

# بررسی کارایی کربن حاصل از پوست پسته در حذف فلوراید از محیط‌های آبی

- مریم خدادادی<sup>۱</sup>، امیر حسین محوی<sup>۲</sup>، حسین وزینی<sup>۳</sup>، رسول خسروی<sup>۴</sup>، حدیقه دری<sup>۱</sup>، محمد حسین ساقی<sup>۴\*</sup>
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 ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد سوزانده می‌شود. اثر متغیرهای pH، دمای سوزاندن جاذب، سرعت هم‌زدن، غلظت اولیه فلئور، مدت زمان تماس و دوز جاذب مورد بررسی قرار گرفت. اندازه‌گیری غلظت اولیه فلئور و غلظت باقیمانده بر اساس استاندارد متد و با کمک دستگاه اسپکتروفتومتری انجام گرفت و در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL صورت گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج حاصل از این آزمایشات نشان داد که سوزاندن جاذب‌ها (زغال پوسته پسته) در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، 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 شیشه‌سازی منشا می‌گیرد. 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<sup>۲</sup> و در مواقعی که مقدار آن در آب کم می باشد باید بطور مصنوعی به آب اضافه گردد<sup>۳</sup>. وجود فلوراید در آب برای جلوگیری از پوسیدگی دندان ضروری می باشد<sup>۴</sup> ولی چنانچه مقدار آن بیش از حد مطلوب باشد باعث فلوروزیس دندانی<sup>۵</sup> و فلوروزیس اسکلتی می شود<sup>۶</sup>. 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<sup>۷</sup>. 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<sup>۸</sup>. سازمان بهداشت جهانی حد مجاز فلوراید در آب را  $1/5 - 0/75$  میلی گرم در لیتر اعلام کرده است<sup>۹</sup>. به لحاظ سمیت فلوراید و خطر دز اضافی آن فلوروزنی آبهای آشامیدنی در برخی از کشورها متوقف شده است<sup>۱۰</sup>، 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<sup>۱۱</sup>. 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<sup>۱۲</sup>، 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<sup>۱۳</sup>. 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 (زابلی و زاهدان)<sup>۱۴</sup>. 