



ارائه شده توسط :

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

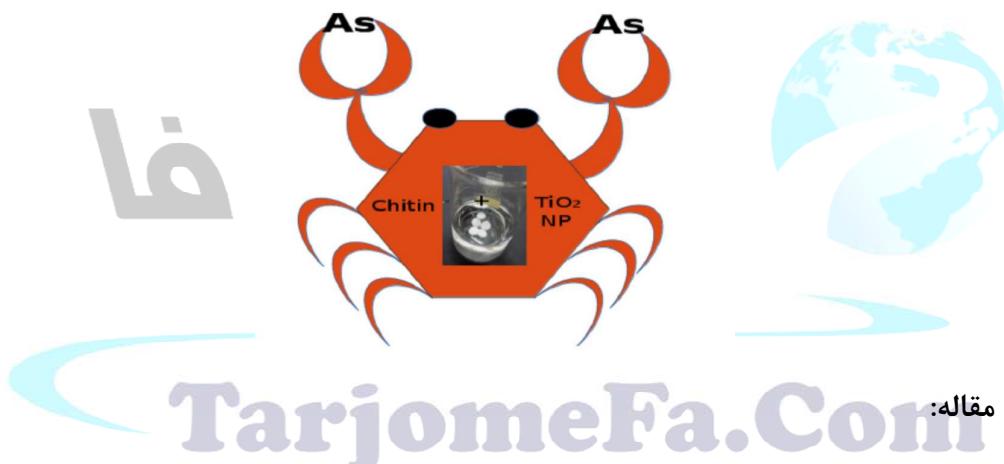
از نشریات معابر

هیدروژل چیتین تقویت شده با نانوذرات TiO_2 به عنوان یک جاذب آرسنیک

نکات مهم مقاله:

- ژل هیبرید چیتین بدون نیاز به اتصال دهنده عرضی بدست آمد.
- TiO_2 -ژلهای چیتین را تقویت کرده تا ثبات مکانیکی به آن ببخشد.
- ژلهای چیتین- TiO_2 ظرفیت جذب آرسنیک را در آبهای طبیعی نشان داد.
- اجزای انتخاب این ماده را یک ماده جاذب نویدبخش با هزینه پایین گردد اند.

چکیده گرافیکی:



چکیده مقاله:

در این مطالعه هیدروژلهای چیتین با نانوذرات TiO_2 که به عنوان پرکننده عمل می کنند تقویت شدند. مشخصات مکانیکی و فیزیکی شیمیابی این هیدروژلهای با رئولوژی نوسانگر، طیف سنجی مادون قرمز یا FTIR، میکروسکوپ الکترونی SEM و طیف سنجی با اشعه X با زاویه کوچک یا SAXS مطالعه گردید. جذب نشان داده که در pHهای پایین نقطه بار صفر TiO_2 (pH برابر با 6.9) بالاتر می باشد. تعادل در عرض 4 ساعت با پیروی از مدل جنبشی Elovich حاصل گردید. ارزیابی تعادل یک ماکریتم ظرفیت برابر با 3.1 mg/g را با تناسب بهتر برای مدل Langmuir نشان داده اتس. بعلاوه، پارامترهای همگنی/ناهمگنی در مدل‌های Sips ، Toth و Redlich-Peterson نزدیک به مقدار 1 بوده که نشان‌دهنده تعامل همگن ماده جاذب/جذب شده می باشد. یونهای آب طبیعی معمولی با As(V) برای مکانهای جذب رقابت کرده که سولفات‌های بالاترین تداخل را داشته

است. این تداخل همچنین در جذب (VAs) از نمونه های آب طبیعی مستندسازی شده است که در آن ظرفیت جذب بسته به ترکیب اனیونی نمونه متغیر است. استفاده مجدد از ژل هیبرید تا پنج چرخه جذب ارزیابی گردیده است.

كلمات کلیدی: چیتین، نانوذرات دی اکسید تیتانیوم، آرسنیک، حذف، مواد ترکیبی

1- مقدمه

حضور آرسنیک در آبهای طبیعی موضوع نگرانی در نواحی وسیعی از آرژانتین، شیلی، چین، هند، بنگلادش، و در میان سایر کشورها می باشد. آلدگی آب آرسنیک معمولاً به مناطق غیرشهری مربوط می باشد که در آن کاربرد سریع و آسان و پاسخ های با هزینه اندک مورد نیاز می باشد. با این هدف چندین تکنیک مطالعه شده است که از جمله کواگلاسیون-هم رسوبی، احیای فتوکاتالیتیکی، اکسیداسیون فتوکاتالیتیکی و جذب با استفاده از مواد مختلف می باشد.

در میان مواد جاذب، TiO_2 به شکلها و اندازه های گوناگون از نانوذرات گرفته تا ذرات طیف گرانولی میکرومتری مورد مطالعه قرار گرفته است. این ترکیب غیررسمی بوده و در داروسازی و صنایع آرایشی و زیست پزشکی به دلیل قابلیت سازگاری زیستی اش بکار می رود. ولی استفاده از این ماده به شکل پودری در محیطهای آبی نیاز به جداسازی دردسرسازی برای جلوگیری از نشست ذرات دارد. در این خصوص، ایجاد مواد هیبرید، راهبردی تازه را برای تقویت مکانیکی و ثبات شیمیایی ماده جاذب و جلوگیری از نشست ذره نشان داده است. نمونه های این هیبریدها عبارتند از غشاهای پلی اورتان-کراتین، لیگنین گرافت-چیتین، چیتوزان-سولفیدریل حامل اکسید گرافن، صمع سیلیکات-آلگینات-گرانتان و غیره.

در سالهای اخیر، هیبریدهای با پایه چیتین کاربرد خود را به عنوان مواد زیستی به یمن تکنیک های جدید دستکاری تقویت کرده اند که بر قابلیت حل پایین پلی ساکارید غلبه کرده اند. چیتین یک پلی ساکارید ارزان قیمت بوده که می تواند از میگو، پوست خرچنگ، قارچها و نیز سایر بی مهرگانی مانند اسفنج دریابی استخراج گردد. این ماده که در صنعت غذایی یک ماده زائد به شمار می آید، بیوپلیمر ارزان قیمتی است که نیز قابلیت سازگاری زیستی و قابلیت تجزیه زیستی دارد و غیررسمی است. هرچند در مقایسه با چیتوزان مشتق آن ارزان تر بوده و از لحاظ شیمیایی ثبات بیشتری دارد، مตوف علمی همچنان رویکردهای معده‌دی را صرف مواد هیدروژل

مشتق از چیتین خالص کرده اند. بیشتر این مطالعات از ماده اتصال دهنده عرضی احتمالاً غیررسمی به نام اپی کلروهیدرین برای بدست آوردن مواد تقویت شده نظیر چیتین/پلی(وینیل الکل) یا چیتین/نانولوله های رس استفاده کرده اند. سایر رویکردها ساختار نهایی ماده را یا با لیفولیزاسیون یا با تقویت بارهای بالای گرافن اکسید بدست آورده اند.

هدف این مطالعه ترکیب دو ماده کم هزینه غیررسمی و با قابلیت سازگاری زیستی برای کسب یک ماده جاذب ارسنیک با ثبات شیمیایی و مکانیکی بوده است. در این مقاله، یک هیدروژل چیتین که با نانوذرات TiO_2 تقویت شده است برای جذب $As(V)$ ساخته شد. چیتین و نانوذرات TiO_2 براساس هزینه پایین تر آنها در مقایسه با سایر پلی ساکاریدها و نانوذرات فلزی و مساحت سطح بالاتر دومی و ظرفیت جذب ارسنیک انتخاب گردیدند. نانوساختار کامپوزیت ها با استفاده از تکنیک های طیف سنجی مختلف تعیین مشخصات گردید و درجه تقویت با یک آنالیز رئولوژیکی ارزیابی شد. عملکرد جذب $As(V)$ بوسیله تاثیر pH محیط، زمان تعامل، ظرفیت جذب، رقابت یونها و استفاده مجدد ارزیابی گردید. ظرفیت جذب نیز طبق نمونه های آب طبیعی حاوی ارسنیک طبیعی یا به شکل افزودنی با غلظت های معین ارزیابی گردید.

