Heavy Metal Removal from Industrial Effluents by Natural Fibers

Mahvi, A., (Ph.D). Bina, B. (Ph.D), Saeedi, A. (M.Sc)
School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences

Abstract

The abilities of low-cost adsorbents such as waste leaves of tea, walnut shells, wheat straw, and rice straw to remove a range of metal ions from aqueous solution were evaluated. Studies were conducted as batch adsorption assays and adsorption experiments were carried out by shaking 0.5, 0.9, and 1.3g of adsorbents with 100 ml of synthetic wastewater. At the end of a preselected reaction time, one hour, the adsorbent were separated. The remaining concentration of heavy metal ions in each sample after adsorption was determined (in the case of cadmium and chromium using atomic absorption spectrometric method and in the case of aluminum using the Eriochrome cyanine R method). The abilities of these adsorbents to remove the heavy metal ions cadmium, chromium (VI), and aluminum from solution at three different concentrations, 5, 10, and 15mg/l were compared. The most useful adsorbents for the adsorption of cadmium, aluminum, and chromium (VI) for the metal ion with initial concentration of 5mg/l and the adsorbent dosage of 0.5 g were waste leaves of tea (max. 97.1%), walnut shells (max. 63.3%), and waste leaves of tea (max. 87.7%), respectively. The amount of adsorbed metal ions was dependent on their species and initial concentrations. The amount of adsorbed metal ions per unit weight of adsorbents increased with increasing concentration. The batch adsorption kinetics and adsorption equilibrium were examined and described by a first order reaction and Freundlich isotherm respectively.

بررسی کارآیی الیاف طبیعی در حذف کادمیوم از پساب‌های صنعتی

(دریافت ۸۰/۸/۲۰ پذیرش ۸۱/۸/۲۹)

امیرحسین محوی* بیژن بینا** عباس سعیدی***

چکیده

سمیت برخی فلزات سنگین حتی در مقادیر کم، تمایل آن‌ها به تجمع زیستی در زنجیره غذایی، عدم قابلیت تجزیه بیولوژیکی آن‌ها و وضع قوانین زیست محیطی سخت‌تر راجع به تخلیه فلزات سنگین، انجام طرح‌هایی را برای حذف فلزات سنگین از پساب‌ها ضروری می‌نماید. جهت حذف فلزات سنگین چندین روش وجود دارد که هر یک از این فرایندها دارای محدودیت‌ها و محاسنی هستند. در دهه‌های اخیر جذب فلزات سنگین به وسیله مواد ارزان‌قیمت مورد توجه قرارگرفته است. یکی از این مواد پیشنهادی الیاف گیاهی می‌باشد. هدف از این مطالعه نیز بررسی کارایی الیاف طبیعی یعنی تفاله چای، پوست گردو، کاه برنج و کاه گندم در حذف کادمیوم است.

مطالعه حاضر به صورت رآکتور ناپیوسته انجام گرفت. در آزمایش‌های جذب که ۰/۵، ۰/۹، و ۱/۳ گرم از جاذب با ۱۰۰ میلی‌لیتر از پساب سنتتیک به هم زده شدند. پس از یک ساعت اختلاط، جاذب جدا شده و غلظت کادمیوم باقی‌مانده به وسیله اسپکتوفتومتر جذب اتمی اندازه‌گیری گردید. توانایی این جاذب‌ها برای جذب یون کادمیوم از محلول‌های با سه غلظت ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر مقایسه شدند.

توانایی جاذب‌ها برای جذب کادمیوم برای غلظت فلز برابر ۵ میلی‌گرم در لیتر و دزاژ جاذب ۰/۵ گرم به ترتیب برای کاه گندم (۵۹/۳٪) ، کاه برنج (۷۰/۱٪) ، پوست گردو (۷۹/۳٪) و تفاله چای (۹۷/۱٪) می‌باشد. مقدار یون فلزی جذب شده به غلظت اولیه آن بستگی داشت. مقدار یون کادمیوم جذب شده در واحد وزن جاذب با افزایش غلظت افزوده می‌گشت.

تفاله چای، پوست گردو، کاه گندم و کاه برنج برای حذف یون‌های کادمیوم از پساب‌ها مناسب می‌باشند. این جاذب‌ها فراوان بوده و به جز کاه گندم که دارای قیمت پایینی می‌باشد، بقیه مجانی هستند. این جاذب‌ها می‌توانند درصدهای بالایی از کادمیوم را به ویژه در غلظت‌های پایین از محلول‌های آبی جدا نمایند.

