-۰/۰۴-۰/۰۶-۰/۰۸ و ۰/۱۰ میلی گرم بر لیتر)، دوز جذب شونده (۵۰-۱۰۰-۱۵۰ و ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر)، مدت زمان تماس (۵-۱۵-۳۰-۴۰-۵۰-۶۰ دقیقه) و دما (۱۰-۲۰-۴۰ و ۵۰ درجه سانتی گراد) مورد بررسی قرار گرفت. نمونه پس از هر بار مگنت توسط یک فیلتر استات سلولز ۰/۰۴ میکرومتر و

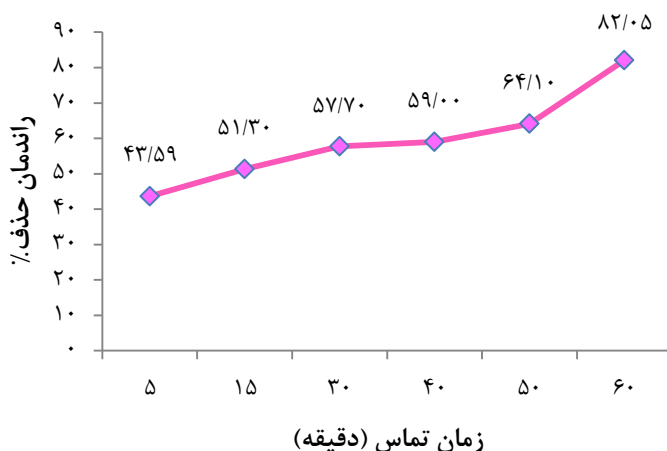
به راحتی در رسوبات جذب شده که گسترش و پایداری آن در محیط افزایش می دهد (۱۱). با توجه به اثرات خطرناک آنیلین بر روی سلامت انسان و محیط، محدودیت های سخت گیرانه ای برای آب حاوی آنیلین وجود دارد. طبق استاندارد ملی چین GB (۱۹۹۶) میزان استاندارد تخلیه ی آنیلین در فاضلاب ۱mg/lit می باشد. در کانادا مقدار مجاز آنیلین در آب شیرین ۲/۲mg/lit برای حفاظت از زندگی آبزیان می باشد. ایالات متحده آمریکا حد مجاز آنیلین در آب های زیرزمینی را ۶(μg)/lit اعلام کرده است (۹). با توجه به اثرات زیان بار آن و محدودیت هایی که برای آنیلین وجود دارد، حذف آن از محلول های آبی اهمیت زیادی دارد. تاکنون روش های گوناگونی برای حذف آنیلین پیشنهاد شده است که عبارتند از: تجزیه بیولوژیکی (۱۲)، اکسیداسیون در آب فوق بحرانی (۱۳)، تخریب اولتراسونیک (۱۴)، تجزیه نوری (UV) (۱۵)، حذف با نانولوله های کربن فعال (۱۶)، جذب روی کربن فعال (۱۷)، اکسیداسیون پیشرفته، اکسیداسیون الکتروشیمیایی. اما روش های فوق به دلایل محدودیت های اقتصادی و فنی، دشوار بودن (۱۸) و مدت زمان طولانی (۱۹) به طور گسترده بکار نمی روند. تجزیه ی بیولوژیکی برای فاضلاب هایی که غلظت آلودگی بالا دارند، مناسب نمی باشند. چون آنیلین بطور کامل تجزیه نمی شود و از تجزیه ی بیولوژیکی مواد شیمیایی دیگر جلوگیری می کند. بطور کلی در بین این تکنولوژی ها و فرآیندها، جذب روی کربن فعال به عنوان یکی از کارآمدترین و عمومی ترین روش های مورد استفاده است (۲۰). از خصوصیات برجسته ی این روش تصفیه و حذف، در مقایسه با تصفیه بیولوژیکی آن است که کربن فعال توانایی حذف اکثریت فرم های مواد آلی را دارد و همچنین بازده حذف در شرایطی مانند سمیت بالا که اکثراً بازدارنده تصفیه می باشد، در جذب سطحی توسط کربن فعال کاهش نمی یابد و متوقف نمی گردد (۲۱). کربن فعال به دلیل داشتن نسبت بالای مساحت به جرم، دارای ظرفیت جذب بیشتر و از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه تر از جاذب های معدنی است (۲۲). با توجه به اینکه در سال های اخیر استفاده از جاذب های کم هزینه و متنوع به جای کربن فعال تجاری مورد توجه قرار گرفته است. لذا، هدف از این مطالعه استفاده از کربن فعال تهیه



پمپ خلاء صاف گردید و سپس میزان آنیلین باقیمانده توسط سل کوارتز و اسپکتروفتومتر UV در طول موج ۲۸۰ نانومتر تعیین گردید (۲۴). پس از محاسبه میزان بهینه هر پارامتر با کمک مقادیر حاصله نوع معادله ایزوترم و سنتتیک جذب مشخص شد. در مطالعه حاضر جهت توصیف حالت تعادل از دو معادله لانگمیر و فرنسدلیچ استفاده شد.

