# جذب سرب از پساب صنعتی توسط خاکستر پوسته شلتوک

(دریافت۸۲/۶/۳ پذیرش۸۲/۹/۱۲)

جهانگیر عابدی کوپایی* سید فرهاد موسوی**

## چکیده

بحران محیط زیست در چند دهه اخیر در اثر افزایش جمعیت و مصرف بی‌رویه ایجاد گردیده است. افزایش جمعیت، نیاز به تولید مواد غذایی بیشتر از جمله برنج را در کشورهای مختلف دنیا به دنبال دارد. از فراورده‌های جنبی شلتوک در کارخانجات برنج‌کوبی، پوسته شلتوک می‌باشد که در کشور ما از آن استفاده مطلوبی به عمل نمی‌آید. تولید سالیانه پوسته شلتوک در جهان حدود ۱۰۰ میلیون تن و در ایران حدود ۰/٤٥ میلیون تن است. از طرف دیگر، مصرف روزافزون کالاها باعث گسترش کارخانجات و افزایش تولید پساب صنعتی می‌گردد. به دلیل مشکلات بهداشتی و زیست‌محیطی که این پساب‌ها ایجاد می‌کنند، جمع‌آوری سریع و بدون اشکال آن‌ها از منابع تولید و سپس تصفیه و دفع آن‌ها امری ضروری است. از آنجا که عمل تصفیه پساب یک مسئله مهم و اساسی است و موادی که برای تصفیه به کار برده می‌شود پرهزینه و غیراقتصادی می‌باشد و هم‌چنین اثرات درازمدت نامطلوب در محیط زیست باقی می‌گذارند، استفاده از یکی از مواد آلی طبیعی (پوسته شلتوک)، موضوع تحقیق حاضر است. برای تهیه خاکستر پوسته شلتوک مورد نیاز، پس از مطالعات و بررسی‌های گوناگون، یک کوره طراحی ساخته شد. آزمایش‌های مربوطه عبارتنداز : تعیین تغییرات pH پساب در اثر افزودن مقادیر متفاوت (۱ و ۳ گرم) از انواع خاکستر پوسته شلتوک (تولید شده در درجات حرارتی ۲۵۰، ۳۵۰ و ٤٥٠) در دو زمان تماس مختلف (۵ و ٦٠ دقیقه) و میزان جذب سرب.

نتایج نشان می‌دهد که با افزایش دمای تولید خاکستر، pH پساب نیز افزایش می‌یابد. در یک دمای معین تولید خاکستر، افزایش مقدار خاکستر در افزایش pH مؤثر است. به طور کلی، جذب سرب از پساب صنعتی با افزایش میزان خاکستر (جاذب) و زمان تماس، افزایش می‌یابد که از لحاظ آماری نیز معنی‌دار است ($P<0/05$). هرچه درجه حرارت تولید خاکستر کمتر باشد، مقدار جذب سرب بیشتر است. این موضوع ناشی از افزایش مقدار کربن فعال موجود در خاکستر در درجه حرارت پایین‌تر است. بنابراین، درجه حرارت سوزاندن پوسته شلتوک عامل مهمی در میزان کربن فعال تولیدی می‌باشد. نتایج آزمایش‌ها حاکی از قابلیت و ارزش اقتصادی فراورده‌های پوسته شلتوک است و لازم است امکان به کارگیری آن به عنوان جاذب و مکمل در تصفیه فاضلاب‌های صنعتی مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی : سرب، خاکستر پوسته شلتوک، تصفیه فاضلاب صنعتی.

# Lead Adsorption from Industrial Wastewater Using Rice Husk Ash

*Abedi-Koupai, J. and Mousavi, S. F.*
*Assist. Prof., and Prof., Respectively, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan-Iran*

## Abstract

Over the course of recent decades, industrial and agricultural activities have led to a considerable increase in waste materials. Rice husk ash (RHA), an agricultural waste, is

*استادیار گروه آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
** استاد گروه آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

produced about 100 million tons annually in the world and 0.45 million tons in Iran. Due to growing environmental concerns about disposal of these wastes, efforts are required to apply the wastes in industry. On the other hand, heavy metals are one of the main groups of environmental pollutants. Discharge of industrial wastewater, with high concentration of heavy metals, to surface water and groundwater could pollute the environment. Adsorption process is one of the available methods of treating wastewater containing heavy metals such as lead. The high cost of common adsorbents such as activated carbon has inspired a search for suitable low-cost adsorbents. The aim of this study was removal of lead using RHA as low cost adsorbent from industrial wastewaters.

