

## مطالعه پارامتری و ایزوترمی جذب مس از فاضلاب توسط جاذب پودر استخوان شتر

بهمن رمانندی<sup>۱</sup>، مریم شمسی<sup>۲</sup>، نسیمه عبدالهی<sup>۲\*</sup>

### چکیده

**مقدمه و هدف:** افزایش آلودگی محیط زیست توسط فلزات سنگین سبب نگرانی های بسیار جدی به دلیل خصوصیات سرطان زایی، تجزیه ناپذیری و تجمع بیولوژیکی آنها شده است. هدف این مطالعه بررسی حذف مس به عنوان یک فلز سنگین توسط پودر استخوان شتر از فاضلاب بوده است.

**روش کار:** فرآیند جذب مس توسط پودر استخوان شتر به صورت منقطع و در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. تاثیر پارامترهای مختلفی چون pH، زمان تماس، غلظت مس و مقدار جاذب بر راندمان جذب مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تفهیم بهتر فرآیند جذب ایزوترم های تعادلی فروندلیچ و لانگمویر بررسی گردید. همه آزمایشات سه بار تکرار و میانگین آنها گزارش گردید.

**نتایج:** سطح ویژه BET، حجم کل حفره ها و اندازه ذرات جاذب به ترتیب  $۸۹/۸ \text{ m}^2/\text{g}$ ،  $۰/۴۱ \text{ m}^3/\text{g}$ ،  $۲-۱/۱ \text{ mm}$  تعیین گردید. نتایج نشان داد که پودر استخوان شتر بهترین عملکرد حذف مس (۹۹٪) را در دوز  $۰/۳ \text{ mg/L}$  و pH ۸ و زمان تماس ۲۰ دقیقه دارد. ایزوترم جذب مس توسط پودر استخوان شتر از مدل فروندلیچ ( $R^2 = ۰/۹۸۵$ ) تبعیت نمود. نتایج نشان داد که جذب مس متاثر از فاکتورهایی چون غلظت اولیه، مقدار جاذب و pH می باشد. حداکثر جذب در pH حدود ۸ حاصل شد.

**بحث و نتیجه گیری:** مطابق با این یافته‌ها، پودر استخوان شتر یک جاذب کارآمد، کم هزینه و گزینه ای امیدوارکننده برای حذف غلظت‌های مختلف مس از آب و فاضلاب می‌باشد.

**کلید واژه ها:** جذب مس، پودر استخوان شتر، ایزوترم.

<sup>۱</sup> گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، بوشهر، ایران

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، بوشهر، ایران

\*آدرس الکترونیک نویسنده مسئول: batulahmadii@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۱۲/۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۴/۲۴

## مقدمه

رها شدن یون های فلزی محلول (که در گروه آلودگی های غیرآلی جای می گیرند) به منابع آب، از جمله بزرگترین مشکلات محیط زیست محسوب می شود. صنایعی مانند معدن کاری، کانه آرای، تولید کاغذ و تولید آفت کش ها از جمله مهمترین تولیدکنندگان فلزات سنگین هستند. حضور این فلزات که به صورت محلول در پساب بسیار نامطلوب بوده چرا که مدت زمان ماندگاری آن ها در طبیعت بالاست. همچنین فلزات سنگین تمایل بسیار زیادی به جمع شدن در بافت موجودات زنده داشته و سبب انواع ناتوانی ها و بیماری ها می گردد (۱). اگر مس بیش از حد نیاز به بدن برسد، با ایجاد اختلال در جذب آهن و روی، باعث کم خونی و فقر آهن، استفراغ، درد معده و شکم، تهوع، آسیب به کبد و کلیه، سرطان و حتی مرگ می شود و بر باروری تأثیر منفی می گذارد. بنابراین غلظت مس در پسابها باید در حد قابل قبول باشد (۲).