## یافته‌ها

۱- تأثیر زمان تماس بر میزان حذف آنیلین: تأثیر زمان تماس بر میزان حذف آنیلین توسط کربن فعال اصلاح شده طبق نمودار (۱) نشان می‌دهد که با افزایش زمان ماند راندمان حذف آنیلین نیز افزایش می‌یابد بطوریکه بیشترین راندمان حذف در زمان ۶۰ دقیقه اتفاق می‌افتد به همین دلیل زمان ۶۰ دقیقه به عنوان بهینه در نظر گرفته شد.



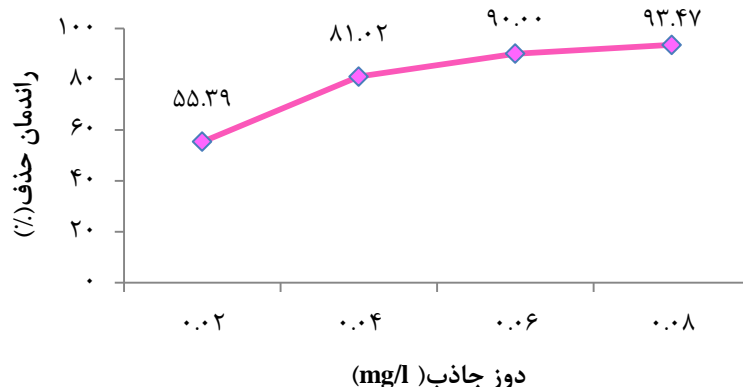
### نمودار (۱): تأثیر زمان تماس بر حذف آنیلین

(دمای محیط (۲۵ درجه)، pH=۷، غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر آنیلین، دوز جاذب ۰/۰۶ گرم)

حذف در دوز ۰/۰۶ تفاوت چشمگیری با میزان دوز ۰/۰۸ نداشت بنا به دلایل اقتصادی مقدار دوز ۰/۰۶ به عنوان میزان بهینه جاذب انتخاب شد.

۲- تأثیر دوز جاذب بر حذف آنیلین:

طبق نمودار ۲ با افزایش مقدار دوز جاذب راندمان حذف نیز افزایش یافته است. با توجه به اینکه افزایش راندمان

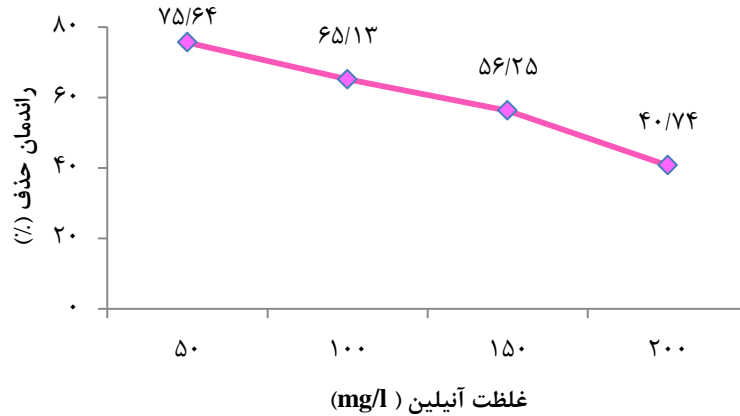


### نمودار (۲): تأثیر دوز جاذب (کربن فعال) بر حذف آنیلین

(زمان تماس بهینه ۶۰ دقیقه، دمای محیط (۲۵ درجه)، pH=۷، غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر آنیلین)

دهد بر اساس نتایج حاصله غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر آنیلین به عنوان مقدار بهینه در نظر گرفته شد.

۳- تأثیر غلظت اولیه آنیلین:  
تأثیر غلظت اولیه آنیلین بر راندمان حذف طبق نمودار ۳ کاهش راندمان حذف را با افزایش غلظت آنیلین نشان می