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<sup>۱۵</sup>. امروزه از روش های مختلف از جمله فرایند جذب سطحی<sup>۱۶</sup> رسوب دهی شیمیایی<sup>۱۷</sup> تبادل یون<sup>۱۸</sup> الکترودیالیز<sup>۱۹</sup> اسمز معکوس<sup>۲۰</sup> نانوفیلتراسیون<sup>۲۱</sup> بیوجذب<sup>۲۲</sup> جذب سطحی با آلومینای فعال و اکسید منگنز با پوشش آلومین<sup>۲۳</sup> 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<sup>۲۴</sup>. اما بسیاری از این روشها به دلیل گرانی و پیچیدگی قابلیت کاربرد در کشورهای در حال توسعه را ندارند<sup>۲۵</sup> و به دلیل هزینه بالای کربن فعال امروزه استفاده از سایر جاذب ها مورد توجه قرار گرفته است<sup>۲۶</sup>. 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<sup>۲۷</sup> زغال پوسته گردو<sup>۲۸</sup> پودر آجر<sup>۲۹</sup> زغال استخوان<sup>۳۰</sup> و خاک<sup>۳۱</sup> اشاره نمود. بررسی تاثیر آلومینای فعال بر غلظت فلوراید موجود در آب و تعیین ایزوترم ها و سنتیک جذب که در سال ۱۳۸۸ توسط نوروزی انجام شد<sup>۳۲</sup>. 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<sup>۳۳</sup>. 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.<sup>۲۸</sup> یولین تانگ و همکاران در سال ۲۰۰۹ قابلیت آلودگی‌های 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.<sup>۲۹</sup> 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.<sup>۳۰</sup> 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<sub>zpc</sub>) 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 (۱/۵، ۳، ۵، ۷، ۱۰) 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 (۰-۳۰۰ 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، ۱۰۲۰، ۱۰۴۰، ۱۰۶۰، ۱۰۸۰، ۱۱۰۰، ۱۱۲۰، ۱۱۴۰، ۱۱۶۰، ۱۱۸۰، ۱۲۰۰، ۱۲۲۰، ۱۲۴۰، ۱۲۶۰، ۱۲۸۰، ۱۳۰۰، ۱۳۲۰، ۱۳۴۰، ۱۳۶۰، ۱۳۸۰، ۱۴۰۰، ۱۴۲۰، ۱۴۴۰، ۱۴۶۰، ۱۴۸۰، ۱۵۰۰، ۱۵۲۰، ۱۵۴۰، ۱۵۶۰، ۱۵۸۰، ۱۶۰۰، ۱۶۲۰، ۱۶۴۰، ۱۶۶۰، ۱۶۸۰، ۱۷۰۰، ۱۷۲۰، ۱۷۴۰، ۱۷۶۰، ۱۷۸۰، ۱۸۰۰، ۱۸۲۰، ۱۸۴۰، ۱۸۶۰، ۱۸۸۰، ۱۹۰۰، ۱۹۲۰، ۱۹۴۰، ۱۹۶۰، ۱۹۸۰، ۲۰۰۰، ۲۰۲۰، ۲۰۴۰، ۲۰۶۰، ۲۰۸۰، ۲۱۰۰، ۲۱۲۰، ۲۱۴۰، ۲۱۶۰، ۲۱۸۰، ۲۲۰۰، ۲۲۲۰، ۲۲۴۰، ۲۲۶۰، ۲۲۸۰، ۲۳۰۰، ۲۳۲۰، ۲۳۴۰، ۲۳۶۰، ۲۳۸۰، ۲۴۰۰، ۲۴۲۰، ۲۴۴۰، ۲۴۶۰، ۲۴۸۰، ۲۵۰۰، ۲۵۲۰، ۲۵۴۰، ۲۵۶۰، ۲۵۸۰، ۲۶۰۰، ۲۶۲۰، ۲۶۴۰، ۲۶۶۰، ۲۶۸۰، ۲۷۰۰، ۲۷۲۰، ۲۷۴۰، ۲۷۶۰، ۲۷۸۰، ۲۸۰۰، ۲۸۲۰، ۲۸۴۰، ۲۸۶۰، ۲۸۸۰، ۲۹۰۰، ۲۹۲۰، ۲۹۴۰، ۲۹۶۰، ۲۹۸۰، ۳۰۰۰، ۳۰۲۰، ۳۰۴۰، ۳۰۶۰، ۳۰۸۰، ۳۱۰۰، ۳۱۲۰، ۳۱۴۰، ۳۱۶۰، ۳۱۸۰، ۳۲۰۰، ۳۲۲۰، ۳۲۴۰، ۳۲۶۰، ۳۲۸۰، ۳۳۰۰، ۳۳۲۰، ۳۳۴۰، ۳۳۶۰، ۳۳۸۰، ۳۴۰۰، ۳۴۲۰، ۳۴۴۰، ۳۴۶۰، ۳۴۸۰، ۳۵۰۰، ۳۵۲۰، ۳۵۴۰، ۳۵۶۰، ۳۵۸۰، ۳۶۰۰، ۳۶۲۰، ۳۶۴۰، ۳۶۶۰، ۳۶۸۰، ۳۷۰۰، ۳۷۲۰، ۳۷۴۰، ۳۷۶۰، ۳۷۸۰، ۳۸۰۰، ۳۸۲۰، ۳۸۴۰، ۳۸۶۰، ۳۸۸۰، ۳۹۰۰، ۳۹۲۰، ۳۹۴۰، ۳۹۶۰، ۳۹۸۰، ۴۰۰۰، ۴۰۲۰، ۴۰۴۰، ۴۰۶۰، ۴۰۸۰، ۴۱۰۰، ۴۱۲۰، ۴۱۴۰، ۴۱۶۰، ۴۱۸۰، ۴۲۰۰، ۴۲۲۰، ۴۲۴۰، ۴۲۶۰، ۴۲۸۰، ۴۳۰۰، ۴۳۲۰، ۴۳۴۰، ۴۳۶۰، ۴۳۸۰، ۴۴۰۰، ۴۴۲۰، ۴۴۴۰، ۴۴۶۰، ۴۴۸۰، ۴۵۰۰، ۴۵۲۰، ۴۵۴۰، ۴۵۶۰، ۴۵۸۰، ۴۶۰۰، ۴۶۲۰، ۴۶۴۰، ۴۶۶۰، ۴۶۸۰، ۴۷۰۰، ۴۷۲۰، ۴۷۴۰، ۴۷۶۰، ۴۷۸۰، ۴۸۰۰، ۴۸۲۰، ۴۸۴۰، ۴۸۶۰، ۴۸۸۰، ۴۹۰۰، ۴۹۲۰، ۴۹۴۰، ۴۹۶۰، ۴۹۸۰، ۵۰۰۰، ۵۰۲۰، ۵۰۴۰، ۵۰۶۰، ۵۰۸۰، ۵۱۰۰، ۵۱۲۰، ۵۱۴۰، ۵۱۶۰، ۵۱۸۰، ۵۲۰۰، ۵۲۲۰، ۵۲۴۰، ۵۲۶۰، ۵۲۸۰، ۵۳۰۰، ۵۳۲۰، ۵۳۴۰، ۵۳۶۰، ۵۳۸۰، ۵۴۰۰، ۵۴۲۰، ۵۴۴۰، ۵۴۶۰، ۵۴۸۰، ۵۵۰۰، ۵۵۲۰، ۵۵۴۰، ۵۵۶۰، ۵۵۸۰، ۵۶۰۰، ۵۶۲۰، ۵۶۴۰، ۵۶۶۰، ۵۶۸۰، ۵۷۰۰، ۵۷۲۰، ۵۷۴۰، ۵۷۶۰، ۵۷۸۰، ۵۸۰۰، ۵۸۲۰، ۵۸۴۰، ۵۸۶۰، ۵۸۸۰، ۵۹۰۰، ۵۹۲۰، ۵۹۴۰، ۵۹۶۰، ۵۹۸۰، ۶۰۰۰، ۶۰۲۰، ۶۰۴۰، ۶۰۶۰، ۶۰۸۰، ۶۱۰۰، ۶۱۲۰، ۶۱۴۰، ۶۱۶۰، ۶۱۸۰، ۶۲۰۰، ۶۲۲۰، ۶۲۴۰، ۶۲۶۰، ۶۲۸۰، ۶۳۰۰، ۶۳۲۰، ۶۳۴۰، ۶۳۶۰، ۶۳۸۰، ۶۴۰۰، ۶۴۲۰، ۶۴۴۰، ۶۴۶۰، ۶۴۸۰، ۶۵۰۰، ۶۵۲۰، ۶۵۴۰، ۶۵۶۰، ۶۵۸۰، ۶۶۰۰، ۶۶۲۰، ۶۶۴۰، ۶۶۶۰، ۶۶۸۰، ۶۷۰۰، ۶۷۲۰، ۶۷۴۰، ۶۷۶۰، ۶۷۸۰، ۶۸۰۰، ۶۸۲۰، ۶۸۴۰، ۶۸۶۰، ۶۸۸۰، ۶۹۰۰، ۶۹۲۰، ۶۹۴۰، ۶۹۶۰، ۶۹۸۰، ۷۰۰۰، ۷۰۲۰، ۷۰۴۰، ۷۰۶۰، ۷۰۸۰، ۷۱۰۰، ۷۱۲۰، ۷۱۴۰، ۷۱۶۰، ۷۱۸۰، ۷۲۰۰، ۷۲۲۰، ۷۲۴۰، ۷۲۶۰، ۷۲۸۰، ۷۳۰۰، ۷۳۲۰، ۷۳۴۰، ۷۳۶۰، ۷۳۸۰، ۷۴۰۰، ۷۴۲۰، ۷۴۴۰، ۷۴۶۰، ۷۴۸۰، ۷۵۰۰، ۷۵۲۰، ۷۵۴۰، ۷۵۶۰، ۷۵۸۰، ۷۶۰۰، ۷۶۲۰، ۷۶۴۰، ۷۶۶۰، ۷۶۸۰، ۷۷۰۰، ۷۷۲۰، ۷۷۴۰، ۷۷۶۰، ۷۷۸۰، ۷۸۰۰، ۷۸۲۰، ۷۸۴۰، ۷۸۶۰، ۷۸۸۰، ۷۹۰۰، ۷۹۲۰، ۷۹۴۰، ۷۹۶۰، ۷۹۸۰، ۸۰۰۰، ۸۰۲۰، ۸۰۴۰، ۸۰۶۰، ۸۰۸۰، ۸۱۰۰، ۸۱۲۰، ۸۱۴۰، ۸۱۶۰، ۸۱۸۰، ۸۲۰۰، ۸۲۲۰، ۸۲۴۰، ۸۲۶۰، ۸۲۸۰، ۸۳۰۰، ۸۳۲۰، ۸۳۴۰، ۸۳۶۰، ۸۳۸۰، ۸۴۰۰، ۸۴۲۰، ۸۴۴۰، ۸۴۶۰، ۸۴۸۰، ۸۵۰۰، ۸۵۲۰، ۸۵۴۰، ۸۵۶۰، ۸۵۸۰، ۸۶۰۰، ۸۶۲۰، ۸۶۴۰، ۸۶۶۰، ۸۶۸۰، ۸۷۰۰، ۸۷۲۰، ۸۷۴۰، ۸۷۶۰، ۸۷۸۰، ۸۸۰۰، ۸۸۲۰، ۸۸۴۰، ۸۸۶۰، ۸۸۸۰، ۸۹۰۰، ۸۹۲۰، ۸۹۴۰، ۸۹۶۰، ۸۹۸۰، ۹۰۰۰، ۹۰۲۰، ۹۰۴۰، ۹۰۶۰، ۹۰۸۰، ۹۱۰۰، ۹۱۲۰، ۹۱۴۰، ۹۱۶۰، ۹۱۸۰، ۹۲۰۰، ۹۲۲۰، ۹۲۴۰، ۹۲۶۰، ۹۲۸۰، ۹۳۰۰، ۹۳۲۰، ۹۳۴۰، ۹۳۶۰، ۹۳۸۰، ۹۴۰۰، ۹۴۲۰، ۹۴۴۰، ۹۴۶۰، ۹۴۸۰، ۹۵۰۰، ۹۵۲۰، ۹۵۴۰، ۹۵۶۰، ۹۵۸۰، ۹۶۰۰، ۹۶۲۰، ۹۶۴۰، ۹۶۶۰، ۹۶۸۰، ۹۷۰۰، ۹۷۲۰، ۹۷۴۰، ۹۷۶۰، ۹۷۸۰، ۹۸۰۰، ۹۸۲۰، ۹۸۴۰، ۹۸۶۰، ۹۸۸۰، ۹۹۰۰، ۹۹۲۰، ۹۹۴۰، ۹۹۶۰، ۹۹۸۰، ۱۰۰۰۰، ۱۰۰۰۲، ۱۰۰۰۴، ۱۰۰۰۶، ۱۰۰۰۸، ۱۰۰۱۰، ۱۰۰۱۲، ۱۰۰۱۴، ۱۰۰۱۶، ۱۰۰۱۸، ۱۰۰۲۰، ۱۰۰۲۲، ۱۰۰۲۴، ۱۰۰۲۶، ۱۰۰۲۸، ۱۰۰۳۰، ۱۰۰۳۲، ۱۰۰۳۴، ۱۰۰۳۶، ۱۰۰۳۸، ۱۰۰۴۰، ۱۰۰۴۲، ۱۰۰۴۴، ۱۰۰۴۶، ۱۰۰۴۸، ۱۰۰۵۰، ۱۰۰۵۲، ۱۰۰۵۴، ۱۰۰۵۶، ۱۰۰۵۸، ۱۰۰۶۰، ۱۰۰۶۲، ۱۰۰۶۴، ۱۰۰۶۶، ۱۰۰۶۸، ۱۰۰۷۰، ۱۰۰۷۲، ۱۰۰۷۴، ۱۰۰۷۶، ۱۰۰۷۸، ۱۰۰۸۰، ۱۰۰۸۲، ۱۰۰۸۴، ۱۰۰۸۶، ۱۰۰۸۸، ۱۰۰۹۰، ۱۰۰۹۲، ۱۰۰۹۴، ۱۰۰۹۶، ۱۰۰۹۸، ۱۰۱۰۰، ۱۰۱۰۲، ۱۰۱۰۴، ۱۰۱۰۶، ۱۰۱۰۸، ۱۰۱۱۰، ۱۰۱۱۲، ۱۰۱۱۴، ۱۰۱۱۶، ۱۰۱۱۸، ۱۰۱۲۰، ۱۰۱۲۲، ۱۰۱۲۴، ۱۰۱۲۶، ۱۰۱۲۸، ۱۰۱۳۰، ۱۰۱۳۲، ۱۰۱۳۴، ۱۰۱۳۶، ۱۰۱۳۸، ۱۰۱۴۰، ۱۰۱۴۲، ۱۰۱۴۴، ۱۰۱۴۶، ۱۰۱۴۸، ۱۰۱۵۰، ۱۰۱۵۲، ۱۰۱۵۴، ۱۰۱۵۶، ۱۰۱۵۸، ۱۰۱۶۰، ۱۰۱۶۲، ۱۰۱۶۴، ۱۰۱۶۶، ۱۰۱۶۸، ۱۰۱۷۰، ۱۰۱۷۲، ۱۰۱۷۴، ۱۰۱۷۶، ۱۰۱۷۸، ۱۰۱۸۰، ۱۰۱۸۲، ۱۰۱۸۴، ۱۰۱۸۶، ۱۰۱۸۸، ۱۰۱۹۰، ۱۰۱۹۲، ۱۰۱۹۴، ۱۰۱۹۶، ۱۰۱۹۸، ۱۰۲۰۰، ۱۰۲۰۲، ۱۰۲۰۴، ۱۰۲۰۶، ۱۰۲۰۸، ۱۰۲۱۰، ۱۰۲۱۲، ۱۰۲۱۴، ۱۰۲۱۶، ۱۰۲۱۸، ۱۰۲۲۰، ۱۰۲۲۲، ۱۰۲۲۴، ۱۰۲۲۶، ۱۰۲۲۸، ۱۰۲۳۰، ۱۰۲۳۲، ۱۰۲۳۴، ۱۰۲۳۶، ۱۰۲۳۸، ۱۰۲۴۰، ۱۰۲۴۲، ۱۰۲۴۴، ۱۰۲۴۶، ۱۰۲۴۸، ۱۰۲۵۰، ۱۰۲۵۲، ۱۰۲۵۴، ۱۰۲۵۶، ۱۰۲۵۸، ۱۰۲۶۰، ۱۰۲۶۲، ۱۰۲۶۴، ۱۰۲۶۶، ۱۰۲۶۸، ۱۰۲۷۰، ۱۰۲۷۲، ۱۰۲۷۴، ۱۰۲۷۶، ۱۰۲۷۸، ۱۰۲۸۰، ۱۰۲۸۲، ۱۰۲۸۴، ۱۰۲۸۶، ۱۰۲۸۸، ۱۰۲۹۰، ۱۰۲۹۲، ۱۰۲۹۴، ۱۰۲۹۶، ۱۰۲۹۸، ۱۰۳۰۰، ۱۰۳۰۲، ۱۰۳۰۴، ۱۰۳۰۶، ۱۰۳۰۸، ۱۰۳۱۰، ۱۰۳۱۲، ۱۰۳۱۴، ۱۰۳۱۶، ۱۰۳۱۸، ۱۰۳۲۰، ۱۰۳۲۲، ۱۰۳۲۴، ۱۰۳۲۶، ۱۰۳۲۸، ۱۰۳۳۰، ۱۰۳۳۲، ۱۰۳۳۴، ۱۰۳۳۶، ۱۰۳۳۸، ۱۰۳۴۰، ۱۰۳۴۲، ۱۰۳۴۴، ۱۰۳۴۶، ۱۰۳۴۸، ۱۰۳۵۰، ۱۰۳۵۲، ۱۰۳۵۴، ۱۰۳۵۶، ۱۰۳۵۸، ۱۰۳۶۰، ۱۰۳۶۲، ۱۰۳۶۴، ۱۰۳۶۶، ۱۰۳۶۸، ۱۰۳۷۰، ۱۰۳۷۲، ۱۰۳۷۴، ۱۰۳۷۶، ۱۰۳۷۸، ۱۰۳۸۰، ۱۰۳۸۲، ۱۰۳۸۴، ۱۰۳۸۶، ۱۰۳۸۸، ۱۰۳۹۰، ۱۰۳۹۲، ۱۰۳۹۴، ۱۰۳۹۶، ۱۰۳۹۸، ۱۰۴۰۰، ۱۰۴۰۲، ۱۰۴۰۴، ۱۰۴۰۶، ۱۰۴۰۸، ۱۰۴۱۰، ۱۰۴۱۲، ۱۰۴۱۴، ۱۰۴۱۶، ۱۰۴۱۸، ۱۰۴۲۰، ۱۰۴۲۲، ۱۰۴۲۴، ۱۰۴۲۶، ۱۰۴۲۸، ۱۰۴۳۰، ۱۰۴۳۲، ۱۰۴۳۴، ۱۰۴۳۶، ۱۰۴۳۸، ۱۰۴۴۰، ۱۰۴۴۲، ۱۰۴۴۴، ۱۰۴۴۶، ۱۰۴۴۸، ۱۰۴۵۰، ۱۰۴۵۲، ۱۰۴۵۴، ۱۰۴۵۶، ۱۰۴۵۸، ۱۰۴۶۰، ۱۰۴۶۲، ۱۰۴۶۴، ۱۰۴۶۶، ۱۰۴۶۸، ۱۰۴۷۰، ۱۰۴۷۲، ۱۰۴۷۴، ۱۰۴۷۶، ۱۰۴۷۸، ۱۰۴۸۰، ۱۰۴۸۲، ۱۰۴۸۴، ۱۰۴۸۶، ۱