کلمات کلیدی : تفاله چای، پوست گردو، کاه گندم، کاه برنج، جذب، کادمیوم.

مقدمه

از دیدگاه زیست محیطی فلزات سنگین به فلزاتی نظیر کادمیوم و کروم گفته می‌شود که سمی هستند [۱ و۲]. تخلیه پساب‌های حاوی فلزات سنگین به محیط زیست، برای موجودات زنده مختلف زیان‌آور است. اثر زیان‌آور این فلزات بر روی بدن انسان شامل آسیب به سیستم عصبی و کلیه‌ها، ایجاد جهش و نیز پدید آوردن تومورها می‌باشد. مهم‌ترین راه دفع فلزات سنگین از بدن، کلیه‌ها هستند. موادی که برای کلیه‌ها سمی هستند، نفروتاکسین‌ها نامیده می‌شوند. سرب و کادمیوم مثال‌هایی از نفروتاکسین‌ها می‌باشند. هم‌چنین کادمیوم از لحاظ اپیدمیولوژیکی به ایجاد سرطان‌های به خصوصی در انسان ارتباط داده شده است [۳ و٤]. با توجه به این اثرات مضر و هم‌چنین خاصیت تجمعی این فلزات و نیز عدم قابلیت تجزیه بیولوژیکی آن‌ها، حذف آن‌ها از پساب‌ها از نظر بهداشت عمومی موضوعی مهم می‌باشد.

* عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی ایران
** عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان
*** کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط

چند روش برای حذف فلزات سنگین پیشنهاد شده است. ترسیب شیمیایی، فیلتراسیون غشایی، تبادل یونی، فرایندهای الکترولیتیک و جذب برخی از معمول‌ترین روش‌های به کار رفته می‌باشند. هر یک از این فرایندها دارای محاسن و محدودیت‌هایی هستند [۵، ٦ و ۷].

جذب توسط کربن فعال فرایند موثری برای حذف فلزات سنگین می‌باشد به ویژه هنگامی که غلظت فلز پایین است. اما استفاده از کربن فعال دارای هزینه بالایی است [۸ و ۹]. با توجه به این موضوع استفاده از مواد ارزان قیمت به عنوان جاذب برای حذف فلزات سنگین مورد توجه قرار گرفته است. این مواد دارای گستره‌ای از بیومس [۱۰ و ۱۱] تا محصولات کشاورزی مثل پشم [۱۲] ، پوست برنج، سبوس برنج [۱۳]، تفاله نیشکر [۱٤] و یا پوست دانه‌های خوراکی و پوست نارگیل [۱۵] می‌باشند. هدف از این مطالعه بررسی کارایی الیاف طبیعی یعنی تفاله چای، پوست گردو، کاه برنج و کاه گندم در حذف کادمیوم از پساب‌ها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای انجام آزمایش‌های جذب به صورت ناپیوسته از چهار جاذب تفاله چای، کاه گندم، کاه برنج و پوست گردو استفاده شد. تفاله چای مربوط به چای احمد بود که پس از دم کردن چای تفاله آن جدا شده و خشک گردید. پوست گردو متعلق به گردوی منطقه کرج و کاه برنج از شالیزارهای اطراف شهر محمودآباد و کاه گندم از ورامین تهیه شد. مواد و معرف‌های شیمیایی مورد استفاده در این مطالعه همگی دارای درجه خلوص آزمایشگاهی بودند.

آزمایش‌های جذب در این پژوهش به صورت ناپیوسته بوده و سه بار تکرار شدند. آنالیزها بر اساس مندرجات کتاب استاندارد متد (۱۹۹۵) [۱٦] ، انجام گرفتند. جاذب‌ها پس از خرد شدن با استفاده از الک مش ۱۰ که اندازه ۲ میلی‌متر یا کوچک‌تر را از خود عبور می‌داد ، غربال شدند و در ظروف پلاستیکی برای استفاده بعدی ذخیره شدند.

