

## Preparation of adsorbent from waste newspaper and its application for removal of metal ions from pulp mill wastewater

Khadijeh Khorram<sup>1</sup>, Nouredin Nazarnezhad<sup>2\*</sup> and Seyed Majid Zabihzadeh<sup>3</sup>

1-Master degree, Wood and Cellulose Product Department, Sari Agricultural science and Natural Resources University, Sari, Iran

2\*-Corresponding Author, Associated Professor, Wood and Cellulose Product Department, Sari Agricultural science and Natural Resources University, Sari, Iran, E-mail: nazarnezhad91@gmail.com

3-Associated Professor, Wood and Cellulose Product Department, Sari Agricultural science and Natural Resources University, Sari, Iran

Received: October 2022

Revised: May 2023

Accepted: November 2023

### Abstract

**Background and objectives:** Contamination in pulp mill wastewater and subsequently surface and underground water sources contamination with heavy metals is one of the most important problems which threatens the health of human being and other creatures. These metals penetrate and pollute the soil and water. In this regard, this study investigated and determined heavy metals in the pulp mill wastewater before and after the wastewater treatment process. In this study the newspaper adsorbent was prepared and the efficiency of the adsorbent in the adsorption of copper, lead and cadmium metals was studied.

**Methodology:** The adsorption experiments were performed to investigate the effect of the time of contact of the newspaper adsorbent and metals, and dose of the adsorbent. For this purpose, waste newspapers were first treated with sodium bicarbonate for one hour and then refluxed with 5% disodium hydrogen phosphate for 4 hours at 100 degrees Celsius and finally washed. Aqueous solutions with an initial concentration of 30 ppm for three metals lead, copper and cadmium were prepared by diluting the standard solution with distilled water. A specific amount of adsorbent was added to 10 ml of each solution and stirred in a mechanical shaker for specific times. Then they were filtered by filter paper purified and analyzed by atomic absorption spectroscopic device. After drying, the solid phase of the wastewater sample was subjected to acid digestion with nitric acid at a ratio of one to five. Then, the digested samples were analyzed with an atomic absorption spectrometer after washing.

**Results:** The results of wastewater analysis in the basins before and after treatment showed that the amount of lead, copper and cadmium in the wastewater before treatment were 0.2129, 0.5983 and 0.0004 ppm, respectively. The amount of metals after the treatment process was 0.0469, 0.134 and 0.0001 ppm for lead, copper and cadmium, respectively. Also, according to the results, taking into account that the absorption rate was high and the same in the amount of adsorbent used and the treatment times; the amount and time of the desired treatment in this experiment were not effective factors in the amount of metal absorption.

**Conclusion:** The newspaper adsorbent is a good adsorbent for removing heavy metals from aqueous solutions due to high absorption capacity and low cost, which make the newspaper a

potential adsorbent for the removal and wastewater treatment of the heavy metals. According to the results, the dosage and time of treatment with the newspaper adsorbent were not effective factors in metal removal.

**Keywords:** Wastewater treatment, newspapers, atomic absorption spectroscopy, heavy metals.

## تهیه جاذب از روزنامه باطله و تعیین کارایی آن در حذف یون‌های فلزی از پساب کارخانه خمیر کاغذ

خدیجه خرم<sup>۱</sup>، نورالدین نظرثاد<sup>۲\*</sup> و سیدمجید ذبیح‌زاده<sup>۳</sup>

۱- کارشناس ارشد، گروه صنایع چوب و فراورده‌های سلولزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه صنایع چوب و فراورده‌های سلولزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران،

پست الکترونیک: nazarnezhad91@gmail.com

۳- دانشیار، گروه صنایع چوب و فراورده‌های سلولزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