2-آزمایشی

1-2-معرفهای شیمیایی و مواد
چیتین از پوست خرچنگ (DA: 92%, $Mr \approx 400,000$) از شرکت Fluka در امریکا خریداری گردید. کلسیم کلرید دی هیدرات از شرکت Anedra در آرژانتین خریداری گردید. مтанول از شرکت Sintorgan در آرژانتین خریداری گردید. ماده $Na_2HAsO_4 \cdot 7H_2O$ از شرکت Mallincrodt خریداری گردید. غلظت آرسنیک طبق رقت مناسب استاندارد آرسنیک $1000 mg/L$ (از شرکت Chem-Lab بلژیک) خریداری گردید. نانوذرات TiO_2 (با نام تجاری AEROXIDE $tiO_2 P25$ (d $\approx 30 nm$) از شرکت Evonik Milli-Q Millipore System Degussa (شرکت Milford امریکا) دیونیزه گردید. همه معرفهای شیمیایی دیگر از درجه آنالیزی بوده اند.

آب شهری از شهر خودمختار بوئنوس آیرس در آرژانتین گرفته شده و نمونه های آب چاه هم از شهرهای Tortuguitas و Trenque Lauquen و Pehuajo و Chivilcoy و Chascomus (در استان بوئنوس

ایرس ارزان‌ترین) جمع آوری گردید. نمونه‌های آب شهری از شیر آب خانگی متصل به شبکه تامین آب شهری جمع آوری گردید. نمونه‌های آب چاه از شیر آب خانگی متصل به سیستم آب پمپاژ شده از چاه‌ها بدست آمد. قبل از جمع آوری نمونه‌ها اجازه داده شد که آب برای مدت ۵ دقیقه جریان یابد. آبها در درجه حرارت ۴ درجه سانتیگراد تا زمان سنجش شیمیایی ذخیره سازی گردیده و بدون تصفیه دیگری استفاده شدند.

2- تهیه هیدروژل چیتین و مواد هیبرید چیتین و TiO_2

سوسپانسیون چیتین با پیروی از روش مطرح شده در مقاله Tamura (فرانس ۱۳) بدست آمد. به اختصار، برای تهیه یک حلal کلسیم شفاف، مقدار ۴۲.۵g کلسیم کلرید دی هیدرات در ۵۰ mL متانول سوسپانسیونه گردید و برای مدت ۳۰ دقیقه در درجه حرارت ۸۲ درجه سانتیگراد به حالت نزدیک به حل شدگی رفلaks گردید. یک گرم پودر چیتین در حلal کلسیم سوسپانسیونه گردید و برای ۲ ساعت در ۹۰ درجه سانتیگراد با همزدن یک فلاسک ته گرد متصل به یک کندانسور Liebig رفلaks گردید.

نسبت‌های جرم مختلف برای چیتین و TiO_2 با تکان دادن شدید سرتاسری برای بدست آوردن سه نوع ماده هیبرید با نسبت‌های مختلف چیتین به TiO_2 Chi:Ti برابر با ۱:۱۰ و ۱:۵ و ۱:۲.۵ ترکیب گردید. مخلوطها بین دو شیشه که با اسلایدهای شیشه‌ای با عرض معین فاصله گذاری شده بود، ریخته شد و بعد در متانول خیس گردید تا ژله شود. سرانجام ژله در معرض چندین انکوباسیون با آب برای شستشوی کلیه باقیمانده های متانول و $CaCl_2$ قرار گرفت. ژلهای چیتین خالی بدون TiO_2 با روش مشابهی بدست آمده و ژله Chi نامیده شد. ژلهای اشکال هندسی خاصی برش خورد که به آزمایشات بستگی داشت.

3- رفتار رئولوژیکی

عملیات روش دامنه ابتدا برای تعیین دامنه ویسکوالاستیسیته خطی یا LVR اجرا گردید. مودولهای الاستیک یا ذخیره سازی، G' ، ویسکوزیت یا مودول زیان "G" و ویسکوزیت کمپلکس (η^*) مواد مطالعه شده در آزمایشات جریان برشی نوسانگر با دامنه کوچک با استفاده از یک رئومتر چرخشی از Anton Paar (MCR-301) با یک اتاق حرارتی CTD 600 بدست آمد. این تست‌ها با استفاده از پلیت‌های موازی به قطر ۲۵ میلیمتر و دامنه فرکانس s^{-1} ۰.۱-۵۰۰ اجرا گردید. اندازه گیری‌ها در درجه حرارت اتاق (۲۰ درجه سانتیگراد) انجام گرفت. کلیه تست‌ها با استفاده از سوشهای کوچک ($\gamma = 3.0\%$) انجام شد تا خطی بودن پاسخ‌های دینامیک تضمین

گردد. کلیه دورهای اجرایی با استفاده از نمونه های مختلف تکرار گردید. عرض شکاف استفاده شده برابر با $700\text{-}800 \mu\text{m}$ بوده است.

4-2-میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM

توبوگرافی و اندازه نمونه ها با میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM بررسی گردید. تصاویر نمونه های خشک شده فریزی و با پوشش طلا با استفاده از یک دستگاه Zeiss Supra 40 گرفته شد. شناساگر ثانویه الکترون و شناساگر الکترون پراکنش رو به عقب برای کسب تصویر استفاده گردید. اندازه نانوذرات TiO_2 با ته نشست پودر و مشاهده مستقیم تایید گردید.

5-مشخصات طیف سنجی

طیفهای انتقالی FTIR در دامنه $4000\text{-}400 \text{cm}^{-1}$ با استفاده از یک دستگاه طیف سنج مادون قرمز انتقالی فوریه یا FTIR (دستگاه Nicolet 360) بدست آمده است. کلیه نمونه ها برای 24 ساعت در 60 درجه سانتیگراد قبل از تهیه KBr برای اجتناب از تداخل باندهای مربوط به آب خشک سازی گردیدند. درجه استیلاسیون چیتین یا DA با روشی تعیین گردید که Brugnerotto و همکارانش تعیین کرده بودند که براساس رابطه بین یک باند مرجع در 1420cm^{-1} و باند آمید 3 در 1320cm^{-1} با بکارگیری معادله ذیل می باشد: $A1320/A1420=0.3822+0.03133DA$.

تحقیقات روی فراساختار نانوکامپوزیت با دستگاه پراکنش اشعه X زاویه کوچک با استفاده از خط پرتوی SAXS2 در آزمایشگاه نور سینکروtron ملی یا LNIS در شهر Campinas برزیل انجام گردید. اندازه گیری های SAXS در درجه حرارت اتفاق با ژئومتری انتقال دارای $\lambda = 1.55 \text{\AA}$ (8 keV) انجام گرفت. طیفهای 2D SAXS روی یک شناساگر 165 marCCD شناسایی گردید. یک فاصله نمونه تا شناساگر برابر با 0.5 و 2m و یک زمان در معرض قرارگیری به اندازه 60 s استفاده گردید. نمونه ها در جهت قائم نسبت به سطحشان و پرتوی اشعه X بخوردی و به موازات دستگاه شناساگر اشعه X قرار گرفتند. شدت پراکنش (I) به عنوان تابعی از بردار پراکنش (q) از $0.07\text{-}5.3 \text{ nm}^{-1}$ اندازه گیری گردید. زمینه و پراکنش پارازیتی با استفاده از یک نگهدارنده نمونه خالی تعیین گردید و برای هر اندازه گیری کسر گردید. نرم افزار SASfit برای تحلیل داده ها و تناسب منحنی استفاده گردید.