In this research in order to burn the husks at a controlled temperature and atmosphere and to obtain a highly reactive RHA, a furnace was designed and built. For each experiment, 100 mL wastewater was mixed with 1 and 3 grams of RHA (burnt at temperatures of 250, 350 and 450$^0$C) and two contact times (5 and 60 min.)

The results showed that the percent of adsorption increased with increasing the amount of RHA and contact time ($P<0.05$). Also, burnt RHA at lower temperature in furnace, showed better performance. The results revealed that pH of wastewater increased with increasing the amount of RHA. Produced RHA at higher temperature increased pH more than other treatment.

## مقدمه

از جمله مواد زائد خطرناک موجود در پساب‌های صنعتی، فلزات سنگین می‌باشند. این فلزات عناصری هستند که جرم اتمی آن‌ها از ٥٦ زیادتر است و عمدتاً به گروه عناصر واسطه جدول تناوبی تعلق دارند. سرب از جمله فلزات سنگین است که آلودگی ناشی از آن در اثر فرایندهای ذوب گداخت استخراج معدن و فعالیت‌های دیگر به وجود می‌آید. سرب در هوا، آب، خاک و نزولات جوی وجود دارد [٣]. سرب در طبیعت و محیط زیست بیشتر به صورت معدنی یافت می‌شود. اما به صورت آلی نیز در اثر مصرف بنزین سرب‌دار و انجام فرایندهای آلکیلاسیون وجود دارد، که باعث به وجود آمدن ترکیباتی نظیر متیل سرب می‌شود. این عنصر در بسیاری از فعالیت‌ها نظیر مهمات‌سازی، ریخته‌گری، تهیه بنزین سرب‌دار، رنگ‌سازی، آب‌بندی درزها و شکاف‌ها، تهیه پوشش کابل‌ها، مصارف کشاورزی (ارسنات سرب)، تولید باتری و کارخانجات تولید آلیاژ کاربرد دارد [٣ و ٤].

## کاربرد پوسته شلتوک در تصفیه فاضلاب

طبق آمار سازمان خواربار و کشاورزی فائو (F.A.O)، میزان محصول شلتوک ایران در سال زراعی ١٣٧٦-١٣٧٥ برابر ٢٣٥٠ هزار تن بود که مؤید حدود ٤٥٠ هزار تن پوسته شلتوک استحصالی است [١]. پوسته شلتوک از فراورده‌های جنبی استحصال برنج از شلتوک در کارخانجات برنج‌کوبی است، که در کشور ما در حال حاضر از آن استفاده مطلوبی به عمل نمی‌آید. در حالی که در بسیاری از کشورهای دارای زراعت برنج، پوسته شلتوک به دلیل قابلیت‌های فیزیکی و شیمیایی، ماده اولیه بسیار با ارزشی محسوب شده و بهره‌برداری‌های متعددی از این ماده ظاهراً کم ارزش صورت می‌گیرد. پوسته شلتوک حدود ٢٠ درصد وزن شلتوک را تشکیل می‌دهد. از موارد کاربرد آن تهیه انواع فیلتر و ماده جاذب مؤثر در تصفیه آب و فاضلاب، تهیه کمک صاف کننده در صنایع غذایی، آبگیری از فاضلاب لجنی، حذف رنگ از فاضلاب و حذف میکروارگانیسم‌ها از آب می‌باشد. علاوه بر آن، خواص جذبی سیلیکای بی‌شکل و کربن فعال موجود در آن، در ایجاد ویژگی صافی متخلخل باعث شده پوسته شلتوک به عنوان یک صافی بیولوژیک برای حذف بو و کاهش COD به خصوص در مرحله تصفیه فیزیکی فاضلاب به کار رود [٢]. پوسته شلتوک فراوری شده از نظر عملکرد با کربن فعال کاملاً قابل مقایسه است، ضمن این که هزینه تولید آن حدود یک درصد هزینه تولید کربن فعال است.

