



## بررسی کارایی زائدات گیاه آفتابگردان در حذف کادمیوم از محلولهای آبی

نویسندگان: محمد حسن احرامپوش<sup>۱</sup> عبدالایمان عمویی<sup>۲</sup> محمد تقی قانعیان<sup>۳</sup> فاطمه اصغرزاده<sup>۴</sup> سهراب حلال خور<sup>۵</sup> ثریا خفری<sup>۶</sup>

۱. استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

۲. دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بابل

۳. دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

۴. نویسنده مسئول: دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، مرکز زیست فناوری پردیس بین الملل یزد

تلفن: ۰۹۱۱۲۱۱۳۳۶۰ Email: asgharzadeh\_59@yahoo.com

۵. استادیار گروه بیوشیمی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بابل

۶. استادیار آمار زیستی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بابل

### چکیده

**مقدمه:** کادمیوم از جمله آلاینده هایی است که توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) در زمره آلاینده های دارای اولویت قرار دارد. آلاینده های دارای اولویت، آلاینده هایی هستند که در صورت مواجهه با موجودات زنده می توانند باعث ایجاد سرطان، جهش ژایی و ناقص الخلقه ژایی شوند. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر زائدات گیاه آفتابگردان در حذف کادمیوم از محلولهای آبی بوده است.

**روش بررسی:** این تحقیق یک مطالعه تجربی است که در مقیاس آزمایشگاهی انجام شده است. مطالعه در یک سیستم ناپیوسته انجام شده و اثر فاکتورهای زمان تماس (۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه)، pH (۲، ۴، ۶، ۷)، غلظت کادمیوم (۱۵، ۳۰ و ۶۰ میلی گرم در لیتر) و دوزهای جاذب (۰/۲، ۰/۶ و ۱ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر) بررسی شده است. و در نهایت نتایج توسط مدل های سنتتیک تحلیل گردید.

**یافته ها:** براساس نتایج، بیشترین راندمان حذف کادمیوم ۹۵٪ بوده که در ۵ دقیقه اول اتفاق افتاده است. pH بهینه در این تحقیق ۶ به دست آمد. سنتتیک جذب کادمیوم توسط زائدات گیاه آفتابگردان از مدل درجه دوم با ضریب همبستگی  $R^2=0.999$  پیروی می کند. حداکثر ظرفیت جاذب ۲۰/۲ میلی گرم بر گرم بود. **نتیجه گیری:** نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که با افزایش pH محلول از ۲ به ۶ کارایی حذف کادمیوم افزایش یافته و در pH=۷ دوباره کاهش می یابد. کارایی حذف کادمیوم با افزایش جرم جاذب و زمان تماس افزایش و با افزایش غلظت اولیه کادمیوم کاهش می یابد.

**واژه های کلیدی:** زائدات گیاه آفتابگردان، محلول آبی، کادمیوم، سنتتیک جذب

این مقاله حاصل از پایان نامه دانشجوی کارشناسی ارشد مرکز زیست فناوری پردیس بین الملل یزد می باشد.

## طلوع بهداشت

فصلنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال دوازدهم

شماره: چهارم

زمستان ۱۳۹۲

شماره مسلسل: ۴۱

تاریخ وصول: ۹۱/۱/۲۳

تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۱۲

**مقدمه**

فلزات سنگین بسیار سمی اند و تهدید جدی برای سلامت انسان و محیط زیست به شمار می روند. افزایش فلزات سنگین در محیط اطراف ما عمدتاً نتیجه صنعتی سازی است. در نتیجه این معضل نیاز به حذف و یا بازیافت فلزات سنگین روز به روز در حال افزایش است (۱). کادمیوم که به صورت گسترده در مصارف مختلف استفاده می شود و در غلظتهای کم بسیار سمی است، این فلز در صورت مصرف، در بدن انسان علاوه بر اینکه موجب پوکی استخوان می شود، در کلیه ها تجمع یافته و افزایش آن سبب اختلال در عملکرد کلیه ها، هدر دادن پروتئین از طریق ادرار و نیز متابولیسم پتاسیم در بدن می گردد (۲). کادمیوم از جمله آلاینده هایی است که توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) در زمره آلاینده های دارای اولویت قرار دارد (۳). آلاینده های دارای اولویت، آلاینده هایی هستند که در صورت مواجهه با موجودات زنده می توانند باعث ایجاد سرطان، جهش زایی و ناقص الخلقه زایی شوند (۴-۵). مقادیر MCLG و MCL پیشنهادی برای کادمیوم ۰/۰۰۵ میلی گرم در لیتر است. حداکثر غلظت مجاز آن توسط WHO، ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر تعیین شده است. عمده ترین راه ورود کادمیوم به محیطهای آبی بوسیله فاضلاب فرایند های صنعتی مثل آبکاری، سفال گری، کاشی سازی، تولید پلاستیک، استخراج و ذوب فلزات، رنگ سازی، تولید باتریهای Cd/Ni، صنایع و کارخانه های تولیدی کودهای شیمیایی و سموم آفت کش می باشد (۶). یکی از مناطق مهم آلوده به کادمیوم در دنیا، خاک های اطراف زمین های کشاورزی است که