با توجه به موارد فوق، به دلیل مصارف فراوان مس در دنیای امروز و وجود آلودگی های اجتناب ناپذیر ناشی از آن در منابع آب و فاضلاب های صنعتی، اندیشیدن تدابیری جهت حذف مس از فاضلابها ضروری است (۳). سازمان بهداشت جهانی پیشینه غلظت قابل قبول مس در آب آشامیدنی را ۱/۵ میلی گرم در لیتر توصیه کرده است (۲). حد مجاز آلاینده مس در تخلیه به آبهای سطحی ۱ میلی گرم در لیتر و در مصارف کشاورزی و آبیاری ۰/۲ میلی گرم در لیتر توصیه گردیده است (۴و۵).

روشهای مختلفی نظیر اکسیداسیون- احیاء، ترسیب و جذب سطحی برای جداسازی یون مس از محلول های آبی وجود دارد. از بین این روشها، جذب سطحی به دلیل برخورداری از قابلیت بازیابی جذب به کار رفته و در نتیجه صرفه اقتصادی، بیشتر مورد توجه است (۳و۶). گولین و همکاران در سال ۲۰۰۹ جذب مس از محلولهای آبی با نانو ذرات مگنتیت متصل به کیتوزان و نانو ذرات مگنتیت پوشیده شده با اپی کلروهیدرین را مورد بررسی قرار داده اند (۷). عسگری و همکاران در سال ۲۰۱۰ به بررسی تاثیر خاکستر استخوان گاو در حذف رنگ متیلن بلو از فاضلاب سنتتیک پرداختند (۸). محققین اظهار داشته اند که کارها و مطالعات گسترده ای بر روی پودر استخوان باید انجام شود تا در خصوص کاربردی شدن این جذب در صنعت آب و فاضلاب بتوان قضاوت نمود.

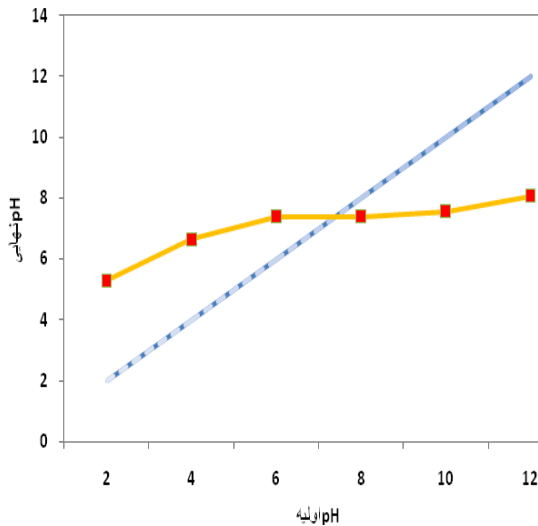
در سال های اخیر جذب خاکستر استخوان به دلیل ارزان بودن نسبت به کربن فعال، عدم نیاز به مرحله ی فعال سازی، مقاومت فیزیکی بالاتر نسبت به کربن فعال، دسترسی آسان به مواد اولیه مورد نیاز و توانایی حذف انواع مختلف آلاینده ها کاربرد زیادی پیدا کرده است (۹). به دلیل اینکه خاکستر استخوان در ساختار خود دارای کربن (۸-۷٪) و ترکیبات معدنی به صورت فسفات و کربنات کلسیم (۸۰-۷۵٪) است این خاصیت سبب شده خاکستر استخوان علاوه بر مزایای کربن فعال توانایی حذف طیف وسیعی از آلاینده ها را داشته باشد (۱۰).

بر اساس آخرین جستجوها، تاکنون حذف مس از فاضلاب توسط پودر استخوان شتر انجام نشده است. بنابراین، هدف اصلی از این تحقیق حذف مس توسط جذب پودر استخوان شتر می باشد. تاثیر پارامترهای غلظت اولیه آلاینده، زمان تماس، pH محلول و دوز جذب مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین بررسی ایزوترم های جذب مس توسط پودر استخوان شتر از دیگر اهداف این مطالعه بود.

## روش کار

محلول استوک یون مس (۱۰۰۰ mg/L) با استفاده از سولفات مس تهیه شد. پودر استخوان شتر در شرایط آزمایشگاهی با استفاده از کوره الکتریکی در دمای ۴۰۰ درجه ی سانتیگراد و زمان ۲ ساعت تهیه گردید. جهت آسیاب کردن استخوان از آون و برای یکنواخت سازی از الک ASTM با مش ۳۰ استفاده شده است.

