جذب عناصرفلزی از پساب‌های صنعتی و شهری با استفاده از خاک اره و لینتر پنبه

ملیحه اختری[1*] و مهدی عارف‌خانی[2]

۱) دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، بجنورد، ایران. *رایانامه نویسنده مسئول: maliheh.akhtari@gmail.com

۲) کارشناس‌ارشد رشته علوم و صنایع چوب و کاغذ، اداره کل آموزش فنی و حرفه‌ای استان خراسان شمالی، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۵/۱۱ **تاریخ پذیرش:** ۹۷/۰۷/۲۳

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی تاثیر برخی مواد سلولزی مانند خاک اره و آلفا سلولز (لینتر پنبه) جهت تصفیه پساب‌های صنعتی و شهری و جذب برخی ترکیبات (نیترات، سدیم و پتاسیم) و فلزات سنگین (کادمیوم، کروم و روی) موجود در این نوع پساب‌ها انجام پذیرفت. با توجه به مقادیر بسیار اندک کروم، کادمیوم و نیترات در نمونه پساب‌های مورد مطالعه از محلول کلراید کروم و کادمیوم با غلظت ۲۰ قسمت در میلیون و محلول نیترات سدیم با غلظت ۶۰ قسمت در میلیون جهت اندازه‌گیری هر یک استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد در بین جاذب‌ها، مخلوط خاک اره و آلفا سلولز تاثیر مشابهی در جذب سدیم و روی در مقایسه با خاک اره تنها دارد. جاذب‌ها بر جذب پتاسیم از پساب‌ها چندان موثر نبودند، اما تاثیر قابل توجهی در مقدار جذب کروم و کادمیوم داشتند، به‌طوری که مقدار کروم در نمونه شاهد از ۲۷ میلی‌گرم در لیتر به مقدار ۳/۷۶ میلی‌گرم در لیتر پس از تحت تاثیر قرار گرفتن با جاذب خاک اره و ۴/۴۸ میلی‌گرم در لیتر در جاذب خاک اره و لینتر رسید. مقدار کادمیوم در نمونه شاهد از ۲۲ میلی‌گرم در لیتر به مقدار ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر و ضریب جذب ۹۳/۱۸ درصد پس از تحت تاثیر قرار گرفتن با جاذب مخلوط خاک اره و آلفا سلولز رسید، در حالی که تنها تحت تاثیر خاک اره به ۰/۸۸ میلی‌گرم در لیتر با ضریب جذب ۹۶ درصد رسیده بود. جاذب‌ها نیز تاثیر چندانی در مقدار جذب نیترات در محلول نیترات سدیم نداشتند.

واژه‌های کلیدی: پساب شهری، پساب صنعتی، ضریب جذب، فلزات سنگین.

مقدمه

رشد روز افزون جمعیت شهری، وجود حجم عظیمی از فاضلاب ناشی از مراکز صنعتی، شهری و نگرانی‌های زیست- محیطی از سویی و کمبود منابع آب شیرین از سوی دیگر، ضرورت بهره‌برداری مطلوب از پساب‌های شهری و صنعتی را گوشزد می‌کند. در شرایطی که کشور به‌شدت از لحاظ کمبود منابع آب شیرین رنج می‌برد و در دراز مدت مسئله بحران آب به‌صورت یک مسئله جدی مطرح است، توجه به منابع آب غیرمتعارف یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر است. از سوی دیگر، متمرکز شدن مراکز جمعیتی و صنعتی در نقاط مختلف، باعث شکل‌گیری حجم بالایی از پساب و فاضلاب می‌گردد که عدم توجه به یافتن بهترین شیوه‌های دفع آن، مشکلات زیست‌محیطی زیادی را در اطراف این نقاط به‌همراه خواهد آورد (نجفی و همکاران، ۱۳۹۰).

روند رو به رشد صنعتی شدن در جهان منجر به تولید حجم زیادی از پساب‌های حاوی یون‌های فلزات سنگین

شده است. حضور یون‌های فلزی در پساب‌ها و آب‌های سطحی یکی از نگرانی‌های مهم در سلامت بشر و محیط-زیست است. همچنین، استخراج معادن و عملیات استخراجی متالوژیکی نیز ضایعات سمی زیادی را در فاز مایع به محیط‌زیست تحمیل می‌کنند که در نتیجه، توجه به حذف مواد آلوده‌کننده از پساب‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده است (Nasiruddin & Farooq, 2010).

فرآیند جذب شامل حضور جامدی جاذب است که به وسیله نیروهای فیزیکی، تعویض یونی و پیوندهای شیمیایی مولکول‌ها را به هم پیوند می‌دهد. جاذب باید به مقدار زیاد در دسترس، به راحتی قابل بازیافت و ارزان باشد و همچنین، قدرت جذب بالایی داشته باشد. جذب بیولوژیکی یکی از فرآیندهای نسبتا نوین برای حذف آلودگی‌های محلول‌های آبی است. این روش مزیت‌های بسیاری نظیر هزینه کم و بازده بالا دارد. با استفاده از این شیوه می‌توان مقدار یون‌های فلزات سنگین را تا غلظت-های بسیار پایین کاهش داد. جاذب‌های زیستی را می‌توان به چند دسته تقسیم نمود: باکتری‌ها (مانند باسیل‌ها[1]، قارچ‌ها، مخمرها و جلبک‌ها)، ضایعات صنعتی مثل ضایعات زیست- توده‌ای ناشی از صنایع غذایی و تخمیری، ضایعات کشاورزی و دیگر مواد پلی‌ساکاریدی (Wang & Chen, 2012).