6-آزمایشات جذب

آزمایشات جذب با یک روش دسته ای در درجه حرارت اتاق (25 درجه سانتیگراد) با همزدن مداوم (120 rpm) انجام گردید. دیسک ها به قطر 6 میلیمتر و عرض 2 میلیمتر (0.2 g) به محلولهای آبی (5 ml) از اضافه گردید که به ترتیب از L 0.1-10 mg/L pH محیط ، یونهای تداخل کننده، زمان As(V) تعامل و ایزوترم های جذب با فروپاشی ماده جذب شده در مایع رویی محلول تعیین می شود. تعیین آرسنیک با استفاده از یک دستگاه طیف سنج جذب اتمی E. Norwalk Buck Scientific VGP 210 از شرکت Amerika با روش اتمی سازی الکتریکی حرارتی با استفاده از لوله های گرافیت پیرولیتیک انجام گردید. نیترات نیکل (0.2%) به عنوان یک معرف ماتریس استفاده گردید.

تدالخ یونهای Cl^- و NO_3^- و SO_4^{2-} بین 0.1 mg/L از As(V) در یک محلول حاوی 10-100 mg/L از مطالعه گردید. جذب As(V) از نمونه های آب طبیعی با و بدون افزودن مقدار معینی از As(V) بسته به غلظت اولیه تست گردید. مطالعات ترکیب یون آب طبیعی روی یک دستگاه الکتروفورز مویرگی با شناساگر آرایه دیودی (Agilent Techologies) انجام گردید. پارامترهای آنالیز طبق توضیحات رفرانس 25 بکارگرفته شد.

استفاده مجدد از ژلهای هیبرید با انکوباسیون های پی در پی در 1 mg/L محلولهای As(V) ارزیابی گردید. بین هر چرخه جذب سطحی، دفع سطحی با چهار مرحله شستشو در محلول NaOH یک دهم مولار برای 15 دقیقه و بعد چهار مرحله تعادل در آب به شدت خالص برای 15 دقیقه انجام گرفت.

همه سنجشها جذب سطحی در ظرفهای پلاستیکی انجام گرفت. آزمایشات خالی برای تایید فقدان رسوب ماده جذب شده و/یا جذب سطحی دیواره های ظرف انجام گرفت. همه آزمایشات و اندازه گیری های مربوطه شان دست کم سه بار تحت شرایط یکسان انجام گرفت و به لحاظ آماری با ANOVA یک طرفه و پس ازمن مقایسه Tukey Multiple در صورتی که $\text{ANOVA} < 0.05$ بود، تحلیل گردید. زبان و محیط R برای محاسبه آماری و گرافیک ها استفاده گردید.

3-نتایج و بحث

3-1-رفتار رئولوژیکی

رفتار رئولوژیکی ژلهای Chi و هیبریدهای Chi:Ti برای تایید اثر تقویت مطالعه گردید که به طور میکروسکوپی در هیبریدها مشاهده گردید (شکل 1). در همه مواد، یک رفتار ژل مانند با مقادیر بالاتر 'G' از مقادیر 'G' تایید شد که مبین یک نفوذ مولفه الاستیک روی مولفه ویسکوزی می باشد. می توان مشاهده کرد که مقدار 'G' ماده با افزایش محتوای TiO_2 افزایش می یابد. ویسکوزیته پیچیده کلیه ژلهای تقریباً به طور خطی با جمع فراوانی کاهش یافت که نشان دهنده رفتار سیالات برشی رقیق احتمالاً به دلیل ساختار شبکه پلیمر هیبرید (شبکه 1) بوده است.

3-2-ساختار میکروسکوپی

ژلهای Chi و هیبریدهای Chi:Ti با میکروسکوپ الکترونی SEM مشاهده گردید. در تصاویر SEM بدست آمده با یک شناساگر الکترونی ثانویه می توان مشاهده کرد که ژلهای Chi یک سطح صاف دارای منافذ را ارائه می دهند. با افزودن نانوذرات TiO_2 ، این ماده دچار چروک خوردگی بالاتری می شود. در تصویر Chi:Ti (2.5:1) می توان تجمعات نانوذرات را احتمالاً به دلیل غلظت بالای TiO_2 مشاهده نمود. در صورتیکه اطلاعات توپوگرافی را می توان از الکترونهاهای ثانویه بدست آورد، شناسایی الکترونهاهای پراکنش رو به عقب یا BSE اطلاعاتی را از کنتراست عدد اتمی فراهم می کند. تصاویر BSE ژلهای Chi و هیبریدهای Chi:Ti در داده های مکمل 2 نشان داده شده است. تصاویر BSE نشان داده است که تجمعات نانوذرات تمایل به کاهش اندازه دارد و با کاهش محتوای TiO_2 در هیبریدها پراکنده تر می شود.

3-3-مشخصات طیف سنجی

طیف های IR ای نانوذرات TiO_2 ، ژلهای Chi و Chi:Ti(5:1) در دامنه $2000-800\text{cm}^{-1}$ در داده های مکمل 3 نشان داده شده است. در طیفهای ژلهای Chi باندهای مربوط به ساختار چیتین را می توان مشاهده نمود. این باندها باند آمید 1 در 1653cm^{-1} مربوط به دوتایی حل نشده مربوط به امتدادهای C=O و C-N ، باند آمید 2 در 1558cm^{-1} (خمش N-H)، در 1420cm^{-1} (خمش CH₂) ، 1378cm^{-1} (خمش CH)، باند آمید 3 در 1313cm^{-1} (امید CH₂) و باندهای مربوط به پلی ساکارید در 1157cm^{-1} (امتداد پل اکسیژنی غیرمتقارن)، 1068cm^{-1} و 1030cm^{-1} (هر دو امتداد C-O) می باشد. طیف نانوذرات TiO_2 یک باند را در 1638cm^{-1} نشان می دهد که مسئول حالت خمس گروه های هیدروکسیل مربوط به آب جذب شده

قوی به سطح تیانیا می باشد. هیچ باند جدیدی را نمی توان روی طیف Chi:Ti(5:1) مشاهده نمود که نشان می دهد هیچ گروه شیمیایی جدیدی طی سنتز هیبرید تشکیل نشده است. وانگهی، باند آمید 1 از طیف چیتین و باند هیدروکسیل از نانوذرات با هم همپوشانی داشته و هر دو پیک کنار یکدیگر در یک پیک وسیعتر با مرکزش در 1649 cm^{-1} ظاهر می شود.

تکنیک SAXS برای کسب اطلاعات ساختاری شبکه های ژل در مقیاس نانومتری استفاده گردید. تصویر 2 نشان دهنده مشخصات SAXS مربوط به ژل Chi و ژل هیبرید Chi:Ti(5:1) می باشد. مشخصات پراکنش ژل Chi از یک رفتار قانون توان در دامنه q برابر با $0.009-0.05\text{ \AA}^{-1}$ تبعیت می کند که بیشتر از آن یک رژیم میانی زانومانند کوتاه با شیب کمتر ظاهر می شود. این مشخصات در مواد نامنظم با دست کم دو سطح ساختاری پیدا می شود. در ناحیه q پایین، طیف ژل Chi که طبق رابطه $I(q) \sim q^{-\alpha}$ متناسب گردیده است، مقدادر نمای آلفا نزدیک به 2.5 را نشان می دهد. این رفتار نشان دهنده پراکنش حاصل از اشیای دارای چین و شکن می باشد و از زنجیره های چیتین بدون تاب خوردگی در مرحله ژل تبدیل می شود. در این دامنه طیف هیبرید Chi:Ti(5:1) یک رژیم زانومانند ($0.009-0.3\text{ \AA}^{-1}$) نشان می دهد که دلیل ساختارهای بزرگتر از آنی است که در مشخصات ژل Chi مشاهده شده است. در Chi:Ti مشخصات هیبرید (5:1) رفتار قانون توان در دامنه q برابر با $0.03-0.2\text{ \AA}^{-1}$ مشاهده می شود که نمایانگر آلفای برابر با 3.4 می باشد. این مقدار مرتبط با چین و شکن Chi های سطحی و ساختارهای شبکه چگالتر می باشد. در این مشخصات، رژیم زانومانند که در طیف ژل Chi مشاهده گردیده است فشردگی کمتری دارد و نشان دهنده نقش ضعیف تر این ساختار در پراکنش کلی می باشد.

