



بررسی قابلیت حذف پیش سازهای تری هالومتان توسط ترکیبات Al^{+3} و Fe^{+3} از آب رودخانه شهرچای ارومیه

نویسندگان: امیر محمدی^۱، علی احمد آقاپور^۲، سپیده نعمتی^۳، سیما کریم زاده^۲

۱. نویسنده مسئول: دانشجوی دکتری تخصصی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی

Email: mohammadiurm@gmail

یزد تلفن تماس: ۰۹۱۴۱۸۶۰۵۹۹

۲. دکتری بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه

۳. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه

چکیده

مقدمه: در بین محصولات جانبی ناشی از کلرزنی آب، تری هالومتان (THMs) به عنوان محصول سرطانزای عمده شناخته شده است که پیش ساز اصلی آن ترکیبات هیومیک می باشد. هدف این مطالعه بررسی قابلیت حذف پیش سازهای تری هالومتان توسط ترکیبات Al^{+3} و Fe^{+3} از آب رودخانه شهرچای ارومیه بوده است. **روش بررسی:** این مطالعه به صورت تجربی انجام شده است. آزمایشات در راکتور ناپیوسته جار تست در مقادیر مختلف pH، Al^{+3} و Fe^{+3} انجام گرفت مقادیر THMs هم تحت شرایط بهینه حذف اندازه گیری شد.

یافته ها: دوز بهینه کلروفریک، الوم و PACI برای حذف ترکیبات هیومیک به ترتیب ۱۰، ۳۰ و 20 mg/L به دست آمد که کلروفریک با راندمان حذف ۸۹ درصد بالاترین کارایی را داشته است و PACI با ۸۸ درصد و الوم با ۸۱ درصد در رتبه بعدی قرار داشتند ولی مقادیر شاخص جذب ویژه اشعه ماورای بنفش فقط برای کلروفریک کمتر از محدوده مجاز USEPA (کمتر از 2 L/mg m) به دست آمد. همچنین در شرایط بهینه مقادیر pH و تری هالومتان به ترتیب بالای ۷ و کمتر از 50 ppb حاصل شد

نتیجه گیری: کلروفریک می تواند برای حذف اسید هیومیک رودخانه شهرچای ارومیه مورد استفاده قرار گیرد و شاخص جذب ویژه اشعه ماورای بنفش را به محدوده مجاز کاهش دهد ولی کاربرد نمک های آلومینیوم امکان تشکیل THMs را افزایش می دهد. کلرزنی آب تصفیه شده با کلروفریک کاهش مقادیر تری هالومتان به محدوده مجاز USEPA ($80 > \text{ppb}$) را تایید نمود.

واژه های کلیدی: آب شرب، ترکیبات Al^{+3} و Fe^{+3} ، تری هالومتان

طلوع بهداشت

دو ماهنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال پانزدهم

شماره: چهارم

مهر و آبان ۱۳۹۵

شماره مسلسل: ۵۸

تاریخ وصول: ۱۳۹۴/۹/۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۹



مقدمه

با توجه به تشدید آلودگی منابع آب شرب که بیشتر از طریق فاضلاب های خانگی، کشاورزی و صنعتی در دهه های اخیر رخ داده است غلظت آلاینده های آب نیز که بیشتر پایه آلی دارند به نحو نگران کننده ای در حال افزایش می باشد. مواد آلی طبیعی و سنتتیکی موجود در آب شامل مواد هیومیک، بقایای میکروارگانیسم ها و متابولیت های آنها، هیدروکربن های آروماتیک و آلیفاتیک با منشاء نفتی و با وزن مولکولی بالا می باشد (۱). برای زدودن این آلودگی ها در کنار فرایندهای متداول تصفیه آب از گندزدهایی نظیر اوزون، اشعه ماورای بنفش، کلر و برخی ترکیبات جانبی آن نظیر دی اکسید کلر استفاده می شود. کلر به علت ارزان بودن نسبی در مقایسه با دیگر گندزدها، سهولت کاربرد و داشتن باقیمانده مناسب در شبکه هنوز هم متداول ترین گندزدا در جهان و بخصوص در کشورهای در حال توسعه مثل ایران بوده است (۲، ۳). با این وجود، به علت پتانسیل تشکیل محصولات تغییر شکل یافته مضر، از کلر برای اکسیداسیون ریز آلاینده های آلی استفاده نمی شود (۴). زیرا کلر با مواد آلی طبیعی محلول (DNOM: dissolved natural organic matter) واکنش داده و ترکیبات آلی متعددی تولید می کند که اصطلاحاً محصولات ثانویه گندزدایی (DBPs: disinfection by product) (synthetic) نامیده می شود. در بین ترکیبات ثانوی حاصل از گندزدایی با کلر، تری هالومتان ها و هالو استیک اسیدها به عنوان اولین و مهمترین محصولات ثانوی گندزدایی گزارش شده اند (۵). مهمترین اثرات بهداشتی تری هالومتان، ایجاد سرطان در انسان و حیوان می باشد همچنین رابطه بین خطر

