



## اثر دما بر جذب سطحی فسفر بر روی پوسته‌ی چوبی اصلاح شده بادام

بنفشه فرجی<sup>۱\*</sup>، محبوبه ضرابی<sup>۲</sup> و زهرا کلاه‌چی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

۲- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

[banafsheh.faraji1990@gmail.com](mailto:banafsheh.faraji1990@gmail.com)

### چکیده

تخلیه فسفر به محیط‌های آبی به وسیله فعالیت‌های مختلف انسانی مانند رواناب کشاورزی، فضولات حیوانی، فاضلاب صنعت و مواد شوینده، باعث کاهش کیفیت آب می‌شود. با توجه به این، کارایی پوسته چوبی اصلاح شده بادام برای حذف فسفر در دماهای مختلف در غلظت جاذب، زمان و pH شرایط بهینه بررسی شد. حداکثر حذف فسفر (۷۲٪) در  $pH=6$  با استفاده از غلظت جاذب ۸ گرم بر لیتر در زمان ۸۰ دقیقه و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. هم‌دمای جذب فسفر به خوبی توسط مدل غیر خطی فروندلیچ توصیف شد ( $R^2=1$ ). افزایش دما مقادیر  $n$  و  $k_f$  را افزایش داد. مقدار  $n$  و  $k_f$  در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۲/۲۴ و ۱/۹۱ میلی‌گرم بر گرم بود. حداکثر ظرفیت جذب برای فسفر ۱۴/۷۱ میلی‌گرم بر گرم به دست آمد. نتایج نشان می‌دهد که پوسته چوبی اصلاح شده بادام می‌تواند به عنوان جاذب فسفر در محلول آبی استفاده شود. واژه‌های کلیدی: فسفر، جذب، ضایعات کشاورزی، هم‌دما

### مقدمه

فسفر یکی از عناصری است که برای رشد گیاه ضروری است (Havlin et al., 2005). استفاده از منابع فسفات در بخش کشاورزی و همچنین در ترکیب مواد شوینده از جمله راه‌های انتشار فسفر به محیط زیست و اکوسیستم‌های آبی می‌باشد (Rout et al., 2014). فسفر برای رشد و زندگی آبریان و گیاهان ضروری است، با این حال غلظت بالای فسفر در آب منجر به رشد جلبک‌ها و بروز پدیده اتروفیکاسیون می‌شود (Hussain et al., 2011). با توجه به رشد صنایع و توسعه فعالیت‌ها، مقادیر قابل توجهی پساب‌های حاوی فسفر با غلظت بالا در آب‌ها تخلیه می‌شوند. در نتیجه، حذف فسفر از پساب‌های صنعتی قبل از تخلیه به محیط زیست به منظور جلوگیری از آلودگی آب‌ها ضروری است (Anirudhan et al., 2006). از جمله پسماندهای محصولات کشاورزی که برای حذف فسفر از محلول‌های آبی استفاده شده‌اند می‌توان به موادی مانند تفاله نیشکر و پوست درخت کاج (Orlando et al., 2003)، پوست بادام زمینی (Gong et al., 2005)، تفاله سیب (Robinson et al., 2002)، خاک اره (Ajmal et al., 1998)، پوست پرتقال و مغز موز (Namasivayam et al., 1996)، پوست نارگیل (Manju et al., 1998)، و ساقه کتان (Xu et al., 2011) اشاره نمود. پسماندهای کشاورزی طبیعی (اصلاح نشده) در مطالعات انجام شده توسط (Benyoucef and Amrani (2011b)، Eberhardt and Min (2008)، و Krishnan and Haridas (2008) و Ismail (2012)، ظرفیت جذب بسیار ضعیفی برای فسفر نشان دادند. مطابق با نظریه (Eberhardt and Min (2008)، پسماندهای کشاورزی طبیعی (اصلاح نشده) به دلیل حضور گروه‌های عاملی در زیست توده، به طور مؤثری می‌تواند یون‌های فلزی را حذف کند. در مقابل، برای حذف مقدار قابل توجهی از فسفر نیاز به انجام تغییرات شیمیایی در پسماندهای کشاورزی خام است، تغییر شیمیایی که قابلیت جذب فسفر را افزایش دهد. (Eberhardt and Min (2008) با توجه به عملکرد پسماندهای کشاورزی به عنوان جاذب، دریافتند که اصلاح، راندمان حذف فسفر را به مقدار زیادی افزایش می‌دهد. (Anirudhan et al (2006) گزارش نمودند که در مقدار جاذب یکسان، درصد حذف یون فسفات از ساقه موز اصلاح شده بیش‌تر از ساقه موز اصلاح نشده است. حداکثر درصد جذب یون فسفات بیش از ۹۹٪ بود و در  $pH=6$  و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، با استفاده از مقدار ۲ گرم بر لیتر از جاذب به مدت ۱۲۰ دقیقه صورت گرفت. (Anirudhan et al (2006) براساس نتایج دفع و اثر  $pH$  پیشنهاد کردند که تبادل یونی و جذب شیمیایی می‌تواند برای حذف یون فسفات توسط ساقه موز اصلاح شده استفاده شود. (Mor et al (2016) نشان دادند که تیمار شیمیایی خاکستر پوسته برنج، ظرفیت جذب یون فسفات را