در دهه‌های اخیر، تلاش‌هایی برای تولید و به‌کار بردن مواد ارزان قیمت برای حذف آلودگی ناشی از فلزهای سنگین از آب‌ها و پساب‌های صنعتی صورت گرفته است. وفاخواه و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیق خود تحت عنوان «بررسی رفتار جذب یون‌های مس از محلول پساب‌های صنعتی توسط پودر ساقه ذرت» نتیجه گرفتند که از پارامترهای موثر بر میزان جذب، زمان تماس محلول شامل یون‌های فلزی مس با ذرات پودر ساقه ذرت می-باشد، به‌طوری که بیشترین میزان جذب در ۲۰ دقیقه نخست بوده و پس از آن روند جذب چندان رو به افزایش نیست و پس از گذشت مدت زمان ۲ ساعت به مقدار ثابتی رسیده است.

Demirbas (۲۰۰۸) در تحقیق خود بیان کرد، لیگنین به‌عنوان یک جزو ساختاری مهم در جاذب‌های بیولوژیکی می‌باشد. لیگنین ماتریسی[2] است که شامل گروه‌های اساسی نظیر هیدروکسیل، متوکسیل و کربونیل می‌باشد که افزایش خاصیت قطبی را به تک مولکول آن می‌دهد. Camre و Clydesdale (۲۰۱۱) متوجه توانایی بالای لیگنین در پیونددهی با فلزات شدند و رفتار جذب یون‌های مس را مطالعه کردند. الیاف نارگیل کربونیزه شده نیز به‌عنوان جاذب یون‌های فلزی سمی از پساب مورد استفاده قرار گرفت. Nasr و MacDonald (۲۰۱۳) مطالعه‌های خود را در زمینه استوکیومتری گروه‌های متصل به لیگنین برای حذف یون آلومینیوم و آهن در pH حدود ۵/۵ انجام دادند.

خاک اره یکی از ارزان‌ترین و فراوان‌ترین جاذب‌هایی است که توانایی جذب فلزات سنگین را از آب‌ها و پساب‌ها دارد (Asadi *et al*., 2008). اخیرا برخی از ضایعات کشاورزی مانند برگ سرخس، خاک اره، پوسته شلتوک برنج، پوسته گندم و ذرت به‌طور گسترده‌ای برای حذف فلزات سنگین از محلول‌های آبی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (Jiang *et al*., 2009؛ جمالی‌پاقلعه، ۱۳۸۸). پژوهشگران نشان دادند که فلزات سنگین مانند کروم در واکنش با مواد سلولزی مانند خاک اره در دیواره ثانویه چوب انباشته می‌شوند. این دیواره از نظر مقدار لیگنین ضعیف و از نظر مقدار سلولز غنی است (Basso *et al*., 2002). جذب بیولوژیکی فلزات بستگی به اجزای تشکیل‌دهنده موجود در دیواره جاذب، به ویژه درون دیواره سلول و ساختار فضایی دیواره سلولی آنها دارد (Wang & Chen, 2012). این طرح به بررسی

[1] Bacillus subtillis

[2] Matrix

مواد سلولزی (خاک اره و لینتر پنبه) جهت تصفیه فاضلاب‌های صنعتی و شهری و تاثیر آنها بر جذب برخی عناصر و فلزات سنگین موجود در این نوع آب‌ها می‌پردازد.

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تاثیر برخی مواد سلولزی (خاک اره و لینتر پنبه) جهت تصفیه فاضلاب صنعتی و شهری و تاثیر آنها بر جذب برخی عناصر (روی، پتاسیم، سدیم و نیترات) و فلزات سنگین (کادمیوم و کرم) موجود در این نوع پساب‌ها انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده: خاک اره مورد استفاده در این پژوهش از چوب تبریزی (*Populus nigra*) و از یک کارگاه چوب‌بری در استان خراسان شمالی تهیه و جهت افزایش سطح ویژه و جذب بالاتر از ذرات با ابعاد ۵۰۰ میکرون استفاده گردید. به‌منظور برطرف ساختن گرد و غبار و دیگر ذرات، خاک اره‌ها با آب مقطر شستشو داده و در آون در حرارت ۳ ± ۱۰۲ درجه سلسیوس به‌مدت ۲۴ ساعت تا رسیدن به وزن خشک ثابت، خشک شدند. لینتر پنبه (آلفا سلولز) مورد نیاز در این پژوهش از شرکت لینتر پاک بهشهر خریداری و استفاده گردید.

پساب صنعتی: پساب صنعتی مورد استفاده در این پژوهش، از کارخانه پتروشیمی خراسان شمالی به مقدار لازم تهیه و به محل انجام آزمایش منتقل گردید. این مجتمع در زمینه تولید کود اوره، آمونیاک و کریستال ملامین فعالیت می‌کنند و پساب این کارخانه حاوی آمونیاک، روغن، مواد آلی، سولفات، مواد معدنی و آلاینده‌های پساب بهداشتی است. جدول ۱، لیست عناصر موجود در فاضلاب مجتمع پتروشیمی خراسان در زمان نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.