با هدف توصیف مورفولوژیهای چین و شکن فشرده، Beauchage یک معادله یکپارچه را مطرح نمود که بینشی را در کل سطوح ساختاری متعدد مواد نامنظم بدست می دهد:

$$I(q) \approx G \exp\left(\frac{-q^2 R_g^2}{3}\right) + B \exp\left(\frac{-q^2 R_{\text{sub}}^2}{3}\right) \left(\frac{1}{q^*}\right)^P \\ + G_s \exp\left(\frac{-q^2 R_s^2}{3}\right) + B_s \left(\frac{1}{q_s^*}\right)^{Ps}$$

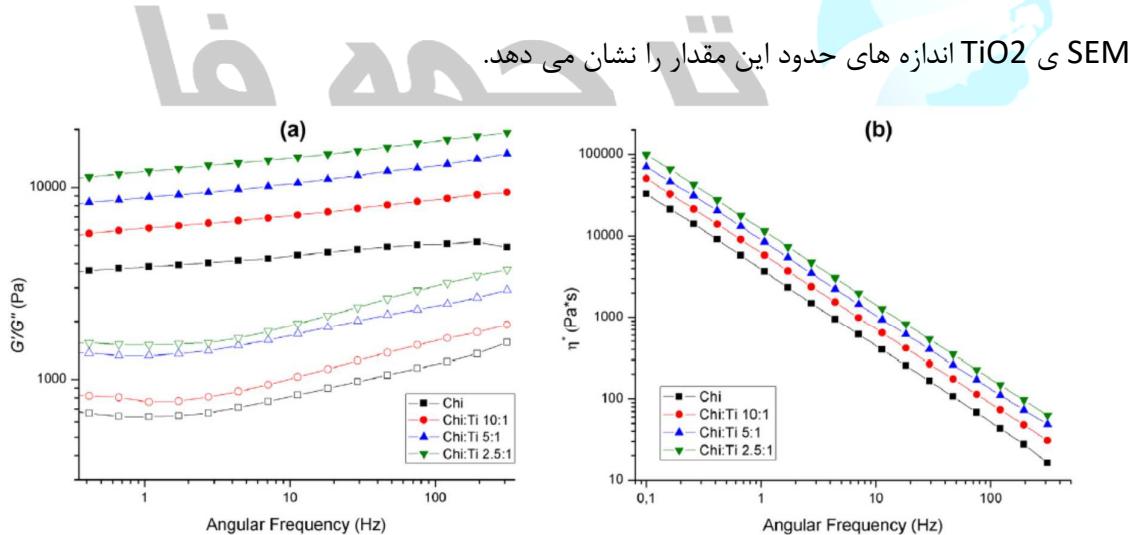
R_g پیش عامل های Guinier برای ساختارهای بزرگتر و کوچکتر به ترتیب می باشند، و G_s که در آن G و B_s شعاع و B و پیش فاکتورهای خاص پراکنش قانون توان می باشد که به شکل به ترتیب نمای فروپاشی به

$q_s^* = q / [\text{erf}(q k_s R_s / 6^{1/2})]^3$ و $q^* = q / [\text{erf}(q k R_g / 6^{1/2})]^3$ مشخص می ترتیب P و P_s یعنی شود.

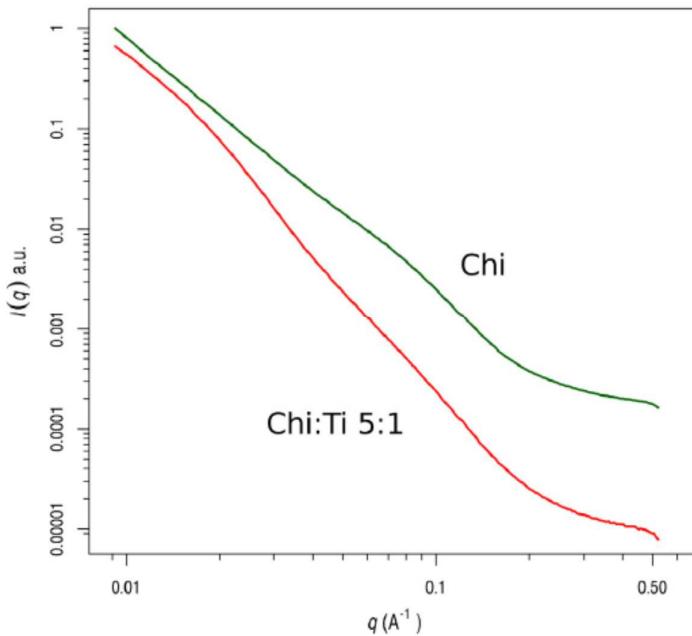
تنظیمات معادله یکپارچه Beaucage یک مقدار $R_g = 11.9 \pm 0.1 \text{ nm}$ و $28.1 \pm 0.6 \text{ nm}$ را برای ژل Chi و

مشخصات Chi:Ti به ترتیب ارائه می دهد. مقدار R_g بدست آمده برای ژلهای Chi توضیح ساختارهایی است

که طی مرحله ژل به دلیل تعامل زنجیره های پلیمری تشکیل می شود درصورتیکه مقدار R_g بدست آمده برای ژل هیبرید Chi:Ti مربوط به شناسایی نانوذرات TiO_2 با قطر حدود 30nm می باشد. بعلاوه، تصویر



شکل 1-مودول ذخیره (G') و مودول زیان (G'') (علام توخالی) وابستگی فرکانس (a) و ویسکوزیته کمپلکس Chi:Ti و هیبریدهای Chi



شکل 2- مشخصات SAXS در ژلهای Chi و هیبریدهای (5:1)

4-3- اثر pH روی رفتار جذب سطحی

اثر pH محیطی روی رفتار جذب سطحی در دامنه pH بین 3 تا 7 آنالیز گردید. ژلهای Chi ظرفیت جذب سطحی را برای As(V) در هر pH نشان ندادند. این امر نشان دهنده حقیقتی است مبنی بر اینکه افزودن TiO₂ نه تنها به جنبه مکانیکی مربوط می شود بلکه به عملکرد جذب As(V) آن هم ربط دارد. راجع به هیبریدها، pH محیط بر جذب سطحی As(V) اساسا زمانی اثر می گذارد که ظرفیت های جذب در pH برابر با 3 و 5 با pH برابر 7 مقایسه شود (تفاوت معنی دار در سطح $p < 0.05$). با مقایسه هر رفتار هیبرید، جذب سطحی در pH برابر با 7 به طور معنی داری متفاوت بوده و کمتر از مقدار مربوطه در pH برابر با 3 یا 5 است. برای TiO₂ پریستین افزایش ظرفیت جذب سطحی بین pH برابر 3 تا 5 مشخص تر می باشد. در این دامنه pH، As(V) نمایانگر چندین شکل آنیونی مانند AsO_4^{3-} ، $\text{AsO}_3(\text{OH})_2^{2-}$ و $\text{AsO}_2(\text{OH})_2^-$ می باشد. نیز چون نقطه pH بار صفر (PZC_{pH}) در TiO₂ نزدیک به 6.9 می باشد، در این دامنه pH، TiO₂ نمایانگر یک سطح با بار مثبت می باشد که در تماس با گروه های Ti-OH_2^+ می باشد. در نتیجه، مکانیسم اصلی جذب سطحی As(V) جذب الکترواستاتیک می باشد. این حالت نیز از فعدان تغییر در pH محلولهای جذب سطحی بعد از انکوباسیون حمایت می کند. تغییر pH نشاندهنده تعاملات تبادل یونی به جای جذب الکترواستاتیک می باشد.

