مقاله پژوهشی

بررسی پتانسیل جذب کربن فعال گرانولی در حذف آنتی بیوتیک آموکسی سیلین از آب آلوده

احمد اله آبادی[1]، غلامرضا موسوی[2]، کامیار یغمائیان[3]، حمیدرضا کریمی[4]

[1] دانشجوی دکترای بهداشت محیط دانشکده پزشکی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

[2] دانشیار گروه بهداشت محیط دانشکده پزشکی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

[3] دانشیار گروه بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه تهران، تهران، ایران

[4] کارشناس آزمایشگاه گروه بهداشت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران

نشانی نویسنده مسؤول: تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده پزشکی، گروه بهداشت محیط، غلامرضا موسوی
E-mail: moussavi@modares.ac.ir

وصول:۹۲/۶/۱۸، اصلاح:۹۲/۸/۲۵، پذیرش:۹۲/۹/۱۰

چکیده

زمینه و هدف: آنتی بیوتیک‌ها از آلاینده‌های منابع آب بوده که به علت تجزیه زیستی کم می توانند با روش جذب سطحی مورد تصفیه قرار گیرند. یکی از بهترین جاذبها کربن فعال می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی میزان حذف آنتی بیوتیک آموکسی سیلین توسط کربن مرک گرانولی است.

مواد و روش‌ها: آزمایشات در یک راکتور شیشه‌ای با دور ۱۰۰ دور در دقیقه انجام شد .در هر تست ۵۰ میلی لیتر از آب آلوده سنتتیک ریخته شده و متغیرهای دوز جاذب، نوع جاذب، غلظت آموکسی سیلین، زمان تماس، pH و درجه حرارت بر جذب آموکسی‌سیلین بررسی شد. نمونه پس از هر بار مگنت توسط یک فیلتر استات سلولز ۰/٤٥um و پمپ خلاء، صاف گردید و پس آب فیلتر شده جهت تعیین آموکسی-سیلین باقیمانده توسط دستگاه HPLC آنالیز گردید.

یافته‌ها: نتایج حاصل از آزمایشات نشان داد که در pH=٦، غلظت جاذب ۱/٦ گرم بر لیتر، زمان تماس ٦۰ دقیقه و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بهترین شرایط حذف آموکسی‌سیلین از آب آلوده می‌باشد در این شرایط کربن گرانولی با مش ١٦-۲۰ توانست ٨٦ درصد آموکسی سیلین در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر را حذف نماید.

نتیجه‌گیری: کربن فعال یک ماده کار بردی مناسب برای حذف آلاینده‌های غیر قابل تجزیه آب مثل آنتی‌بیوتیک‌ها و سموم می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: *کربن فعال، آموکسی سیلین، جذب.*

مقدمه

در سال‌های اخیر مصرف دارو و دسترسی مردم به انواع داروها به دلیل گسترش بیماری‌ها، پیشرفت علوم پزشکی، داروسازی و پوشش درمانی در جهان افزایش یافته است. ایران یکی از بزرگ‌ترین کشورهای مصرف کننده دارو در جهان می‌باشد (۱). به‌طوری که از لحاظ مصرف دارو جزء ۲۰ کشور نخست جهان به شمار می‌رود و در آسیا بعد از چین مقام دوم را در مصرف دارو

دارد (۲). از این میان آنتی‌بیوتیک‌ها پر مصرف‌ترین داروها می‌باشند؛ که باعث ریشه‌کنی و توقف رشد میکرو ارگانیسم‌ها می‌شوند (۳). طبق برآورد سازمان بهداشت جهانی روزانه ۷۷۰۰ کیلوگرم آنتی‌بیوتیک در سراسر جهان تولید می‌گردد (٤). در ایران نیز از نظر ویال مصرفی دارو، آنتی بیوتیک‌ها پر مصرف‌ترین گروه دارویی کشور هستند به طوری که حدود ۱۵درصد کل داروهای مصرفی کشور را تشکیل می‌دهند (۲). از آنجا که بیش از ٦٥ درصد آنتی‌بیوتیک‌های مصرفی جهان را گروه B – Lactum ها تشکیل می‌دهند که از این گروه آموکسی‌سیلین بیشترین مصرف را دارد (۵). در ایران نیز ۳۲/٦ درصد مصرف آنتی بیوتیک‌ها به گروه B-lactum(پنی سیلین، آموکسی‌سیلین و آمپی‌سیلین) تعلق دارد که آموکسی‌سیلین پرمصرف‌ترین آن‌ها می‌باشد (٦).

آموکسی‌سیلین یک پنی‌سیلین نیمه سنتزی با حلقه B-lactum با وزن مولکولی ۳٦۵/٤ گرم برمول می‌باشد که از سنتز دیواره سلولی باکتری جلوگیری می‌کند (۷,۸) و به‌عنوان یک باکتریواستاتیک جهت از بین بردن باکتری-های عفونی استفاده می‌گردد (٦). بنابراین به دلیل مصرف بالای آنتی‌بیوتیک‌ها غلظت آن‌ها در آب افزایش یافته و سبب کاهش کیفیت آب می‌گردد. به طوری که مطالعات متعددی در دسترس است که غلظت آنتی‌بیوتیک‌ها را در محیط‌های آبی سطحی و زیر زمینی از ۱۰۰– ۱ میکروگرم بر لیتر تأیید می‌کند از طرف دیگر صنایع دارویی به‌ویژه صنایع تولید آنتی‌بیوتیکها دارای پساب با غلظت بالایی از آنتی بیوتیکها (۱۰۰–۱۰ میلی‌گرم در لیتر) تولید می‌نمایند (۹). از خواص این آنتی‌بیوتیک‌ها دارای قابلیت تجزیه بیولوژیکی کمتر، سمیت بالا، خاصیت سرطان زائی و موتاژنی صدمه به DNA و لنفوسیت‌ها، افزایش آلرژی در انسان، گسترش باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌ها و ایجاد عوارض پیش‌بینی نشده بر روی انسان و حیوانات را می‌توان نام برد (۱۳–۱۰). به دلیل حفظ بهداشت آب و حفاظت انسان در برابر عوارض بهداشتی شدید ناشی از آنتی‌بیوتیک‌ها این ترکیبات باید به روش مؤثر و مناسب از فاضلاب‌ها و منابع آب حذف شوند. لذا لزوم یافتن روش مناسب تصفیه با کارآیی، راندمان بالا و قابل اجرا به‌منظور حذف این مواد دارویی ضروری است.