این مطالعه یک مطالعه تجربی است که به منظور بررسی پتانسیل پودر استخوان شتر در حذف مس بصورت ناپیوسته انجام شد. در این مطالعه متغیرهای اساسی مانند pH (۲-۱۲)، زمان تماس (۵-۸۰ min)، مقدار جذب (۰/۰۵-۰/۷ mg/L) و غلظت اولیه مس (۲۵-۱۰۰ mg/L) ارزیابی گردید. همه آزمایشات در شیکر- انکوباتور (شرکت پارس ایران) با دمای ثابت ۲۴ °C و میزان اختلاط ۱۰۰ rpm انجام شد. همه آزمایشات سه بار تکرار و میانگین آن ها گزارش شده است. در این مطالعه، داده ها بر اساس راندمان حذف مس گزارش شده است. راندمان حذف مس از رابطه ۱ بدست آمد:



شکل ۱: pH اولیه در مقابل pH نهایی محلول در حضور جاذب پودر استخوان شتر

## نتایج

در جدول ۱ مشخصات فیزیکی جاذب تهیه شده از استخوان شتر آورده شده است. بر اساس محاسبات انجام شده با نرم افزار Belsorp و با استفاده از ایزوترم BET و میزان جذب گاز نیتروژن، سطح ویژه پودر استخوان شتر  $89/8 \text{ m}^2/\text{g}$  به دست آمد.

جدول ۱: مشخصات فیزیکی جاذب تهیه شده از استخوان شتر

پارامتر	واحد	مقدار
BET	$\text{m}^2/\text{g}$	۸۹/۸
$\text{pH}_{zpc}$	-	۷/۴
عدد پدی	$\text{mg}/\text{g}$	۱۳۴/۴۱
حجم کل روزنه ای	$\text{cm}^3/\text{g}$	۰/۴۱
قطر متوسط روزنه ای	nm	۱۱/۰۶
اندازه ذرات	mm	۱/۱ - ۲

معادله ۱:

$$Cu_{removal}(\%) = \frac{C_0 - C_e}{C_e} \times 100$$

که در این معادله  $C_0$  و  $C_e$  به ترتیب غلظت های اولیه و نهایی مس در محلول می باشد. همچنین در این مطالعه بعد از تعیین زمان تماس مناسب، دوز جاذب و pH بهینه جذب مشخصه- های مرتبط با ایزوترم جذب آلاینده مورد نظر بر روی جاذب تعیین گردید. میزان انطباق داده های تجربی تعادل جذب با مدل های جذب لانگمویر (معادله ۲) و فروندلیچ (معادله ۳) بررسی شد (۱۱).

معادله ۲:

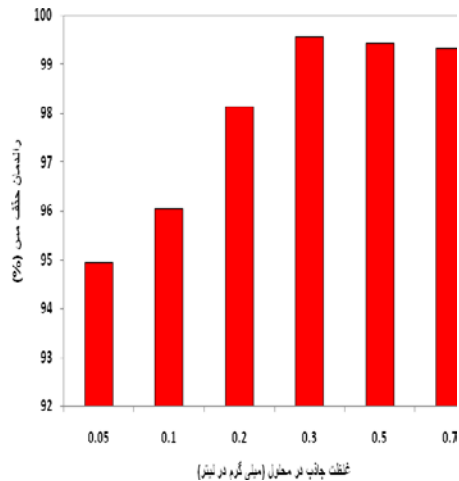
$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_{max}b} + \frac{C_e}{Q_{max}}$$