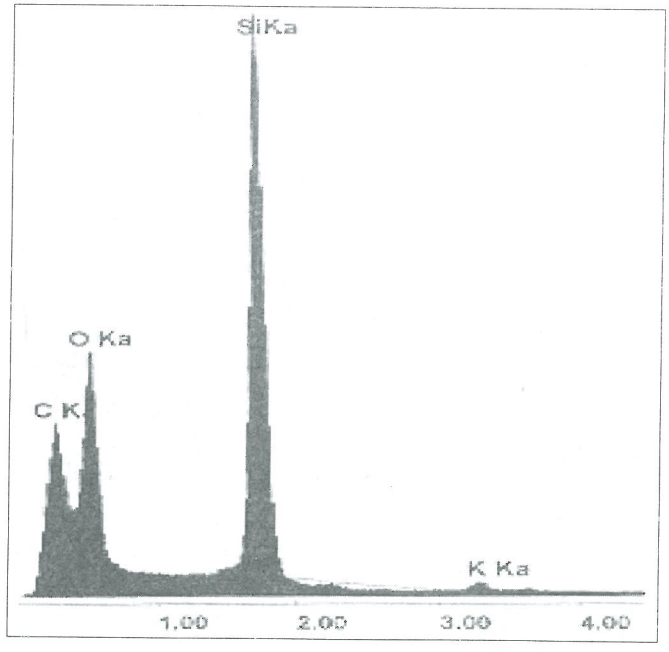
علاوه بر پوسته شلتوک، فرآورده ارزان قیمت خاکستر پوسته شلتوک[1] (باقی‌مانده سوزانیدن پوسته شلتوک که حاوی بیش از ۱/۵ درصد کربن است)، از قابلیت‌های متعددی نظیر محیط صافی ریز و کمک به لخته‌سازی و انعقاد در تصفیه آب و فاضلاب برخوردار است. کربن فعال معمولی در فرآیند جذب نیتروژن آمونیاکی قابلیت چندانی ندارد؛ در حالی که خاکستر پوسته شلتوک به عنوان بیوفیلتر به راحتی قادر به جذب ترکیبات نیتروژن‌دار از پساب است. در این تکنیک، جریان فاضلاب با دبی مشخص از بسته حاوی جاذب، عبور داده می‌شود. در مسیر عبور پساب از بستر جاذب بخش عمده ترکیبات آلی تجزیه ناپذیر بیولوژیک، جذب می‌شود [۲]. خاکستر پوسته شلتوک به سبب برخورداری از خصوصیات مثبت متعدد می‌تواند مواد رنگی را سریعاً حذف کند. مواد آلی از طریق جذب فیزیکی خارج می‌شود و فیلتراسیون فیزیکی نیز سبب حذف جامدات معلق می‌شود. این پدیده، به دلیل قابلیت جذب یونی ناشی از سیلیکا، طی فرایند تولید خاکستر پوسته شلتوک است که در کل ظرفیت جذب یونی خاکستر پوسته شلتوک را نسبت به کربن فعال بهبود می‌بخشد. همچنین خاکستر پوسته شلتوک به سبب سطح ویژه زیاد، فنل و ترکیبات فنلی را از پساب بیشتر جذب می‌کند. سطح ویژه خاکستر پوسته شلتوک ۱۵۱۷ مترمربع در گرم در مقایسه با ۸۲۲ مترمربع در گرم برای کربن فعال معمولی گزارش شده است [۲].

## مواد و روش‌ها

آگاهی نسبت به چگونگی ساختمان و ترکیبات موجود در برنج برای پی بردن به خواص فیزیکوشیمیایی و بیوشیمیایی دانه برنج لازم است. لذا پوسته شلتوک توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی مورد تجزیه قرار گرفت که نتایج در شکل ۱ و جدول ۱ مشاهده می‌شود.

همان‌گونه که جدول ۱ نشان می‌دهد، کربن موجود در پوسته حدود ۳ درصد است. با توجه به این‌که با سوزاندن خاکستر پوسته شلتوک میزان کربن موجود در آن به چندین برابر افزایش می‌یابد [٦، ۷ و ۸]، پس از مطالعات و بررسی‌های گوناگون، اقدام به طراحی و ساخت کوره تولید خاکستر گردید.

[1] Rice Husk ASh




شکل ۱- نتایج اوج مربوط به تجزیه پوسته شلتوک، استخراج شده توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی

جدول ۱- نتایج تجزیه پوسته شلتوک توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی

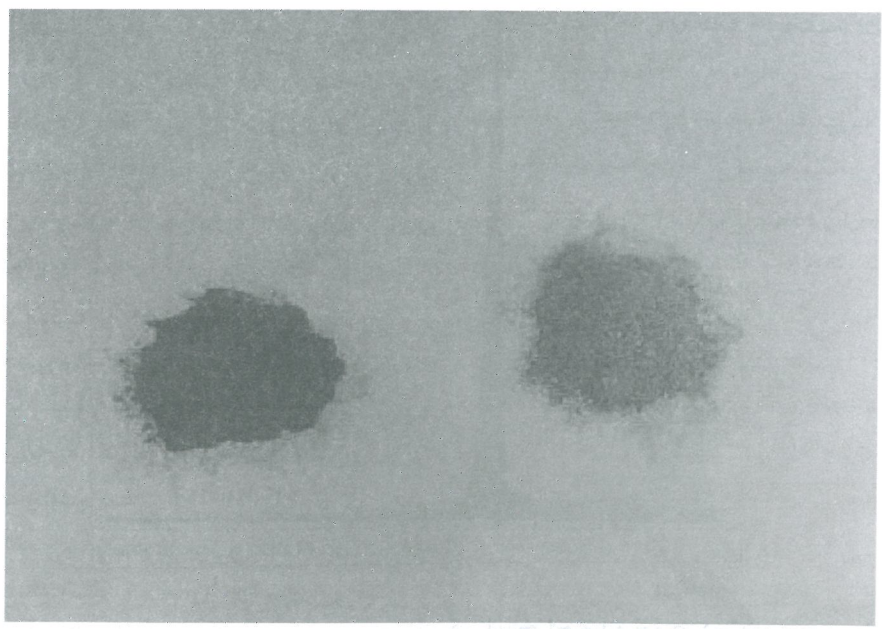
| عناصر تشکیل دهنده | درصد وزنی | درصد اتمی |
|---|---|---|
| کربن | ۳/۰۳٦ | ٤/۹٥٦ |
| اکسیژن | ٥۲/۲۹۳ | ٦٤/۰۸۲ |
| سیلیسم | ٤۳/٥٤٥ | ۳۰/۳۹۷ |
| پتاسیم | ۱/۱۲٦ | ۰/٥٦٤ |
| جمع کل | ۱۰۰/۰۰ | ۱۰۰/۰۰ |

**ساخت کوره تولید خاکستر پوسته شلتوک**

کوره گازی طراحی شده متشکل از یک محفظه فولادی به طول و عرض ۸۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر می‌باشد. به منظور تأمین اکسیژن مورد نیاز برای سوختن پوسته شلتوک و زدوده شدن دی اکسید کربن محیط از اطراف ذرات، یک شبکه توری فولادی به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از پایه کوره و تعداد دو دریچه به ابعاد ۲۰۰×۱۰۰ میلی‌متر مربع در دو طرف کوره تعبیه گردید. پوسته شلتوک وارد کوره شد و خاکستر حاصل پس از حدود ۳۰ دقیقه سوختن در دمای بین ۲۵۰ الی ٤٥۰ درجه سانتی‌گراد از طریق دریچه‌ای که در کف کوره قرار داشت، خارج گردید. درجه حرارت کوره توسط ترموکوپل و از طریق شکاف کوچکی که در دو طرف کوره ایجاد شده بود، به طور مستمر تحت کنترل قرار گرفت.

شکل ۲، دو نوع خاکستر پوسته شلتوک آسیاب شده را نشان می‌دهد که یکی بدون کربن و حاوی سیلیس غیر بلوری و سفید رنگ و دیگری حاوی کربن و سیلیس بلوری و سیاه رنگ می‌باشد. مشاهدات عملی نشان داد که وقتی دمای سوزاندن پوسته شلتوک از حدود ٥۰۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر می‌رود، رنگ خاکستر از تیرگی به رنگ روشن‌تر متمایل می‌شود که بیانگر کاهش درصد کربن آن است.

آزمایش‌های انجام شده در این تحقیق عبارتنداز :
۱) تعیین تغییرات pH فاضلاب و میزان جذب سرب از آن در اثر افزودن مقادیر متفاوت ۱ و ۳ گرم از انواع خاکستر پوسته شلتوک تولید شده در درجه حرارت‌های ۲٥۰، ۳٥۰ و ٤٥۰ درجه سانتی‌گراد، در دو زمان تماس مختلف (٥ و ٦۰ دقیقه).



شکل ۲- مقایسه شکل ظاهری خاکستر کربن‌دار (سیاه) تولید شده در دمای ۲٥۰ درجه سانتی‌گراد و بدون کربن تولید شده در دمای ٥۰۰ درجه سانتی‌گراد

پس از به دست آوردن دمای مطلوب و مورد نیاز (۲۵۰، ۳۵۰ و ٤٥٠ درجه سانتی‌گراد)، خاکستر حاصل از طریق دریچه‌ای که در کف کوره قرار دارد، خارج شد و سپس از الک ۵ میلی‌متری عبور داده شد. ذرات کوچک‌تر از ۵ میلی‌متر برای انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. خاکسترهای به دست آمده پوسته شلتوک با دو وزن متفاوت ۱ و ۳ گرم، درون ظرف‌هایی با حجم ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب ریخته شد. سپس روی خاکسترهای موجود در هر یک از ظرف‌ها، حجمی معادل ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب پساب صنعتی که از تصفیه‌خانه شاهین‌شهر اصفهان، قبل از ورود به لاگون تهیه گردیده بود، ریخته شد. هر آزمایش در سه تکرار انجام شد. بعد از این مرحله، ۱۸ عدد از ظروف مذکور، برای افزایش سطح تماس و جلوگیری از ته‌نشین شدن خاکستر، به مدت ۵ دقیقه روی دستگاه شیکر قرار داده شد. ۱۸ عدد از ظروف دیگر نیز به مدت ٦٠ دقیقه روی دستگاه شیکر قرار داده شد. بعد از اتمام این عمل محتوی ظرف‌ها از کاغذ صافی عبور داده شد و pH و میزان سرب در عصاره به دست آمده اندازه‌گیری شد. جذب احتمالی سرب توسط کاغذ صافی، هرچند ممکن است بسیار ناچیز باشد، در محاسبات منظور نشده است.

## نتایج و بحث

pH پساب صنعتی قبل از انجام آزمایش برابر ۷/٦٤ بود. نتایج pH پساب در اثر افزایش ۱ گرم و ۳ گرم خاکستر پوسته شلتوک به ترتیب در جدول‌های ۲ و ۳ درج شده است.

با توجه به داده‌های جدول‌های ۲ و ۳، مشاهده می‌گردد که با افزایش دمای تولید خاکستر، pH محلول افزایش بیشتری پیدا می‌کند. آزمون آنالیز واریانس یک طرفه از طریق تحلیل Post Hoc و اجرای آزمون LSD با استفاده

جدول ۲- میزان pH پساب در اثر اضافه کردن ۱ گرم خاکستر پوسته شلتوک

| درجه حرارت تولید خاکستر (°C) | زمان ماند (دقیقه) | |
|---|---|---|
| | ۵ | ٦ |
| ۲۵۰ | $۸/۳۸^{a}$ | $۸/٤۰^{da}$ |
| ۳۵۰ | $۸/۵۰^{b}$ | $۸/۵۵^{eb}$ |
| ٤۵۰ | $۸/۷۵^{c}$ | $۸/۷٦^{fc}$ |

میانگین‌هایی که به ترتیب در هر ستون و در هر ردیف در یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD [1] در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

جدول ۳- میزان pH پساب در اثر اضافه کردن ۳ گرم خاکستر پوسته شلتوک

| درجه حرارت تولید خاکستر (°C) | زمان ماند (دقیقه) | |
|---|---|---|
| | ۵ | ٦ |
| ۲۵۰ | $۸/٦۳^{a}$ | $۸/۷۳^{d}$ |
| ۳۵۰ | $۹/۰۱^{b}$ | $۹/۱۱^{e}$ |
| ٤۵۰ | $۹/۱۱^{c}$ | $۹/۲۲^{f}$ |

میانگین‌هایی که به ترتیب در هر ستون و در هر ردیف در یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح ۵درصد معنی‌دار نیستند.