این روش‌ها شامل اکسیدا سیون شیمیایی، تجزیه زیستی و تصفیه فیزیکی است (۳). روش‌های زیستی متداول جهت حذف آنتی‌بیوتیک‌ها کارآیی کمتری دارد به گونه‌ای که فقط ۲۰–۱۰ درصد راندمان حذف دارند (٤). فرایندهای شیمیایی خصوصاً اکسیداسیون پیشرفته می‌تواند اغلب سبب تجزیه و شکستن آنتی‌بیوتیک‌ها به مولکول‌های ساده‌تر و یا معدنی‌سازی آنها گردد؛ ولی این پروسه‌ها بسیار پیچیده و پرهزینه هستند؛ لذا تکنیک‌های فیزیکی مناسب‌ترین گزینه‌های تصفیه این مواد هستند و روش جذب بیشترین راندمان را در بین روش‌های فیزیکی جهت حذف ترکیبات آلی از فاضلاب‌های صنعتی دارد (۱٤,۱۵). روش‌های جذب، روش‌های ساده و کاربردی بوده، محصولات فرعی سمی نداشته و کم‌هزینه است (۱٦).

از بین جاذب‌های سطحی کربن فعال به‌دلیل خلل و فرج بالا سطح مخصوص و ظرفیت جذب بسیار بالا بیشترین استفاده را جهت حذف آلاینده‌های مواد آلی از آب‌های آلوده و فاضلاب‌ها دارد. انجام عمل جذب توسط کربن فعال به خواص ماده جاذب و همچنین خواص ماده آلاینده و شرایط محیطی فاضلاب دارد؛ لذا بایستی در جذب هر آلاینده توسط هر نوع جاذب بررسی فاکتورهای مؤثر بر جذب انجام گیرد (۱۷)؛ لذا این مطالعه فاکتورهای مؤثر در آزمایشات جذب آموکسی‌سیلین را به‌عنوان یک مدل از آنتی‌بیوتیک‌های آلاینده آب مورد ارزیابی قرار داده است. این فاکتورها شامل، غلظت کربن فعال، غلظت آموکسی‌سیلین، زمان واکنش، درجه حرارت محلول، مش-های مختلف گرانول‌های کربن، مکانیسم و ایزوترم‌های جذب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

۱- آماده‌سازی مواد

۱-۱- تهیه آموکسی‌سیلین: آموکسی‌سیلین با وزن ملکولی ۳٦٥/٤ گرم بر مول و با فرمول شیمیایی $C_{16}H_{19}N_3O_3S$ خریداری شده از شرکت سیگما مورد استفاده قرار گرفت.

۱-۲- تهیه کربن فعال: کربن فعال از شرکت مرک آلمان تهیه و در مش‌های مختلف ۸ تا ٥۰ توسط الک‌های استاندارد مش‌بندی و توسط آزمایشات SEM،BET، FTIR، pH_{zpc} شناسایی گردید.

۲- آزمایشات جذب: آزمایشات در یک راکتور شیشه‌ای با دور ۱۰۰ دور در دقیقه انجام شد. در هر تست ٥۰ میلی‌لیتر از آب آلوده ریخته شده و متغیرهای، دوز جاذب، نوع جاذب، غلظت آموکسی‌سیلین، زمان تماس، pH و درجه حرارت بر جذب آموکسی‌سیلین بررسی شد. متغیرها، مراحل و شرایط کاری آزمایشات راکتور در جدول شماره ۱ آمده است.

نمونه پس از هر بار مگنت توسط یک فیلتر استات سلولز ۰/٤٥um و پمپ خلاء صاف گردید و پس آب فیلتر شده جهت تعیین آموکسی‌سیلین باقیمانده آنالیز گردید. غلظت آموکسی‌سیلین در محلول توسط یک دستگاه HPLC مدل Kanuri آلمان (٥×٤/٦×۲٥۰ ستون C18 ODs) با یک دتکتور UV ۲۰۰٦ در طول موج nm ۱۹۰ تست گردید (۱۷). فاز متحرک مخلوطی است از بافر فسفات در pH=٤/۸ و استونیتریل با نسبت حجمی ٦۰/٤۰ با میزان تزریق mL/min انجام آزمایش تأثیر درجه حرارت در انکوباتور پریزدار تنظیم و انجام شده تمام آزمایشات دو بار تکرار گردید و درصد حذف آموکسی-سیلین محاسبه شد:

یافته ها

۱- **خواص کربن فعـال**: نتیجـه FTIR در شـکل ۱ و نمونه‌ای از اسکن میکروسکوپ الکترونی در شکل ۲ آمده است.

مرفولوژی سطح کربن نشان می‌دهد که کربن فعال دارای روزنه‌های تصادفی و منفرد می‌باشد و اسپکترام PTIR آن نشان‌دهنده چندین پیک جالب در حضور تعدادی از گروه‌های فعال سطحی بر روی کربن می‌باشد. این پیک‌ها نشان‌دهنده عوامل فعال سطحی و محل‌های جذب عوامل آلاینده بر روی کربن می‌باشند.