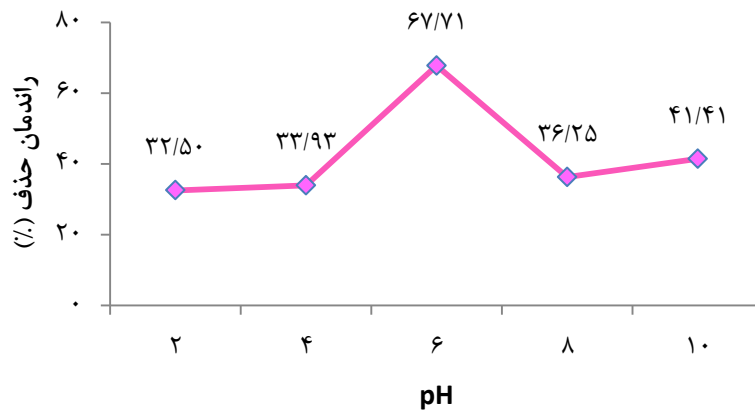


نمودار (۳): تأثیر غلظت اولیه آنیلین بر راندمان حذف آنیلین

(زمان تماس بهینه ۶۰ دقیقه، دمای محیط (۲۵ درجه)، pH=۷، دوز جاذب بهینه ۰/۰۶)

pH از ۶ به ۱۰ افزایش و سپس کاهش راندمان را از pH ۶ به ۱۰ نشان می دهد که بر اساس نتایج pH ۶ به عنوان بهینه در نظر گرفته شد.

۴- تأثیر pH بر حذف آنیلین:  
تأثیر pH بر میزان حذف آنیلین توسط کربن فعال اصلاح شده طبق نمودار (۴) افزایش راندمان حذف را با افزایش

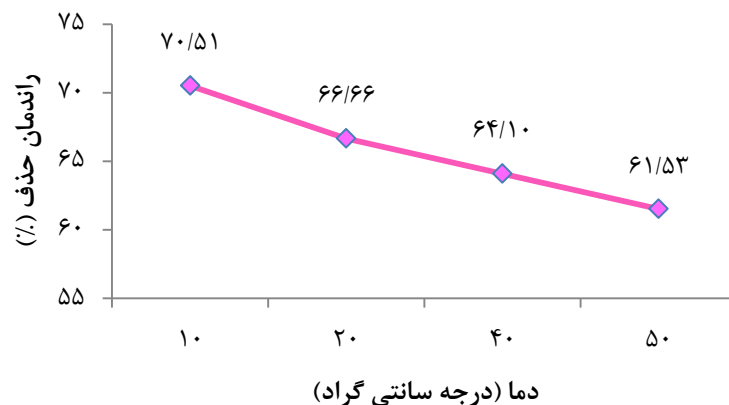


نمودار (۴): تأثیر میزان pH بر راندمان حذف آنیلین

(زمان تماس بهینه ۶۰ دقیقه، دمای محیط (۲۵ درجه)، دوز جاذب بهینه ۰/۰۶، غلظت بهینه آنیلین ۵۰ میلی گرم بر لیتر)

مطلب است که با افزایش دما میزان حذف آنیلین کاهش یافته است. دمای بهینه طبق داده های حاصل ۱۰ درجه سانتی گراد برآورد گردید.

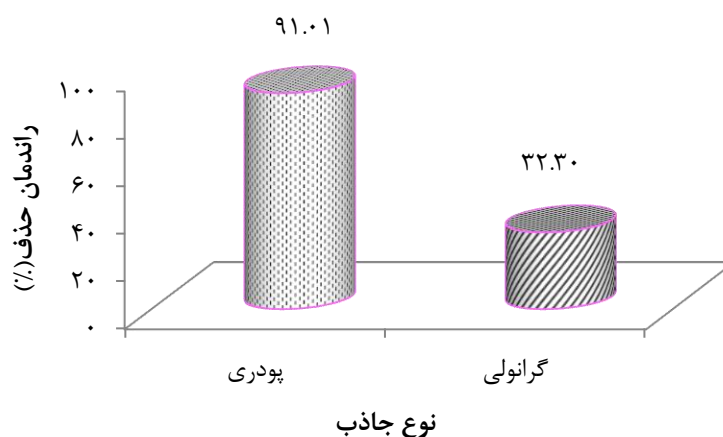
۵- تأثیر دما بر کارایی حذف آنیلین:  
تأثیر دما بر میزان حذف آنیلین توسط کربن فعال اصلاح شده در نمودار (۵) نشان داده شده است، نمودار گویای این



#### نمودار (۵): تأثیر میزان دما بر راندمان حذف آنیلین

(زمان تماس بهینه ۶۰ دقیقه، pH بهینه، دوز جاذب بهینه ۰/۰۶، غلظت بهینه آنیلین ۵۰ میلی گرم بر لیتر)

۶- تأثیر فرم جاذب بر کارایی حذف آنیلین:



#### نمودار (۶): تأثیر انواع فرم جاذب (پودری و گرانولی) بر راندمان حذف

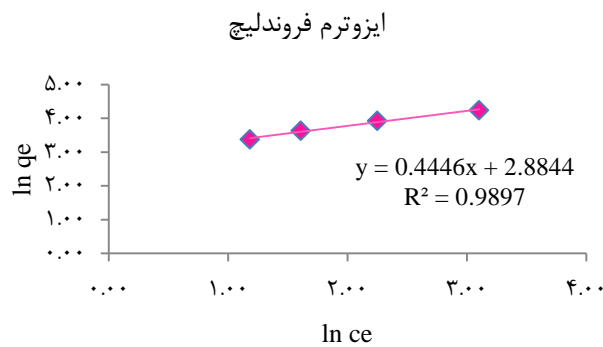
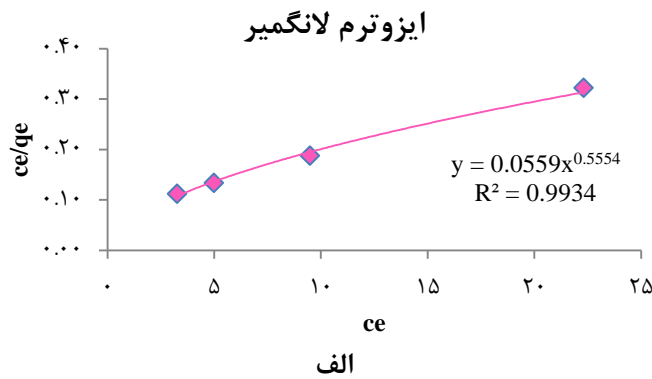
(زمان تماس بهینه ۶۰ دقیقه، دمای بهینه، pH بهینه، دوز جاذب بهینه ۰/۰۶، غلظت بهینه آنیلین ۵۰ میلی گرم بر لیتر)

شده برای توضیح ارتباط پارامترهای معادله جذب سطحی هستند.

نتایج حاصل از مطالعات ایزوترمی نشان داد (نمودار ۷) که حذف آنیلین به ترتیب از معادلات ایزوترم تعادلی لانگمویر ( $R^2 < 0/9989$ ) و فروندلیخ ( $R^2 < 0/9897$ ) پیروی میکند

مطالعه ثابت تعادل

مطالعات تعادلی که ظرفیت جاذب و جذب شونده را بیان می کند به وسیله ایزوترم های جذب توضیح داده می شوند ایزوترم های جذب، معادلاتی برای تشریح حالت تعادل جزء جذب شونده بین فاز جامد و سیال می باشد. ایزوترم های فروندلیخ و لانگمویر قدیمی ترین و ساده ترین نوع شناخته



نمودار (۷): ایزوترم های جذب الف) ایزوترم لانگمیر (ب) ایزوترم فروندلیچ

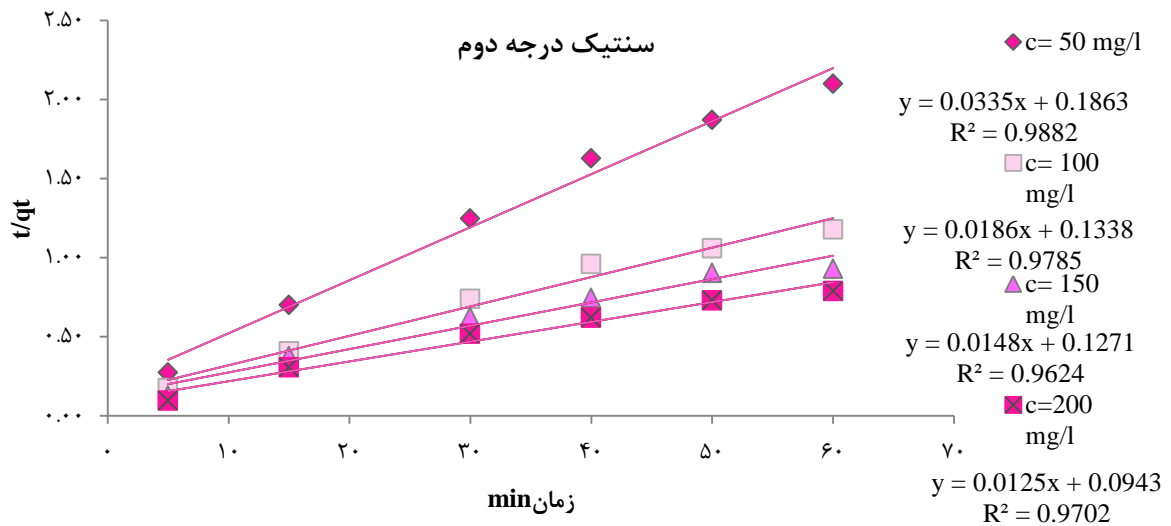
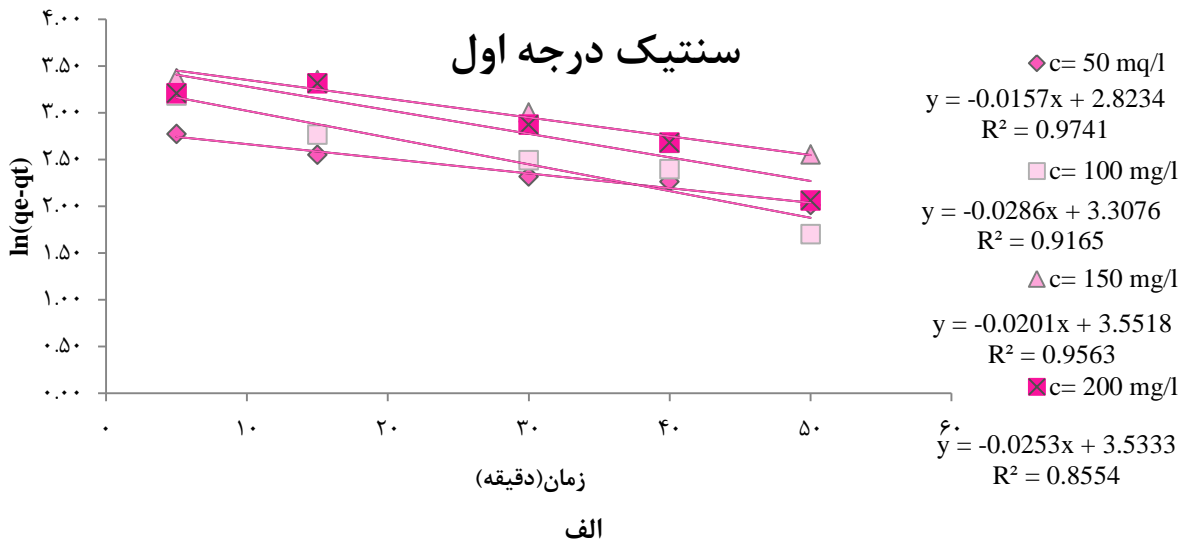
جدول (۱) ثابت های معادلات ایزوترم