تاریخ پذیرش: آبان ۱۴۰۲

تاریخ اصلاح نهایی: اردیبهشت ۱۴۰۲

تاریخ دریافت: مهر ۱۴۰۱

### چکیده

سابقه و هدف: آلودگی پساب کارخانه‌ها و در پی آن منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی با فلزات سنگین یکی از مشکلاتی است که سلامتی انسان و سایر موجودات را تهدید می‌کند. این فلزات به صورت محلول در آب به خاک وارد شده و باعث آلودگی آب‌های سطحی، زیرزمینی و خاک می‌شوند. در این راستا، این تحقیق به بررسی فلزات سنگین در پساب کارخانه کاغذ قبل و بعد از فرایند تصفیه می‌پردازد. از آنجایی که روش جذب سطحی با استفاده از جاذب‌ها روشی مناسب و مطابق با استانداردهای زیست‌محیطی می‌باشد، در این تحقیق جاذب از روزنامه باطله تهیه شده و کارایی این جاذب در جذب فلزات مس، سرب و کادمیم مطالعه شد. مواد و روش‌ها: آزمایش‌های جذب با هدف بررسی تأثیر زمان تماس جاذب روزنامه باطله با فلزات و تأثیر مقدار جاذب روزنامه باطله روی جذب فلزات سنگین انجام گردید. برای اینکار روزنامه‌های باطله ابتدا بوسیله سدیم بی‌کربنات به مدت یک ساعت تیمار شده و سپس بوسیله ۵٪ دی‌سدیم هیدروژن فسفات به مدت ۴ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه رفلکس شدند و در نهایت شستشو گردیدند. محلول‌های آبی با غلظت اولیه ۳۰ ppm برای سه فلز سرب، مس و کادمیم از طریق رقیق کردن محلول استاندارد با آب مقطر تهیه شدند. مقدار مشخصی از جاذب به ۱۰ میلی لیتر از هر محلول اضافه شده و در یک لرزاننده مکانیکی برای زمان‌های مشخصی بهم زده شدند. سپس توسط کاغذ صافی، تصفیه شده و با دستگاه اسپکتروسکوپی جذب اتمی آنالیز شدند. فاز جامد نمونه پساب پس از خشک شدن، بوسیله نیتریک اسید با نسبت یک به پنج مورد هضم اسیدی قرار گرفتند. سپس نمونه‌های هضم شده پس از شستشو با دستگاه طیف سنجی جذب اتمی مورد آنالیز قرار گرفتند.

نتایج: نتایج حاصل از بررسی پساب در حوضچه‌های قبل و بعد از تصفیه نشان داد که مقدار اولیه فلزات سرب، مس و کادمیم در پساب قبل از تصفیه به ترتیب ۲۱۲۹ ppm، ۵۹۸۳ ppm و ۰/۰۰۴ بوده که بعد از فرایند تصفیه به ترتیب ۰/۰۴۶۹ ppm، ۰/۱۳۴ و ۰/۰۰۱ به دست آمد. همچنین طبق نتایج، با توجه به اینکه در مقادیر مصرف جاذب و زمان‌های تیمار میزان جذب بالا و یکسان بوده است؛ مقدار و زمان تیمار مورد نظر در این آزمایش عامل مؤثر در مقدار جذب فلزات نبوده‌اند.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که جاذب کاغذ روزنامه باطله جاذب مناسبی برای حذف این فلزات سنگین از محلول‌های آبی می‌باشد، زیرا از ظرفیت جذب بالایی برخوردار است و از سوی دیگر هزینه کمتری برای تهیه آن نیاز می‌باشد. این دو عامل جاذب کاغذ روزنامه باطله را به یک ماده مناسب با شرایط بالقوه برای حذف فلزات سنگین از پساب‌های آلوده تبدیل می‌کند.

واژه‌های کلیدی: تصفیه پساب، کاغذ روزنامه باطله، طیف‌سنجی جذب اتمی، فلزات سنگین.

## مقدمه

آب یکی از ترکیبات اصلی مورد استفاده در کاغذسازی است. در گذشته مقدار مصرف آب برای تولید کاغذ بسیار زیاد بود که به دلایل محیط‌زیستی و اقتصادی مقدار مصرف آب برای تولید کاغذ کاهش یافته است (Hamzeh, 2011). افزایش سریع جمعیت و افزایش تقاضا برای تجهیزات صنعتی و نیز احتیاجات بشر منجر به ایجاد مشکلاتی از قبیل بهره برداری بیش از حد از منابع موجود و آلودگی زمین، آب و هوا شده است. در این مورد صنعت خمیر و کاغذ یکی از مهمترین این صنایع است (Abdel-Ghani *et al.*, 2008). اگرچه میزان مصرف آب صنعت کاغذسازی حدود ۱ تا ۴۰ لیتر برای هر کیلوگرم کاغذ تولیدی کاهش یافته است، اما هنوز این مقدار زیاد است. در صنعت کاغذسازی، آب برای عملیات واحد-های مختلف از قبیل شست‌وشوی خمیر، تهیه سوسپانسیون سلولز و آماده‌سازی مواد شیمیایی ضروریست (Pizzichini *et al.*, 2005). صنایع سلولزی و کاغذسازی مقادیر زیادی آب مصرف کرده (۶۰ مترمکعب بر تن) و به همان مقدار پساب تولید می‌کنند (Rodrigues *et al.*, 2005). تخلیه این پساب‌ها، مقادیر زیادی فاضلاب جامد، مایع و گاز وارد محیط‌زیست می‌کند، بنابراین به دلیل حجم وسیع پساب تولید شده، آلودگی منابع آبی نگرانی اصلی است (Pizzichini *et al.*, 2005; Li *et al.*, 2004).

