

## بررسی کارایی پوکه معدنی خام و شکل اصلاح شده آن با استفاده از پراکسید هیدروژن در حذف مقادیر اضافی فلوراید از محلول های آبی

محمد نوری سپهر<sup>۱</sup>، کمال الدین کریمیان<sup>۲</sup>، اسماعیل قهرمانی<sup>۳</sup>، منصور ضرابی<sup>۴</sup>، مقصود جعفری نیا<sup>۵</sup>

۱. دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران. ۲. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران. ۳. مربی گروه بهداشت محیط، عضو مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران. ۴. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، عضو هیئت علمی گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران. ۵. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت، محیط دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران.

\* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۲۶۳۴۶۴۳۳۹۸ فکس: ۰۲۶۳۴۶۴۳۸۲۲ ایمیل: mansor62@gmail.com

### چکیده

**زمینه و هدف:** فلوراید از جمله عناصر ضروری برای سلامت انسان می باشد و در مقادیر استاندارد از پوسیدگی دندان جلوگیری می کند. اگر میزان فلوراید بیش از مقادیر استاندارد گردد باعث بروز برخی از بیماری ها از قبیل سندرم آلزایمر، عقیمی، شکنندگی استخوانها و اختلال در عملکرد غده تیروئید می گردد. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی کارایی پوکه معدنی و شکل اصلاح شده آن در حذف فلوراید از محلول های آبی می باشد.

**روش کار:** در این مطالعه از پوکه معدنی و شکل اصلاح شده آن با پراکسید هیدروژن جهت حذف یون فلوراید استفاده گردید. پارامترهای مختلفی از قبیل pH (۲-۱۰)، دمای محلول (۲۰ تا ۶۰ درجه سانتی گراد)، دوز جاذب (۱۰-۲۰ g/L)، غلظت اولیه فلوراید (۲۰-۵۰ mg/L) و زمان تماس (۱-۲۱۰ دقیقه) مورد بررسی قرار گرفت. آزمایشات در سیستم ناپیوسته و با تغییر دادن یک پارامتر و ثابت نگه داشتن سایر پارامترها انجام گرفت.

**یافته ها:** نتایج نشان داد که با افزایش زمان تماس، غلظت اولیه یون فلوراید و دوز جاذب کارایی حذف افزایش می یابد. همچنین مشخص گردید که کارایی حذف فلوراید با افزایش دمای محلول کاهش می یابد. بیشترین میزان حذف فلوراید در pH برابر ۶ مشاهده گردید. در pH=۶، دوز جاذب برابر ۱۰ گرم بر لیتر و غلظت اولیه یون فلوراید برابر ۲۰ میلی گرم بر لیتر بعد از زمان تماس ۲۱۰ دقیقه، مقدار باقیمانده فلوراید به مقادیر ۱/۷۶ و ۱/۲۳ میلی گرم بر لیتر به ترتیب توسط پوکه معدنی خام و پوکه اصلاح شده رسید.

**نتیجه گیری:** نتایج حاصل از این مطالعه مشخص کرد که پوکه معدنی و بخصوص شکل اصلاح شده آن با پراکسید هیدروژن قابلیت بالایی در حذف یون فلوراید دارند و می توانند به عنوان یک جاذب ارزان قیمت جهت حذف فلوراید مورد استفاده قرار گیرند.

**واژه های کلیدی:** فلوراید، پوکه معدنی، سیستم ناپیوسته، فلوروزیس

پذیرش: ۹۱/۱۱/۲۸

دریافت: ۹۱/۹/۲۷

می باشند. برخی از این مواد در مقادیر ناچیز برای بدن انسان بسیار ضروری می باشند در حالی که در مقادیر بالاتر بشدت برای انسان سمی تلقی می شوند

**مقدمه**  
بدن انسان به انواع و اقسام مختلفی از مواد آلی و معدنی نیاز دارد که برای رشد بدن ضروری

مختلف از جمله فرآیند جذب سطحی (۱۱)، رسوبدهی شیمیایی (۱۲)، تبادل یون و الکترودیالیز (۱)، اسمز معکوس (۱۳) و نانو فیلتراسیون (۱۴) برای حذف مقادیر اضافی فلوراید از منابع آبی استفاده گردیده است. فرآیند جذب سطحی یکی از معمولترین فرآیندهای مورد استفاده در تصفیه آب و فاضلاب می‌باشد. معمولاً فرآیند جذب سطحی بر روی کربن فعال انجام می‌گیرد. کربن فعال تجاری معمولاً گران قیمت بوده و کاربرد آن نیازمند نیروی متخصص می‌باشد. همچنین استفاده مجدد از کربن فعال تجاری نیاز به احیای مجدد آن دارد که این امر باعث محدودیت استفاده از آن شده است. بنابراین استفاده از جاذب های طبیعی و ارزان قیمت به جای کربن فعال تجاری مورد توجه محققان قرار گرفته است (۴-۱). امروزه محققان مختلفی از فرآیندهای جذب سطحی با استفاده از جاذب های طبیعی و یا جاذب های ساخته شده جهت حذف مقادیر بیش از حد استاندارد فلوراید استفاده کرده اند. برای مثال، جاذب های مختلفی از قبیل اکسید منیزیم-سزیم (۲)، جاذب سرامیکی (۳)، زئولیت طبیعی اصلاح شده با یون های سه ظرفیتی آهن (۴)، خاکستر فرار اصلاح شده با منگنز (۱۵) و جاذب هایی از این قبیل جهت حذف فلوراید استفاده گردیده است. پوکه معدنی یک نوع سنگ آتشفشانی می‌باشد که در بیشتر نقاط دنیا یافت می‌شود. این ماده در ایران اغلب در تمام نقاط بخصوص در منطقه تیکمه‌دانش آذربایجان به وفور یافت می‌شود. ذرات پامیس متشکل از شبکه های داخلی به هم پیوسته نامنظم می‌باشند. از آنجایی که بیشتر منافذ داخل پامیس متصل به هم نمی‌باشند بنابراین دارای نفوذ پذیری کم بوده و عایق بسیار خوبی برای گرما و صدا می‌باشد. ذرات پامیس بسته به نوع مواد اولیه، اندازه ذرات، مدت زمان تماس با آب و تخلخل آن ممکن است بر روی آب شناور شود. پامیس می‌تواند دارای خصوصیات اسیدی و یا بازی باشد. مقدار سیلیکای موجود در

(۱). یکی از عمده ترین مواد معدنی که در طول رشد برای سلامت بدن انسان ضروری می‌باشد وجود ماده معدنی فلوراید می‌باشد. فلوراید یکی از عمده ترین مواد معدنی در پوسته زمین می‌باشد که بصورت فلئوراید در صخره ها و مواد معدنی یافت می‌شود و ۰/۰۶ تا ۰/۰۹ درصد عناصر پوسته زمین را به خود اختصاص می‌دهد و در مقادیر متفاوتی در منابع آبی یافت می‌شود (۳،۲). در مناطق صنعتی نیز هوای تنفسی می‌تواند حاوی مواد فلوراید دار باشد ولی عمده ترین راه مواجهه با فلوراید از طریق آب آشامیدنی می‌باشد (۴). فلوراید در مقادیر مطلوب برای رشد و استحکام استخوان‌ها به خصوص دندان‌ها ضروری می‌باشد ولی چنانچه از مقادیر مطلوب تجاوز کند می‌تواند باعث پوسیدگی دندان و فلوروزیس اسکلتی در انسان شود. سازمان بهداشت جهانی<sup>۱</sup> مقادیر مطلوب فلوراید در آب آشامیدنی را  $0.7-1.2 \text{ mg/L}$  ذکر کرده است (۵). بنابراین چنانچه مقادیر فلوراید از این حد کمتر باشد مبادرت به ایجاد واحدهای فلوریداسیون در تصفیه خانه‌های آب آشامیدنی می‌نمایند و در صورتی که مقدار فلوراید از این حد تجاوز کند باید با استفاده از روش‌های مناسب مقادیر اضافی فلوراید از آب حذف شود (۷،۶). در منابع آبی نیز فلوراید در مقادیر مختلفی یافت می‌شود. آب دریاها معمولاً حاوی  $1 \text{ mg/L}$  فلوراید می‌باشد در حالی که در آب رودخانه‌ها و دریاچه‌ها این مقدار کمتر از  $0.5 \text{ mg/L}$  است (۸). در آب‌های زیرزمینی بسته به نوع صخره‌ها و مواد معدنی، غلظت فلوراید متغیر می‌باشد. همچنین غلظت فلوراید در منابع آبی در مناطق مختلف جهان متغیر است به طوری که از مقادیر بیش از  $100 \text{ mg/L}$  در کشور هندوستان تا مقادیر بسیار ناچیز در سایر نقاط جهان متغیر می‌باشد (۹، ۱۰). بنابراین با توجه به مطالب گفته شده، حذف مقادیر بیش از حد فلوراید از منابع آبی لازم و ضروری می‌باشد. از روش‌های

