



سال سوم، شماره ۱۰  
بهار ۱۳۹۱، صفحات ۳۸-۳۳

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر  
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

## مطالعه فرایند جذب سطحی یون‌های روی از محلول‌های آبی توسط پودر پوسته بادام\*

شیما پرویزی خسروشاهی

گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، اهر، ایران

*Shimaparvizi@yahoo.com*

پروین غربانی

گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، اهر، ایران

*p-gharbani@iaua-ahar.ac.ir*

علی مهریزاد

گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، اهر، ایران

*mehrizad@iauasrb.ac.ir*

### چکیده

هدف اصلی این تحقیق حذف یون‌های  $Zn^{2+}$  از محلول‌های آبی با استفاده از پودر پوسته بادام می‌باشد. پارامترهای مختلف مانند: pH محلول، غلظت پودر پوسته بادام و  $Zn^{2+}$ ، زمان تماس، قدرت یونی و دما جهت تعیین اثر این پارامترها روی ظرفیت جذب  $Zn^{2+}$  از آب مورد بررسی قرار گرفتند. مطالعات سینتیکی و ایزوترم‌های تعادلی نیز مورد تحقیق قرار گرفتند. در حدود ۹۰٪ از یون‌های  $Zn^{2+}$  در pH=۵، بعد از مدت زمان تماس ۵۰ دقیقه و در دمای اتاق (۲۵°C) از محلول‌های آبی حذف شد. نتایج نشان داد که کارایی حذف  $Zn^{2+}$  با افزایش Zn غلظت  $Zn^{2+}$  و قدرت یونی محلول کاهش می‌یابد و با افزایش غلظت پودر پوسته بادام افزایش می‌یابد. ایزوترم تعادلی هم به خوبی با مدل فروندلیچ توصیف شد. معادلات سینتیکی نیز نشان داد که جذب  $Zn^{2+}$  روی پودر پوسته بادام از سینتیک شبه مرتبه دوم تبعیت می‌کند.

**کلید واژه‌ها:** روی، پودر پوسته بادام، سینتیک.

\* این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد می‌باشد.

## مقدمه

پوست گیاهان، خاک اره، ساقه ذرت، کاه و خاکستر ... برای حذف فلزات روی آورده است [۳]. در این پژوهش در نظر است به منظور حذف روی از محلول‌های آبی از جاذب ارزان قیمت و غیر سمی پوسته بادام استفاده شده و اثر پارامترهای مختلفی مثل pH، غلظت آلاینده، مقدار دز جاذب و دما روی میزان حذف آن مورد بررسی قرار گیرد.

## روش انجام آزمایش

در ابتدا برای انجام آزمایش، محلول  $Zn^{2+}$  از ۱۰۰۰ ppm تهیه شد، برای تعیین میزان بهینه جاذب مقادیر ۱۰۰-۲۰۰-۳۰۰-۴۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم از ماده جاذب (پودر پوسته بادام) به محلول‌ها اضافه شد و مقدار درصد کاتیون جذب شده بر حسب مقدار ماده جاذب محلول‌ها رسم شد. سپس برای تعیین pH مناسب با تغییر pH محلول به pH های ۲ و ۴ و ۵ و ۶ و ۸ و ۱۰ و ۱۲، pH مناسب انتخاب و مشخص گردید. در ادامه در غلظت‌های مختلف (۲ و ۴ و ۶ و ۸ و ۱۰) از ماده، مقدار بهینه برای غلظت به دست آمد. در پایان با در دست داشتن بهترین شرایط برای حذف به بررسی مدل‌های سینتیکی پرداخته شد.

## تعیین مدت زمان تماس بر روی جذب سطحی

در تعیین زمان بهینه تماس، ۲۵۰ ml محلول ۱۰ ppm  $Zn^{2+}$  تهیه شد و پس از افزایش ۰/۵ گرم پودر پوسته بادام، هم زدن محلول آغاز شد. در زمان‌های مختلف ۰-۱۰-۲۰-۴۰-۶۰-۸۰-۱۰۰-۱۲۰-۱۴۰ دقیقه از محلول ۵ میلی لیتر نمونه برداری کرده و بعد از صاف کردن آن‌ها مقدار کاتیون باقی مانده در آن‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی و توسط نمودار کالیبراسیون اندازه گیری شد. مقدار درصد کاتیون جذب شده بر حسب زمان هم زدن محلول‌ها رسم شد.