ابتلای سرطان مثانه، کولون و اثر بر دستگاه تنفسی با مصرف آب های کلرینه شده و مرده زایی توسط برخی کارشناسان گزارش شده است. گزارشات متعدد سازمان جهانی بهداشت نیز تایید کننده این عوارض می باشد (۶). تشکیل THMs (Trihalomethane formation potencial) به فاکتورهای زیادی از قبیل وجود پیش سازها (NOMs: Natural Organic Matter)، درجه حرارت، زمان تماس، خصوصیات کلر، غلظت کلر باقیمانده، pH و غلظت برم بستگی دارد (۲). با افزایش دما، سرعت واکنش بیشتر شده که در نتیجه آن مصرف کلر زیاد می شود و همین امر منجر به افزایش تشکیل THMs می شود ولی مهمترین فاکتور پتانسیل تشکیل تری هالومتان ها (THMFP: Trihalomethane formation potencial) وجود پیش سازهای آن در آب می باشد که اسید های هیومیک عمده ترین آنها به شمار می رود (۷). هیومیک ها ترکیباتی بسیار پیچیده و ناهمگون از مواد آلی با وزن مولکولی بالا، با گروه های فعال مختلف (کربوکسیل و فنلات) و هسته آروماتیک هستند که از تجزیه شیمیایی و بیولوژیکی بافت های گیاهان و حیوانات از قبیل لیگنین به وجود می آیند (۸). از روش های حذف اسید هیومیک می توان به اکسیداسیون پیشرفته، جذب و روشهای نوین مانند تکنولوژی غشاها اشاره نمود عیب اصلی این روشها نیاز به نیروی متخصص و هزینه بالای تهیه و راهبری آن می باشد (۹). در مطالعه ای دیوید فیرینگ و همکاران در انگلستان، برای حذف اسید هیومیک آب به صورت تلفیقی از رزین، اشعه UV و انعقاد استفاده نمودند، راندمان حذف را ۷۵ تا ۹۰ درصد به دست آوردند (۱۰). چنگ فنگ لین و همکاران برای حذف مواد هیومیکی آب به صورت



و بعد از سنجش اسید هیومیک نمونه آب رودخانه شهرچای، مقادیر اسید هیومیک مورد نیاز به آن افزوده شد. برای تهیه این محلول تا ۴۸ ساعت در درجه حرارت ۴۰ درجه سانتیگراد اختلاط داده شد.

تعیین حجم نمونه و مقادیر مختلف متغیرها از طریق مراجعه به مطالعات مشابه انجام گرفت (۱۴، ۱۳). دلیل انتخاب غلظت ۱۰ mg/L برای اسید هیومیک شبیه سازی بدترین شرایط کیفی آب رودخانه بوده است چرا در آب رودخانه شهرچای ارومیه حداکثر مقدار اسید هیومیک در بدترین شرایط کمتر از mg/L ۱۰ می باشد.

متغیرهای مطالعه شامل pH، دوز منعقد کننده (کلروفریک، آلوم و PACl) و غلظت اسید هیومیک (پیش ساز اصلی تری هالو متان) بود که در غلظت ۱۰ mg/L اسید هیومیک؛ سه pH، ۷ و ۹ و دوزهای ۱۰، ۲۰ و ۳۰ mg/L منعقد کننده عملیات انعقاد-لخته سازی در یک راکتور ناپیوسته منقطع (دستگاه جارست ساخت کمپانی HACH) انجام گرفت که مرحله انعقاد دو دقیقه با سرعت ۱۲۰ rpm، مرحله لخته سازی ۲۰ دقیقه با سرعت ۴۰ rpm و ته نشینی به مدت ۲۰ دقیقه انجام گرفت تا مناسب ترین نمک منعقد کننده و شرایط بهینه حذف به دست آید.

بمنظور تنظیم pH اولیه نمونه ها از اسید کلریدریک و سود رقیق با غلظت ۰/۱ mol/l استفاده شد. برای اندازه گیری غلظت اسید هیومیک طبق روش استاندارد متد ۲۰۰۵ از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج UV₂₅₄ مورد استفاده قرار گرفت. پارامترهای DOC و UV₂₅₄ به عنوان شاخص جذب ویژه اشعه ماورای بنفش (SUVA) در ابتدا و انتهای راه اندازی سیستم

