

بررسی کارآیی کربن حاصل از پوست پسته در حذف فلوراید از محیط‌های آبی

مریم خدادادی^۱، امیر حسین محوی^۲، حسین وزینی^۳، رسول خسروی^۱، حدیقه دری^۱، محمد حسین ساقی^{۴*}
۱. مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت، گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند،
خراسان جنوبی، بیرجند، ایران
۲. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۳. گروه پرستاری، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، همدان، ایران
۴. گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۳۰

چکیده

زمینه و هدف: فلوراید و ترکیبات آن به شکل گسترده‌ای در صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد که از طریق پساب به محیط زیست منتشر می‌شود. هدف از این تحقیق بررسی کارایی استفاده از جاذب‌های ارزان قیمت در حذف فلوراید از محیط‌های آبی حاوی فلوراید می‌باشد.

روش کار: پودر حاصل از پوست پسته را در داخل بوته چینی به درون کوره انتقال داده و به مدت ۲ ساعت در دمای ۶۰۰، ۵۰۰ و ۷۰۰ درجه سانتی گراد سوزانده می‌شود. اثر متغیرهای pH، دمای سوزاندن جاذب، سرعت هم زدن، غلظت اولیه فلئوئور، مدت زمان تماس و دوز جاذب مورد بررسی قرار گرفت. اندازه‌گیری غلظت اولیه فلئوئور و غلظت باقیمانده بر اساس استاندارد متد و با کمک دستگاه اسپکتروفتومتری انجام گرفت و در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار EXCEL صورت گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصل از این آزمایشات نشان داد که سوزاندن جاذب‌ها (زغال پوسته پسته) در دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد، تنظیم pH محلول در محدوده خنثی (pH=)، دوز جاذب ۲ g/L، برای جاذب بادام و دوز جاذب ۳ گرم در لیتر برای جاذب پسته، زمان تماس ۴۰ دقیقه برای جاذب، غلظت اولیه فلوراید ppm ۵ راندمان حذفی به میزان ۸۰-۹۰ درصد را دارا می‌باشد.

نتیجه‌گیری: بر مبنای نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان اظهار نمود که زغال پوست پسته و بادام یک روش کارآمد و با راندمان نسبتاً بالا برای حذف فلوراید از محیط‌های آبی است.

کلمات کلیدی: زغال پوست پسته، فلوراید، محیط‌های آبی، جذب

مقدمه

باشد که از منابع طبیعی و مصنوعی از قبیل تخلیه پساب انواع صنایع همانند شیشه سازی منشا می‌گیرد.^۱ فلوراید یک عنصر

فلوراید یکی از یون‌های محلول موجود در منابع آبی می

* گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
ایمیل: saghi9@gmail.com - شماره تماس: ۰۹۱۵-۳۲۰۸۰۸۳

طبیعی در میان مواد معدنی، رسوبات ژئوشیمیایی و سیستم های طبیعی آب است که از طریق آب آشامیدنی یا تغذیه از گیاهان وارد زنجیره غذایی می شود^۲ و در مواقعی که مقدار آن در آب کم می باشد باید بطور مصنوعی به آب اضافه گردد^۳. وجود فلوراید در آب برای جلوگیری از پوسیدگی دندان ضروری می باشد^۴ ولی چنانچه مقدار آن بیش از حد مطلوب باشد باعث فلوروزیس دندانی^۵ و فلوروزیس اسکلتی می شود^۶. فلوروزیس موجب ضعیف شدن ساختار دندان و اسکلت شده و رشد را دچار رکود می سازد و در موارد شدیدتر باعث پارالیز و مرگ می شود^۷. تحقیقات زیادی در طول سال های اخیر ثابت کرده اند که اثرات طولانی مدت مواجهه با فلوراید و تجمع آن نه فقط باعث خطرات اسکلتی و دندانی برای انسان می گردد بلکه می تواند موجب تغییر ساختار DNA و از بین رفتن قوه اختیار شود^۸. سازمان بهداشت جهانی حد مجاز فلوراید در آب را $1/5 - 0/75$ میلی گرم در لیتر اعلام کرده است^۹. به لحاظ سمیت فلوراید و خطر دز اضافی آن فلوروزنی آبهای آشامیدنی در برخی از کشورها متوقف شده است^{۱۰}، غلظت بیش از حد مجاز فلوراید در آبهای زیرزمینی بیش از ۲۰ کشور توسعه یافته از جمله ایران در تحقیقات برخی پژوهشگران گزارش شده است^{۱۱}. سایر اثرات مواجهه با فلوراید مازاد از طریق آب آشامیدنی شامل لکه دار شدن دندان ها، آسیب به غدد درون ریز، تیروئید، کبد، نرم شدن استخوان ها، استخوانی شدن تاندون ها و رباط ها و کاهش فضای داخلی بین مهره های ستون فقرات و مخصوصا اولین مهره گردن است^{۱۲}، این عوارض در مناطق گرمسیری که مردم مقادیر زیادی آب مصرف می کنند و غلظت فلوراید در اثر تبخیر افزایش می یابد، تشدید می گردد^{۱۳}. در ایران نیز در برخی مناطق غلظت فلوراید موجود در آب آشامیدنی بیش از حد مجاز است، از جمله در استان هرمزگان (بندرعباس، بندرلنگه و قشم) در استان یزد (اردکان)، همدان، تهران، کرمان (شهر بابک) استان خراسان، اصفهان، بوشهر، سمنان و سیستان