آزمایش BET کربن نشان‌دهنده سطح m2/g ۱۰۲٤ و Vm (حجم تک لایه) آن cm3/g ۲۳٥/۳ می‌باشد متوسط قطر روزنه‌ها ۲/۲۳ نانومتر و pHpzc آن ۷/٤ می-باشد و در pH های کمتر از این کربن دارای شارژ مثبت و در pH بالاتر از ۷/٤ دارای شارژ منفی می‌باشد.

۲) تأثیر غلظت جاذب: برای پیدا کردن دز بهینه غلظت-های مختلف جاذب از ۰/۲ تا ۲ گرم در لیتر از کربن گرانولی مش ۲۰-۱٦ و زمان تماس ۳۰ دقیقه استفاده گردید و نتایج آن در نمودار ۱ آمده است چنان‌که نمودار ۱ نشان می‌دهد با افزایش غلظت درصد حذف افزایش می‌یابد و غلظت ۱/٦ گرم بر لیتر به‌عنوان غلظت بهینه انتخاب گردید.

۳- اثر زمان تماس در حذف آموکسی‌سیلین: زمان تماس از عواملی است که سرعت جذب را نشان می‌دهد به‌همین دلیل در زمان‌های تماس ٥ و ۱۰ و ۲۰ و ۳۰ و ٤۰ و ٥۰ و ٦۰ و ۷٥ و ۹۰ دقیقه در pH طبیعی و دز جاذب بهینه عملیات جذب انجام گرفت.

نتایج آن در نمودار ۲ آمده است، طبق نمودار ۲ مدت زمان ٦۰ دقیقه به‌عنوان زمان بهینه انتخاب می‌شود.

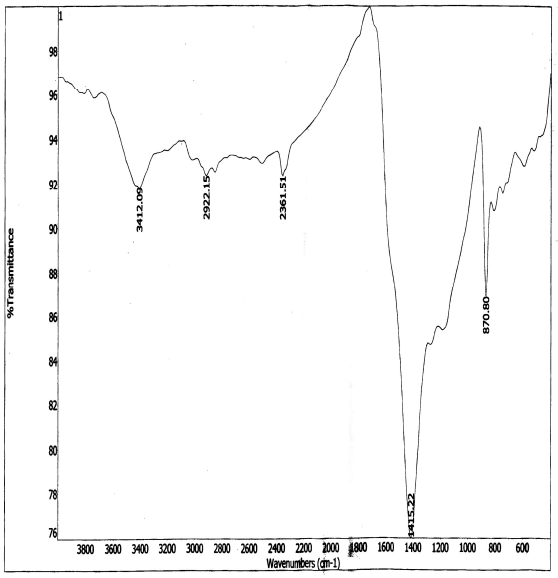
غلظت آموکسی‌سیلین mg/L ٥۰، غلظت کربن g/l ۱/٦، زمان ۱ ساعت، حجم نمونه ٥۰cc) نتایج نمودار نشان

می‌دهد که با افزایش زمان میزان حذف نیز افزایش می-یابد و راندمان حذف تا ٦۰ دقیقه افزایش بیشتری دارد و بعد از آن افزایش درصد حذف کمتر می‌گردد.

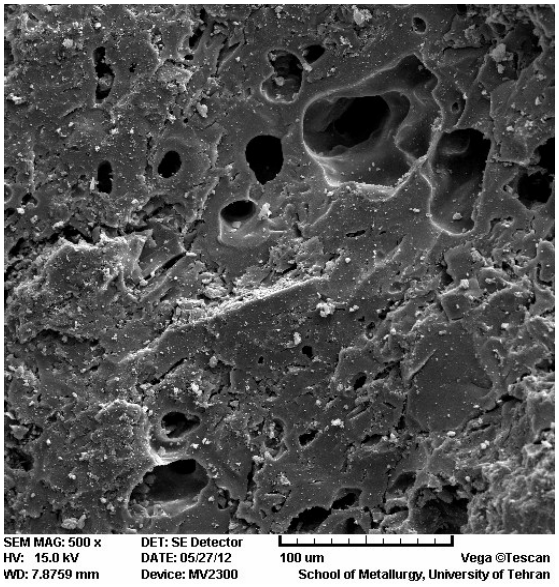
٤- اثر pH محلول و مکانیسم جذب: برای پیدا کردن pH بهینه اثر pH محلول آموکسی‌سیلین در رنج ۲ تا ۱۰ مورد

جدول ۱: متغیرها، مراحل و شرایط کاری آزمایشات راکتور ناپیوسته جذب

مرحله	هدف	شرایط کاری				
		pH	اندازه ذرات	غلظت کربن	C_{AMX} (mg/L)	زمان(min)
۱	اثرpH	۲-۱۰		۱/۶	۵۰	۶۰
۲	دوزجاذب	۱۶-۲۰	بهینه	۰/۲-۲	۵۰	۳۰
۳	زمان تماس	۱۶-۲۰	بهینه	بهینه	۵۰	۵-۹۰
٤	اثرغلظت آموکسی سیلین و زمان واکنش	۱۶-۲۰	بهینه	بهینه	۱۰-۱۰۰	۵-۹۰
۵	اثر درجه حرارت(٤۰-۱۰ درجه سانتی گراد)	۱۶-۲۰	بهینه	بهینه	۵۰	بهینه
۶	اندازه ذرات جاذب	۸-۵۰	بهینه	بهینه	۵۰	بهینه



شکل ۱ : نتیجه FTIR کربن مرک



شکل۲: اسکن میکروسکوپ الکترونی کربن

بررسی قرار گرفت که نتایج آن در نمودار ۳ آمده است مطابق نمودار ۳ ، pH=٦ بهترین pH برای حذف آموکسی-سیلین توسط کربن گرانولی است که حذف آن ۸۸/۵ درصد می‌باشد.