[1] Least Significant Difference

از میانگین‌های نمونه‌ها، نشان می‌دهد که این تغییر pH معنی‌دار است (P<۰/۰۵). علاوه بر این، مقایسه نتایج نشان می‌دهد که خاکستر تولید شده در دمای ٤٥٠ درجه سانتی‌گراد که کربن فعال کمتری در مقایسه با دو نوع خاکستر دیگر دارد، pH پساب را بیشتر از انواع دیگر تغییر داده است. به طوری که خاکستر تولید شده در دمای ٤٥٠ درجه سانتی‌گراد با وزن ۳ گرم و زمان ماند ٦٠ دقیقه، بیشترین pH و خاکستر تولید شده در دمای ۲٥٠ درجه سانتی‌گراد با وزن ۱ گرم و زمان ماند ٥ دقیقه، کمترین pH پساب را دارد. داده‌های جدول ۲ نشانگر آن است که با افزایش زمان تماس خاکستر با پساب صنعتی، pH محلول افزایش پیدا می‌کند، ولی براساس آزمون t این افزایش معنی‌دار نیست (P<۰/۰٥). داده‌های جدول ۳ نشان می‌دهد که با افزایش زمان تماس خاکستر با پساب صنعتی و مقدار خاکستر، pH محلول افزایش بیشتری پیدا می‌کند و این افزایش معنی‌دار است (P<۰/۰٥). به عبارت دیگر در یک دمای معین تولید خاکستر، افزایش مقدار خاکستر در افزایش pH محلول مؤثر می‌باشد.

میزان سرب موجود در پساب صنعتی قبل از افزودن خاکستر (جاذب) توسط دستگاه جذب اتمی قرائت گردید که مقدار آن برابر با ۰/۱٦٥ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. میزان سرب موجود در پساب در اثر افزودن مقادیر متفاوت (۱ و ۳ گرم) از خاکستر پوسته شلتوک در دماهای ۲٥٠، ۳٥٠ و ٤٥٠ درجه سانتی‌گراد در دو زمان تماس مختلف (٥ و ٦٠ دقیقه) در جدول‌های ٤ و ٥ مشاهده می‌گردد.

نتایج جدول‌های ٤ و ٥ نشان می‌دهد که با افزایش زمان تماس خاکستر با پساب صنعتی، میزان سرب موجود در پساب کاهش می‌یابد؛ به عبارت دیگر مقدار جذب سرب افزایش می‌یابد و این افزایش معنی‌دار است (P<۰/۰٥). هم‌چنین این جدول‌ها نشان می‌دهند که با افزایش دمای خاکستر، میزان سرب موجود در پساب کاهش می‌یابد و این کاهش نیز معنی‌دار است (P<۰/۰٥).

**جدول ٤- میزان سرب موجود در پساب (mg/l) در اثر اضافه کردن ۱ گرم از انواع خاکستر پوسته شلتوک**

| درجه حرارت تولید خاکستر (°C) | زمان ماند (دقیقه) | |
|---|---|---|
| | ٥ | ٦ |
| ۲٥٠ | ۰/۱۰۰$^{a}$ | ۰/۰۷٥$^{d}$ |
| ۳٥٠ | ۰/۱۱۲$^{b}$ | ۰/۰۸۷٥$^{e}$ |
| ٤٥٠ | ۰/۱۳۷$^{c}$ | ۰/۱۱۲$^{f}$ |

میانگین‌هایی که به ترتیب در هر ستون و در هر ردیف در یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح ٥ درصد معنی‌دار نیستند.

**جدول ٥- میزان سرب موجود در پساب (mg/l) در اثر اضافه کردن ۳ گرم از انواع خاکستر پوسته شلتوک**

| درجه حرارت تولید خاکستر (°C) | زمان ماند (دقیقه) | |
|---|---|---|
| | ٥ | ٦ |
| ۲٥٠ | ۰/۰۷٥$^{a}$ | ۰/۰۳۷٥$^{d}$ |
| ۳٥٠ | ۰/۰۸٥$^{b}$ | ۰/۰٦۲٥$^{e}$ |
| ٤٥٠ | ۰/۱۲٥$^{c}$ | ۰/۱۰۰$^{f}$ |

میانگین‌هایی که به ترتیب در هر ستون و در هر ردیف در یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح ٥درصد معنی‌دار نیستند.

به عبارت دیگر، هرچه درجه حرارت تولیدخاکستر کمتر باشد، مقدار جذب سرب بیشتر است که این موضوع ناشی از افزایش مقدار کربن موجود در خاکستر در درجه حرارت پایین‌تر است.

به طور کلی جذب سرب با افزایش میزان خاکستر (جاذب) و زمان تماس، افزایش می‌یابد. درجه حرارت سوزاندن پوسته شلتوک عامل مهمی در میزان کربن تولیدی است. تحقیقات انجام شده قبلی نیز نشان می‌دهد که با افزایش درجه حرارت سوزاندن پوسته شلتوک، از میزان کربن موجود در خاکستر کاسته می‌شود [٦]. در این راستا پیشنهاد می‌شود درجه حرارت بهینه تولید خاکستر، براساس نتایج حاصل از آنالیز میزان کربن فعال موجود در خاکستر پوسته شلتوک، توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی، مورد تحقیق و بررسی قرار گیرد.