همانگونه که مطرح شده بود. ژلهای Chi:Ti با نسبت های (1:5) و (2.5:1) نمایانگر تفاوت های معنی دار در ظرفیت های جذب سطحی آنها نه در pH برابر با 3 یا 5 نیست ($p > 0.05$ ، پس آزمون Tukey). هرچند ظرفیتهای جذب سطحی بالاتر برای ژلهای Chi:Ti (2.5:1) به دلیل محتوای بالاتر TiO₂ آن مورد انتظار است، احتمالاً توده های دیده شده در تصاویر SEM بر عملکرد جذب سطحی این هیبرید اثر می گذارد. از اینرو، هیبرید احتمالاً توده Chi:Ti (5:1) که حاوی TiO₂ کمتر است و همگن تر می باشد، و pH برابر با 3 که با ظرفیت بالاتر است، در شرایط بهینه انتخاب شدند تا سنجش های کینتیک و تعادلی را انجام دهند.

3-5-کینتیک جذب سطحی

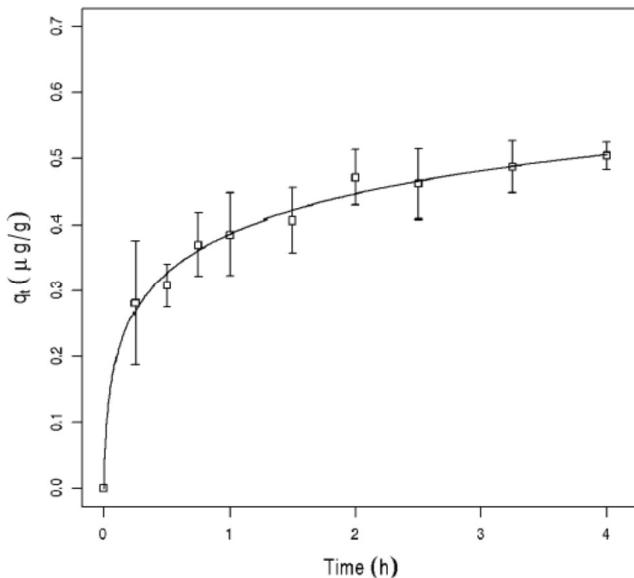
برای تعیین مشخصات رفتار کینتیک ژل هیبرید Chi:Ti(5:1)، جذب سطحی As(V) طی زمان ارزیابی گردید. مدلسازی کینتیک این داده ها با استفاده از اولین رده کاذب، دومین رده کاذب، معادلات Elovich و Freundlich در اشكال غيرخطی شان انجام گردید. جدول 1 خلاصه ای از پارامترهای کینتیک می باشد. مدلهای ریاضی در داده های مکمل آمده است.

تسنیکویی برآش مدلهای غیرخطی بوسیله معیارهای اطلاعات تصحیح شده Akaike یا AICc یا ارزیابی گردید. مقادیر AICc کوچکتر نمایانگر تناسب بهتر منحنی می باشد.

شکل 3 نشان دهنده جذب سطحی طی زمان در pH برابر 3 می باشد. ماده به زمان تعادل در عرض 4 ساعت رسید که نشان دهنده بهترین برآش برای مدل Elovich می باشد. این امر نشان می دهد که مرحله محدود کننده سرعت یک فرایند جذب شیمیایی است.

جدول 1-پارامترهای کینتیک برای جذب سطحی As(V)

مدل	پارامتر	تناسب برآش (AICc)	
Elovich	α ($\mu\text{g/g h}$)	7 ± 3	-115.2
	β ($\text{g}/\mu\text{g L}$)	11 ± 1	
Modified Freundlich	k_F (L/g h)	0.368 ± 0.008	-114.9
	m	4.6 ± 0.5	
Pseudo-2nd order	q_{eq} ($\mu\text{g/g}$)	0.52 ± 0.02	-110.7
	k_2 ($\text{g}/\mu\text{g h}$)	7 ± 1	
Pseudo-1st order	q_{eq} ($\mu\text{g/g}$)	0.46 ± 0.01	-100.5
	k_1 (h^{-1})	2.4 ± 0.3	



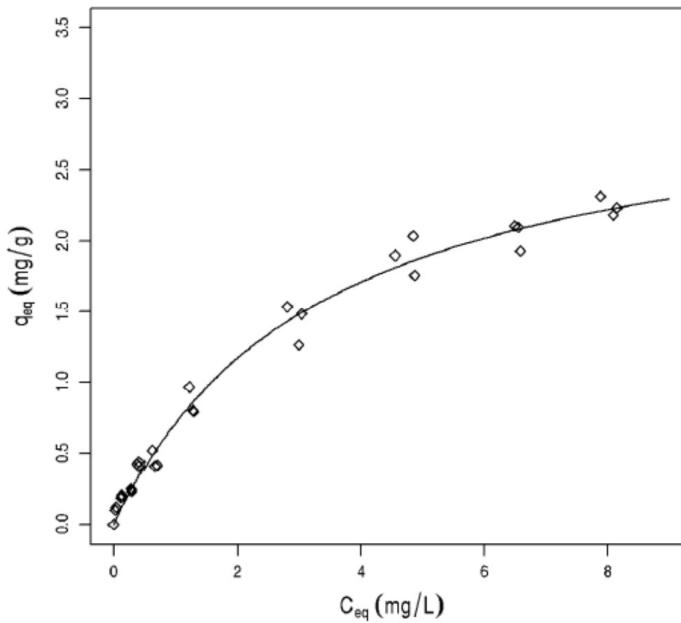
شکل 3- جذب سطحی As(V) طی زمان در pH برابر با 3 با استفاده از هیبریدهای Chi:Ti(5:1). مدل Elovich نمایش داده شده است. ($\pm SD, n = 4$)

دومین مدل با بهترین برازش مدل اصلاح شده Freundlich بود که می تواند کینتیک کنترل شده با انتشار داخل ذره ای را وقتی m به مقدار 2 می رسد، توضیح دهد. در این مورد مقدار بدبست آمده دورتر از 2 می باشد. با اینحساب فرایند انتشار داخل ذره ای احتمالاً یک نقش قابل چشم پوشی را در کینتیک جذب سطحی As(V) ایفا می کند چرا که جذب سطحی در سطح نانوذرات غیرمتخلخل TiO₂ جای دارد.

3-6- ایزووترم های جذب سطحی

داده های ایزووترم جذب سطحی بعد از اینکه زمان تعادل حاصل امد، در pH برابر با 3 بدست آمد (شکل 4).

ظرفیت های جذب سطحی (q_{eq}) به شکل جرم ماده جذب شده در واحد جرم ماده جاذب (mg/g) بیان شده و به ترتیب ذیل معین می شود: $q_{eq} = (C_0 - C_{eq})V/m$ که در آن C_{eq} و C_0 غلظتهای اولیه و تعادل محلول انکوباسیون (mg/L) به ترتیب می باشند.



شکل 4- ایزوترم جذب سطحی در pH برابر 3 با استفاده از هیبریدهای Chi:Ti(5:1). مدل Langmuir ارائه می شود.

V حجم محلول (L) و m جرم ماده جاذب (g) می باشد. مدل‌های ایزوترم جذب سطحی برای مدلسازی داده های تعادل بکار گرفته شد. مدل‌های دو پارامتری عبارت بودند از مدل‌های Dubinin- Langmuir و Freundlich Sips و مدل‌های سه پارامتری هم مدل‌های (D-R) Radushkevich Toth ، Redlich-Peterson (R-P) و مدل‌های سه پارامتری هم مدل‌های (Sips) و Toth . جدول 2 نشان دهنده نتایج کسب شده از مدل‌های برآش شده می باشند. مدل‌های ریاضی در داده های بودند. جدول 2 نشان دهنده نتایج کسب شده از مدل‌های برآش شده می باشند. مدل‌های ریاضی در داده های مکمل امده است.