جدول ۱. برخی از فاکتورها و ترکیبات موجود در فاضلاب مجتمع پتروشیمی خراسان شمالی

ترکیبات	pH	هدایت الکتریکی	NH_3	Urea	Oil	Na	Ca	Mg	No_2	No_3	So_4	Po_4	TDS
			ppm										
مقادیر	۹/۵	۱۵۷۰۰	۶۰۰	۵۲۰۰	<۱۰	۵۴	۴۰	۱۱	۰/۰۲	۳۶/۵	۸۰	۳/۸	۱۳۱۶۰

پساب شهری: فاضلاب شهری مورد استفاده در این پژوهش از تصفیه‌خانه فاضلاب شهری شرکت آب و فاضلاب شهرستان بجنورد تهیه گردید. نتایج آزمایش‌های فاضلاب ورودی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری بجنورد در زمان نمونه‌برداری در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. نتایج آزمایش‌های فاضلاب ورودی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری بجنورد

ترکیبات	pH	T. BOD	T. COD	NH_4	No_2	No_3	Po_4	Pb	Cd	Cr^{3+}	Cr^{6+}	Cu	Fe
							mg/L						
مقادیر	۷/۳۶	۱۸۶	۶۳۳	۴۷/۱	۰/۲۸	۱/۴	۱۵/۶۱	۰/۰۰۶	<۰/۰۰۱	۰/۰۲	۰/۰۷۴	۰/۱	۰/۰۱۷

محلول‌های تهیه شده در آزمایشگاه: با توجه به اینکه مقادیر برخی از عناصر سنگین مانند کروم، کادمیوم و ترکیباتی چون No_3 در پساب‌های مورد آزمایش اندک بود، برای اندازه‌گیری میزان جذب فیلترهای مورد نظر محلول‌هایی به غلظت‌های ۲۰ میلی‌گرم در لیتر از کلرید کادمیوم ($CdCl_2$)، کلرید کروم ($CrCl_3$) و غلظت ۶۰ میلی‌گرم در لیتر از نیترات‌سدیم ($NaNo_3$) تهیه گردید. به‌منظور اندازه‌گیری هدایت الکتریکی محلول‌های مورد نظر از دستگاه Conductivity meter مدل EDT-GP 383

استفاده شد. به‌منظور تشخیص pH محلول‌های مورد نظر از دستگاه pH متر مدل Crison (Basic 20+) استفاده شد. کالیبراسیون دستگاه با محلول‌های استاندارد با pH-های مشخص ۴، ۷ و ۹ انجام گردید. به‌منظور همزدن محلول‌های تهیه شده از دستگاه همزن مغناطیسی مدل Heydolph استفاده شد. این دستگاه قابلیت تنظیم توام سرعت چرخش، زمان و دما را دارد. غلظت اولیه و نهایی فلزات سنگین و عناصر مورد مطالعه در این پژوهش با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل AA-670 اندازه‌گیری گردید.

روش کار: خاک اره (۲۴ گرم وزن خشک) و مخلوط خاک اره و لینتر پنبه (۱۲ گرم خاک اره خشک + ۱۲ گرم آلفا سلولز خشک) به صورت جداگانه درون ارلن‌های محتوی ۱۰۰۰ میلی‌لیتر از هر یک از نمونه‌های پساب ریخته و از آهن‌ربای مغناطیسی جهت هم‌زدن محلول‌ها در درون ارلن استفاده گردید. به منظور کمینه کردن تبخیر و جلوگیری از پاشیده شدن محلول‌ها، سطح ارلن‌ها به وسیله پارافیلم پوشانده شدند. سپس ارلن‌ها بر روی دستگاه الک مغناطیسی با دمای ۳۰ درجه سانتی-گراد و مقدار چرخش ۲۲۰ دور در دقیقه در مدت زمان ۳۰ دقیقه قرار گرفتند. پس از پایان فرآیند جذب، کلیه محلول‌ها از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۰ گذرانده تا جاذب‌ها از محلول جدا شوند. سپس به داخل ظروف درب‌دار منتقل شده و غلظت عناصر باقی‌مانده درون محلول‌ها به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند. به‌منظور محاسبه مقدار عناصر جذب شده به – وسیله ترکیبات مورد نظر از رابطه (۱) استفاده شد.

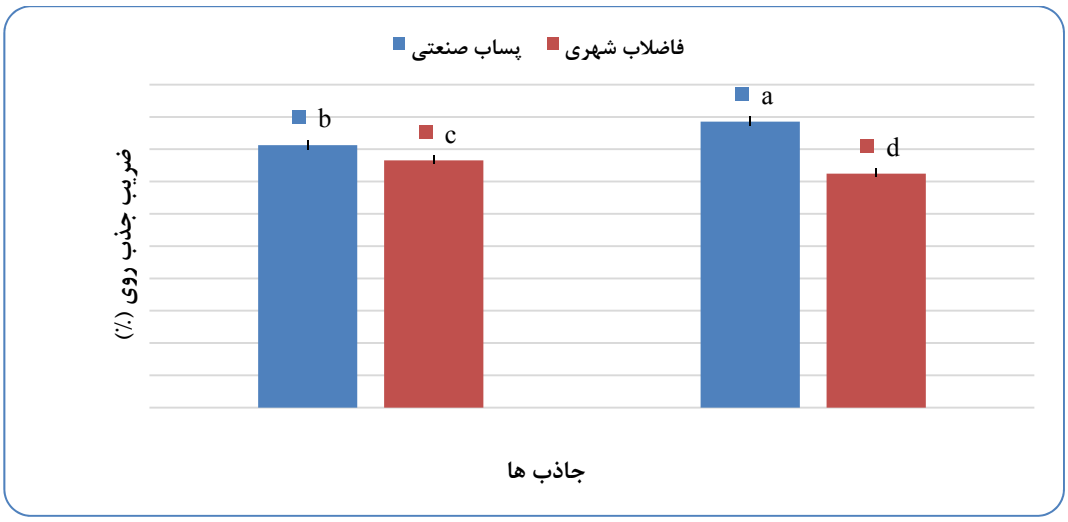
رابطه (۱) $(C_o - C_e)/ C_o \times 100$ = ضریب جذب (٪)