و بلوچستان (زابل و زاهدان)^{۱۴}. با توجه به اثرات بهداشتی نامطلوب ناشی از ازدیاد فلوراید در آب، به خصوص آبهای زیرزمینی و با توجه به اینکه اکثر شهرهای کشور از آب زیرزمینی استفاده می کنند لازم است جهت حذف فلوراید اضافی از آب تمهیداتی بکار رود^{۱۵}. امروزه از روش های مختلف از جمله فرایند جذب سطحی^{۱۶} رسوب دهی شیمیایی^{۱۷} تبادل یون^{۱۸} الکترودیالیز^{۱۹} اسمز معکوس^{۲۰} نانوفیلتراسیون^{۲۱} بیوجذب^{۲۲} جذب سطحی با آلومینای فعال و اکسید منگنز با پوشش آلومین^{۲۳} و علاوه بر آن از انواع مختلفی مواد منعقد کننده مانند آلوم، سولفات فریک، سولفات فرو، کلرید فریک، پلیمرهای آلی آنیونی، کاتیونی و غیر یونی جهت حذف آلاینده های آلی و معدنی استفاده می شود^{۲۴}. اما بسیاری از این روشها به دلیل گرانی و پیچیدگی قابلیت کاربرد در کشورهای در حال توسعه را ندارند^{۲۵} و به دلیل هزینه بالای کربن فعال امروزه استفاده از سایر جاذب ها مورد توجه قرار گرفته است^{۲۶}. به همین خاطر طی دهه گذشته محققان، بسیاری از جاذبهای ارزان قیمت و متنوع را به جای کربن فعال تجاری برای حذف فلزات سنگین بررسی کرده اند که از جمله این مواد می توان به باگاس^{۲۷} زغال پوسته گردو^{۲۸} پودر آجر^{۲۹} زغال استخوان^{۳۰} و خاک^{۳۱} اشاره نمود. بررسی تاثیر آلومینای فعال بر غلظت فلوراید موجود در آب و تعیین ایزوترم ها و سنتیک جذب که در سال ۱۳۸۸ توسط نوروبی انجام شد^{۳۲}. نتایج پژوهش صمدی و همکاران در سال ۱۳۸۸ که بررسی کارایی پلی آلومنیوم کلراید (PACL) به عنوان یک نوع منعقد کننده جدید در حذف یون فلوراید از محیط های آبی بود نشان داده که کارایی حذف فلوراید در pH خنثی به مراتب بالاتر از pHهای اسیدی و قلیایی می باشد^{۳۳}. در تحقیقی یانگ کو و همکاران بر روی حذف فلوراید با استفاده از آلومینای فعال انجام دادند، مشخص گردید که بیشترین کارایی حذف در pH=5-7 به دست آمده است همچنین با افزایش غلظت یون فلوراید کارایی حذف کاهش می یابد زیرا تعداد مکانهای فعال

جذب در سطح جاذب برای جذب یون فلوراید کاهش می‌یابد.^{۲۸} یولین تانگ و همکاران در سال ۲۰۰۹ قابلیت آلومینای فعال در حذف فلوراید را مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که pH قلیایی بازده فرایند جذب را بهبود می‌بخشد و بیش از ۶۵ درصد حذف فلوراید در pH بالای ۷ بدست آمد.^{۲۹} سایرین و همکاران (۲۰۰۹) حذف فلوراید از آب آشامیدنی را با استفاده از کمپوزیت کیتوزان - اکسید منیزیم بررسی کردند. این کمپوزیت جدید قابلیت‌های برتری نسبت به اکسید منگنز مجزا در حذف فلوراید داشته و عملکرد آن تحت تاثیر pH نبود.^{۳۰} هدف از این مطالعه تعیین راندمان حذف فلوراید از محیط‌های آبی به وسیله زغال پوست پسته می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش یک مطالعه توصیفی تحلیلی بصورت تجربی است که اطلاعات مورد نیاز با استفاده از انجام آزمایشات در یک راکتور ناپیوسته با اعمال متغیرهای مورد بررسی بر روی فرایند جذب فلوراید با استفاده از زغال پوست پسته به دست آمد. نمونه‌های مورد نیاز در این تحقیق به صورت سنتتیک تهیه شد.

آماده سازی جاذب و تعیین مشخصات آن

در ابتدا پوست پسته از مناطق اطراف شهرستان بیرجند جمع آوری و خشک گردید و توسط آب مقطر دوبار تقطیر شده چندین مرتبه شستشو و آبکشی شدند تا آلودگی‌های روی آن حذف گردد. سپس داخل آن در درجه حرارت ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا رطوبت آن گرفته شود، پس از آن پوست‌های خشک شده توسط آسیاب بصورت جداگانه کاملاً پودر شده و پودر حاصل در داخل بوتله جینی به درون کوره انتقال یافته و به مدت ۲ ساعت در دمای ۵۰۰ و ۶۰۰ و ۷۰۰ درجه سانتی گراد سوزانده شد و پس از سرد شدن زغال حاصل در ظروف به دور از رطوبت نگهداری شد.

در ابتدای کار پی اچ تخلیه نقطه صفر (pH_{zpc}) جاذب تعیین می‌گردد تا بار جاذب در pH های مختلف محیط تعیین گردد برای تعیین ساختار و مورفولوژی سطح جاذب از آزمایش تصویر برداری میکروسکوپ الکترونی (SEM) و برای تعیین سطح ویژه جاذب از آزمایش BET و برای تعیین گروه‌های عاملی موجود بر روی سطح جاذب از آزمایش طیف سنجی مادون قرمز (FTIR) استفاده گردید.