مقایسه ای از دو روش تکنولوژی غشای UF و ترکیبی از UF و PAC استفاده کردند و نتایج نشان داد که غشای UF راندمان کمی داشته و ترکیب UF و PAC برای حذف این ترکیبات با وزن مولکولی کمتر از ۳۰۰ دالتون و بیشتر از ۱۷۰۰ دالتون موثر نمی باشد (۱۱). ارون برای کاهش تولید THMs از اکسیداسیون پیشرفته با استفاده از H₂O₂/UV بعد از کلرزنی نشان داد این روش کارایی مناسبی در حذف اسید هیومیک دارد ولی هزینه آن بالاست (۱۲). در فرایندهای متداول تصفیه آب کاربرد نمک منعقد کننده برای حذف کدورت مورد استفاده قرار می گیرد و به لحاظ ارزان بودن و تاثیر بالا برای حذف دیگر مواد مانند مواد الی محلول نیز توصیه شده است که در این صورت نیاز به بررسی تعیین شرایط بهینه و منعقد کننده مناسب می باشد (۱۴، ۱۳).

هدف این مطالعه بررسی قابلیت حذف ترکیبات هیومیکی توسط ترکیبات Fe⁺³ و Al⁺³ برای تعیین شرایط بهینه حذف از آب رودخانه شهرچای ارومیه بوده است.

روش بررسی

این مطالعه به صورت تجربی در مقیاس آزمایشگاهی انجام شده است. نمونه های آب مورد نیاز، در اوایل پاییز ۱۳۹۳ به صورت تصادفی از ابتدای آب ورودی به آبگیر بند ارومیه به حجم ۲۰ لیتر برداشت شد و با حفظ خصوصیات کیفی، مقادیر اسید هیومیک به منظور شبیه سازی در بدترین شرایط کیفی آب رودخانه به صورت دستی به آن اضافه شد.

در آزمایشگاه آب و فاضلاب دانشکده بهداشت ارومیه به منظور تهیه نمونه هایی با غلظت ۱۰ mg/L ابتدا یک محلول ۱۰۰۰ ppm از اسید هیومیک با مارک سیگما الدریج ساخته شد



یافته ها

در این مطالعه قبل از راه اندازی سیستم ناپیوسته برای حذف اسید هیومیک، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب خام مورد آنالیز قرار گرفت که در جدول (۱) ارائه شده است. راندمان حذف اسید هیومیک توسط کلروفریک، الوم و PACI در دوزهای مختلف در شکل (۱) نشان داده شده است بر اساس نتایج مندرج در این نمودار کلروفریک با دوز 10 mg/L و PACI با دوز 20 mg/L به ترتیب (89%) و (88%) بالاترین راندمان حذف داشته اند. در شکل (۲) شاخص SUVA قبل و بعد از فرایند انعقاد-لخته سازی نشان داده شده است ولی مقادیر این شاخص فقط برای کلروفریک کمتر از محدوده مجاز USEPA (کمتر از 2 L/mg m) به دست آمده است (۱۶) لذا کاربرد نمک های الومینیوم در منابع آب حاوی اسید هیومیک در حدود 10 mg/L می تواند پتانسیل تولید محصولات ثانوی کلرزی آب را افزایش دهد.

همچنین طبق شکل (۳) در $\text{pH} = 7$ کلروفریک و PACI مناسبترین کارایی حذف اسید هیومیک را داشته اند و الوم در pH حدود ۹ کارایی بالایی داشته است در جدول (۲) پتانسیل تشکیل تری هالومتان قبل و بعد از به دست آوردن مناسب ترین نمک منعقد کننده و شرایط بهینه حذف اسید هیومیک (mg/L) (۱۰) نشان می دهد مقادیر تری هالومتان و شاخص SUVA بعد از حذف اسید هیومیک توسط کلروفریک در محدوده مجاز بوده است (۱۶).

آزمون آماری ANOVA اختلاف معناداری بین میانگین راندمان حذف اسید هیومیک توسط کلروفریک، الوم و PACI نشان نداد ($P > 0.05$).

ناپیوسته طبق روش های گفته شده در مرجع استاندارد متد توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر HACH مدل DR 5000 و TOC متر Shimadzu اندازه گیری شد.

همچنین بعد از به دست آوردن مناسب ترین نمک منعقد کننده و شرایط بهینه حذف اسید هیومیک 10 mg/L ، به نمونه آب خام رودخانه شهرچای ارومیه مطابق دستورالعمل B 5710 مرجع استاندارد متد کلرزی با دوز 10 mg/L انجام شد و بعد از ۷ روز با داشتن مقادیر کلر باقیمانده بالای 3 mg/L مقادیر تری هالومتان متشکله مورد آنالیز قرار گرفت (۱۵).