ابتدا ۱۲ ارلن ۲۵۰میلی‌لیتری برداشته و به سه دسته چهارتایی تقسیم شدند. در چهار ارلن اول هر یک ۰/۵ گرم، در چهار ارلن دوم هر یک ۰/۹ گرم و در چهار ارلن سوم هر یک ۱/۳ گرم از جاذب وارد شد. سپس در هر دسته به ارلن اول ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول یون کادمیوم با غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر، به ارلن دوم ۱۰۰ میلی‌لیتر با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، به ارلن سوم ۱۰۰ میلی‌لیتر با غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر و به ارلن چهارم ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر دیونیزه اضافه شد.

پس از آن ارلن‌ها به مدت یک ساعت به وسیله شیکر با حدود ۱۰۰ دور در دقیقه در دمای اتاق به هم زده شدند. پس از پایان مدت مزبور سوسپانسیون‌های جاذب-یون فلزی با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف شدند. مقدار یون کادمیوم باقی‌مانده در محلول به وسیله دستگاه اسپکرومتر جذب اتمی (مدل آلفا-٤ ساخت کارخانه کم تک آنالایتیکال) تعیین گردید.

نتایج و بحث

درصد جذب کادمیوم توسط تفاله چای، پوست گردو، کاه برنج و کاه گندم در جداول ۱ الی ٤ ارائه گردیده‌اند (آنالیز واریانس، P<۰/۰۰۵). با توجه به اطلاعات مزبور می‌توان دید که ظرفیت‌های جذب چهار جاذب یاد شده برای کادمیوم به صورت زیر می‌باشد :

کاه گندم< کاه برنج< پوست گردو< تفاله چای.

در جدول ۱ درصد جذب کادمیوم توسط تفاله چای نشان داده شده است. در جدول مزبور بالاترین درصد جذب برابر ۹۷/۸ می‌باشد که این مقدار با مطالعه انجام شده توسط ویراراقاون و رائو (۱۹۹۱) [۳]، با عنوان جذب کادمیوم، و کروم از فاضلاب به وسیله خاکستر فرار هم‌خوانی دارد. ماده مزبور توانست حداکثر ۹۳درصد از کادمیوم را حذف نماید. لازم به ذکر است که فاضلاب مورد آزمایش آن‌ها، فاضلاب خام شهری (قبل از ورود به تانک ته‌نشینی اولیه) بود که البته تعدادی از صنایع از جمله یک پالایشگاه نفت و یک کارخانه فولاد نیز فاضلاب خود را به آن وارد می‌کردند و چون غلظت کادمیوم و کروم در آن پایین بود با استفاده از محلول‌های استوک کروم و کادمیوم غلظت فلزات مزبور در آن به حدود یک میلی‌گرم در لیتر رسانده شد. دزاژ جاذب برابر ۱۰ گرم در ۵۰۰ میلی‌لیتر فاضلاب و زمان تماس برابر ۳ ساعت بود. در اینجا می‌توان دید که تفاله چای در مدت زمان کمتری به درصدهای حذف بیشتری دست یافته است.

توجه به این نکته جالب است که در جدول ۱ با توجه به درصد حذف تمام غلظت‌های باقی‌مانده کادمیوم بعد از

جدول ۱- درصد جذب کادمیوم توسط تفاله چای

غلظت کادمیوم (mg/L)

مقدار تفاله چای (g) / C_0	۵	۱۰	۱۵
m = ۰/۵	۹۷/۱	۹۶/۸	۹۶/۱
۰/۹	۹۷/۵	۹۷/۳	۹۷/۲
۱/۳	۹۷/۸	۹۷/٦	۹۷/٦

C_0 = غلظت اولیه فلز و m = مقدار جاذب

جدول ۲- درصد جذب کادمیوم توسط پوست گردو

غلظت کادمیوم (mg/L)

مقدار پوست گردو (g) / C_0	۵	۱۰	۱۵
m = ۰/۵	۷۹/۳	۷۷/۵	۷۵/۲
۰/۹	۸٤/٦	۸۲/٤	۸۱/۷
۱/۳	۹۰/۳	۸۳/۸	۸۲/۷

جدول ۳- درصد جذب کادمیوم توسط کاه برنج

غلظت کادمیوم (mg/L)

مقدار کاه برنج (g) / C_0	۵	۱۰	۱۵
m = ۰/۵	۷۰/۱	٦۹/٦	٦۷/۳
۰/۹	۷٤/۳	۷۳/۲	۷۰/۳
۱/۳	۷۷/۷	۷٦/٤	۷۵/۰

جدول ٤- درصد جذب کادمیوم توسط کاه گندم

غلظت کادمیوم (mg/L)

مقدار کاه گندم(g) / C_0	۵	۱۰	۱۵
m = ۰/۵	۵۹/۳	۵۸/٤	۵۱/۳
۰/۹	٦٦/۷	٦٤/٤	٦۳/۰
۱/۳	۷۰/۹	٦۷/۰	٦۵/۳

جذب توسط تفاله چای، کمتر از یک میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. بر اساس مقررات سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا چنانچه ماده زائدی حاوی کادمیوم با غلظت بیش از یک میلی‌گرم در لیتر باشد، آن ماده زائد، ماده زائد خطرناک محسوب می‌شود و نگهداری، حمل و نقل و دفع آن تابع مقررات خاص و سختی است. غلظت‌های اولیه کادمیوم برابر ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر بود و به عنوان ماده زائد خطرناک تلقی می‌شدند، اما پس از جذب

غلظت‌های مزبور به کمتر از یک میلی‌گرم در لیتر رسید و بنابراین دیگر مواد زائد خطرناک محسوب نمی‌شوند.

این موضوع برای صنایع و کارگاه‌ها جالب است، زیرا می‌توان با استفاده از تفاله چای و دیگر جاذب‌های ارزان قیمت که بتوانند غلظت آلاینده‌هایی نظیر کادمیوم را به پایین‌تر از حد اعلام شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا برسانند، می‌توان ماده زائدی را که خطرناک تلقی می‌شود به ماده زائدی تبدیل نمود که دیگر به عنوان ماده زائد خطرناک محسوب نمی‌شود و دفع و حمل و نقل آن تابع مقررات سهل‌تری خواهد بود.

در جدول ۲ که درصد جذب کادمیوم توسط پوست گردو را برای سه غلظت از کادمیوم و سه دزاژ از پوست گردو ارائه می‌نماید، حداقل درصد جذب برابر ۷۵/۲ و حداکثر آن برابر ۹۰/۳ می‌باشد. این ارقام نشان دهنده کارایی خوب پوست گردو در امر جذب کادمیوم است. با توجه به داده‌های این جدول، به نظر می‌رسد افزایش درصد جذب بر حسب افزایش دزاژ جاذب ناشی از افزایش محل‌های جذب می‌باشد و می‌توان نتیجه گرفت که خردتر کردن جاذب فرایند جذب را افزایش می‌دهد.

جداول ۳ و ٤ درصدهای جذب کادمیوم به ترتیب توسط کاه برنج و کاه گندم را نشان می‌دهد. همان گونه که مشهود است، درصدهای جذب کادمیوم دارای مقادیر بین حداقل ٦۷/۳ و حداکثر ۷۷/۷ درصد برای کاه برنج و بین حداقل ۵۱/۳ و ۷۰/۹ درصد برای کاه گندم می‌باشند. مقادیر مزبور از درصدهای جذب کادمیوم توسط تفاله چای و پوست گردو کمتر است. هم‌چنین به نظر می‌رسد که افزایش درصدهای جذب بر حسب افزایش دزاژ جاذب هم در مورد کاه برنج و هم در مورد کاه گندم ناشی از افزایش محل‌های جذب بوده و می‌توان نتیجه گرفت که خردتر کردن جاذب می‌تواند فرایند جذب را افزایش دهد. هائو و همکاران (۱۹۹۳) [۱۷] ، که مطالعه‌ای را در مورد جذب یون‌های فلزی توسط بیومس غیر زنده به دست آمده از خزه اسفاگنوم[1] (پیت) و ریشه سنبل آبی انجام دادند، در آزمایش‌های خود، هر یک از بیومس‌ها را در معرض سه نوع مختلف از پیش تصفیه با اسید، باز و دترژنت قرار دادند تا توانایی جذب فلز توسط بیومس تصفیه شده و بیومس تصفیه نشده را با هم مقایسه نمایند. آن‌ها مشاهده نمودند که به طور کلی هر سه نوع پیش تصفیه باعث افزایش توانایی بیومس در حذف یون‌های فلزی از محلول می‌گردد. آنان هم‌چنین دریافتند که انجام پیش تصفیه با باز بر روی جاذب‌های مورد مطالعه آن‌ها دارای بیشترین تأثیر در حذف یون‌های روی و کادمیوم می‌باشد. بنابراین به نظر می‌رسد انجام پیش تصفیه‌های یاد شده بر روی جاذب‌های مورد مطالعه در این پژوهش نیز احتمالاً باعث افزایش توانایی آن‌ها برای جذب یون فلزی می‌شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصله به نظر می‌رسد تفاله چای، پوست گردو، کاه گندم و کاه برنج برای حذف یون‌های کادمیوم از پساب مناسب است. این جاذب‌ها فراوان بوده و به جز کاه گندم که دارای قیمت پائینی می‌باشد بقیه مجانی هستند. امروزه دفع مواد مزبور به عنوان مواد زائد نیز مطرح است. بنابراین تبدیل آن‌ها به یک ماده سودمند و با ارزش افزوده مطلوب می‌باشد. این جاذب‌ها می‌توانند درصدهای بالایی از کادمیوم را به ویژه در غلظت‌های پایین از محلول‌های آبی جذب نمایند. از این دیدگاه از آن‌ها می‌توان به عنوان جاذب‌های جلا دهنده در جایی که توده فلز در پساب به وسیله فرایند ترسیب حذف می‌گردند، استفاده نموده و یون‌های فلزی باقی‌مانده را به وسیله آن‌ها حذف نمود.