آب یکی از مایعات بسیار مهم و پرمصرف هر جامعه است که توجه زیاد به بهداشت و پاک بودن آن ضروری می‌باشد. امروزه پیشرفت جوامع و صنعتی شدن آن‌ها، منجر به تخلیه آلاینده‌های سمی مختلفی به داخل آب و رودخانه‌ها شده است. فلزات سنگین شامل قسمت اعظمی از مواد سمی هستند که توسط بسیاری از صنایع ایجاد می‌شوند و برای موجودات و زندگی آبریان خطرناک هستند. فلزات سنگین آزاد شده از صنایع مختلف مثل آبکاری، دباغی، رنگ کاری و تولید نیرو وارد آب‌ها می‌شوند که در این صورت، آب را برای نوشیدن غیر قابل شرب کرده و همچنین دارای مواد سمی بالایی برای موجودات زنده می‌باشد. بنابراین حذف این مواد از داخل آب بسیار ضروری است. دست کم ۲۰ نوع فلز وجود دارد که نمی‌توان آن‌ها را تجزیه و حذف کرد. فلزات سمی مهم شامل کادمیوم، روی، سرب، کروم، مس و نیکل هستند. در حال حاضر روش‌های متعددی برای حذف فلزات از محیط زیست بکار برده می‌شود. روش‌های فیزیکی-شیمیایی بسیاری برای حذف فلزات از فاضلاب پیشنهاد شده است که از جمله این روش‌ها می‌توان رسوب شیمیایی، تبادل یونی، اسمز معکوس، تجزیه الکتریکی و ... را نام برد. اما این روش‌ها گران قیمت بوده و برای رفع فلزات با غلظت بالا غیر کارا هستند [۱]. تحقیقات انجام شده روی تکنولوژی‌های جدید برای حذف فلزات سمی از فاضلاب‌ها، توجه به جذب فلزات را به خود معطوف ساخته است. روش جذب سطحی یکی از روش‌های موثر در حذف آن‌ها می‌باشد. از آنجایی که در روش‌های تصفیه هزینه عامل مهمی است، بنابراین تحقیقات بیشتر به استفاده از جاذب‌های سطحی کم‌هزینه و ارزان قیمت معطوف شده است [۲].

جذب فلزات سنگین روی کربن فعال شده، روش مناسبی برای حذف این مواد به خاطر سادگی روش در مقایسه با روش‌های دیگر است. اما استفاده از کربن فعال شده برای صنایع در مقیاس کوچک‌تر مقرون به صرفه نیست و مطالعات مربوط به استفاده از جاذب‌های ارزان قیمت از قبیل

جذب  $Zn^{2+}$  بر روی پودر پوسته بادام در زمان ۵۰ دقیقه به حالت تعادل رسیده است. بنابراین زمان بهینه تماس ۵۰ دقیقه خواهد بود و بقیه آزمایشات تا دقیقه ۵۰ مورد بررسی قرار گرفته است [۴].

### تأثیر میزان دز جاذب

در بررسی میزان تأثیر دز جاذب در جذب  $Zn^{2+}$  پنج محلول از ۱۰ ppm  $Zn^{2+}$  تهیه شد و به ترتیب به آن‌ها ۱۰۰-۲۰۰-۳۰۰-۴۰۰-۵۰۰ میلی گرم ماده جاذب اضافه شد و محلول‌ها به مدت ۵۰ دقیقه هم زده شدند. بعد از جدا کردن ماده جامد از محلول‌ها محتوی  $Zn^{2+}$  باقی‌مانده در آن‌ها با دستگاه اسپکتروفوتومتر جذب اتمی و توسط نمودار کالیبراسیون اندازه‌گیری شده و مقدار درصد کاتیون جذب شده بر حسب مقدار ماده جاذب محلول‌ها رسم شد. نتایج حاصل از بررسی جذب  $Zn^{2+}$  توسط پودر پوسته بادام در مقادیر مختلف از پودر پوسته بادام در نمودار (۱) به صورت درصد جذب بر حسب زمان آورده شده است.