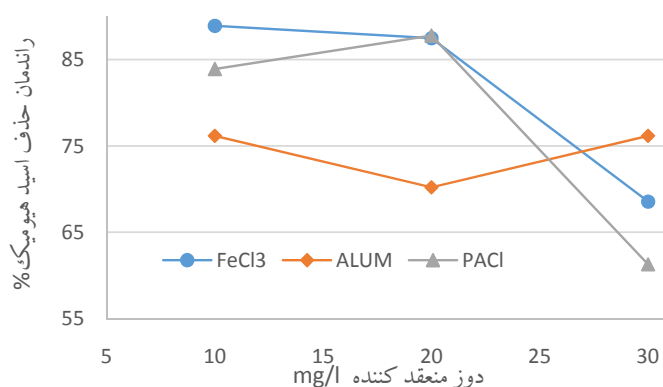
سنجش کلر باقیمانده آزاد و تری هالومتان، طبق رهنمودهای کتاب استاندارد متد و دستورالعمل های سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده امریکا (USEPA (1995) Method 524.2) اندازه گیری شدند. به منظور آنالیز تری هالومتان از دستگاه طیف سنج جرمی (GC-MS) مدل TN 100 ساخت شرکت Agilent استفاده شد. دتکتور مورد استفاده از نوع MS با مشخصات تزریق: تکنیک تزریق Split 2:1 و درجه حرارت تزریق 160°C ، حجم تزریق $1500 \mu\text{l}$ AS 10cc SAMPLE، گاز حامل هلیوم و نرخ جریان 1 ml/min بود. همچنین ستون مورد استفاده از نوع کاپیلاری، طول ۳۰ متر و قطر 0.25 میلی متر بود. غلظت کلر باقیمانده هم توسط دستگاه پرتابل مدل ۱۲-۵۸۷۰۰ ساخت شرکت HACH اندازه گیری شد.

برای رسم نمودارها از برنامه MSEXCEL و برای مقایسه میانگین راندمان حذف اسید هیومیک با سه نمک منعقد کننده از آزمون آماری ANOVA توسط برنامه SPSS16 استفاده گردید.

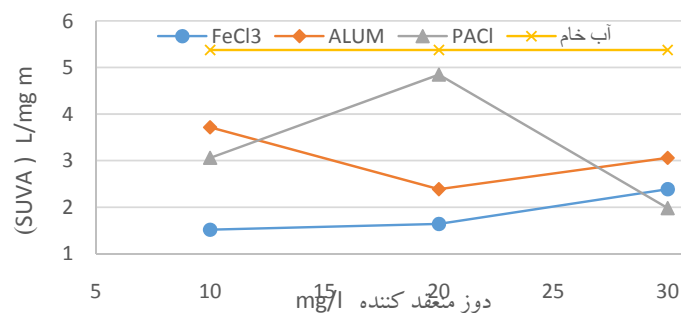


جدول ۱: مشخصات کیفی آب خام رودخانه شهرچای ارومیه

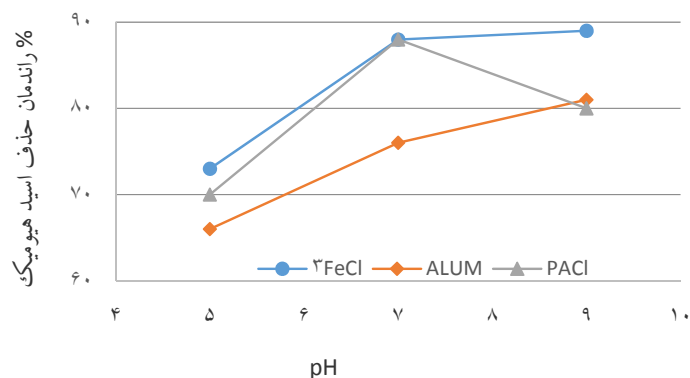
اسید هیومیک (mg/L)	سختی (mg/L CaCO ₃)	قلیائیت (mg/L CaCO ₃)	درجه حرارت (°C)	کدورت (NTU)	pH	EC (mg/L)	TOC (mg/L)
۰/۲	۱۳۰	۲۸۰	۱۵±۳	۵	۷±۰/۵	۲۷۰	۱±۰/۵



شکل ۱: راندمان حذف اسید هیومیک در دوزهای مختلف کلروفریک، الوم و PACI



شکل ۲: مقادیر شاخص SUVA باقیمانده در نمونه آب خام و در نمونه های حاوی دوزهای مختلف کلروفریک، الوم و PACI



شکل ۳: راندمان حذف اسید هیومیک در pH های مختلف توسط کلروفریک، الوم و PACI



جدول ۲: مقادیر تری هالومتان و شاخص SUVA قبل و بعد از حذف اسید هیومیک توسط کلروفریک