## نتیجه‌گیری

هدف از انجام این تحقیق بررسی میزان جذب سرب توسط خاکستر پوسته شلتوک برنج از فاضلاب صنعتی تصفیه‌خانه شاهین‌شهر می‌باشد. در واقع این تحقیق از یک جهت، راهکاری برای دفع پوسته شلتوک برنج که خود یک معضل زیست‌محیطی، می‌باشد پیشنهاد می‌کند و از جهت دیگر به شناسایی و معرفی یک پلیمر طبیعی برای تصفیه فاضلاب می‌پردازد. این امر به دلیل اثرات طولانی مدت و زیان‌آور پلیمرهای مصنوعی و تجزیه ناپذیر بودن آنها به روش ساده بیولوژیک و طبیعی و همچنین اقتصادی نبودن استفاده از آنها لزوم استفاده مؤثر از پلیمرهای آلی و طبیعی را مشخص می‌نماید.

نتایج آزمایش‌ها حاکی از قابلیت و ارزش اقتصادی خاکستر پوسته شلتوک به عنوان یک ماده اولیه ارزان قیمت در تصفیه آب و پساب صنعتی است. با توجه به این که در بخش‌های تصفیه آب به علت عدم دسترسی به امکانات کامل تصفیه صنعتی آب عملاً در بسیاری از مناطق کشور آب شرب مصرفی تصفیه کامل نمی‌شود و بخش فاضلاب‌های صنعتی تخلیه شده به منابع آب و خاک از حداقل ویژگی‌های لازم فاضلاب تصفیه شده نیز برخوردار نیستند، جا دارد امکان ساخت واحدهای خانگی تصفیه آب و هم‌چنین به کارگیری فراورده‌های پوسته شلتوک به عنوان جاذب و مکمل در تصفیه فاضلاب صنعتی مورد توجه قرار گیرد.

## سپاسگزاری

از سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان اصفهان و دانشکده‌های کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اصفهان که امکانات مالی و اجرایی این تحقیق را فراهم ساختند و همچنین از آقای مهندس اردشیر خسروی و سرکارخانم مهندس ناهید شهسواری‌پور برای انجام آزمایش‌ها، سپاسگزاری می‌گردد.

## مراجع

١- اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی، (١٣٧٦). *"بانک اطلاعات، وزارت کشاورزی"*، جلد دوم، نشریه شماره ٧٦.

٢- بلالایی، ف.، جعفریان، م. و سلوکی، م.، (١٣٧٩). *"کاربرد پوسته شلتوک در تصفیه فاضلاب"*، مجله آب و محیط زیست، شماره ٤١، صفحات ٣٦-٣٢.

٣- چراغی، م.، (١٣٧٨). *"اثر لجن فاضلاب بر تجمع سرب و کادمیوم در گیاهان شنبلیله و ریحان"*، پایان‌نامه کارشناسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

٤- دبیری، م.، (١٣٧٥). *"آلودگی محیط زیست"*، نشر اتحاد، ٣٩٩ صفحه. تهران.

٥- رمضانیان‌پور، ع.، جعفرپور، ف. و ماجدی اردکانی، م.ح.، (١٣٧٤). *"بررسی تحقیقات انجام شده بر روی مصارف پوسته برنج و خاکستر آن در صنعت ساختمان"*، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره ٢١٨، ١٣٢ صفحه.

٦- عابدی کوپایی، ج.، (١٣٨١). *"کاربرد پوسته برنج در پوشش بتنی کانال‌های آبیاری"*، گزارش طرح تحقیقاتی کاربردی استانی، معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان.

٧- فتحی، م. ع.، (١٣٨٠). *"بررسی خصوصیات مکانیکی پوشش بتنی کانال‌های آبیاری با ترکیبی از خاکستر پوسته برنج در محیط‌های سولفاته"*، پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

8- Tivari, D.P., Singh, D.K., and Saksena, D.N., (1995). *"Hg(II) Adsorption from Aqueous Solutions Using Rice-Husk Ash"*, Journal of Environmental Engineering, June, pp: 470-481.