روش آزمایش

برای تهیه غلظت‌های مختلف فلوراید (۱۰، ۷، ۵، ۳، ۱/۵) از محلول استوک فلوراید سدیم ۱۰۰ میلی گرم در لیتر استفاده شد و سپس غلظت‌های مورد نظر با استفاده از محلول استوک تهیه شد. برای انجام آزمایش‌ها ابتدا مقدار ۵۰ cc نمونه با غلظت مشخص توسط استوانه مدرج برداشته و داخل ارلن ریخته شد در صورت نیاز به تنظیم pH، با استفاده از HCL و NaOH یک نرمال، pH تنظیم شد، سپس مقدار مشخصی از جاذب وزن شده و به نمونه داخل ارلن اضافه می‌گردد و بلافاصله بر روی شیکر گذاشته و دور هم زدن (۳۰۰-۰ دقیقه) تنظیم گردید. مدت زمان تماس در راکتور ۲،۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۴۰، ۱۶۰، ۱۸۰، ۲۰۰، ۲۲۰، ۲۴۰، ۲۶۰، ۲۸۰، ۳۰۰، ۳۲۰، ۳۴۰، ۳۶۰، ۳۸۰، ۴۰۰، ۴۲۰، ۴۴۰، ۴۶۰، ۴۸۰، ۵۰۰، ۵۲۰، ۵۴۰، ۵۶۰، ۵۸۰، ۶۰۰، ۶۲۰، ۶۴۰، ۶۶۰، ۶۸۰، ۷۰۰، ۷۲۰، ۷۴۰، ۷۶۰، ۷۸۰، ۸۰۰، ۸۲۰، ۸۴۰، ۸۶۰، ۸۸۰، ۹۰۰، ۹۲۰، ۹۴۰، ۹۶۰، ۹۸۰، ۱۰۰۰ دقیقه در نظر گرفته شد و پس از آن محلول را با کاغذ صافی واتمن ۱/۴۵ میکرون صاف کرده نمونه صاف شده جهت سنجش مقدار فلوراید مورد استفاده قرار گرفت. مهمترین متغیرهای مورد بررسی در این آزمایش pH اولیه با دامنه (۱۲، ۱۱، ۱۰، ۹، ۸، ۷، ۶، ۵، ۴، ۳، ۲، ۱/۵)، غلظت اولیه فلئور ۱۰، ۷، ۵، ۳، ۱/۵ mg/L و دمای سوزاندن کوره در ۳ دمای مختلف (۷۰۰، ۶۰۰، ۵۰۰ درجه سانتی گراد)، غلظت جاذب (۵ - ۱ g/L) و سرعت هم زدن (۳۰۰، ۲۰۰، ۱۵۰، ۱۰۰، ۵۰، ۰ دور بر دقیقه) خواهد بود. برای اطمینان از تکرار نتایج هر مرحله از آزمایش دوبار تکرار و میانگین نتایج گزارش گردید. اندازه گیری غلظت اولیه فلئور و غلظت باقیمانده آن بر اساس روش D-4500 استاندارد متد

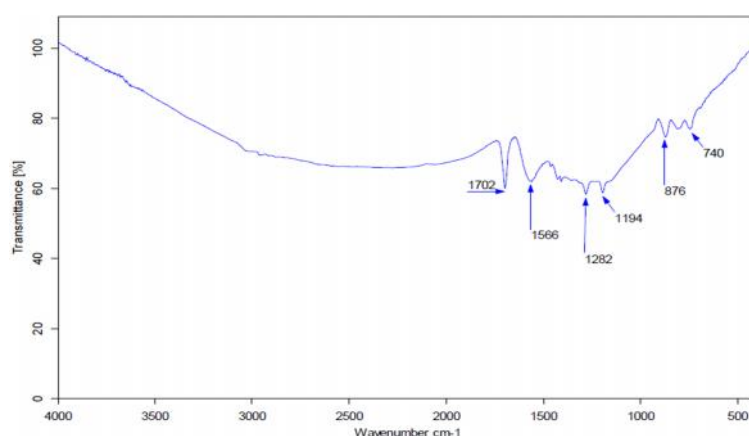
نقش گروه های عاملی فوق در فرآیند جذب قابل ملاحظه می باشد.

نتایج آزمایش SEM: با توجه به عکس های SEM گرفته شده از سطح جاذب ها (شکل ۲) که در چندین بزرگنمایی از جاذب پسته قبل و بعد از جذب فلوراید گرفته شده است مشخص می شود که سطح جاذب های تولیدی دارای خلل و فرج زیادی بوده و سطحی ناهموار با حفرات زیادی دارد که این امر نشان از جایگاه های مختلفی جهت جذب فلوراید توسط این جاذب ها را نشان می دهد.

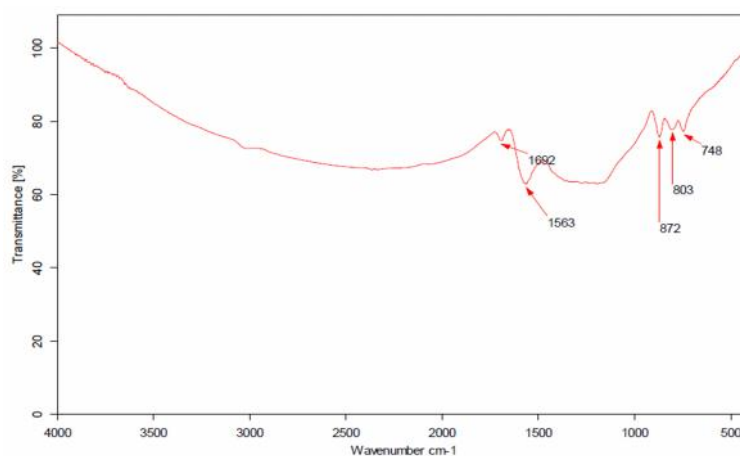
و به وسیله اسپکترومتر مدل UV/VIS Spectrometer T80+ در طول موج ۵۷۰nm انجام شد^{۳۷}. تجزیه و تحلیل داده ها توسط نرم افزار Excel انجام پذیرفت.

نتایج

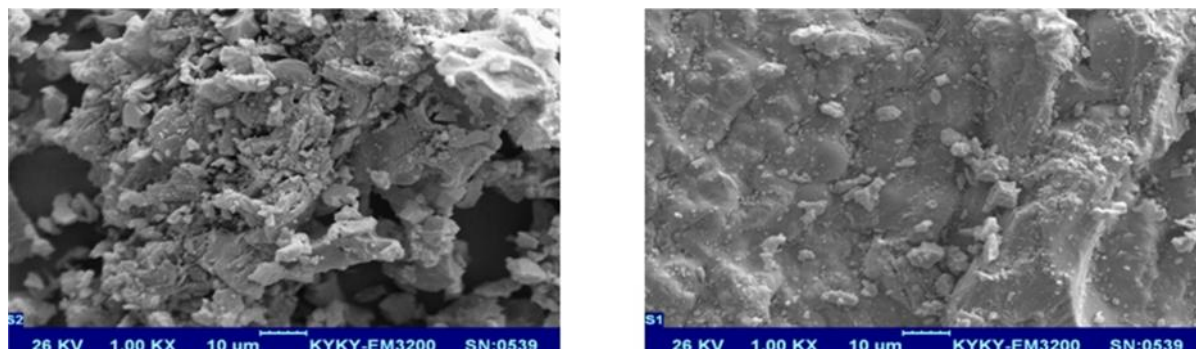
آزمایش FTIR: با انجام آزمایش FTIR در طیف cm^{-1} ۴۰۰۰-۶۰۰ در آزمایش FTIR زغال پسته پسته (شکل ۱ و ۲) قبل از جذب فلوراید دو پیک ۱۵۶۶ و ۱۲۸۲ مشاهده می گردد که به ترتیب بیان کننده گروه عاملی کربونیل و فنلیک می باشند که با مقایسه با جاذب بعد از عمل جذب مشخص می گردد که



شکل ۱: نمودار FTIR پسته سوخته شده در دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد قبل از عمل جذب در دمای ۲۲ درجه سانتی گراد و رطوبت ۲۲ درصد



شکل ۲: نمودار FTIR پسته سوخته شده در دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد بعد از عمل جذب در دمای ۲۲ درجه سانتی گراد و رطوبت ۲۲ درصد

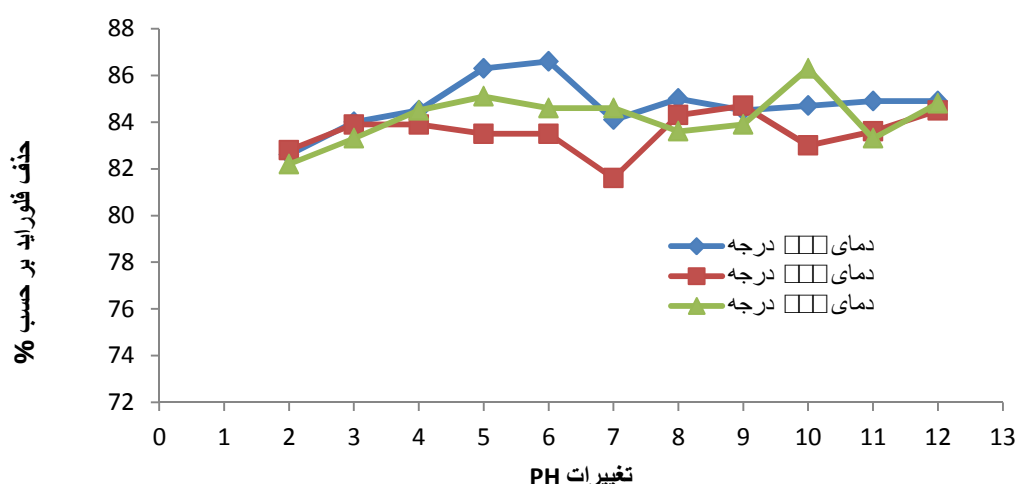


شکل ۲: SEM گرفته شده از پوسته سوخته پسته قبل و بعد از عمل جذب در بزرگنمایی‌های مختلف

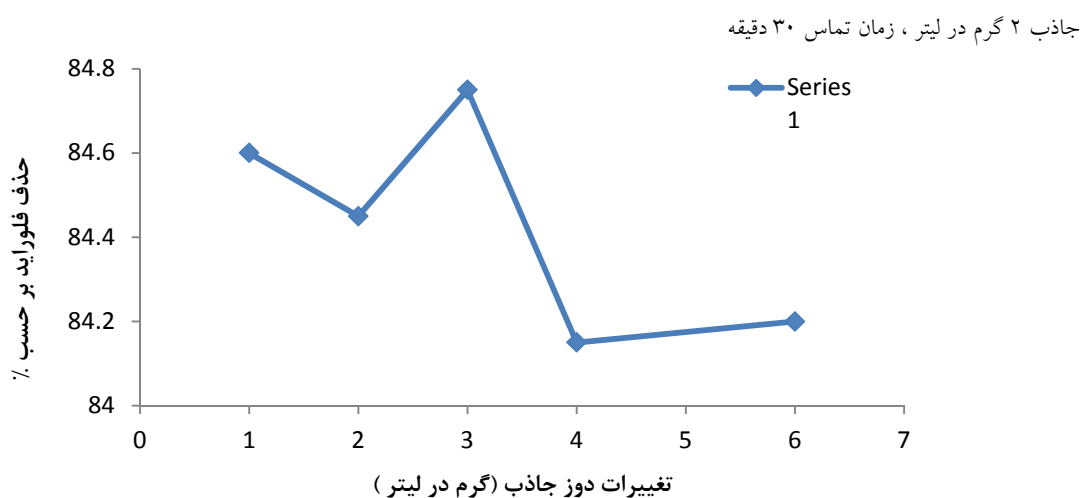
اثر دوز جاذب

با افزایش دوز جاذب میزان حذف فلوراید اندکی افزایش می‌یابد به صورتی که بهترین دوز جاذب برای پوسته سوخته بادام به میزان ۱ g/L می‌باشد که این دوز پایین‌ترین مقدار استفاده از ماده جاذب می‌باشد بنابراین به منظور کاهش استفاده از جاذب دوز بهینه جاذب به میزان ۰/۱ گرم در ۵۰ سی سی (۲ g/L) با میزان حذف فلوراید ۸۴/۸ درصد در نظر گرفته می‌شود (شکل ۴).

اثر دمای سوزاندن جاذب: با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایشات دمای سوزاندن جاذب‌ها تأثیری در میزان حذف فلوراید ندارد به همین دلیل جاذب‌های سوخته شده در دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد بعلاوه سهولت دسترسی به این دما برای ادامه کار انتخاب شد. با توجه به نتایج حاصل از انجام آزمایشات بر روی جاذب (شکل ۳) تغییرات pH، تأثیر اندکی بر میزان حذف فلوراید دارد بطوریکه در مورد پوسته سوخته شده پسته در همین دما بیشترین حذف در pH برابر ۱۰ به میزان ۸۶/۳ درصد می‌باشد.



شکل ۳: درصد حذف فلوراید در مقابل تغییرات pH برای پسته سوخته شده در دماهای ۵۰۰، ۶۰۰ و ۷۰۰ درجه سانتی گراد در غلظت اولیه ۵ mg/L فلوراید، دز



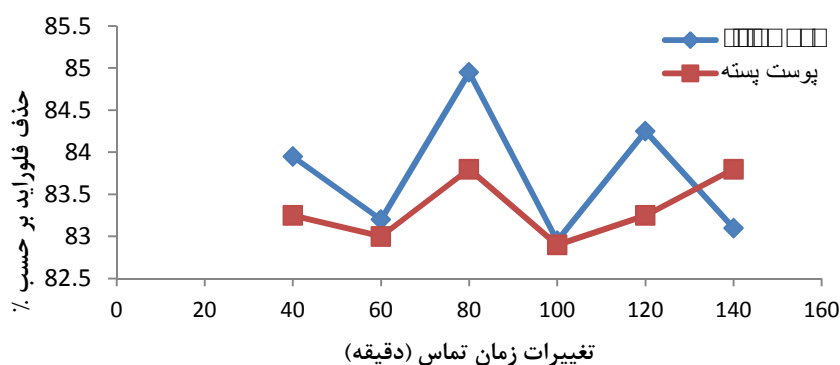
شکل ۴: درصد حذف فلوراید در مقابل تغییرات دوز جاذب برای پسته سوخته شده در دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد، pH خنثی، غلظت اولیه فلوراید ۵ g/L و سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه، زمان تماس ۳۰ دقیقه

اثر زمان تماس

زمان تماس در حذف فلوراید برای جاذب تأثیری ندارد بطوری که حتی در تماس اولیه ۴۰ دقیقه درصد حذف محلول برای پسته به میزان ۸۳/۲۵ درصد و در زمان تماس ۱۴۰ دقیقه که حداکثر زمان تماس بوده است، درصد حذف برای پسته به میزان ۸۳/۸ درصد می باشد.، در زمان تماس ۸۰ دقیقه بیشترین درصد به میزان ۸۳/۸ درصد به دست آمده که تفاوت چندانی با زمان تماس ۴۰ دقیقه نداشته بنابراین زمان تماس ۴۰ دقیقه به عنوان زمان تماس بهینه برای جاذب در نظر گرفته می شود (شکل ۵).

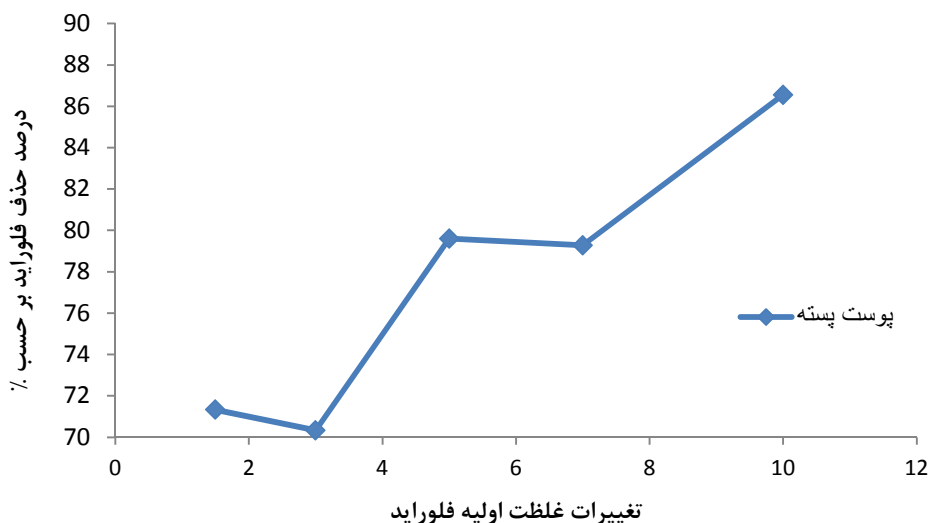
سرعت هم زدن

سرعت هم زدن در جاذب بادام و پسته تأثیر قابل ملاحظه ای در میزان حذف فلوراید ندارد در مواردی افزایش سرعت باعث افزایش اندکی در میزان حذف فلوراید می شود راندمان حذف در سرعت هم زدن ۲۷۰-۰ دور در دقیقه در محدوده ۸۳-۸۴ درصد می باشد بیشترین میزان حذف برای پوست بادام در سرعت ۲۷۰ دور در دقیقه به میزان ۸۴/۶ درصد و برای پوست پسته در همین سرعت ۸۴/۱ درصد بوده است. در نتیجه کاربرد این دو جاذب نیازمند اختلاط و همزدن چندانی نمی باشد و به صورت عمل جذب توسط آن صورت می پذیرد.



شکل ۵: درصد حذف فلوراید در مقابل تغییرات زمان تماس در pH خنثی برای پسته سوخته شده در دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد، غلظت اولیه فلوراید ۵ g/L،

دز جاذب ۲ g/L، سرعت هم زدن ۲۰۰ دور در دقیقه



شکل ۶: درصد حذف فلوراید در مقابل تغییرات غلظت اولیه فلوراید در pH خنثی برای پوست بادام سوخته شده در دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد، دز جاذب ۲ g/L، سرعت هم زدن ۲۰۰ دور در دقیقه، زمان تماس ۳۰ دقیقه

اثر تغییرات غلظت اولیه فلوراید

با افزایش غلظت اولیه فلوراید برای جاذب درصد حذف افزایش می یابد (شکل ۶) به صورتی که در غلظت اولیه فلوراید ۱/۵ ppm برای پوسته پسته درصد حذف معادل ۷۱/۳۳ درصد می باشد که با افزایش غلظت اولیه فلوراید به ۱۰ ppm درصد حذف به ۸۶/۵۵ درصد افزایش می یابد.

بحث

با توجه به نتایج حاصل از انجام آزمایشات بر روی جاذب تغییرات pH، تاثیر اندکی بر میزان حذف فلوراید دارد با نتیجه ی محمد تقی صمدی و همکاران در پژوهش بررسی کارایی پلی آلومینیم کلراید به عنوان یک نوع منعقد کننده جدید در حذف یون فلوراید از محیط های آبی که در سال ۱۳۸۸ انجام شد و کارایی فرآیند در pH اسیدی کمی بیشتر از pH قلیایی بود همخوانی دارد. دلیل این امر می تواند تشکیل لخته های درشتتر و مقاومتر در pH خنثی باشد^۳. با توجه به اینکه pH در بیشتر منابع آبی در محدوده خنثی می باشد بنابراین استفاده از زغال

پوست پسته می تواند مقادیر اضافی فلوراید در این منابع را حذف نماید. همچنین در پژوهشی که توسط سیاح زاده تحت عنوان استفاده از زغال پوسته گردو به عنوان جاذب در حذف فلوراید از آب آشامیدنی انجام شد مشخص شد که pH محلول در حذف فلوراید موثر می باشد بطوری که بیشترین میزان جذب فلوراید مربوط به زمانی است که pH نهایی محلول در حدود ۶/۵ الی ۸ می باشد و در حالتی که pH محلول خارج از این محدوده باشد میزان حذف فلوراید افت قابل ملاحظه ای دارد که درصد پایین حذف فلوراید در شرایط اسیدی محلول، می تواند بخاطر امکان تشکیل اسیدهای ضعیف فلورئید باشد که باعث کاهش میزان یون آزاد فلوراید در محلول برای جذب می گردد و درصد پایین حذف فلوراید در شرایط قلیایی محلول نیز می تواند بخاطر امکان رقابت یون های هیدروکسید و فلئور در جذب توسط جاذب باشد که این امر ناشی از تشابه یون های مذکور در بار الکتریکی و شعاع یونی آن ها است^{۱۱}. در تحقیقی تحت عنوان حذف فلوراید از آب به روش جذب سطحی با استفاده از باگاس، باگاس اصلاح شده و

کیتوزان توسط رضایی و همکاران بیشترین میزان حذف در محدوده pH ۵-۹ بوده است که در مورد هر سه جاذب pH برابر ۷ به عنوان pH بهینه در نظر گرفته شد که با نتایج حاصل از این آزمایشات همخوانی دارد.^۹ همچنین در پژوهشی که توسط کمبل و همکاران در سال ۲۰۰۷ با عنوان جاذب فلوراید با استفاده از کیتوزان و کیتوزان اصلاح شده با لانتانیم مورد بررسی قرار گرفت، بیشترین میزان حذف نیز در محدوده pH معادل با ۵-۹ بوده و بالاترین راندمان حذف در pH معادل ۶-۷ به دست آمده است.^{۳۳} همچنین در تحقیقی تحت همین عنوان توسط یانگ کو و همکاران انجام شد بیشترین کارایی حذف در pH ۵-۷ به دست آمده است.^{۳۸} جاگ توپ و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه کارایی کیتوزان در حذف فلوراید از آب به روش جاذب دریافتند که حداکثر جاذب فلوراید در pH معادل ۶/۷ صورت گرفته است.^{۳۱} با افزایش دوز جاذب میزان حذف فلوراید اندکی افزایش می یابد. به منظور کاهش استفاده از جاذب دوز بهینه جاذب به میزان ۰/۱ گرم در ۵۰ سی سی (g/L) (۲) با میزان حذف فلوراید ۸۴/۸ درصد در نظر گرفته می شود که با نتایج پژوهش سیاح زاده و همکاران^{۱۱} تحت عنوان استفاده از زغال پوسته گردو به عنوان جاذب در حذف فلوراید از آب آشامیدنی همخوانی دارد. همچنین برای جاذب پوسته پسته بهترین دوز جاذب به میزان ۳ g/L در نظر گرفته شد که میزان حذفی معادل ۸۴/۷۵ درصد داشته است (شکل ۵). نتیجه حاصله با نتیجه پژوهش های صمدی تحت عنوان بررسی کارایی پلی آلومینیم کلراید به عنوان یک نوع منعقد کننده جدید در حذف یون فلوراید از محیط های آبی که در سال ۱۳۸۸ انجام شد همخوانی دارد.^۳ لذا جاذب مورد مطالعه دارای خاصیت جاذب

منابع

1. Tor A. Removal of fluoride from an aqueous solution by using mont morillonite. Desalination 2006; 201(1-3): 267-276.
2. Li YH, Wang S, Zhang X, Wei J, UC X, Luan Z, et al. Adsorption of fluoride from water by aligned carbon nanotubes. Mater Res Bull 2003; 38(3): 469-760.

بسیار بالایی بوده که در مقادیر جاذب بسیار پایین، دارای درصد حذف بسیار بالایی می باشند و با افزایش مقادیر جاذب تغییرات قابل ملاحظه ای در حذف فلوراید اتفاق نمی افتد. با افزایش غلظت اولیه فلوراید درصد حذف افزایش می یابد (شکل ۶). بطور کلی ظرفیت جاذب با افزایش غلظت اولیه افزایش می یابد که می تواند مربوط به سایت های فعال کمتر باشد، زیرا با افزایش غلظت، نفوذ و فعالیت فلوراید افزایش می یابد که موافق با نظر نیگوسی و همکاران (۲۰۰۷) و پژوهش رضایی و همکاران در سال ۱۳۹۰ می باشد.^{۹،۱۳}

نتیجه گیری

بر مبنای نتایج حاصل از این مطالعه می توان اظهار نمود که جاذب مورد مطالعه دارای خاصیت جاذب بسیار بالایی بوده که در مقادیر جاذب بسیار پایین، دارای درصد حذف بسیار بالایی می باشند و با افزایش مقادیر جاذب تغییرات قابل ملاحظه ای در حذف فلوراید اتفاق نمی افتد. در نهایت می توان که زغال پوست پسته را به عنوان یک روش کارآمد، ارزان، عدم نیاز به تکنولوژی و با راندمان نسبتا بالا برای حذف فلوراید از محیط های آبی معرفی نمود.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر منتج از طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه علوم پزشکی بیرجند با کد طرح ۷۸۱ می باشد. بدین وسیله نویسندگان مقاله از دانشگاه علوم پزشکی بیرجند که حمایت مالی این پژوهش را برعهده داشتند تقدیر و تشکر می نمایند.

3. Samadi M T, Samarghandi M R. Performance Evaluation of Poly aluminum chloride (PACL) as a new coagulant for the removal of fluoride ions from aqueous solutions. *J Islam Dent Ass Iran* 2009;3: 165-170.
4. Tripathy S, Bersillon J I, Gopal K. Removal of fluoride from drinking water by adsorption on to alum – impreg nated activated alumina. *Sep and Pur Tec Sep Purif Technol* 2006; 50(3): 310-317.
5. Zeni M , Riveros R, Melo K, Primieri R, Lorenzini S. Study on fluoride reduction in artesian well – water from electro dialysis process. *Desalination* 2005; 185(1-3): 241- 244.
6. Emamjomeh M M, Sivakumar M. Fluoride removal by a continuous flow electrocoagulation reactor. *Environ Manag* 2009; 90(2): 1204-1212.
7. Rasheed M A, Jamhour Q. New inorganic Ion – exchange material for selective removal of fluoride from potable water using Ion – selective Electrode. *Am Environ J Sci* 2005; 1(1): 1-4.
8. Samadi M T, Norozi R ,Azizian S. Survey Impact of Activated Alumina in Fluoride Concentration Peresent in Water and Appointment Adsorption Isotherm And Kinetics. *J Environ Health* 2009; 2(3), 224-231.
9. Jazani S, Reaeii R, Mohseni Band Pey A and et al. fluoride removal from water by adsorption using bagasse modified bagasse and chitosan. *J Environ Health* 2014; 4(1), 35-48.
10. Toxic water fluoridation and How to remove it. Available from : <http://www.actionpa . org / fluoride / stop – fluoridation . pdf5>.
11. Siahzadeh A H. Walnut shells use coals as adsorbents for the removal of fluoride from drinking water. www.CCSofts.com , www.CompCivil.com.
12. Tor A, Danaoglu N, Arslan G , Gengelloglu Y. Removal of fluoride from water by using granular red mud: Batch and column studies. *J Hazard Mater* 2009; 164(1): 271-278.
13. Yao R, Meng F, Zhang L, Ma D, Wang M. Defluoridation of water using neodymium – modified chitosan. *J Hazard Mater* 2009; 165(1-3): 454-460.
14. Tor A. Removal of fluoride from water using anion – exchange membrane under Donnan dialysis condition. *J Hazard Mater* 2007; 141(3): 814-818.
15. Baris K, Duygu O, Ali G, Volkan NB, Celal D, Mustafa S. Removal of fluoride ions from aqueous solution by waste mud. *J Hazard Mat.* 2009; 168 (3): 888-899.
16. Maliyekkal shihabudheen M, Shukla Sun jay, Philip ligy, Nambi M, Indumath I. Enhanced Fluoride removal from drinking water by magnesia – amended activated alumina granules. *Chem Eng J* 2008; 140(1-3): 183-192.
17. Meenakshi, Maheshwari R C. Fluoride in drinking water and its removal. *J Hazard Mater* 2006; 137 (1): 456-463.
18. Mohapatra M, Anand S, Mishra B K, Giles Dion E. Singh P. Review of Fluoride removal from drinking water, *J Environ Manage* 2009; 91(1): 67-77.
19. Arora M, Maheeshwari RC, Jain SK, Gupta A. Use of membrane technology for potable water production, *Desalination* 2004; 170(2): 105-112.
20. Hu K, Dickson J M. Nano filtration membrane performance on fluoride removal from water. *J Membr Sci* 2006; 279(1-2): 529-538.
21. Venkata Mohan S, Ramanaiah SV, Rajkumar B, Sarma PN. Removal of fluoride from aqueous phase by biosorption on to algal biosorbent spirogyra SP- Io2 : sorption mechanism elucidation. *J Hazard Mater* 2007; 141(3). 465-474.
22. Acemioglu B. Batch kinetic study of sorption of methylene blue by perlite. *Chem Eng J* 2005; 106(1): 73-81.
23. Chidambaram S, Ramanathan A L and Vasudevan S. Fluoride removal studies in water using natural materials, *Water Sci* 2003; 29(3): 339-343.
24. Subramanyam B, Das A. study of the adsorption of phenol by two soils based on kinetic and isotherm modeling analyses. *Desalination* 2009; 249(3): 914-921.
25. Kumar Yadav A, Kaushik C P, Kumar Haritash A, Kansal A, Rani N. Defluoridation of ground water using brick powder as an adsorbent , *J Hazard Mater* 2006; 128(2-3): 289-293.
26. Mjengera H, Mkongo G. Appropriate defluoridation technology forus in ourotic areas in Tanzania. *Phys Chem Earth* 2003; 28: 1097-1104.
27. Wng Y, Reardon E J. Activation and regeneration of a soil sorbent for deflouridation of drinking water, *Appl Geochem* 2007; 16(5): 531-539.
28. Young KU, Hwei–Mei C H. the adsorption of fluoride Ion from Aqueous solution by Activated Alumina . *Water Air Soil Pollut* 2001; 133(1-4): 349-360.
29. Tang Y,Guam X, SU T, Gao N, Wang J. fluoride adsorption on to activated alumina: Modeling the effects of pH and some competing ions. *Colloids Surf* 2009; 337(1-3): 33-38.
30. Sairam Sundarama C, Viswanathan N, Meenakshi S. Defluoridation of water using magnesia / chitosan composite. *J Hazard Mater* 2009; 163(2-3): 618-624.
31. Jagtap S, Thakre D, Wanjai S, Labhsetwar N, Ray alu S. New modified chitosan – based adsorbent for defluoridation of water. *J Colloid Interface Sci* 2009; 332(2): 280-290.
32. Nigussie W, Zewge F, Chandravanshi B S. Removal of excess fluoride from water using waste residue from alum manufacturing process. *J Hazard Mater* 2007; 147(3): 954-963.
33. Kambel S P, Jagtap S, Lobhsetwar N K, Thakare D, Godfrey S, Rayalu S S. Defluoridation of drinking water using chitin. chitosan and lanthanum modified chitosan. *Chem Eng J* 2007; 129(1-3): 173-180.

34. Wajima T, Umata Y, Narita S, Sugawar K. Adsorption behavior of fluoride ions using a titanium hydroxide – derived adsorbent. *Desalination* 2006; 249(1): 323-330.
35. Alagumuthu G, Rajan M. Equilibrium and kinetics of adsorption of fluoride on to zirconium impregnated cashew nut shell carbon. *Chem Eng J* 2010; 158(3): 451-457.
36. Biswas K, Gupta K , Chand Ghosh U. Adsorption of fluoride by hydrous iron (3)- tin (4) bimetal mixed oxide from the aqueous solutions. *Chem Eng J* 2009; 149(1-3): 196-206.
37. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 12. ²¹st Ed. APHA-AWWA-WPCF Washington DC; 2005.
38. Young K U, Hwei-Mei C H. The Adsorption of Fluoride Ion from Aqueous Solution by Activated Alumina. *Water, Air, Soil Pollut* 2001; 133(1-4): 349.360.

Investigation of Fluoride Removal Efficiency from Aqueous Solution by Pistachio and Almonds Crust

Maryam Khodadadi¹, Amir Hossein Mahvi², Hossien Vazieni³, Rasoul Khosravi¹,
Hadigheh Dorri¹, Mohammad Hossien Saghi^{4*}

1. Social Determinants of Health Research Center, Department of Environmental Health Engineering,
Birjand University of Medical Science, KHorasan Jonoubi, Birjand, Iran

2. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Institute of Public Health Research,
Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3. Department of Nursing, Basic Science Faculty, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran 4.
Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Shahid Beheshti
University of Medical Sciences, Tehran, Iran

*E-mail: saghi9@gmail.com

Received: 14 Feb 2015 ; Accepted: 20 May 2015

ABSTRACT

Introduction: Fluoride and its compounds are widely used in industries and then through effluent are released into the environment. The purpose of this study was to evaluate Efficiency of low cost adsorbents (pistachios coal) in the removal of fluoride from aqueous solutions.

Methods: For the preparation of adsorbent, crust of pistachios deride, then washed with distilled water, then powder in the furnace for burning for 2 hours at temperatures of 500, 600, and 700 °C. The effect of changing pH, burning temperature of adsorbent, stirring speed, initial concentration of fluoride, retention time and adsorbent dose was studied. Concentration of fluoride measured according to standard method using spectrophotometer; the data were analyzed using Excel software.

Results: The results of these experiments showed that the burning adsorber, temperature 500 °C, PH of solution in the neutral range (pH = 7), adsorbent dose of 2 g/L for absorbing almonds and adsorbent dose of 3 g pistachio, contact time of 40 minutes for both adsorbent, initial fluoride concentration (5ppm) for both adsorbent without mixing, the optimal conditions for the efficiency of the absorber is as much as 90-80 percent.

Discussion: According to the results pistachio coal can used with high efficiency for flouride removal.

Keywords: Pistachio coal, Fluoride, Aquatic environments, Adsorbent