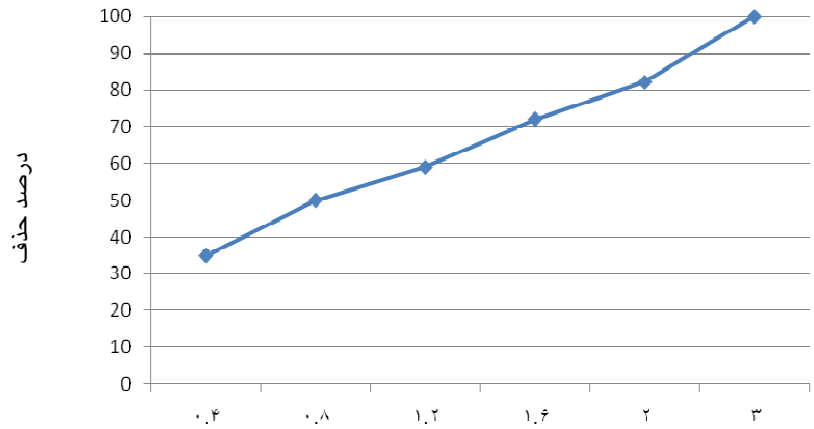
۵- اثر غلظت آموکسی سیلین: اثر غلظت آموکسی‌سیلین در میزان جذب آموکسی‌سیلین در سه غلظت متفاوت ۱۰ و ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در زمان‌های تماس مختلف ۵ تا ٦ دقیقه مورد آزمایش قرار می‌گیرد نتایج آزمایش در نمودار ٤ آمده است.

این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش غلظت درصد حذف آموکسی‌سیلین کاهش ولی ظرفیت جذب افزایش می‌یابد.

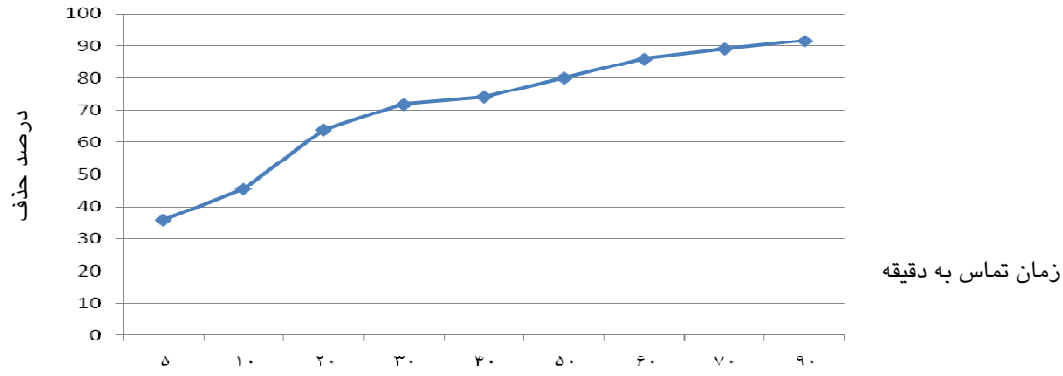
٦- ترمودینامیک جذب: به منظور بررسی ترمودینامیک جذب آموکسی سیلین بر روی کربن گرانولی در دماهای محلول بین ۱۰ تا ٤۰ درجه سانتی‌گراد در زمان ٦۰ دقیقه مورد آزمایش انجام گرفت.

نتایج حاصل از نمودار ۵ نشان می‌دهد که درصد حذف آموکسی‌سیلین با افزایش دما از ۱۰ درجه تا ۲۵ درجه افزایش و پس از آن تا ٤۰ درجه دوباره کاهش می‌یابد.

۷- **اثر اندازه ذرات جاذب:** پس از دانه‌بندی ذرات کربن توسط الک‌های استاندارد در مش‌های ۱۲- ۸، ۱٦-۱۲، ۲۰-۱٦، ۲۵-۲۰، ٤۰ – ۲۵و ۵۰-٤۰ در غلظت ۱/٦ گرم بر لیتر از آنها به‌مدت یک ساعت در pH بهینه و غلظت آموکسی‌سیلین ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر آزمایش انجام شد که نتایج آن در نمودار ٦ آمده است.



نمودار ۱: تأثیر غلظت جاذب بر راندمان حذف آموکسی سیلین (غلظت آموکسی سیلین ۵۰ mg/L ، حجم نمونه۵۰ cc ، pH= ٦/٨ ، مش کربن ۲۰-۱٦



نمودار ۲: تأثیر زمان تماس بر راندمان حذف آموکسی‌سیلین

نتایج فوق نشان می دهد که هر چه اندازه ذرات کوچکتر باشد جذب بیشتر است به طوری که در مش های ۵۰ – ٤٠ ، ٤٠ – ۲۵، ۲۵–۲۰ درصدد حذف ذرات ۱۰۰ درصد بوده است و در مش ۲۰–۱٦، ۸٦ درصد و در مش ۱۲– ۸ این میزان حذف به ٤۲/٤ درصد کاهش یافته است .

البته مش‌های ریزتر هر چند درصد حذف بهتری دارند ولی در سیستم‌های تصفیه جداسازی آنها از آب مشکل‌تر است و لذا در این پژوهش مش ۲۰– ۱٦ انتخاب گردید.

۸– تعادل جذب و مدل ایزوترم آن: تعادلات جذب آموکسی سیلین در غلظت ۵۰۰ ، ٤۰۰ ، ۳۰۰ ، ۲۰۰ ، ۱۰۰ و ۵۰ آموکسی‌سیلین و دز ۰/۰۸ گرم در لیتر ماده جاذب در حجم ۵۰ میلی‌لیتر به‌مدت ٦ ساعت انجام گردید که نتایج آن در نمودار ۷ آمده است.