در تمام مراحل آزمایش، پس از خواندن جذب نمونه‌ها با استفاده از نمودار کالیبراسیون غلظت روی با استفاده از رابطه (۱)، درصد جذب به دست می‌آید.

$$\text{رابطه (۱)} \quad \% \text{Adsorption} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100$$

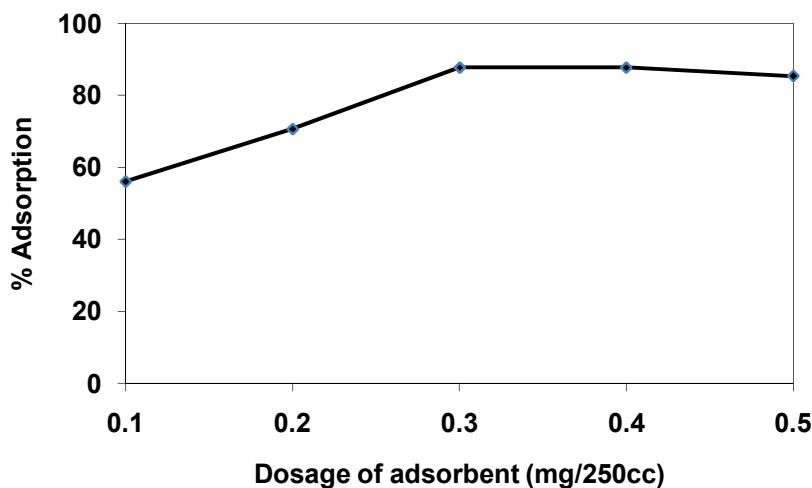
در رابطه فوق:

$C_0$ : غلظت اولیه  $Zn^{2+}$

$C_t$ : غلظت در لحظه t

$\% \text{Adsorption}$ : درصد جذب

در توصیف ماکروسکوپی فرآیند جذب و واجذب، دو کمیت مقدار جسم جذب شده و مساحت سطح جاذب مهم هستند. طبق مکانیسم جذب لانگمویر، هر جاذب در برابر یک جذب شونده مشخص، دارای تعداد معینی مکان جذب بوده و روی هر مکان جذب فقط یک مولکول جذب شونده، جذب شده و یک جذب تک لایه‌ای نام تحرک را به وجود می‌آورد. بنابراین پس از جذب یک لایه از جذب شونده روی جاذب، دیگر جذبی صورت نخواهد گرفت و فرآیند به حالت پایداری خواهد رسید. با توجه به نتایج به دست آمده



نمودار (۱): تأثیر مقدار دز پودر پوسته بادام بر میزان جذب  $Zn^{2+}$   
[ $Zn^{2+}$ ]= 10 mg/L; T=25°C; pH= 5

جذب سطحی  $Zn^{2+}$  بر روی پودر پوسته بادام از ۰/۱ تا ۰/۳ گرم بر لیتر به علت افزایش مقدار ذرات جاذب و در نتیجه افزایش سطح ویژه قابل دسترس خواهد بود که باعث افزایش

با توجه به منحنی به دست آمده در نمودار (۱) با افزایش میزان دز جاذب از ۰/۱ تا ۰/۳ گرم بر لیتر میزان جذب  $Zn^{2+}$  بر روی پودر پوسته بادام افزایش یافته است. میزان افزایش