۰۴۸۸، ۱۰۴۹۰، ۱۰۴۹۲، ۱۰۴۹۴، ۱۰۴۹۶، ۱۰۴۹۸، ۱۰۵۰۰، ۱۰۵۰۲، ۱۰۵۰۴، ۱۰۵۰۶، ۱۰۵۰۸، ۱۰۵۱۰، ۱۰۵۱۲، ۱۰۵۱۴، ۱۰۵۱۶، ۱۰۵۱۸، ۱۰۵۲۰، ۱۰۵۲۲، ۱۰۵۲۴، ۱۰۵۲۶، ۱۰۵۲۸، ۱۰۵۳۰، ۱۰۵۳۲، ۱۰۵۳۴، ۱۰۵۳۶، ۱۰۵۳۸، ۱۰۵۴۰، ۱۰۵۴۲، ۱۰۵۴۴، ۱۰۵۴۶، ۱۰۵۴۸، ۱۰۵۵۰، ۱۰۵۵۲، ۱۰۵۵۴، ۱۰۵۵۶، ۱۰۵۵۸، ۱۰۵۶۰، ۱۰۵۶۲، ۱۰۵۶۴، ۱۰۵۶۶، ۱۰۵۶۸، ۱۰۵۷۰، ۱۰۵۷۲، ۱۰۵۷۴، ۱۰۵۷۶، ۱۰۵۷۸، ۱۰۵۸۰، ۱۰۵۸۲، ۱۰۵۸۴، ۱۰۵۸۶، ۱۰۵۸۸، ۱۰۵۹۰، ۱۰۵۹۲، ۱۰۵۹۴، ۱۰۵۹۶، ۱۰۵۹۸، ۱۰۶۰۰، ۱۰۶۰۲، ۱۰۶۰۴، ۱۰۶۰۶، ۱۰۶۰۸، ۱۰۶۱۰، ۱۰۶۱۲، ۱۰۶۱۴، ۱۰۶۱۶، ۱۰۶۱۸، ۱۰۶۲۰، ۱۰۶۲۲، ۱۰۶۲۴، ۱۰۶۲۶، ۱۰۶۲۸، ۱۰۶۳۰، ۱۰۶۳۲، ۱۰۶۳۴، ۱۰۶۳۶، ۱۰۶۳۸، ۱۰۶۴۰، ۱۰۶۴۲، ۱۰۶۴۴، ۱۰۶۴۶، ۱۰۶۴۸، ۱۰۶۵۰، ۱۰۶۵۲، ۱۰۶۵۴، ۱۰۶۵۶، ۱۰۶۵۸، ۱۰۶۶۰، ۱۰۶۶۲، ۱۰۶۶۴، ۱۰۶۶۶، ۱۰۶۶۸، ۱۰۶۷۰، ۱۰۶۷۲، ۱۰۶۷۴، ۱۰۶۷۶، ۱۰۶۷۸، ۱۰۶۸۰، ۱۰۶۸۲، ۱۰۶۸۴، ۱۰۶۸۶، ۱۰۶۸۸، ۱۰۶۹۰، ۱۰۶۹۲، ۱۰۶۹۴، ۱۰۶۹۶، ۱۰۶۹۸، ۱۰۷۰۰، ۱۰۷۰۲، ۱۰۷۰۴، ۱۰۷۰۶، ۱۰۷۰۸، ۱۰۷۱۰، ۱۰۷۱۲، ۱۰۷۱۴، ۱۰۷۱۶، ۱۰۷۱۸، ۱۰۷۲۰، ۱۰۷۲۲، ۱۰۷۲۴، ۱۰۷۲۶، ۱۰۷۲۸، ۱۰۷۳۰، ۱۰۷۳۲، ۱۰۷۳۴، ۱۰۷۳۶، ۱۰۷۳۸، ۱۰۷۴۰، ۱۰۷۴۲، ۱۰۷۴۴، ۱۰۷۴۶، ۱۰۷۴۸، ۱۰۷۵۰، ۱۰۷۵۲، ۱۰۷۵۴، ۱۰۷۵۶، ۱۰۷۵۸، ۱۰۷۶۰، ۱۰۷۶۲، ۱۰۷۶۴، ۱۰۷۶۶، ۱۰۷۶۸، ۱۰۷۷۰، ۱۰۷۷۲، ۱۰۷۷۴، ۱۰۷۷۶، ۱۰۷۷۸، ۱۰۷۸۰، ۱۰۷۸۲، ۱۰۷۸۴، ۱۰۷۸۶، ۱۰۷۸۸، ۱۰۷۹۰، ۱۰۷۹۲، ۱۰۷۹۴، ۱۰۷۹۶، ۱۰۷۹۸، ۱۰۸۰۰، ۱۰۸۰۲، ۱۰۸۰۴، ۱۰۸۰۶، ۱۰۸۰۸، ۱۰۸۱۰، ۱۰۸۱۲، ۱۰۸۱۴، ۱۰۸۱۶، ۱۰۸۱۸، ۱۰۸۲۰، ۱۰۸۲۲، ۱۰۸۲۴، ۱۰۸۲۶، ۱۰۸۲۸، ۱۰۸۳۰، ۱۰۸۳۲، ۱۰۸۳۴، ۱۰۸۳۶، ۱۰۸۳۸، ۱۰۸۴۰، ۱۰۸۴۲، ۱۰۸۴۴، ۱۰۸۴۶، ۱۰۸۴۸، ۱۰۸۵۰، ۱۰۸۵۲، ۱۰۸۵۴، ۱۰۸۵۶، ۱۰۸۵۸، ۱۰۸۶۰، ۱۰۸۶۲، ۱۰۸۶۴، ۱۰۸۶۶، ۱۰۸۶۸، ۱۰۸۷۰، ۱۰۸۷۲، ۱۰۸۷۴، ۱۰۸۷۶، ۱۰۸۷۸، ۱۰۸۸۰، ۱۰۸۸۲، ۱۰۸۸۴، ۱۰۸۸۶، ۱۰۸۸۸، ۱۰۸۹۰، ۱۰۸۹۲، ۱۰۸۹۴، ۱۰۸۹۶، ۱۰۸۹۸، ۱۰۹۰۰، ۱۰۹۰۲، ۱۰۹۰۴، ۱۰۹۰۶، ۱۰۹۰۸، ۱۰۹۱۰، ۱۰۹۱۲، ۱۰۹۱۴، ۱۰۹۱۶، ۱۰۹۱۸، ۱۰۹۲۰، ۱۰۹۲۲، ۱۰۹۲۴، ۱۰۹۲۶، ۱۰۹۲۸، ۱۰۹۳۰، ۱۰۹۳۲، ۱۰۹۳۴، ۱۰۹۳۶، ۱۰۹۳۸، ۱۰۹۴۰، ۱۰۹۴۲، ۱۰۹۴۴، ۱۰۹۴۶، ۱۰۹۴۸، ۱۰۹۵۰، ۱۰۹۵۲، ۱۰۹۵۴، ۱۰۹۵۶، ۱۰۹۵۸، ۱۰۹۶۰، ۱۰۹۶۲، ۱۰۹۶۴، ۱۰۹۶۶، ۱۰۹۶۸، ۱۰۹۷۰، ۱۰۹۷۲، ۱۰۹۷۴، ۱۰۹۷۶، ۱۰۹۷۸، ۱۰۹۸۰، ۱۰۹۸۲، ۱۰۹۸۴، ۱۰۹۸۶، ۱۰۹۸۸، ۱۰۹۹۰، ۱۰۹۹۲، ۱۰۹۹۴، ۱۰۹۹۶، ۱۰۹۹۸، ۱۱۰۰۰، ۱۱۰۰۲، ۱۱۰۰۴، ۱۱۰۰۶، ۱۱۰۰۸، ۱۱۰۱۰، ۱۱۰۱۲، ۱۱۰۱۴، ۱۱۰۱۶، ۱۱۰۱۸، ۱۱۰۲۰، ۱۱۰۲۲، ۱۱۰۲۴، ۱۱۰۲۶، ۱۱۰۲۸، ۱۱۰۳۰، ۱۱۰۳۲، ۱۱۰۳۴، ۱۱۰۳۶، ۱۱۰۳۸، ۱۱۰۴۰، ۱۱۰۴۲، ۱۱

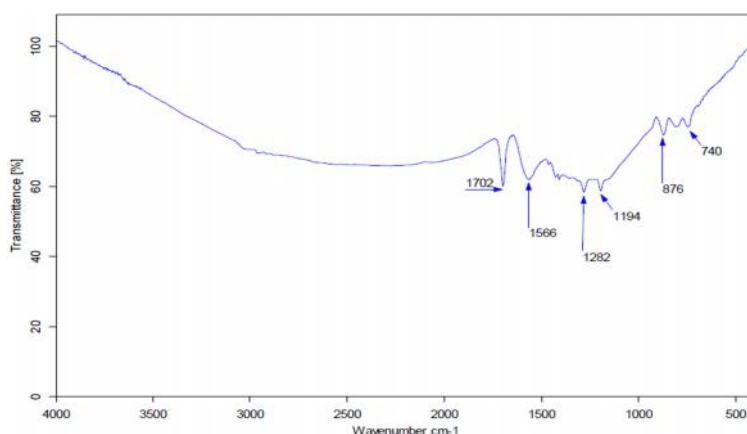
نقش گروه های عاملی فوق در فرآیند جذب قابل ملاحظه می باشد.

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.

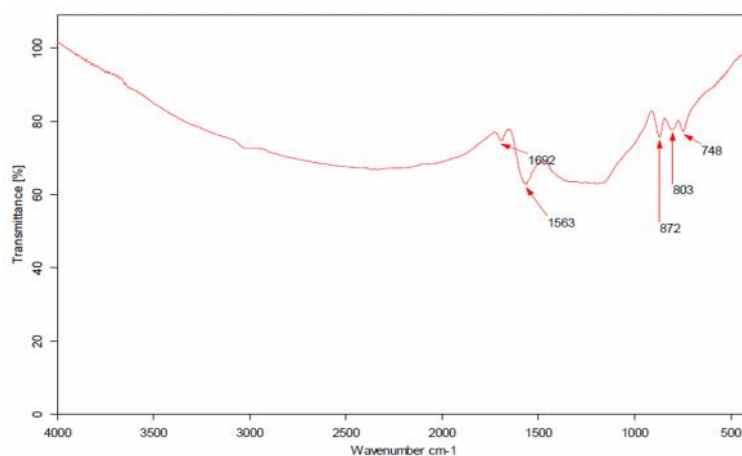
و به وسیله اسپکتوفتومتر مدل UV/VIS Spectrometer T80+ در طول موج ۵۷۰nm انجام شد<sup>۳۷</sup>. تجزیه و تحلیل داده ها توسط نرم افزار Excel انجام پذیرفت.

## نتایج

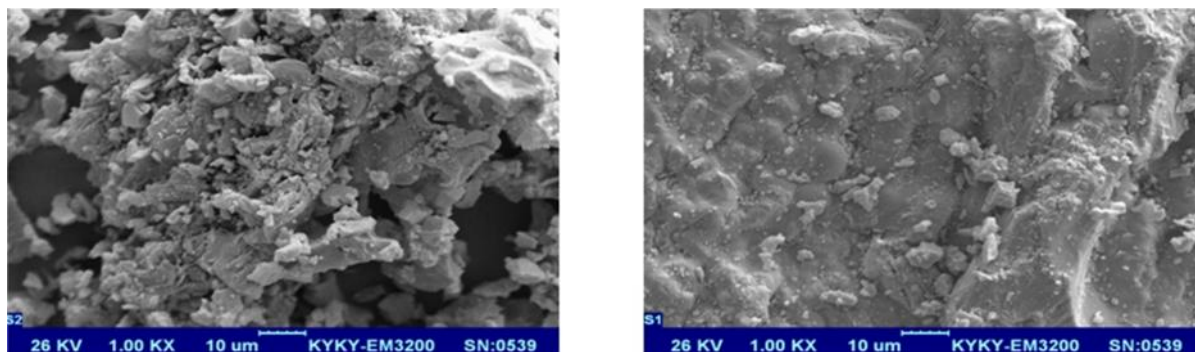
آزمایش FTIR: با انجام آزمایش FTIR در طیف<sup>-1</sup>cm در ۴۰۰۰-۴۰۰ در آزمایش FTIR زغال پسته پسته ( شکل ۱ و ۲) قبل از جذب فلوراید دو پیک ۱۵۶۶ و ۱۲۸۲ مشاهده می گردد که به ترتیب بیان کننده گروه عاملی کربونیل و فنلیک می باشند که با مقایسه با جاذب بعد از عمل جذب مشخص می گردد که



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

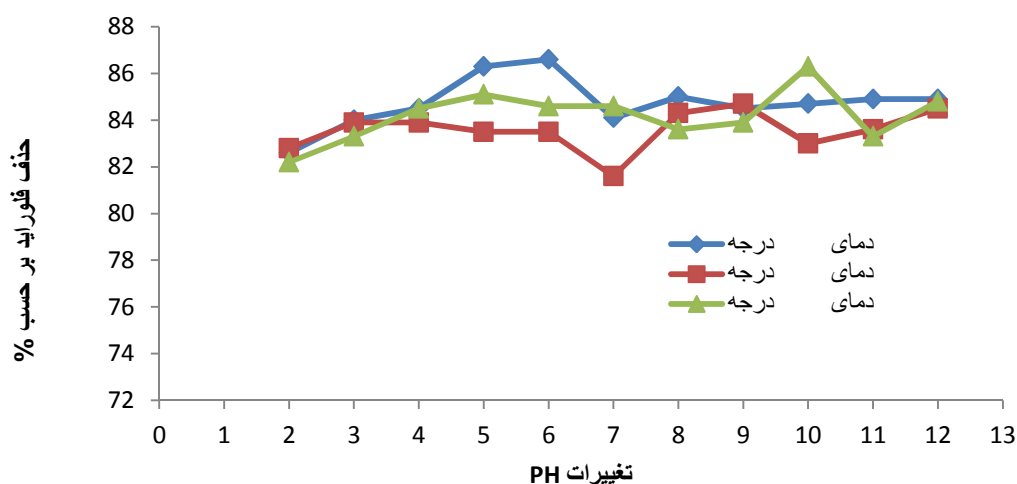


شکل ۲: SEM گرفته شده از پوسته سوخته پسته قبل و بعد از عمل جذب در بزرگنمایی‌های مختلف

### اثر دوز جاذب

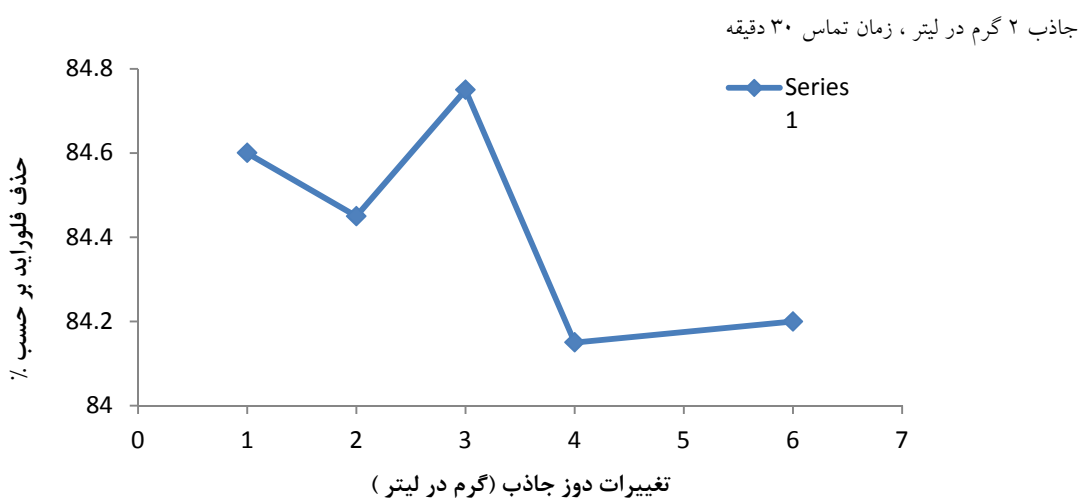
با افزایش دوز جاذب میزان حذف فلوراید اندکی افزایش می‌یابد به صورتی که بهترین دوز جاذب برای پوسته سوخته بادام به میزان ۱ g/L می‌باشد که این دوز پایین‌ترین مقدار استفاده از ماده جاذب می‌باشد بنابراین به منظور کاهش استفاده از جاذب دوز بهینه جاذب به میزان ۰/۱ گرم در ۵۰ سی سی (۲ g/L) با میزان حذف فلوراید 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 بعلت 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 پوسته سوخته شده در دماهای ۵۰۰، ۶۰۰ و ۷۰۰ درجه سانتی گراد در غلظت اولیه ۵ mg/L فلوراید، دز

## مریم خدادادی و همکاران



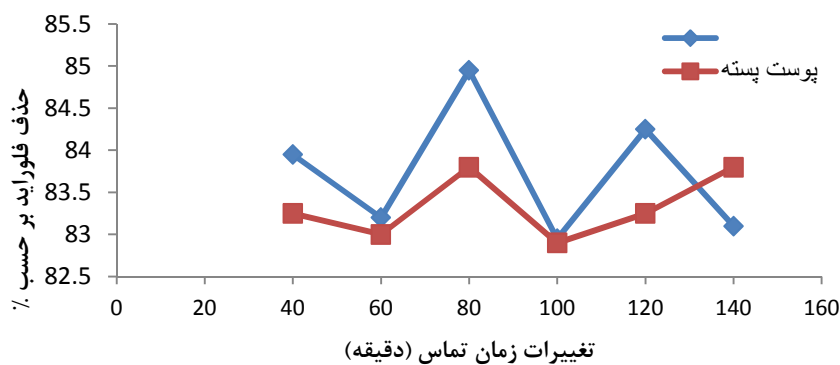
**شکل ۴:** درصد حذف فلوراید در مقابل تغییرات دوز جاذب برای پسته سوخته شده در دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد، pH خنثی، غلظت اولیه فلوراید ۵ g/L و سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه، زمان تماس ۳۰ دقیقه

## 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

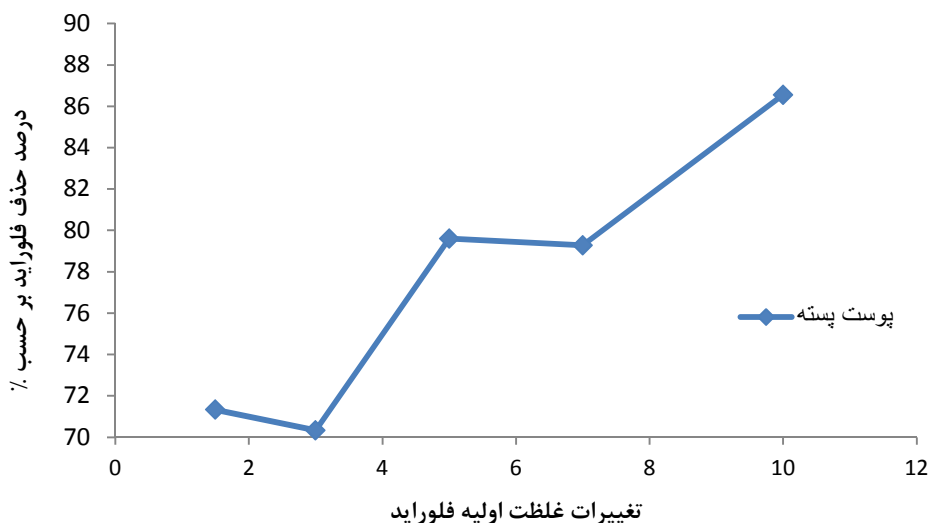
سرعت هم زدن در جاذب بادام و پسته تأثیر قابل ملاحظه ای در میزان حذف فلوراید ندارد در مواردی افزایش سرعت باعث افزایش اندکی در میزان حذف فلوراید می شود راندمان حذف در سرعت هم زدن ۲۷۰-۰ دور در دقیقه در محدوده ۸۳-۸۴ درصد می باشد بیشترین میزان حذف برای پوست بادام در سرعت ۲۷۰ دور در دقیقه به میزان ۸۴/۶ درصد 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،

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

دز جاذب  $2 \text{ g/L}$ ، سرعت هم زدن  $200$  دور در دقیقه



**شکل ۶:** درصد حذف فلوراید در مقابل تغییرات غلظت اولیه فلوراید در pH خنثی برای پوست بادام سوخته در دمای  $50^\circ\text{C}$  درجه سانتی گراد، دز جاذب  $2 \text{ g/L}$ ، سرعت هم زدن  $200$  دور در دقیقه، زمان تماس  $30$  دقیقه

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  $6/5$  الی  $8$  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 فلورئور در جذب توسط جاذب باشد که این امر ناشی از تشابه یون های مذکور در بار الکتریکی و شعاع یونی آن ها است<sup>۱۱</sup>. در تحقیقی تحت عنوان حذف فلوراید از آب به روش جذب سطحی با استفاده از باگاس، باگاس اصلاح شده و

## 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  $1/5 \text{ ppm}$  برای پوسته پسته درصد حذف معادل  $71/33$  درصد می باشد که با افزایش غلظت اولیه فلوراید به  $10 \text{ ppm}$  درصد حذف به  $86/55$  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  $1388$  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 مقاومت در pH خنثی باشد<sup>۳</sup>. با توجه به اینکه pH در بیشتر منابع آبی در محدوده خنثی می باشد بنابراین استفاده از زغال

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 جذب با افزایش غلظت اولیه افزایش می یابد که می تواند مربوط به سایت های فعال کمتر باشد، زیرا با افزایش غلظت، نفوذو فعالیت فلوراید افزایش می یابد که موافق با نظر نیگوسی و همکاران (۲۰۰۷) و پژوهش رضایی و همکاران در سال ۱۳۹۰ می باشد<sup>۹،۱۳</sup>.

### نتیجه گیری

بر مبنای نتایج حاصل از این مطالعه می توان اظهار نمود که جاذب مورد مطالعه دارای خاصیت جذب 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.

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<sup>۹</sup>. همچنین در پژوهشی که توسط کمبل و همکاران در سال ۲۰۰۷ با عنوان جذب فلوراید با استفاده از کیتوزان و کیتوزان اصلاح شده با لاتنا نیوم 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<sup>۳۳</sup>. همچنین در تحقیقی تحت همین عنوان توسط یانگ کو و همکاران انجام شد بیش ترین کارایی حذف در PH ۵-۷ به دست آمده است<sup>۳۸</sup>. جاگ توپ و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه کارایی کیتوزان در حذف فلوراید از آب به روش جذب دریافتند که حداکثر جذب فلوراید در pH معادل ۶/۷ صورت گرفته است<sup>۳۱</sup>. 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<sup>۱۱</sup> 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<sup>۳</sup>. لذا جاذب مورد مطالعه دارای خاصیت جذب

### 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.

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 – impregnated 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 Present 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.pdf>.
11. Siahzadeh A H. Walnut shells use coals as adsorbents for the removal of fluoride from drinking water. [www.CCSofits.com](http://www.CCSofits.com), [www.CompCivil.com](http://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 focus 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 defluoridation 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, Lohsetwar 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. <sup>21</sup>st 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 Khodadadi<sup>1</sup>, Amir Hossein Mahvi<sup>2</sup>, Hossien Vazieni<sup>3</sup>, Rasoul Khosravi<sup>1</sup>,  
Hadigheh Dorri<sup>1</sup>, Mohammad Hossien Saghi<sup>4\*</sup>

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