داده های آزمایشی برای مدل ایزوترم Langmuir بهتر برآش داشت و بعد از آن مدل Sips بود. مدل Langmuir معمولا نمایانگر تنظیمات خوب برای سیستم هایی است که در ان ماده جذب شده روی ماده جاذب در یک لایه تکی به محلهای جذب همگن جذب سطحی می شود. این رفتار می تواند برای این سیستم انتظار رود که در آن چیتین نمایانگر ظرفیت جذب سطحی قابل چشم پوشی برای As(V) می باشد. از اینرو، آنیونیک به طور همگن به سطح نانوذرات TiO₂ جذب سطحی می شود. بعلاوه، پارامترهای همگنی/ناهمگنی R- P، مدل‌های Sips و Toth یک روندی را به سمت ارزش 1 نشان می دهد که نشان دهنده یک فرایند جذب سطحی همگن می باشد.

اگر سطح جذب سطحی ناهمگن باشد و نواحی فرعی همگن درنظر گرفته شود، یک مقدار انرژی آزاد متوسط می

تواند با استفاده از معادله D-R محاسبه گردد.

انرژی آزاد جذب سطحی (kJ/mol) می باشد. میانگین انرژی آزاد جذب سطحی می تواند نشان دهنده نوع

تعامل جذب سطحی باشد. در یک فرایند جذب سطحی که در آن جذب شیمیایی غالب است، همانند تعاملات

مریبوط به بار الکتریکی، بزرگی E_{DR} در دامنه 8-16 kJ/mol می باشد. مقادیر پایین تر مرتبط به فرایندهای

جذب فیزیکی می باشد و مقادیر بزرگتر برای هماهنگی واکنش های شیمیایی گزارش شده است. با درنظر گیری

اینکه مدل کینتیک Elovich نمایانگر بهترین برازش می باشد و E_{DR} برابر با 11.9 kJ/mol بوده، می توان

فرض نمود که جذب سطحی As(V) به هیبریدهای Chi:Ti یک فرایند جذب شیمی همگن می باشد که در اثر

جذب الکترواستاتیک بین یک ماده جذب شده آبیونیک و چگالی بار الکتریکی ثابت سطح ماده جاذب می باشد.

7- وجود همزمان اثر آبیونها و عملکرد آب طبیعی

شکل 5 نشان دهنده تاثیر غلظت آبیونهای با وجود همزمان در ظرفیت جذب ماده سطحی As(V) می باشد.

کلرید، سولفات و نیترات انتخاب شدند چرا که آبیونهای متداول آبهای طبیعی می باشند. حضور این آبیونها به

میزان 10 mg/L باعث کاهش ظرفیت جذب سطحی در 40 درصد از لحظه یکی برای آب فوق العاده خالص می

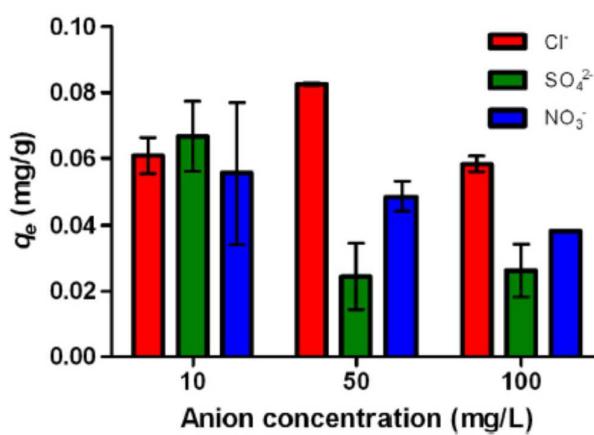
شود ($q_{eq} = 0.1 \text{ mg/g}$). میزان بالاتر Cl^- کاهش بالاتر ظرفیت جذب سطحی As(V) را نشان نمی دهد.

این امر برای حضور NO_3^- مصدق ندارد که جذب سطحی As(V) را کاهش می دهد اگر به میزان بالاتری

وجود داشته باشد.

جدول 2-پارامترهای مدل ایزووترم

مدل	پارامتر	(AICc) نیکویی برازش
Langmuir	q_m (mg/g)	3.1 ± 0.1
	k_a (L/mg)	0.29 ± 0.03
Sips	q_{mS} (mg/g)	3.7 ± 0.6
	K_S (L/mg)	0.21 ± 0.08
Toth	n_S	0.89 ± 0.08
	q_{mT} (mg/g)	4 ± 1
	b_T (L/mg)	0.29 ± 0.04
Redlich-Peterson	n_T	0.8 ± 0.2
	K_{RP} (L/mg)	1.0 ± 0.2
	α_{RP} ((L/mg) $^{n_{RP}}$)	0.4 ± 0.2
Dubinin-Radushkevich	n_{RP}	0.9 ± 0.1
	q_{DR} (mg/g)	47 ± 6
	K_{DR} (mol 2 /kJ 2)	$(3.5 \pm 0.1) \times 10^{-3}$
Freundlich	E_{DR} (kJ/mol)	11.9 ± 0.2
	k (L/g h)	0.72 ± 0.02
	n	0.57 ± 0.02



شکل 5-تاثیر غلظت آنیونهای هم زمان در ظرفیت جذب سطحی As(V).

عمیق ترین کاهش در جذب سطحی As(V) با حضور آنیونهای سولفات ایجاد می شود که حدود 75 درصد می باشد وقتی که SO_4^{2-} $\geqslant 50$ mg/L باشد. طبق استانداردهای آب EPA، مراکزیم مقدار 10 mg/L، 250 mg/L، 250 mg/L و 250 mg/L در آب آشامیدنی به ترتیب برابر با Cl^- ، NO_3^- و SO_4^{2-} بوده است. چون تداخل پایینی برای کلرید شناسایی گردید، و تداخل نیترات در غلظت هایی بالاتر است که این

آنیون نباید در آب آشامیدنی تجاوز کند، محتوای آنیونهای سولفات باید در مرتبط ترین تداخل برای جذب سطحی As(V) درنظر گرفته شود.

جدول 3 نشان دهنده عملکرد جذب سطحی As(V) طبیعی یا افزوده شده از آب شیر یا آب چاه می باشد.

بالاترین ظرفیتهای جذب برای آب چاه از شهر Trenque Lauquen و آب شیر از شهر بوئنوس آیرس می باشد. هر دوی این نمونه ها حاوی کم ترین مقدار سولفات و نیترات می باشد که ظرفیت جذب سطحی نسبتاً

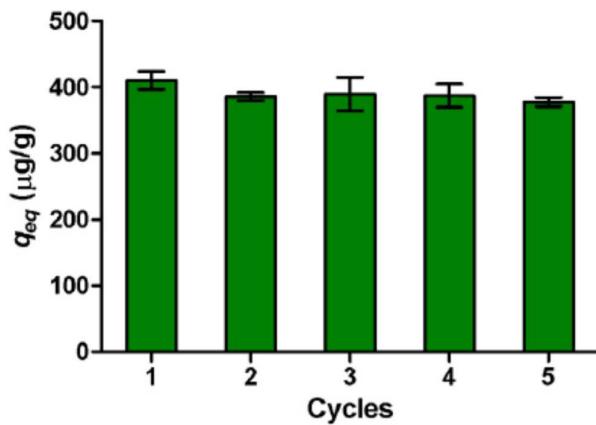
بالایی را توضیح می دهد. آب چاه از شهر Pehuajao یک مقدار q_{eq} پایین تری را نسبت به نمونه های آب که قبل اشاره شده و احتمالاً به دلیل محتوای سولفات بالاتر نشان داده است. هرچند نمونه های آب از شهر Chascomus و Tortuguitas محتوای سولفات پایین تری را نسبت به شهر Pehuajao داشته است، مقدار نیترات آنها به ترتیب پنج و هفت برابر بوده است. این امر می تواند توضیح دهنده کاهش در ظرفیت جذب این

دو نمونه در مقایسه با دومی باشد. پایین ترین q_{eq} برای چاه آب از شهر Chivilcoy یافت گردید که بالاترین سطح سه آنیون را نشان داده است. عملکرد جذب سطحی نیز بوسیله دوز ماده جاذب آنالیز گردید. برای نمونه های آب از Pehuajao استفاده از دو و چهار برابر دوز ماده جاذب اولیه هیچ گونه افزایشی را در ظرفیت جذب کل نشان نداده، که به میزان جذب سطحی تا 77 درصد در مقایسه با آب فوق خالص دست یافته است. این امر حاکی از آنست که درصد جذب سطحی یک نمونه آب طبیعی معین توانست با افزایش دوز ماده جاذب بهبود یابد و از اینرو بر تداخل دوز ماده جاذب که در برخی آبهای طبیعی وجود دارد، غلبه کند.