یکی از چالش‌های بزرگ امروزه آلودگی منابع مختلف آب بوسیله فلزات سنگین با اثرهای سمی برای انسان، حیوانات و گیاهان در محیط‌زیست است. منابع مهم آلاینده های ناشی از فلزات سنگین صناعی از جمله معدن، آبکاری فلزات، ساخت دستگاه‌های الکتریکی و غیره هستند (Chandraghatgi & Englezos, 2008). فلزات سنگین مانند سرب، مس، کروم، کادمیم، نیکل، آهن، روی، آرسنیک، منگنز و جیوه از جمله رایج‌ترین آلاینده‌هایی هستند که معمولاً در غلظت‌های بالا در فاضلاب صنایع وجود دارند و موجب

آسیب به محیط‌های آبی و به مخاطره افتادن سلامت موجودات زنده به‌ویژه انسان می‌شوند (Mohammadi *et al.*, 2009; Li *et al.*, 2004). سرب یکی از چهار فلزی است که بیشترین عوارض را روی سلامتی انسان دارد. اختلال بیوسنتز هموگلوبین و کم-خونی، افزایش فشار خون، آسیب به کلیه، سقط جنین و نارسایی نوزاد، اختلال سیستم عصبی، آسیب به مغز، ناباروری مردان، کاهش قدرت یادگیری و اختلالات رفتاری در کودکان، از عوارض منفی افزایش غلظت سرب در بدن است (Karbasi *et al.*, 2009). عوارض ناشی از کادمیم شامل افزایش فشار خون، تخریب کلیه‌ها، تخریب گلبول‌های قرمز و برونشیت می‌باشد. به بیماری ناشی از کادمیم در ژاپن ایتای ایتای می‌گویند (Joseph, 2000; Bigi, 2003). اگرچه مس عنصری کمیاب و ضروری برای انسان است ولی زمانی که مقدار بالایی از آن جذب شود می‌تواند اثر مضر، حاد و حتی منجر به مرگ داشته باشد. شواهد اخیر نشان می‌دهد که مس می‌تواند برای انسان سرطان‌زا باشد و می‌تواند اثرهای جدی به جانوران هنگام ورود به آب وارد کند (Ng *et al.*, 2002). در بین فلزات تاکنون سرب، جیوه و کادمیم حوادث ناگواری را به وجود آورده‌اند. یکی از تلاش‌های انسان همواره این بوده است که مقدار آنها را در محیط به قدری کاهش دهد که دیگر زیان‌آور نباشد و خطر ناشی از آنها به حداقل برسد (Chakravarty *et al.*, 2007). این فلزات به صورت محلول در آب و خاک وارد شده و باعث آلودگی آب‌های سطحی، زیرزمینی و خاک شده و اکوسیستم‌هایی که به آن وارد می‌شوند را برهم می‌زنند.

از آنجا که یون‌های فلزات سنگین زیست‌تخریب‌پذیر نیستند، به‌طور شیمیایی و یا فیزیکی از آب‌های آلوده حذف می‌شوند. یکی از پیشرفت‌های جدید برای حذف فلز، استفاده از جاذب‌ها است. بسیاری از مواد با منشأ بیولوژیکی به‌عنوان جاذب یون‌های مختلف فلزات سنگین از آب و پساب‌های صنعتی مطالعه شده‌اند (Ng *et al.*, 2002). Dehghani و همکاران (۲۰۱۶)، از روزنامه باطله تیمار شده برای حذف فلز کروم از محلول آبی استفاده کردند. آزمایش‌ها در زمان تماس ۶۰ دقیقه، مقدار جاذب ۳ گرم بر لیتر

## مواد و روش‌ها

### مواد

کاغذ روزنامه بازیافتی با استفاده از تمام صفحات روزنامه از مراکز فروش سطح شهر تهیه شد. سدیم بی‌کربنات، دی سدیم - هیدروژن فسفات، سدیم هیدروکسید، نیتریک اسید و هیدروکلریک اسید از شرکت مرک تهیه گردید.

### روش‌ها

اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین موجود در پساب کارخانه کاغذ در مرحله اول، برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین از حوضچه‌های قبل و بعد از تصفیه پساب یک کارخانه کاغذسازی نمونه‌برداری شد. پس از جداسازی مرحله مایع و جامد (لجن) پساب، نمونه‌های مایع از کاغذ صافی واتمن عبور داده شدند. برای نگهداری نمونه پساب قبل از آنالیز، غلظت مایع پساب ۱۰ برابر افزایش داده شده و pH آن با استفاده از نیتریک اسید تا حدود ۲ تنظیم شد. سپس نمونه‌های پساب در اتوکلاو با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. نمونه مورد آزمایش و نیتریک اسید با نسبت یک به پنج برای هضم اسیدی مخلوط شده، سپس مطابق با استاندارد (3030D, 3030E) آزمایش شدند. در طول انجام عمل هضم اسیدی، باید از خشک شدن نمونه‌ها جلوگیری کرد. به‌منظور تعیین تداخل ناشی از وجود ناخالصی‌ها در اسید و ظرف، تمامی مراحل بر روی یک نمونه شاهد نیز انجام شد. نمونه‌های هضم شده پس از خنک شدن، شستشو داده شده و بعد با دستگاه طیف‌سنجی جذب اتمی مدل واژیان ContrAA 700 آنالیز شدند.

### تهیه جاذب روزنامه باطله

برای تهیه جاذب از روزنامه باطله، ابتدا روزنامه باطله در ابعاد یک‌دریک سانتی‌متر برش داده شد. روزنامه‌های باطله با محلول سدیم بی‌کربنات به‌منظور حذف مواد خارجی مانند روغن، جوهر سیاه و مواد رنگ‌بر در دمای آزمایشگاه به مدت یک ساعت تیمار شدند. خمیر کاغذ روزنامه چندین بار با آب تقطیر شده شستشو داده

و pH برابر ۳ بود. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار حذف کروم از محلول آبی ۸۸/۵۹ میلی‌گرم بر گرم بود. Chakravarty و همکاران (۲۰۰۸) برای حذف مس از محلول‌های آبی خمیر روزنامه سفید شده استفاده کردند. نتایج نشان داد که جذب با افزایش pH افزایش یافته است و حداکثر ظرفیت جذب برای فلز سنگین مس ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. مطالعه پارامترهای ترمودینامیکی نشان داد که جذب مس به‌وسیله خمیر روزنامه، فرایندی خود به خودی و گرماگیر است. به نظر می‌رسد جذب سطحی به دلایل بسیاری از جمله سادگی طراحی، سهولت عملیات، انتخاب گسترده‌ای از مواد جاذب، اثربخشی و امکان بازسازی جاذب کاربرد گسترده‌ای داشته باشد. بسیاری از تلاش‌ها نیز به سمت استفاده از جاذب ارزان و مؤثر، به‌ویژه مواد طبیعی، جاذب های زیستی و ضایعات حاصل از کشاورزی و صنعت است (Crini, 2006). مزایای فرایند جذب زیستی در مقایسه با روش‌های متداول حذف فلزات سنگین شامل مقرون به‌صرفه بودن، خاصیت انتخابی در حذف فلزات، قابلیت احیای جاذب‌های زیستی، بالا بودن سرعت فرایند، قابلیت احیای جاذب‌های زیستی و عدم تولید لجن، درجه تصفیه بسیار بالا و رعایت سخت‌گیرانه‌ترین استاندارد تخلیه به محیط‌زیست می‌باشد (Brady et al., 1994; Yan & Viraraghavan, 2003; Davis et al., 2005).

در این پژوهش، نوع و مقدار فلزات سنگین در پساب حوضچه‌های قبل و بعد از تصفیه یک کارخانه کاغذسازی آزمایش شد. همچنین، در مرحله بعد به روش جذب سطحی با استفاده از جاذب روزنامه باطله، جذب فلزات سنگین تعیین شده در پساب از محلول آبی انجام شد. مقادیر جذب و کارایی جاذب روزنامه باطله در جذب فلزات مس، سرب و کادمیم مطالعه گردید.

استفاده شد. قلیا مورد استفاده سود ۰/۱ مولار و اسید مورد استفاده هیدروکلریک اسید ۰/۱ مولار بود.

تیمار محلول‌های آبی حاوی فلزات سنگین با جاذب همه آزمایش‌های جذب برای خمیرکاغذ روزنامه باطله بر روی فلزات سنگین سرب، مس و کادمیم در سه تکرار انجام شدند. مقدار اندازه‌گیری شده جاذب به ۱۰ میلی‌لیتر از هر محلول اضافه و در یک لرزاننده مکانیکی به هم زده شد. پارامترهای جذب، شامل مقدار جاذب و زمان به هم زدن بودند. بعد از هم‌زدن به محلول اجازه داده شده تا به مدت ۳۰ دقیقه ثابت بماند تا ترکیبات غیر محلول در آن ته‌نشین شوند، سپس با عبور از کاغذ صافی واتمن ۴۰ تصفیه و با دستگاه اسپکتروسکوپی جذب اتمی آنالیز شد. اختلاف مقدار جذب قبل و بعد جذب نشان‌دهنده مقدار ماده جذب شده توسط جاذب روزنامه باطله است. جدول ۱ کد معرف سطوح تیمار در جاذب روزنامه باطله را نشان می‌دهد.

شد تا pH آب خروجی از خمیرکاغذ خنثی شود. سپس سوسپانسیون خمیرکاغذ از میان کاغذ صافی ۴۰ واتمن عبور داده شد و در نهایت خمیرکاغذ، هوا خشک شد. در مرحله بعد، برای خروج جوهر چاپ از مواد اولیه، خمیرکاغذ روزنامه هوا خشک شده با ۵ درصد دی سدیم هیدروژن فسفات به وسیله مبرد به مدت ۴ ساعت و در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد رفلکس شد. پس از پایان زمان کندانس شدن، به منظور خروج فسفات، خمیرکاغذ با آب مقطر شستشو گردید.

### تهیه محلول‌های آبی فلزات سنگین

برای تهیه محلول‌های آبی، از محلول استاندارد هر فلز استفاده شد. محلول استاندارد دارای غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (ppm) بود. محلول‌های آبی با غلظت اولیه ۳۰ ppm از طریق رقیق کردن محلول استاندارد با آب مقطر تهیه شدند. همچنین، برای تنظیم pH محلول‌های آبی از اسید و قلیا

جدول ۱- کد معرف سطوح تیمار در جاذب روزنامه باطله

Table 1- The code of different treatments of newspaper absorbent

Code	Conditions	
	Time (min)	Adsorbent doze (g)
T15C1	15	0.1
T30C1	30	0.1
T15C2	15	0.2
T30C2	30	0.2

### نتایج

اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین موجود در پساب حوضچه‌های تصفیه کارخانه جدول ۲ غلظت فلزات مس، سرب و کادمیم را در پساب کارخانه کاغذسازی قبل و بعد از تصفیه در مقایسه با مقادیر استاندارد نشان می‌دهد. مقدار فلز سنگین مس در پساب قبل و

### تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش، داده‌های مربوط به جذب با استفاده از آزمون تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

(استاندارد ملی شماره ISIRI 1053) برای مصارف شرب و کمتر از حد مجاز استاندارد ایران برای تخلیه به آب‌های سطحی بود.

بعد از تصفیه به ترتیب ۰/۵۹۸۳ و ۰/۱۳۴۰ ppm بود. غلظت مس در پساب قبل از تصفیه بیشتر از مجاز استاندارد ایران

جدول ۲- غلظت فلزات موجود در پساب قبل و بعد از تصفیه در مقایسه با مقدار استاندارد

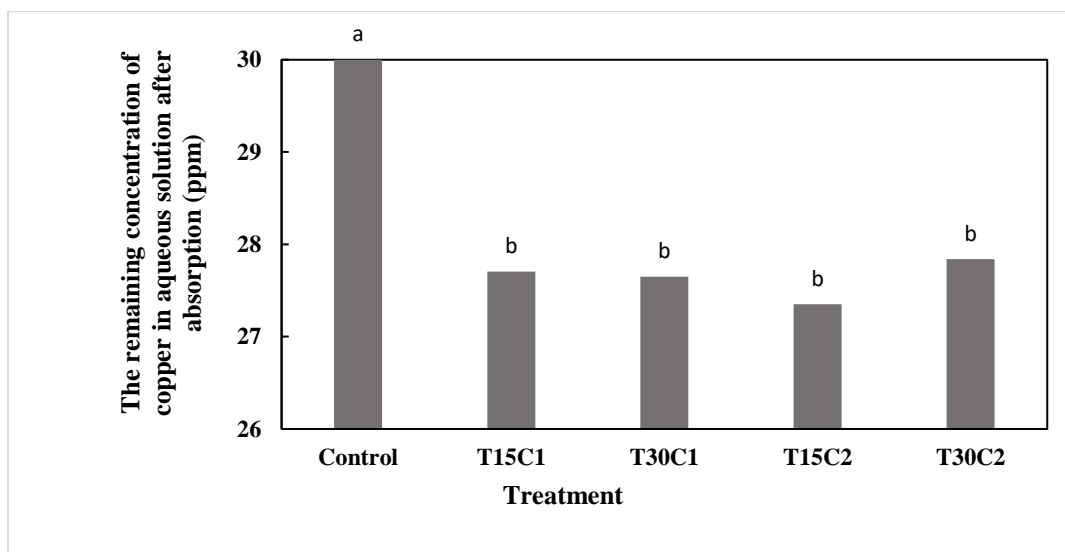
**Table 2 - Concentration of the metals in the effluent before and after treatment compared to the standard amount**

Metals	Limit for Agricultural consumption	Limit for surface water	Effluent before treatment	Effluent after treatment
Copper	0.2	1	0.5983	0.134
Lead	0.05	1	0.2129	0.046
Cadmium	0.1	1	0.0004	0.0001

#### جذب فلز سنگین مس

شکل ۱ مقدار جذب توسط جاذب روزنامه باطله برای فلز مس را نشان می‌دهد. مقدار مس توسط جاذب، در تیمارهای T15C1، T30C1، T15C2 و T30C2 نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۷/۶۵، ۷/۸۳، ۸/۸۱ و ۷/۲ درصد کاهش یافته است. همچنین، بیشترین مقدار جذب مس در تیمار T15C2، به مقدار ۲/۶۵ ppm و کمترین آن در تیمار T30C2، به مقدار ۲/۱۶ ppm بود. تجزیه واریانس اثر متقابل مقدار جاذب و زمان بر میزان جذب مس توسط روزنامه باطله نشان داد که در سطح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد معنادار نبوده است.

مقدار فلز سنگین سرب در پساب قبل و بعد از تصفیه به ترتیب ۰/۲۱۲۹ و ۰/۰۴۶۹ ppm بود. غلظت سرب در پساب قبل از تصفیه بیشتر از حد مجاز استاندارد ایران (استاندارد ملی شماره ISIRI 1053) برای مصارف شرب و کمتر از حد مجاز استاندارد ایران برای تخلیه به آب‌های سطحی بوده و مقدار آن بعد از تصفیه نسبت به قبل از تصفیه کاهش یافته است. با وجود این، در هر دو مورد کمتر از حد مجاز استاندارد می‌باشد. غلظت کادمیوم در پساب قبل از تصفیه بیشتر از حد مجاز استاندارد ایران برای مصارف شرب و کمتر از حد مجاز استاندارد ایران برای تخلیه به آب‌های سطحی بوده و مقدار آن بعد از تصفیه نسبت به قبل از تصفیه کاهش یافته است.



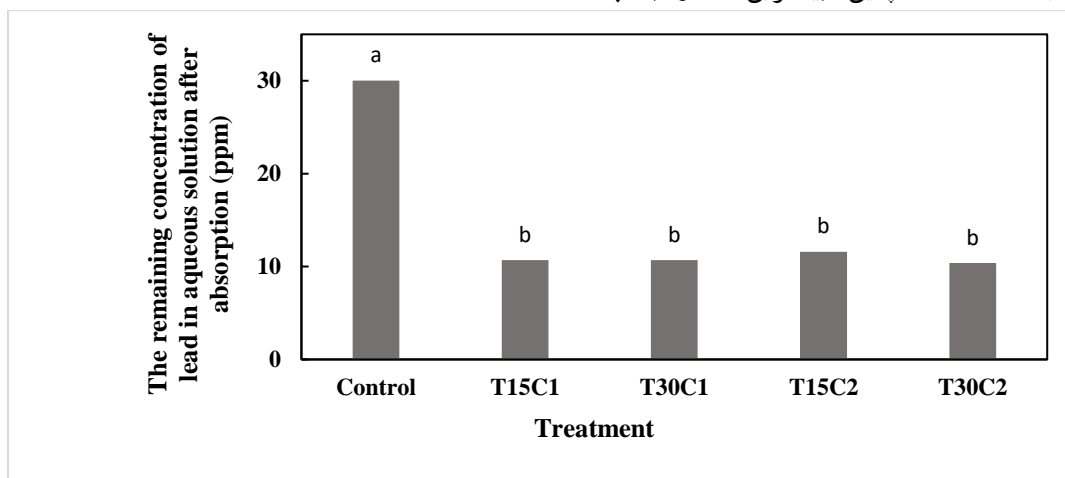
شکل ۱- کارایی جذب فلز مس با جاذب روزنامه باطله

Figure 1. Absorption efficiency of copper with newspaper adsorbent

سرب در تیمار T30C2، به مقدار ۱۹/۶۱ ppm و کمترین آن در تیمار T15C2، به مقدار ۱۸/۴۰ ppm به دست آمد. تجزیه واریانس اثر متقابل مقدار جذب و زمان بر میزان جذب سرب توسط روزنامه باطله نشان داد که در سطح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد معنادار نبوده است.

جذب فلز سنگین سرب

شکل ۲ مقدار جذب توسط جاذب روزنامه باطله را بر فلز سرب نشان می‌دهد. مقدار سرب توسط جاذب، در تیمارهای T15C1، T30C1، T15C2 و T30C2 نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۶۴/۴۰، ۶۴/۴۰، ۶۵/۶۱، ۳۴/۳۱ درصد کاهش یافته است. همچنین، بیشترین مقدار جذب



شکل ۲- کارایی جذب فلز سرب با جاذب روزنامه باطله

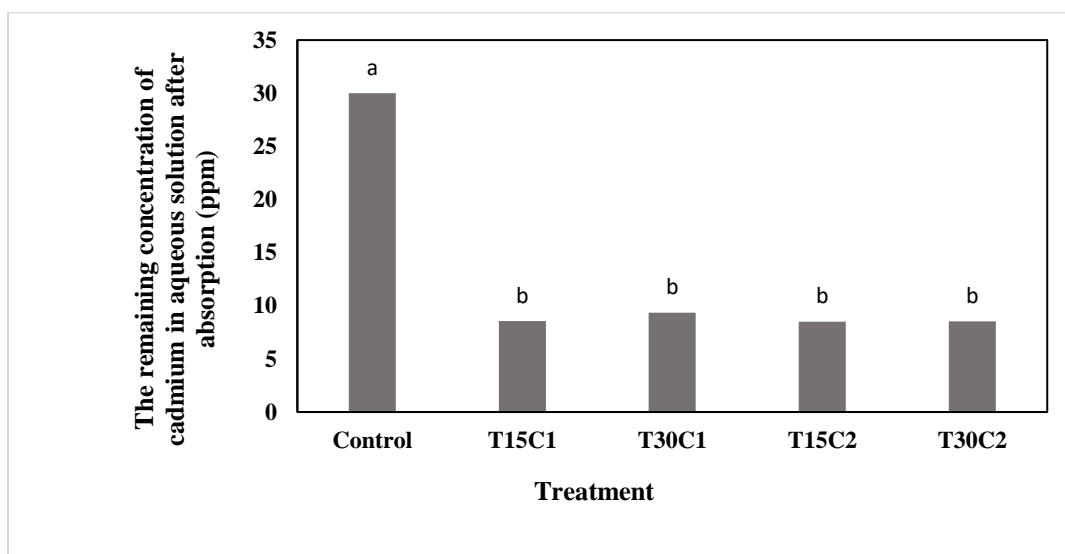
Figure 2. Absorption efficiency of lead with newspaper adsorbent



## جذب فلز سنگین کادمیوم

شکل ۳ مقدار جذب توسط جاذب روزنامه باطله بر فلز کادمیوم را نشان می‌دهد. مقدار کادمیوم توسط جاذب، در تیمارهای T15C1، T30C1، T15C2 و T30C2 نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۷۱/۴۹، ۶۸/۸۲، ۷۱/۶۵ و ۷۱/۵۲

درصد کاهش یافته است. همچنین، بیشترین مقدار جذب کادمیوم در تیمار T15C2، ۲۱/۵۰ ppm و کمترین آن در تیمار T30C1، به مقدار ۲۰/۵۶ ppm بود. تجزیه واریانس اثر متقابل مقدار جذب و زمان بر میزان جذب کادمیوم توسط روزنامه باطله نشان داد که در سطح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد معنادار نبوده است.



شکل ۳- کارایی جذب فلز کادمیوم با جاذب روزنامه باطله

Figure 3. Absorption efficiency of cadmium with newspaper adsorbent

## بحث

بررسی غلظت فلزات سنگین موجود در پساب حوضچه‌های تصفیه کارخانه کاغذسازی بررسی نتایج به دست آمده نشان داد که مس در نمونه پساب وجود داشته است. پساب کارخانه کاغذسازی قبل از فرایند تصفیه دارای بیشترین غلظت مس بود که این مقدار بیشتر از حد مجاز استاندارد برای مصارف کشاورزی است اما مقدار آن از حد مجاز استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی کمتر بود. کمترین غلظت فلز مس در پساب بعد از فرایند تصفیه بود

که مقدار آن پایین‌تر از حد مجاز استاندارد ایران برای مصارف شرب و تخلیه به آب‌های سطحی است. با توجه به نتایج به دست آمده، سرب در نمونه پساب وجود داشت و پساب قبل از تصفیه دارای بیشترین غلظت سرب بود. مقدار سرب قبل از تصفیه بیشتر از حد مجاز استاندارد برای مصارف شرب بوده اما مقدار آن از حد مجاز استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی کمتر بود. در حالی که پساب بعد از تصفیه دارای کمترین غلظت سرب می‌باشد که مقدار آن

مقدار جذب فلزات سنگین ندارد. سطح سلولز وقتی در آب فرو می‌رود به‌طور جزئی دارای بار منفی می‌شود، از این رو با انواع کاتیون‌های موجود در آب فعل‌وانفعالات کولومبیک (واکنش الکترواستاتیکی بین بارهای الکتریکی) انجام می‌دهد. این بار منفی تأثیر زیادی در جذب فلزات سنگین دارد. به‌طور کلی وقتی محلول بازی یا اسیدی در خلل و فرج جاذب‌های با پایه سلولزی نفوذ می‌کند، باعث می‌شود که درجه بلورینگی سلولز کاهش یافته و سبب می‌گردد که سطح مخصوص و تخلخل جاذب افزایش یابد، همه این عوامل سبب جذب می‌گردد (Rezanezhad et al., 2020).

### منابع مورد استفاده

- Abdel-ghani, N.T., Hefny, M.M. and El-chaghby, G.A., 2008. Removal of metals ions from synthetic wastewater by adsorption onto *Eucalyptus Camaldulenis* tree leaves. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 53(3):1585-1587.
- Braday, D., Stoll, A. and Ducan, J. R., 1994. Biosorption of heavy metal cations by non-viable yeast biomass. *Environmental Technology*, 15:428-429.
- Bigi, H., 2003. Water health and treatment principle. Iran Rafie Andisheh, Edition 1.
- Chakravarty, S., Pimple, S., Chaturvedi, H.T., Singh, S. and Gupta, K.K., 2008. Removal of copper from aqueous solution using newspaper pulp as an adsorbent. *Journal of Hazardous Materials*, 159:396-403.
- Chakravarty, S., Bhattacharjee, S., Gupta, K.K., Singh, M., Chaturvedi, H.T. and Maity, S., 2007. Adsorption of zinc from aqueous solution using chemically treated newspaper pulp. *Bioresources Technology*, 98:3136-3141.
- Chandraghatgi, R. and Englezos, P., 2008. Sequestering of heavy metal ions from aqueous solutions using a lignocellulosic material. *International Journal of Environmental Pollution*, 32: 509-518.
- Crini, G., 2006. Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: a review. *Bioresources Technology*, 97:1061-1085.
- Davis, T.A., Volesky, B. and Vieira, R.H.S.F., 2005. Sargasso biomass. *Water research*, 39: 239-247.
- Dehghani, M.H., Sanaei, D., Ali, I. and Bhatnagar, A., 2016. Removal of chromium (VI) from aqueous solution using treated waste newspaper as a low-cost adsorbent: Kinetic

پایین‌تر از حد مجاز استاندارد ایران برای مصارف شرب و تخلیه به آب‌های سطحی است. نتایج نشان داد که کادمیم کمترین مقدار را در نمونه‌های پساب داشت؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در مورد تمام فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در این پژوهش غلظت فلزات موجود در پساب قبل از تصفیه نسبت به پساب بعد از تصفیه بیشتر است. حداکثر مقدار به فلز مس موجود در پساب قبل از تصفیه مربوط می‌شود و حداقل مقدار به فلز کادمیم مربوط است.