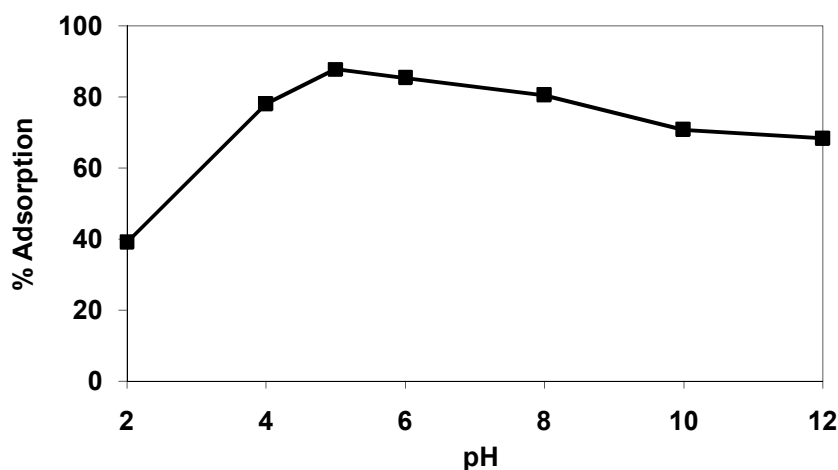
ماده جاذب به هر کدام اضافه شده و محلول‌ها به مدت ۵۰ دقیقه هم زده شدند. بعد از جدا کردن ماده جامد از محلول‌ها محتوی  $Zn^{2+}$  باقی‌مانده در آن‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی و توسط نمودار کالیبراسیون اندازه‌گیری شده و مقدار درصد کاتیون جذب شده بر حسب pH محلول‌ها رسم شد.

یکی دیگر از عواملی که بر روی فرآیند جذب سطحی موثر است، pH محلول می‌باشد [۶]. نتایج به دست آمده از آزمایشات تأثیر pH بر روی جذب  $Zn^{2+}$  بر روی پودر پوسته بادام در منحنی مربوطه در نمودار (۲) رسم شده است.

میزان جذب  $Zn^{2+}$  شده است. دلیل ثابت بودن مقدار جذب بعد از افزایش دز جاذب از ۰/۳ تا ۰/۵ گرم به دلیل نیروی دافعه الکترواستاتیکی بین یون‌های  $Zn^{2+}$  جذب شده و  $Zn^{2+}$  موجود در محلول است که امکان قرار گرفتن مقدار بیش‌تری از این یون بر روی پوسته بادام وجود نداشته و لذا درصد جذب سطحی تقریباً ثابت می‌ماند [۵].

### تأثیر pH

در این قسمت از تحقیق، هفت محلول ۱۰ ppm از  $Zn^{2+}$  تهیه شد و pH آن‌ها به ترتیب در ۲-۴-۵-۶-۸-۱۰ و ۱۲ توسط اسید سولفوریک و سود تنظیم گردید. سپس ۰/۵ گرم



نمودار (۲): تأثیر pH بر میزان جذب  $Zn^{2+}$  بر روی پودر پوسته بادام  
 $[Zn^{2+}] = 10 \text{ mg/L}$ ,  $[Almondshellpowder] = 500 \text{ mg/250cc}$ ,  $T = 20^\circ\text{C}$

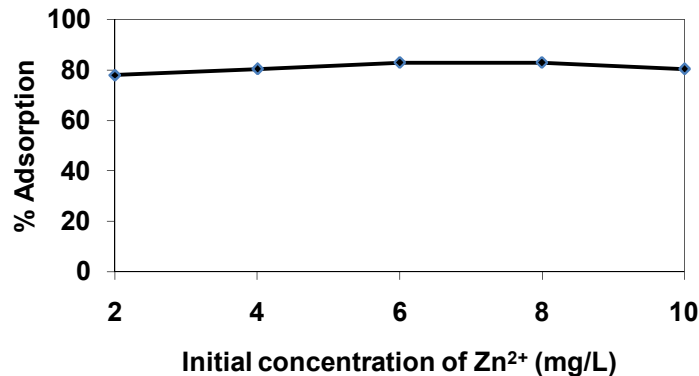
### بررسی نتایج تأثیر غلظت‌های مختلف در

#### فرآیند جذب $Zn^{2+}$ بر روی پودر پوسته بادام

در این قسمت، محلول‌های ۱۰-۸-۶-۴-۲ ppm از  $Zn^{2+}$  تهیه شده و ۰/۵ گرم ماده جاذب به هر کدام اضافه شد و محلول‌ها به مدت ۵۰ دقیقه هم زده شدند. بعد از جدا کردن ماده جامد از محلول‌ها، مقدار  $Zn^{2+}$  باقی‌مانده در آن‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی و توسط نمودار کالیبراسیون اندازه‌گیری شده و مقدار درصد کاتیون جذب شده بر حسب مقدار کاتیون روی اولیه محلول‌ها رسم شد.

