بررسی حذف فلوراید از آب آشامیدنی با بوکسیت معدن مندون: مطالعه موردی آب منطقه کوهبنان

محمد ملکوتیان[1]، مرضیه جاودان[2]، فرناز ایرانمنش[3]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: غلظت فلوراید آب آشامیدنی یکی از شاخص‌های مؤثر در سلامت انسان است. بنابراین، یافتن راهی برای حذف فلوراید بیش از مقدار استاندارد، از اهداف مهم در پروژه‌های تأمین آب می‌باشد. این مطالعه با هدف، بررسی کارایی بوکسیت معدن مندون در حذف فلوراید آب آشامیدنی انجام گرفت.

روش‌ها: مطالعه حاضر از نوع تجربی بود که از اردیبهشت تا آبان سال ۱۳۹۲ بر روی نمونه‌های سنتتیک و واقعی آب منطقه کوهبنان در مرکز تحقیقات بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان انجام شد. بوکسیت از معدن مندون استان کهگیلویه و بویراحمد تهیه گردید و تجزیه و تحلیل آن به روش طیف‌سنجی فلورسانس اشعه ایکس و طیف‌سنجی تفرق اشعه ایکس انجام گرفت. تأثیر پارامترهای pH، زمان تماس، مقدار جاذب و غلظت‌های مختلف فلوراید بر روی حذف، با استفاده از محلول‌های سنتتیک بررسی گردید و شرایط بهینه روی نمونه واقعی انجام شد. به منظور درک بهتر فرایند جذب، سنتتیک و ایزوترم جذب نیز مورد بررسی قرار گرفت. میزان فلوراید به روش اسپادنس تعیین و در نهایت، داده‌ها در نرم‌افزار Excel تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: حداکثر راندمان حذف نمونه سنتتیک در pH = ۷، زمان تماس ۱۲۰ دقیقه توسط محلول ۲۰ گرم بوکسیت در لیتر، به میزان ۷۶/۹۶ درصد به دست آمد. راندمان حذف در نمونه واقعی و در شرایط بهینه، ۵۶/۶۴ درصد بود. یافته‌ها نشان داد که جذب فلوراید، از ایزوترم Langmuir با ضریب همبستگی ۰/۷۱۹ و سنتتیک واکنش درجه دوم با ضریب همبستگی ۰/۹۸۹ پیروی نمود.

نتیجه‌گیری: بوکسیت مندون بدون نیاز به آماده‌سازی اولیه جهت حذف فلوراید از آب‌های آشامیدنی، دارای راندمان جذب قابل قبولی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ایزوترم جذب، سنتتیک جذب، حذف فلوراید، بوکسیت مندون

ارجاع: ملکوتیان محمد، جاودان مرضیه، ایرانمنش فرناز. **بررسی حذف فلوراید از آب آشامیدنی توسط بوکسیت معدن مندون: مطالعه موردی آب منطقه کوهبنان.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۵؛ ۱۲ (۱): ۲۰-۱۴

دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۴/۱۸ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۷/۲۲

مقدمه

فلوراید یک عنصر ضروری برای جلوگیری از آسیب‌های دندان و فاکتور مؤثر معدنی‌سازی بافت‌های سخت مثل استخوان‌ها است (۲، ۱). آب آشامیدنی منبع اصلی دریافت فلوراید در اکثر جوامع می‌باشد. طبق رهنمود سازمان جهانی بهداشت (World Health Organization یا WHO) حداکثر غلظت قابل قبول فلوراید در آب آشامیدنی ۱ و ۱/۲ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب برای آب و هوای گرم و سرد می‌باشد. این اختلاف به دلیل مصرف آب بیشتر در آب و هوای گرم است (۳). حفظ غلظت فلوراید حدود ۱ میلی‌گرم بر لیتر از مشکلات استخوانی و دندانی به ویژه در کودکان جلوگیری می‌کند (۵، ۴). در مقابل، دریافت مازاد باعث نگرانی جدی از نظر بهداشت عمومی می‌گردد (۶). دریافت مازاد و مواجهه طولانی‌مدت باعث آسیب‌های جدی از جمله بیماری‌های استخوانی (فلوروزیس)، خالدار شدن و لق شدن دندان‌ها، سرطان، ناباروری، آسیب‌های مغزی، آلزایمر و اختلالات تیروئید می‌شود (۱۰-۷، ۴). فلوروزیس از مهم‌ترین مسایل بهداشت عمومی در سراسر جهان است. بنابراین، یافتن راهی برای حذف فلوراید بیش از مقدار استاندارد از آب آشامیدنی، از اهداف مهم در پروژه‌های تأمین آب بوده است (۱۰).

روش‌هایی از جمله انعقاد و ترسیب شیمیایی، جذب سطحی، فرایندهای غشایی و الکتروشیمیایی و تبادل یون جهت حذف مازاد فلوراید از آب به کار رفته است (۱۱). بسیاری از این روش‌ها به دلیل هزینه بالا و پیچیدگی کاربرد، قابل استفاده در کشورهای در حال توسعه و نواحی کم درامد نمی‌باشد (۸). بنابراین، تمایل فزاینده‌ای به سمت استفاده از مواد بومی و روش‌های ارزان قیمت برای حذف فلوراید از آب در کشورهای در حال توسعه وجود دارد (۱۲). از بین روش‌های گوناگون، جذب به عنوان یک روش مقرون به صرفه و متداول جهت حذف فلوراید از محیط‌های آبی در این کشورها، مورد توجه قرار گرفته است (۱۳). در مطالعات زیادی از بوکسیت در حذف آلاینده‌های آب به ویژه فلوراید استفاده شده است (۱۷-۱۴). تاکنون کارایی سنگ معدن بوکسیت مندون در حذف فلوراید مورد بررسی قرار نگرفته است. هدف از مطالعه حاضر، بررسی کارایی سنگ معدن بوکسیت مندون در استان کهگیلویه و بویراحمد در حذف

۱- استاد، مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط و گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط و گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران
۳- مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران
نویسنده مسؤول: مرضیه جاودان
Email: m.javidan90@gmail.com

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-06]

فلوراید از محلول‌های آبی بود.

روش‌ها

مطالعه حاضر یک مطالعه تجربی بود که در بازه زمانی اردیبهشت تا آبان سال ۱۳۹۲ روی نمونه‌های سنتتیک و نمونه واقعی در مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان انجام شد. نمونه واقعی از آب آشامیدنی منطقه کوهبنان واقع در شمال غربی استان کرمان انتخاب شد. بر اساس مطالعات انجام شده قبلی، غلظت فلوراید در منابع آبی این منطقه در محدوده ۵/۴–۲/۳ میلی‌گرم در لیتر بوده است (۱۸). کیفیت شیمیایی نمونه آب واقعی در ابتدا تعیین شد. جاذب از معدن بوکسیت مندون (سرفاریاب) واقع در ۴۰ کیلومتری شهرستان دهدشت در استان کهگیلویه و بویراحمد تهیه گردید. سنگ معدن بوکسیت مندون ابتدا آسیاب و با الک مش ۶۰ غربال شد و پودری با اندازه ذرات کمتر از ۲۵۰ میکرومتر تهیه گردید. پودر بوکسیت با آب دیونیزه شستشو و سپس، در کوره با دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت خشک گردید و در دمای اتاق سرد شد. جهت تعیین آنالیز شیمیایی و تعیین فازهای موجود در نمونه‌های پودر بوکسیت از روش طیف‌سنجی فلوئورسانس اشعه ایکس XRF (X-Rey fraction) و روش طیف‌سنجی تفرق اشعه ایکس XRD (X-Ray diffraction) استفاده شد.

محلول استوک فلوراید (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، با حل کردن ۰/۲۲۱ گرم نمک فلوراید سدیم ساخت شرکت مرک در ۱ لیتر آب دیونیزه تهیه گردید. کلیه آزمایش‌ها در محیط ناپیوسته با در تماس قرار دادن و هم زدن (۳۰۰ دور در دقیقه) محلول فلوراید با بوکسیت مندون در زمان‌های مشخص انجام گرفت. آنالیز فلوراید طبق روش اسپادنس (SPADNS) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

راندمان حذف فلوراید (E%) و ظرفیت جذب فلوراید (q_e) از معادله ۱ و ۲ محاسبه شد:

$$\%E = \frac{C_i - C_e}{C_i} * 100 \quad (۱)$$

$$q_e = \frac{(C_i - C_e)V}{m} \quad (۲)$$

q_e میلی‌گرم به ازای گرم جاذب، C_i غلظت اولیه فلوراید بر حسب میلی‌گرم بر لیتر، C_e غلظت باقی‌مانده در زمان تعادل بر حسب میلی‌گرم بر لیتر، V حجم محلول بر حسب لیتر و m دوز جاذب بر حسب گرم است.

کلیه آزمایش‌ها بر اساس روش‌های مندرج در کتاب روش‌های استاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب ویرایش بیستم انجام گرفت (۱۹). آزمایش‌های جذب برای تعیین زمان تعادل و سینتیک‌های جذب، شرایط بهینه (pH، زمان تماس، غلظت فلوراید و مقدار جاذب) و مطالعه مدل ایزوترم جذب انجام شد. آزمایش‌ها با نمونه واقعی در شرایط بهینه نیز انجام و راندمان حذف محاسبه گردید. آزمایش‌ها در هر مرحله دو بار انجام شد و میانگین نتایج ارایه گردید. به منظور تنظیمات pH، از محلول‌های ۰/۱ نرمال اسید سولفوریک و هیدروکسید سدیم استفاده شد. اندازه‌گیری‌های pH توسط pHمتر دیجیتالی مدل ۲۱۱ (pH211. HANNA., Italy) صورت گرفت. به منظور مطالعه ایزوترم‌های جذب، مدل‌های ایزوترم Langmuir و Freundlich مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار Excel انجام شد.

یافته‌ها

کیفیت شیمیایی نمونه آب منطقه کوهبنان

نتایج حاصل از دما، pH و پارامترهای شیمیایی نمونه آب منطقه کوهبنان در جدول ۱ ارایه شده است.

مشخصات بوکسیت

نتایج آنالیز شیمیایی سنگ معدن بوکسیت مندون (سرفاریاب) با روش XRF (درصد عناصر تشکیل دهنده) در جدول ۲ و نتایج آنالیز XRD (شناسایی کانی‌های موجود) در شکل ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. کیفیت شیمیایی نمونه آب منطقه کوهبنان

پارامتر	واحد اندازه‌گیری	مقدار
pH	–	۶/۹۰–۷/۶۶
دما	درجه سانتی‌گراد(^oC)	۲۵–۲۷
سولفات (SO_4^{2-})	mg/l	۱۳۹/۰
کلرور (Cl^-)	mg/l	۱۲۶/۰
کل جامدات (Total solids یا TS)	mg/l	۷۱۱/۰
نیترات (NO_3^-)	mg/l	۵/۶
کلسیم	mg/l	۸۳/۰
پتاسیم	mg/l	۱/۹
منیزیم	mg/l	۴۹/۰
سدیم	mg/l	۹۵/۰
کل جامدات محلول	mg/l	۶۵۶/۰
کلر باقی‌مانده	mg/l	۰/۵
فلوراید (F^-)	mg/l	۲/۳–۲/۷
آهن (Fe)	mg/l	< ۰/۰۵
آلومینیوم (Al)	mg/l	< ۰/۰۱

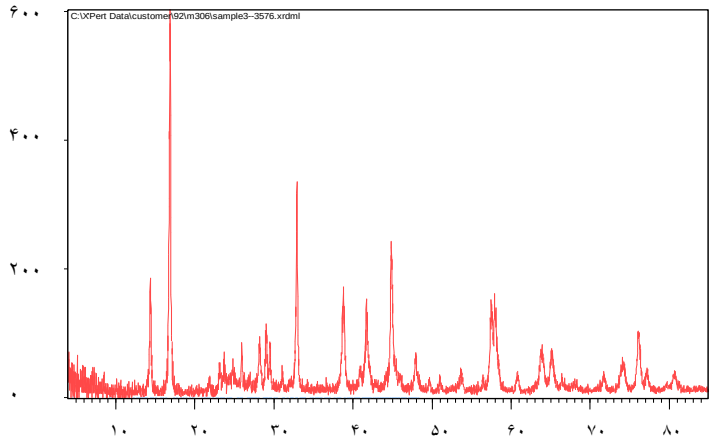
جدول ۲. درصد اکسیدهای فلزی اندازه‌گیری شده در سنگ معدن بوکسیت مندون به روش XRF (X-Rey fraction)

ترکیب شیمیایی	درصد
Al_2O_3	۵۳/۶۴
SiO_2	۱۲/۴۳
TiO_2	۲/۴۸
Fe_2O_3	۱۹/۵۱
CaO	۰/۲۹
MgO	۰/۱۷
K_2O	۰/۰۵
P_2O_5	۰/۰۶

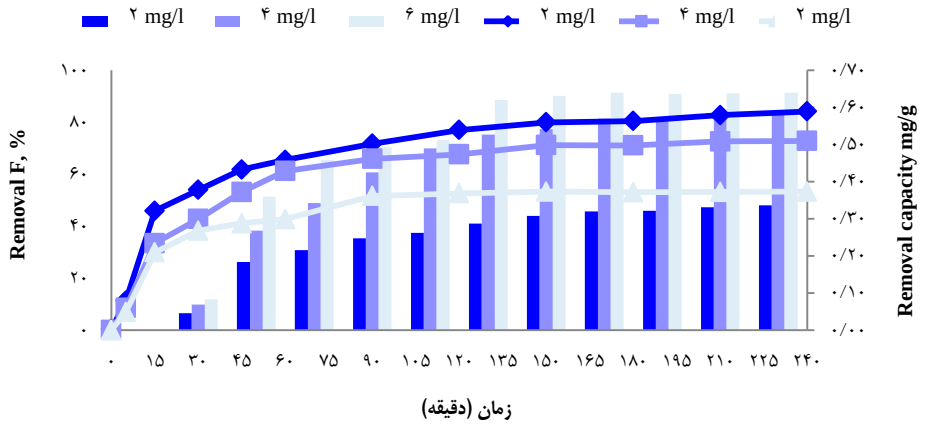
اثر زمان تماس

نتایج حاصل از تأثیر زمان تماس روی ظرفیت جذب فلوراید توسط بوکسیت مندون در غلظت‌های مختلف فلوراید (۲، ۴، ۶ میلی‌گرم بر لیتر) در شکل ۲ ارایه شده است.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-06]



شکل ۱. طیف XRD (X-Ray diffraction) حاصل از سنگ معدن بوکسیت مندون



شکل ۲. اثر زمان تماس روی ظرفیت جذب فلوراید (۵g بوکسیت، pH = ۷، غلظت فلوراید ۶ mg/l و ۴، ۲)

اثر pH

شکل ۳ نتایج حاصل از تأثیر pH روی راندمان حذف فلوراید توسط بوکسیت مندون را نشان می‌دهد. وقتی pH از ۳ به ۷ افزایش پیدا کرد، راندمان حذف فلوراید از ۲۲/۷۷ درصد به ۵۲/۶۰ درصد افزایش یافت و حداکثر جذب فلوراید در pH = ۷ به دست آمد.

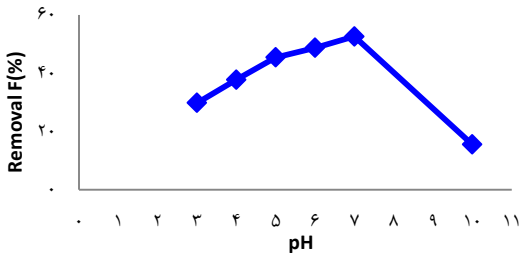
اثر غلظت اولیه فلوراید و مقدار جاذب روی حذف فلوراید

شکل ۴ و ۵ اثر غلظت‌های مختلف فلوراید و مقادیر مختلف جاذب روی جذب فلوراید توسط بوکسیت را نشان می‌دهند.

با کاهش غلظت فلوراید از ۶ به ۲ میلی‌گرم بر لیتر با ۵ گرم در لیتر بوکسیت، راندمان حذف فلوراید از ۵۲/۶۰ به ۸۲/۹۵ درصد افزایش پیدا کرد. همچنین، با افزایش مقدار جاذب از ۲ به ۲۰ گرم بر لیتر، راندمان حذف فلوراید از ۲۳/۲۳ به ۷۵/۹۸ درصد افزایش پیدا کرد و با افزایش بیشتر مقدار جاذب راندمان حذف افزایش قابل توجهی نداشت.

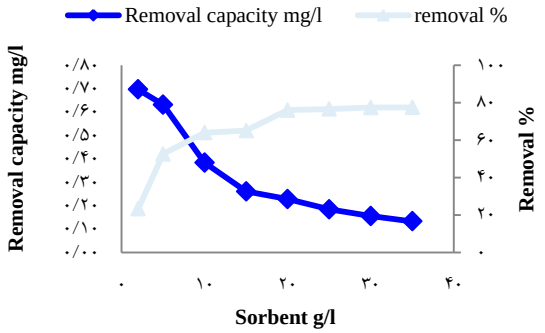
مطالعات سینتیک جذب سطحی و ایزوترم جذب

فرایند جذب از سینتیک درجه دوم با ضریب همبستگی (R^2 = ۰/۹۸۹) تبعیت می‌کند. نتایج حاصل از بررسی سینتیک درجه اول و دوم برای غلظت‌های اولیه فلوراید (۶ mg/l و ۴، ۲) در جدول ۳ ذکر شده است. ایزوترم جذب Langmuir با ضریب همبستگی (R^2 = ۰/۷۱۹) نتایج بهتری را نسبت به ایزوترم جذب Freundlich نشان داده است. پارامترهای حاصل از مدل‌های ایزوترم جذب توسط بوکسیت مندون در جدول ۳ آمده است.

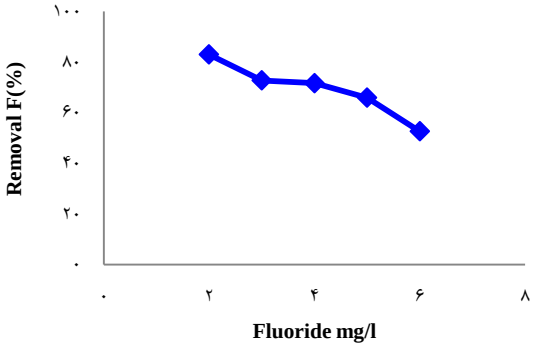


شکل ۳. اثر pH روی راندمان حذف فلوراید (مقدار بوکسیت ۵ g/l، غلظت اولیه فلوراید ۶ mg/l)

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-06]



شکل ۴. اثر غلظت‌های اولیه فلوراید (۲، ۳، ۴، ۵، ۶ mg/l) روی راندمان حذف فلوراید (pH = ۷، زمان تماس ۱۲۰ دقیقه، دوز بوکسیت ۵ g/l)



شکل ۵. اثر مقادیر مختلف بوکسیت روی راندمان و ظرفیت جذب فلوراید (pH = ۷، غلظت اولیه ۶ mg/l، زمان تماس ۱۲۰ دقیقه)

مطالعه حذف فلوراید برای نمونه واقعی آب (آب منطقه کوهبنان)

راندمان حذف فلوراید در شرایط بهینه برای نمونه واقعی آب منطقه کوهبنان ۵۶/۶۴ درصد گزارش شد.

بحث

طبق نتایج آنالیز XRF، اکسیدهای آلومینیوم و سیلیسیم، تیتانیم و آهن چهار عنصر اصلی هستند که ۸۸/۰۶ درصد ترکیبات شیمیایی سنگ معدن بوکسیت مندون (سرفاریاب) را تشکیل می‌دهند. Ayoob و همکاران در هند (۲۰) و ملکوتیان و همکاران در ایران (۲۲، ۲۱) از بوکسیت برای حذف فلوراید استفاده نمودند، نتایج آنالیز XRF سنگ معدن بوکسیت مندون با نتایج XRF مطالعات آن‌ها مشابه است، ولی درصد ترکیبات عناصر اصلی بوکسیت در مطالعات با هم تفاوت دارد. نتایج XRD بیانگر این است که بوهمیت، هماتیت و کائولینیت کانی‌های اصلی و دیاسپور، آناتاز، کلریت و کوارتز کانی‌های فرعی سنگ معدن بوکسیت مندون می‌باشند.

نتایج حاصل از تأثیر زمان تماس روی ظرفیت جذب فلوراید توسط بوکسیت مندون نشان داد در یک مقدار ثابت بوکسیت (۵ g/l) و غلظت اولیه فلوراید ۶ میلی‌گرم در لیتر، با گذشت زمان تماس از ۵ به ۱۲۰ دقیقه، راندمان حذف فلوراید از ۶/۹۱ درصد به ۵۲/۶۰ درصد افزایش یافته است و بعد از زمان تعادل ۱۲۰ دقیقه راندمان حذف افزایش چشمگیری ندارد. همچنین، در همه نمونه‌ها زمان تعادل مستقل از غلظت اولیه فلوراید است. وقتی غلظت از ۲ به ۶ میلی‌گرم در لیتر افزایش یافت، راندمان از ۷۶/۹۶ درصد به ۵۲/۶۰ درصد کاهش می‌یابد. ملکوتیان و همکاران در زمان ۱۸۰ دقیقه، حداکثر راندمان حذف فلوراید از آب توسط بوکسیت خام را به دست آوردند. بالاترین درصد حذف در طول زمان تماس‌های اولیه به دست آمد و با افزایش زمان تماس، افزایش قابل توجهی نداشت؛ چرا که در ابتدا همه جایگاه‌های جذب خالی بوده، یون‌های آزاد فلوراید فراوان در دسترس بوده است (۲۳). این نتایج با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

جدول ۳. نتایج حاصل از بررسی سینتیک و مدل‌های ایزوترم جذب توسط بوکسیت مندون

سینتیک جذب	پارامتر	غلظت فلوراید (mg/l)		
		۲	۴	۶
سینتیک درجه اول	k_1	۰/۰۲۳	۰/۰۲۷	۰/۰۳۴
	q_e	۰/۵۵۳	۰/۷۶۲	۰/۸۱۰
	R^2	۰/۹۴۲	۰/۹۸۸	۰/۹۴۰
سینتیک درجه دوم	k_2	۰/۲۱۸	۰/۱۱۶	۰/۱۵۶
	q_e	۰/۳۴۷	۰/۶۱۳	۰/۶۶۷
	R^2	۰/۹۹۱	۰/۹۸۸	۰/۹۸۹
مدل ایزوترم		**پارامتر**		
Langmuir	R^2	k_L	q_m	
	۰/۷۱۹	۱/۳۸۸	۰/۷۳۱	
Freundlich	R^2	k_F	N	
	۰/۲۶۵	۰/۸۶۲	۲/۵۱۸	

q_e: ظرفیت جذب فلوراید؛ K_1: ثابت سرعت در واکنش های درجه اول؛ K_2: ثابت سرعت در واکنش های درجه دوم؛ R^2: ضریب همبستگی، k_L: ثابت ایزوترم Langmuir، k_F: ثابت ایزوترم Freundlich، q_m: حداکثر ظرفیت جذب: N: شدت جذب

www.mui.ac.ir
[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-06]

هنگامی کـه pH از ۳ بـه ۷ در زمـان تعـادل ۱۲۰ دقیقـه افـزایش یافـت، راندمان حذف از ۲۹/۷۷ درصد به ۵۲/۶۰ درصد افزایش یافت. این می‌توانـد بـه دلیل تشکیل اسید ضعیف هیدروفلوئوریک (HF) باشد. سپس با افزایش pH بـه ۱۰ راندمان بـه ۱۵/۵۰ درصـد کـاهش یافـت کـه بـه دلیـل رقابـت یـون‌هـای هیدروکسید (OH^-) و یـون‌هـای فلوراید (F^-) بـرای جایگـاه‌هـای جـذب روی بوکسیت است. ملکوتیان و همکاران از ضایعات صنعت روغـن (۲۴) و همچنـین، در مطالعه‌ای دیگر (۲۱) از بوکسیت در حذف فلوراید استفاده نمودنـد و بـالاترین حذف را در pH خنثی یافتند (pH=۷) که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد.

با افزایش مقدار جاذب از ۲ به ۲۰ گرم در لیتر در نمونه سـنتتیک، رانـدمان حذف از ۲۳/۲۳ درصد به ۷۵/۹۸ درصد افزایش یافت. با افـزایش مقـدار جـاذب، یون‌های فلوراید جایگاه‌های فعال بیشـتری در دسـترس دارنـد، ولـی در مقـادیر بالاتر از ۲۰ گرم در لیتر راندمان حذف افزایش چشمگیری نداشت، چون در ایـن مقدار فقط میزان محدودی از یون‌های فلوراید به صورت آزاد باقی مانـده اسـت. Sujana و همکاران (۲۵)، از مواد معدنی حاوی آهن در حذف فلوراید اسـتفاده نمودند و نتایج مشابهی به دست آوردند.

طبق نتـایج بـه دسـت آمـده، سـینتیک درجـه دوم بـا ضـریب همبسـتگی (R^2 = ۰/۹۸۹) نسبت به سینتیک درجه اول داده‌هـای مطالعـه را بهتـر توضـیح می‌دهـد. نتـایج مطالعـه Tor و همکـاران (۲۶) کـه از گـل قرمـز، ملکوتیـان و همکاران از بوکسیت (۲۳) و همچنـین، در مطالعـه‌ای دیگـر از ضـایعات صـنعت روغـن گیـاهی در حـذف فلوراید اسـتفاده کردنـد (۲۴)، نتـایج مشـابهی را بـه همراه داشت.

مطالعه ایزوترم جذب، چگونگی فعل و انفعالات بـین جـاذب و جسـم حـل شونده را تشریح می‌کند. نتایج نشان داد حذف فلوراید توسط بوکسیت مندون بـا ضریب همبستگی (R^2 = ۰/۷۱۹) از ایزوترم جذب Langmuir تبعیت می‌کنـد. این نتایج با مطالعه Sujana و Anand (۱۶) که از بوکسیت در حـذف فلوراید استفاده نمودند، مطابقت دارد.

غلظت فلوراید در نمونه واقعی آب منطقه کوهبنان بـدون تغییـر در کیفیـت شیمیایی آب و شرایط بهینه زمان تماس ۱۲۰ دقیقه و مقـدار بوکسـیت ۲۰ گـرم در لیتر، از ۲/۷۳ میلی‌گـرم در لیتـر بـه ۱/۱۴ میلـی‌گـرم در لیتـر کـاهش یافـت (راندمان حذف فلوراید ۵۶/۶۴ درصد) کـه در مقایسـه بـا نمونـه‌هـای سـنتتیک راندمان حذف کمتری دارد. Sujana و Anand از بوکسیت در حذف فلوراید از آب زیرزمینی استفاده نمودند و حضور کلراید و سولفات را دلیل کـاهش رانـدمان حذف فلوراید در نمونه آب زیرزمینی بیان کردند (۱۶).

نتیجه‌گیری

بـه طـور کلـی، شـرایط بهینـه بـرای حـذف فلوراید از محلـول سـنتتیک در pH = ۷، مقدار جاذب ۲۰ گرم در لیتر و زمان تماس ۱۲۰ دقیقه است. بـا انجـام شرایط بهینه روی نمونه واقعی آب منطقه کوهبنان، مقـدار فلوراید بـه کمتـر از ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر (حد رهنمود سـازمان بهداشـت جهـانی)، رسـید. بوکسـیت مندون در این مطالعه نشان داد می‌تواند بـه عنـوان جـاذب ارزان قیمـت و مـؤثر جهت حذف فلوراید از آب بدون آماده‌سازی اولیه به کار رود.

پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده به ارزیابی احیای جاذب و بهینه کردن فراینـد در مقیاس کاربردی پرداخته شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه در مقطع کارشناسی ارشـد بـود کـه زیـر نظـر مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان و بـا حمایـت مـالی معاونـت تحقیقـات و فنـاوری ایـن دانشـگاه انجـام یافـت. بـدین وسـیله از مساعدت‌های آن‌هایی که همـوار کننـده انجـام ایـن پـژوهش بـوده‌انـد، قـدردانی می‌گردد.

References

1. Mesdaghinia A, Vaghefi KA, Montazeri A, Mohebbi MR, Saeedi R. Monitoring of fluoride in groundwater resources of Iran. Bull Environ Contam Toxicol 2010; 84(4): 432-7. [In Persian].
2. Gomoro K, Zewge F, Hundhammer B, Megersa N. Fluoride removal by adsorption on thermally treated lateritic soils. Bull Chem Soc Ethiop 2012; 26(3): 361-72.
3. Lavecchia R, Medici F, Piga L, Rinaldi G, Zuorro A. Fluoride removal from water by adsorption on a high alumina content bauxite. Chem Eng Trans 2012; 26(225): 230.
4. Bhatnagara A, Kumara E, Sillanpaa M. Fluoride removal from water by adsorption-A review. Chem Eng J 2011; 171(3): 811-40.
5. Bernard T, Felix M, Masamba W. Effect of particle size on loading capacity and water quality in water defluoridation with 200°C calcined bauxite, gypsum, magnesite and their composite filter. Afr J Pure Appl Chem 2012; 6(2): 26-34.
6. Nagendra Rao CR, Karthikeyan J. Removal of fluoride from water by adsorption onto lanthanum oxide. Water Air Soil Pollut 2016; 223(3): 1101-14.
7. Mahvi A, Rahmani Boldaji M, Doubaradaran S. Evaluating the performance of Iron nano-particle resin in removing fluoride from water. Water and Wastewater 2011; 21(4): 33-7. [In Persian].
8. Doua X, Mohanb D, Pittman CU, Yanga S. Remediating fluoride from water using hydrous zirconium oxide. Chem Eng J 2012; 198-199: 236-45.
9. Daifullah AA, Yakout SM, Elreefy SA. Adsorption of fluoride in aqueous solutions using KMnO4-modified activated carbon derived from steam pyrolysis of rice straw. J Hazard Mater 2007; 147(1-2): 633-43.
10. Nie Y, Hu C, Kong C. Enhanced fluoride adsorption using Al (III) modified calcium hydroxyapatite. J Hazard Mater 2012; 233-234: 194-9.
11. Kumar E, Bhatnagar A, Kumar U, Sillanpaa M. Defluoridation from aqueous solutions by nano-alumina: characterization and sorption studies. J Hazard Mater 2011; 186(2-3): 1042-9.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-06]

12. Chidambaram S, Ramanathan AL, Vasudevan S. Fluoride removal studies in water using natural materials: technical note. Water SA 2003; 29(3): 339-44.
13. Sajidu S, Kayira C, Masamba W, Mwatseteza J. Defluoridation of groundwater using raw bauxite: Rural Domestic Defluoridation Technology. Environment and Natural Resources Research 2012; 2(3): 1-9.
14. Altundogan HS, Tümen F. Removal of phosphates from aqueous solutions by using bauxite. I: Effect of pH on the adsorption of various phosphates. J Chem Technol Biotechnol 2002; 77(1): 77-85.
15. Erdema M, Altundoganb HS, Tümenb F. Removal of hexavalent chromium by using heat-activated bauxite. Miner Eng 2004; 17(9-10): 1045-52.
16. Sujana MG, Anand S. Fluoride removal studies from contaminated ground water by using bauxite. Desalination 2011; 267(2-3): 222-7.
17. Pahlavanzadeh H, Zarenezhad Ashkzari H. Defluoridation of drinking water with fixed bed column using low cost natural adsorbent, bauxite. Iran J Chem Chem Eng 2013; 32(1): 17-24. **[** In Persian**]**.
18. Sadeghkasmaei L, Gorgin N, Fekrikohbanani M. Survey the amount of fluoride in Kohbanan (Kerman, Iran) soil and water and them effect on dental health. Proceedings of the 1st International Conference on Water Crisis; 2009 Mar 10-12; Zabol, Iran. **[**In Persian**]**.
19. American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington, DC: American Public Health Association; 1999.
20. Ayoob S, Gupta AK, Bhakat PB. Analysis of breakthrough developments and modeling of fixed bed adsorption system for As(V) removal from water by modified calcined bauxite (MCB). Sep Purif Technol 2007; 52(3): 430-8.
21. Malakootian M, Javdan M, Iranmanesh F. Performance evaluation of bauxite activated mines in Yazd province in order to remove fluoride from drinking water (Case Study: Kuhbanan water). Journal of Community Health Research 2014; 3(2): 103-14. **[**In Persian**]**.
22. Malakootian M, Javdan M, Iranmanesh F. Performance evaluation of Semnan active bauxite mine (TASH) in the removal of fluoride from drinking water: Case study on Kuhbonan water. Journal of Environmental Health Engineering 2014; 1(3): 236-46. **[**In Persian**]**.
23. Malakootian M, Javdan M, Iranmanesh F. Fluoride removal study from aqueous solutions using Jajarm bauxite: Case study on Koohbanan water. Fluoride 2015; 48(2): 113-22. **[**In Persian**]**.
24. Malakootian M, Fatehizadeh A, Yousefi N, Ahmadian M, Moosazadeh M. Fluoride removal using Regenerated Spent Bleaching Earth (RSBE) from groundwater: Case study on Kuhbonan water. Desalination 2011; 227(1-3): 244-9. **[**In Persian**]**.
25. Sujana MG, Pradhan HK, Anand S. Studies on sorption of some geomaterials for fluoride removal from aqueous solutions. J Hazard Mater 2009; 161(1): 120-5.
26. Tor A, Danaoglu N, Arslan G, Cengeloglu Y. Removal of fluoride from water by using granular red mud: Batch and column studies. J Hazard Mater 2009; 164(1): 271-8.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-06]

Journal of Health System Research
Vol. 12, No. 1, Spring 2016
Received: 09.07.2014
Accepted: 14.10.2015

Performance Evaluation of the Removal of Fluoride from Drinking Water Using Mendon Bauxite Mine: Case Study on Kuhbonan Water, Kerman, Iran

Mohammad Malakootian[1], Marzieh Javdan[2], Farnaz Iranmanesh[3]

Original Article

Abstract

Background: As fluoride concentration in drinking water is one of the effective parameters in human health, finding the ways to remove excess amount of fluoride is very important in water supply projects. This study aimed to evaluate Mendon bauxite mine in the removal of fluoride from drinking water.

Methods: This experimental study was conducted from May to October 2013 on synthetic and actual water samples obtained from drinking water of Kuhbonan in Kerman, Iran. Bauxite was obtained from the Mendon bauxite mine in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province. Characterization of bauxite was studied via X-ray diffraction (XRD) method; X-ray fluorescence (XRF) was used to clear the mechanism of adsorption. Batch experiments were carried out to determine the effect of contact time, pH, adsorbent dose, and initial fluoride concentration parameters on the efficiency of defluoridation and to study the kinetics and adsorption isotherm. Analysis of fluoride was carried out via SPADNS method. To analyse the data, Excel software was used.

Findings: Maximum removal efficiency was observed at the pH of 7, contact time of 120 minutes, and absorbent amount of 20 g/l for the synthetic solution, with removal efficiency of 76.96% and for the actual solution, with the efficiency of 56.64%. Sorption data were best fitted with the Langmuir sorption isotherm equation (R^2 = 0.719) and the second order synthetic model (R^2 = 0.989).

Conclusion: Overall, the obtained results demonstrated that Mendon bauxite could be effectively used for fluoride removal from synthetic samples as well as actual water samples.

Keywords: Adsorption isotherm, Adsorption kinetic, Removal of Fluoride, Mendon bauxite mine

Citation: Malakootian M, Javdan M, Iranmanesh F. **Performance Evaluation of the Removal of Fluoride from Drinking Water Using Mendon Bauxite Mine: Case Study on Kuhbonan Water, Kerman, Iran.** J Health Syst Res 2016; 12(1): 14-20.

1- Professor, Environmental Health Engineering Research Center AND Department of Environmental Health, School of Public Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran
2- MSc Student, Environmental Health Engineering Research Center AND Department of Environmental Health, School of Public Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran
3- Environmental Health Engineering Research Center, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran
Corresponding Author: Mohammad Malakootian, Email: m.malakootian@yahoo.com

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-06]