تری هالومتان تولید شده بعد از ۷ روز (ppb)	SUVA (L/mg- m)	اسید هیومیک (mg/L)	نمونه آب رودخانه شهرچای
>۱۰۰	۵	۱۰	قبل از حذف اسید هیومیک
<۵۰	۱/۵	۲/۷	بعد از حذف اسید هیومیک توسط کلروفریک
>۸۰	۲	۳/۹	بعد از حذف اسید هیومیک توسط PACI
>۸۰	۳	۲/۳	بعد از حذف اسید هیومیک توسط الوم
	> ۲ (L/mg- m)		مقدار مجاز SUVA بر اساس قوانین USEPA
۸۰ (ppb) >			مقدار مجاز تری هالومتان بر اساس قوانین USEPA (۱۶)

بحث و نتیجه گیری

زاینده رود اصفهان با انعقاد پیشرفته توسط PACI انجام دادند مقادیر اسید هیومیک آب خام را کمتر از 0.3 mg/L به دست آوردند و با دوز بهینه 12 mg/L توانستند ۵۰ درصد اسید هیومیک را حذف نمایند و الومینوم باقیمانده را کمتر از توسط 0.1 mg/L گزارش کردند (۱۹).

با توجه به اینکه در مطالعه ما غلظت اسید هیومیک 10 mg/L و دوز بهینه مصرفی PACI در حدود 20 mg/L به دست آمد مقادیر آلومینوم باقیمانده بالا خواهد بود که مطالعه قبل این موضوع را تایید کرده است لذا در آب های با مقادیر اسید هیومیک پایین و کاربرد دوز مصرفی PACI کمتر از 12 mg/L مشکل بهداشتی ناشی از آلومینوم نخواهد داشت ولی در مقادیر بالا مشکل ساز می تواند باشد (۲۰).

از نکات منفی استفاده از نمک های آلومینوم امکان الومینوم باقیمانده در آب بعد از فرایند انعقاد لخته سازی می باشد که مشکوک به ایجاد بیماریهای الزایمر، انمی، استئوپروزیس و انورکسیا بعد از تجمع الومینوم در بدن انسان می باشد در حالیکه آهن از عناصر ضروری برای بدن می باشد و نقش مهمی در تشکیل هموگلوبین دارد دوز آهن مورد نیاز روزانه برای انسان بالغ 10 mg می باشد (۲۱). در مطالعه قبلی که با هدف

بر اساس نتایج این مطالعه در شکل (۱) دوز بهینه نمک های منعقد کننده کلروفریک، الوم و PACI برای حذف اسید هیومیک با غلظت اولیه 10 mg/L ، به ترتیب ۱۰، ۳۰ و 20 mg/L به دست آمد و کلروفریک با راندمان حذف ۸۹ درصد بالاترین کارایی را در حذف اسید هیومیک داشته است و PACI با ۸۸ درصد و الوم با ۸۱ درصد در رتبه بعدی قرار داشتند. Zhao همکاران در نمونه آب سینتتیک دوز مناسب برای حذف اسید هیومیک با غلظت اولیه 10 mg/L و pH حدود ۸، توسط کلروفریک، الوم و PACI به ترتیب ۲۳، ۱۳ و 10 mg/L گزارش نمودند که بیشترین راندمان حذف مربوط به کلروفریک بود که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت داشته است ولی مقادیر منعقد کننده مصرفی آنها بیشتر بوده است و باقیمانده الومینوم و آهن می تواند بیشتر از مطالعه حاضر باشد (۱۴). دیگر محققین نیز کارایی بالای نمک های آهن را در مقایسه با نمک های الومینوم در حذف مواد الی آب تایید کردند همچنین، محدوده تغییرات pH را بعد از کاربرد نمک های آهن ناچیز گزارش کرده اند (۱۷، ۱۸). در مطالعه ای که صفری و همکاران با هدف قابلیت حذف اسید هیومیک از آب رودخانه



هالواسیتیک اسیدها گردد (۲۲). مطالعه ای که Amy و همکاران بر روی آب رودخانه کلرادو انجام دادند نشان داد کلرو فریک بهمراه پلیمر در دوز بالای ۱۶ mg/L و pH حدود ۵/۵ کارایی خوبی در حذف TOC و کاهش SUVA داشته است ولی در نمونه های حاوی NOM بالای ۳ mg/L و دارای اجزای درشت غیرهیومیک قابلیت مناسبی در کاهش SUVA نداشته است و در این شرایط کاربرد کلروفریک اثر موثری در حذف پیش سازهای محصولات ثانوی کلرزی نداشته و با نتایج مطالعه حاضر مطابقت کمی دارد و دلیل آن اختلاف در شرایط کیفی آب رودخانه کلرادو و ارومیه بوده است (۲۳).

باید توجه داشت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی تاثیر زیادی بر کارایی نمک منعقد کننده دارد و نتایج حاضر با توجه به شرایط کیفی آب رودخانه شهرچای ارومیه (جدول ۱) حاصل شده است. به عنوان مثال ارنست بلاچلی از دانشگاه پورجو امریکا نشان داد که حضور مس در آب، تشکیل تری هالومتان از اسید سیتریک و کلر را کاتالیز می کند و اسید سیتریک که نوعی از هیومیک ها به شمار می رود مهمترین پیش ساز کلروفرم می باشد (۲۴) لذا در حذف اسید هیومیک بایستی به نقش عوامل مداخله کننده توجه داشت وجود کدورت ها و دماهای مختلف، فلزات سنگین از جمله این عوامل مداخله گر هستند که در این مطالعه بررسی نشدند.

مطابق شکل (۳) کلروفریک در pH بالای ۷ کارایی مناسبی داشته است در این محدوده pH جذب سطحی تاثیر زیادی در فرایند انعقاد دارد (۲۵) نتایج مطالعات Cheng و همکاران نشان داد در حذف اجزای اسید هیومیک به روش انعقاد با نمک های آهن در pH حدود ۷ تا ۹ مکانیسم غالب جذب سطحی بوده و

ارزیابی کارایی PACl در حذف کدورت های مختلف از آب رودخانه شهرچای انجام گرفت در دوزهای مصرفی PACl ۵ تا ۲۰ mg/L الومینیوم باقیمانده ۰/۲۱ تا ۰/۳ mg/L به دست آمد که بیشتر از محدوده مجاز آب شرب می باشد بر اساس رهنمودهای سازمان جهانی بهداشت برای آب شرب مقدار مجاز الومینیوم آب شرب ۰/۲ mg/L می باشد (۲۰).

SUVA با واحد (L/mg m)، شاخصی از مقدار مواد هیومیک آب می باشد که از طریق محاسبه طبق رابطه $SUVA = [UV_{254}/DOC]$ به دست می آید (۱۶، ۲۲). این شاخص برای تعیین پتانسیل تشکیل محصولات ثانوی کلرینه آب اهمیت زیادی دارد که با سنجش مقادیر دو پارامتر ذکر شده حاصل می شود. بالا بودن این شاخص نشانگر غلظت بالای مواد الی آب مانند ترکیبات هیدروفوبیک، اروماتیک و ترکیبات الی طبیعی با وزن مولکولی بالا نظیر هیومینها می باشد مقادیر SUVA بالای ۲ L/mg m می تواند باعث تولید تری هالومتانها و دیگر محصولات جانبی گندزایی فراتر از رهنمود آب شرب گردد (۲۲). مطابق شکل (۲) کلروفریک با دوز بهینه ۱۰ mg/L مقدار نهایی شاخص SUVA را به کمتر از (۲ L/mg m) کمتر ۲ رسانده است که در محدوده مجاز USEPA (کمتر از ۲ L/mg m) می باشد ولی نمک های الومینیوم کارایی مناسبی در کاهش شاخص SUVA نداشته اند و کاربرد آنها در آب های حاوی مواد الی بالا می تواند پتانسیل تولید محصولات ثانوی کلرزی را افزایش دهد. مقدار SUVA آب خام هم در محدوده (۵ L/mg m) بوده است.

بنابراین در صورت عدم کاهش مناسب مقدار آن می تواند منجر به محصولات ثانویه کلرزی مخصوصا تری هالومتان و



محصولات جانبی گندزدایی (جدول ۲) و الومینیوم باقیمانده کلروفوریک به عنوان گزینه برتر انتخاب گردید.

این مطالعه نشان داد کلروفوریک با دوز 10 mg/L و pH بالای ۷ به عنوان یک نمک منعقد کننده مناسب قادر است برای تصفیه آب های حاوی اسید هیومیک به عنوان پیش ساز اصلی تری هالومتان مورد استفاده قرار گیرد و شاخص SUVA را به محدوده مجاز USEPA (کمتر از 2 L/mg m) کاهش دهد ولی نمک های الومینیوم کارایی مناسبی در کاهش شاخص SUVA نداشته اند و کاربرد آنها در آب های حاوی مواد الی بالا می نواند پتانسیل تولید محصولات ثانوی کلرزی را افزایش دهد. کلرزی آب تصفیه شده با کلروفوریک کاهش مقادیر تری هالومتان به محدوده مجاز USEPA ($80 > \text{ppb}$) را تایید نمود. لذا کلروفوریک کارایی مناسبتری نسبت به نمک های الومینیوم برای حذف مواد هیومیکی رودخانه شهرچای ارومیه داشته است. همچنین کاربرد PACI در دوزهای بالای 10 mg/L می تواند آلومینیوم باقیمانده فراتر از محدوده مجاز WHO تولید نماید.

تشکر و قدردانی

این طرح با کد ۱۳۲۳-۳۴-۰۴-۱۳۹۳ مصوب کمیته تحقیقات دانشجویی در دانشگاه علوم پزشکی ارومیه در تابستان ۱۳۹۳ بوده است نویسندگان مقاله از همه همکارانی که در انجام پروژه ما را یاری نموده اند قدردانی می نمایند.

خنثی سازی بار تاثیر کمتری داشته است (۲۶) که با نتایج مطالعه حاضر هم خوانی دارد. در این مطالعه pH مناسب برای حذف اسید هیومیک توسط الوم و PACI در حدود ۹ و ۷ به دست آمد (شکل ۳) لذا مکانیسم جذب سطحی هم در فرایند حذف اسید هیومیک توسط این دو نمک تاثیر داشته است زیرا زمانی که pH آب بزرگتر از ۶ باشد نمک های الومینیوم تولید هیدروکسیدهای فلزی $Al(OH)_3$ نموده و مواد الی طبیعی آب را جذب کرده و به صورت ترسیب ته نشین می کنند (۱۴).

در این مطالعه پتانسیل تشکیل تری هالومتان به عنوان شاخص اصلی تولید محصولات جانبی گندزدایی بعد از حذف اسید هیومیک (10 mg/L) توسط کلروفوریک، الوم و PACI با دوز 10 mg/L و pH بالای ۷ مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشان داد که بعد از کلرزی نمونه آب با دوز 10 mg/L و زمان ماند ۱۰ روز مقادیر تری هالومتان متشکله برای نمونه تصفیه شده با کلروفوریک در محدوده مجاز USEPA ($80 > \text{ppb}$) و برای نمونه های تصفیه شده با الوم و PACI فراتر از محدوده مجاز USEPA بوده است (جدول ۲).

برای تعیین مناسب ترین منعقد کننده از بین این سه نمک آهن و الومینیوم از آزمون آماری ANOVA استفاده شد که اختلاف معناداری بین میانگین راندمان حذف اسید هیومیک توسط کلروفوریک، الوم و PACI نشان نداد ($P > 0.05$) زیرا میانگین راندمان حذف بهم نزدیک بوده است ولی به لحاظ تشکیل

References

- 1- Nikolaou AD, Lekkas TD. The Role of Natural Organic Matter during Formation of Chlorination By-products: A Review. *Acta hydrochimica et hydrobiologica* 2001;29(2-3):63-77.



- 2- Richardson SD, Thruston AD, Rav-Acha C, Groisman L, Popilevsky I, Juraev O, et al. Tribromopyrrole, brominated acids, and other disinfection byproducts produced by disinfection of drinking water rich in bromide. *Environ Sci Technol* 2003;37(17):3782-93.
- 3- Jung C-W, Son H-J. The relationship between disinfection by-products formation and characteristics of natural organic matter in raw water. *Korean J Chem Eng.* 2008;25(4):714-20.
- 4- Folkes LK, Candeias LP, Wardman P. Kinetics and mechanisms of hypochlorous acid reactions. *Arch Biochem Biophys* 1995;323(1):120-6.
- 5- Bina B, Mohammadi A, Ebrahimi A. Survey of Chloroform Concentration in the Water Distribution System of Isfahan, Iran, and Zoning by GIS. *Health Syst Res* 2012;8(2):204-13.
- 6- Organization WH. Guidelines for drinking-water quality World Health Organization 2011.
- 7- Mohammadi A, Miri M, Ebrahimi A, Khorsandi H, Nemati S. Monitoring of THMs Concentration in Isfahan Water Distribution System and Zoning by GIS, a Case Study in the Center of Iran. *Iran j health saf environ* 2016;3(1):421-7.
- 8- Qin J-J, Oo MH, Kekre KA, Knops F, Miller P. Impact of coagulation pH on enhanced removal of natural organic matter in treatment of reservoir water. *Sep Purif Technol* 2006;49(3):295-8.
- 9- Shen J, Schäfer AI. Factors affecting fluoride and natural organic matter (NOM) removal from natural waters in Tanzania by nanofiltration/reverse osmosis. *Sci Total Environ* 2015;527:520-9.
- 10- Fearing DA, Banks J, Guyetand S, Monfort Eroles C, Jefferson B, Wilson D, et al. Combination of ferric and MIEX® for the treatment of a humic rich water. *Water Res* 2004;38(10):2551-8.
- 11- Lin C-F, Huang Y-J, Hao OJ. Ultrafiltration processes for removing humic substances: effect of molecular weight fractions and PAC treatment. *Water Res.* 1999;33(5):1252-64.
- 12- Dotson AD, Metz D, Linden KG. UV/H₂O₂ treatment of drinking water increases post-chlorination DBP formation. *Water res* 2010;44(12):3703-13.
- 13- Mesdaghinia A, MohammadTayefeh-Rafiee AHM, Vaezi F. Using coagulation process in optimizing natural organic matter removal from low turbidity waters. *Journal of Watre and Waestwater* 2006;57:1-7.
- 14- Zhao Y, Gao B, Shon H, Cao B, Kim J-H. Coagulation characteristics of titanium (Ti) salt coagulant compared with aluminum (Al) and iron (Fe) salts. *J hazard mater* 2011;185(2):1536-42.
- 15- Federation WE, Association APH. Standard methods for the examination of water and wastewater 2005.



- 16- Clark RM, Boutin BK. Controlling disinfection by-products and microbial contaminants in drinking water. National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, US Environmental Protection Agency 2001.
- 17- Bell-Ajy K, Abbaszadegan M, Ibrahim E, Verges D, LeChevallier M. Conventional and optimized coagulation for NOM removal. J AmWater Works Assoc 2000;92(10):44.
- 18- Coagulation E. us requirements and a broader view Edzwald, James K.; Tobiason, John E. Water SciTechnol 1999;40(9):63-70.
- 19- Amin MM, Safari M, Maleki A, Ghasemian M, Rezaee R, Hashemi H. Feasibility of humic substances removal by enhanced coagulation process in surface water. Int J Env Health Eng 2012;1(1):29.
- 20- Aghpour Aa, Mohammadi A. Investigating the coagulation efficiency of PACI in removal of water turbid y in Shahrchay river in Orumia and its health effects. Health Syst Res 2011;6(4):762-9.
- 21- Cheng WP, Chi FH. A study of coagulation mechanisms of polyferric sulfate reacting with humic acid using a fluorescence-quenching method. Water Res 2002;36(18):4583-91.
- 22- Mohammadi A, Bina B, Ebrahimi A, Hajizadeh Y, Amin MM, Pourzamani H. Effectiveness of nanozeolite modified by cationic surfactant in the removal of disinfection by-product precursors from water solution. Int J Env Health Eng 2012;1(1):3.
- 23- Childress AE, Vrijenhoek EM, Elimelech M, Tanaka TS, Beuhler MD. Particulate and THM precursor removal with ferric chloride. J Environ Eng 1999;125(11):1054-61.
- 24- Blatchley ER, Margetas D, Duggirala R. Copper catalysis in chloroform formation during water chlorination. Water Res 2003;37(18):4385-94.
- 25- Crittenden JC, Trussell RR, Hand DW, Howe KJ, Tchobanoglous G. MWH's Water Treatment: Principles and Design: John Wiley & Sons; 2012.
- 26- Cheng WP. Comparison of hydrolysis/coagulation behavior of polymeric and monomeric iron coagulants in humic acid solution. Chemosphere 2002;47(9):963-9.



Received: 2015/11/29

Accepted: 2016/1/9

Feasibility Removal of THMs Precursors using Al⁺³ and Fe⁺³ Compounds from Shahrchay River in Urmia, Iran

Mohammadi A(Ph.D)¹, Aghapour AA(Ph.D)², Nemati S (MS.c)³, Karimzadeh S(MS.c)³

1. Corresponding Author: Ph.D Student Candidate of Environmental Health, Department of Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

2. Ph.D of Environmental Health, Student Research Center, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran

3. MSc of Environmental Health, Student Research Center, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran

Abstract

Introduction: Among disinfection by products, trihalomethanes (THMs) are known as the main carcinogen compounds that it's the major precursor is humic compounds. The aim of this study was to investigate the removal of humic compounds using Al⁺³ and Fe⁺³ compounds from Shahrchay river water in Urmia city.

Methods: This study was done experimental. Experiments perform in jar test batch reactor in different values of pH, Al⁺³ and Fe⁺³. Also THMs was measured under optimal removal conditions

Results: The optimal dosages of ferric chloride, alum and PACl for removal of humic compound obtained, 10, 30 and 20 mg/L, respectively. The highest removal efficiency was related ferric chloride with 89 %, and removal efficiency for PACl and alum were 88% and 81%. But SUVA (specific ultraviolet absorbance) index decreased less than USEPA permissible limits (less than L/mg m²) only with ferric chloride.

Conclusion: Ferric chloride can be used for removal of humic acid in water of Urmia Shaharchi river to decreased SUVA index in permission ranges. But the use of aluminum salts may lead to THM formation. Chlorinated treated water with Ferric chloride, approved reduction of the amount of trihalomethanes to USEPA permissible limits (ppb <80)

Keywords: Drinking Water, Al⁺³ and Fe⁺³ compounds, THMs

This Paper Should be Cited as:

Mohammadi A(Ph.D), Aghapour AA(Ph.D), Nemati S (MS.c), Karimzadeh S(MS.c) Feasibility Removal of THMs Precursors using. *Jornal Toloebehdasht Sci*