

## جذب جیوه از محلول های آبی توسط سبوس گندم

منوچهر نیک آذر<sup>۱</sup>

حمیده علی جانی<sup>۲</sup>

امیر حسین حقیقتی<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۸۴/۱۰/۱

تاریخ دریافت: ۸۴/۸/۹

### چکیده

در این مقاله به بررسی جذب کاتیون جیوه از محلول های آبی توسط سبوس گندم (یکی از ضایعات کشاورزی) پرداخته شده است. اثر پارامترهای مختلفی نظیر  $pH$  دما، غلظت اولیه، اندازه ذرات و مقدار جاذب در حالت ناپیوسته مورد بررسی قرار گرفته است. از نتایج آزمایش ها چنین برآمده که کاهش غلظت اولیه، افزایش مقدار جاذب، کاهش اندازه ذرات و افزایش دما سبب افزایش جذب گشته است و با افزایش  $pH$  تا حدود ۴ مقدار جذب افزایش می یابد ولی بعد از آن مقدار جذب ثابت می ماند و تغییری در آن ایجاد نمی شود. در ضمن از مدل های فریندلیچ و لانگموور برای به دست آوردن منحنی های تعادلی ایزوترم استفاده شده است که نتایج با مدل فریندلیچ تطابق بهتری نشان می دهد. در نهایت مقدار انرژی آزاد گیبس برای این فرآیند به دست آمده است.

واژه های کلیدی: جیوه، جذب سطحی، سبوس گندم، ایزوترم جذب، ضایعات کشاورزی.

---

۱- استاد، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد تهران شمال

۳- مربی، مجتمع آزمایشگاهی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

## مقدمه

غلظت جیوه در محلول‌ها و برای تعیین مقدار  $pH$  محلول از دستگاه Metrohm استفاده شده است.

## مواد شیمیایی

از کلرید جیوه ( $HgCl_2$ ) شرکت Merck جهت ساخت محلول‌ها استفاده شده و جهت تغییر در مقدار  $pH$  از اسید نیتریک و محلول سود شرکت یاد شده استفاده گردیده است. در تمامی آزمایش‌ها از آب مقطر استفاده شده است.

## جاذب

از سیوس گندم در دو اندازه  $0/417 \text{ mm} - 0/295$  و کوچک‌تر از  $0/295 \text{ mm}$  به عنوان جاذب استفاده شده است.

## روش آزمایش

در روش ناپیوسته مقدار معینی از جاذب را وزن کرده و در درون فلاسک‌های شیشه‌ای می‌ریزیم، سپس محلول‌هایی با غلظت مشخص را بر روی جاذب داخل فلاسک شیشه‌ای ریخته و عمل هم‌زدن را با همزن مغناطیسی مگنت‌دار با سرعت مشخص انجام می‌دهیم. بعد از یک زمان مشخص محلول را صاف می‌کنیم و در نهایت غلظت جیوه در محلول صاف شده توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری می‌شود. در آزمایش‌های مختلف پارامترهای مورد نظر در آزمایش تغییر کرده و تغییر در مقدار جذب بررسی می‌گردد.

برای محاسبه میزان فلز جذب شده به وسیله جاذب از فرمول زیر استفاده شده است:

$$q_e = (C_0 - C_e)V/W$$

که در آن  $q_e$  مقدار فلز جذب شده به ازای واحد وزن جاذب ( $\text{mg/g}$ )،  $C_0$  غلظت اولیه فلز در محلول ( $\text{mg/l}$ )،  $C_e$  غلظت تعادلی فلز در محلول ( $\text{mg/l}$ )،  $V$  حجم محلول (l) و  $W$  وزن جاذب (g) است (۱۷).

فلزات سنگین برای گیاهان و جانوران آب‌زی حتی در غلظت‌های پایین سمی است (۱). جیوه یکی از مهم‌ترین فلزات سنگین آلوده کننده محیط زیست می‌باشد و کاربردهای متنوعی در صنایع مختلف از قبیل: کلر-آلکالی، الکتریکی، رنگ، داروسازی، قارچ‌کش‌ها، کاغذ و خمیر... دارد (۲-۴). اثر عمده جیوه در بدن انسان عبارت است از اختلال عصبی، افسردگی، تهوع، استفراغ، درد قفسه‌سینه، عمل ریوی و کلیوی و تنگی نفس (۵ و ۶). روش‌های مختلف و متعددی برای حذف و جداسازی یون‌های فلزی از محلول‌های آبی وجود دارد. از مهم‌ترین روش‌هایی که برای این منظور استفاده می‌شود می‌توان به رسوب دهی شیمیایی (۷ و ۸)، تعویض یونی (۹ و ۱۰)، فرآیندهای غشایی، اسمز معکوس، تبخیر، استخراج با حلال (۱۱)، جذب سطحی و ... اشاره کرد. بسیاری از روش‌های فوق پیچیده و برخی دیگر از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست. در گذشته از کربن فعال جهت حذف فلزات سنگین استفاده می‌شده است ولی با توجه به هزینه تهیه این ماده امروزه تمایل زیادی به استفاده از ضایعات مختلف از جمله ضایعات کشاورزی وجود دارد (۱۲). در حال حاضر از جاذب‌های مختلفی نظیر پوست بادام‌زمینی، پوست پیاز، پشم، خاک اره پوست نارگیل (۱۳ و ۱۴) سیوس برنج (۱۵)، خاک رس، چوب، کودگیاهی، خاک (۱۶)، خزه، گزانتات‌نشاسته و کیتوسان جهت حذف عناصر سنگین استفاده می‌شود. عوامل زیادی در فرآیند جذب و حذف فلزات به وسیله جاذب، از قبیل فرم شیمیایی فلزات، نوع فلز، نوع جاذب، غلظت فلز، مقدار جاذب،  $pH$ ، دما و ... موثر است. در این تحقیق از سیوس گندم به عنوان جاذب استفاده شده و اثر پارامترهای مختلف بر فرآیند جذب توسط این جاذب مورد بررسی قرار گرفته است.

## آزمایش‌های تجربی

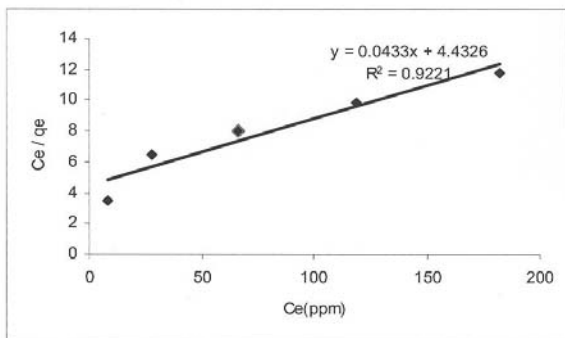
## دستگاه‌ها

از دستگاه اسپکتروفوتومتری جذب اتمی (AAS) مدل SpectrAA.20 plus از شرکت Varian جهت تعیین

## نتایج و بحث

## اثر زمان تماس

محلول هایی با غلظت ۱۰۰ ppm را تهیه کرده و در مجاورت ۴g سبوس با اندازه ذرات ۰/۲۹۵mm در مدت زمان های مختلف قرار دادیم و درصد جذب را در هر مدت زمان به دست می آوریم که نتایج در نمودار ۱ آمده است. با استفاده از نتایج به دست آمده مشاهده می شود که اهم تغییرات در مدت زمان ۱۰ دقیقه صورت می گیرد، ولی جهت اطمینان از رسیدن به حالت تعادل کلیه آزمایش های ناپیوسته در مدت زمان ۲۰ دقیقه صورت گرفته است.



نمودار ۲- منحنی ایزوترم لانگمور

$Q_0$	b	Correlation constant
۲۳/۰۹	۰/۰۰۹	۰/۹۲

## مدل فریندلیچ

فریندلیچ نشان داد که فرآیند جذب توسط معادله زیر صورت می گیرد:

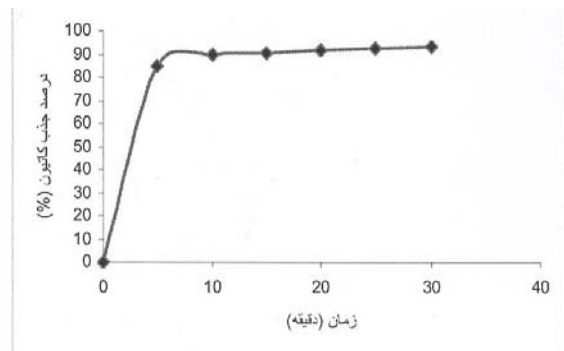
$$q_e = k_f \cdot C_e^{\frac{1}{n}}$$

که در آن  $C_e$  غلظت تعادلی فلز در محلول بر حسب mg/l، مقدار فلز جذب شده به ازای واحد وزن جاذب بر حسب mg/g،  $k_f$  و  $n$  ثابت های جذب فریندلیچ می باشد (۱۷). فرم لگاریتمی معادله فریندلیچ به صورت زیر است:

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

ایزوترم جذب فریندلیچ با رسم لگاریتمی  $q_e$  بر حسب

$C_e$  یک خط راست با شیب  $\frac{1}{n}$  و عرض از مبدا  $\log k_f$



نمودار ۱- تغییرات درصد جذب با گذشت زمان

## ایزوترم های جذب

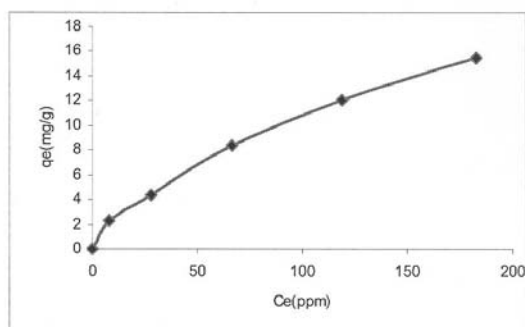
جهت به دست آوردن منحنی های ایزوترم جذب محلول هایی با غلظت های متغییر ساخته و در حضور جاذب عمل جذب صورت گرفته است و نتایج با مدل های لانگمور و فریندلیچ تطبیق داده شده است.

## مدل لانگمور

معادله لانگمور به کار برده شده برای جذب تعادلی عبارت است از:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_{0,b}} + \frac{C_e}{Q_0}$$

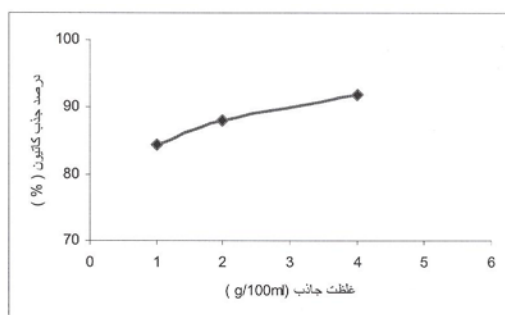
که در آن  $C_e$  غلظت تعادلی فلز در محلول (mg/l)،  $q_e$  میزان فلز جذب شده از محلول (mg/g) در حالت تعادل



نمودار ۴- منحنی تعادل جذب جیوه

## اثر مقدار جاذب

اثر مقدار جاذب بر مقدار جذب جیوه مورد بررسی قرار گرفته و نتایج در نمودار ۵ آورده شده است. با افزایش مقدار جاذب سطح مورد استفاده برای عمل جذب افزایش یافته و در نتیجه مقدار جیوه جذب شده افزایش می‌یابد.

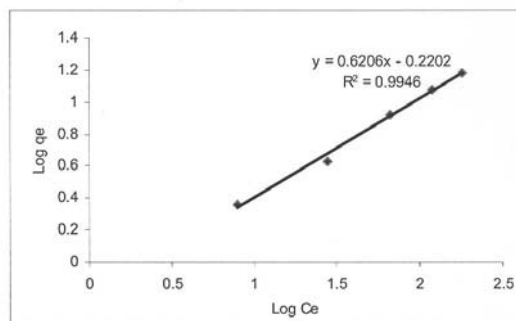


نمودار ۵- اثر مقدار جاذب بر میزان جذب جیوه

## اثر غلظت اولیه

با افزایش مقدار غلظت اولیه، نسبت کاتیون‌های موجود در محلول به جاذب افزایش و در نتیجه مقدار جذب کاهش می‌یابد که نتایج در نمودار ۶ آورده شده است.

می‌باشد که در نمودار ۳ آورده شده است. با توجه به شکل معادله ایزوترم فریندلیچ به صورت زیر می‌باشد که ضریب همبستگی آن ۰/۹۹ است.



نمودار ۳- منحنی ایزوترم فریندلیچ

$k_f$	n	Correlation constant
۰/۶	۱/۶۱	۰/۹۹

مقدار انرژی آزاد گیبس برای فرآیند جذب با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

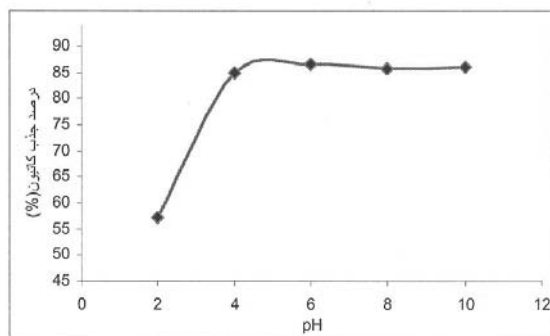
$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_f$$

که در آن R ثابت گازها، T دما و  $K_f$  ثابت تعادل

فرآیند جذب می‌باشد. مقدار  $\Delta G^\circ$  برابر با  $1274 \text{ J/mol}$  خواهد شد. مثبت بودن آن نشان می‌دهد که واکنش‌های جذب سطحی در تبدیل کردن فرآورده‌های واکنش‌دهنده به انرژی نیاز دارند (۱۸).

## - منحنی تعادل

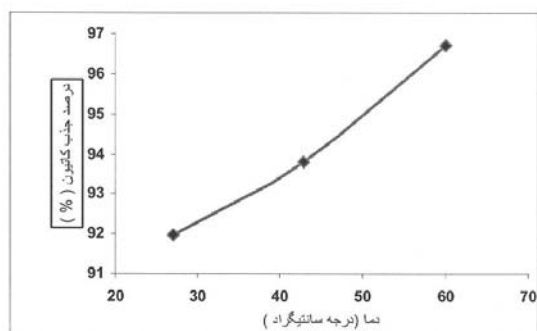
منحنی تعادل از رسم مقادیر  $q_e$  بر حسب  $C_e$  به دست می‌آید که این منحنی نشان‌دهنده مقدار کاتیون جذب شده بر روی جاذب در حال تعادل با کاتیون موجود در محلول می‌باشد. نتایج در نمودار ۴ آورده شده است.



نمودار ۸- اثر pH بر میزان درصد جذب جیوه

## اثر دما

نمودار ۹ نشان می‌دهد که با افزایش دما مقدار جذب افزایش می‌یابد. زیرا با افزایش دما، انرژی جنبشی ذرات جیوه موجود در محلول افزایش می‌یابد؛ در نتیجه مقدار برخوردها با جاذب افزایش می‌یافته و عمل جذب صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر عمل جذب یک فرآیند شیمیایی است.

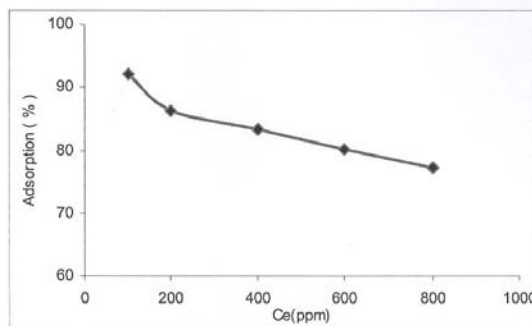


نمودار ۹- اثر دما بر میزان درصد جذب جیوه

## نتیجه‌گیری

از نتایج آزمایشگاهی نتیجه می‌شود که سبوس گندم قابلیت جذب جیوه را از محلول های آبی داشته و می‌تواند به عنوان یک جاذب ارزان قیمت مورد توجه قرار گیرد.

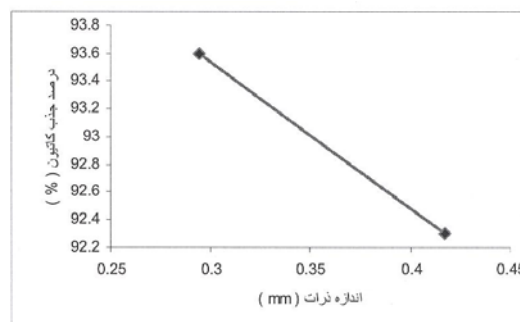
– افزایش غلظت اولیه کاتیون ها نیز جذب را کاهش می‌دهد، زیرا ظرفیت جذب در جاذب ها محدود بوده و آن ها قادر به جذب تعداد مشخصی از کاتیون ها می‌باشند. این طرح در مورد غلظت جاذب نیز صادق



نمودار ۶- اثر غلظت اولیه بر میزان درصد جذب جیوه

## اثر اندازه ذرات

در نمودار ۷ اثر اندازه ذرات بر درصد جذب جیوه نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش اندازه ذرات، مقدار درصد جذب کاهش می‌یابد. با افزایش اندازه ذرات سطح جاذب کاهش می‌یابد و کاتیون های کمتری جذب سبوس می‌گردد و نتیجه، جذب کاهش می‌یابد.



نمودار ۷- اثر اندازه ذرات جاذب بر میزان جذب

## اثر pH

با افزایش تا حدود ۴ درصد جذب کاتیون جیوه افزایش می‌یابد ولی بعد از آن مقدار جذب ثابت می‌ماند و تغییری در آن ایجاد نمی‌شود (نمودار ۸). بنابراین هر چه pH محلول های آبی زیادتر باشد میزان جاذب کمتری مورد نیاز است، به عبارت دیگر درصد جذب فلز از میزان بالاتری برخوردار می‌باشد.

5. Berglund F. Bertin M. Chemical fallout. Springfield: Thomas Publishers. 1969.
6. Krishnamoorthi CR. Vishwanathan P. Toxic metal in the Indian environment. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Co Ltd. 1991.
7. M. Stiller. M. Mantel. and M. S. Rapaport. J. Radioanal. Nucl. Chem. Art., 83. 345 (1984)
8. C. R. Lan. Y. C. Sun. J. H. Chao. C. Chung. M. H. Yang. N. Lavi. and Z. B. Alfassi. Radiochim. Acta. 50. 225 (1990).
9. A. J. Paulson Anal. Chem., 58. 183 (1986).
10. B. Sengupta and J. Das. Anal. Chem. Acta. 219. 339 (1989).
11. J. C. Yu. J. M. Lo. and C. M. Wai. Ibid., 154. 307 (1983).
12. S. Babel. T. A. Kurniawan. " Low-Cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated water: a review" Journal of Hazardous Materials B97 (2003) 219-243.
13. Cox M. El-Shafey El. Pichugin AA. Appleton Q. Removal of mercury (II) from aqueous solution on a carbonaceous sorbent prepared from flax shive. J Chem Technol Biotechnol 2000; 75:427-35.
14. Sreedhar MK. Madhukumar A. Anirudhan TS. Evaluation of an adsorbent prepared by treating coconut husk with polysulphide for the removal of mercury from

است و با کاهش غلظت جاذب، جذب کاهش می‌یابد .

– افزایش دما باعث می‌شود انرژی جنبشی ذرات جیوه موجود در محلول افزایش یابد. با افزایش انرژی جنبشی ذرات و حرکت بیشتر آن‌ها، احتمال برخورد به ذرات سبوس موجود در محیط افزایش می‌یابد، لذا با افزایش دما درصد جذب افزایش می‌یابد.

– با کوچک شدن اندازه ذرات جاذب، در واقع سطح جذب افزایش می‌یابد که این نیز باعث افزایش میزان جذب می‌شود.

– جذب فلز در pH های پایین ناچیز است و با افزایش pH ، میزان جذب افزایش می‌یابد.

#### منابع

1. Williams. C.J. Aderhold. D. and Edyvean. R.G.J. 1998. Comparison between biosorbents for the removal of metal ions from aqueous solutions. *Wat.Res.*, 1(32): 216-22
2. Sharpe. A.G. 1992. Inorganic chemistry. 3<sup>rd</sup> edition. Longman Scientific and Technical. London. PP. 646-650
3. Patterson. J.W. 1985. *Industrial wastewater treatment technology*. 2<sup>nd</sup> edition. Butterworth. London. PP.203- 213.
4. Goldman. L.R. and Shannon. M.W. 2001. Technical report: Mercury in the environment: Implications for pediatricians. *American Academy of pediatrics.* Re- 109907:197- 205.

17. P. Brown. I. A. Jefcoat. " Evaluation of the adsorptive capacity of peanut hull pellets for heavy metals in solution ". Advances in Environmental Research 4 (2000) 19-29
18. Curses. A.Bayrakceken. " Adsorption of CTAB a lignite-aqueous solution interface ". Fuel process 45 (1995) 75-84 .
15. A.A.M.Daifullah. B.S.Gigis. H.M.HGad. "Utilization of argo-residues (rice husk) in small wastewater treatment plans". Materials letters 57 (2003) 1723-1731.
16. S. Ahmad and I. H.Qureshi. Ibid.. 130(2). 347 (1989).