	$q_0$	$b$	RL
ثابت های معادله لانگمیر	۹۰/۹۰۹۱	۰/۱۴۱۰۳	۰/۱۲۴۲
	N		$K_F$
ثابت های معادله فروندلیچ	۲/۲۵۲۵۵		۱۷/۸۸۵۷

بزرگتر بودن  $R^2$  در معادله درجه دوم مشخص می شود که آزمایشات مربوطه از معادله سینتیک درجه دوم پیروی می کند.

سینتیک جذب فرایند :  
سینتیک جذب یکی از پارامترهای مؤثر در فرآیند جذب است که در نمودار (۸) نشان داده شده است. با توجه به





نمودار ۸: معادلات سنتتیک جذب فرآیند الف) معادله سنتتیک درجه اول ب) معادله سنتتیک درجه دوم

جدول ۲) ثابت های سینتیک درجه اول

غلظت	$q_e(\text{mg/l})$	$K_1$	$R^2$
۵۰	۱۶/۸۲۷۳	۰/۰۱۵	۰/۹۷۴۱
۱۰۰	۲۷/۳۰۳۱	۰/۰۲۸	۰/۹۱۶۵
۱۵۰	۳۴/۸۴۸۱	۰/۰۲	۰/۹۵۶۳
۲۰۰	۳۴/۲۲۶۵	۰/۰۱۵	۰/۸۵۵۴

## بحث و نتیجه گیری

یکی از مهم ترین پارامترهای مؤثر در جذب؛ pH می باشد. نتایج نشان دهنده این است که جذب آنیلین توسط کربن تولیدی در pH نزدیک به pH<sub>zpc</sub> بیشتر می باشد. در pH بسیار پایین، دافعه الکترواستاتیک بین پروتون مثبت در سطح کربن فعال و مولکول-های مثبت آنیلین (رقابت شدید بین H<sup>+</sup> و شارژ مثبت مولکول های آنیلین) منجر به کاهش ظرفیت جذب می شود. از سوی دیگر، در pH قلیایی، با توجه به حضور یون OH<sup>-</sup> بیش از حد نیروی ایجاد دافعه منفی در سطح جذب و آنیلین می نماید که منجر به کاهش جذب آنیلین می شود (۲۰، ۲۵). نتایج مطالعه حاضر با مطالعات ژانگو همکاران که شرایط اسیدی و خنثی را برای حذف آنیلین با استفاده از نانوذرات Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> مطلوب دانسته اند (۳). و مطالعه تانگو همکاران که pH = ۶/۵ به عنوان مطلوب برای حذف آنیلین با گرانول کربن فعال بیان نموده اند (۲۰) و نیز مطالعه کاکاوند و همکاران که pH برابر ۶ به عنوان pH بهینه در حذف آنیلین در نانوذرات مغناطیسی از AC-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> بیان شد مشابهت دارد (۲۶).

نمودار حاصل از تأثیر زمان تماس بر فرایند جذب با گذشت زمان افزایش راندمان حذف آنیلین را نشان می دهد که دلیل این افزایش را می توان در افزایش فرصت تبادل بین ماده جذب و جذب شونده دانست.

به دلیل مسائل اقتصادی در آزمایشات جذب، بهینه ترین دوز جذب، برای کربن تولیدی ۰/۰۶ mg/l انتخاب شد، چون درصد حذف بعد از ۰/۰۶ گرم بر لیتر افزایش چشمگیری نداشت. افزایش مقدار جذب به معنا افزایش سطح جذب و دسترسی بیشتر مولکول های آنیلین به نقاط جذب کننده در سطح جذب می باشد، از این رو سبب جذب سریع تر آنیلین از محلول و کاهش غلظت آن می گردد، همچنین افزایش دوز جذب، موجب کاهش آلاینده در دسترس برای ایجاد حداکثر پوشش سطح می شود که منجر به کاهش مقدار آنیلین جذب شده به ازای واحد وزن جذب خواهد شد بعلاوه ملاحظه می شود که روند کاهش ظرفیت جذب به صورت تابعی از غلظت جذب به صورت یک معادله توانی است. این روند نشان می دهد که ذرات جذب شده بر روی سطح جذب یا مولکول های باقی مانده در محلول باعث بسته شدن منافذ

داخلی جذب شده و یا اینکه موجب تجمع و بهم پیوستگی ذرات جذب می شوند که باعث کاهش نقاط فعال خواهد بود (۹). نتیجه مطالعه کاکاوند و همکارانش نیز با مطالعه حاضر مشابهت دارد بطوریکه در مطالعه کاکاوند که به بررسی کربن حذف آنیلین با کمک نانو ذرات Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> انجام شده بود نیز با افزایش دوز جذب از ۰/۵ به ۲ گرم بر لیتر راندمان حذف از ۳۸ درصد به ۹۸ درصد افزایش یافت (۲۶). همچنین این روند راندمان حذف با مطالعه ژانگو و مطالعه گوآنگ نیز مطابقت دارد (۳، ۹).

نمودار تأثیر غلظت آنیلین بیانگر این است که جذب دارای مکان های جذب مشخص و محدودی است که در غلظت های پایین مکان های جذب بیشتری بر روی سطح جذب در دسترس است و موجب می شود آنیلین به سرعت جذب و راندمان حذف افزایش یابد، اما در غلظت های بالاتر، با افزایش مواد جذب شونده روی جذب، به سرعت مکان های جذب سطوح بالایی روی جذب اشباع شده و راندمان حذف ماده جذب کاهش می یابد (۹). که نتیجه حاصله با مطالعه موسوی و همکاران که به بررسی کارایی سیستم دیسک های بیولوژیکی چرخان در حذف آنیلین پرداختند مطابقت دارد (۷).

جذب فیزیکی در دماهای پایین غالب می باشد، زیرا انرژی جذب پایین است. تأثیر دما بیانگر این است که جذب در دماهای پایین کارایی بهتری دارد و این بیان کننده این مطلب است که فرایند جذب آنیلین بر روی کربن فعال تهیه شده از ساقه پنبه و اصلاح شده با کلرید آمونیوم، یک فرایند گرماده است بنابراین افزایش دما سبب کاهش راندمان جذب آنیلین می شود (۲۷).

نتایج حاصل نشان داد که جذب آنیلین بر روی کربن فعال تولیدی از ایزوترم لانگمیر تبعیت می کند این موضوع بیانگر این است که فرایند جذب آنیلین در مکان های همگن خاصی رخ می دهد و یک جذب سطحی تک لایه روی سطح جذب اتفاق می افتد (۲۸). نتایج پژوهش کاکاوند نیز از مدل لانگمیر پیروی می کند و حداکثر ظرفیت جذب حدود ۹۰/۹۱ mg/g می باشد که با مطالعه ما مطابقت دارد همچنین این نتیجه با مطالعات مشابه دیگر نیز مطابقت دارد (۹، ۲۰، ۲۶). بر این اساس جذب تهیه شده در این تحقیق ظرفیت جذب بسیار بالاتری





عنوان یک جاذب مناسب، ارزان و بومی جایگزین کربن مرک استاندارد، برای تصفیه آلاینده‌های آب و فاضلاب مورد استفاده قرار داد.

### تشکر و قدردانی

در پایان از حمایت های مالی معاونت تحقیقات و فناوری و همچنین کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار تشکر و قدردانی می نماییم.