<sup>1</sup> World Health Organization (WHO)

پامیس بسیار بالا (۶۰-۷۰ درصد  $\text{SiO}_2$ ) می‌باشد. درجه سختی پامیس ۶-۵ واحد بر طبق درجه موهوس می‌باشد. پامیس در مصارف گوناگون به عنوان جاذب، بستر فیلتراسیون، بستر بیوفیلیم یا کاتالیست و جاذب آلاینده‌های هوا، حذف کدورت در فرآیند فیلتراسیون شنی تند، حذف فلزات سنگین و حذف پاتوژنها مورد استفاده قرار گرفته است (۱۷،۱۶). در این تحقیق هدف اصلی پژوهش، مقایسه کارائی جاذب پوکه معدنی خام و همچنین شکل اصلاح شده آن با استفاده از پراکسید هیدروژن در حذف فلوراید از محلول‌های آب می‌باشد. علاوه بر آن مشخصات جاذب خام و اصلاح شده تعیین گردیده و تاثیر پارامترهای مختلفی از قبیل میزان جاذب، pH محلول، زمان واکنش، دمای محلول و غلظت اولیه فلوراید نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

### روش کار

این مطالعه یک نوع مطالعه بنیادی- کاربردی می‌باشد که در آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی البرز انجام گرفته است. در این مطالعه، پوکه معدنی خام از منطقه تیکمه داش آذربایجان شرقی تهیه گردید. جاذب مورد نظر ابتدا با استفاده از الک استاندارد با مش ۳۰ (۸۴۱ میکرون) دانه بندی گردیده و برای سایر مراحل استفاده گردید. ابتدا پوکه معدنی خام چندین بار با آب بدون یون شسته شده و بعد از خشک شدن در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت، به عنوان جاذب خام مورد استفاده قرار گرفت. جهت اصلاح جاذب، از پراکسید هیدروژن با درجه خلوص ۳۰ درصد استفاده شد. پراکسید هیدروژن جهت اکسیداسیون و همچنین اضافه کردن برخی گروه‌های عاملی از جمله H-O-H بر روی جاذب مورد استفاده قرار گرفت. فرض بر این است که این ماده بدون تخریب ساختار اصلی جاذب، باعث افزایش ظرفیت جذب آن می‌گردد که در

آزمایش‌های تخصصی مشخص خواهد گردید. جاذب خام که در مرحله قبل تهیه شده بود به مدت ۲۴ ساعت در تماس با محلول پراکسید هیدروژن قرار گرفت. بعد از ۲۴ ساعت، جاذب مورد نظر از محلول پراکسید هیدروژن خارج گردید و چندین بار با آب بدون یون شسته شد تا مقادیر اضافی ماده اصلاح کننده از آن حذف گردد. سپس جاذب مورد نظر در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردیده و به عنوان جاذب اصلاح شده بکار برده شد. در ساخت محلول‌های شبیه سازی شده از آب بدون یون استفاده گردید. محلول شبیه سازی شده با غلظت‌های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی گرم در لیتر از فلوراید تهیه شد. برای تامین غلظت مورد نظر از سدیم فلوراید با خلوص ۱۰۰٪ استفاده گردید. تاثیر پارامترهای مختلفی از جمله pH محلول (۱۰-۲)، دوز جاذب (۱۰-۲ g/L)، دمای محلول (۲۰ تا ۶۰ درجه سانتیگراد) و زمان تماس (۲۱۰-۱ دقیقه) بر روی راندمان حذف فلوراید توسط جاذب‌های مورد استفاده مورد بررسی قرار گرفت. جهت تنظیم pH از محلول اسید سولفوریک و سود ۱ نرمال و دستگاه pH متر دیجیتالی (Jenway, model 3510) استفاده گردید. جهت بررسی تاثیر دمای محلول بر روی کارائی حذف، از دستگاه شیکر-انکوباتور (Sigma-301, Germany) استفاده گردید. تاثیر پارامترهای مختلف بر روی کارائی حذف جاذب‌های مورد مطالعه در سیستم ناپیوسته انجام گرفت. برای این منظور، با تغییر دادن یک پارامتر و ثابت نگه‌داشتن سایر پارامترها، کارائی جاذب‌های مورد نظر بررسی گردید. برای مثال، جهت بررسی تاثیر pH محلول بر راندمان حذف فلوراید، محلول فلوراید با غلظت ۵ mg/L تهیه گردیده و مقدار ۲۰۰ میلی لیتر از آن به ۵ عدد بشر اضافه گردید. در مرحله بعد pH هر کدام از بشرها به ترتیب با استفاده از اسید سولفوریک و سود ۱ نرمال در محدوده pH ۲ تا ۱۰ تنظیم گردید. در نهایت مقدار ۶ g/L از هر دو نوع

آنالیز اجزای تشکیل دهنده پوکه معدنی خام توسط روش XRF آورده شده است. همان طوری که مشاهده می گردد، قسمت اعظم پوکه معدنی خام را ترکیبات  $SiO_2$ ،  $Al_2O_3$  تشکیل می دهند که مقادیر بالای  $SiO_2$  نشان دهنده درجه خلوص بالای پامیس می باشد. وجود ترکیب  $Fe_2O_3$  باعث بروز رنگ تیره در پامیس شده و همچنین دانسیته آن را افزایش می دهد. با توجه به مقدار کم این ترکیب، پوکه مورد استفاده در این پژوهش رنگ روشن داشته و در روی سطح آب شناور گردید. همچنین اصلاح جاذب با استفاده از پراکسید هیدروژن باعث اضافه شدن ماده دیگری بر روی جاذب نگردیده و همانند پامیس خام می باشد و بنابراین از آوردن نتایج آنالیز XRF مربوط به پامیس اصلاح شده خودداری گردیده است.

جدول ۱. ترکیبات تشکیل دهنده پوکه معدنی خام

Component	%	Component	%
$SiO_2$	63.45	SrO	0.09
$Al_2O_3$	17.24	MgO	1.03
$TiO_2$	0.37	$K_2O$	2.16
$P_2O_5$	0.21	$SO_3$	0.16
CaO	3.22	$Na_2O$	2.00
$Fe_2O_3$	2.86	Cl <sup>-</sup>	0.30

در شکل ۱ نتایج حاصل از آنالیز اسکن میکروسکوپ الکترونی (SEM) نشان داده شده است. نتایج حاصل از این آنالیز نشان داد که اصلاح جاذب پامیس خام با استفاده از پراکسید هیدروژن باعث تشکیل ساختارهای در حد میکرون در داخل جاذب می شود که به آسانی از روی شکل قابل مشاهده می باشد. همانطوری که در شکل ۱ (NP) مشاهده می شود، سطح پوکه معدنی خام همانند گلبیگ یک شاخه گل صاف می باشد و منافذ داخلی این گلبیگ ها بسیار بزرگتر از پامیس اصلاح شده با پراکسید هیدروژن است. در اثر اصلاح پامیس، سطح آن تبدیل به یک سطح زبر با منافذ ریز گردید که در شکل ۱ HMP

جاذب به بشرهای مورد نظر اضافه شد و سپس بر روی میکسر (Hanna-Hi 190M, Singapore) به مدت ۲۱۰ دقیقه عمل اختلاط صورت گرفت. بعد اتمام زمان اختلاط، بشرها از روی میکسر برداشته شده، جاذب داخل بشرها با استفاده از فیلتر واتمن سایز ۰/۴۵ میکرون جدا گردیده و غلظت باقی مانده فلوراید به روش اسپکتروفتومتری (اسپکتروفتومتر UV-visible مدل ۱۷۰۰- شرکت Shimadso) و در طول موج ۵۷۰ نانومتر قرائت گردید. کلیه روش های بکار رفته در این مطالعه براساس روش های استاندارد ذکر شده در ماخذ (۱۸) می باشد. در این مطالعه حجم نمونه مورد استفاده ۲۰۰ میلی لیتر بوده و تعداد آنها نیز براساس تعداد پارامترها در حدود ۱۸۲ عدد برآورد گردید. نحوه بررسی سایر پارامترها نیز مشابه موارد گفته شد انجام گرفت.