با توجه به نمودار (۲) با افزایش pH محلول، رفته رفته میزان جذب افزایش می‌یابد تا اینکه در  $pH = 5$  به ماکزیمم مقدار خود می‌رسد و سپس میزان جذب با افزایش pH کاهش می‌یابد. دلیل کارایی کم میزان جذب در pH های پایین، در نتیجه وجود غلظت‌های بالای  $H^+$  در محلول است که با یون‌های  $Zn^{2+}$  برای جایگزینی در سایت‌های جذب موجود در روی پوسته بادام رقابت می‌کنند. با افزایش pH رفته رفته غلظت  $H^+$  کاهش یافته و منجر به افزایش جذب  $Zn^{2+}$  از محلول می‌شود. در pH های بالا نیز یون‌های  $Zn^{2+}$  داخل محلول با یون‌های  $OH^-$  رقابت کرده و میزان جذب  $Zn^{2+}$  کاهش می‌یابد [۷].

نتایج به دست آمده در رابطه با تأثیر غلظت اولیه روی در منحنی مربوطه در نمودار (۳) به صورت درصد جذب بر حسب غلظت نشان داده شده است.



نمودار (۳): تأثیر غلظت اولیه Zn<sup>2+</sup> بر میزان جذب آن بر روی پودر پوسته بادام [Almondshellpowder]= 500 mg/250cc, T=25°C, pH= 5

معادله هو و مکانیزم مرتبه شبه دوم، محاسبه کرد. در این قسمت سینتیک واکنش جذب Zn<sup>2+</sup> بر روی پودر پوسته بادام مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### معادله سینتیک شبه درجه اول

معادله شبه درجه اول با استفاده از رابطه (۳) به دست می‌آید [۸].

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - K_1 t \quad \text{رابطه (۳)}$$

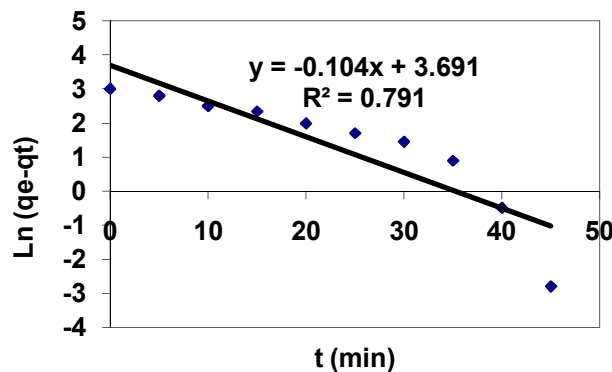
qe و qt مقدار جذب شونده بر حسب میلی‌گرم بر گرم در حال تعادل و در زمان t دقیقه است و K<sub>1</sub> ثابت سرعت جذب سطحی شبه درجه اول است. خطی شدن نمودار Ln (q<sub>e</sub>-q<sub>t</sub>) نسبت به t، دلیل برقراری مدل سینتیک شبه درجه اول است.

منحنی به دست آمده در نمودار (۳) نشان می‌دهد که افزایش غلظت Zn<sup>2+</sup> تأثیر چندانی بر روی میزان جذب Zn<sup>2+</sup> ندارد. به نظر می‌رسد از آنجایی که میزان جاذب ثابت بوده و این مقدار جاذب دارای سطوح جذب ثابتی است لذا افزایش غلظت Zn<sup>2+</sup> تأثیری در میزان جذب آن نخواهد داشت.

#### بررسی سینتیک واکنش در فرآیند جذب Zn<sup>2+</sup>

##### بر روی پودر پوسته بادام

یکی از مهم‌ترین عوامل برای طراحی سیستم جذب، پیش بینی سرعت فرآیند جذب می‌باشد که توسط سینتیک سیستم کنترل می‌شود. سینتیک جذب به خواص فیزیکی و شیمیایی ماده جاذب بستگی دارد که مکانیزم جذب را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به منظور بررسی مکانیزم جذب، ثابت‌های جذب را می‌توان با استفاده از معادله لاگر گرن، مکانیزم مرتبه شبه اول،



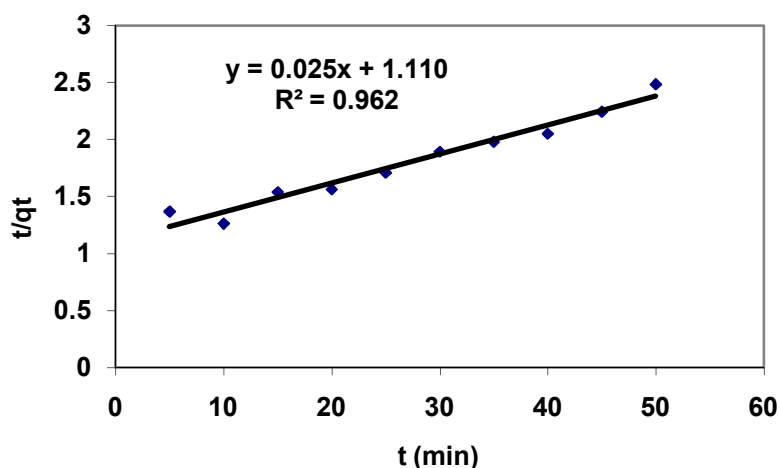
نمودار (۳): نمودار سینتیک شبه مرتبه اول جذب سطحی Zn<sup>2+</sup> بر روی پودر پوسته بادام

## معادله سینتیکی شبه درجه دوم

معادله شبه درجه دوم به صورت زیر بیان می‌شود:

$$t/q_t = 1/K_2 q_e^2 + t/q_e \quad \text{رابطه (۴)}$$

با جاگذاری مقادیر  $q_e$ ،  $q_t$  و  $t$  در معادله فوق و رسم نمودار  $t/q$  نسبت به  $t$ ، سینتیک شبه درجه دوم مورد مطالعه قرار گرفت.



نمودار (۴): نمودار سینتیک شبه مرتبه دوم جذب سطحی  $Zn^{2+}$  بر روی پودر پوسته بادام

[4]. Physical International union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), 1976, dDi Pure and Applied Chemistry, Vol, 46, pp. 71-90.

[5]. Gharbani, p., Khosravi, M., Tabatabaai, S.M., Zare, k., Dastmalchi, S., Mehrizad, A., 2010, Degradation of trace aqueous

[6]. Berger, F., Zhang, Y., William, T., 2003, *Factors Affecting Removal of Selenate in Agricultural Drainage Water Utilizing Rice Straw*, Sci. Total Environ., Vol. 305, pp. 207-216.

[7]. Qi, J. H., Wang, L. H., Yao, Z. Y., 2010, *Equilibrium, Kinetic and Thermodynamic Studies on the Biosorption of Ca (II) on to Chestnut Shell*, Journal of Hazardous Materials., Vol. 174, pp. 137-143.

[8]. Metcalf and Eddy, 2003, *Waste water Engineering, Treatment and Reuse*, Fourth Edition Mc-Graw Hill.

[9]. Hoigne, J., Bader, H., 1975, The role of hydroxyl radical reactions in ozonation process in aqueous solutions, Water Research, Vol. 10, pp. 377-386.

با توجه به مقادیر بالای ضریب همبستگی در نمودار سینتیکی شبه مرتبه دوم، بنابراین مرتبه سینتیکی واکنش جذب  $Zn^{2+}$  بر روی پودر پوسته بادام از مرتبه شبه درجه دوم می‌باشد.

## منابع

[۱]. موثقی، ش.، ۱۳۶۳، تصفیه آبهای آشامیدنی و صنعتی، شیراز:

پژوهش های علمی و صنعتی ایران، چاپ سیزدهم، ص ۱۸۷-۱۸۶.

[2]. Wasewar Kailas, L., 2010, *Adsorption of Metals onto Tea Factory Waste*, International Journal of Research and Review in Applied Science., Vol.3, pp. 303-322.

[3]. Sharma, N., Singh, J., 2008, *The 12<sup>th</sup> World Lake Conference*(2008), Panjab, Pakestan.