در این رابطه C_o، غلظت اولیه عنصر موجود در پساب و C_e غلظت پس از جذب توسط ماده جاذب بر حسب میلی‌مول بر لیتر است. در نمودارهای ترسیمی تاثیر جاذب‌ها با خاک اره چوب تبریزی با PS و لینتر پنبه با α-Cellulose نشان داده شده است. نتایج این پژوهش در قالب طرح کاملا تصادفی و به کمک آزمون تجزیه واریانس و میانگین داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج

تاثیر جاذب‌ها بر ضریب جذب روی

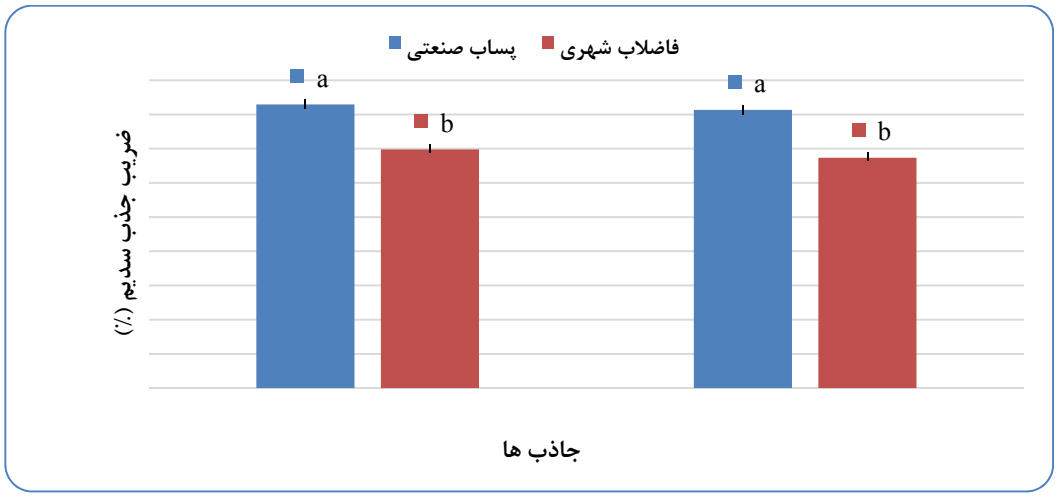
تاثیر جاذب‌ها بر ضریب جذب روی در پساب صنعتی و شهری در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج آماری نشان دادند، جاذب‌ها تاثیر معنی‌داری بر جذب روی از پساب‌ها داشتند. در پساب صنعتی، ضریب جذب روی در بین جاذب‌ها در محدوده بین ۸۸/۸۸– ۸۰/۵۵ درصد می‌باشد و مقدار روی را در نمونه شاهد از ۱/۴۴ به ۰/۱۶ میلی‌گرم در لیتر رساندند. همچنین در پساب شهری خاک اره‌ها توانستند مقدار روی را از ۰/۹۸ به ۰/۲۳ میلی‌گرم در لیتر رسانده و ضریب جذب آن به ۷۶/۵۳ درصد رسیده است.



شکل ۱. تاثیر جاذب‌ها بر ضریب جذب روی در پساب صنعتی و شهری

تاثیر جاذب‌ها بر ضریب جذب سدیم

تاثیر جاذب‌های مختلف بر مقدار سدیم و ضریب جذب سدیم در پساب کارخانه پتروشیمی و شهری در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس آماری داده‌ها در سطح ۰/۰۵ حاکی از آن است که جاذب‌ها تاثیر معنی‌داری بر جذب سدیم از پساب‌ها داشتند. مقدار سدیم در پساب صنعتی ۶۴/۸ میلی‌گرم در لیتر بوده است که پس از اینکه تحت تاثیر جاذب‌ها قرار گرفتند، مقدار آن در جاذب خاک اره تنها به ۱۱/۰۵ میلی‌گرم در لیتر با ضریب جذب ۸۲/۹۴ درصد رسیده است. مقدار سدیم در پساب شهری ۲۲۵ میلی‌گرم در لیتر بوده است که پس از اینکه تحت تاثیر جاذب‌ها قرار گرفتند مقدار آن در جاذب خاک اره تنها به ۶۸ میلی‌گرم در لیتر با ضریب جذب ۶۹/۷۷ درصد و در مخلوط خاک اره و آلفاسلولز به ۷۳/۵ میلی‌گرم در لیتر با ضریب جذب ۶۷/۳۳ درصد رسیده است.