معادله ۳:

$$\log q_e = \log K + \frac{1}{n} \log C_e$$

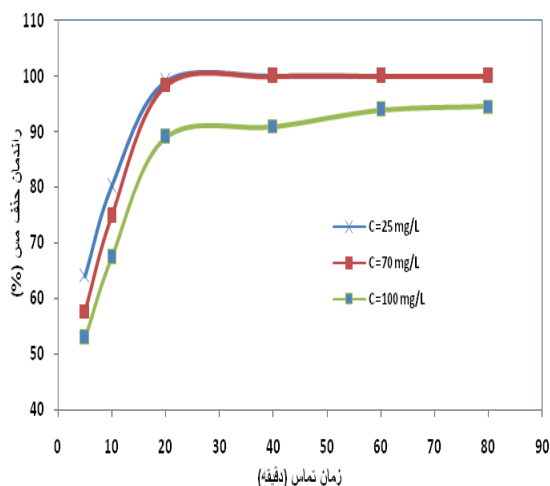
در این معادلات  $Q_{max}$  ظرفیت جذب یک لایه ای ( $\text{mg}/\text{g}$ )،  $q_e$  جذب تعادلی ( $\text{mg}/\text{g}$ )،  $C_e$  غلظت باقیمانده مس ( $\text{mg}/\text{L}$ ) و  $b$ ،  $K$  و  $n$  ثابت ایزوترم ها می باشند.

غلظت مس در نمونه ها به روش ارائه شده در کتاب استاندارد متد (۱۲) و با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Varian AA240، استرالیا) اندازه گیری گردید. برای تعیین pH نقطه بار صفر ( $\text{pH}_{zpc}$ ) ۱۵۰ میلی لیتر از محلول ۰/۱ مولار کلرید سدیم در بشر ۲۵۰ میلی لیتر قرار داده شد و pH آنها بین ۲ تا ۱۲ با استفاده از سود یا هیدروکلراید ۰/۱ نرمال تنظیم گردید. سپس ۰/۵ گرم از جاذب به محلول اضافه شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت، pH نهایی اندازه گیری شد و در برابر pH اولیه رسم شد (شکل ۱). نقطه تلاقی منحنی pH نهایی و اولیه به عنوان  $\text{pH}_{zpc}$  در نظر گرفته شده است. سطح ویژه و حجم کل روزنه های جاذب با تکنیک جذب نیتروژن (Micrometetics/Gemini-2372) تعیین گردید. تجزیه تحلیل داده های آزمایشگاهی به کمک نرم افزار Excel انجام گرفت.



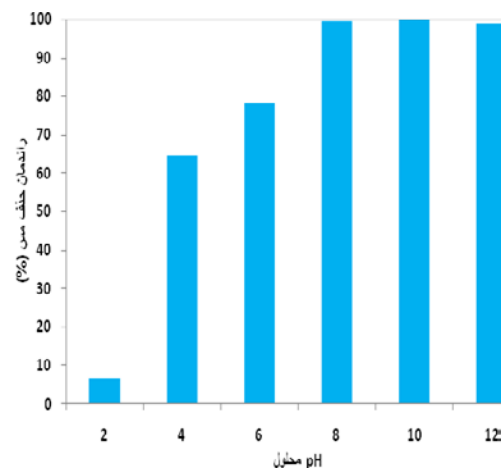
شکل ۳: تاثیر مقدار جذب بر حذف مس توسط جذب پودر استخوان شتر (pH: ۸، غلظت مس: ۷۰ mg/L)

**تأثیر زمان تماس و غلظت اولیه آلاینده بر حذف مس:** از آنجا که زمان تماس و غلظت فلز سنگین، دو پارامتر بسیار مؤثر بر شدت حذف مس هستند (۱۳)، حذف مس در غلظت های ۲۵، ۷۵ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر و زمان تماس ۵ تا ۸۰ دقیقه مورد بررسی قرار گرفت. غلظت جذب و pH به ترتیب ۰/۳ میلی گرم در لیتر و ۸ در نظر گرفته شد. همان طور که در شکل ۴ مشاهده می گردد، حداکثر جذب در کلیه غلظت های به کار رفته، در ۲۰ دقیقه حاصل شده است.



شکل ۴: تأثیر زمان تماس بر میزان حذف مس (دوز جذب: ۰/۳ mg/L، pH محلول: ۸)

**تأثیر pH فاضلاب بر حذف مس:** نتایج حاصل از تأثیر pH در حذف مس در شکل ۲ نشان داده شده است. متغیرهای دیگر مانند دوز جذب، زمان تماس و دما ثابت در نظر گرفته شدند. همانطور که در شکل ۲ ملاحظه می گردد حداقل درصد حذف مس در pH برابر ۲ و ۶/۶٪ بود. با افزایش pH، درصد حذف مس از محلول توسط جذب پودر استخوان شتر افزایش یافت و در pH برابر ۸ حداکثر مقدار حذف یعنی ۹۹/۴٪ بدست آمد.



شکل ۲: تأثیر pH محلول بر حذف مس توسط جذب پودر استخوان شتر (دوز جذب: ۰/۳ mg/L، غلظت مس: ۷۰ mg/L)

**تأثیر دوز جذب بر حذف مس:** جهت تعیین دوز مؤثر جذب که یکی از پارامترهای بسیار مهم در فرآیند جذب می باشد یک سری آزمایش های جذب در زمان تماس ۲۰ دقیقه و pH=8 با مقادیر مختلف دوز جذب انجام شد. جهت انجام این آزمایش ها محلول های با غلظت اولیه مس ۷۵ میلی گرم در لیتر تهیه شد. نتایج در شکل ۳ ارائه شده است.

های مختلف می توانند به عنوان سایت های فعال برای فلز باقی بمانند، اثر pH بر روی جذب خیلی وسیع می باشد. اثر pH محلول در حذف مس توسط پودر استخوان شتر در محدوده ۲-۱۲ مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل از بررسی  $pH_{ZPC}$  نشان داد،  $pH_{ZPC}$  جذب پودر استخوان شتر در محدوده ۷/۴ می باشد که در بالاتر از این نقطه، سطح جذب مورد نظر دارای بار منفی و در پایین تر از آن، دارای بار مثبت می باشد (۱۵). نتایج بدست آمده با یافته های سایر محققین (۱۵، ۱۶) شباهت دارد. از آنجایی که در pH بالاتر از ۷/۴، سطح جذب دارای بار الکتریکی منفی است، جذب مس به دلیل اتصال مس با گروه های عاملی آنیونی موجود بر سطح جذب و برقراری پیوند الکترواستاتیکی، افزایش می یابد (۱۶). بنابراین، در pH های بالاتر از  $pH_{ZPC}$ ، راندمان جذب مس افزایش یافته است. برابر ۸ که در آن راندمان حذف مس بیش از ۹۹٪ صورت گرفته است، به عنوان pH بهینه در نظر گرفته شد. برخی محققین نتایج مشابهی بدست آورده اند (۱۷).

دستیابی به راندمان بالای حذف مس با مقادیر بسیار کم پودر استخوان شتر نشان دهنده مناسب بودن این جذب در حذف مس از فاضلاب می باشد. افزایش جذب مس با افزایش غلظت پودر استخوان شتر را می توان ناشی از افزایش سطح جذب و در دسترس قرار گرفتن تعداد بیشتری جایگاه فعال برای واکنش با یون مس دانست. این نتایج با یافته های سایر محققین (۱۸ و ۱۹) مطابقت دارد که در آنها افزایش غلظت جذب باعث افزایش راندمان حذف آلاینده شده است.

غلظت های اولیه مس تاثیر قابل توجهی بر حذف آن توسط پودر استخوان شتر داشته است. نکته ای که از شکل ۴ برداشت می شود این است که برای تمام غلظت های مس مورد بررسی بعد از زمان تماس ۲۰ دقیقه راندمان حذف تقریباً ثابت مانده است. همچنین بر اساس شکل ۴، راندمان حذف مس بعد از ۵ دقیقه زمان تماس برای تمام غلظت های مس مورد بررسی راندمان حذف مناسبی (بیش از ۵۲٪) بدست آمد. با افزایش غلظت مس در محلول، راندمان حذف کاهش یافت. با توجه به ثابت بودن مقدار جذب در آزمایشات، کاهش در راندمان حذف مس با افزایش غلظت اولیه آن را می توان به محدودیت جایگاه های فعال (۱۴ و ۱۵) و کاهش در نفوذ بین ذره ای نسبت داد. بنابراین، حذف مس توسط جذب پودر استخوان شتر به

**ایزوترم جذب:** ارائه موفق دینامیک جداسازی آلاینده از محلول بستگی به توصیف مناسب جداسازی تعادلی بین دو فاز دارد (۱۴). ثابت های ایزوترم جذب می تواند مشخصات سطحی جذب، کشش جذب و آلاینده به یکدیگر و همچنین ظرفیت جذب آلاینده را مشخص کند. بنابراین، ایزوترم های جذب با ارائه این اطلاعات مهم، برای طراحی و بهینه نمودن فرایند جذب می تواند مفید باشد. در این مطالعه دو ایزوترم معروف فروندلیچ و لانگمویر برای توصیف نتایج آزمایشگاهی جذب مس توسط پودر استخوان شتر مورد مطالعه قرار گرفت. اطلاعات مربوط به این دو ایزوترم در جدول ۲ آمده است. با توجه به مقدار ضریب همبستگی ( $R^2$ )، مشخص است که داده های جذب مس توسط پودر استخوان شتر از ایزوترم فروندلیچ پیروی می نماید.

**جدول ۲:** نتایج ایزوترم لانگمویر و فروندلیچ برای حذف مس توسط پودر استخوان شتر

ایزوترم	پارامتر	مقدار
	معادله	$Y=5.825X+0.0134$
	$Q_{max}$	۷۴/۶۳ mg/g
لانگمویر	$K_L$	۰/۰۰۲۳ L/mg
	$R^2$	۰/۸۴۸
	$R_L$	۰/۲۳۱ - ۰/۸۹۵
فروندلیچ	معادله	$Y=0.761X-0.0304$
	$K_F$	۰/۹۷ mg/g (L/mg) <sup>1/n</sup>
	1/n	۰/۷۶۱
	$R^2$	۰/۹۸۵

## بحث و نتیجه گیری

محدودیت سطح و حجم حفره های ذرات پودر استخوان شتر در مقایسه با کربن فعال (۱۴) بیانگر این نکته است که جذب فیزیکی و گیر افتادن آلاینده در حفره ها، مکانیزم غالب حذف مس توسط پودر استخوان شتر نبوده بلکه احتمالاً دانسیته بالای گروه های عاملی در حذف آلاینده مورد مطالعه موثر است. از آنجا که pH محلول آبی به سطح جذب کننده و همچنین درجه یونیزاسیون و تعیین نوع آلاینده های مختلف تاثیر می گذارد، بدلیل گروه های عامل متفاوت بر روی سطح جذب که در pH

ماده جهت توسعه حذف آلاینده های مختلف در تصفیه آب و فاضلاب انجام شود.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله مراتب قدردانی خود را از کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی بوشهر بخاطر حمایت مالی این پروژه اعلام می دارند.

### منابع

- [1] Vijayaraghavan K, Yun YS. Bacterial biosorbents and biosorption. *Biotechnol Adv* 2008; 26(3): 266-91.
- [2] Karabulut S, Karabakan A, Denizli A, Yürüm Y. Batch removal of copper (II) and zinc(II) from aqueous solutions with low rank Turkish Coals. *Sep Purif Technol* 2000; 18(3), 177-184.
- [3] Upadhyayula VKK, Deng S, Mitchell MC, Smith GB. Application of carbon nanotube technology for removal of contaminants in drinking water: a review. *Sci Total Environ* 2009; 408(1): 1-13.
- [4] Jiang Y, Pang, H, Liao B. Removal of copper(II) ions from aqueous solution by modified bagasse. *J Hazard Mater* 2009; 164(1): 1-9.
- [5] Ajmal M, Khan AH, Ahmad S, Ahmad A. Role of Sawdust in the removal of copper from industrial wastes. *Water Res* 1998; 32(10): 3085-91.
- [6] Chen Z, Ma V, Han M. Biosorption of nickel and copper onto treated algae (*Undaria pinnatifida*): Application of isotherm and kinetic models. *J Hazard Mater* 2008; 155 (1-2): 327-33.
- [7] Si S, Kotal A, Mandal TK, Giri S, Nakamura H, Kohara T. Size-controlled synthesis of magnetite nanoparticles in the

غلظت اولیه مس و زمان تماس بستگی دارد. این مطالعه با یافته های عسگری و موسوی که از جاذب برای حذف سایر آلاینده ها استفاده کرده اند، همخوانی دارد (۱۵و۱۴).

در مطالعه ایزوترم جذب، با توجه به مقدار ضریب همبستگی ( $R^2$ ) مشخص شد که داده های جذب مس توسط پودر استخوان شتر از ایزوترم فروندلیچ پیروی می نماید. در این ایزوترم فرض بر این است که انرژی سطح جاذب هتروژن بوده و محل های با انرژی قوی تر سریعتر توسط آلاینده اشغال می گردد. مقدار پارامتر  $1/n$  تعیین کننده مناسب بودن فرایند جذب است (۱۴). مقدار  $1/n = 0.761$  نشان دهنده شرایط مناسب جذب و تاییدکننده این است که جاذب پودر استخوان شتر برای حذف مس از فاضلاب یک جاذب مناسب و مفید است. در ایزوترم لانگمویر پارامتر بدون بعد  $R_L$  نشان دهنده نوع جذب است. با توجه به اینکه مقدار  $R_L$  کمتر از یک بدست آمد می توان نتیجه گرفت که فرایند جذب مناسب بوده است (۲۰). یافته های بدست آمده با نتایج محققینی مانند ليو (۲۱)، راشدی (۲۲) و عسگری (۲۳) همخوانی دارد در این مطالعات فرایند جذب مس توسط جاذب های مورد بررسی از ایزوترم لانگمویر تبعیت نموده است. ولی با یافته های لاروس و همکارانش (۱۸) در تضاد است، آنها در مطالعه خود با این نتیجه رسیدند که جذب فنل توسط جاذب مورد بررسی از ایزوترم فروندلیچ تبعیت نموده است. اختلاف و تنوع در گزارش ها به دلیل تنوع جاذب ها، اصلاحات اعمال شده بر روی جاذب ها و شرایط آزمایش است. بر اساس یافته های این مطالعه، جاذب پودر استخوان شتر قابلیت مناسبی برای جذب مس از فاضلاب دارد. در pH های خنثی و قلیایی، راندمان حذف مس بالا بود و pH بهینه جذب ۸ (با راندمان بیش ۹۹٪) بدست آمد. جذب حداکثر در pH های نزدیک به خنثی با توجه به خنثی بودن اکثر فاضلاب ها و عدم نیاز به تنظیم pH یک نکته حائز اهمیت محسوب می گردد. میزان جذب با افزایش زمان تماس تا حدود ۲۰ دقیقه افزایش و در مقادیر بالاتر از آن تاثیری در جذب نداشت. جذب مس بر روی جاذب مورد مطالعه از ایزوترم فروندلیچ تبعیت نمود. با توجه به مقاومت فیزیکی بالا، قیمت ارزان جاذب پودر استخوان شتر، دسترسی فراوان به این ماده بویژه در منطقه جنوب و سادگی تهیه آن پیشنهاد می گردد مطالعات گسترده تری بر روی این

prepared from palm kernel absorption of cyanide wastewater, Journal of Birjand University of Medical Sciences, 2012(19), 408-399.

[17] Abollino O, Aceto M, Malandrino M, Sarzanini C, Mentasti E. Adsorption of heavy metals on Na-montmorillonite: Effect of pH and organic substances. Water Res, 2003; 37(7): 1619-27.

[18] Larous S, Meniai AH. The use of sawdust as by product adsorbent of organic pollutant from wastewater: adsorption of phenol. Energy Procedia 2012; 18: 905-14.

[19] Bansal M, Singh D, Garg VK. A comparative study for the removal of hexavalent chromium from aqueous solution by agriculture wastes' carbons. J Hazard Mater 2009; 171(1-3): 83-92.

[20] Asgari G, Ramavandi B, Rasuli L, Ahmadi M. Cr (VI) adsorption from aqueous solution using a surfactant-modified Iranian zeolite: characterization, optimization, and kinetic approach. Desalin Water Treat, 2013; 51(31-33): 6009-20.

[21] Liu QS, Zheng T, Wang P, JP Jiang, Li N. Adsorption isotherm, kinetic and mechanism studies of some substituted phenols on activated carbon fibers. Chem Eng J 2010; 157(2-3): 348-56.

[22] Rushdi IY, El-Eswed B, Al-Muhtaseb AH, Adsorption characteristics of natural zeolites as solid adsorbents for phenol removal from aqueous solutions: Kinetics, mechanism, and thermodynamics studies. Chem Eng J 2011; 171(3): 1143-49.

[23] Asgari G, Ghanizadeh G, Seyd Mohammadi A. Adsorption of humic acid from aqueous solutions onto modified pumice with Hexadecyl Trimethyl Ammonium Bromide. JBUMS. 2011; 14(1): 14-22. (Persian)

presence of polyelectrolytes. Chem Mater 2004; 16(18): 3489-96.

[8] Asgari, G, Ghanizadeh, G. Adsorption kinetics and isotherm of methylene blue and its removal from aqueous solution using bone charcoal. React Kinet Mech Cat 2011; 102(1): 127-42.

[9] Purevsuren B, Avid B, Narangerel J. Investigation on the pyrolysis products from animal bone. J Mater Sci 2004; 39(2): 737-40.

[10] Choy KK, McKay G. Sorption of metal ions from aqueous solution using bone char. Environ Int 2005; 31(6): 845-54.

[11] Ahmadpour A, Tahmasbi M, Bastami TR, Besharati JA. Rapid removal of cobalt ion from aqueous solutions by almond green hull. J Hazard Mater 2009; 166(2-3): 925-31.

[12] APHA (American Public Health Association), Standard methods for the examination of water and wastewater, 20 Ed, APHA, AWWA, WEF, Washington DC, USA, 1998.

[13] Huang SH, Chen DH. Rapid removal of heavy metal cations and anions from aqueous solutions by anamino-functionalized magnetic nano-adsorbent. J Hazard Mater 2009; 163(1): 174-79.

[14] Asgari G, Ramavandi B, Sahebi S. Removal of a cationic dye from wastewater during purification by *Phoenix dactylifera*. Desalin Water Treat 2013; 1-12. DOI:10.1080/19443994.2013.823358.

[15] Moussavi G, Khosravi R. Removal of cyanide from wastewater by adsorption onto pistachio hull wastes: Parametric experiments, kinetics and equilibrium analysis. J Hazard Mater 2010; 183(1-3): 724-30.

[16] Ramavandi B, Barikbin B, Asgari G, Ghaedi H, Evaluation of activated carbon

## ***A parametric and isothermic study of copper adsorption from wastewater by using adsorbent of camel bone powder***

### ***Abstract***

***Background and Objectives:*** The increasing environmental pollution by heavy metals caused serious concern due to the carcinogenicity non biodegradability, and biological accumulation properties. The purpose of this study was to investigate the removal of copper as a heavy metal by using camel bone powder from wastewater.

***Method:*** The process of copper absorption by powdered camel bone was performed in laboratory and batch mode. Effects of various parameters such as pH, contact time, adsorbent amount of copper concentration on the adsorption efficiency were studied. In order to better understand the equilibrium adsorption isotherms of Freundlich and Langmuir were assessed. All experiments were repeated three times and mean values reported.

***Results:*** The specific surface area, total pore volume, and mean pore diameter of adsorbent were determined to  $89.8 \text{ m}^2/\text{g}$ ,  $0.41 \text{ m}^3/\text{g}$ , and  $1.1\text{-}2 \text{ mm}$ , respectively. The results showed that the best performance of camel bone powder for copper removal (99%) was attained at a dose of  $0.3 \text{ mg/L}$ , pH 8, and contact time of 20 min. The equilibrium data fitted well with the Freundlich model ( $R^2 = 0.985$ ). The results revealed that copper absorption was affected by factors such as initial concentration, adsorbent dosage, and pH. The maximum adsorption was obtained at pH 8.

***Conclusions:*** Accordingly, the camel bone powder is an efficient, low cost, and promising option adsorbent for removal of different concentrations of copper from water and wastewater.

***Keywords:*** Copper adsorption, Camel bone powder, Isotherm.