جدول 3 عملکرد جذب سطحی As(V) در هیبرید Chi:Ti در نمونه های آب سطحی

Sample type	Origin (city)	Initial As(V) ($\mu\text{g/L}$)	Adsorption (%)	q_{eq} ($\mu\text{g/g}$)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	NO_3^- (mg/L)
Well	Trenque Lauquen	163 ± 5 ^a	49 ± 5	224 ± 8	73.5 ± 0.1	14.1 ± 0.1	6.2 ± 0.1
Tap	Buenos Aires	106 ± 2 ^a	34.5 ± 0.9	76 ± 5	21.7 ± 0.7	19 ± 1	^b
Well	Pehuajó	103 ± 3 ^c	28.8 ± 0.2	46.1 ± 0.5	61.4 ± 0.1	23.5 ± 0.2	8.2 ± 0.1
Well	Tortuguitas	31 ± 1 ^c	22.2 ± 0.5	15.4 ± 0.6	44.9 ± 0.6	11.0 ± 0.2	47.7 ± 0.6
Well	Chascomús	115 ± 3 ^c	14 ± 5	47 ± 2	19 ± 2	2.03 ± 0.01	71.5 ± 0.1
Well	Chivilcoy	140 ± 5 ^c	12.1 ± 0.5	44 ± 2	145 ± 3	76 ± 1	70 ± 5
Well	Pehuajó × 2 S.D. ^d	103 ± 3 ^c	40 ± 2	44.4 ± 0.5	61.4 ± 0.1	23.5 ± 0.2	8.2 ± 0.1
Well	Pehuajó × 4 S.D.	103 ± 3 ^c	76.7 ± 0.3	52.7 ± 0.2	61.4 ± 0.1	23.5 ± 0.2	8.2 ± 0.1

a ماده افزوده، b شناسایی نشده، c آرسنیک طبیعی، d دوز ماده جاذب.



شکل 6- تاثیر چرخه های استفاده مجدد در ظرفیت جذب سطحی As(V) هیبریدهای (1:Chi:Ti(5:1)

$$q_{eq} (\pm \text{SD}, n = 4)$$

3- استفاده مجدد از ماده جاذب

برای ارزیابی عملی بودن استفاده مجدد از ماده، ژلهای هیبرید Ch:Ti(5:1) در معرض یک سری چرخه های جذب سطحی/دفع سطحی قرار گرفت. همانگونه که در شکل 6 می توان دید، ظرفیت جذب سطحی اولیه دست کم تا 5 چرخه حفظ گردید که تفاوت معنی داری نشان نداد (ANOVA یک طرفه ، $p < 0.05$). این امر به دلیل ثبات شیمیایی هیبرید امکانپذیر بود که به دفع سطحی ماده جذب شده در محیط قلیایی بدون تاثیر بر خصوصیات ماده امکان داد. در محیطهای قلیایی، سطح TiO₂ به طور منفی باردار شده و آنیونهای As(V) جایگزین OH⁻ گردید و محلهای جذب سطحی را پاک کرده تا توسط آب در مرحله تعادل قبل از چرخه جذب سطحی بعدی به تعادل برسد.

4- نتیجه گیری

در این کار یک هیدروژل هیبرید با ترکیب چیتین با نانوذرات TiO₂ بدست آمد. ماده نتیجه شده از لحاظ هیدروژل چیتین با نانوذراتی تقویت گردید که به عنوان پرکننده عمل می کنند. بعلاوه، افزودن TiO₂ به هیبرید ظرفیت جذب سطحی As(V) بخشید. ظرفیت جذب در pH پایین تر از TiO₂ بالاتر بود که در آن نانوذرات در سطح دارای چگالی با بار مثبت ظاهر شده بودند و As(V) به عنوان یک آنیون ظاهر گردید. در این سیستم، تعادل در عرض 4 ساعت بعد از یک رفتار مدل Elovich بدست آمد که در فرایندهای جذب

شیمیایی متداول بود. سنجش‌های تعادل نشان دهنده یک رفتار هماهنگ تعامل ماده جذب شده به ماده جاذب همگن می‌باشد که از طریق نشان دادن یک تنظیم بهتر با مدل Langmuir و یک مقدار نزدیک به ۱ برای پارامترهای همگن/ناهمگن مدل‌های Redlich-Peterson و Sips و Toth می‌باشد. یونهای آب طبیعی متداول نشان دادند که با As(V) برای محلهای جذب رقابت می‌کنند که سولفات مرتبط ترین تداخل می‌باشد. این تداخل نیز در جذب سطحی As(V) از نمونه‌های آب طبیعی نشان داده شده که ظرفیت جذب آن بسته به ترکیب آنیون نمونه تغییر کرده است. ماده نیز ثابت کرده که می‌تواند با کمک جذب سطحی As(V) محیط‌های قلیایی مورد استفاده مجدد قرار گیرد.

References

- [1] X. Zhao, L. Lv, B. Pan, W. Zhang, S. Zhang, Q. Zhang, Polymer-supported nanocomposites for environmental application: a review, *Environ. Nanotechnol.* 170 (2011) 381–394.
- [2] I.K. Levy, M. Mizrahi, G. Ruano, G. Zampieri, F.G. Requejo, M.I. Litter, TiO₂-photocatalytic reduction of pentavalent and trivalent arsenic: production of elemental arsenic and arsine, *Environ. Sci. Technol.* 46 (2012) 2299–2308.
- [3] X. Cai, Y. Li, J. Guo, S. Liu, P. Na, Mn(IV) promotion mechanism for the photocatalytic oxidation of arsenite by anatase-TiO₂, *Chem. Eng. J.* 248 (2014) 9–17.
- [4] P.K. Dutta, A.K. Ray, V.K. Sharma, F.J. Millero, Adsorption of arsenate and arsenite on titanium dioxide suspensions, *J. Colloid Interface Sci.* 278 (2004) 270–275.
- [5] L. Yan, Y. Huang, J. Cui, C. Jing, Simultaneous As(III) and Cd removal from copper smelting wastewater using granular TiO₂ columns, *Water Res.* 68 (2015) 572–579.
- [6] X. Guan, J. Du, X. Meng, Y. Sun, B. Sun, Q. Hu, Application of titanium dioxide in arsenic removal from water: a review, *J. Hazard. Mater.* 215–216 (2012) 1–16.
- [7] R. Jayakumar, R. Ramachandran, V.V. Divyaratne, K.P. Chennazhi, H. Tamura, S.V. Nair, Fabrication of chitin–chitosan/nano TiO₂-composite scaffolds for tissue engineering applications, *Int. J. Biol. Macromol.* 48 (2011) 336–344.
- [8] Y. Li, J.R. Liu, S.Y. Jia, J.W. Guo, J. Zhuo, P. Na, TiO₂ pillarred montmorillonite as a photoactive adsorbent of arsenic under UV irradiation, *Chem. Eng. J.* 191 (2012) 66–74.
- [9] V. Saucedo-Rivalcoba, A.L. Martínez-Hernández, G. Martínez-Barrera, C. Velasco-Santos, J.L. Rivera-Armenta, V.M. Castaño, Removal of hexavalent chromium from water by polyurethane–keratin hybrid membranes, *Water Air Soil Pollut.* 218 (2011) 557–571.
- [10] M. Wysokowski, L. Kłapiszewski, D. Moszyński, P. Bartczak, T. Szatkowski, L. Majchrzak, et al., Modification of chitin with kraft lignin and development of new biosorbents for removal of cadmium(II) and nickel(II) ions, *Mar. Drugs* 12 (2014) 2245.
- [11] X. Li, H. Zhou, W. Wu, S. Wei, Y. Xu, Y. Kuang, Studies of heavy metal ion adsorption on chitosan/sulfhydryl-functionalized graphene oxide composites, *J. Colloid Interface Sci.* 448 (2015) 389–397.
- [12] S. Zhang, F. Xu, Y. Wang, W. Zhang, X. Peng, F. Pepe, Silica modified calcium alginate-xanthan gum hybrid bead composites for the removal and recovery of Pb(II) from aqueous solution, *Chem. Eng. J.* 234 (2013) 33–42.
- [13] H. Tamura, H. Nagahama, S. Tokura, Preparation of chitin hydrogel under mild conditions, *Cellulose* 13 (2006) 357–364.
- [14] X. Hu, Y. Du, Y. Tang, Q. Wang, T. Feng, J. Yang, et al., Solubility and property of chitin in NaOH/urea aqueous solution, *Carbohydr. Polym.* 70 (2007) 451–458.