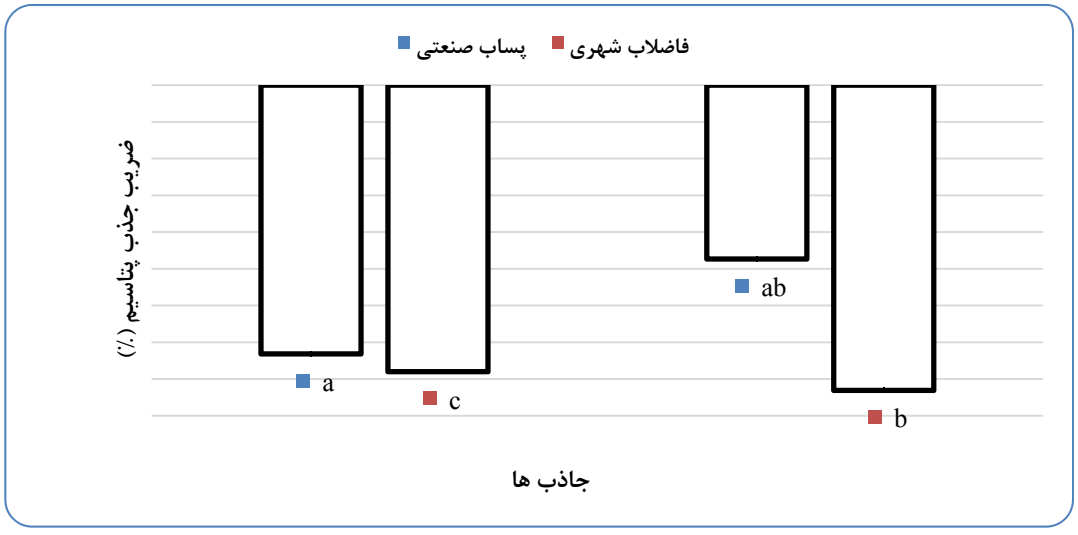


شکل ۲. تاثیر جاذب‌ها بر ضریب جذب سدیم در پساب صنعتی و شهری

تاثیر جاذب‌ها بر ضریب جذب پتاسیم

تاثیر جاذب‌های مختلف بر ضریب جذب پتاسیم در پساب کارخانه پتروشیمی و شهری در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد جاذب‌ها بر جذب پتاسیم از پساب صنعتی چندان موثر نبودند، به‌طوری که مقدار پتاسیم در نمونه پساب ۲۰/۷ میلی‌گرم در لیتر بوده است و پس از اینکه تحت تاثیر جاذب‌ها قرار گرفتند، مقدار آن در جاذب خاک اره به ۵۱ میلی‌گرم در لیتر رسیده است. جاذب‌ها بر جذب پتاسیم از پساب شهری نیز چندان موثر نبوده و اثر معکوس داشتند، به‌طوری که مقدار پتاسیم در نمونه پساب ۲۹/۳ میلی‌گرم در لیتر بوده است و پس از اینکه تحت تاثیر جاذب‌ها قرار گرفتند، مقدار آن در جاذب خاک اره به ۷۵ میلی‌گرم در لیتر رسیده است.

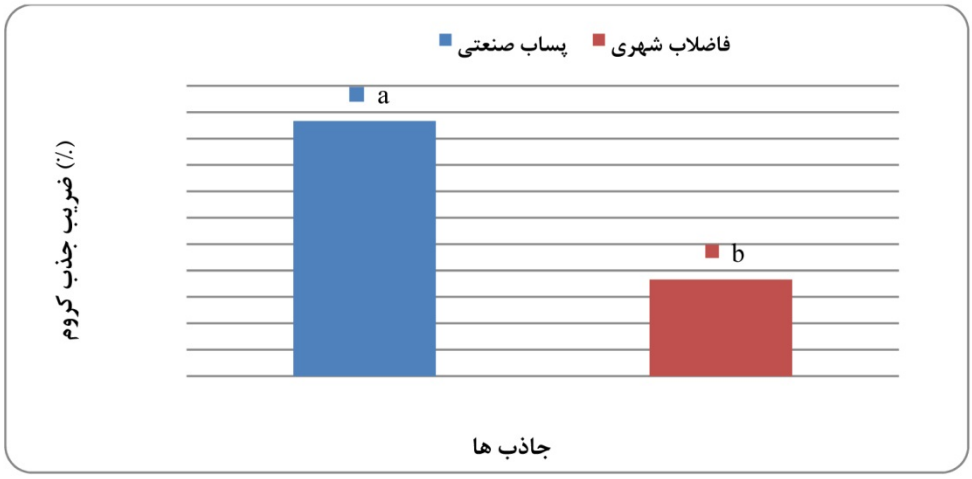
پتاسیم تقریبا در تمام فرآیندهای متابولیسمی گیاه نقش دارد. پتاسیم به صورت یون با صرف انرژی از خاک جذب شده، وظایف برقراری پتانسیل اسمزی، فعال کردن آنزیم‌ها (به‌عنوان کوآنزیم)، تثبیت pH، سنتز پروتئین، حرکات روزنه‌ای، انبساط سلولی، فتوسنتز و تعادل آنیونی را در گیاهان چوبی برعهده دارد. می‌توان گفت با توجه به اینکه پتاسیم در دیواره سلول‌های چوبی وجود دارد، باعث افزایش مقدار پتاسیم محلول‌های مورد آزمایش (پساب صنعتی و شهری) شده‌اند.



شکل ۳. تاثیر جاذب‌ها بر ضریب جذب پتاسیم در پساب صنعتی و شهری

تاثیر جاذب‌ها بر ضریب جذب کروم از محلول کلرید کروم (III)

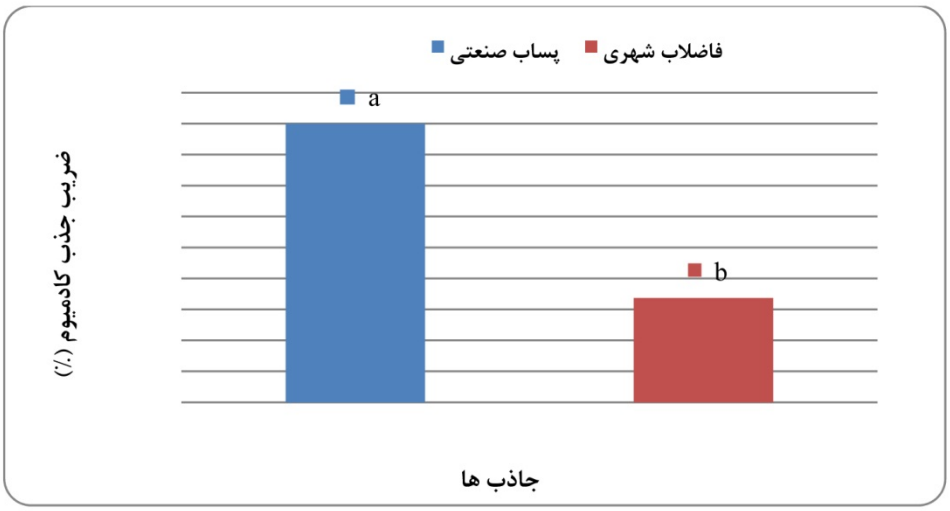
با توجه به مقادیر بسیار اندک کروم در نمونه‌های پساب مورد استفاده در این آزمایش، به‌منظور اندازه‌گیری میزان جذب کروم توسط جاذب‌ها از محلول کلریدکروم با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده شد. تاثیر جاذب‌های مختلف بر ضریب جذب کروم در محلول کلریدکروم در شکل ۴ نشان داده شده است. نتایج آماری نشان داد که جاذب‌ها تاثیر معنی‌دار و مناسبی بر مقدار جذب کروم در محلول کلریدکروم داشتند. به‌طوری که مقدار کروم در نمونه شاهد ۲۷ میلی‌گرم در لیتر و پس از تحت تاثیر قرار گرفتن با جاذب خاک اره به‌مقدار ۳/۷۶ و ۴/۴۸ میلی‌گرم در لیتر در مخلوط جاذب خاک اره و لینتر رسیده است.



شکل ۴. تاثیر جاذب‌ها بر ضریب جذب کروم از محلول کلریدکروم ($CrCl_3$)

تاثیر جاذب‌ها بر ضریب جذب کادمیوم در محلول کلریدکادمیوم

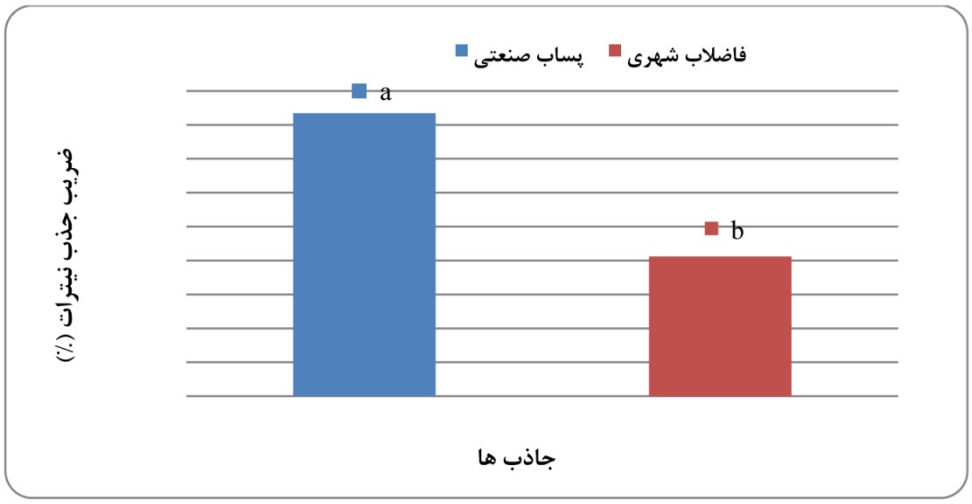
با توجه به مقادیر بسیار اندک کادمیوم در نمونه‌های پساب مورد استفاده در این آزمایش، به‌منظور اندازه‌گیری میزان جذب کروم توسط جاذب‌ها از محلول کلریدکادمیوم با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده شد. تاثیر جاذب‌های مختلف بر ضریب جذب کادمیوم در محلول کلریدکادمیوم در شکل ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، جاذب‌ها تاثیر چشمگیری در مقدار جذب کادمیوم در محلول کلریدکادمیوم داشتند. به‌طوری که مقدار کادمیوم در نمونه شاهد ۲۲ میلی‌گرم در لیتر و پس از تحت تاثیر قرار گرفتن با جاذب مخلوط خاک اره و آلفاسلولز به‌مقدار ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر و ضریب جذب ۹۳/۱۸ درصد رسیده است. همچنین مقدار کادمیوم در محلول تحت تاثیر با خاک اره تنها، ۰/۸۸ میلی‌گرم در لیتر به ضریب جذب ۹۶ درصد رسیده است.



شکل ۵. تاثیر جاذب‌ها بر ضریب جذب مقدار کادمیوم از محلول کلریدکادمیوم ($CdCl_2$)

تاثیر جاذب‌ها بر ضریب جذب نیترات در محلول نیترات-سدیم

با توجه به مقادیر بسیار اندک نیترات در نمونه‌های پساب مورد استفاده در این آزمایش، برای اندازه‌گیری میزان جذب نیترات توسط جاذب‌ها از محلول نیترات-سدیم با غلظت ۶۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده شد. تاثیر جاذب‌ها بر ضریب جذب نیترات در محلول نیترات-سدیم در شکل ۶ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، جاذب‌ها تاثیر چشمگیری در مقدار جذب نیترات در محلول نیترات‌سدیم نداشتند. به‌طوری که مقدار نیترات در نمونه شاهد ۶۰/۹۴ میلی‌گرم در لیتر و پس از تحت تاثیر قرار گرفتن با جاذب خاک اره تنها به ۵۰/۷۷ میلی‌گرم در لیتر و ضریب جذب ۱۶/۶۸ درصد و در مخلوط خاک اره و لینتر پنبه به ۵۵/۹۲ میلی‌گرم در لیتر و ضریب جذب ۸/۲۴ درصد رسیده است.



شکل ۶. تاثیر جاذب‌ها بر ضریب جذب نیترات از محلول نیترات‌سدیم ($NaNo_3$)

بحث و نتیجه‌گیری

لیگنین به‌عنوان یک جز ساختاری مهم در جاذب‌های بیولوژیکی است که شامل گروه‌های عاملی نظیر هیدروکسیل، متوکسیل و کربونیل است که به تک مولکول لیگنین، خاصیت قطبی بسیار قوی می‌بخشد (Demirbas, 2008). از آن جایی که لیگنین نقش مهمی در فرآیند جذب دارد، برخی از پژوهشگران رفتار جذب یون‌های فلزی به وسیله این جز را مورد مطالعه قرار دادند. Camre و Clydesdale (۲۰۱۱) متوجه توانایی بالای لیگنین در پیونددهی با فلزات شدند و رفتار جذب یون‌های فلزی را مورد مطالعه قرار دادند.

خاک اره در مقادیر زیاد در کارخانه‌های چوب‌بری به‌عنوان ضایعات تولید می‌شود. خاک اره چوب شامل لیگنین و سلولز است. کاهش اندازه ذرات منجر به افزایش سطح موثر جاذب و افزایش شانس جذب در سطح خارجی ذرات جاذب خواهد شد. افزون بر افزایش احتمال جذب در سطح خارجی ذرات، در نتیجه کاهش اندازه احتمال نفوذ یون‌های فلزی از سطح خارجی به حفرات درونی بیشتر می‌شود. از سوی دیگر، مقاومت نفوذ برای انتقال جرم در ذرات کوچک‌تر کمتر است. تاثیر منفی فاکتورهای متفاوت نظیر طول مسیر نفوذ، مقاومت انتقال جرم و انسداد برخی از مسیرهای نفوذ، در اندازه‌های بزرگ‌تر منجر به بدون استفاده ماندن سطوح

داخلی ذرات در جذب شده و باعث کاهش بازده جذب می‌شود.

وجود زنجیرهای سلولزی و در نتیجه گروه‌های کربوکسیلیک بر روی سلولزها، باعث ایجاد اتصالات عرضی و نفوذپذیری دیواره لینتر پنبه در برابر جذب عناصر می‌شود. افزایش در بخش آمورف می‌تواند باعث افزایش نفوذ محلول یون‌های فلزی و در نتیجه تماس بین یون‌های فلز و سلولز گردد. جذب بیولوژیکی فلزات بستگی به اجزای تشکیل‌دهنده موجود در دیواره جاذب، به‌ویژه درون دیواره سلول و ساختار فضایی دیواره سلولی آنها دارد (Wang & Chen, 2012).

نتایج این پژوهش نشان داد که در بین جاذب‌های مختلف، مخلوط خاک اره و آلفاسلولز تاثیر بیشتری در جذب کلسیم و روی داشتند. همچنین مقدار سدیم در پساب صنعتی ۶۴/۸ میلی‌گرم در لیتر بوده است که پس از اینکه تحت تاثیر جاذب‌ها قرار گرفتند، مقدار آن در جاذب خاک اره تنها به ۱۱/۰۵ میلی‌گرم در لیتر با ضریب جذب ۸۲/۹۴ درصد رسیده است. مقدار سدیم در پساب شهری ۲۲۵ میلی‌گرم در لیتر بوده است که پس از اینکه تحت تاثیر جاذب‌ها قرار گرفتند، مقدار آن در جاذب خاک اره تنها به ۶۸ میلی‌گرم در لیتر با ضریب جذب ۶۹/۷۷ درصد و در مخلوط خاک اره و آلفاسلولز به ۷۳/۵ میلی‌گرم در لیتر با ضریب جذب ۶۷/۳۳ درصد رسیده است.

همچنین جاذب‌ها بر جذب پتاسیم از پساب صنعتی و شهری چندان موثر نبودند، به‌طوری که مقدار پتاسیم در نمونه پساب صنعتی ۲۰/۷ میلی‌گرم در لیتر بوده است و پس از اینکه تحت تاثیر جاذب‌ها قرار گرفتند، مقدار آن در جاذب خاک اره به ۵۱ میلی‌گرم در لیتر رسیده است. جاذب‌ها تاثیر چشم‌گیری در مقدار جذب کروم در محلول کلریدکروم داشتند. مقدار کروم در محلول تحت تاثیر با جاذب W+α به ۶ میلی‌گرم در لیتر با ۷۵ درصد رسیده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد جاذب‌ها تاثیر چشم‌گیری در مقدار جذب کادمیوم در محلول کلریدکادمیوم داشتند. به‌طوری که مقدار کادمیوم در محلول تحت تاثیر با خاک اره تنها ۰/۸۸ میلی‌گرم در لیتر با ضریب جذب ۹۶ درصد رسیده است. خاک اره چوب به‌عنوان یک جاذب مناسب و کم‌هزینه برای حذف کادمیوم و کروم در مقایسه با دیگر جاذب‌های تجاری در دسترس است. شیب غلظت یون‌های فلزی، یک نیروی اساسی است که یون‌های فلزی را از محلول به سطح جاذب انتقال می‌دهد و در داخل جاذب پخش می‌کند (*et* Baral *al*., 2006). جاذب‌ها تاثیر چندانی در مقدار جذب نیترات در محلول نیترات‌سدیم نداشتند، به‌طوری که مقدار نیترات در نمونه شاهد ۶۰/۹۴ میلی‌گرم در لیتر و پس از تحت تاثیر قرار گرفتن با جاذب خاک اره تنها به ۵۰/۷۷ میلی‌گرم در لیتر با ضریب جذب ۱۶/۶۸ درصد رسیده است.