جذب فلزات سنگین مس، سرب و کادمیم با جاذب روزنامه باطله در زمان و مقدار جاذب مختلف

جذب و جداسازی فلزات سنگین موجود در آب با سازوکار جذب فیزیکی توسط جاذب تهیه شده از روزنامه باطله انجام شد. در مقایسه تیمار محلول آبی مس و سرب با جاذب روزنامه باطله در زمان ۱۵ و ۳۰ دقیقه می‌توان گفت اختلافی بین کاهش مقدار مس از محلول آبی در این دو بازه زمانی وجود ندارد. در واقع مدت زمان ۱۵ دقیقه برای انجام واکنش بین مس و سرب و سطوح قابل دسترس سلولز برای جذب کافی است، بنابراین به منظور افزایش سرعت در انجام روند جذب، زمان کوتاه‌تر (۱۵ دقیقه) توصیه می‌شود. همچنین، در مقایسه تیمار محلول آبی با جاذب روزنامه باطله در دو مقدار ۰/۱ و ۰/۲ گرم می‌توانیم بگوییم که اختلافی بین کاهش مقدار مس و سرب از محلول آبی در دو مقدار جاذب وجود ندارد. در واقع با افزایش جاذب به این مقدار سطوح قابل دسترس در سلولز به حدی افزایش نمی‌یابد که بتواند سبب افزایش جذب مس و سرب موجود در محلول‌های آبی شود، بنابراین تیمار با مقدار جاذب ۰/۱ مقرون به‌صرفه‌تر می‌باشد. در مورد فلز کادمیم نیز نتیجه مشابهی مشاهده شد. مقایسه تیمار محلول آبی کادمیم با جاذب روزنامه باطله در زمان ۱۵ و ۳۰ دقیقه و دو مقدار جاذب ۰/۱ و ۰/۲ گرم نشان داد که زمان‌های و مقادیر متفاوت جاذب، تأثیری در

- Ng, J.C.Y., Cheung, W.H. and McKay, G., 2002. Equilibrium Studies of the Sorption of Cu (II) Ions onto Chitosan. *Journal of Colloid Interface*, 255(1): 64-74.
- Pizzichini, M., Russo, C. and Meo, C.D., 2005. Purification of pulp and paper wastewater, with membrane technology for water reuse in a closed loop. *Desalination*, 178(1-3): 351-359.
- Rezanezhad, SH., Nazarnezhad, N., Resalati, H. and Zabihzadeh, S. M., 2020. Use of magnetic nano bio composites prepared from fibers, nanocrystalline cellulose and carboxy methylcellulose in adsorption of heavy metals (Nickel and Lead). *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 35(4): 332-347. (In Persian).
- Rodrigues, A.C., Boroski, M., Shimada, N.S., Garcia, J.C., Nozaki, J. and Hioka, N., 2008. Treatment of paper pulp and paper mill wastewater by coagulation-flocculation followed by heterogeneous photo catalysis. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 194(1): 1-10.
- Yan, G. and Viraraghavan, T., 2003. Heavy metal removal from aqueous solution by fungus *Mucor rouxii*. *Water research*, 37: 4486-4496.
- modeling and isotherm studies. *Journal of Molecular Liquids*, 215: 671-679.
- Hamze, Y., 2011. Water and wastewater management in pulp and paper industry. *Jahad Daneshgahi publication*, 455p.
- Joseph, A., 2000. *Environmental Engineering and sanitation*. John Wiley and sons TD145. S24.
- Karbasi, M., Karbasi, A., Saremi, A. and Ghorbanizadeh, H., 2009. Investigation of the concentration of heavy elements in drinking water supply sources of Aleshtar city in 2009. *Yafte journal of medical sciences*, 12(1): 65-70.
- Li, H., Du, Y. and Xu, Y., 2004. Adsorption and Complex of Chitosan Wet-end Additives in Papermaking system. *Journal of Applied Polymer Science*, 91(4): 2642-2648.
- Mohammadi, M., Fotovat, A. and Haghniya, G., 2009. Efficiency of sand- soil- organic matter filter, the removal of heavy metals copper, nickel, zinc and chromium from industrial wastewater. *Journal of Soil and Water (Agricultural Science and Technology)*, 262: 23-51.