[1] Sphagnum

منابع و مراجع

1- Masters, G. M. (1991). *"Introduction to Environmental Engineering and Science"*, Prentice Hall, New Jersey.

2- Porteous, A. (1992). *"Dictionary of Environmental Science and Technology"*, John Wiley & Sons, New York.

3- Viraraghavan, T. and Ganesh, A.K. (1991). *"Adsorption of Cadmium and Chromium from Wastewater by Fly Ash"*, J. Environ. Sci. Health, A26(5).
4- Steinberger, A. (1993). *"Cadmium, in Handbook of Hazardous Materials"*, Academic Press Inc., California.
5- Noyes, R. (ed) (1991). *"Handbook of Pollution Control Processes"*, Noyes Publications, New Jersey.
6- Wentz, C. A. (1989). *"Hazardous Waste Management"*, McGraw Hill, New York.
7- Aderhold, D. (1996). *"The Removal of Heavy Metals Ions by Seaweeds and their Derivatives"*, Bioresource Technology, Vol 58.
8- Gomez, S. (1998). *"Adsorption of Mercury, Cadmium and Lead from Aqueous Solution on Heat-Treated and Sulfurized Activated Carbon"*, Water Research, Vol .32(1).
9- Viraraghavan, T. and Dronamraju, M. (1993). *"Removal of Copper, Nickel and Zinc from Wastewater by Adsorption Using Peat"*, J. Environ. Sci. Health, A 28 (6).
10- Delgado, A. (1998). *"Heavy Metal Biosorption by Dried Powdered Mycelium of Fusarium Flocciferum"*, Water Environment Research, Vol. 70, (3).
11- Roy, D. (1993). *"Adsorption of Heavy Metals by Green Algae and Ground Rice Hulls"*, J. Environ. Sci. Health, 28 (1).
12- Ajmal, M. (1998). *"Adsorption Behaviour of Cadmium, Zinc, Nickel and Lead from Aqueous Solutions by Magnifera Indica Seed Shell"*, Indian J. Environ. Sci. Health, V.40 (1).
13- Marshall, W. E. (1993). *"Use of Rice Milling Byproducts (Hulls & Bran) to Remove Metal Ions from Aqueous Solution"*, J. Envrion. Sci. Health, A 28(9).
14- Marshall, W. E. and Champagne, E. T. (1995).*"Agricultural Byproducts as Adsorbents for Metal Ions in Laboratory Prepared Solutions and in Manufacturing Wastewater"*, J. Environ. Sci. Health, A 30(2).
15- Eromosele, I. C. (1996). *"Binding of Chromium and Copper Ions from Aqueous Solutions by Shea Butter (Butyrospermum Parkii) Seed Husks"*, Bioresource Technology, V.58.
16- APHA, AWWA and WEF (1995). *"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater"*, 19th ed., Washington D.C.
17- Hao, Y. (1993). *"Uptake of Metal Ions by Nonliving Biomass Derived from Sphagnum Moss and Water Hyacinth Roots"*, J. Environ. Sci. Health., A 28(10).