منابع

جمالی‌پاقلعه، ع. (۱۳۸۸) بررسی فرآیند حذف مس از محلول آبی با خاک اره، زئولیت و کربن فعال. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته شیمی، دانشگاه زابل، صفحه ۷۶.

نجفی، ع.، موسوی، د. و عبدی، م. (۱۳۹۰) اثرات کاربرد روش آبیاری قطره‌ای در بهبود وضعیت بهره‌برداری از پساب فاضلاب شهری. همایش اثرات زیست‌محیطی پساب‌های کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی، صفحات ۸۵-۹۰.

وفاخواه، س.، بحرالعلوم، م.، بازرگان‌لاری، ر. و سعیدی‌خانی، م. (۱۳۹۲) بررسی رفتار جذب یون‌های مس از محلول پساب‌های صنعتی توسط پودر چوب ذرت. مجله مواد نوین، ۴(۱): ۳۶-۴۶.

Asadi, F., Shariatmadari, H. and Mirghaffari, N. (2008) Modification of rice hull and sawdust sorptive characteristics for remove heavy metals from synthetic solutions and wastewater. Journal of Hazardous Materials, 154(1-3): 451-458.

Baral, S., Das, S.N. and Rath, P. (2006) Hexavalent chromium removal from

aqueous solution by adsorption on treated sawdust. Biochemical Engineering Journal, 31(3): 216-222.

Basso, M.C., Cerrella, E.G. and Cukierman, A.L. (2002) Lignocelluloses materials as potential biosorbets of trace toxic metal from wastewater. Industrial & Engineering Chemistry Research, 41(15): 3580-3585.

Camre, A.L. and Clydesdale, F.M. (2011) Effect of pH and heat treatment on the binding of calcium, magnesium, zinc, iron to wheat bran and fractions of dietary fibers. Food Science, 46(2): 548-551.

Demirbas, A. (2008) Heavy metal adsorption on to agro-based waste materials: A Review. Hazardous Materials, 157(2-3): 220-229.

Jiang, Y., Pang, H. and Liao, B. (2009) Removal of copper (II) ions from aqueous solution by modified bagasse. Journal of hazardous materials, 164(1): 451-458.

Nasiruddin, Kh. and Farooq, W. (2010) Characterization of chemically modified corncobs and its application in the removal of metal ions from aqueous solution. Hazardous Materials, 141(1): 237-244.

Nasr, M.S. and MacDonald, D.G. (2013) Color removal from kraft mil caustic extraction effluent using Aluminum and Iron. Chemical Engineering, 56(3): 87-93.

Wang, J. and Chen, C. (2012) Biosorbents for heavy metals removal and their future. Biotechnology Advances, 27(2): 195-226.

Absorption of metal elements from industrial and urban wastewater using sawdust and cotton linter

Maliheh Akhtari[*1] and Mehdi Arefkhani [2]

1) Associate Professor, Wood and Paper Science and Technology, Bojnourd Branch, Islamic Azad University, Bojnourd, Iran. [*]Corresponding Author Email Address: maliheh.akhtari@gmail.com
2) MSc. of Wood and Paper Science and Technology, Technical and Vocational Training Organization, North Khorasan, Iran.

Date of Acceptance: 2018/10/15 **Date of submission: 2018/08/02**

Abstract

This study was conducted to evaluate the effect of some cellulosic materials such as sawdust and alpha-cellulose (cotton linter) for purification industrial and urban wastewater and their effects on the absorption of some elements (No_3, Na, K) and heavy metals (Cd, Cr, Zn). Due to very low amounts of chromium, cadmium and nitrates in the wastewater samples, the chromium and cadmium chloride solution with a concentration of 20 ppm and sodium nitrate solution with a concentration of 60 ppm were used. The results showed that among the absorbents, mixture of wood sawdust and alpha-cellulose had the same effect on sodium and zinc absorption compared to sawdust. Absorbents did not affect the potassium uptake from wastewater, but had a significant effect on the absorption of chromium and cadmium. The amount of chromium in the control sample was 27 mgL^{-1} to 3.76 mgL^{-1} after exposure to the sawdust absorbent and 4.4 mgL^{-1} in the mixture of sawdust and linter absorbent. The amount of cadmium decreased from 22 mgL^{-1} in control sample to 1.5 mgL^{-1} (coefficient of 93.18%) after exposure to the mixed sawdust and alpha-cellulose and 0.88 mgL^{-1} in sawdust treatment (coefficient of 96%). Absorbents had also no significant effect on nitrate absorption in sodium nitrate solution.

Keywords: Heavy metals, Industrial wastewater, Removal efficiency, Urban wastewater.