### تعارض منافع

تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

نسبت به سایر جاذب های مطالعه شده داشت و لذا می تواند برای حذف آنیلین از فاضلاب استفاده کرد. نتایج بدست آمده نشان داد که فرایند جذب از سینتیک شبه درجه دوم پیروی می کند، تابعیت از معادلات درجه دوم بیانگر این نکته است که فرایند جذب وابسته به غلظت جذب شونده می باشد، زیرا معادله شبه درجه دوم در خصوص جذب عموماً بر پایه ظرفیت جذب پایه گذاری شده است (۳۹). نتیجه مطالعه حاضر با مطالعات کاکاوند و جوهانی و والدراما مطابقت دارد (۱۶، ۲۶، ۲۹). بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش و با توجه به ظرفیت جذب قابل قبولی که کربن تولیدی داشت می توان آنرا به

## References

- 1- Dong Y, He K, Yin L, Zhang A. Catalytic degradation of nitrobenzene and aniline in presence of ozone by magnesia from natural mineral. *Catalysis Letters*. 2007;119(3):222-7.
- 2- Anotai J, Lu MC, Chewprecha P. Kinetics of aniline degradation by Fenton and electro-Fenton processes. *Water research*. 2006;40(9):1841-7.
- 3- Zhang S, Zhao X, Niu H. Superparamagnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles ascatalysts for the catalytic oxidation of phenolic and aniline compounds. *J Hazard Mater* 2009;167:560-6.
- 4- Gomes HT, MachadoFB, Ribeiro A, Moreira I, Rosa´rio M, Figueiredo JL, et al. . Catalytic properties of carbon materials for wet oxidation of aniline. *J Hazardous Materials*. 2008;159:420-6.
- 5- O'Brien J, O'Dwyer TF, Curtin T. A novel process for the removal of aniline from wastewaters. *J Hazardous Materials*. 2008;159:476-82.
- 6- Niu J, Conway B. Adsorptive and electrosorptive removal of aniline and bipyridyls from waste-waters. *J Electroanalytical Chemistry*. 2002;536:83-92.
- 7- Mousavi Aliani SH, Ayati B, Ganjidoust Ho. Study of RBC Efficiency in Aniline Removal by IncreasingContactor Specific Surface. *journal of Water and Wastewater*. 2010;4:20-7.
- 8- O'Neill Fj, Bromley-Challenor Kca, Greenwood Rj, Knapp Js. Bacterial Growth On Aniline: Implications For The Biotreatment OfIndustrial Wastewater. *J Water Res*. 2000;34:4397-409.
- 9- Wu G-Q, Zhang X, Hui H, Yan J, Zhang Q-S, Wan J-L, et al. Adsorptive removal of aniline from aqueous solution by oxygen plasmairradiated bamboo based activated carbon. *Chemical Engineering Journal* .10-185:201;2012
- 10- Ress NB, Witt KL, Xu J, Haseman JK, Bucher JR. .Micronucleus induction in mice exposed to diazoaminobenzene or its metabolites, benzene and aniline: implications for diazoaminobenzene carcinogenicity. *MutatResGenToxicolEnvironMutagen* .8-521;201;2002.
- 11- Sarasa J, Corte´s S, Ormad P, Gracia R, Ovelleiro JL. Study of the aromatic by-products formed from ozonation of anilines in aqueous solution. *Water research*. 2002;36:3035-44.
- 12- Wang L, Barrington S, Kim JW. Biodegradation of pentyl amine and aniline from petrochemical wastewater. *J Environmental Management*. 2007;83:191-7.