همچنین جهت بررسی مشخصات جاذب از آزمایش های XRD، XRF، SEM و FTIR استفاده گردید. آزمایش های فوق برای تعیین و مشخص کردن ساختار جاذب خام و همچنین تغییر ساختار آن در اثر اصلاح با پراکسید هیدروژن انجام گرفت. در آزمایش XRD از پراکنش اشعه X برای تعیین میزان فاز کریستالی و غیر متبلور جاذب استفاده شد. آزمایش XRF برای تعیین اجزای تشکیل دهنده جاذب با استفاده از فلورانس اشعه X بکار رفته و آزمایش SEM جهت عکس برداری الکترونیکی از سطح جاذب مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت از آزمایش FTIR جهت تعیین گروه های عاملی با استفاده از اشعه مادون قرمز استفاده شد.

## یافته ها

### تعیین مشخصات جاذب

خصوصیات جاذب مورد استفاده توسط روش های XRF<sup>۱</sup>، SEM<sup>۲</sup> و FTIR<sup>۳</sup> تعیین گردید. در جدول ۱

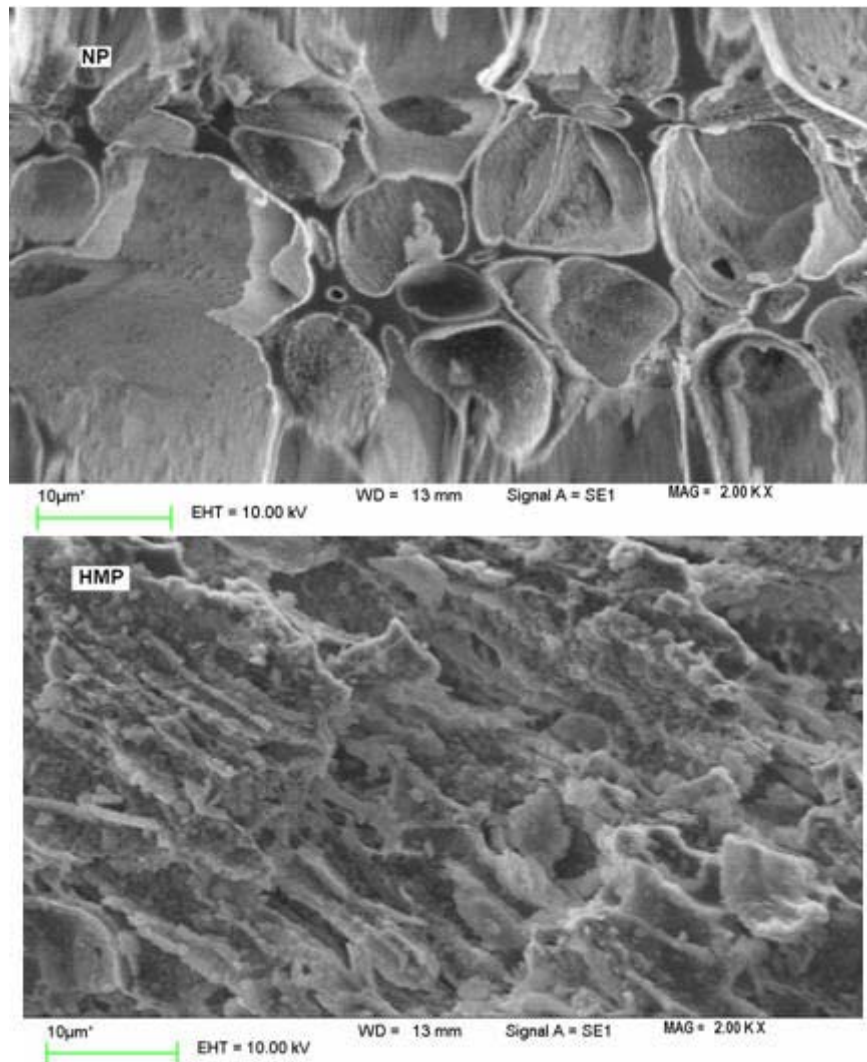
<sup>۲</sup> Scanning Electron Micrographs

<sup>۳</sup> Fourier Transform Infrared

<sup>۱</sup> X-Ray Fluorescence Spectroscopy

تبدیل می‌گردد که این امر منجر به افزایش تبادل یونی و یا ظرفیت جاذب خواهد شد.

نشان داده شده است. بنابراین مشخص گردید که در اثر اکسیداسیون پامیس خام با استفاده از پراکسید هیدروژن سطح پامیس صافتر شده و به ذرات ریزی

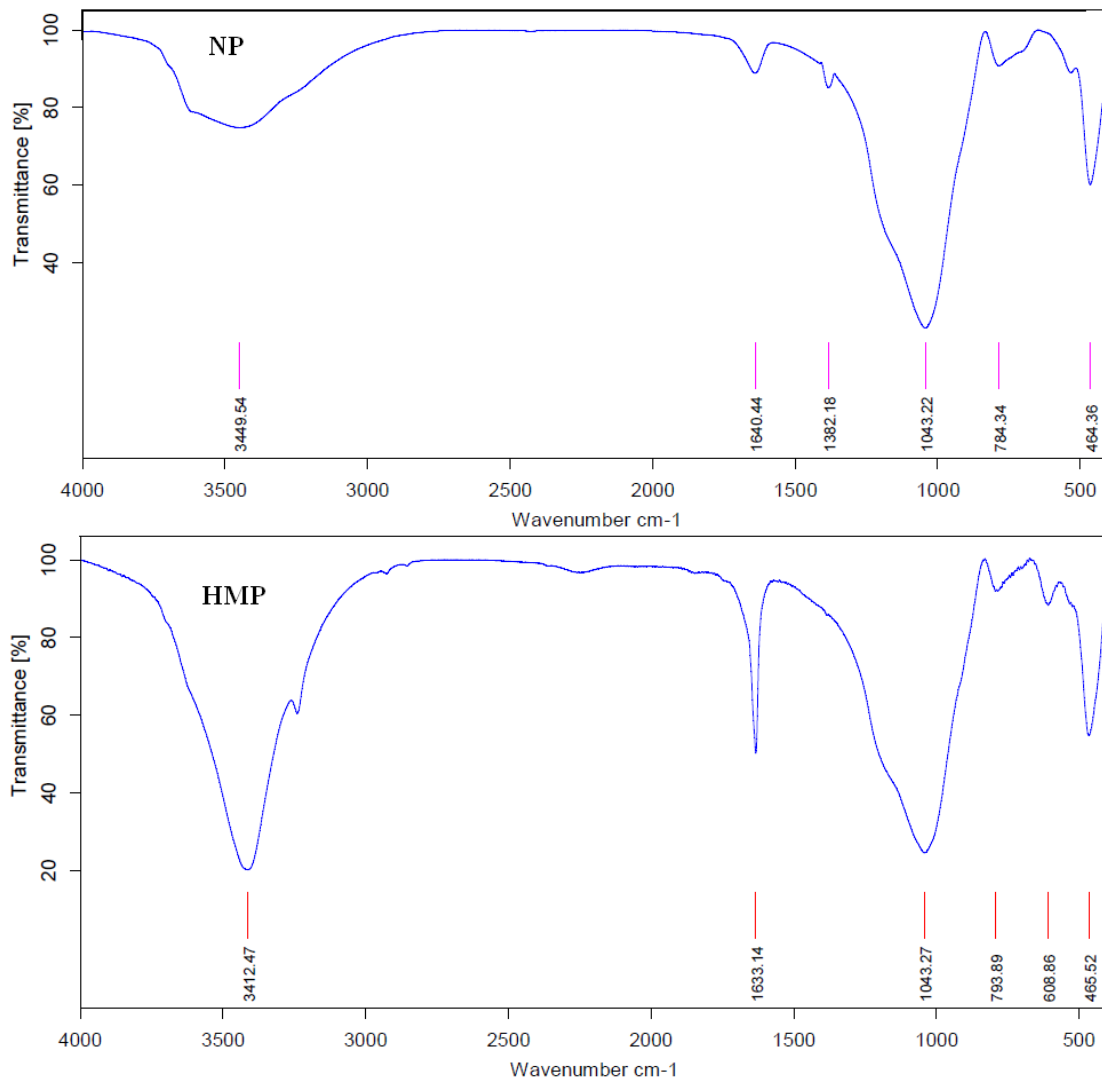


شکل ۱. نتایج حاصل از اسکن میکروسکوپ الکترونی پوکه معدنی خام (NP) و پوکه معدنی اصلاح شده با پراکسید هیدروژن (HMP)

باند  $1043 \text{ cm}^{-1}$  مشاهده گردید و شکل خمیدگی گروه های باند Si-O و Al-O در محدوده باند  $\text{cm}^{-1}$   $400$  و  $500$  مشاهده گردید. ارتعاش ممتد گروه Al-O-Si در محدوده  $785 \text{ cm}^{-1}$  مشاهده گردید و نشان داد که اصلاح جاذب با پراکسید هیدروژن قادر به تخریب باند مورد نظر نمی‌باشد که این از لحاظ قابلیت تبادل یونی جاذب خام و اصلاح شده مهم می‌باشد. همچنین تغییر شدت پراکنش در محدوده طول موج  $\text{cm}^{-1}$  در مورد پامیس اصلاح

در شکل ۲ نتایج حاصل از اسکن اشعه مادون قرمز (FTIR) نشان داده شده است. پیک عریض در محدوده باند  $3450 \text{ cm}^{-1}$  مربوط به ارتعاش ممتد مولکول های آب می‌باشد که به صورت مشبک و یون های  $\text{OH}^-$  تنها بر روی جاذب وجود دارند. تغییر شکل باند پیک جذب در محدوده باند  $1640 \text{ cm}^{-1}$  مربوط به ارتعاش ممتد گروه های OH می‌باشد که از محیط بیرون بر روی جاذب جذب شده اند. برای باند های Si-O و Al-O ارتعاش ممتد در محدوده

شده نشان دهنده افزودن برخی گروه‌های عاملی از قبیل مولکول های O-H-O بروی جاذب می‌باشد.

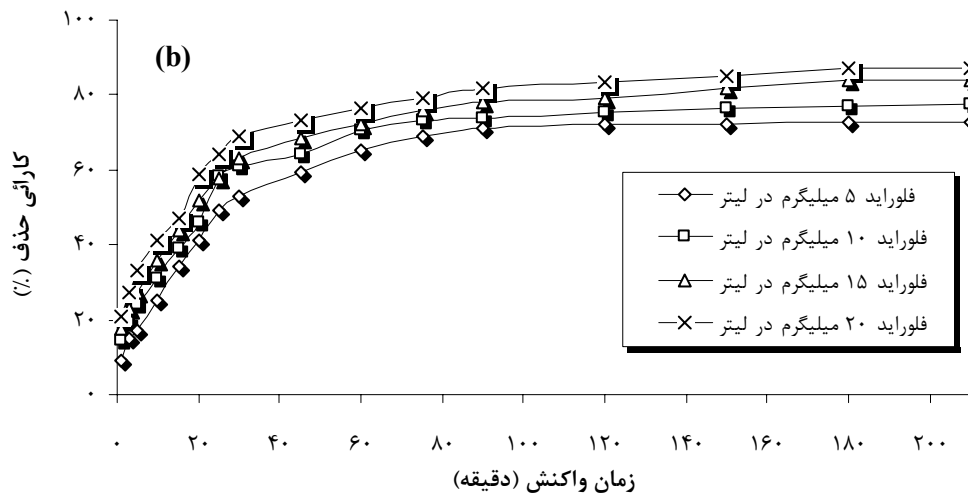
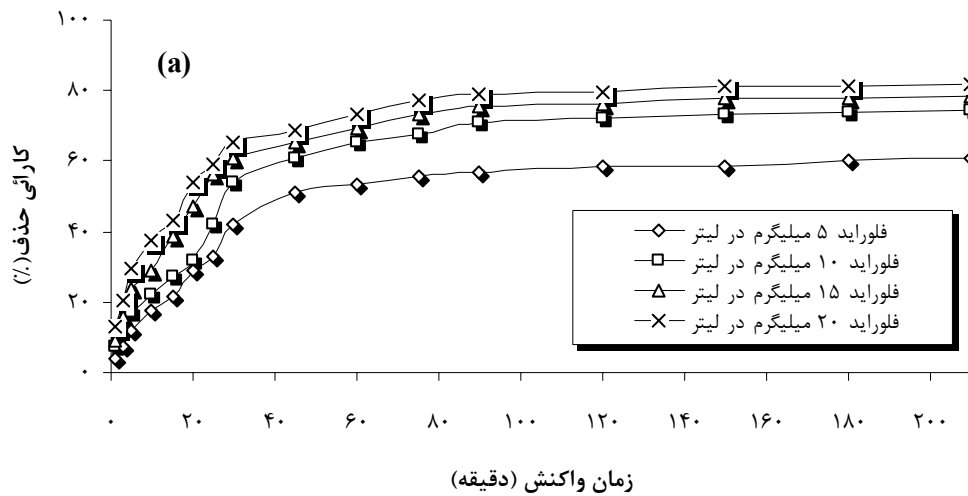


شکل ۲. نتایج حاصل از آنالیز اشعه مادون قرمز جاذب خام (NP) و جاذب اصلاح شده با پراکسید هیدروژن (HMP)

### تاثیر زمان تماس و غلظت اولیه فلوراید

نتایج حاصل از تاثیر زمان تماس و غلظت‌های مختلف یون فلوراید نشان داد که میزان جذب یون فلوراید توسط جاذب‌های مورد استفاده با افزایش زمان تماس و غلظت اولیه یون فلوراید افزایش می‌یابد. همچنین مشخص گردید که میزان جذب توسط پامیس اصلاح شده با پراکسید هیدروژن بیشتر از پامیس خام می‌باشد. با توجه به نمودار ۳a و ۳b مشخص می‌گردد که ۶۰-۸۲ درصد فلوراید توسط پوکه معدنی خام و ۷۵-۸۸ درصد فلوراید توسط

پوکه معدنی اصلاح شده با پراکسید هیدروژن بسته به میزان غلظت اولیه فلوراید حذف گردیده است. مقادیر جذب بیشتر نیز مربوط به غلظت‌های بالای فلوراید می‌باشد. از طرف دیگر، زمان تعادل برای جاذب‌های مورد استفاده در محدوده ۱۲۰ دقیقه قابل مشاهده است ولی از آنجایی که راندمان حذف در حد مطلوب نمی‌باشد، بنابراین زمان تماس ۲۱۰ دقیقه در سایر آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت.

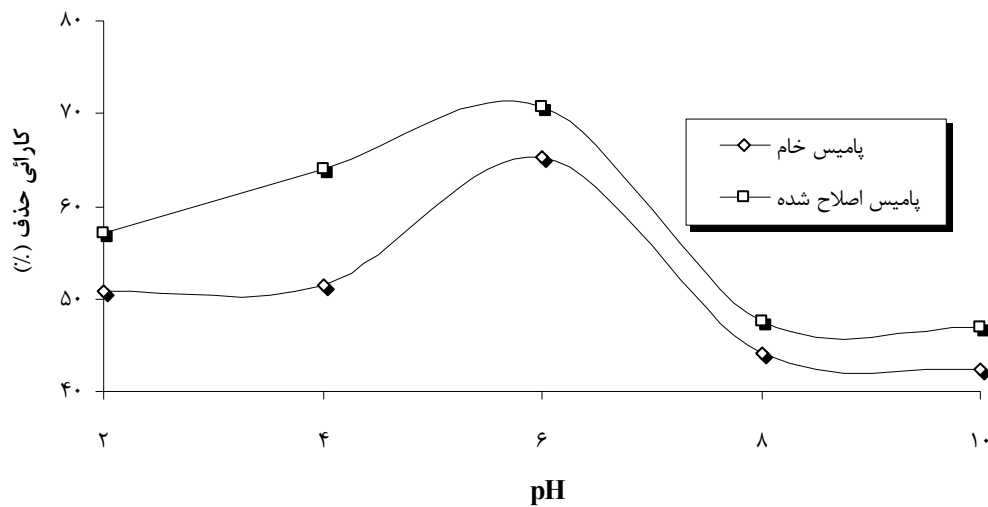


نمودار ۳. بررسی تاثیر غلظت اولیه یون فلوراید و زمان تماس بر روی کارایی حذف یون فلوراید (pH=۶، مقدار جاذب برابر ۶ گرم بر لیتر، دمای ۲۰ درجه سلسیوس)

### تاثیر pH اولیه محلول

در نمودار ۴ نتایج حاصل از pH اولیه محلول بر روی کارایی حذف فلوراید نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بیشترین میزان حذف یون فلوراید در pH=۶ رخ می‌دهد. در این نقطه از pH، میزان حذف یون فلوراید توسط پوکه معدنی خام و پوکه معدنی

اصلاح شده به ترتیب برابر ۶۵/۴٪ و ۷۱٪ مشاهده گردید. با این میزان حذف، مقدار باقیمانده یون فلوراید توسط پوکه معدنی خام و پوکه معدنی اصلاح شده به ترتیب برابر ۱/۷ و ۱/۴۵ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده گردید.



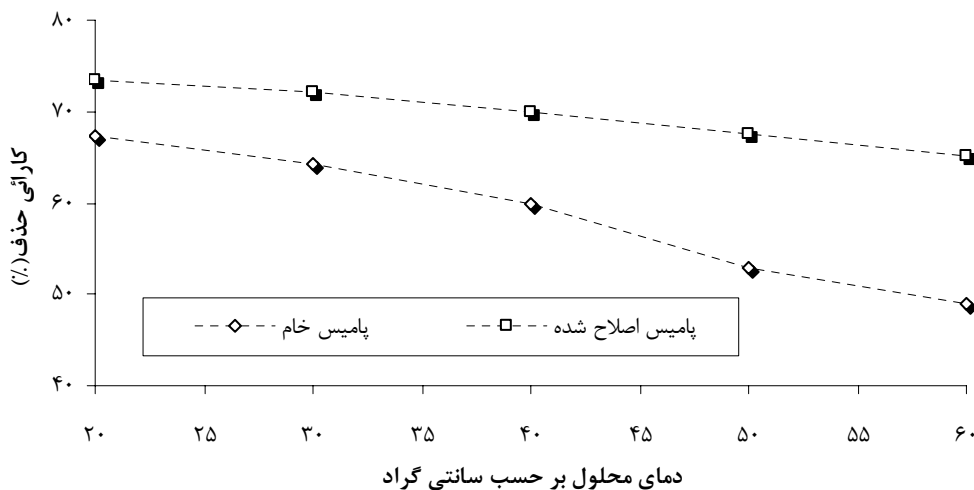
نمودار ۴. نتایج حاصل از تاثیر pH محلول بروی کارایی حذف یون فلوراید

(زمان تماس برابر ۲۱۰ دقیقه، غلظت اولیه یون فلوراید برابر ۵ میلیگرم بر لیتر، میزان جذب برابر ۶ گرم بر لیتر، دمای ۲۰ درجه سلسیوس)

#### تاثیر دمای محلول

نتایج حاصل از تاثیر دمای محلول بر روی کارایی حذف یون فلوراید در نمودار ۵ نشان داده شده است. همانطور که در این نمودار نشان داده شده است، افزایش دمای محلول از ۲۰ تا ۶۰ درجه

سلسیوس باعث کاهش میزان جذب یون فلوراید گردید و به دنبال آن بیشترین میزان حذف یون فلوراید در دمای ۲۰ درجه سلسیوس مشاهده گردید.



نمودار ۵. تاثیر دمای محلول بر کاهش یون فلوراید

(زمان تماس برابر ۲۱۰ دقیقه، غلظت اولیه یون فلوراید برابر ۵ میلیگرم بر لیتر، میزان جذب برابر ۶ گرم بر لیتر، pH=۶)

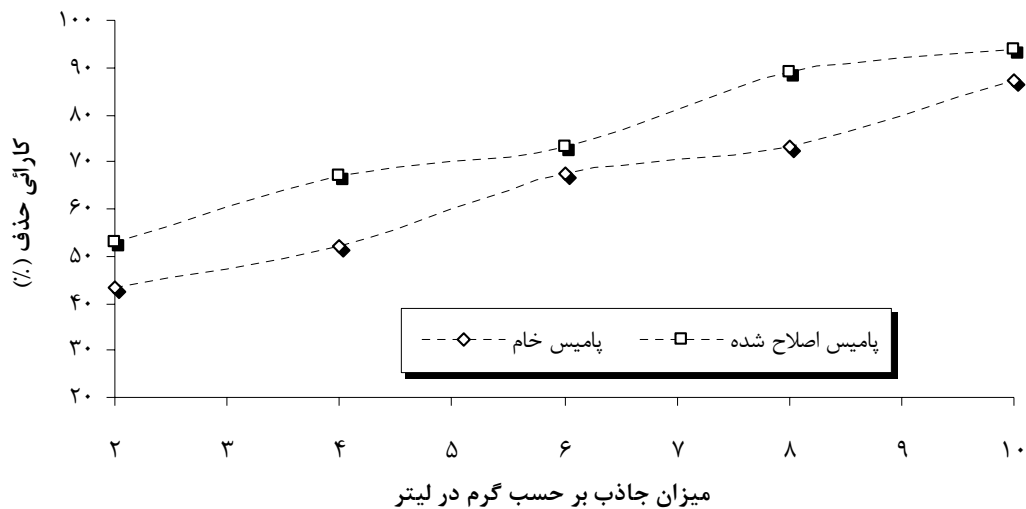
#### تاثیر میزان جذب

در نمودار ۶ نتایج حاصل از تاثیر میزان دوز جذب بر روی کارایی حذف نشان داده شده است. در این مرحله میزان یون فلوراید برابر ۱۰ میلیگرم بر لیتر

انتخاب گردید. نتایج نشان داد که افزایش دوز جذب تاثیر بسزائی در میزان جذب یون فلوراید دارد به طوری که با افزایش دوز جذب از ۲ تا ۱۰ گرم بر لیتر میزان حذف یون فلوراید توسط پوکه معدنی



خام از ۴۴٪ به ۸۸٪ و توسط پوکه معدنی اصلاح شده از ۵۳٪ به ۹۴٪ افزایش یافت.



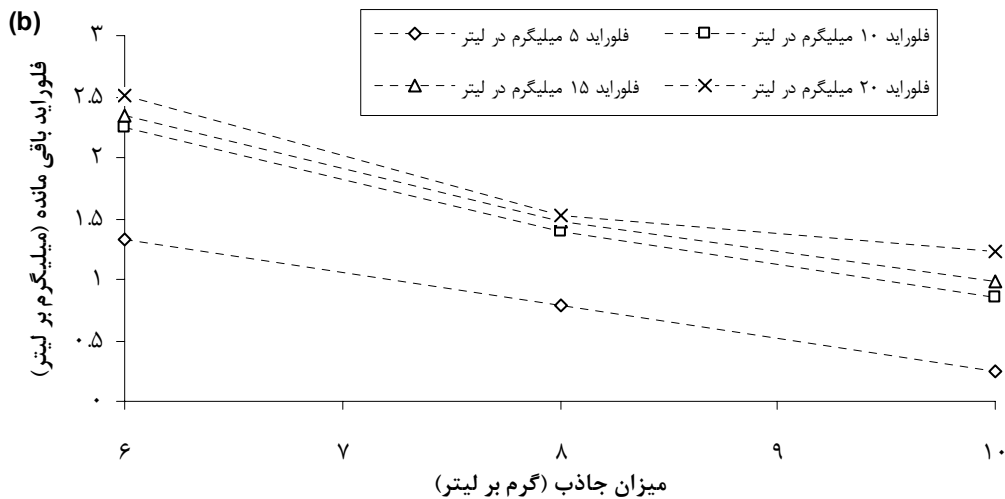
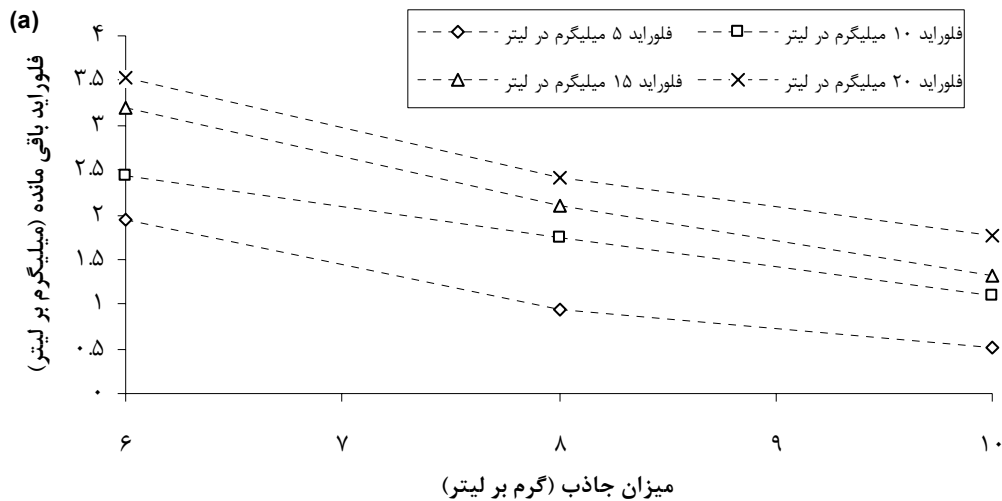
نمودار ۶. تاثیر دوز جاذب بروی کارایی حذف فلوراید

(pH=۶، زمان تماس ۲۱۰ دقیقه، غلظت یون فلوراید برابر ۱۰ میلیگرم بر لیتر، دمای ۲۰ درجه سلسیوس)

۶ به ۱۰ گرم بر لیتر میزان باقیمانده فلوراید به ترتیب به مقادیر ۲/۴۳، ۱/۷۴ و ۱/۱ میلی‌گرم بر لیتر رسید. در غلظت ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر از فلوراید و تنها در غلظت ۱۰ گرم بر لیتر از جاذب میزان فلوراید باقیمانده به حد استاندارد (۱/۳۲ میلی‌گرم بر لیتر) رسید. همچنین در نمودار ۷b میزان باقیمانده فلوراید تنها در میزان جاذب ۶ گرم بر لیتر و در غلظت‌های ۱۰ تا ۲۰ میلیگرم بر لیتر از یون فلوراید به حد استاندارد نرسید و برای بقیه غلظت‌های فلوراید و دوزهای ۸ و ۱۰ گرم بر لیتر از جاذب، میزان باقیمانده فلوراید به مقادیر استاندارد و حتی کمتر از استاندارد رسید.

#### تاثیر هم‌زمان میزان جاذب و غلظت اولیه فلوراید

همانطور که در بالا نشان داده شده راندمان حذف فلوراید و به‌دنبال آن میزان باقیمانده فلوراید بشدت تحت تاثیر میزان دوز جاذب و غلظت اولیه فلوراید قرار دارد. بنابراین با تغییر دادن غلظت اولیه دوز جاذب و فلوراید، میزان باقیمانده فلوراید مورد آزمایش قرار گرفت. این شرایط در نمودار ۷ نشان داده شده است. همانطور که در نمودار ۷a نشان داده شده است، در غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر از فلوراید، با افزایش دوز جاذب از ۶ به ۱۰ گرم بر لیتر غلظت باقی مانده فلوراید به ترتیب به مقادیر ۱/۹۵، ۰/۹۳ و ۰/۵۲ میلیگرم بر لیتر رسید. در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر از فلوراید با افزایش دوز جاذب از



نمودار ۷. حذف فلوراید در شرایط بینه (pH=۶, زمان تماس ۲۱۰ دقیقه و دمای ۲۰ درجه سلسیوس)

### بحث

در این مطالعه از پوکه معدنی به عنوان یک جاذب ارزان قیمت که به وفور در بیشتر مناطق ایران یافت می‌شود، جهت حذف یون فلوراید به شکل خام و شکل اصلاح شده آن با پراکسید هیدروژن استفاده گردید.

آنالیز جاذب خام با روش XRF نشان داد که ترکیبات سیلیس و آلومینیوم بیشترین اجزای تشکیل‌دهنده پامیس می‌باشد که وجود مقادیر بالای این ترکیبات نشان دهنده خصوصیتی در پامیس می‌باشد که در ژئولیت ها یافت می‌شود. به عبارت دیگر می‌توان

پامیس را نوعی ژئولیت در نظر گرفت که می‌تواند قابلیت تبادل یونی خاصی را داشته باشد که در این مطالعه جهت تبادل یون فلوراید مورد بررسی قرار گرفت. همچنین نتایج حاصل از آنالیز XRF برای جاذب اصلاح شده نشان داد که اصلاح جاذب با استفاده از پراکسید هیدروژن تاثیر بر روی اجزای تشکیل دهنده آن ندارد.

آنالیز جاذب‌های مورد استفاده با روش اسکن میکروسکوپ الکترونی (SEM) نشان داد که پوکه معدنی خام دارای اجزای درشتی می‌باشد که بین این اجزا منافذ چندان مشخصی وجود ندارد و در اثر

اصلاح با پراکسید هیدروژن، قطعات پامیس ریزتر گردیده و منافذی در حد میکرون تشکیل می‌گردد که باعث افزایش تخلخل و قابلیت تبادل یونی پامیس می‌گردد. بنابراین مشخص گردید که اصلاح جاذب با استفاده از پراکسید هیدروژن باعث حذف مواد آلی و اجزای سست متصل شده بر روی جاذب خام می‌گردد که از این طریق باعث افزایش تخلخل جاذب می‌گردد.

آنالیز اسکن اشعه مادون قرمز نیز نشان داد که بر روی پوکه معدنی گروه‌های تبادل  $\text{Si-O}$ ،  $\text{Al-O}$ ،  $\text{OH}$  و  $\text{O-Si-Al-O}$  تشکیل می‌گردد که به احتمال زیاد این گروه‌ها مسئول برقراری پیوند با یون‌های فلوراید خواهند بود. همچنین نشان داده شد که اصلاح جاذب با استفاده از پراکسید هیدروژن باعث افزودن گروه عاملی  $\text{O-H-O}$  بروی جاذب می‌گردد که این گروه عاملی یکی از مهمترین محل‌های تبادل یونی برای آنیون‌های موجود در آب از جمله فلوراید می‌باشد. در نمودار ۳ نتایج حاصل از تاثیر زمان تماس و غلظت اولیه یون فلوراید نشان داده شده است. نتایج نشان داد که میزان حذف یون فلوراید با افزایش زمان تماس و غلظت اولیه یون فلوراید افزایش می‌یابد. با وجود اینکه میزان حذف یون فلوراید با افزایش غلظت اولیه آن از ۵ تا ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش یافت ولی فقط در غلظت اولیه ۵ میلی‌گرم بر لیتر، میزان باقیمانده یون فلوراید به مقادیر استاندارد رسید. دلیل عدم دستیابی به مقادیر استاندارد در غلظت‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر را می‌توان به کم بودن میزان جاذب (۶ گرم بر لیتر در مقابل ۸ و ۱۰ گرم بر لیتر) و همچنین غلظت بالای یون فلوراید نسبت داد که باعث اشباع سریع جاذب می‌گردد (۹،۶). همچنین با افزایش میزان غلظت اولیه فلوراید در محلول، نیروی رانش ناشی از گرادیان غلظت از سمت محلول به سمت جاذب ایجاد می‌گردد که این امر باعث افزایش میزان حذف با افزایش غلظت اولیه فلوراید می‌گردد. در

فرآیند جذب سطحی به دلیل اینکه حذف آلاینده از طریق جذب بر روی جاذب صورت می‌گیرد، بنابراین بر روی سطح جاذب، محل‌های تبادل یون مشخصی وجود خواهد داشت که آلاینده با آنها پیوند برقرار خواهد کرد. این امر زمانی بوقوع می‌پیوندد که میزان آلاینده در اطراف جاذب ثابت باقی بماند. با افزایش غلظت آلاینده در محلول، نیروی رانش در اثر گرادیان غلظت بوجود خواهد آمد که باعث رانش آلاینده به منافذ درونی جاذب خواهد شد. بنابراین علاوه بر سطح جاذب، قسمت‌های درونی جاذب نیز مورد استفاده قرار گرفته و به این ترتیب راندمان حذف افزایش خواهد یافت (۴). مطالعات مشابهی نیز توسط محققان مختلفی گزارش شده است. در مطالعه ای از پوست پرتقال که با استفاده از یون‌های فلزی دو ظرفیتی پوشش داده شده است جهت حذف یون فلوراید استفاده گردیده است. در این مطالعه در زمان تماس ۶ ساعت و غلظت  $10 \text{ mg/L}$  راندمان حذف بسته به نوع جاذب مورد استفاده از ۵۰ تا ۹۳ درصد گزارش شده است (۸). در مطالعه دیگری، از جاذب اکسید سربوم<sup>۱</sup> و اکسید منگنز جهت حذف فلوراید استفاده گردیده است. در این مطالعه در زمان تماس ۵ ساعت و غلظت  $10 \text{ mg/L}$  از یون فلوراید راندمان حذف در حدود ۸۳ درصد توسط هر دو نوع جاذب گزارش گردیده است (۲). بنابراین مشخص می‌گردد که جاذب‌های مورد استفاده در این مطالعه در زمان تماس کمتری نسبت به جاذب‌های استفاده شده در مطالعات گذشته قادر به حذف یون فلوراید می‌باشند. در مطالعه‌ای که از زئولیت طبیعی اصلاح شده با یون فروس جهت حذف فلوراید استفاده گردیده است مشخص شده است که با افزایش غلظت فلوراید تا  $10 \text{ mg/L}$  راندمان حذف افزایش می‌یابد و برای غلظت‌های بیشتر راندمان حذف کاهش می‌یابد (۴). در مطالعه دیگری، نشان داده شده است که با

<sup>۱</sup>. Cerium

افزایش غلظت اولیه یون فلوراید از ۱۰ تا ۲۰ mg/L راندمان حذف توسط لجن اصلاح شده با اسید از ۹۳ درصد به ۹۶ درصد افزایش می‌یابد (۹). بنابراین مشخص گردید که نتایج مطالعه حاضر با مطالعات سایر محققان مشابهت دارد.

در نمودار ۴ نتایج حاصل از تاثیر pH محلول بر روی کارایی حذف فلوراید نشان داده شده است. نتایج نشان داد که میزان جذب فلوراید بر روی جاذب‌های مورد استفاده به شدت تحت تاثیر pH محلول قرار می‌گیرد. همانطور که نشان داده شد، بیشترین میزان حذف فلوراید در محدوده pH از ۵ تا ۷ و حداکثر مقدار آن در pH=۶ اتفاق می‌افتد. دلیل تاثیر زیاد pH محلول بر روی کارایی حذف فلوراید را می‌توان به تغییر گونه‌های رایج فلوراید در آب در pH های مختلف و همچنین یونیزه شدن سطح جاذب نسبت داد. در مورد یون فلوراید، در محیط‌های اسیدی (pH کمتر از ۳)، اسید ضعیف هیدروفلوریک تشکیل می‌گردد که باعث کاهش حذف فلوراید می‌گردد (۲۰۱۹). همچنین در این‌گونه محیط‌ها، یون‌های مثبت هیدروژن با یون‌های منفی فلوراید برای جذب بر روی جاذب با هم رقابت خواهند کرد که منجر به کاهش کارایی فرآیند خواهد شد اما به احتمال زیاد تشکیل اسید هیدروفلوریک بیشترین تاثیر را در کاهش کارایی فرآیند خواهد داشت. در محیط‌های قلیایی نیز (pH بالاتر از ۸) یون‌های منفی هیدروکسیل غالب خواهند شد و با یون‌های منفی فلوراید برای جذب شدن بر روی جاذب با هم رقابت خواهند کرد که منجر به کاهش کارایی فرآیند خواهد شد (۲۱). بنابراین pH=۶ بهترین محدوده برای حذف یون فلوراید خواهد بود که نزدیک به محدوده pH آب آشامیدنی می‌باشد. همچنین با توجه با اینکه pH نقطه صفر جاذب خام و جاذب اصلاح شده به ترتیب برابر ۵/۸ و ۵/۲ می‌باشد بنابراین در این محدوده از pH بیشترین میزان حذف اتفاق خواهد افتاد که همین نتایج نیز مشاهده گردید.

محققان مختلفی، گزارش‌های مختلفی از تاثیر pH محلول در حذف یون فلوراید توسط جاذب‌های مختلف ارائه داده اند. در مطالعه ای، زائادات سفال اصلاح شده با دی اکسید منگنز جهت حذف فلوراید استفاده گردیده است. در این مطالعه گزارش شده است که بیشترین میزان حذف یون فلوراید در pH برابر ۷/۲ و به میزان ۷۷ درصد مشاهده گردیده است (۲۲). در مطالعه دیگری، محققان از خاک مومورلیت جهت حذف یون فلوراید استفاده کرده‌اند. در این مطالعه گزارش شده است که بیشترین میزان حذف یون فلوراید در pH برابر ۴ و به میزان ۸۹ درصد مشاهده گردیده است (۲۳). بنابراین مشخص می‌گردد که بیشترین میزان حذف فلوراید در محدوده ۴-۷ اتفاق می‌افتد که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

در نمودار ۵ نتایج حاصل از تاثیر دمای محلول نشان داد که با افزایش دمای محلول کارایی حذف فلوراید کاهش می‌یابد که این امر نشان دهنده گرمازا بودن واکنش حذف فلوراید با استفاده از جاذب‌های مورد استفاده می‌باشد. دمای محلول یکی دیگر از پارامترهای مهم و تاثیر گذار بر روی فرایند جذب سطحی می‌باشد و در اغلب موارد فرآیند جذب سطحی گرمازا می‌باشد. بنابراین در فرآیند جذب سطحی با افزایش دمای محلول، کارایی حذف کاهش خواهد یافت. در برخی از موارد نیز، فرایند جذب سطحی گرماگیر بوده و با افزایش دمای محلول کارایی حذف افزایش می‌یابد (۲۲). در مطالعه‌ای، از ژئولیت طبیعی اصلاح شده با کلرید کلسیم جهت حذف یون فلوراید استفاده گردیده است و نشان داده شده است که با افزایش دمای محلول کارایی حذف فرایند افزایش می‌یابد (۱۹). در مطالعه دیگری، از جاذب تهیه شده با استفاده از تیتانیم اکسی سولفات جهت حذف فلوراید استفاده گردیده است و نشان داده شده است که حذف فلوراید با افزایش دمای محلول کاهش می‌یابد (۲۴). در مطالعه‌ای که

در نمودار ۷ میزان حذف فلوراید تحت شرایط بهینه نشان داده شده است. نتایج نشان داد که می‌توان مقادیر زیاد فلوراید را با استفاده از مقادیر بیشتر جاذب به حد استاندارد رسانید. از آنجایی که با افزایش دوز جاذب سطح مخصوص و یا محل‌های تبادل یون افزایش می‌یابد بنابراین کارایی حذف نیز افزایش خواهد یافت. در این مطالعه مشخص گردید که با میزان ۱۰ گرم بر لیتر از جاذب خام می‌توان میزان فلوراید را از ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر به مقادیر استاندارد کاهش داد. همچنین پامیس اصلاح شده نشان داد که در مقادیر دوز جاذب ۸ گرم بر لیتر و بالاتر می‌توان مقدار فلوراید را از ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر به کمتر از مقادیر استاندارد رسانید و این امر نشان دهنده افزایش کارایی جاذب در اثر اصلاح با پراکسید هیدروژن می‌باشد.

### نتیجه گیری

در مجموع با توجه به نتایج بدست آمده در این مطالعه مشخص گردید که پوکه معدنی خام قادر به حذف ۶۰ تا ۸۰ درصد فلوراید موجود در محلول سنتتیک و در شرایط بهینه می‌باشد. همچنین مشخص گردید که اصلاح پوکه معدنی خام باعث افزایش کارایی حذف آن می‌گردد. در مجموع می‌توان این طور نتیجه گیری کرد که پوکه معدنی خام و اشکال اصلاح شده آن می‌توانند جهت حذف یون فلوراید در مکان‌هایی که میزان این یون بالاتر از مقادیر استاندارد می‌باشد مورد استفاده قرار بگیرد.

### تشکر و قدردانی

این طرح با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی البرز به شماره ۱۹۴۶۷۰۲ انجام گرفته است. از دانشگاه علوم پزشکی البرز به خاطر حمایت مالی این طرح کمال تشکر و قدردانی می‌گردد.

از سیمان سبک جهت حذف فلوراید استفاده گردیده است، مشخص شده است که با افزایش دمای محلول راندمان حذف فلوراید نیز افزایش می‌یابد (۲۵). در نمودار ۶ نتایج حاصل از تاثیر میزان جاذب بر روی کارایی حذف فلوراید نشان داده شده است. نتایج نشان داد که کارایی حذف فلوراید با افزایش میزان جاذب افزایش می‌یابد. افزایش میزان کارایی حذف فرآیند با افزایش میزان جاذب به دلیل افزایش سطح مخصوص و همچنین منافذ داخلی جاذب می‌باشد که باعث افزایش کارایی حذف فرآیند خواهد شد (۲۴،۲۳). در مطالعات مختلفی نیز نتایج مشابهی گزارش گردیده است. در مطالعه‌ای، از سرامیک گرانولی متخلخل که با اکسیدهای آلومینیوم و آهن پوشانده شده است جهت حذف فلوراید استفاده گردیده است. محققان در این مطالعه گزارش کرده اند که با افزایش غلظت جاذب از ۱۰ تا ۳۰ g/L کارایی حذف از ۶۹/۴ به ۹۵/۷ درصد افزایش می‌یابد (۱۰). در مطالعه دیگری، از لجن اصلاح شده با اسید جهت حذف یون فلوراید استفاده گردیده است و نشان داده شده است که با افزایش دوز جاذب از ۵ تا ۵۰ g/L، کارایی حذف از ۴۰ درصد به ۷۳ درصد افزایش می‌یابد (۹). در مطالعه دیگری، از خاکستر فرار پوشش داده شده با منگنز جهت حذف فلوراید استفاده گردیده است. در این مطالعه در زمان تماس ۱۱۴۰ دقیقه،  $pH=3$  و غلظت  $10\text{ mg/L}$  از فلوراید، با افزایش دوز جاذب از ۱ تا  $5\text{ g/L}$ ، کارایی حذف از ۱ درصد به ۹۲ درصد افزایش یافته است (۱۵). بنابراین با توجه به مطالعات صورت گرفته بر روی حذف فلوراید با استفاده از جاذب‌های مختلف مشخص گردید که با افزایش میزان پوکه معدنی کارایی حذف افزایش می‌یابد و این افزایش نسبت به مطالعات گزارش شده در زمان تماس کمتر و  $pH$  نزدیکتر به آب آشامیدنی اتفاق می‌افتد.

**References**

- 1- Tahaikt M, Achary I, Menkouchi MA, Amor Z, Taky M. Defluoridation of moroccan ground water by electrodialysis: Continuous operation. *Desalination* 2006 March; 189 (3):215-220.
- 2- Shubo D, Han L, Wei Z, Jun H, Gang Y, Mn–Ce oxide as a high-capacity adsorbent for fluoride removal from water, *J Hazard Mater.* 2011 Feb; 186 (2–3): 1360-1366
- 3- Nan C, Zhenya Z, Chuanping F, Miao L, Dirui Z, Rongzhi C, Norio S, An excellent fluoride sorption behavior of ceramic adsorbent, *J Hazard Mater.* 2010 Nov; 183 (1–3): 460-465.
- 4- Youbao S, Qinghua F, Junping D, Xiaowei C, Jiaqiang X. Removal of fluoride from drinking water by natural stilbite zeolite modified with Fe (III), *Desalination* 2011 Aug; 277 ( 1–3): 121-127.
- 5- World Health Organization (WHO). Guidelines for drinking water quality. fourth edition, Geneva: WHO; 2011, 273-276.
- 6- Yuxin M, Fengmei S, Xilai Z, Jun M, Congjie G, Removal of fluoride from aqueous solution using granular acid-treated bentonite (GHB): Batch and column studies, *J Hazard Mater.* 2011 Jan; 185 (2-3): 1073-1080.
- 7- Patricia M, Alicia FC, Fluoride removal from water by chitosan derivatives and composites: A review, *J Fluorine Chem.* 2011 Apr; 132 (4): 231-240.
- 8- Hari P, Bimala P, Katsutoshi I, Hidetaka K, Keisuke O, Hiroyuki H, Shafiq A, Adsorptive removal of fluoride from aqueous solution using orange waste loaded with multi-valent metal ions, *J Hazard Mater,* 2011 Aug; 192(2): 676-682.
- 9- Soydoa V, Sriwilai K, Siriluk C, Removal of fluoride in aqueous solution by adsorption on acid activated water treatment sludge, *App Sur Sci.* 2010 Jun; 256 (17): 5458-5462.
- 10- Nan C, Zhenya Z, Chuanping F, Dirui Z, Yingnan Y, Norio S, Preparation and characterization of porous granular ceramic containing dispersed aluminum and iron oxides as adsorbents for fluoride removal from aqueous solution, *J Hazard Mater.* 2011 Feb; 186(1): 863-868
- 11- 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 Sep; 168 (3): 888-899.
- 12- Sujana MG, Thakur RS, Rao SB. Removal of fluoride from aqueous solution by using alum sludge, *J Colloid Sci.* 1998 Oct; 206 (1): 94-101.
- 13- Arora M, Maheshwari RC, Jain SK, Gupta A. Use of membrane technology for potable water production. *Desalination* 2004 Oct; 170 (2): 105-112.
- 14- Hu K, Dickson JM. Nanofiltration membrane performance on fluoride removal from water. *J Memb Sci.* 2006 Aug; 279 (2): 529-538.
- 15- Xiaotian X, Qin L, Hao C, Jianfeng P, Li S, Hao A, Jianping Z, Adsorption of fluoride from aqueous solution on magnesia-loaded fly ash cenospheres, *Desalination* 2011 May; 272 (1-3): 233-239.
- 16- Mehmet K., Emine K., Nevzat O. Y., Gokhan C., Ata A., Heterogeneous catalytic degradation of cyanide using copper-impregnated pumice and hydrogen peroxide, *Wat. Res.*, 2005; 39:1652-1662.
- 17- Bahri E, Ali S, Sedef D, Gencay S, Characterization of acidic pumice and determination of its electrokinetic properties in water, *Powder Technol.* 2010 Jan; 197 (1-2): 129-135.
- 18- American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. )S.L(: )S.N(; 1999, 1093.
- 19- Zhijie Z, Yue T, Mingfeng Z, Defluorination of wastewater by calcium chloride modified natural zeolite, *Desalination* 2011 Aug; 276 (1-3):246-252.
- 20- Ruiping L, Wenxin G, Huachun L, Tianming Y, Huijuan L, Jiuhui Q, Simultaneous removal of arsenate and fluoride by iron and aluminum binary oxide: Competitive adsorption effects, *Sep Pur Technol.* 2012 May; 92 (18): 100-105.
- 21- Lin C, Bo-Yang H, Shuai H, Ting-Jie W, Chao-Li S, Yong J, Fe—Ti oxide nano-adsorbent synthesized by co-precipitation for fluoride removal from drinking water and its adsorption mechanism, *Powder Technol.* 2010 Sep; 227 (3): 3-8.
- 22- Venkataraman S, Thiagarajan R, André D, Manganese dioxide improves the efficiency of earthenware in fluoride removal from drinking water, *Desalination.* 2011 Jan; 272 (3): 179–186.
- 23- Ramdani A, Taleb S, Benghalem A, Ghaffour N, Removal of excess fluoride ions from Saharan brackish water by adsorption on natural materials, *Desalination,* 2010. Aug; 250 (11): 408–413.

- 
- 24- Takaaki W, Yuta U, Shuji N, Katsuyasu S, Adsorption behavior of fluoride ions using a titanium hydroxide-derived adsorbent, *Desalination*. 2009 Sep; 249 (9): 323-330.
- 25- Ensar O, Equilibrium isotherms and kinetics studies for the sorption of fluoride on light weight concrete materials, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical. Eng. Aspects*. 2007 May; 295 (7): 258-263.

## Removal of Fluoride from Aqueous Solution by Natural and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Modified Pumice

Noori Sepehr M<sup>1</sup>, Karimaian K.A<sup>2</sup>, Ghahramani E<sup>3</sup>, Zarrabi M<sup>4\*</sup>, Jafarinia M<sup>5</sup>

1. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran.

2. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Kurdistan University of Medical Sciences, Sannandaj, Iran.

3. Instructor, Environmental Health Department, Kurdistan Environmental Health Research Center, Kurdistan University of Medical Sciences, Sannandaj, Iran.

4. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran.

5. Department of Environmental Health Engineering Faculty of Health, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran.

\* *Corresponding Author.* Tel: +982634643398 Fax: +982634643822 E-mail: mansor62@gmail.com

Received: 17 Dec 2012 Accepted: 16 Feb 2013

### ABSTRACT

**Background & Objectives:** Fluoride is an essential element for human health and prevents tooth decay at standard levels. If fluoride concentration in drinking water exceeds standard levels, it may lead to various diseases such as *Alzheimer's* syndrome, brittle bones, infertility, and thyroid disorder. Therefore, this work aimed to investigate efficiency of natural and modified pumice to remove fluoride from aqueous solution.

**Methods:** In this work, natural and modified pumice were used for removal of fluoride from aqueous solution. Several experimental parameters including pH (2-10), temperature (20-60°C), adsorbent mass (2-10 g/L), initial fluoride concentration (5-20 mg/L) and contact time were studied. All experiments were conducted in batch system with varying one experimental parameter whilst others remaining constant.

**Results:** Results showed that removal efficiency was increased with increase in contact time, initial fluoride concentration, and adsorbent dosage. In addition, removal efficiency was decreased with increases in solution temperature. The highest removal efficiency was observed at pH 6. At pH=6, adsorbent dose of 10 g/L, fluoride concentration of 20 mg/L, and contact time of 210 minutes, the final fluoride concentration reached to 1.76 and 1.23 mg/L by natural and modified pumice, respectively.

**Conclusion:** The results of present work demonstrated that pumice especially modified one, as inexpensive adsorbents, can be effectively used to remove fluoride.

**Key words:** Fluoride; Pumice; Batch System; Fluorosis