جهت تقویت خاک از کودهای شیمیایی فسفات دار و یا از لجن فاضلاب استفاده می شود. دلیل اصلی بیماری ایتا ایتا در کشور ژاپن، سم ناشی از فلز کادمیوم شناخته شده است (۷). در تحقیقی که توسط دهاقین و همکاران در سال ۸۸ در ارتباط با تاثیر سطح خونی کادمیوم در مادران و رابطه آن با قد و وزن نوزادان بعد از تولد انجام شد نشان داد که رابطه معکوس وجود دارد و فلز کادمیوم عامل خطر برای وزن کم نوزاد هنگام تولد مطرح است (۸). روشهای مختلفی جهت حذف فلزات سنگین مورد مطالعه قرار گرفته و بکار رفته است، از جمله این روشها می توان به ترسیب شیمیایی، تعویض یونی، الکترودیالیز و... اشاره کرد که هر کدام دارای معایبی می باشد (۹). در سالهای اخیر جذب سطحی با استفاده از مواد آلی نظیر جلبک، باکتری، قارچ، برگ درخت و زائدات کشاورزی بعنوان یکی از روشهای مناسب و ارزان قیمت با راندمان بالا برای حذف فلزات سنگین در غلظتهای کم و متوسط به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است. زائدات کشاورزی معمولاً حاوی لیگنین و سلولز هستند که ساختار اصلی آن ها را تشکیل می دهند. ترکیبات همچون همی سلولز، لیپید، پروتئین، گلوکز، نشاسته، آب، هیدروکربن و... ترکیبات متنوع دیگر در ساختار آنهاست. گروههای فعال موجود در ملکول های آن ها عبارتند از گروههای استامید، کربونیل، فنولیک، آمین، آمید، سولفیدریل، الکل می باشند. این گروهها توانایی پیوند با فلزات سنگین با جایگزینی یون های هیدروژن یا با دادن یک جفت الکترون از این گروهها به شکل کمپلکس با یون های فلز در محلول دارند. زائدات کشاورزی به خاطر ویژگی فبرها، متخلخل و دارای وزن ملکولی کم می تواند



خشک شده را با استفاده از آسیاب برقی خرد کرده تا به ذرات ریز تبدیل شوند. ذرات ریز شده را به نسبت ۱ به ۵ با آب مقطر مخلوط و به مدت ۵ ساعت به آن فرصت جوشیدن داده شد تا رنگ و آلودگی ها حذف شود. سپس آنها را فیلتر کرده و چندین مرتبه با آب مقطر شستشو داده و در فور ۸۰ درجه به مدت ۱۰ ساعت قرار داده تا رطوبت آنها کاملا حذف شود... بعد از خشک شدن، آنها را دوباره آسیاب کرده و برای دانه بندی از الکهای ASTM با مش ۷۰ عبور داده شد. سرانجام نمونه های آماده شده به منظور استفاده به عنوان جاذب در کیسه های پلاستیکی نفوذناپذیر قرار داده و نگهداری گردید (۱۳-۱۲).

۲- آماده سازی محلول آبی: در این مطالعه محلول استوک ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر کادمیوم با انحلال نیترات کادمیوم با فرمول  $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  در آب دو بار تقطیر تهیه شده و سپس محلول های نمونه به حجم ۱۰۰ میلی لیتر و دارای غلظت های مشخص کادمیوم از طریق رقیق کردن محلول استوک در ارلن های ۲۵۰ لیتری آماده گردید. جهت تنظیم pH از محلول اسید نیتریک وهیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال استفاده شد.

۳- روش انجام آزمایشات: آزمایشات به صورت ناپیوسته و با تغییر فاکتورهای pH (۲، ۴، ۶، ۷)، زمان تماس (۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه)، غلظت اولیه کادمیوم (۱۵، ۳۰، ۶۰ میلی گرم بر لیتر) و میزان جاذب (۰/۲، ۰/۶ و ۱ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر) صورت گرفت. به منظور تعیین اثر pH بر میزان ظرفیت جذب، مقدار ۰/۶ گرم جاذب در ۱۰۰ میلی لیتر محلول کادمیوم با غلظت ۳۰ میلی گرم در لیتر در pH های ۲، ۴، ۶ و ۷ قرار داده شد. جهت بررسی

یک جاذب کم هزینه برای حذف فلزات سنگین محسوب شود. ساختار گروههای کربوکسیلیک و هیدروکسیل روی سطح زایدات کشاورزی میل ترکیبی زیادی به یون های فلزات سنگین دارند (۱۰). زائدات کشاورزی به دلیل اینکه یک ماده دوریز بعد از برداشت محصول محسوب می شوند و همچنین به خاطر قیمت ارزان، دسترس بودن و تهیه آسان می توانند به عنوان یک ماده موثر و بدون خطر از نظر زیست محیطی در صنعت تصفیه آب و فاضلاب کاربرد فراوان داشته باشند. در مطالعه انجام شده توسط Malik و همکاران در سال ۲۰۰۵ که از زائدات گیاه آفتابگردان به عنوان جاذب برای حذف کروم از محلول های آبی استفاده شد. نتایج نشان داد که این جاذب دارای راندمان ۸۵٪ می باشد (۱۱) مطالعه حاضر با هدف بررسی امکان استفاده از زائدات گیاه آفتابگردان برای حذف فلز کادمیوم از محلول های آبی انجام شد. در این مطالعه فاکتورهایی مانند زمان تماس، pH محلول، غلظت کادمیوم و دوز جاذب و همچنین مدل های سنتیک مورد بررسی قرار گرفتند.