افزایش می‌دهد و حداکثر درصد حذف یون فسفات (بالای ۰/۸۹) در  $pH = 4$  و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، با استفاده از مقدار ۲ گرم بر لیتر جاذب به مدت ۱۲۰ دقیقه رخ می‌دهد. Liu and Zhang (2015) ایزوترم جذب فسفات را با استفاده از کیتوزان اصلاح شده در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و  $pH=4$  مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه، معادله لانگمویر بهترین برازش را به داده‌های تجربی داشت ( $R^2=1$ ) و حداکثر ظرفیت جذب محاسبه شده توسط این تابع  $60/60$  میلی‌گرم بر گرم بود. در طی مطالعه‌ای که de Lima et al (2012) روی ایزوترم جذب فسفات توسط الیاف پوست اصلاح شده نارگیل داشتند، گزارش نمودند که، مدل لانگمویر یک مدل دقیق برای پیش بینی حداکثر ظرفیت جذب است. این تحقیق به منظور مطالعه پتانسیل جذب فسفر توسط پوسته‌ی چوبی اصلاح شده بادام از محلول آبی، ارزیابی عواملی مثل  $pH$ ، مقدار جاذب و زمان بر روی جاذب، و بررسی همدمای جذب فسفر در دماهای مختلف صورت گرفته است.

## مواد و روش‌ها

جهت انجام تحقیق ابتدا پوسته چوبی اصلاح شده بادام از حومه شهر نهاوند جمع آوری شد. پس از شستشو با آب شهر و آب مقطر به منظور زدودن گرد و خاک و مواد اضافی، در آن در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد و سپس آسیاب شد و از الک  $0/25$  میلی‌متر عبور داده شد. سطح پوست چوبی بادام توسط روش Cao et al (2011) با استفاده از اپی کلروهیدرین، تری متیل آمین ۳۳٪ و هیدروکسید سدیم ۱۰٪ جهت ایجاد بار مثبت در سطح اصلاح شد. به منظور مطالعه اثر دما در همدمای جذب سطحی فسفر توسط پوسته چوبی اصلاح شده بادام (جاذب)، ابتدا  $pH$  بهینه، زمان تماس بهینه و غلظت بهینه جاذب به دست آمد. سپس مطالعه همدمای جذب سطحی فسفر در شرایط بهینه در دماهای ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد.