نتایج نمودار ۷ نشان می‌دهد که کربن گرانولی در غلظت ۵۰ میلی گرم در لیتر ۸۷/۷ درصد آموکسی‌سیلین را حذف می‌کند در صورتی‌که وقتی غلظت آموکسی‌سیلین به ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش می‌یابد میزان جذب به ۳٦ درصد کاهش می‌یابد.

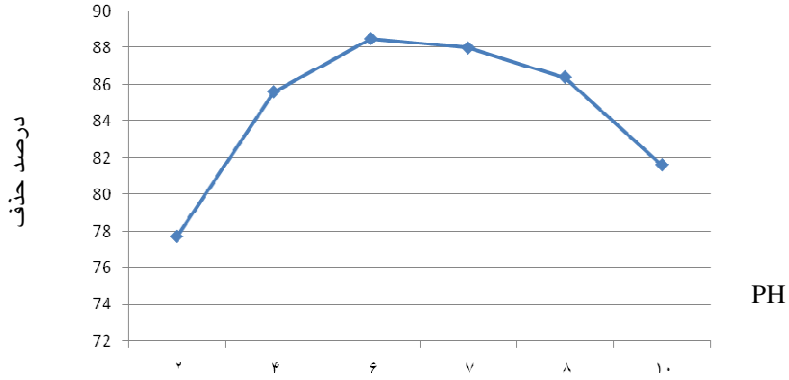
مدل ایزوترم جذب که روابط تشریح تعادل جزء جذب‌شونده بین فاز جامد و مایع می‌باشد بیشتر توسط مدل ایزوترم لانگ میز و فرندلیخ بیان می‌شود فرمول زیر معادله جذب لانگ میر را نشان می‌دهد.

که ce غلظت مواد باقیمانده در زمان تعادل

$$\frac{ce}{qe} = \frac{1}{b.qmax} + \frac{ce}{qmax}$$

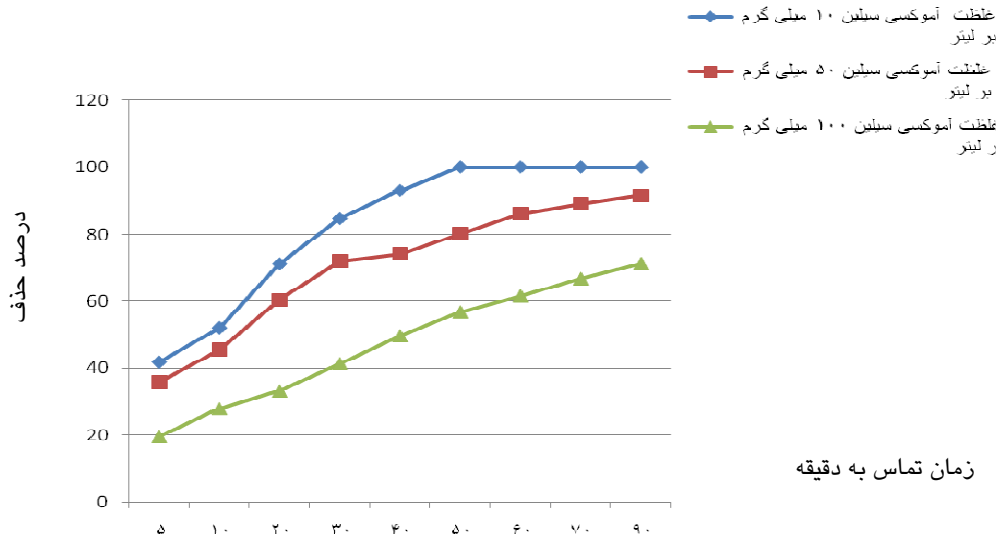
qe همان x/m یا ظرفیت جذب در حال تعادل است .

qmax = ماکزیمم ظرفیت جذب برای تشکیل یک لایه کلی کامل است و b ثابت لانگ میر است .



نمودار ۳ : تأثیر pH بر میزان حذف آموکسی سیلین

(غلظت آموکسی سیلین mg/L ۵۰ ، غلظت کربن gr ۱/٦ ، زمان ۱ ساعت ، حجم نمونه cc ۵۰)



نمودار ٤: تأثیر غلظت آموکسی‌سیلین بر راندمان حذف آن (غلظت کربنgr/l ۱/٦ ، pH = ٦)

با رسم نمودار ce/qe در مقابل ce مقادیر b و qmax محاسبه می‌شود. پس از رسم منحنی ایزوترم لانگ میر میزان qmax ۲٦۱ و میزان b به میزان ۰/۱۸۵ به‌دست آمده و میزان R2 این مدل ۰/۹۸۳ می‌باشد.

معادله فرندلیخ عبارت است از:

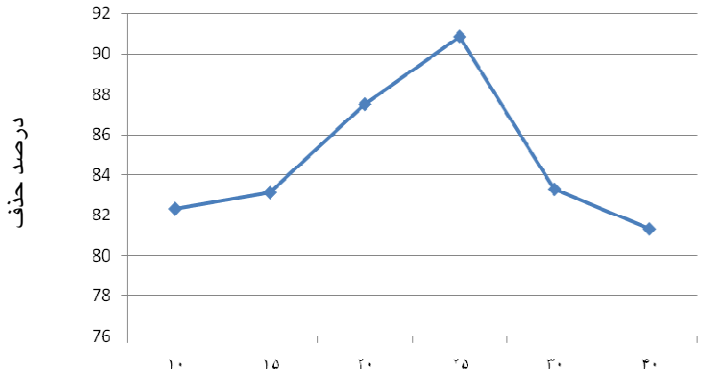
$$Lnqe = lnkf + \frac{1}{n} lnce$$

Kf و n ثابت معادله فرندلیخ هستند و ثابت kf ظرفیت جذب می‌باشد و 1/n تبادلات واکنش را نشان می‌دهد و بر اساس رگراسیون خطی lnqe در مقابل lnce مقادیر kf و n به‌دست می‌آید بر اساس این معادله مقادیر kf برابر ۸۹ و n ۱/۵ به‌دست می‌آید و میزان R2 این مدل ۰/۹۷۹ می‌باشد.

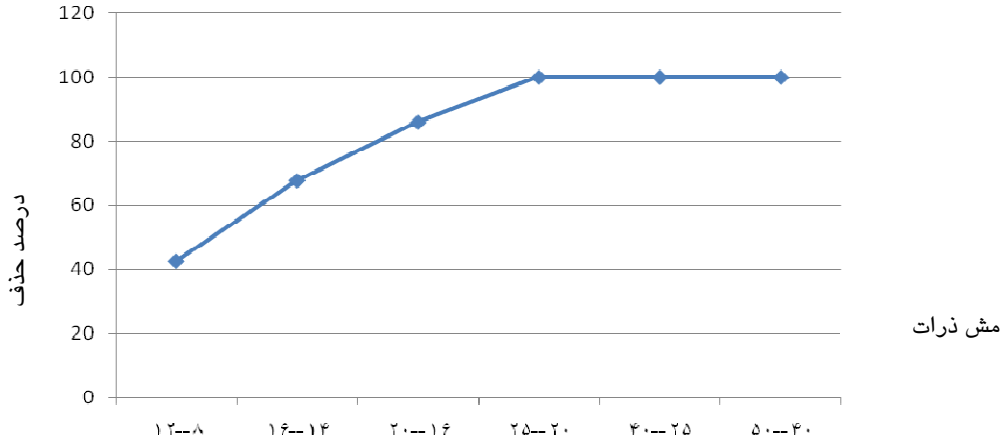
بحث

نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که کربن اکتیو گرانولی جاذب مناسبی برای جذب آنتی‌بیوتیکها بالاخص آموکسی‌سیلین می‌باشد و کربن اکتیو مرک به‌علت BET بالا دارای ظرفیت جذب بالایی بوده و در معادلات لانگمیر و فرندلیخ نیز با توجه به بالا بودن ماکزیمم ظرفیت جذب (qm) این نکته تأیید می‌گردد.

با افزایش زمان ماند میزان جذب افزایش می‌یابد این افزایش جذب می‌تواند ناشی از افزایش تعداد



نمودار ۵: تأثیر دما بر راندمان حذف آموکسی‌سیلین (غلظت آموکسی‌سیلین ۵۰ میلی گرم بر لیتر، زمان ۱ ساعت ، ، pH = ٦ ، حجم نمونه ۵۰)



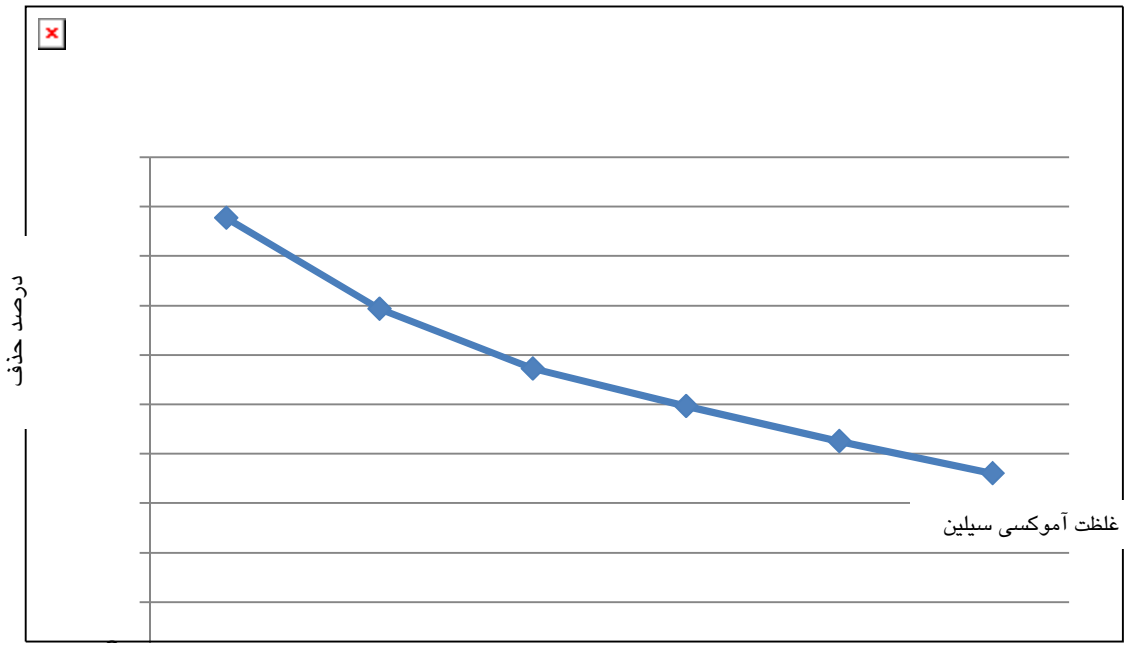
نمودار ٦: تأثیر اندازه ذرات بر میزان حذف آموکسی سیلین (غلظت آموکسی سیلین mg/l ۵۰ ، غلظت کربن٦ /۱ میلی گرم بر، زمان ۱ ساعت ، pH = ٦)

برخوردهای بین آلاینده و جاذب باشد و در ضمن سرعت نیز در این جاذب نسبتاً بالا است به‌طوری که در کمتر از یک ساعت میزان جذب به حذف بهینه رسید (۱۷).

میزان qm کربن گرانولی با مش ۲۰ – ۱٦ در این بررسی ۲٦۱ میلی‌گرم آموکسی‌سیلین به ازاء هر گرم کربن می‌باشد در حالی که در تحقیقی مشابه که Gurabineire و همکارانش در سال ۲۰۱۱ در فرانسه انجام داده‌اند ماکزیمم جذب در معادله لانگمیر و فرندلیخ ۲۳۱ – ۱۱۲ میلی‌گرم آنتی‌بیوتیک سیپروفلوکسا سین بر روی جاذب کربن فعال بوده است (۱۷) و یا در بررسی حذف نیترامیدازول توسط کربن فعال در محیط‌های مایع که توسط ریورا و همکارانش در سال ۲۰۰۹ در اسپانیا انجام گرفته است میزان ماکزیمم ظرفیت جذب را در معادله لانگیر ۲/۰٤–۱/۰٤ میلی مول به ازاء هر گرم کربن نشان می‌دهد (۱۱).

با افزایش غلظت کربن میزان جذب آموکسی-سیلین افزایش می‌یابد و این میزان در ۱/٦ گرم در لیتر در کربن با مش ۲۰–۱٦ به ۸٦ درصد می‌رسد. در صورتی که میزان جاذب مقداری افزایش یابد درصد حذف به ۱۰۰ درصد خواهد رسید ولی به‌علت جلوگیری از هزینه بالا دز ۱/٦ به‌عنوان دز بهینه انتخاب گردید. pH یکی از عوامل مهم مؤثر در حذف آموکسی‌سیلین توسط کربن می‌باشد.

علت افزایش حذف آموکسی‌سیلین با افزایش pH تا pH=٦ مربوط به pHpzc کربن می‌باشد با توجه به این که pHpzc کربن فعال ۷/٤ می‌باشد و در pH های کمتر از pHpzc کربن دارای شارژ مثبت است و در عوض مولکول آموکسی‌سیلین در pH های اسیدی دارای گروه-



نمودار ۷: تعادلات جذب و راندمان حذف آموکسی‌سیلین (زمان ۱ ساعت با غلظت کربن ۱/٦و pH = ٦)

های کربوکسیل می‌باشد (-CooH) می‌باشد و هر چه pH از ۲ به ۷ افزایش می‌یابد گروه کربوکسیل (-CooH) به کربوکسیلات (-Coo-) تبدیل می‌شود و این سبب می‌شود که الکترواستاتیک بین مولکول آموکسی‌سیلین با یون منفی Coo- – و کربن فعال با شارژ مثبت در سطح کربن در pH کمتر از ۷/٤ بیشترین تمایل جذب ایجاد گردد با افزایش pH به بالای ۷/٤ سطح کربن شارژ منفی پیدا می‌کند و تمایل جذب بین کربن و آموکسی‌سیلین کاهش می‌یابد (۱۷).

در بررسی تأثیر افزایش غلظت آموکسی‌سیلین بر حذف آن نشان می‌دهد که هر چه غلظت اولیه آموکسی‌سیلین افزایش می‌یابد درصد حذف کاهش می‌یابد و آن به علت پر شدن محل‌های فعال جذب بر روی کربن می‌باشد ولی در عوض ظرفیت جذب افزایش می‌یابد و این نشان‌دهنده تعداد برخوردهای بین جاذب و جذب‌شونده در غلظت بالا می‌باشد (۱۷).

بهبود جذب آموکسی‌سیلین با افزایش دما مربوط به افزایش فعل انفعالات بین مولکول‌های آموکسی‌سیلین و محل‌های جذب جاذب با افزایش دما می‌باشد. کاهش جذب آموکسی‌سیلین با افزایش دما مربوط به واجذب آموکسی‌سیلین جذب شده و وارد شدن آن درون محلول است (۱۷).

یکی دیگر از عوامل مؤثر در جذب آموکسی‌سیلین توسط کربن اندازه ذرات جاذب می‌باشد به طوری که با ریز شدن ذرات کربن در شرایط یکسان درصد حذف به شدت افزایش می‌یابد به‌طوری که در مش ۲۵- ۲۰ در دز ۱/٦ گرم بر لیتر درصد حذف ۱۰۰ درصد و در مش ۱۲- ۱۸ این میزان ٤۲/٤ درصد بوده است. علت افزایش حذف با توجه به کاهش اندازه ذرات می‌تواند مربوط به افزایش سطح ذرات باشد و این نشان‌دهنده این است که بیشتر جذب آموکسی‌سیلین توسط کربن جذب سطحی است تا جذب در خلل و خرج کربن در تحقیقی مشابه که نویسندگان این مقاله در سال ۲۰۱۲ در دانشگاه تربیت مدرس انجام داده و در مجله chemical engineering Journal به چاپ رسیده نشان می‌دهد که کربن پودری درصد بسیار بالاتری از حذف آموکسی‌سیلین را داشته است به‌طوری که کربن پودری توانست در غلظت g/l ۰/۸ در زمان ۳۰ دقیقه بیش از ۸۰ درصد آموکسی‌سیلین در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر را حذف نماید به هر حال کربن فعال می‌تواند یک ماده کاربردی برای حذف آلاینده‌های غیرقابل تجزیه آب مثل آنتی‌بیوتیک‌ها و سموم باشد.