### روش بررسی

این تحقیق یک مطالعه تجربی بوده که در آن از زائدات گیاه آفتابگردان به عنوان جاذب در حذف کادمیوم استفاده گردیده است. برای انجام مطالعه زائدات گیاه آفتابگردان در فصل برداشت محصول از زمین های کشاورزی شهرستان بابل از توابع استان مازندران جمع آوری شد که مراحل کار به صورت زیر می باشد.

۱- آماده سازی جاذب: جهت آماده سازی اولیه این زائدات آنها را با آب تصفیه شده برای حذف گردو غبار شستشو و بعد زیر نور آفتاب قرار داده تا رطوبت آن به طور کامل از بین برود. مواد



V: حجم مایع در داخل راکتور (L)

راندمان حذف یون کادمیوم در نمونه هر نمونه با استفاده از فرمول

زیر محاسبه شد:

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

R: راندمان حذف (درصد)

C<sub>0</sub>: غلظت اولیه در نمونه (mg/l)

C<sub>e</sub>: غلظت باقیمانده در نمونه (mg/l)

۶- تعیین میزان سینتیک جذب

مدل های سینتیکی برای شفاف سازی مکانیسم و سرعت واکنش

در فرآیند جذب سطحی پیشنهاد می شوند. این مدل ها به ویژگی

های فیزیکی و شیمیایی جاذب و فرایند انتقال جرم وابسته

می باشند (۱۴).

$$\ln(q_{eq} - q) = \ln q_{eq} - \frac{K_1 t}{2.303}$$

q و q<sub>e</sub> (mg g<sup>-1</sup>) فلز کادمیوم جذب شده به ازای هر گرم

جاذب در زمان t و در حالت تعادل است.

K<sub>1</sub> ثابت سینتیک مرتبه اول (min<sup>-1</sup>) است. K<sub>1</sub> از شیب نمودار

ln(q<sub>eq</sub> - q) در مقابل t تعیین می شود.

همچنین سینتیک جذب ممکن است به وسیله معادله شبه درجه

دوم توصیف گردد که بر مبنای ظرفیت جذب در فاز جامد به

صورت زیر است:

$$\frac{t}{q} = \frac{1}{K_2 q_{eq}^2} + \frac{1}{q_e} t$$

اگر معادله شبه درجه دوم قابل کاربرد باشد، نمودار  $\frac{t}{q}$  در مقابل t

اثر غلظت اولیه کادمیوم، میزان دوز جاذب ۱ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر

در طی مدت ۱۲۰ دقیقه و در pH=۶ در تماس با محلول کادمیوم با

غلظت های ۱۵، ۳۰ و ۶۰ میلی گرم در لیتر قرار گرفت. اثر زمان

های تماس مختلف بر حسب دقیقه (۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۱۲۰) در

pH = ۶ و میزان دوز جاذب ۰/۲، ۰/۶ و ۱ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر و

غلظت ۶۰ میلی گرم بر لیتر کادمیوم نیز بررسی گردید.

۴- روش آنالیز و تحلیل: در این تحقیق مقدار کادمیوم با استفاده از

دستگاه جذب اتمی شعله ای (FAAS) مدل PG-990 در طول

موج ۲۲۸ نانومتر بر اساس روش ارائه شده در کتاب استاندارد

آزمایش های آب و فاضلاب اندازه گیری شد (۱). به منظور ایجاد

اختلاف از دستگاه شیکر مدل FL 83 با سرعت ۱۲۰rpm استفاده

گردید. سپس نمونه ها با استفاده از صافی غشایی ۰/۴۵ میکرون

واتمن صاف و محلول حاصل در ظروف پلی اتیلنی ریخته شد.

سپس به منظور نگهداری نمونه ها، pH آنها با استفاده از اسید

نیتریک به زیر ۲ کاهش داده شد و نمونه ها تا قبل از اندازه گیری

با دستگاه جذب اتمی در یخچال نگهداری شد.

۵- تعیین ظرفیت جذب: ظرفیت جذب، از طریق رابطه زیر محاسبه

گردید (۱۴).

$$q_e = (C_0 - C_e) \frac{V}{m}$$

q<sub>e</sub>: میزان آلاینده جذب شده به ازاء واحد جرم جاذب

(mg/g)

C<sub>0</sub>: غلظت اولیه ماده آلاینده در محلول (mg/L)

C<sub>e</sub>: غلظت نهایی آلاینده بعد از برقراری تعادل (mg/L)



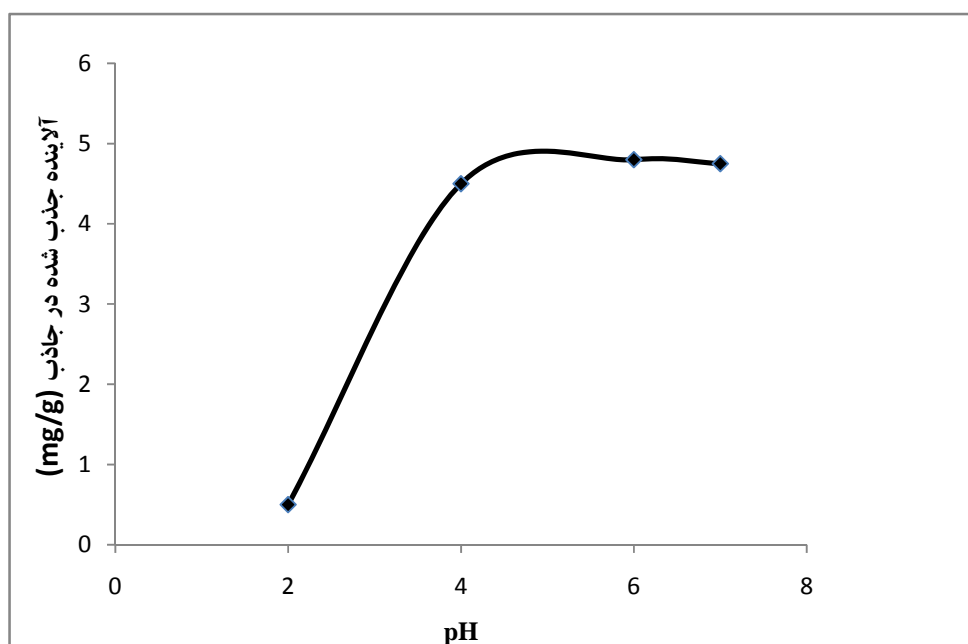
بیشترین جذب در pH برابر ۶ رخ داده است. ضمناً pH بالاتر از ۷ موجب رسوب یون کادمیوم می شود.

برای بررسی تاثیر غلظت اولیه کادمیوم بر جذب، غلظت اولیه کادمیوم از ۱۵ تا ۶۰ میلی گرم در لیتر تغییر داده شد. در این مرحله از آزمایش دیگر پارامترهای مورد بررسی مانند pH و دوز جذب ثابت بود. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود با افزایش غلظت اولیه کادمیوم میزان ظرفیت جذب افزایش یافته است. با افزایش غلظت، مکان های موجود برای جذب بر روی سطح جذب کمتر می شود. اگرچه درصد حذف با افزایش غلظت کادمیوم کاهش می یابد اما مقدار کادمیوم جذب شده به ازای واحد جرم جذب افزایش پیدا می کند.

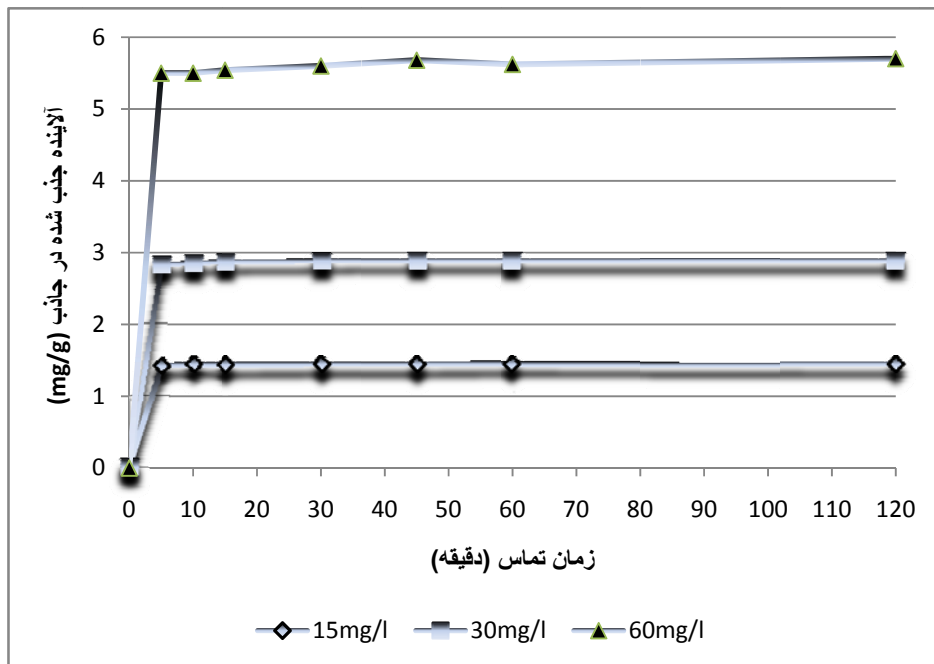
از معادله فوق باید یک رابطه خطی را نشان دهد.  $k_2$  ثابت سینتیک مرتبه دوم ( $g (mg \cdot min)^{-1}$ ) است.  $k_2$  و  $q_{eq}$  از شیب و نقطه تقاطع نمودار تعیین می شوند.

### یافته ها

برای مطالعه اثر pH، محلول های سنتتیک با غلظت ۳۰ میلی گرم بر لیتر در pH های ۲، ۴، ۶ و ۷ تهیه گردید. و به هر یک از نمونه ها به حجم ۱۰۰ میلی لیتر ۰/۶ گرم جذب اضافه شد و نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر قرار گرفت. نتایج حاصل از این مطالعه در شکل ۱ نشان می دهد که میزان ظرفیت جذب کادمیوم در محلول آبی نمونه توسط زائادات گیاه آفتابگردان با افزایش pH تا ۶ pH= افزایش و سپس و در pH=۷ دوباره کاهش می یابد.



شکل ۱: تاثیر pH اولیه بر جذب کادمیوم با غلظت ثابت ۳۰ mg/l (مقدار جاذب ۰/۶ گرم)



شکل ۲: تاثیر غلظت اولیه کادمیوم بر حذف کادمیوم (زمان تماس ۱۲۰ دقیقه، pH = ۶، دوز جاذب ۱ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر)

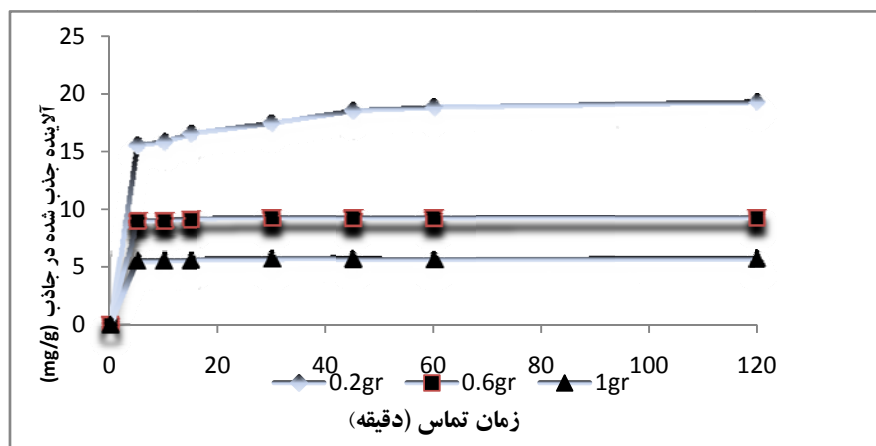
سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه نسبت به اندازه گیری میزان نهایی کادمیوم در محلول اقدام شد.

نتایج این قسمت از مطالعه بیانگر این موضوع است، که با افزایش جرم جاذب تا مقدار ۰/۶ گرم، میزان درصد حذف فلز کادمیوم با شیب زیاد و به صورت خطی افزایش می یابد. (شکل ۴).

بررسی داده های حاصل از این تحقیق بیانگر این است مقدار ضریب همبستگی ( $R^2$ ) در مدل شبه درجه اول نسبتاً پایین است. بنابراین جذب کادمیوم روی زائدات گیاه آفتابگردان با مدل شبه درجه اول تطابق ندارد. ولی مقدار ضریب همبستگی در مدل شبه درجه دوم بسیار بالاست. بنابراین این مدل، همبستگی خوبی برای جذب کادمیوم روی زائدات گیاه آفتابگردان فراهم می آورد. ( $R^2=0.999$ )

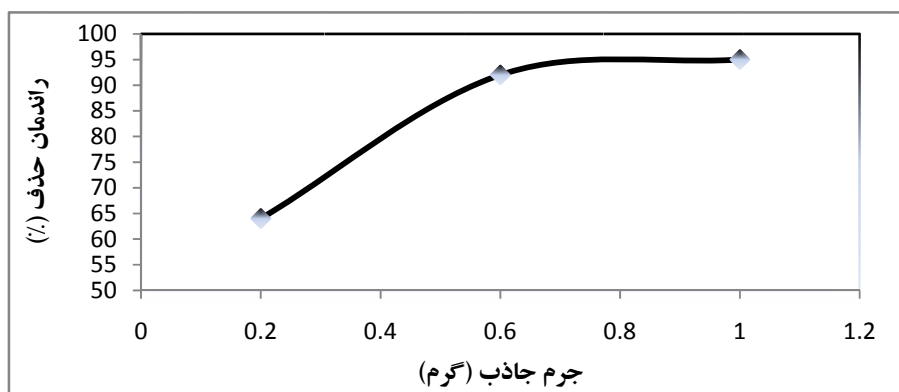
نتایج حاصل از تاثیر زمان تماس بر روی جذب، نشان می دهد که جذب کادمیوم بر روی زائدات گیاه آفتابگردان سریع است. به طوری که ۹۵ درصد جذب در طی ۵ دقیقه ابتدایی اتفاق می افتد و با افزایش مدت زمان تماس سرعت جذب کاهش می یابد. کاهش شیب نمودار با افزایش زمان تماس نشان دهنده پیشرفت واکنش به سمت ایجاد تعادل و اشباع شدن جاذب می باشد (شکل ۳).

برای تعیین تاثیر مقدار جاذب بر کارایی حذف کادمیوم مقادیر ۰/۲، ۰/۶، ۱، ۰/۶ گرم جاذب به ارلن های حاوی ۱۰۰ میلی لیتر از محلول حاوی غلظت های متفاوت کادمیوم (۱۵، ۳۰، ۶۰ میلی گرم در لیتر) با pH بهینه ۶ اضافه شد. پس از زمان ماندهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه و میزان اختلاط با



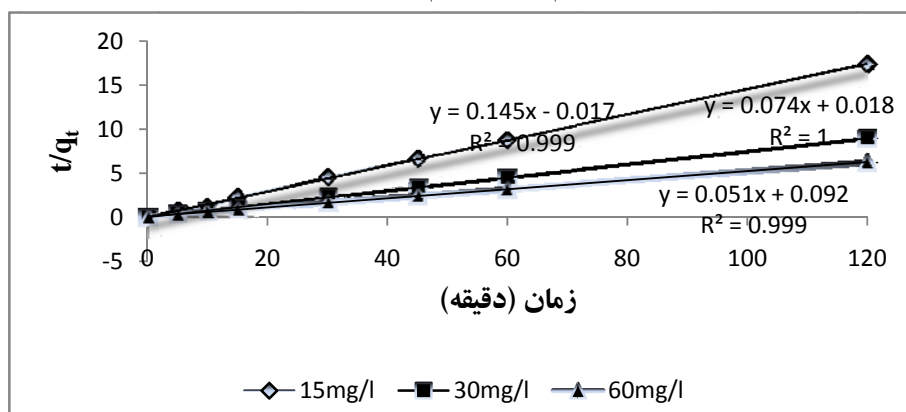
شکل ۳: تاثیر زمان تماس بر حذف کادمیوم

(زمان تماس ۱۲۰ دقیقه، pH = ۶، غلظت اولیه کادمیوم ۶۰ میلی گرم بر لیتر)



شکل ۴: تاثیر جرم جاذب بر راندمان حذف کادمیوم

(غلظت اولیه کادمیوم ۶۰ میلی گرم در لیتر، زمان تماس ۱۲۰ دقیقه، pH = ۶)



شکل ۵: مدل سنتیکی شبه درجه دو جذب کادمیوم بر زائادات گیاه آفتابگردان

**بحث و نتیجه گیری**

بر اساس داده های حاصل از تحقیق حاضر، جذب کادمیوم توسط ساقه آفتابگردان تحت تاثیر تغییرات pH قرار دارد. با کاهش pH به دلیل آزاد شدن یون هیدروژن در محلول به این دلیل که اندازه یون هیدروژن کوچکتر از یون کادمیوم می باشد سریعتر از آن جذب شده و ظرفیت جذب را کاهش می دهد. با افزایش pH نیز بدلیل آزاد شدن یون هیدروکسید قابلیت جذب کادمیوم کاهش می یابد و بیشترین جذب در pH برابر ۶ رخ داده است. نتایج مشابهی توسط محوی و همکاران در سال ۲۰۰۷ و علیپور در سال ۸۹ و حیدری در سال ۱۳۸۷ ارائه گردیده است (۱۷-۱۵). در تحقیقات انجام شده توسط حیدری و همکاران در سال ۱۳۸۷ در حذف کادمیوم توسط شلتوک برنج مشخص گردید که بیشترین حذف در  $pH=6$  حاصل گردید. در تحقیقات انجام شده توسط Serencam و همکاران در سال ۲۰۰۸ در ایتالیا که از برگ درخت صنوبر برای حذف کادمیوم از محلول های آبی استفاده شد. pH مناسب ۶ بیان شده است (۱۸).

همچنین نتایج این پژوهش نشان می دهد تغییرات غلظت اولیه آلاینده های جذب شونده از عوامل دیگری است که میزان جذب را در این سیستم ها تحت تاثیر قرار می دهند بر اساس یافته های مطالعه میزان کادمیوم جذب شده در واحد جرم جاذب با افزایش غلظت اولیه کادمیوم افزایش می یابد. چنین نتایجی توسط عسگری و غنی زاده در سال ۲۰۰۹ و Mehmet در سال ۲۰۰۴ تایید شده است. علت افزایش میزان جذب در غلظت های بالاتر به این دلیل است در چنین شرایط نیروی انتقال جرم افزایش

یافته و همین پدیده بر نیروی مقاومت کننده در برابر جذب غلبه کرده و باعث ایجاد نیروی رانش قابل توجهی جهت انتقال آلاینده از فاز مایع به سطح مشترک جاذب مایع شده و در نتیجه باعث افزایش میزان جذب در واحد جرم جاذب می گردد (۲۰، ۱۹). اگر این مسئله از نقطه نظر راندمان حذف کادمیوم حذف شده مورد بررسی قرار دهیم نتایج نشان می دهد افزایش غلظت اولیه کادمیوم راندمان حذف کاهش می یابد. مطالعات مشابه نشان داده اند که افزایش غلظت کادمیوم باعث کاهش راندمان جذب می گردد (۲۱). Nameni و همکاران در پژوهشی که در مورد حذف کروم با ساقه گندم انجام دادند. چنین گزارش کردند با افزایش غلظت اولیه کروم راندمان حذف کاهش یافت. علت آن را محدود بودن مکان های جذب بر روی جاذب بیان داشتند. در این پژوهش وقتی غلظت اولیه کروم از ۲/۵ به ۱۵ میلی گرم بر لیتر افزایش یافت راندمان از ۵۲ به ۴۰ درصد کاهش یافت (۲۲).

نتایج بررسی زمان جذب بیانگر این است که سرعت جذب کادمیوم بر زائدات گیاه آفتابگردان خوب است به طوری که در ۵ دقیقه ابتدایی بیشترین جذب کادمیوم صورت می گیرد. این موضوع از نظر طراحی و حجم مخازن مورد استفاده برای جذب اهمیت دارد به طوری که هر چه سرعت جذب زیادتر باشد مخازن و فضای مورد نیاز کمتر خواهد شد با توجه به شکل ۲ و ۳ مشاهده می گردد در ابتدا با پیشرفت زمان، سرعت جذب کادمیوم بسیار سریع بوده اما پس از گذشت حدود ۱۰ دقیقه درصد حذف کادمیوم به یک مقدار تقریباً ثابتی می رسد که مبین رسیدن به تعادل در جذب است. در زمان رسیدن به تعادل، منحنی جذب





نتیجه با تحقیقات انجام شده توسط Rafatullah در سال ۲۰۱۰ در مالزی و ربانی در سال ۱۳۸۸ در ایران مطابقت دارد (۲۶،۲۷). نتایج داده های این مطالعه نشان می دهد که با افزایش pH، زمان تماس و دوز جاذب، راندمان حذف کادمیوم در محلول آبی توسط جاذب تهیه شده از زائدات و پسماندهای گیاه کلزا افزایش می یابد. از سوی دیگر با توجه به کارایی مناسب، ارزانی و در دسترس بودن این نوع از جاذب های طبیعی و نیز مزاحمت های آنها به عنوان مواد زاید و آلاینده محیط زیست، کاربرد آنها به عنوان جاذب می تواند از یک سو سبب کاهش پسماندهای کشاورزی و کنترل آلودگی های محیط زیست و از سوی دیگر به عنوان یک ماده موثر و بدون خطر زیست محیطی در صنعت تصفیه آب و فاضلاب کاربرد فراوان داشته باشند.

### تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل پایان نامه دانشجویی کارشناسی ارشد بوده و نویسندگان مقاله لازم می دانند از کسانی که در اجرای این پژوهش مساعدت نموده اند، تشکر و قدردانی نمایند.

### References

- 1- Montazeri N, Baher E, Barami Z, et al. Kiwi role in the elimination of environmental pollution and its influencing factors. Journal of Natural Resources Science and Technology 2001; 5:117-28.[Persian]
- 2- Patterson J. W, Passino R. Metals speciation separation and recovery. Lewis publishers; 1987.
- 3- Hendricks D W. Water treatment processes: Physical and chemical CRC press;2006: 31-2.
- 4- Organization for economic co-operation and development (OECD). Environmental requirements for industrial permitting approach and instruments, OECD publishing, 1999.
- 5- Mackenthum K M, Bergman J I. Environmental regulation handbook. CRC press; 1992: 51-2.
- 6- Amoui A Bioremediation of soils contaminated with heavy metals lead, cadmium, zinc by plants.[ PhD thesis]. Tehran University of medical sciences.2004.[Persian]

کادمیوم با محور زمان تقریباً موازی می شود. این نتیجه با نتایج مطالعه علیپور و همزه مطابقت دارد (۲۳ و ۱۶). بر اساس این نتایج، حدود ۹۰ درصد جذب در همان ۵ دقیقه ابتدایی و ۱۰ درصد باقی مانده در ساعات بعدی انجام می شود.

همچنین نتایج حاصل از بررسی مقدار جاذب نشان داد که با افزایش مقدار جاذب، راندمان حذف افزایش می یابد. این افزایش در مقادیر کم غلظت کادمیوم با سرعت بیشتری اتفاق می افتد و به تدریج افزایش راندمان با شیب کمتری همراه با افزایش مقدار جاذب ادامه می یابد. دلیل این امر می تواند در دسترس بودن مساحت سطحی و وجود مکان های جذب بیشتر باشد. ززولی و همکاران نیز دلیل افزایش راندمان حذف همراه با افزایش مقدار جاذب را در دسترس بودن مساحت سطحی بزرگتر و مکان های جذب بیشتر ذکر کردند (۲۸). نتایج این بخش با مطالعات انجام شده توسط سعیدی و El-Sayed مطابقت دارد (۲۴-۲۵).

تحلیل داده های جذب کادمیوم بر ساقه آفتابگردان با ستیک جذب نشان داد که جذب کادمیوم بر ساقه آفتابگردان از مدل درجه دوم با ضریب همبستگی  $R^2=0.999$  پیروی می کند. این



- 7- Friberg L M, Piscoar G F, Nordberg T. 1974. Cadmium in the Environment. 2<sup>nd</sup> ed. CRC Press; Cleveland, OH:1974
- 8-Dehaghin M, Shariat M, Nourouzi M, Vigheh M, Ramzanzadeh F. Effect of environmental exposure to Cadmium on pregnancy outcome. *Iran J Health & Environ* 2010; 3 (1): 1-10.[Persian]
- 9)Davoudi M. Cadmium removal from simulated Acid Mine Drainage using Ion Flotation [MS thesis] Yazd university of medical sciences.2009.[Persian]
- 10- Johnson T, Jain N, Joshi Hc, Prasad SH. Agricultural and agro-processing wastes an low cost adsorbents for metal removal from waste water:A review 2008;67:647-58.
- 11-Malik U,Hassany M,Subhani M. Sorptive potential of sunflower stem for Cr(III) ions from aqueous solution and its kinetic and thermodynamic profile. *Talanta* 2006; 66: 166-73.
- 12- Jain M, Garga V.K, Kadirvelub K. Equilibrium and kinetic studies for sequestration of Cr(VI) from simulated wastewater using sunflower waste biomass. *Journal of Hazardous Materials* 2009; 171: 328–34.
- 13- Jain M, Garg VK, Kadirvelu K. Adsorption of hexavalent chromium from aqueous medium on to carbonaceous adsorbents prepared from waste biomass. *Journal of Environmental Management* 2010; 91: 949–57.
- 14- Samadi MT, Nourozi R, Azizian S, Dadban Shahamat Y, Zarabi M. Survey Impact of Activated Alumina in Fluoride Concentration Peresent in Water and Appointment Adsorption Isotherm and Kinetics. *Iranian Journal of Health and Environment* 2009; 2(3): 224-31. [Persian]
- 15- Mahvi A.H, Nouri J., Omrani G.A and Gholami F. Application of Platanus orientalis Leaves in Removal of Cadmium from Aqueous Solution. *World Applied Sciences Journal* 2007; 2 (1): 40-4. [Persian]
- 16-Alipour S. Cadmium removal from agricultural wastewater using sugar cane bagasse. *Journal of Chemical Engineering, Iran Summer* 2010; 29(2):99-107 [Persian]
- 17-Heidari Z. Review process to remove cadmium from the aqueous environment at low concentrations by the modified husk [PhD thesis]. Chamran Shahid university Ahvaz. 2009.
- 18- Serencam H, Gundogdu A, Uygur Y, Kemer B, Bulut VN, Duran C, et al. Removal of cadmium from aqueous solution by Nordmann fir (*Abies nordmanniana* (Stev.) Spach. Subsp. nordmanniana) leaves. *Bioresource Technology* 2008; 99 :1992–2000.
- 19-Ganizadeh Gh, Asgary Gh. Removal of Methylene Blue dye from Synthetic wastewater by using bone char. *Journal of Health and Environment* 2009;2(2): 104-13. [Persian]
- 20-Mehmet D, Mahi A, Aydin T, Yasemin O. Kinetics and Mechanism of Removal of Methylene Blue by adsorption on to perlite. *Journal of Hazardous Materials* 2004; 109(1-3): 141-48.
- 21- H. Benaissa. Screening of new sorbent materials for cadmium removal from aqueous solutions. *Journal of Hazardous* 2006; 132: 189-195.



- 22- M. Nameni; M. R. Alavi Moghadam; M. Arami .Adsorption of hexavalent chromium from aqueous solutions by wheat bran. *Journal of Environ* 2008: 5 (2), 161-168.
- 23-Hamzeh Y,Izadbar S, Azadeh E, Abyaz A, Asadollahi Y. Using canola as absorbent paint waste acid aqueous solution *Avrnzh* 7. *Iranian Journal of Health and Environment* 2011; 4(1):49-56. [Persian]
- 24-Saidi M, Gamshidi A, Absi A, Bayat G. Cadmium removal from water solutions by charcoal made from walnut and almond skin and comparison with granular activated carbon. *Journal of Water and Treatment* 2009; 2: 16-22. [Persian]
- 25-El-sayed G, Desspuki H, Ibrahim S.Biosorption Of Ni (II) And Cd (II) Ions From Aqueous Solutions Onto Rice Straw. *Chemical Sciences Journal*, 2010; 9,1-11.
- 26- Rafatullah M, Sulaiman O, Hashim R, Ahmad A, Removal of cadmium (II) from aqueous solutions by adsorption using meranti wood. *Wood Sci Technol*. 2010;10, 26-47.( springer)
- 27-Rabani P, Abdolali A, Montazer Rahmati M, Keshtcar A, Dabbagh R. Biological uptake of cadmium and nickel by *Cystoseira indica* algae as raw and processed. *Journal of Chemical Engineering* 2009; 1 (43): 37-45 .



## The Efficiency of Sunflower Residuals in the Elimination of Cadmium from Aqueous Solution

Ehrampoush MH(Ph.D)<sup>1</sup> Amouei A(Ph.D)<sup>2</sup> Ghaneian MT(Ph.D)<sup>3</sup> Asgharzadeh F(MS.c)<sup>4</sup> Halalkhour S(Ph.D)<sup>5</sup> Khafri S(Ph.D)<sup>6</sup>

1.Professor, Department of Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

2.Associate professor, Department of Environmental Health, Engineering Babol University of Medical Sciences, Babol,Iran.

3.Associate professor, Department of Environmental Health, Engineering Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

4.Corresponding Author: MS.c Student in Environmental Health Engineering, Faculty of International Campus, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

5.Associate Professor, Department of Biochemically, Babol University of Medical Sciences, Babol,Iran.

6.Associate Professor, Department of Biostatistics Babol University of Medical Sciences, Babol,Iran.

### Abstract

**Introduction:** According to the United States Environmental Protection Agency (USEPA), Cadmium is a critical leading pollutant. Priority pollutants are pollutants that can cause Cancer, Mutagenesis, and Malformation in exposed organisms. The aim of this study was to evaluate the effect of sunflower residuals on removal of cadmium from aqueous solutions.

**Methods:** This experimental study was performed in laboratory scale and was performed on 200 synthetic samples in a batch system. In this study the effect of parameters such as contact time (5,10, 15,30,45,60,120 min), pH (2,4,6,7), cadmium concentration (15,30, and 60 mg) and adsorbent doses (0.2,0.6,1 grams in 100 cc) was evaluated. Finally the results were analyzed by kinetic models.

**Results:** The results showed that, cadmium removal efficiency was 95% after 24 hours. Optimum pH range was 6. Maximum absorption occurred in 5 minutes. Investigating absorption through kinetic model showed that Cadmium absorption by sunflower residuals follows pseudo-second-order model( $R^2 = 0.999$ ).

Maximum binding capacity was 20.2 mg g.

**Conclusion:** On the basis of the results, removal efficiency of cadmium increases by increasing the solution pH from 2 to 6 and reduces higher than 7 again. Cadmium removal efficiency would increase with contact time and adsorbent mass and decrease with increasing initial concentration of Cadmium .

**Keywords:** Sunflower residuals, Aqueous solution, Cadmium, Absorption kinetic