برای به دست آوردن غلظت بهینه جاذب، مقدار فسفر جذب شده در غلظت‌های ۱ تا ۸ گرم بر لیتر جاذب و برای به دست آوردن  $pH$  بهینه جذب، مقدار فسفر جذب شده در  $pH$ های ۴ تا ۸ در غلظت بهینه جاذب به دست آمده از مرحله قبل، بررسی شد. هر دو آزمایش در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان تعادل ۲۴ ساعت انجام شد. به منظور به دست آوردن زمان تماس بهینه برای جذب فسفر، مقدار فسفر جذب شده در غلظت بهینه جاذب و  $pH$  بهینه به دست آمده از مراحل قبل، در زمان‌های مختلف (۱۴۰-۵ دقیقه)، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بررسی شد. مطالعات بهینه سازی با استفاده از محلول ۱۰۰ پی پی ام فسفر انجام شد. در تمام موارد سرعت شیک نمونه‌ها ۲۰۰ دور در دقیقه بود.

مطالعات همدمای جذب فسفر توسط پوسته چوبی اصلاح شده بادام در دماهای ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به منظور بررسی اثر دما در جذب فسفر توسط جاذب در شرایط بهینه به دست آمده، انجام شد. غلظت فسفر نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۸۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Murphy and Riley, 1962). جهت توصیف نتایج به دست آمده از مطالعات همدمای جذب فسفر، از مدل‌های فروندلیچ (Mor et al., 2016) و لانگمویر (Langmuir, 1916) استفاده شد. مدل فروندلیچ:

$$\log q_e = \log k_f + \frac{1}{n} \log c_e \quad (1)$$

مدل لانگمویر:

$$\frac{c_e}{q_e} = \frac{1}{q_{max}k_l} + \frac{1}{q_{max}} c_e \quad (2)$$

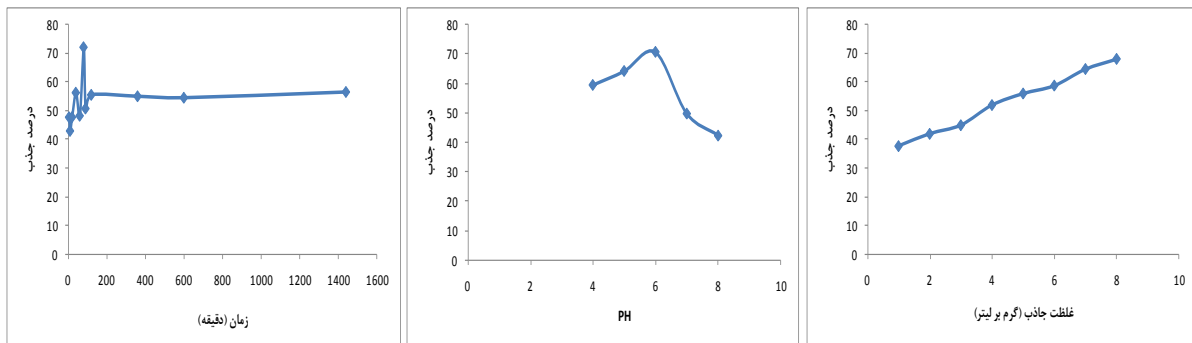
در این مدل‌ها  $q_e$  مقدار ماده جذب شده در واحد وزن جاذب ( $mg/g$ )،  $c_e$  غلظت تعادلی جذب شونده ( $mg/l$ )،  $q_{max}$  حداکثر ظرفیت جذب ( $mg/g$ )،  $k_l$  ثابت لانگمویر ( $l/mg$ )،  $k_f$  ثابت فروندلیچ وابسته به ماهیت جاذب و جذب شونده و  $n$  نشان دهنده ظرفیت جذب و شدت جذب می‌باشند.

## نتایج و بحث

در بررسی غلظت بهینه جاذب، حداکثر جذب در غلظت ۸ گرم بر لیتر مشاهده شد (شکل ۱). غلظت جاذب بالا، درصد جذب فسفر را از طریق فراهم کردن سایت‌های آزاد بیشتر که منجر به افزایش سطح ویژه جاذب می‌شود، افزایش می‌دهد. با

این حال، افزایش بیشتر در غلظت جاذب ممکن است به تجمع جاذب، در نتیجه کاهش مکان‌های جذب در دسترس، منجر شود. در مطالعه انجام شده توسط Xu et al (2010) روی بقایای گندم، غلظت بهینه جاذب ۲ گرم بر لیتر به دست آمد. حداکثر جذب فسفر در  $pH = 6$  به دست آمد (شکل ۲) و با افزایش  $pH$  محلول، میزان جذب کاهش یافت، که احتمالاً به دلیل بالاتر بودن غلظت یون‌های هیدروکسیل در مخلوط واکنش است که با یون‌های فسفات برای مکان‌های جذب در رقابت هستند (Rathod et al., 2014). Xiong et al (2008) حداکثر جذب فسفر با استفاده از سرباره فولاد را در  $pH = 5/5$  گزارش کردند و بیان نمودند که، جذب پایین یون فسفات در  $pH$  بالاتر ممکن است به دلیل افزایش دافعه بین یون فسفات با بار منفی و سطح با بار منفی باشد. درجه یونیزاسیون، گونه‌زایی و بار سطح جاذب عمدتاً توسط  $pH$  محلول تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Liu et al., 2013).

تأثیر زمان تماس در جذب فسفر توسط پوسته چوبی اصلاح شده بادام در شکل ۳ نشان داده شده است. بیش‌ترین جذب فسفر (۷۲٪) در زمان ۸۰ دقیقه مشاهده شد. در زمان‌های بالاتر میزان جذب تقریباً ثابت است. در مطالعاتی که توسط Mor et al (2016) و Anirudhan et al (2006)، به ترتیب، روی خاکستر پوسته برنج و ساقه موز صورت گرفت، حداکثر جذب فسفر در زمان ۱۲۰ دقیقه به دست آمد.

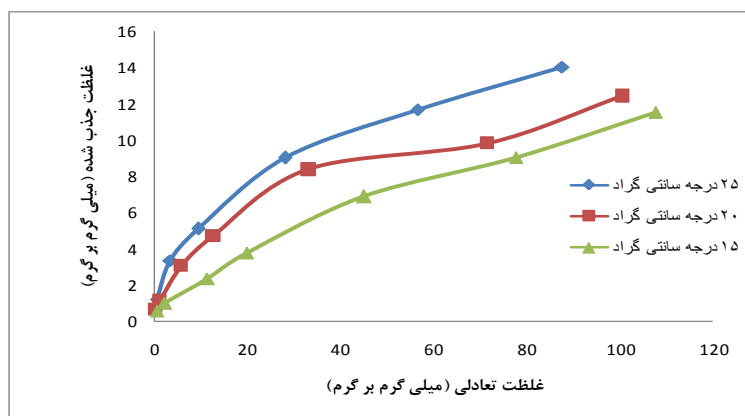


شکل ۳- اثر زمان بر جذب فسفر

شکل ۲- اثر  $pH$  بر جذب فسفر

شکل ۱- اثر غلظت جاذب بر جذب فسفر

شکل ۴ هم‌دمای جذب فسفر در شرایط بهینه، در دماهای مختلف را نشان می‌دهد. با افزایش غلظت فسفر در محلول، جذب فسفر افزایش می‌یابد. افزایش غلظت به دلیل افزایش در نیرو محرکه شیب غلظت، انتشار فسفر از محلول بر روی جاذب را تسریع می‌کند. نتایج نشان می‌دهند با افزایش دما از ۱۵ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد مقدار جذب فسفر نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۴- هم‌دمای جذب فسفر در دماهای مختلف با استفاده از پوسته‌ی چوبی بادام اصلاح شده در شرایط بهینه (غلظت جاذب ۸ میلی‌گرم بر گرم،  $pH = 6$ ، زمان ۸۰ دقیقه).

در جدول ۱ پارامترهای مدل‌های توصیف کننده جذب فسفر آورده شده است. در بین معادلات، براساس مقدار ضریب همبستگی ( $R^2$ ) به دست آمده، مدل فروندلیچ با بالاترین ضریب همبستگی بهترین توصیف کننده جذب فسفر توسط پوسته‌ی

چوبی اصلاح شده بادام می‌باشد و نشان می‌دهد که با افزایش قسمتی از پوشش سطحی، انرژی جذب سطحی به صورت لگاریتمی کاهش می‌یابد و این ناشی از ناهمگنی سطح است. مقدار  $n$  و  $k_f$  در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب، ۲/۲۴ و ۱/۹۱ میلی‌گرم بر گرم بود. مقدار  $n$  و  $k_f$  با افزایش دما افزایش یافتند. با افزایش دما تمایل جذب شونده به جذب بیشتر شده است یعنی تمایل یون فسفات برای جذب، افزایش یافته است. در بررسی ایزوترم جذب فسفات به وسیله کیتوزان اصلاح شده، توسط Liu and Zhang (2015)، مقدار  $n$  و  $k_f$  به دست آمده به ترتیب ۵/۶۰۷ و ۳۵/۷۲ بود.

جدول ۱- پارامترهای مدل‌های هم‌دمای توصیف‌کننده جذب فسفر در دماهای مختلف

مدل‌ها	پارامترها	۱۵°C	۲۰°C	۲۵°C
فروندلیچ	$k_f$	۰/۷۰	۱/۳	۱/۹۱
	$n$	۱/۷۲	۲/۰۴	۲/۲۴
	$R^2$	۰/۹۹	۰/۹۹	۱/۰۰
لانگمویر	$Q_{max}$	۱۴/۴۹	۱۳/۱۶	۱۴/۷۱
	$K_1$	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۱
	$R^2$	۰/۸۵	۰/۹۵	۰/۹۶

حداکثر ظرفیت جذب فسفر ( $Q_{max}$ ) به دست آمده از مدل لانگمویر در دماهای ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب، ۱۴/۴۹، ۱۳/۱۶ و ۱۴/۷۱ میلی‌گرم بر گرم به دست آمد. با افزایش دما از ۱۵ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد میزان جذب ۲۱/۵٪ افزایش یافت (شکل ۴). با افزایش دما، ثابت لانگمویر ( $K_1$ ) نیز افزایش یافت. حداکثر ظرفیت جذب فسفر به دست آمده از این تحقیق، با نتایج گزارش شده در مطالعات دیگر با جاذب‌های مختلف در جدول ۲ مقایسه شده است.

جدول ۲- مقایسه ظرفیت جذب یون فسفات و یا فسفر در جاذب‌های مختلف

منبع	جذب شونده	$Q_{max}(mg/g)$	جاذب
Wahab et al (2011)	فسفر	۳/۰۳	فیبرهای علف دریایی
Eberhardt et al (2006)	یون فسفات	۴/۳	الیاف چوب صوبر
Laszlo (1996)	یون فسفات	۲۲/۹۹	گندم
Sud et al (2008)	یون فسفات	۸/۴۳	کاه گندم
Liu and Zhang (2015)	یون فسفات	۶۱/۹۲	کیتوزان
De Lima et al (2012)	یون فسفات	۲۰۰	پوست نارگیل
این مطالعه	فسفر	۱۴/۷۱	پوسته چوبی اصلاح شده بادام

نتایج نشان داد، که بیشترین جذب فسفر توسط پوسته چوبی اصلاح شده بادام، در  $pH=6$  با استفاده از غلظت ۸ گرم بر لیتر جاذب در زمان ۸۰ دقیقه و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد. افزایش دما میزان جذب فسفر را توسط پوسته چوبی اصلاح شده بادام افزایش می‌دهد. معادله فروندلیچ بهترین توصیف را از داده‌های جذب داشت ( $R^2=1$ ) و حداکثر ظرفیت جذب ۱۴/۷۱ میلی‌گرم بر گرم به دست آمد. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که پوسته چوبی اصلاح شده بادام، جاذب مناسبی برای حذف فسفر از محلول‌های آبی می‌باشد.

#### منابع

- Ajmal, M., Khan, A. H., Ahmad, S., and Ahmad, A. 1998. Role of sawdust in the removal of copper (II) from industrial wastes. *Water Research*, 32(10): 3085-3091.
- Anirudhan, T. S., Noeline, B. F., and Manohar, D. M. 2006. Phosphate removal from wastewater using a weak anion exchanger prepared from a lignocellulosic. *Environmental Science and Technology*. 40: 2740-2745.



- Benyousef, S. and Amrani, M. 2011b. Re- moval of phosphorus from aqueous solutions using chemically modified sawdust of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Miller): Kinetics and isotherm studies. *Environmentalist*, 31(3): 200-207.
- Cao, W., Dang, Z., Zhou, X.Q., Yi, X.Y., Wu, P. X., Zhu, N.W., and Lu, G. N. 2011. Removal of sulphate from aqueous solution using modified rice straw. *Carbohydrate Polymers*, 85: 571-577.
- de Lima, A. C. A., Nascimento, R. F., de Sousa, F. F., Filho, J. M. and Oliveira, A.C. 2012. Modified coconut shell fibers: A green and economical sorbent for the removal anions from aqueous solutions. *Chemical Engineering*, 185: 274-284.
- Eberhardt, T. L. and Min, S. 2008. Biosorbents prepared from wood particles treated with anionic polymer and iron salt: Effect of particle size on phosphate adsorption. *Bioresource Technology*, 99: 626-630.
- Eberhardt, T. L., Min, S. H., & Han, J. S. 2006. Phosphate removal by refined aspen wood fiber treated with carboxymethyl cellulose and ferrous chloride. *Bioresource technology*, 97(18): 2371-2376.
- Gong, R., Ding, Y., Li, M., Yang, C., Liu, H., and Sun, Y. 2005. Utilization of powdered peanut hull as biosorbent for removal of anionic dyes from aqueous solution. *Dyes and Pigments*, 64(3): 187-192.
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., and Nelson, W. L. 2005. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management (Vol. 515). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Hussain, S., Aziz, H. A., Isa, M. H., Ahmad, A., Van Leeuwen, J., Zou, L., and Umar, M. 2011. Orthophosphate removal from domestic wastewater using limestone and granular activated carbon. *Desalination*, 271(1): 265-272.
- Inyang, M., Gao, B., Yao, Y., Xue, Y., Zimmerman, A. R., Pullammanappallil, P., and Cao, X. 2012. Removal of heavy metals from aqueous solution by biochars derived from anaerobically digested biomass. *Bioresource technology*, 110: 50-56.
- Ismail, Z. 2012. Kinetic study for phosphate removal from water by recycled date-palm wastes as agricultural by-products. *International Journal of Environmental Studies*, 69(1): 135-149.
- Krishnan, K. A., and Haridas, A. 2008. Removal of phosphate from aqueous solutions and sewage using natural and surface modified coir pith. *Journal of Hazardous Materials*, 152(2): 527-535.
- Langmuir, I. 1916. The constitution and fundamental properties of solids and liquids. *Journal of the American Chemical Society*, 38: 2221-2295.
- Laszlo, J. A. 1996. Preparing an ion exchange resin from sugarcane bagasse to remove reactive dye from wastewater. *Textile Chemist & Colorist*, 28(5): 13-17.
- Liu, J., Su, Y., Li, Q., Yue, Q., and Gao, B. 2013. Preparation of wheat straw based superabsorbent resins and their applications as adsorbents for ammonium and phosphate removal. *Bioresource technology*, 143: 32-39.
- Liu, X., and Zhang, L. 2015. Removal of phosphate anions using the modified chitosan beads: adsorption kinetic, isotherm and mechanism studies. *Powder Technology*, 277: 112-119.
- Manju, G. N., Raji, C., and Anirudhan, T. S. 1998. Evaluation of coconut husk carbon for the removal of arsenic from water. *Water Research*, 32(10): 3062-3070.
- Mor, S., Chhoden, K., Ravindra, K. 2016. Application of agro-waste rice husk ash for the removal of phosphate from the wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 129: 673-680.
- Murphy, J. A. M. E. S., & Riley, J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica chimica acta*, 27: 31-36.
- Namasivayam, C., Muniasamy, N., Gayatri, K., Rani, M., and Ranganathan, K. 1996. Removal of dyes from aqueous solutions by cellulosic waste orange peel. *Bioresource Technology*, 57(1): 37-43.
- Orlando, U. S., Okuda, T., Baes, A. U., Nishijima, W., and Okada, M. 2003. Chemical properties of anion-exchangers prepared from waste natural materials. *Reactive and Functional Polymers*, 55(3): 311-318.
- Rathod, M., Mody, K., & Basha, S. 2014. Efficient removal of phosphate from aqueous solutions by red seaweed, *Kappaphycus alvarezii*. *Journal of Cleaner Production*, 84: 484-493.
- Robinson, T., Chandran, B., and Nigam, P. 2002. Removal of dyes from a synthetic textile dye effluent by biosorption on apple pomace and wheat straw. *Water research*, 36(11): 2824-2830.
- Rout, P. R., Bhunia, P., and Dash, R. R. 2014. Modeling isotherms, kinetics and understanding the mechanism of phosphate adsorption onto a solid waste: ground burnt patties. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2(3): 1331-1342.
- Sud, D., Mahajan, G., & Kaur, M. P. 2008. Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions from aqueous solutions—A review. *Bioresource technology*, 99(14): 6017-6027.
- Wahab, M. A., Hassine, R. B., & Jellali, S. 2011. Removal of phosphorus from aqueous solution by *Posidonia oceanica* fibers using continuous stirring tank reactor. *Journal of hazardous materials*, 189(1): 577-585.
- Xiong, J., He, Z., Mahmood, Q., Liu, D., Yang, X., Islam, E. 2008. Phosphate removal from solutions onto modified wheat residue: Characteristics, kinetic and column studies. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 70(1): 46-52.



- Xu, X., Gao, B. Y., Yue, Q. Y., Zhong, Q. Q., & Zhan, X. 2010. Preparation, characterization of wheat residue based anion exchangers and its utilization for the phosphate removal from aqueous solution. *Carbohydrate Polymers*, 82(4): 1212-1218.
- Xu, X., Gao, Y., Gao, B., Tan, X., Zhao, Y. Q., Yue, Q., and Wang, Y. 2011. Characteristics of diethylenetriamine-crosslinked cotton stalk, wheat stalk and their biosorption capacities for phosphate. *Journal of hazardous materials*, 192(3): 1690-1696.

### Effect of temperature on phosphorus sorption on modified almond wood shell

Banafsheh Faraji\*, Mahboubeh Zarrabi, Zahra Kolahchi

Email: [banafsheh.faraji1990@gmail.com](mailto:banafsheh.faraji1990@gmail.com)

#### Abstract

Phosphorus (P) discharged into the aquatic environment by various human activities such as agriculture runoff, animal waste, industrial waste and detergents, resulting in deterioration of water quality. Therefore, effectively remove phosphorus from wastewater is essential. Due to this, the efficiency of modified almond wood shell (MAWS) to remove P in different temperatures in optimum dose, time and pH conditions was investigated. Maximum phosphorus removal (72%) was achieved at PH 6 using 8 g/L dose in 80 min of contact time at 25°C. The P<sup>-</sup> adsorption isotherm was well described with the nonlinear Freundlich model ( $R^2= 1$ ). Increasing the temperature increased n and  $k_f$  values. The n and  $k_f$  values at 25°C were 2.24 and 1.91 mg g<sup>-1</sup>, respectively. Maximum sorption capacity of 14.71 mg g<sup>-1</sup> was achieved for P. The results showed that MAWS can be used as P sorbent in aqueous solution.

**Keywords:** Phosphorous, adsorption, agricultural waste, isotherm