تقدیر و تشکر

این مطالعه حاصل اجرای پایان‌نامه دوره دکتـرا در رشته بهداشت محیط در دانشگاه تربیت مدرس مـی‌باشـد که در آزمایشگاه گروه بهداشـت محـیط دانشـکاه تربیـت مدرس و دانشـگاه علـوم پزشـکی سـبزوار اجـرا گردیـد. بدین‌وسیله از زحمات پرسنل این دو آزمایشـگاه تشـکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Rakhshani M , Rakhshani F, Mirshahi A. Self-medication in Zahedan city in 1999. Feyz, 2002; 22(2):45-55.
2. Shyan F ,Pattern of Drug prescription in clinical ward of Motahari an Peimaneie Hospital in kordad 1385. Journal of Jahrom University of medical Sciences . 2006; 5(2): 48-8.
3. Klavarioti M, Mantzavinos D, Kassinos D. Removal of residual pharmaceuticals from aqueous systems by advanced oxidation processes. Environ Int, 2009. 35(2): 402-17.
4. 4-Musey, M., Evaluation of the Fate of Ciprofloxacin and Amoxicillin in Simulated Domestic Wastewater. 2006.43(8): 2149-58.
5. 5-Bendesky, A., D. Menéndez, and P. Ostrosky-Wegman, Is metronidazole carcinogenic? Mutation Research/Reviews in Mutation Research, 2002. 511(2): 133-44.
6. 6-Kümmerer, K, Al-Ahmad A, Mersch-Sundermann V. Biodegradability of some antibiotics, elimination of the genotoxicity and affection of wastewater bacteria in a simple test. Chemosphere, 2000. 40(7): 701-10.
7. 7-Aksu Z, Tunc O. Application of biosorption for penicillin G removal: comparison with activated carbon. Process Biochemistry, 2005. 40(2): 831-47.
8. 8-Rivera-Utrilla J, Sánchez-Polo M, Prados-Joya G, Ferro-García MA, Bautista-Toledo I. Removal of tinidazole from waters by using ozone and activated carbon in dynamic regime. Journal of hazardous materials. 2010; 174(1-3):880-6.
9. Elmolla ES, Chaudhuri M. Degradation of the antibiotics amoxicillin, ampicillin and cloxacillin in aqueous solution by the photo-Fenton process. Journal of hazardous materials, 2009. 172(2-3): 1476-81.
10. Richardson, M.L. and J.M. Bowron, The fate of pharmaceutical chemicals in the aquatic environment. Journal of Pharmacy and Pharmacology, 1985. 37(1):1-12.
11. Rivera-Utrilla J, Prados-Joya G, Sánchez-Polo M, Ferro-García MA, Bautista-Toledo I. Removal of nitroimidazole antibiotics from aqueous solution by adsorption/bioadsorption on activated carbon. Journal of hazardous materials, 2009. 170(1): 298-305.
12. Ansari F. Use of systemic anti-infective agents in Iran during 1997-1998. Eu J Clin Pharmacol, 2001. 57(6): 547-51.
13. Ay F, Kargi F. Advanced oxidation of amoxicillin by Fenton's reagent treatment. Journal of hazardous materials, 2010. 179(1-3): 622-7.
14. .14- Homem V, Santos L. Degradation and removal methods of antibiotics from aqueous matrices: a review. J Environ Manage. 2011; 92(10): 2304–47.
15. Lin S.H, Juang R.Sh. Adsorption of phenol and its derivatives from water using synthetic resins and low-cost natural adsorbents: a review. J Environ Manage. 2009; 90(3): 1336–49.
16. R. Han, D. Ding, Y. Xu, W. Zou, Y. Wang, Y. Li, L. Zou, Use of rice husk for the adsorption of congo red from aqueous solution in column mode, Bioresource Technol. 99 (2008) 2938–2946.
17. G. Moussavi, A. Alahabadi, K. Yaghmaeian, M. Eskandari, Preparation, characterization and adsorption potential of the NH4Cl-induced activated carbon for the removal of amoxicillin antibiotic from water, Chemical Engineering Journal 217 (2013) 119–128

Adsorption potential of the granular activated carbon for the removal of amoxicillin from water

Ahamd Alahabadi,
Department of Environmental Health Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Gholamreza Moussavi,
Department of Environmental Health Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Kamyar Yaghmaeian,
Department of Environmental Health Engineering, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Hamidreza Karemisany
Department of Environmental Health Engineering, Sabzevar University of Medical Science, Sabzevar, Iran

Received: 09/09/2013**, Revised:**16/11/2013**, Accepted:**01/12/2013

Corresponding author:
Gholamreza Mosusavi,
Department of Environmental Health Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
E-mail: moussavi@modares.ac.ir

Abstract

Background: Antibiotics are important pollutants of water resources, and because of hard biodegradability, they can be filtered through adsorption method. Activated carbon is one of the best adsorbents. The aim of this study was to investigate the amoxicillin removal rate of a standard granular activated carbon.

Materials and methods: The adsorption experiments were conducted in the stirred (100 rpm) glass reactor. In each test, 50 ml of aqueous solution contaminated by amoxicillin was transferred into the reactor, and the influence of adsorbent dose, adsorbent type, amoxicillin concentration, reaction time, solution pH and temperature was tested on the amoxicillin adsorption. At the end of each of adsorption tests, the suspension was filtered using a cellulose acetate filter with 0.45µm pore size and the filtrate was analyzed for residual amoxicillin using HPLC.

Results: The obtained data showed that the best conditions for removal of amoxicillin from contaminated water using granular activated carbon were as follow: pH: 6, adsorbent concentration: 1.6 g/l, reaction time: 60 min, temperature: 25oc. In these conditions up to 86% of amoxicillin (concentration: 50 mg/l) could be adsorb by a granular 16-20 activated carbon.

Conclusion: Adsorption onto activated carbon is an efficient method for the removal of non-degradable water pollutants such as antibiotics and toxins.

Keywords: *Activated carbon, Amoxicillin, Adsorption*