- [15] R. Muzzarelli, Chitin and its derivatives: new trends of applied research, *Carbohydr. Polym.* 3 (1983) 53–75.
- [16] H. Ehrlich, P. Simon, M. Motylenko, M. Wysokowski, V.V. Bazhenov, R. Galli, et al., Extreme biomimetics: formation of zirconium dioxide nanophase using chitinous scaffolds under hydrothermal conditions, *J. Mater. Chem. B* 1 (2013) 5092–5099.
- [17] M. He, Z. Wang, Y. Cao, Y. Zhao, B. Duan, Y. Chen, et al., Construction of chitin/PVA composite hydrogels with jellyfish gel-like structure and their biocompatibility, *Biomacromolecules* 15 (2014) 3358–3365.
- [18] M. Liu, Y. Zhang, J. Li, C. Zhou, Chitin-natural clay nanotubes hybrid hydrogel, *Int. J. Biol. Macromol.* 58 (2013) 23–30.
- [19] K. Madhumathi, P.T. Sudheesh Kumar, S. Abhilash, V. Sreeja, H. Tamura, K. Manzoor, et al., Development of novel chitin/nanosilver composite scaffolds for wound dressing applications, *J. Mater. Sci. Mater. Med.* 21 (2010) 807–813.
- [20] J.A. Gonzalez, M.F. Mazzobre, M.E. Villanueva, L.E. Diaz, G.J. Copello, Chitin hybrid materials reinforced with graphene oxide nanosheets: chemical and mechanical characterisation, *RSC Adv.* 4 (2014) 16480–16488.
- [21] J.A. Gonzalez, M.E. Villanueva, L.L. Piehl, G.J. Copello, Development of a chitin/graphene oxide hybrid composite for the removal of pollutant dyes: adsorption and desorption study, *Chem. Eng. J.* 280 (2015) 41–48.
- [22] J.D. Ferry, *Viscoelastic Properties of Polymers*, third ed., John Wiley & Sons, 1980.
- [23] J. Brugnerotto, J. Lizardi, F.M. Goycoolea, W. Argüelles-Monjal, J. Desbrières, M. Rinaudo, An infrared investigation in relation with chitin and chitosan characterization, *Polymer* 42 (2001) 3569–3580.
- [24] J. Kohlbrecher, SASfit, Paul Scherrer Institute, Villigen, Switzerland, n.d. <<https://kur.web.psi.ch/sans1/SANSsoft/sasfit.html>>.
- [25] S. Giorgieri, K. Pañak, O. Ruiz, E. Diaz, Monitoreo rápido de aniones y cationes en aguas minerales comerciales mediante el uso de la electroforesis capilar zonal, *Quím. Ind.* 330 (1997) 42–44.
- [26] R Development Core Team, R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2009. <<http://www.R-project.org>>.
- [27] F.G. Pearson, R.H. Marchessault, C.Y. Liang, Infrared spectra of crystalline polysaccharides. V. Chitin, *J. Polym. Sci.* 43 (1960) 101–116.
- [28] Z. Li, B. Hou, Y. Xu, D. Wu, Y. Sun, W. Hu, et al., Comparative study of sol-gel-hydrothermal and sol-gel synthesis of titania-silica composite nanoparticles, *J. Solid State Chem.* 178 (2005) 1395–1405.
- [29] S. Choudhary, S.R. Bhatia, Rheology and nanostructure of hydrophobically modified alginate (HMA) gels and solutions, *Carbohydr. Polym.* 87 (2012) 524–530.
- [30] G. Beaucage, Small-angle scattering from polymeric mass fractals of arbitrary mass-fractal dimension, *J. Appl. Crystallogr.* 29 (1996) 134–146.
- [31] G. Beaucage, Approximations leading to a unified exponential/power-law approach to small-angle scattering, *J. Appl. Crystallogr.* 28 (1995) 717–728.
- [32] Y.C. Wong, Y.S. Szeto, W.H. Cheung, G. McKay, Sorption kinetics for the removal of dyes from effluents onto chitosan, *J. Appl. Polym. Sci.* 109 (2008) 2232–2242.
- [33] Y.S. Ho, G. McKay, The kinetics of sorption of divalent metal ions onto sphagnum moss peat, *Water Res.* 34 (2000) 735–742.
- [34] S. Kuo, E.G. Lotse, Kinetics of phosphate adsorption and desorption by hematite and gibbsite1, *Soil Sci.* 116 (1973).
- [35] M. Hadi, M.R. Samarghandi, G. McKay, Equilibrium two-parameter isotherms of acid dyes sorption by activated carbons: study of residual errors, *Chem. Eng. J.* 160 (2010) 408–416.
- [36] W.A. Morais, A.L.P. Fernandes, T.N.C. Dantas, M.R. Pereira, J.L.C. Fonseca, Sorption studies of a model anionic dye on crosslinked chitosan, *Colloids Surf. Physicochem. Eng. Aspects* 310 (2007) 20–31.
- [37] S.-Y. Suen, A comparison of isotherm and kinetic models for binary-solute adsorption to affinity membranes, *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 65 (1996) 249–257.
- [38] S.S. Barton, Adsorption from dilute, binary, aqueous solutions, *J. Colloid Interface Sci.* 158 (1993) 64–70.
- [39] C.-T. Hsieh, H. Teng, Langmuir and Dubinin-Radushkevich analyses on equilibrium adsorption of activated carbon fabrics in aqueous solutions, *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 75 (2000) 1066–1072.
- [40] D. Kumar, L.K. Pandey, J.P. Gaur, Evaluation of various isotherm models, and metal sorption potential of cyanobacterial mats in single and multi-metal systems, *Colloids Surf. B* 81 (2010) 476–485.
- [41] J. Toth, *Adsorption: Theory, Modeling and Analysis*, Marcel Dekker, New York, 2002.
- [42] S. Vasiliu, I. Bunia, S. Racovita, V. Neagu, Adsorption of ceftazime sodium salt on polymer coated ion exchange resin microparticles: kinetics, equilibrium and thermodynamic studies, *Carbohydr. Polym.* 85 (2011) 376–387.

ترجمه س



TarjomeFa.Com

برای خرید فرمت ورد این ترجمه، بدون واتر مارک، اینجا کلیک نمایید.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

✓ لیست مقالات ترجمه شده

✓ لیست مقالات ترجمه شده رایگان

✓ لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI

سایت ترجمه فا؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی