



## بررسی جذب فورفورال و کاهش آلاینده‌گی آن توسط خاک اره در راکتور ناپیوسته

ایرج جلیلیان<sup>۱</sup>، سید نظام الدین حسینی<sup>۲\*</sup>، معصومه گوهری<sup>۳</sup>، شهرام شریف نیا<sup>۴</sup>، سید مهدی برقی<sup>۵</sup>  
[seyvednezam@yahoo.com](mailto:seyvednezam@yahoo.com)

### چکیده :

فورفورال یکی از آلاینده‌هایی می باشد که صرف نظر از استفاده مفید آن در صنایع پایه نفتی، رنگرزی و دیگر صنایع، اثرات سوئی بر محیط زیست و انسان می گذارد. از این رو هدف از این تحقیق، ارزیابی عملکرد جذب گیاهی خاک اره به منظور حذف پساب های آلوده به آلاینده آلی فورفورال و بررسی عوامل تاثیر گذار در فرایند جذب از جمله pH، غلظت اولیه آلاینده، دوز جذب و زمان تماس در راکتور Batch می باشد. آزمایشهای تعادلی در حالت منقطع با استفاده از همزن با سرعت ثابت ۱۵۰ دور در دقیقه انجام گرفت. ایزوترم های لانگمیر، فرندلیچ و تمکین برای سیستم مطالعه شد. نتایج حاصله نشان داد که ایزوترم های تمکین و فرندلیچ با ضریب همبستگی به ترتیب ۹۶٪ و ۹۳٪، بهترین مدل ها برای پیش بینی رفتار جذب فورفورال می باشند. شرایط بهینه جذب در این تحقیق در pH=۶، غلظت ورودی ۲۵۰ میلی گرم در لیتر، دوز جذب برابر با ۱۰ گرم و زمان تعادل برابر با ۶۰ دقیقه بدست آمد. به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که خاک اره یک جذب موثر در حذف فورفورال بوده و با توجه به فراوانی و ارزان قیمت بودن آن می تواند به خوبی به منظور حذف فورفورال مورد استفاده قرار گیرد.

**کلمات کلیدی :** خاک اره، جذب بیولوژیکی، فورفورال، ایزوترمهای تعادلی، تمکین و فرندلیچ

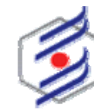
<sup>1</sup> - کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات اهواز

<sup>2</sup> - گروه تحقیق و توسعه، مجتمع تولیدات و تحقیقات انستیتو پاستور ایران

<sup>3</sup> - کارشناسی ارشد مهندسی شیمی دانشگاه رازی کرمانشاه

<sup>4</sup> - استادیار دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه رازی کرمانشاه، گروه مهندسی شیمی

<sup>5</sup> - استاد دانشکده فنی مهندسی دانشگاه صنعتی شریف - گروه مهندسی شیمی



## ۱- مقدمه :

رشد روز افزون فعالیت های صنعتی از یک سو و عدم رعایت الزامات زیست محیطی از سوی دیگر سبب شده است تا طی چند دهه اخیر مقادیر هنگفتی از آلاینده ها با دفع و دور ریز نامناسب فاضلابها و ضایعات مراکز صنعتی ، پخش آلاینده ها توسط پالایشگاهها ، صنایع پتروشیمی و نیروگاهها ، نشت آلاینده ها از مخازن نفتی زیرزمینی و ایستگاههای سوختگیری ، تصادف تانکرها و نفتکش ها و غیره وارد محیط زیست شوند. بخشی از آلاینده ها به ویژه قسمتی که از نظر ساختاری شبیه ترکیبات طبیعی هستند به سرعت توسط میکروارگانیسمهای موجود در آب و خاک و یا تحت تاثیر عوامل فیزیکی و بیولوژیکی تجزیه می شوند و بقیه در محیط زیست باقی خواهد ماند . تجمع این ترکیبات شیمیایی در داخل محیط زیست ، تهدیدی جدی برای سلامت انسان ، موجودات و اکوسیستمهای زنده است . [۳] از طرف دیگر با توجه به محدود بودن منابع آب ، آلودگی خاک و آب از مهمترین معضلات زیست محیطی هستند و در صورتیکه خاک آلوده پاکسازی و تصفیه نشود ، آلاینده ها بتدریج در عمق خاک نفوذ کرده و علاوه بر آلودگی خاک باعث آلودگی سفره های زیر زمینی که یکی از مهمترین منابع تامین آب در بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایران است خواهد شد. این آلاینده ها دارای پتانسیل سرطان زایی ، جهش زایی ، و معلولیت جنین یا سمیت می باشند. لذا وجود این مواد در خروجی تصفیه خانه های فاضلاب شهری و صنعتی حائز اهمیت بوده و بایستی در حد مجاز استانداردهای تعیین شده برای خروجی تصفیه خانه های فاضلاب شهری و صنعتی کنترل شوند. [۴ و ۲ و ۳ و ۱]

### ۱-۱ فورفورال (C<sub>4</sub>H<sub>3</sub>OCHO) :

فورفورال یک ماده آلدئیدی بدون رنگ می باشد که هنگامیکه تازه تقطیر شده دارای یک بوی تند و تیز می باشد . بوی آن شبیه آلدئید بنزن است و در مجاورت نور و هوا به رنگ قرمز قهوه ای در می آید این ماده حلال تمام مواد آلی است و مواد غیر آلی در آن نامحلول هستند . در الکل ، اتر و بنزن قابل حل می باشد و در آب در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد به مقدار ۸/۳ درصد حل می شود. از لحاظ حرارتی پایدار می باشد و خواص فیزیکی آن تقریباً تا ۲۳۰ درجه سانتی گراد ( بجز رنگ ) ثابت می ماند . فوفورال ماده ای سمی می باشد که در تماس با پوست مضر می باشد. بر روی سیستم عصبی مرکزی تاثیر می گذارد. فوفورال باعث ایجاد واکنشهای آلرژیک و التهاب چشم و مخاط بینی می شود.

فورفورال حلال روغنها و برشهای مختلف نفتی است و برای همین از آن در صنایع پایه نفتی مانند پالایشگاه روغن موتور برای جداسازی ترکیبات آروماتیک ، ترکیبات گوگرد دار ، اکسیژن دار و نیتروژن دار ، همچنین لجن ها و برشهای نفتی از لوب اویل ها به منظور تولید روغن روانکاری ، استفاده می شود. این ترکیبات موجود در روغن ، باعث پایین آمدن کیفیت روغن موتور می شود ، برای مثال حضور ترکیبات آروماتیک و اکسیژن دار در روانکار موجب تشکیل مواد پلیمری و رسوب بر روی قطعات داغ موتور ، هنگام کارکرد میشود. ترکیبات گوگرد دار و نیتروژن دار نیز اسیدی شدن روغن روانکار و در نهایت خوردگی انواع آلیاژ به کار رفته در چمچ ها ، موتورها و چرخ دنده ها را موجب می شود. همچنین مواد رسوبی (Sludge) می تواند سبب کاهش کارایی رینگ پستون ها و گرفتگی فیلترها و لوله های انتقال روغن می شود. تمام ناخالصی ها ی گفته شده در یک واحد استخراج فورفورال در پالایشگاه روغن موتور پاکسازی می شوند. و این باعث آلوده شدن پسابهای این کارخانجات به این ماده می شود و اثرات زیست محیطی سوئی بر جای می گذارد .

در جریان مطالعات علمی پسابهای پالایشگاه ها مشخص شده که اکثر این پسابهای شامل فورفورال ، از طریق چاه جذبی دفع می شوند که این باعث آلودگی خاک و در نهایت آلودگی آبهای زیر زمینی می شود.

در بررسی های انجام شده ، وجود میکروارگانیسمی که فوفورال را تجزیه کند یافت نشده است . همین موضوع باعث شده که استفاده از جاذبهای طبیعی که سازگاری زیادی با محیط زیست دارند و همچنین هزینه بسیار پایینی دارند، مورد توجه قرار گیرد. در



## ۲-۱- خاک اره

از نظر شیمیایی خاک اره سه بخش عمده تشکیل شده است:

- سلولز که ساختمان مولکولی آن از پلیمر کربوهیدرات تشکیل شده و ۳۸ تا ۵۰ درصد وزن چوب را تشکیل می دهد. لیاف سلولز در سود قابل حل است. زنجیره خطی پلیمر شامل تعداد زیادی گروه هیدروکسیل و کربوکسیل است.
- همی سلولز که دارای واحد های متفاوت منوساکاریدی می باشد و ۲۰ تا ۳۰ درصد وزن چوب را تشکیل می دهد. همی سلولز تشکیل شده از مولکول های عمده ای چون گروه های کربوکسیلی، مونوکسیلی، انواع قندها می باشد. در بازاها به میزان زیادی قابل حل هستند.
- لیگنین از ترکیبات آروماتیک بوده و ساختار پلیمری سه بعدی دارد و ۲۰ تا ۳۰ درصد وزن چوب را تشکیل می دهد. دارای گروه های هیدروکسیل، کربونیل متوکسید می باشد. سطح ویژه  $180 \text{ (m}^2/\text{g)}$  دارد.

## ۲- مواد و روشها :

### ۲-۱- آماده سازی خاک اره

خاک اره مورد نیاز در این تحقیق از نجاری های سطح شهر خریداری گردید و با استفاده از الک های شماره ۴۰ و ۶۰ الک شده و ذرات با اندازه مش ۴۰ برای آزمایش انتخاب گردید. سپس با آب فراوان خاک اره ها طی سه مرحله شستشو داده شد و پس از آن یک مرحله نیز با آب مقطر شسته شد و در هوای محیط خشک گردید.

### ۲-۲- تعیین PH بهینه جذب فورفورال

برای تعیین PH بهینه جذب فورفورال، تعداد پنج ارلن انتخاب شد. با آب شهر و آب بدون یون کاملا شسته شد و ۵۰۰ میلی لیتر محلول فورفورال (با غلظت ۱۵۰ میلی گرم در لیتر) از محلول ذخیره برداشت گردید و در هر یک از ارلن ها ریخته شد. بعد در هر کدام از ارلن ها، مقدار ۵ گرم خاک اره ریخته شد و PH آنها به ترتیب در ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ تنظیم گردید. ارلن های حاوی محلول به مدت ۳ ساعت با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه روی همزن قرار داده شد. با استفاده از قیف شیشه ای و کاغذ صافی واتمن نمونه ها در قوطی های پلاستیکی که قبلا شسته شده بود ریخته و بلافاصله برای اندازه گیری مقدار فورفورال باقیمانده در محلول، آزمایش های جذب توسط دستگاه UV/VIS spectrometer (مدل PERKIN ELMER) انجام گرفت و نتایج یادداشت گردید.

### ۲-۳- آزمایش های جذب

تعداد پنج ارلن انتخاب شده و ابتدا با آب شهر و آب بدون یون کاملا شسته شده و ۵۰۰ میلی لیتر از محلول فورفورال با غلظت ۲۵۰ میلی گرم در لیتر در آن ریخته شد. در هر کدام از ارلن ها، مقدار ۱۰ گرم خاک اره ریخته و pH محلول با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایش های قبلی، روی ۶ تنظیم گردید. محلول ها بر روی همزن با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ دقیقه قرار گرفتند. بعد از زمان های سپری شده، نمونه ها به ترتیب از روی همزن برداشته شد و با استفاده از قیف شیشه ای و کاغذ صافی واتمن، نمونه ها را در قوطی های پلاستیکی که قبلا کاملا شسته شده بود، ریخته و بلافاصله برای اندازه گیری مقدار فورفورال در محلول اقدام گردید.



مقدار ظرفیت جذب تعادلی فورفورال و راندمان حذف به ترتیب زیر محاسبه شدند:

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{M} V$$

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

$C_0$  (mg/l) غلظت اولیه فورفورال،  $C_e$  (mg/l) غلظت تعادلی فورفورال پس از رسیدن به تعادل،  $V$  (L) حجم محلول،  $M$  (g) جرم خاک اره خشک می باشد.

## ۲-۴- تعیین بهترین دوز جاذب

تعداد سه ارلن انتخاب شده و پس شستشو با آب شهری و آب بدون یون ۵۰۰ میلی لیتر از محلول فورفورال با غلظت ۲۵۰ میلی گرم در لیتر در آن ریخته شده و به هریک از ارلن ها به ترتیب ۱، ۵ و ۱۰ گرم خاک اره ریخته و PH محلول با توجه به آزمایش های قبلی، روی ۶ تنظیم گردید. محلول ها بر روی همزن با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه قرار گرفتند. (زمان تعادل بدست آمده از مرحله قبل)

بعد از زمان های سپری شده، نمونه ها به ترتیب از روی همزن برداشته شد و با استفاده از کیف شیشه ای و کاغذ صافی واتمن، نمونه ها را در قوطی های پلاستیکی که قبلا کاملا شسته شده بود، ریخته و بلافاصله برای اندازه گیری مقدار فورفورال در محلول اقدام گردید.

## ۲-۵- ایزوترمهای جذب

ایزوترم جذب مرحله اولیه تعیین امکان سنجی فرآیند جذب می باشد و برای آنالیز و طراحی سیستم جذب مفید می باشد. مدل لانگمیر طبق زیر تعریف میشود:

$$q_e = \frac{q_m K_L C_e}{1 + K_L C_e}$$

که  $q_e$  ظرفیت جذب فلز به ازای واحد وزن جاذب (mg/g)،  $q_m$  ظرفیت جذب اشباع یا ماکزیمم را برای جذب تک لایه ای (mg/g)،  $K_L$  ثابت مربوط به کشش بین جاذب و جذب شونده یا ثابت لانگمیر (L/mg) و  $C_e$  غلظت تعادلی یونها (mg/L) میباشد.

ثوابت  $q_m$  و  $K_L$  از نمودار خطی معادله زیر بدست می آید:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_L q_m} + \frac{C_e}{q_m}$$

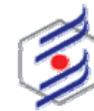
معادله لانگمیر بر اساس این فرضیات شکل گرفته است: ماکزیمم جذب وقتی اتفاق می افتد که یک لایه از مولکولهای حل شونده روی سطح جاذب جذب شود. انرژی جذب ثابت است و هیچ نوع نقل مکان از مولکولهای جذب شونده در سطح وجود ندارد. ثوابت  $q_m$  و  $K_L$  از برازش کردن دیتاهای آزمایشگاهی با ایزوترم لانگمیر بدست می آیند.

ایزوترم فرندلیچ فرم زیر را دارد:

$$q_e = K_F C_e^n$$

فرم خطی معادله زیر به شکل زیر است:

$$\ln q_e = \ln K_F + n \ln C_e$$



$q_e$  ظرفیت جذب فلز به ازای واحد وزن جاذب (mg/g) ،  $C_e$  غلظت تعادلی یونها (mg/L) ،  $K_f$  ثابت فرندلیچ (mg/g) ،  
 $n$  هم ثابت تجربی که شدت جذب را نشان میدهد (L/mg) میباشند. مقدار  $K_f$  و  $n$  با کشیدن نمودار بین  $Ln Ce$  و  $q_e$   
 $L_n$  به دست می آید.  
 ایزوترم تمکین نیز به فرم زیر می باشد:

$$Q_e = \frac{RT}{b} \ln(AC_e)$$

با خطی کردن آن به صورت زیر در می آید:

$$Q_e = \frac{RT}{b} \ln(A) + \frac{RT}{b} \ln(C_e)$$

$B=RT/b$  به گرمای جذب فرآیند مرتبط است.

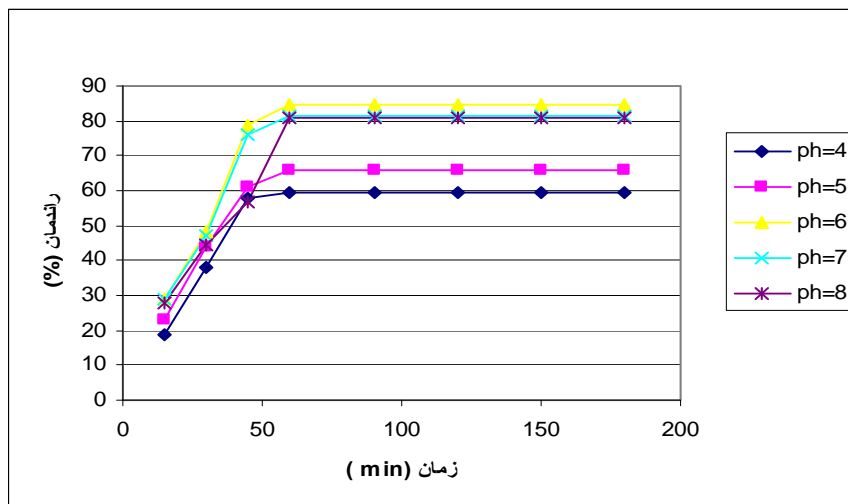
ضریب رگرسیون نمودار  $R^2$ ، هرچه به مقدار یک نزدیک باشد نشان دهنده اینست که دیتاهای آزمایشی به طور خیلی خوبی ایزوترم را برازش می کنند و هرچه به مقدار صفر نزدیک تر باشد، یعنی این ایزوترم برای این دیتاها مناسب نمی باشد. بنابراین معادله ای که مقدار ماکزیم ضریب رگرسیون را ارائه دهد بهترین معادله برازش کننده دیتاها می باشد.

### ۳- بحث و نتایج:

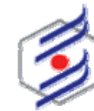
در این تحقیق پس از برپا کردن سیستم آزمایشگاهی، ابتدا تاثیر پارامترهای pH محلول، دوز جاذب، غلظت اولیه فورفورال و اثر زمان تماس و سپس تطابق نتایج حاصله با ایزوترمهای تعادلی جذب بررسی گردید.

#### ۳-۱- اثر pH

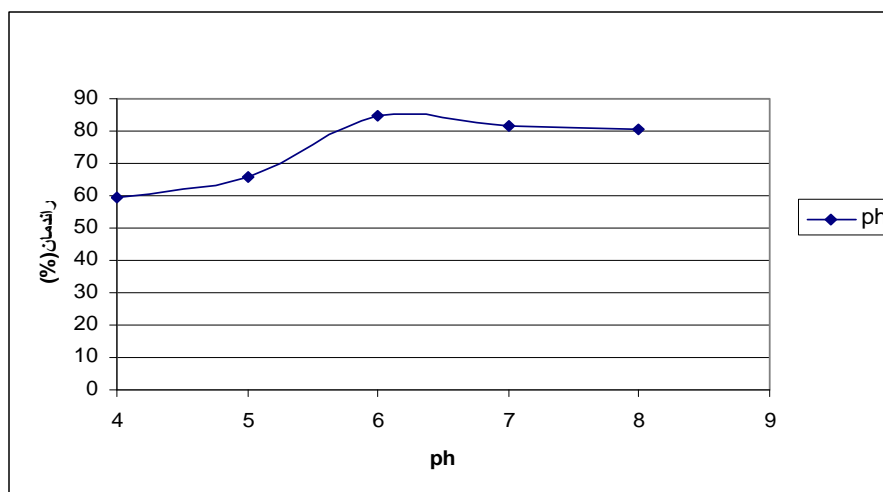
pH محیطی که فرایند جذب در آن صورت می گیرد با تاثیر گذاشتن روی بار سطحی جاذب و درجه یونیزاسیون جاذب شونده، تاثیر زیادی روی میزان جذب دارد. تحقیقات انجام شده توسط سایر محققین نشان داده است که pH بهینه جذب، بین ۵ تا ۸ متغیر است [۷]. به همین دلیل، محدوده pH مورد بررسی در این تحقیق بین ۴ تا ۸ انتخاب و آزمایش های جذب انجام شد. تنظیم pH با استفاده از اسید سولفوریک ۰/۰۲۵ نرمال و هیدروکسید سدیم ۰/۰۲۵ نرمال انجام شد. اثر pH بر روی راندمان جذب فورفورال توسط خاک اره در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- تاثیر pH بر راندمان جذب فورفورال با استفاده از خاک اره

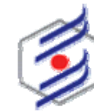


حداقل راندمان جذب در  $pH=4$  اتفاق می افتد. راندمان جذب در  $pH=4$  برابر  $60/6$  درصد می باشد. با افزایش تدریجی  $pH$ ، راندمان جذب نیز افزایش می یابد به طوری که در  $pH=6$ ، راندمان جذب فورفورال به  $84/5$  درصد می رسد. در  $pH=7$  راندمان کمتر شده است به طوریکه راندمان جذب برابر با  $81/6$  درصد می باشد و در  $pH=8$  راندمان جذب برابر  $80/7$  می باشد. بدین ترتیب با افزایش  $pH$  میزان راندمان جذب افزایش و دوباره کاهش پیدا کرده است. در  $pH=6$  ماکزیمم مقدار جذب برای فورفورال مشاهده شده است. (شکل ۲ و ۱)

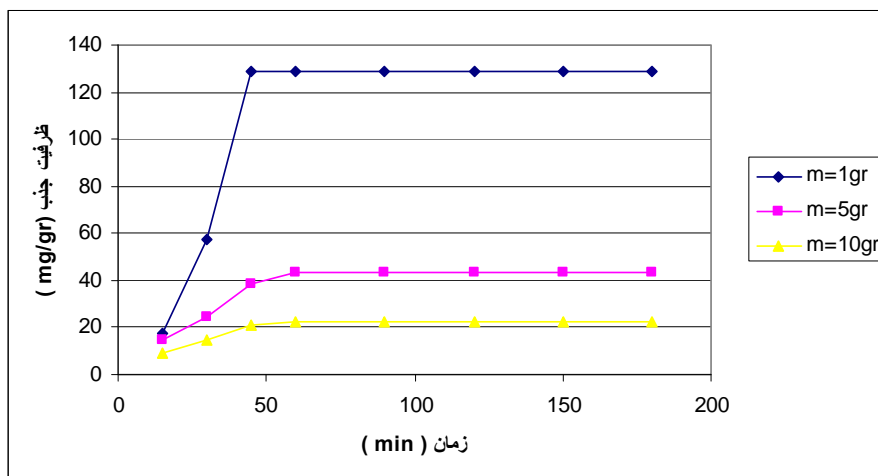


شکل ۲- تغییرات راندمان جذب فورفورال توسط خاک اره در  $pH$  های مختلف

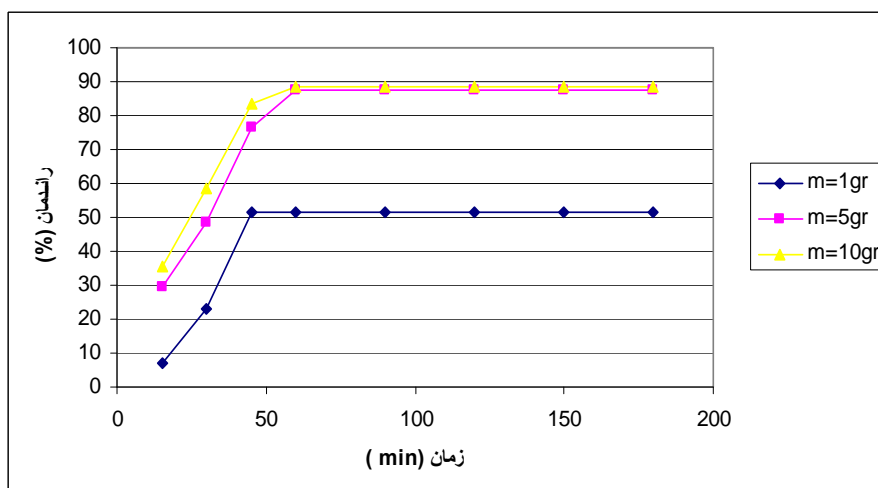
با افزایش  $pH$ ، حلالیت ترکیبات سلولز، لیگنین، همی سلولز در آب بیشتر شده و در نتیجه با افزایش گروههای عاملی هیدروکسیل، کربوکسیل و دیگر گروههای عاملی تشکیل دهنده سطح خاک اره در آب، افزایش جذب فورفورال را خواهیم داشت. بالاترین راندمان جذب در  $pH$  برابر با ۶ اتفاق افتاد که با مطالعات قبلی نیز مطابقت می نماید. با افزایش  $pH$  بعد از نقطه ماکزیمم احتمالاً مقداری باز جذب اتفاق می افتد که باعث کاهش اندکی در راندمان جذب می شود.



۳-۲- اثر دوز جاذب خاک اره



شکل ۳- ظرفیت جذب خاک اره در مقادیر (۱، ۵ و ۱۰ گرم) با غلظت ورودی ۲۵۰ میلی گرم در لیتر فورفورال



شکل ۴- تاثیر دوز جاذب بر روی راندمان جذب خاک اره در مقادیر (۱، ۵ و ۱۰ گرم) اره با غلظت ورودی ۲۵۰ میلی گرم در لیتر فورفورال

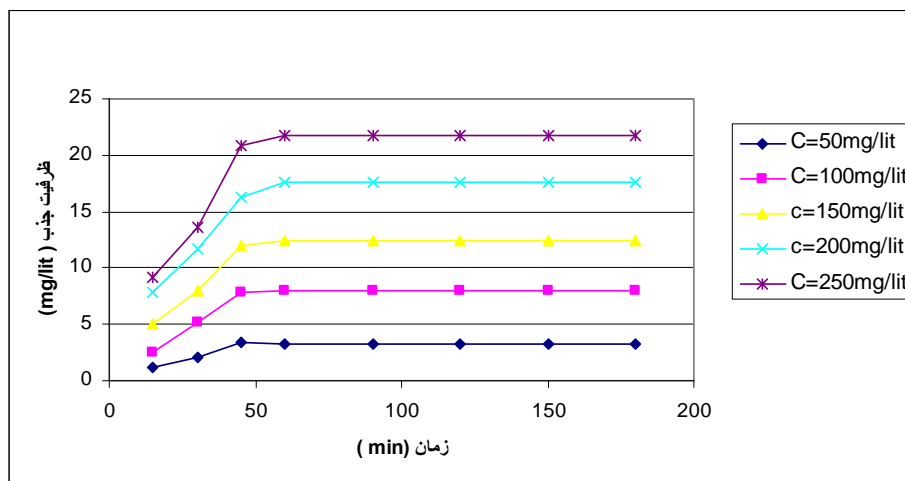
همانطور که در نمودار شکل های ۳ و ۴ نشان داده شده است در یک غلظت مشخص ( ۲۵۰ میلی گرم در لیتر فورفورال ) با افزایش مقدار جاذب راندمان جذب فورفورال توسط خاک اره افزایش پیدا کرده است اما ظرفیت جذب خاک اره با افزایش مقدار آن کاهش پیدا کرده است.

افزایش میزان جاذب یکی از پارامترهای موثر در افزایش راندمان جذب است، چرا که با افزایش مقدار جاذب ، سطح موجود برای جذب تبدلی که در اختیار ماده جذب شونده است، افزایش می یابد بنابراین راندمان جذب افزایش می یابد ولی مقدار جذب به ازای گرم جاذب کاهش می یابد که در تحقیق حاضر این مطلب به خوبی مشخص گردید

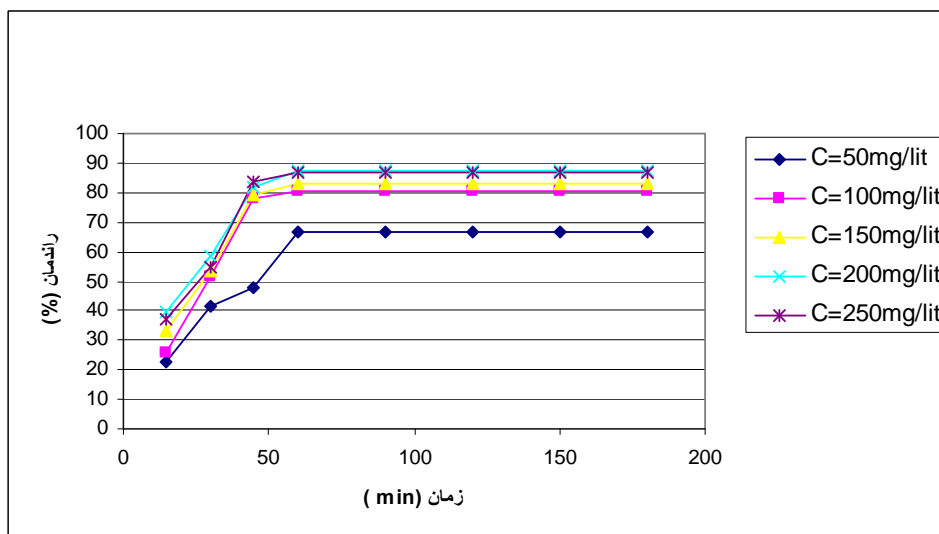


### ۳-۳- اثر غلظت اولیه فورفورال بر روی جذب

در این سری از آزمایشها ۵ سری غلظت به ترتیب ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی گرم در لیتر و با مقدار ۱۰ گرم خاک اره مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن به صورت نمودار نشان در زیر نشان داده شده است:



شکل ۵- ظرفیت جذب خاک اره در غلظت های ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی گرم در لیتر و مقدار ۱۰ گرم خاک اره



شکل ۶- راندمان جذب فورفورال توسط خاک اره در غلظت های ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی گرم در لیتر و ۱۰ گرم خاک اره

با توجه به نمودارهای (۵ و ۶) ظرفیت جذب و راندمان جذب هر دو با افزایش غلظت، افزایش می یابند. برای غلظت بالاتر، به دلیل اختلاف غلظت فورفورال در محلول و سطح جاذب، میزان جذب بیشتری حاصل می شود اما پس از رسیدن به تعادل، به علت اشباع شدن سایتهای فعال بر روی جاذب، میزان جذب و بازجذب به یک میزان اتفاق می افتد، در نتیجه منحنی ثابت می ماند



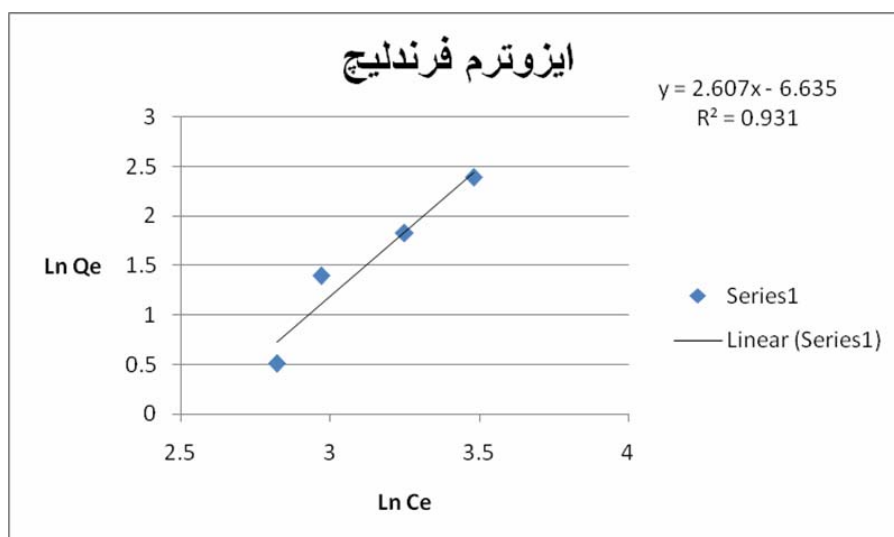


### ۳-۴- اثر زمان تماس

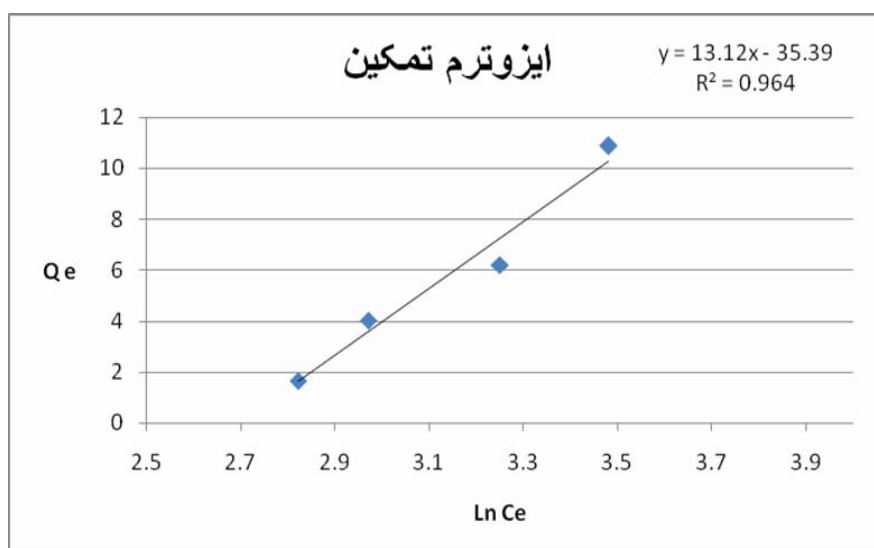
برای بررسی زمان تماس، آزمایشات در غلظت اولیه بهینه فورفورال ۲۵۰، مقدار بهینه دوز جاذب ۱۰ گرم انجام میشود. مشاهده شد با افزایش زمان تماس از ۲۰ تا ۹۰ دقیقه سرعت جذب فورفورال افزایش یافت. هنگام استفاده از ۱ گرم خاک اره، جذب در ۴۵ دقیقه اول اتفاق افتاد و پس از آن منحنی جذب ثابت ماند اما در مقادیر ۵ و ۱۰ گرم خاک اره زمان تعادل یا زمان رسیدن به بیشینه جذب پس از ۶۰ دقیقه حاصل شد. دلیل ثابت شدن منحنی را می توان اشباع سایت های جذب و نیروی دافعه حاصل از مولکولهای جذب شده و جذب نشده دانست.

### ۳-۵- ایزوترمهای جذب فورفورال

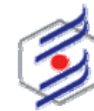
ایزوترم ها در شرایط ثابت غلظت جاذب ۱۰ gr خاک اره، pH بهینه ۶ و غلظت های مختلف اولیه از محلول فورفورال ۵۰ الی ۲۵۰ mg/l تعیین شدند.



شکل ۷- ایزوترم فرندلیخ برای جذب فورفورال با غلظت های ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی گرم در لیتر فورفورال



شکل ۸- ایزوترم تمکین برای جذب فورفورال با غلظت های ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی گرم در لیتر فورفورال



ایزوترم	B	K <sub>T</sub> (g/l)	N	K <sub>F</sub>	R <sup>2</sup>
تمکین	13.12	0.067	–	–	0.964
فرندلیچ	–	–	2.705	0.0021	0.931

جدول ۱- ثوابت ایزوترمهای جذب فورفورال روی خاک اره

همانطور که طبق جدول بالا دیده می شود، ضریب رگرسیون بالاتر از 0.9 برای دو ایزوترم تمکین و فرندلیچ نشان داد که این دو ایزوترم مدل‌های خوبی برای برازش کردن داده ها هستند. طبق مطالعاتی که روی ایزوترم لانگمیر انجام شد ضریب رگرسیون آن 0.64 به دست آمد که این نشان می دهد مدل لانگمیر ، مدل خوبی برای این داده ها نمی باشد.

#### ۴- نتیجه گیری :

جذب فورفورال روی خاک اره تحت تاثیر پارامترهای مختلف بررسی شد. بهینه pH برابر ۶ به دست آمد. بهترین دوز جذب برابر ۱۰ گرم به دست آمد. بهترین غلظت اولیه فورفورال برابر ۲۵۰ (mg/l) به دست آمد. با افزایش زمان ، افزایش جذب را داشتیم . اما بیشینه جذب بسته به مقدار جذب در دقایق اولیه اتفاق افتاد.

بر اساس نتایج حاصل از تحقیق، مشخص شد که جذب فورفورال بر روی خاک اره بالاترین تطابق و همخوانی را با مدل تمکین داشت. نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان می دهد که خاک اره می تواند به عنوان یک جاذب مطمئن برای حذف فورفورال از پساب های آلوده به این ماده سمی به عنوان یک جاذب ارزان و موثر مورد استفاده قرار صنایع مختلف قرار گیرد.



## مراجع

- ۱- سحر، سیف. (۱۳۸۶). "مقایسه عملکرد جذب سطحی با کربن فعال گرانولی و روش انعقاد و لخته سازی با فرمولاسیون ناول در حذف رنگ از پساب نساجی" پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست - آب و فاضلاب، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران.
- ۲- مصداقی نیا، ع.، مسافری، م. (۱۳۸۴). "حذف آرسنیک از آب آشامیدنی با استفاده از آلومینای فعال اصلاح شده" پایان نامه دکتری مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه تهران.
- ۳- باستانی، کتایون. (۱۳۸۵). "مطالعه ای بر امکان تصفیه بیولوژیکی فورفورال" پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات تهران.
- ۴- حسینی، سید نظام الدین. برقه ای، مهدی. "تجزیه پذیری ترکیبات حلقوی بوسیله واکنش فتوکاتالیستی دی اکسی تیتانیوم بر روی پایه های مختلف با استفاده از اشعه ماورا بنفش با و بدون آب اکسیژنه" پایان نامه دکتری مهندسی محیط زیست. واحد علوم و تحقیقات تهران.

5-Gupta,A.;Nanoti,O.;Gosvami,A. N. The removal of furfural from water by adsorption with polymeric resin.Sep.Sci. Technol. 2001, 36 (13) , 2835-2844

6-Lucas,S.;Cocero,M.j.Adsorption isotherm for ethylacetate and furfural on activated carbon dioxide. Fluid phase Equilib. 2004, 219, 171-179.

7- Abass, H, sulymon.;Kawtar, W, Ahmad. Copetitive adsorption of furfural and phenolic compound onto activated carbon in fixed bed column. Eviron.Sci. Technol. 2008 , 42, 392-397.

8- Marina Sciban,bogdank,R.Adsorption of heavy metals from electroplating wastewater by wood saw dust. Bioresource Technology, 98(2007), 402-409

9- B.H.Hameed, L,H,Chin, Adsorption of 4- chlorophenol onto activated carbon prepared from rattan sawdust. Desalination 225(2008) 185-198



## Biosorption studies of furfural onto sawdust in batch reactor

Iraj Jalilian<sup>1</sup>, Seyyed Nezamedin Hoseini<sup>2,\*</sup>, Masumeh Gowhari<sup>3</sup>, Shahram Sharifnia<sup>4</sup>,  
Seyyed Mehdi Borgheie<sup>5</sup>

Department of R&D, Production and research Complex, Pasteur Institute of Iran, Tehran , Iran  
[seyyednezam@yahoo.com](mailto:seyyednezam@yahoo.com)

### Abstract :

Furfural is one of the environmental pollutants that is usefull in oil industry and other industry.but it is harmful for humanbody and environment too. In this research biosorbption of forfoural on sawdust was studied and revised the impressive parameters, pH, initial concentration of foroural( $C_0$ ) , amount of biosorbent, time(t). experiments were done in batch reactor in constant mixing 150 rpm. Equilibrium isotherms of frendlich , temkin ,langmuir are applied. Temkin model with regression 96% was best model that fit experimental data. Optimum conditions were obtaind in ph=6 ,  $C_0=250$  mg/l , amount of biosorbent 10 gr and t=60 min.

**Keywords:** Sawdust , Biosorption , Furfural , Equilibrium Isotherm, Freundlich, Temkin