

## حذف فلزات سنگین Cr(VI) و Zn(II) از پساب توسط پوسته برنج

حسن پرویزی مساعد<sup>۱\*</sup>، سهیل سبحان اردکانی<sup>۲</sup> و امیرحسین حمیدیان<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، باشگاه پژوهشگران جوان، همدان

<sup>۲</sup> گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان

<sup>۳</sup> گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۷/۵ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۴/۲۰)

### چکیده

پوسته برنج به عنوان یک ماده زائد جامد آلی توانایی بالایی در حذف یون فلزات سنگین از پساب را دارد و می‌تواند در تصفیه پساب‌های صنعتی که از مهمترین منابع آلاینده آب و خاک به فلزات سنگین هستند، بسیار مفید و کارآمد باشد. در این مطالعه به بررسی حذف یون فلزات سنگین روی دو ظرفیتی و کروم شش ظرفیتی از پساب حاوی فلزات سنگین روی و کروم توسط پوسته برنج خام پرداخته شد. سپس با اضافه نمودن پوسته برنج به محیط واکنش، درصد جذب یون فلزات روی دو ظرفیتی و کروم شش ظرفیتی توسط ذرات پوسته برنج در اسیدیته‌ها، غلظت‌های اولیه مختلف یون فلزات روی و کروم در پساب، زمان‌های تماس، دماهای متفاوت و مقادیر مختلف از ماده جاذب مورد آزمایش قرار گرفت. طبق نتایج با افزایش pH پساب ساختگی، درصد جذب یون‌های فلز روی و کروم توسط ذرات پوسته برنج به ترتیب افزایش و کاهش یافت و در pH برابر با ۷ و ۲ به حداکثر مقدار خود رسید. علاوه بر این با افزایش غلظت اولیه فلز، راندمان حذف فلزات روی و کروم کاهش یافتند. درصد جذب برای فلزات روی و کروم بستگی به مدت زمان تماس داشت، به طوری که با افزایش مدت زمان تماس، درصد جذب برای هر دو فلز نیز افزایش یافت و بعد از گذشت ۲ و ۳ ساعت به ترتیب برای فلزات روی و کروم به حالت تعادل رسیدند. مقدار جذب بستگی به میزان دمای واکنش داشت، به طوری که با افزایش دمای واکنش درصد حذف هر دو فلز نیز افزایش یافت. همچنین درصد جذب بستگی به مقدار ماده جاذب داشت. با افزایش مقدار پوسته برنج به پساب ساختگی، درصد جذب فلزات روی و کروم افزایش یافت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پوسته برنج توانایی خوبی جهت حذف فلزات روی دو ظرفیتی و کروم شش ظرفیتی از پساب را دارد.

**واژه‌های کلیدی:** فلز سنگین، روی دو ظرفیتی، کروم شش ظرفیتی، پوسته برنج خام، جذب، پساب

## مقدمه

آلودگی آب به دلیل تخلیه فاضلاب شهری و صنعتی، وجود فلزات سنگین سمی و مدیریت نامناسب پسماندها، سلامتی بشر را به گونه‌ای خطرناک تحت تأثیر قرار می‌دهد (Upendra and Bandyopadhyay, 2006). متداولترین فلزات یافت شده در فاضلابها فلزات سرب، مس، روی، کادمیوم، کروم و نیکل هستند (Elzahabi and Yong, 2001). فلز روی به عنوان یک عنصر ضروری به طور وسیع در صنایعی نظیر پوشش‌دهنده‌های سایر فلزات، در رنگرزی، در صنایع ریخته‌گری، در صنایع خودروسازی، باتری‌سازی، دندانپزشکی، پزشکی، در تولید قارچ کش‌ها، در واحدهای آزمایشگاهی (Zazoli et al., 2006)، فرآیندهای استخراج و ذوب فلزات، واحدهای تولید گالوانیزه، ترموپلاستیک‌ها، تثبیت‌کننده‌ها، کارگاه‌های ساخت آلیاژ (Mishra and Patel, 2009; Norton et al., 2004) مورد استفاده قرار می‌گیرد. نقش فلز روی در بدن انسان و انتقال الکترون در بسیاری از واکنش‌های آنزیمی شناخته شده است و بنابراین، به عنوان یک عنصر کم مصرف در مقادیر کم برای بدن ضروری می‌باشد (Gul et al., 2009). به هر حال مازاد این عنصر در بدن به واسطه تجمع زیستی می‌تواند منجر به مسمومیت‌هایی نظیر سرطانزایی، جهش‌های ژنتیکی و ایجاد نقایص جنینی گردد (El-Shafey, 2010). فلز کروم نیز به عنوان یکی از آلاینده‌های سمی به دلیل سرطانزایی و ایجاد نقایص ژنتیکی بر سلامت عمومی افراد شناخته شده است (Gardea-Torresdey et al., 2000). به علاوه فلز کروم می‌تواند از طریق بسیاری از صنایع نظیر صنایع پرداخت فلزات، صنایع آهن و استیل و تولید مواد شیمیایی معدنی وارد محیط زیست گردد (Wang and Xiao, 1995). به دلیل افزایش آگاهی افراد نسبت به نقش فلزات سنگین در محیط زیست، توجه به توسعه روش‌های مؤثر برای حذف فلزات سنگین از آب‌های آلوده به مقدار زیادی افزایش یافته است. روش‌های زیادی برای حذف یون‌های فلزی از پساب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Kadiverlu et al., 2001) که هر کدام از آنها

دارای مزایا و معایبی بر اساس سادگی، انعطاف‌پذیری، مؤثر بودن فرآیندها، قیمت، مشکلات فنی و نگهداری می‌باشند (Kadiverlu et al., 2001; Bishnoi et al., 2004) ولی بیشتر آنها به دلیل هزینه زیاد یا حذف ناقص فلزات سنگین و تولید لجن‌های سمی دارای کاستی‌هایی می‌باشند. فنون اصلی که برای کاهش مقدار یون‌های فلزی از فاضلاب‌ها مفید می‌باشند، شامل رسوب، تیخیر، آهک‌دهی، شناورسازی و انعقاد، سیمانی و کمپلکس شدن، تبادل یونی، عصاره‌گیری حلال، اسمز معکوس، جذب، روش‌های الکتروشیمیایی و فرآیندهای فیلتراسیون می‌باشند (Kadiverlu et al., 2001). فرآیندهای معمول حذف این عناصر از پساب‌های صنعتی نظیر اسمز معکوس، رزین‌های تعویض یون و ته‌نشین شیمیایی و ... بسیار هزینه‌بر هستند، بنابراین، در سال‌های اخیر کاربرد محصولات جانبی و زایدات کشاورزی مانند پوست درختان، خاک اره، پوست‌های بادام زمینی، پسته کوهی، سبوس برنج و چوب‌های ذرت به منظور جذب فلزات سنگین از پساب‌ها بسیار کارآمد و مقرون به صرفه بوده است. این مواد زائد بیولوژیکی از یکسو بسیار فراوان و در دسترس می‌باشند و از سوی دیگر استفاده خاصی از آنها نمی‌شود (Yu et al., 2001). این مواد طبیعی به دلیل هزینه کم و فراهمی زیاد آنها و به علت دارا بودن گروه‌های عاملی از قبیل هیدروکسیل، کربوکسیل و فنل و میل ترکیبی قوی با فلزات سنگین، مناسب‌تر می‌باشند (Mirghaffari et al., 1999). امروزه با حذف فلزات سنگین موجود در پساب‌ها علاوه بر اینکه می‌توان به بازیافت این عناصر و کاهش مصرف مواد خام اولیه کمک کرد، بلکه می‌توان از پساب برای آبیاری زمین‌های کشاورزی استفاده نمود، زیرا تقریباً ۹۹ درصد از فاضلاب‌ها را آب تشکیل می‌دهد (Yu et al., 2001). این مسئله به خصوص در کشور ما که در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده‌است می‌تواند تا حد چشمگیری بحران کمبود آب را بهبود بخشد. برنج که در بیش از ۷۵ کشور در جهان مورد کشت قرار می‌گیرد به عنوان غذای اصلی برای نیمی از جمعیت جهان به شمار می‌رود. در

ارایه شده است. در این آزمایش برای اندازه‌گیری رطوبت از روش وزنی، برای اندازه‌گیری چگالی از تقسیم وزن توده بر حجم بستری که آن مقدار توده جامد در آن جای داده شده استفاده شد، برای اندازه‌گیری مواد آلی پوسته برنج از روش احتراق تر، برای اندازه‌گیری مقدار مواد جامد نامحلول از فرآیند صاف کردن مخلوط پوسته برنج و آب دی یونیزه استفاده شد، برای اندازه‌گیری مقدار مواد جامد محلول از فرآیند گرما دادن به محلول حاصل از عصاره‌گیری مخلوط پوسته برنج و آب دی‌یونیزه بدست آمد، برای اندازه‌گیری آهک (CaO) از روش تیتراسیون با سود و برای اندازه‌گیری اکسید آهن ( $Fe_2O_3$ ) از روش حجمی و تیتراژ کردن با ماده دی‌کرومات پتاسیم استفاده شد (Institute of standard and research of industrial of Iran, 1991).

جدول ۱- خواص فیزیکی و شیمیایی پوسته برنج خام

خواص	مقادیر	واحد
رطوبت	۹/۵	درصد
چگالی	۱/۸	گرم بر سانتی‌متر مکعب
مواد نامحلول	۷۵	درصد
کل ذرات محلول	۱۰۵	میلی‌گرم بر لیتر
مواد آلی	۸۲	درصد
$Fe_2O_3$	۰/۱۶	درصد
CaO	۰/۲۴	درصد

دانه‌بندی در مقدار جذب فلز توسط ذرات پوسته برنج مؤثر می‌باشد، زیرا هر چه ذرات پوسته برنج ریزتر باشند، سطح تماس افزایش می‌یابد (Shukla et al., 2002). لذا، به منظور ثابت بودن دامنه اندازه ذرات پوسته برنج، ۵۰۰ گرم از پوسته برنج خام را برداشته و چندین مرتبه با آب دوبار تقطیر شسته و در داخل دستگاه آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۲۴-۴۸ ساعت خشک گردیدند، سپس بعد از آسیاب کردن از الک ۱ میلی‌متری عبور داده شدند. در این مقاله از پساب‌های ساختگی تحت شرایط آزمایشگاهی استفاده شد. برای ساخت پساب، از نمک‌های قابل حل محلول‌های این فلزات  $K_2Cr_2O_7$  و  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  استفاده گردید (Ansari et

سراسر جهان سالانه ۸۰ میلیون تن پوسته برنج تولید می‌شود و در حدود ۹۷٪ مقدار تولید شده آن متعلق به کشورهای در حال توسعه می‌باشد (Armesto et al., 2002). امکان استفاده از پوسته برنج به عنوان یک ماده جاذب برای حذف یون‌های فلزی از پساب موضوع مقاله را تشکیل می‌دهد. پوسته برنج به دلیل ویژگی‌هایی نظیر ساختار دانه مانند و حلال ناپذیری در آب، پایداری شیمیایی و دسترسی محلی آن برای جذب فلزات سنگین از محیط آبی انتخاب شده است (Zulkali et al., 2006). Montanher et al. (2005) نشان دادند که پوسته برنج توانایی بالایی در حذف فلزات  $Cu(II)$ ،  $Cd(II)$  و  $Pb(II)$  و  $Zn(II)$  از پساب را بر عهده دارد. (Mishra et al., 1997) و (Ajmal et al., 2003) گزارش کردند که پوسته برنج به عنوان جاذب مناسبی برای حذف فلزات سنگین و سمی از فاضلاب به شمار می‌رود. (Daifullah et al., 2003) مطالعه‌ای نشان دادند که مواد جاذب تهیه شده از پوسته برنج توانایی حذف تقریباً ۱۰۰٪ فلزات سرب، کادمیوم، مس، روی، منگنز و آهن را از فاضلاب‌ها بر عهده دارند. نتایج گرفته شده توسط (Asrari et al., 2010) نشان داد که پوسته برنج به عنوان جاذب خوبی برای فلزات سرب و روی به شمار می‌رود و میزان جذب به طور معنی‌داری مربوط به سه پیراسنجه pH، مقدار ماده جاذب و زمان تماس گزارش شد. بنابراین، در این مطالعه سعی شده تا کارایی پوسته برنج خام در حذف فلزات سنگین روی دو ظرفیتی و کروم شش ظرفیتی از پساب ساختگی در شرایط تعیین شده مورد بررسی قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

در این مقاله به بررسی مقدار جذب یون فلزات سنگین  $Zn(II)$  و  $Cr(VI)$  از پساب ساختگی، توسط پوسته برنج خام پرداخته شده است. پوسته برنج از شالیکوبی برنج‌های جمع‌آوری شده از شالیزارهای واقع در ناحیه رشت در شمال ایران تهیه شده بود. قبل از انجام کار برخی از آزمایشات به منظور تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی جاذب انجام گرفت که نتایج حاصله در جدول ۱

(al., 1999).

۱۰۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۵۰ دقیقه مورد آزمایش قرار گرفت. به منظور بررسی اثر دما بر میزان جذب یون‌های Zn(II) و Cr(VI) توسط ذرات پوسته برنج از محلول پساب ساختگی با غلظت ۱۰۰ mg/L و حجم محلول ۲۰۰ میلی‌لیتر و با زمان‌های ماند مختلف در دماهای ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد برای هر فلز به طور جداگانه مورد سنجش قرار گرفت. همچنین به منظور بررسی اثر مقدار ماده جاذب بر میزان جذب فلزات روی و کروم از مقادیر ۱، ۱/۵، ۲، ۲/۵، ۳، ۳/۵، ۴ گرم پوسته برنج و در pH، زمان، دما، محلول و غلظت ثابت از فلزات روی و کروم به طور جداگانه برای هر فلز مورد بررسی قرار گرفت. در انتها درصد جذب فلزات روی و کروم از پساب توسط رابطه ۱ محاسبه شد (Asrari et al., 2010):

$$(1) \quad \text{درصد جذب فلزات} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100$$

که در آن  $C_0$  و  $C_1$  به ترتیب غلظت اولیه فلزات روی و کروم در محلول و غلظت آن بعد از انجام آزمایش می‌باشد. جهت اطمینان از صحت نتایج، هر آزمایش سه بار تکرار شد.

### نتایج

#### اثر pH محلول بر میزان جذب یون فلزات Zn(II) و Cr(VI)

مقدار pH به عنوان یک پیراسنجه مهم شمرده می‌شود که بر واکنش‌های شیمیایی و زیستی در فاضلاب‌ها تأثیر می‌گذارد (Zhang and Frankenberger, 2003). نتایج مربوط به اثر افزایش pH اولیه پساب‌های ساختگی بر مقدار جذب یون فلزات Zn(II) و Cr(VI) توسط پوسته برنج در شکل ۱ نشان داده شده است. همان طوری که در شکل دیده می‌شود، در زمان تماس ثابت (۱۲۰ دقیقه) و غلظت و حجم ثابت (غلظت ۱۰۰ mg/L و حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر) از پساب، مقدار دمای ثابت  $25 \pm 1$  درجه سانتی‌گراد و مقدار ماده جاذب ۲ گرم، با افزایش مقدار pH، درصد جذب فلزات روی و کروم به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابند، به طوری که بیشترین درصد جذب به

پساب‌هایی با اسیدیته‌های ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و با غلظت ۱۰۰ mg/L از فلزات Zn(II) و Cr(VI) و حجم محلول ۲۰۰ میلی‌لیتر در شش بشر جداگانه برای هر فلز ساخته شدند. برای تنظیم اسیدیته در محدوده مورد نظر از محلول‌های سود (NaOH) ۰/۱ مولار و اسیدکلریدریک (HCl) ۰/۱ مولار (Zulkali et al., 2006) و برای اندازه‌گیری آن از دستگاه pH متر Jenway مدل ۳۵۱۰، استفاده شد. در این مطالعه درصد ماده خشک به پساب ساختگی ۱ درصد در نظر گرفته شد و در تمام مراحل آزمایش این درصد حفظ شده بود. بنابراین، ۲ گرم پوسته برنج خشک به هر بشر اضافه شد و مخلوط پوسته برنج و پساب ساختگی با اسیدیته معین به مدت ۱۲۰ دقیقه روی همزن مغناطیسی با سرعت ۱۲۵ rpm قرار گرفت. در نهایت به منظور محاسبه درصد جذب فلزات Zn(II) و Cr(VI) در واحد جرم پوسته برنج، مخلوط پساب ساختگی و پوسته برنج با استفاده از کاغذ صافی واتمن با قطر ۴۲ میکرومتر از یکدیگر جدا و به وسیله دستگاه جذب اتمی Perkin-Elmer مدل ۲۳۸۰ غلظت نهایی یون فلز سنگین موجود در پساب اندازه‌گیری شدند. دمای انجام آزمایش  $25 \pm 1$  درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده بود. با انجام آزمایش‌های فوق مشخص گردید که مقدار جذب یون‌های روی و کروم در چه محیطی از نظر pH بیشتر بوده است. برای تعیین اثر غلظت فلز بر میزان جذب نیز پساب‌هایی با غلظت‌های ۵ mg/L، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۵۰ و به حجم محلول ۲۰۰ میلی‌لیتر در شش بشر جداگانه برای هر فلز ساخته و اثر افزایش مقدار غلظت یون فلزات سنگین بر مقدار جذب آنها توسط ذرات پوسته برنج خشک مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین به منظور بررسی اثر زمان ماند (زمان تماس ذرات پوسته برنج با یون‌های فلزی در پساب ساختگی) بر مقدار جذب یون فلزات سنگین Zn(II) و Cr(VI) توسط ذرات پوسته برنج از هشت بشر حاوی محلول پساب ساختگی برای هر فلز جداگانه با غلظت ۱۰۰ mg/L و حجم محلول ۲۰۰ میلی‌لیتر تهیه و با زمان‌های تماس ۱۰، ۲۵، ۳۰، ۵۰،

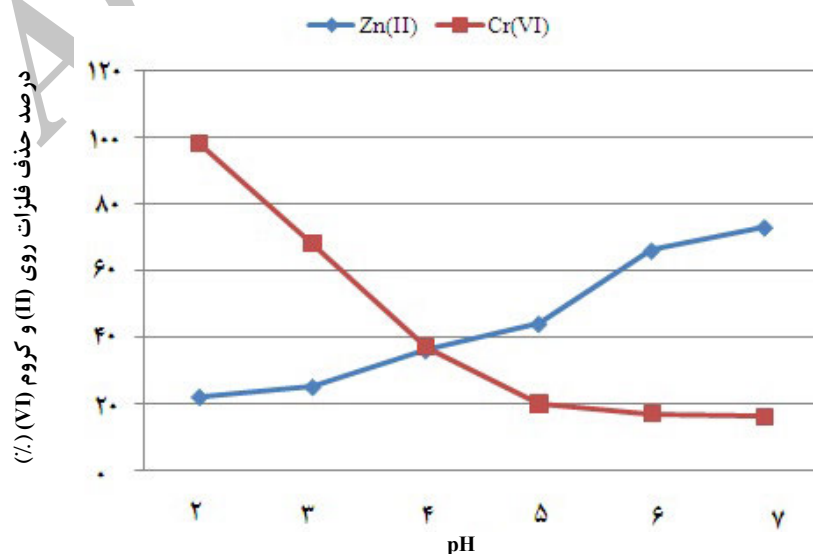
را ثابت کرد. درصد جذب در pH های ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ به ترتیب ۹۸٪، ۶۸٪، ۳۷٪، ۲۰٪، ۱۷٪ و ۱۶٪ مشاهده شد. که بیشترین درصد جذب در pH برابر با ۲ رخ داد. این پدیده ممکن است به این دلیل باشد که در pH های پایین، سطوح پوسته برنج توسط مقادیر بالایی از یون های هیدرونیوم ( $H^+$ ) احاطه خواهد شد که منجر به اتصال مولکول های  $Cr_2O_7^{2-}$  به سطوح پوسته برنج می شود (Park *et al.*, 2005). علاوه بر این در pH های پایین، کروم شش ظرفیتی عمدتاً به فرم آنیون  $HCrO_4^-$  خواهد بود (Alvarez *et al.*, 2006). که در چنین شرایطی جایگزین یون های  $OH^-$  موجود در سطوح فعال جاذب می گردد (Argun *et al.*, 2006).

#### اثر غلظت اولیه بر میزان جذب یون فلزات Zn (II) و Cr (VI)

عامل دیگری که بر مقدار جذب یون های فلزی توسط ذرات پوسته برنج مؤثر است، غلظت اولیه یون های فلزی موجود در پساب می باشد. لذا اثر افزایش غلظت اولیه یون های Zn(II) و Cr(VI) در پساب بر مقدار جذب آنها توسط ذرات پوسته برنج در محدوده ۵-۵۰ mg/L و حجم ۲۰۰ میلی لیتر و زمان تماس ثابت ۱۲۰ دقیقه و در pH برابر با ۷ و ۲ به ترتیب برای فلزات روی و کروم، دمای ثابت  $25 \pm 1$  درجه سانتی گراد و مقدار جاذب ۲ گرم مورد

ترتیب برای فلزات روی و کروم در pH برابر با ۷ و ۲ مشاهده شد. برای فلز روی نرخ جذب در pH های اسیدی، کم می باشد. به این دلیل که در pH های پایین، تراکم بارهای مثبت زیاد بوده که منجر به یک رانش الکترواستاتیکی می گردد و در نهایت باعث جذب سطحی کمتر می شود. با افزایش pH رانش الکترواستاتیکی کاهش یافته و منجر به کاهش تراکم بارهای مثبت بر روی مکان های جذب جاذب شده که در نهایت منجر به افزایش نرخ جذب می گردد (Bhattacharya *et al.*, 2006). درصد جذب برای فلز روی در pH های ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ به ترتیب معادل ۲۲٪، ۲۵٪، ۳۶٪، ۴۴٪، ۶۶٪ و ۷۳٪ مشاهده شد. (Sharma and Singh (2008), Asrari *et al.* (2010) و Bhattacharya *et al.* (2006) نیز گزارش کردند که بیشترین مقدار جذب فلز روی در pH های بالا رخ می دهد.

اما برای فلز کروم نرخ جذب در pH های اسیدی، زیاد بود. بسیاری از مطالعات گذشته نیز نشان داد که pH محلول پساب های حاوی فلز Cr (VI)، عموماً خیلی اسیدی بوده و حذف کامل Cr (VI) تنها در pH های خیلی پایین نزدیک به ۲ مشاهده می شود (Bali and Abraham, 2001; Nourbakhsh *et al.*, 1994; Gao *et al.*, 2008; Nam ni *et al.*, 1387). مطالعه حاضر نیز چنین نتایجی

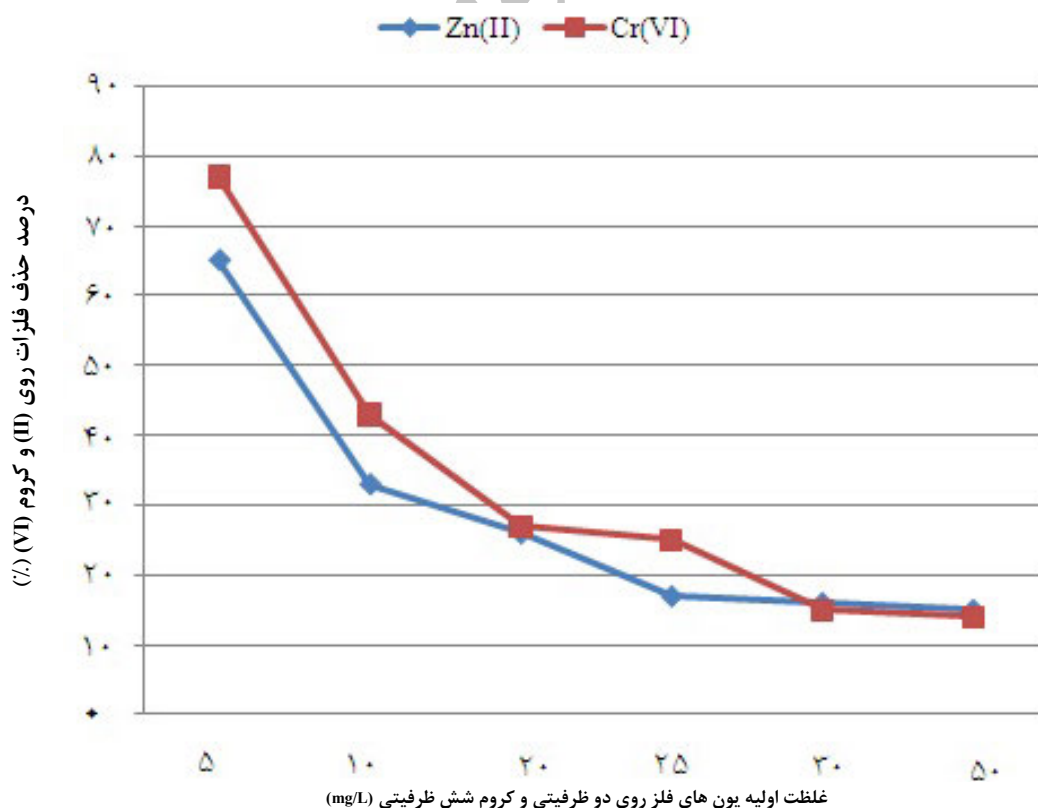


شکل ۱- اثر تغییر pH بر میزان جذب فلزات Zn(II) و Cr(VI)

(غلظت اولیه ۱۰۰ mg/L، حجم محلول ۲۰۰ mL، زمان تماس ۱۲۰ دقیقه، دمای واکنش  $25 \pm 1$  درجه سانتی گراد، مقدار جاذب ۲ گرم)

بیشتر خواهد بود. در مطالعه حاضر درصد جذب فلز روی در شرایط تعیین شده برای غلظت‌های ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب ۰.۶۵٪، ۰.۳۳٪، ۰.۲۶٪، ۰.۱۷٪، ۰.۱۶٪ و ۰.۱۵٪ مشاهده شد که بیشترین جذب در غلظت‌های پایین رخ داد. (Asrari et al., 2010) و Shurma and Singh (2008) نیز در مطالعه خود گزارش کردند که با کاهش غلظت یون‌های فلز روی در پساب، درصد جذب آنها توسط ذرات پوسته برنج نیز افزایش پیدا می‌کند. همچنین درصد جذب برای فلز کروم در شرایط تعیین شده برای غلظت‌های ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب ۰.۷۷٪، ۰.۴۳٪، ۰.۲۷٪، ۰.۲۵٪، ۰.۱۵٪ و ۰.۱۴٪ مشاهده شد که بیشترین درصد جذب در غلظت‌های پایین رخ داد. مطالعات صورت گرفته توسط Gao et al. (2008) نیز مشخص کرد که با افزایش غلظت اولیه یون‌های Cr(VI) در پساب، درصد جذب یون‌های فلزی Cr(VI) نیز کاهش می‌یابد.

آزمایش قرار گرفت. نتایج حاصله در شکل ۲ نشان داده شده است، همانطور که از شکل مشخص است، با کاهش غلظت اولیه یون‌های Zn(II) و Cr(VI) در پساب، درصد جذب نیز افزایش پیدا می‌کند، به طوری که در غلظت برابر با ۵ میلی‌گرم بر لیتر در مدت زمان ثابت، بالاترین درصد جذب مشاهده شد. بنابراین، هر چه غلظت یون فلزات روی و کروم در پساب بیشتر باشد، مدت زمان لازم برای حذف کامل آنها از پساب نیز بیشتر خواهد شد. که دلیل آن کاهش یافتن مکان‌های فعال موجود بر سطوح پوسته برنج و اشباع شدن آنها شناخته شده است. در غلظت‌های اولیه پایین مکان‌های جذب کافی برای جذب یون‌های Zn(II) و Cr(VI) وجود دارد (Parekh et al., 2002; Raji et al., 1997; Gupta and Mohapatra, 2003). به هر حال شمار یون‌های Zn(II) و Cr(VI) در پساب، در مقایسه با مکان‌های جذب موجود در غلظت‌های بالا از یون‌های Zn(II) و Cr(VI) به طور نسبی



شکل ۲- اثر تغییر غلظت اولیه بر میزان جذب فلزات Zn(II) و Cr(VI)

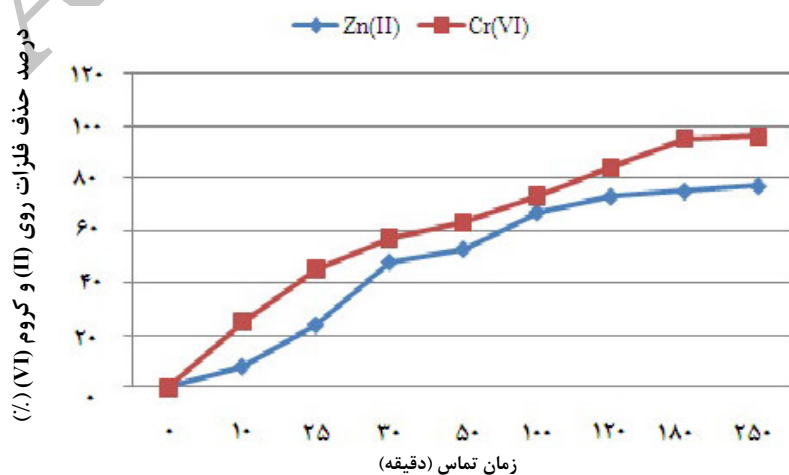
(۷ pH برای فلز روی و ۲ pH برای فلز کروم، حجم محلول ۲۰۰ mL، زمان تماس ۱۲۰ دقیقه، دمای واکنش  $25 \pm 1$  درجه سانتی‌گراد، مقدار جاذب ۲ گرم)

اولیه تماس، مکانهای خالی بر سطوح جاذب برای جذب فلزات روی و کروم وجود داشته و با گذشت زمان به تدریج این مکان ها اشغال شده و منجر به پس زدن فلز از سطح جاذب و کاهش فرآیند جذب می شود (Saravanane et al., 2002). Sharma and Singh (2008) گزارش کردند که بیشترین درصد جذب فلز روی در زمان های تماس اولیه رخ می دهد و بعد از آن به آهستگی افزایش خواهد یافت که احتمالاً ناشی از عمل دفع یون فلز روی توسط پوسته برنج می باشد.

نتایج مشابهی برای فلز کروم نیز بدست آمد، نرخ جذب یون Cr(VI) در زمان های تماس اولیه سریع بوده و به تدریج با گذشت زمان درصد جذب نیز کاهش یافت و پس از رسیدن به حالت تعادل تقریباً ثابت شد. به عنوان مثال بعد از گذشت ۱۸۰ دقیقه، درصد جذب برای یون Cr(VI) به ۹۵٪ رسید. درصد جذب برای زمان های تماس ۱۰، ۲۵، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۵۰ دقیقه به ترتیب ۲۵٪، ۴۵٪، ۵۷٪، ۶۳٪، ۷۳٪، ۸۴٪، ۹۵٪ و ۹۶٪ مشاهده شد. اما بیشترین مقدار جذب بعد از گذشت ۵ ساعت اتفاق افتاد که در این حالت مقدار جذب به حدود ۹۸٪ رسید. مطالعات صورت گرفته توسط Gao et al. (2008) نیز نشان داد که با گذشت زمان درصد جذب یون های Cr(VI) از پساب افزایش می یابد.

### اثر زمان تماس بر میزان جذب یون فلزات Zn(II) و Cr(VI)

یکی دیگر از عواملی که می تواند بر جذب یون فلزات روی و کروم از محلول ساختگی تأثیر گذارد، زمان تماس می باشد. شکل ۳ اثر زمان تماس را بر درصد جذب یون فلزات روی و کروم نشان می دهد. همانطوری که مشاهده می شود در غلظت اولیه ۱۰۰ mg/L، حجم ۲۰۰ میلی لیتر، در pH ثابت برابر با ۷ و ۲ به ترتیب برای فلزات روی و کروم، دمای ثابت  $25 \pm 1$  درجه سانتی گراد و مقدار جاذب ۲ گرم با گذشت زمان، درصد جذب نیز افزایش می یابد. نرخ جذب یون های Zn(II) و Cr(VI) در زمان های تماس اولیه سریع بود، به طوری که ۳۰ دقیقه بعد از تماس، درصد جذب به ترتیب برای فلزات روی و کروم به حدود ۴۸٪ و ۵۷٪ رسید و به تدریج با گذشت زمان درصد جذب نیز کاهش یافت و پس از رسیدن به حالت تعادل تقریباً ثابت شد. به عنوان مثال بعد از گذشت ۱۲۰ دقیقه، درصد جذب برای یون های Zn(II) و Cr(VI) به ترتیب به ۷۳٪ و ۸۴٪ رسید. درصد جذب فلز روی برای زمان های تماس ۱۰، ۲۵، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۵۰ دقیقه به ترتیب ۸٪، ۲۴٪، ۴۸٪، ۵۳٪، ۶۷٪، ۷۳٪، ۷۵٪ و ۷۷٪ مشاهده شد. اما بیشترین مقدار جذب بعد از گذشت ۷ ساعت اتفاق افتاد که در این حالت مقدار جذب به حدود ۸۵٪ رسید. دلیل آن، این بود که در زمان های



شکل ۳- اثر زمان تماس بر میزان جذب فلزات Zn(II) و Cr(VI)

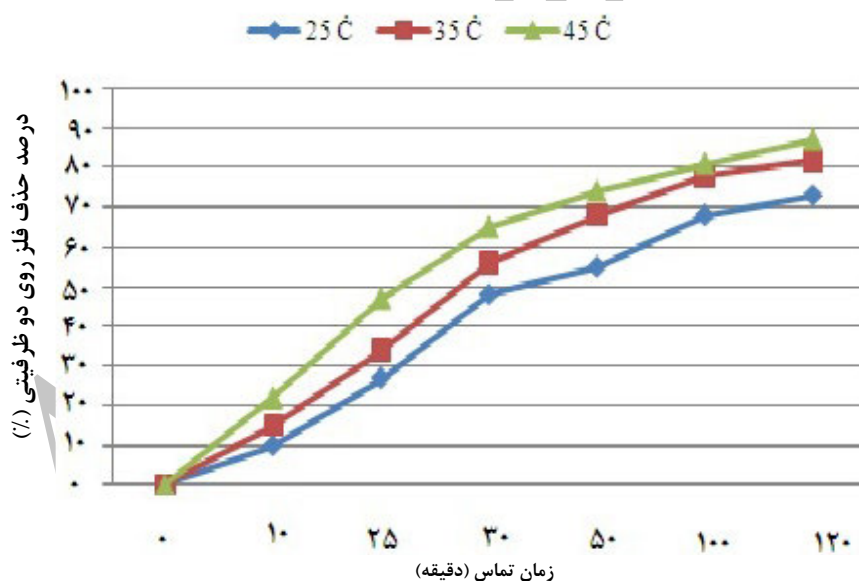
(pH=۷ برای فلز روی و pH=۲ برای فلز کروم، حجم محلول ۲۰۰ mL، غلظت اولیه ۱۰۰ mg/L، دمای واکنش  $25 \pm 1$  درجه سانتی گراد، مقدار جاذب ۲ گرم)

جذب به ترتیب به ۰.۷۳٪، ۰.۸۲٪ و ۰.۸۷٪ رسید. افزایش میزان جذب با افزایش دما از ۲۵ درجه سانتی‌گراد تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد نشان‌دهنده این واقعیت بود که فرایند جذب هر دو فلز توسط ذرات پوسته برنج خام یک فرایند گرماگیر می‌باشد.

همچنین نتایج مشابهی برای فلز کروم مشاهده شد. به عنوان مثال بعد از گذشت ۲ ساعت از زمان تماس در درجه حرارت‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد، درصد جذب به ترتیب به ۰.۶۴٪، ۰.۸۵٪ و ۰.۹۳٪ رسید. مطالعات صورت گرفته توسط Gao *et al.* (2008) نیز نشان داد که افزایش دما می‌تواند منجر به افزایش میزان جذب و کاهش مدت زمان جذب کامل توسط ذرات پوسته برنج شود. شکل‌های ۴ و ۵ اثر دما را بر درصد جذب یون فلزات روی و کروم نشان می‌دهند.

### اثر تغییر دما بر میزان جذب یون فلزات Zn(II) و Cr(VI)

پیراسنجه دیگری که بر درصد جذب یون‌های Zn(II) و Cr(VI) از پساب تأثیر می‌گذارد، دمای پساب می‌باشد. لذا اثر افزایش دمای واکنش در غلظت ثابت ۱۰۰ mg/L، حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر، مقدار جاذب ۲ گرم و در pH برابر با ۷ و ۲ به ترتیب برای فلزات روی و کروم مورد آزمایش قرار گرفت. به طوری که با افزایش دمای واکنش، درصد جذب یون‌های Zn(II) و Cr(VI) توسط ذرات پوسته برنج افزایش یافت. علاوه بر این با افزایش دما، زمان حذف کامل یون‌های Zn(II) و Cr(VI) از پساب توسط ذرات پوسته برنج نیز کاهش قابل توجهی یافت. به عنوان مثال بعد از گذشت ۲ ساعت از زمان تماس برای فلز روی در درجه حرارت‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد، درصد



شکل ۴- اثر دمای واکنش بر میزان جذب فلز Zn(II)

(pH=۷ برای فلز روی، حجم محلول ۲۰۰ mL، غلظت اولیه ۱۰۰ mg/L، مقدار جاذب ۲ گرم)

محلول ۲۰۰ میلی‌لیتر، زمان تماس ۱۲۰ دقیقه و دمای ثابت  $25 \pm 1$  درجه سانتی‌گراد، راندمان جذب برای فلز روی افزایش می‌یابد. دلیل آن این است که در غلظت‌های اولیه ثابت، افزایش مقدار جاذب منجر به افزایش سطح جاذب شده و کارایی جذب فلزات افزایش می‌یابد (Rio *et al.*, 2002). درصد جذب فلز روی برای مقادیر

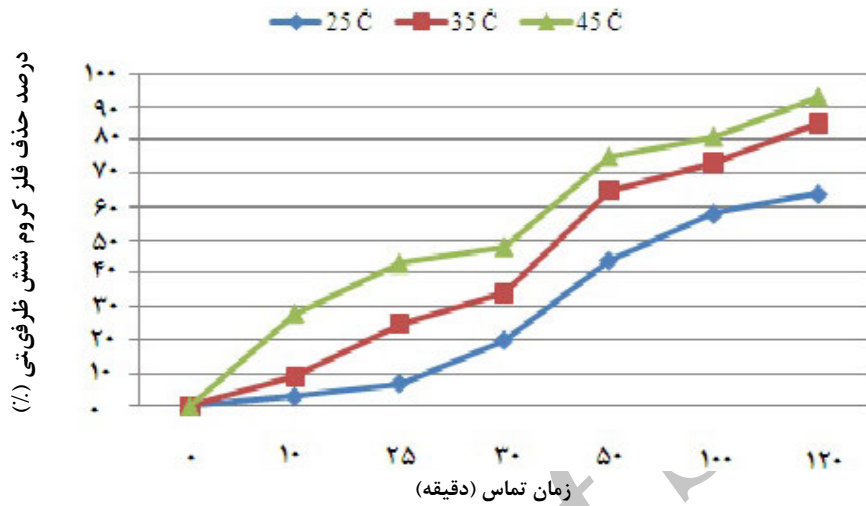
### اثر مقدار جاذب بر میزان جذب یون فلزات Zn(II) و Cr(VI)

شکل ۶ تأثیر جرم جاذب را بر راندمان جذب یون‌های فلز روی و کروم نشان می‌دهد. با توجه به این شکل مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار جاذب از یک به چهار گرم در pH برابر با ۷ برای فلز روی، غلظت ۱۰۰ mg/L، حجم



جاذب ۱، ۱/۵، ۲، ۲/۵، ۳، ۳/۵، ۴ گرم به ترتیب ۰/۵۴٪، ۰/۶۷٪، ۰/۷۳٪، ۰/۷۸٪، ۰/۸۳٪، ۰/۸۷٪، ۰/۹۳٪ مشاهده شد. مطالعات صورت گرفته توسط Asrari et al. (2010) و Sharma and Singh (2008) نیز نشان داد که با افزایش مقدار ذرات پوسته برنج، درصد حذف فلز روی از محلول افزایش می‌یابد.

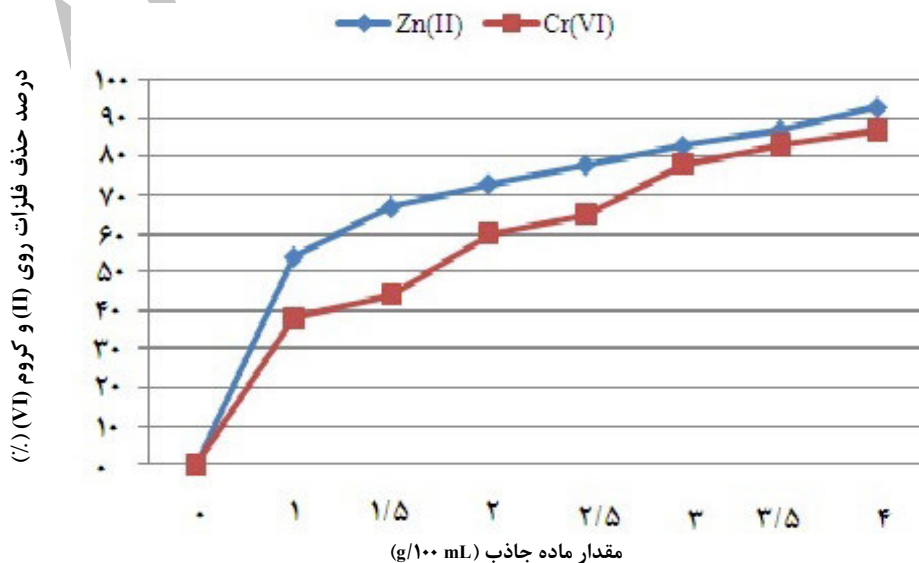
همچنین نتایج مشابهی برای فلز کروم بدست آمد. به طوری که با افزایش مقدار جاذب از یک به چهار گرم در pH برابر با ۲، و شرایط ثابت اشاره شده در بالا، راندمان جذب برای فلز کروم افزایش می‌یابد. زیرا با افزایش مقدار جاذب، سطح تماس ذرات جاذب نیز افزایش یافته و



شکل ۵- اثر دمای واکنش بر میزان جذب فلز Cr(VI) (pH=۲ برای فلز کروم، حجم محلول ۲۰۰ mL، غلظت اولیه ۱۰۰ mg/L، مقدار جاذب ۲ گرم)

گروه‌های  $Cr_2O_7^{2-}$  بیشتری امکان نشست بر سطح جاذب را داشته و در نتیجه میزان جذب نیز افزایش خواهد یافت (Park et al., 2005). درصد جذب برای مقادیر جاذب ۱، ۱/۵، ۲، ۲/۵، ۳، ۳/۵، ۴ گرم به ترتیب ۰/۳۸٪، ۰/۴۴٪، ۰/۶۰٪، ۰/۶۵٪، ۰/۷۸٪، ۰/۸۳٪، ۰/۸۷٪ مشاهده شد.

همچنین نتایج مشابهی برای فلز کروم بدست آمد. به طوری که با افزایش مقدار جاذب از یک به چهار گرم در pH برابر با ۲، و شرایط ثابت اشاره شده در بالا، راندمان جذب برای فلز کروم افزایش می‌یابد. زیرا با افزایش مقدار جاذب، سطح تماس ذرات جاذب نیز افزایش یافته و



شکل ۶- اثر مقدار جاذب بر میزان جذب فلزات Zn(II) و Cr(VI) (pH=۷ برای فلز روی و pH=۲ برای فلز کروم، حجم محلول ۲۰۰ mL، غلظت اولیه ۱۰۰ mg/L، دمای واکنش  $25 \pm 1$  درجه سانتی‌گراد)

## بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصله در شرایط تعیین شده، مشخص گردید که با افزایش اسیدیته پساب ساختگی، درصد جذب فلزات Zn(II) و Cr(VI) توسط پوسته برنج به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد و بیشترین مقدار جذب به ترتیب برای فلزات روی و کروم در pH برابر با ۷ و ۲ رخ داد. با افزایش غلظت اولیه یون‌های فلزی Zn(II) و Cr(VI) در پساب از ۵ به ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر منجر به کاهش جذب یون‌های فلزی موجود در پساب توسط ذرات پوسته برنج شد، به طوری که بیشترین درصد جذب در غلظت‌های پایین از یون‌های Zn(II) و Cr(VI) مشاهده شد که دلیل آن کاهش مکان‌های موجود بر سطوح پوسته برنج بیان گردید. در غلظت‌های اولیه پایین مکان‌های جذب کافی برای جذب یون‌های Zn(II) و Cr(VI) وجود داشت. با افزایش مدت زمان تماس ذرات پوسته برنج با محلول حاوی یون‌های Zn(II) و Cr(VI)، درصد جذب فلزات نیز افزایش می‌یابد و هر چه غلظت فلزات روی و کروم در محیط واکنش بیشتر بود، مدت زمان رسیدن به حالت تعادل نیز افزایش یافت و در مدت زمان ۱۲۰ دقیقه و ۱۸۰ دقیقه به ترتیب برای فلزات روی و کروم به حالت تعادل می‌رسد. با افزایش دمای واکنش، درصد جذب یون‌های فلز Zn(II) و Cr(VI) افزایش می‌یابد. که نشان‌دهنده گرماگیر بودن فرایند جذب بود. همچنین مشخص شد که با افزایش مقدار ماده جاذب به دلیل افزایش سطح تماس جاذب، درصد حذف فلزات روی و کروم از پساب ساختگی نیز افزایش می‌یابد. نتایج بدست آمده با مطالعات انجام شده در گذشته نیز همخوانی دارد. (Munaf and Zein (1997) و Roy et al. (1993) طی مطالعه‌ای گزارش کردند که پوسته برنج تیمار نشده، توانایی جذب فلز روی دو ظرفیتی و یون‌های فلزی دیگر را از فاضلاب بر عهده دارد. علاوه بر این مطالعات صورت گرفته توسط (Namni et al. (2008) مشخص کرد که پوسته برنج توانایی بالایی در حذف فلز کروم شش ظرفیتی از محلول آبی را دارد. (Asrari et al. (2006) در مطالعه خود به این نتیجه رسید که پوسته برنج جاذب بسیار مناسبی برای حذف کروم شش

ظرفیتی بوده و درصد جذب این عنصر به وسیله آن ۷۰٪ می‌باشد. (Gao et al. (2008) و Mohamadi et al. (2009) طی مطالعه‌ای گزارش کردند که پوسته برنج به عنوان یک ماده جاذب کم هزینه می‌تواند برای حذف فلز کروم شش ظرفیتی از پساب به طور مفید مورد استفاده قرار گیرد.

در نهایت برای استفاده بهینه از منابع آب و همچنین کاربرد مواد زائد جامد آلی و پیشبرد مطالعات آتی پیشنهادهای زیر ارائه می‌گردد:

- پوسته برنج به عنوان یکی از ضایعات کارگاه‌های شالیکوبی برنج که به مقدار فراوان و ارزان قابل دسترس است و به دلیل ساختار و ترکیبات آلی آن، توانایی بالایی در جذب فلزات سنگین به ویژه فلزات Zn(II) و Cr(VI) از پساب را دارد، در نتیجه طبق نتایج این مقاله کاربرد آن در بخش تصفیه‌خانه‌های صنایع توصیه می‌گردد، زیرا از یکسو استفاده از پوسته برنج به منظور تصفیه پساب‌ها نسبت به سایر روش‌های حذف فلزات سنگین مانند اسمز معکوس، رزین‌های تعویض یون، ته‌نشین شیمیایی و ... بسیار کم هزینه و کارا می‌باشد و از سوی دیگر منجر به سالم نگهداشتن آب‌های سطحی که عمده‌ترین منابع آب آشامیدنی می‌باشد، می‌گردد.

- به منظور تکمیل این مقاله، مقدار جذب فلزات سنگین از پساب صنایع مختلف توسط ذرات پوسته برنج و یا سایر مواد زائد بیولوژیکی بررسی و کارایی آن با شرایط آزمایشگاهی مورد مقایسه قرار گیرد.

- تحقیقاتی در زمینه چگونگی بازیافت فلزات سنگین از ذرات پوسته برنج خام پیشنهاد می‌گردد.

- همچنین به منظور بررسی صرفه اقتصادی آن با توجه به شرایط موجود پیشنهاد می‌شود مطالعه‌ای در این زمینه صورت گیرد.

## سپاسگزاری

از باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان بابت فراهم نمودن امکانات انجام این مطالعه تشکر و قدردانی می‌گردد.

## References

- Ajmal, M., Rao, R.A.K., Anwar, S., Ahmad, J., Ahmad, R., 2003. Adsorption studies on rice husk: removal and recovery of Cd(II) from wastewater. *Bioresources Technology*, 86, 147–149.
- Alvarez, P., Blanco, C., Granda, M., 2006. The adsorption of Chromium (VI) from industrial wastewater by acid and base-activated lignocellulosic residues, *Journal of Hazardous Material*, 144, 400-405.
- Ansari, M.H., Deshkar, A.M., Kelkar, P.S.D.M., Dharmadhikari, M.Z., Hasan, R., 1999. *Parameters Water Sciences Technology*, 40(7)1, 109-119.
- Ansari, R., 2006. Application of polyaniline and its composites for adsorption/recovery of chromium (VI) from aqueous solutions, *Journal of Acta Chimica Slovenica*, 53(1), 88-94.
- Argun, M.E., Dursun, S., Ozdemir, C., Karatas, M., 2006. Heavy metal adsorption by modified oak sawdust: Thermodynamics and kinetics, *Journal of Hazardous Material*, 141, 77-85.
- Armesto, L., Bahillo, A., Veijonen, K., Cabanillas, A., Otero, J., 2002. Combustion behaviour of rice husk in a bubbling fluidised bed, *Biomass Bioenergy*, 23, 171–179.
- Asrari, E., Tavallali, H., Hagshenas, M., 2010. Removal of Zn(II) and Pb(II) ions Using Rice Husk in Food Industrial Wastewater, *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 14(4), 159–162.
- Bali, R.S., Abraham, T.E., 2001. Biosorption of Cr(VI) from aqueous solution by *Rhizopus nigricans*, *Bioresource Technology*, 79, 73–81.
- Bhattacharya, A.K., Mandal, S.N., Das, S.K., 2006. Adsorption of Zn(II) from aqueous by using different adsorptions, *Chemical Engineering Journal*, 123, 43-51.
- Bishnoi, N.R., M. Bajaj, Sharma, N., Gupta, A., 2004. Adsorption of Cr(VI) on activated rice husk carbon and activated alumina. *Bioresource Technology*, 91, 305–307.
- Daifullah, A.A.M., Girgis, B.S., Gad., H.M.H., 2003. Utilization of agro-residues (rice husk) in small waste water treatment plants, *Materials Letters*, 57, 1723-1731.
- Elzahabi, M., Yong, R.N., 2001. pH influence on sorption characteristics of heavy metal in vadose zone. *Engineering Geology*, 60, 61-68.
- El-Shafey, E.I., 2010. Removal of Zn(II) and Hg(II) from aqueous solution on a carbonaceous sorbent chemically prepared from rice husk, *Journal of Hazardous Materials*, 175, 319–327.
- Gao, H., Liu, Y., Zeng, G., Xu, W., Xia, W., 2008. Characterization of Cr(VI) removal from aqueous solutions by a surplus agricultural waste-Rice straw, *Journal of Hazardous Materials*, 150, 446–452.
- Gardea-Torresdey, J.L., Tiemann, K.J., Armendariz, V., et al., 2000. Characterization of Cr(VI) binding and reduction to Cr(III) by the agricultural byproducts of *Avena monida* (Oat) biomass, *Journal of Hazardous Materials*, B. 80, 175–188.
- Gul, A., Yilmaz, M., Isilak, Z., 2009. Acute toxicity of zinc sulphate ( $ZnSO_4 \cdot H_2O$ ) to Guppies (*Poecilia reticulata* P., 1859), *G.U. Journal of Science*, 22, 59–65.
- Gupta, R., Mohapatra, H., 2003. Microbial biomass: An economical alternative for removal of heavy metals from waste water, *Indian Journal of Experimental Biology*, 41, 945-966.
- Institute of standard and research of industrial of Iran, 1991. Standard 1053, Specifications of civil water, print fourth, Tehran, Iran.
- Kadaverlu, K., Thamaraiselvi, K., Namasivayam, C., 2001. Removal of heavy metals from industrial wastewaters by adsorption onto activated carbon prepared from an agricultural solid waste, *Bioresources Technology*, 76, 63.
- Mirghaffari, N., Chennouf, S., Gaballah, I., Kilbertus, G., 1999. Use of agricultural wastes for eliminating heavy metal ions from synthetic solutions. In Global Symposium on Recycling. *Waste Treatment and Clean Technology*, 3, 2277-2287.
- Mishra, S.P., Tiwari, D., Dubey, R.S., 1997. The uptake behaviour of rice (Jaya) husk in the removal of Zn(II) ions—a radiotracer study. *Journal of Applied Radiation and Isotopes*, 48, 877–882.
- Mishra, P.C., Patel, R.K., 2009. Removal of lead and zinc ions from water by low cost adsorbents, *Journal of Hazardous Materials*, 168, 319–325.
- Mohamadi, M., Fatot, A., Hagh Nia, Gh.R., 2009. Investigation on the possibility of adsorption of heavy metals industrial wastewater by sand, soil and organic matter. *Journal of Water and Wastewater*, 4, 71-81.

- Montanher, S.F., Oliveira, E.A., Rollemberg, M.C., 2005. Removal of metal ions from aqueous solutions by sorption onto rice bran, *Journal of Hazardous Materials B.*, 117, 207–211.
- Munaf, E., Zein, R., 1997. The use of rice husk for removal of toxic metals from wastewater, *Environmental Technology*, 18, 359–362.
- Namni, M., Alavi Moghadam, M.R., Arami, M., 2008. Rice husk, natural adsorbent of appropriate for removal Cr(VI) from civil water, Fourth national congress of Omran engineering.
- Norton, L., Baskaran, K., McKenzie, T., 2004. Biosorption of zinc from aqueous solutions using biosolids, *Advanced Environmental Resources*, 8, 629–635.
- Nourbakhsh, M., Sag, Y., Ozer, D., Aksu, Z., Kutsal, T., Caglar, A., 1994. A comparative study of various biosorbents for removal of Chromium (VI) ions from industrial wastewaters, *Process Biochemistry*, 29, 1-5.
- Parekh, D.C., Patel, J.B., Sudhakar, P., Koshy, V.J., 2002. Removal of trace metals with mango seed powder, *Indian Journal of Chemical Technology*, 9, 540.
- Park, D., Yun, Y.S., Park, J.M., 2005. Studies on hexavalent chromium biosorption by chemically treated biomass of *Ecklonia* sp., *Chemosphere*, 60, 1356–1364.
- Raji, C., Manju, G.N., Anirudhan, T.S., 1997. Removal of heavy metals ions from water saw dust based activated carbon, *Indian Journal of Engineering and Material Sciences*, 4, 254-260.
- Roy, D., Greenla, P.N., Shane, B.S., 1993. Adsorption of heavy metals by green algae and ground rice husks, *Journal of Environmental Science and Health, A.*, 28, 37–50.
- Saravanane, R., Sundararajan, T., Sivamurthyreddy, S., 2002. Efficiency of chemically modified low cost adsorbents for the removal of heavy metals from wastewater: A comparative study, *Indian Journal of Environmental Health*, 44, 78-81.
- Sharma, N., Singh, J., 2008. Removal of Zn<sup>+2</sup> ions from aqueous solution using rice (*Oryza sativa*) husk in a sequential bed adsorption column, The 12<sup>th</sup> World Lake Conference. Pp: 944-951.
- Shukla, A., Zhang, Y.H., Shukla, S.S., Dubey, P., 2002. The role of sawdust in removal of unwanted materials from water, *Hazardous Materials*, 95(1-2), 137-152.
- Upendra, K., Bandyopadhyay, M., 2006. Sorption of cadmium from aqueous solution using pretreated rice husk. *Bioresource Technology*, 97, 104–109.
- Wang, Y.T., Xiao, C., 1995. Factors affecting hexavalent chromium reduction in pure cultures of bacteria, *Water Resources*, 29, 2467–2474.
- Yu, B., Zhang, Y., Shukla, A., Shukla, S.S., 2001. The Removal of Heavy metals from aqueous solutions by sawdust adsorption-removal of lead and comparison of its adsorption with copper, *Hazardous Materials*, 84(1), 83-94.
- Zazoli, M.A., Shokrzadeh, M., Bazerafshan, E., Hazrati, M., Tavakkouli, A., 2006. Investigation of Zinc content in Iranian rice (*Oryza sativa*) and its weekly intake, *American-Eurasian Journal of Agricultural And Environmental Sciences*, 1(2), 156-159.
- Zhang, Y., Frankenberger, W.T., 2003. Factors affecting removal of selenate in agricultural drainage water utilizing rice straw, *Science of the Total Environment*, 305, 207–216.
- Zulkali, M.M.D., Ahmad, A.L., Norulakmal, N.H., 2006. *Oryza sativa* L. husk as heavy metal adsorbent: Optimization with lead as model solution, *Bioresource Technology*, 97, 21-25.

## Removal of Zn(II) and Cr(VI) From Aqueous Solutions Using Rice Husk

H. Parvizi Mosaed<sup>1\*</sup>, S. Sobhan Ardakani<sup>2</sup> and A. H. Hamidian<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Young Researchers Club, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran

<sup>2</sup> Department of the Environment, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran

<sup>3</sup> Department of the Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: 26-09-2011 – Accepted: 10-07-2012)

### Abstract

Rice husk is as an organic solid waste material that has high adsorbing capacity in removal of heavy metal ions from wastewater, and can be very effective in treating industrial aqueous solutions that are important sources of water and soil pollution. In this study, the removal of Zn(II) and Cr(VI) ions from aqueous solutions using rice husk was investigated. The investigated parameters included acidity, initial concentrations of ions in aqueous solution, contact time, temperature and the amount of adsorbent matter used for treatment. With increasing pH of the solution, the adsorption of zinc and chromium ions by rice husk were increased and decreased, respectively. The maximum adsorption was occurred in pH 7 and 2. Moreover, with increasing initial concentration of metals, the removal efficiencies of zinc and chromium were decreased. While, with increasing the contact time, the removal efficiencies were increased and reached an equilibrium after 2 and 3 hours for zinc and chromium, respectively. The metal adsorption is also dependent on the reaction temperature, so that by increasing temperature the percentage of adsorption was increased. With increasing the amount of husk rice to the solution, the percentages of adsorption of zinc and chromium were increased. Rice husk showed to be a proper absorbent for the removal of Zn (II) and Cr (VI) from aqueous solutions.

**Keywords:** Heavy metal, Zn(II), Cr(VI), Row rice husk, Adsorption, Aqueous solution