- 13- Qi XH, Zhuang YY, Yuan YC, Gu WX. Decomposition of aniline in supercritical water. *J Hazardous Materials*. 2002;90:51-62.
- 14- Jiang Y, P'etrier C, Waite TD. Effect of pH on the ultrasonic degradation of ionic aromatic compounds in aqueous solution. *Ultrason Sonochem* 2002;9:163-8.
- 15- Chu W, Choy WK, So T.Y. The effect of solution pH and peroxide in the TiO<sub>2</sub>-induced photocatalysis of chlorinated aniline. *J Hazardous Materials* 2007;141:86-91.
- 16- Al-Johani H, MA S. Kinetics and thermodynamic study of aniline adsorption by multi-walled carbon nanotubes from aqueous solution. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2011;360:760-7.
- 17- L'aszl'o K. Adsorption from aqueous phenol and aniline solutions on activated carbons with different surface chemistry. *Colloid Surf A* 2005;265:32-9.
- 18- Han Y, Quan X, Chen Sh, Zhao H, Zhao Ch, Zhao Y. Electrochemically enhanced adsorption of aniline on activated carbon fibers. *Separation and Purification Technology* 2006;50:365-72.
- 19- Lin X, Lin J, Luo X, Zhang Ch, Zhou Y. Removal of aniline using lignin grafted acrylic acid from aqueous solution. *J Chemical Engineering* 2011;172:856-63.
- 20- Bin Tang, Yanwen Lin, Ping Yu, Yunbai Luo. Study of aniline/ $\epsilon$ -caprolactam mixture adsorption from aqueous solution onto granular activated carbon: Kinetics and equilibrium. *J Chem Eng*. 2012;187:69-78.
- 21- saeedi m pfs. Investigation adsorption of phenol of contaminated water using activated carbon and carbon peel almonds and walnuts. *JEST*. 2008;10(4):218-31.
- 22- baghalha m, badri n. Determine the coefficient of effective mechanisms to influence the process of Cr (VI) and Zn (II), Cu (II) adsorption on activated carbon fertilized with SDDC. *NSMSI*. 2007;26(3):141-7.
- 23- 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. 2012;9:3-10.
- 24- Kumar M, Tamilarasan R. Modeling studies: Adsorption of aniline blue by using Prosopis Juliflora carbon/Ca/alginate polymer composite beads. *Carbohydrate polymers*. 2013;92:2171-80.
- 25- Hong Zheng, Donghong Liua, Yan Zhenga, Shuping Liangb, Zhe Liu. Sorption isotherm and kinetic modeling of aniline on Cr-bentonite. *Journal of Hazardous Materials*. 2009;167(1-3):141-7.
- 26- Babak Kakavandi, Ahmad Jonidi Jafari, Roshanak Rezaei Kalantary, Simin Nasserri, Ahmad Ameri, Ali Esrafily. Synthesis and properties of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-activated carbon magnetic nanoparticles for removal of aniline from aqueous solution: equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. *Iranian Journal of Environmental Health Sciences & Engineering*. 2013;10(19):1-9.
- 27- Weber, J. W. *Physicochemical processes for water quality control*. 6,40 editor. New York; tablas 1972. 201-10 p.
- 28- Gholizadeh A, Kermani M, Gholami M, Farzadkia M. Kinetic and isotherm studies of adsorption and biosorption processes in the removal of phenolic compounds from aqueous



- solutions: comparative study. Journal of environmental health science and engineering. 2013;11(29).
- 29- Valderrama C, Barios J, M: C. Kinetic evaluation of phenol/anilin mixtures adsorption from aqueous solutions onto activated carbon and hyper cross linked polymeric resin. React Funct Polym 70:142;2010

## **Remove aniline from aqueous solution with activated carbon produced from cotton stalks**

*Zeynab Razghandi1, Fateme Jarahi1, Fateme Dareini1, Zahra Rezayi 2, Ayoob Rastegar3\*,2*

1. Bs of Environmental Health Engineering, Student Research Committee, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran
2. Ms of Environmental Health Engineering, Faculty of Public Health, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran
3. Ph.d Student in Environmental Health Engineering, Iran University of Medical Sciences, Iran.

**Corresponding Author:** Ayoob Rastegar , Ph.d Student in Environmental Health Engineering, Iran University of Medical Sciences, Iran (E-mail: rastegar.89@gmail.com)

**(Received March 1, 2016 Accepted April 18, 2016)**

**Background and Aims:** Aromatic hydrocarbons are the common pollutants used in many industries. Among the aromatic compounds, aniline has a widespread application in the chemical industry. Regarding its dangerous effects on human and the environment health, there are severe limitation on water containing aniline. This study aimed to remove aniline from aqueous solution using the activated carbon produced from cotton stalks.

**Materials and Methods:** All aniline absorption tests were done on activated carbon produced in batch reactors and containing 50 ml Erlenmeyer flask with a volume of 100 ml and concentrating on aniline and adsorbent regarding different parameters including pH (2-4-6-8-10 ), adsorbent dose (0.02-0.04-0.06 and 0.08 mg / l), the dose of absorbing (50-100-150V 200 mg / l), exposure duration of (5-15-30-40-50-and 60 minutes) temperature (10-20-40 and 50 ° C).

**Results:** According to the results the optimum values obtained were, 60 minutes with 82.05% efficiency, a dose of 0.06 mg / l with efficiency of 90%, the concentration of 50 mg / l with an efficiency of 75.64%, pH 6 with an efficiency of 67.71% as. Also, studies on carbon isotherm follows the Langmuir isotherm ( $R^2 > 0.9989$ ) and synthetic quadratic equation.

**Conclusion:** According to the results of this study and considering the absorption capacity of carbon, it can be accepted and suggested as a suitable, cheap and local alternative for Merck Carbon Standard, to treat water and wastewater pollutants.

**Keywords:** aniline, activated carbon, adsorption, cotton stalks.