

بررسی کارآیی فرآیند انعقاد پیشرفته و فیلتراسیون مستقیم برای حذف مواد آلی طبیعی از آب های سطحی

بهادر نعمتی^۱، عبدالمجید فدایی^{۲*}، مهربان صادقی^۲، مرتضی سدهی^۳، نظام الدین منگلی زاده^۴
^۱دانشجو، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران؛ ^۲گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران؛ ^۳گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران؛ ^۴دانشجو، گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۱۷

چکیده:

زمینه و هدف: یکی از مشکلات اصلی استفاده از منابع آب های سطحی، غلظت بالای مواد آلی طبیعی آن است. مواد آلی طبیعی پیش ساز محصولات جانبی گندزدایی بوده و برخی از این مواد می توانند برای انسان سمی یا سرطان زا باشند. هدف از این مطالعه بررسی کارآیی فرآیند انعقاد پیشرفته و فیلتراسیون مستقیم برای حذف مواد آلی طبیعی از آب های سطحی بود.

روش بررسی: در این مطالعه نیمه تجربی، پایلوت برای انعقاد پیشرفته با فیلتراسیون مستقیم با ظرفیت ۱۴۴ لیتر بر ساعت طراحی شد. تالاب چغاخور واقع در ۶۵ کیلومتری شهرکرد به عنوان محل نمونه برداری انتخاب و نمونه ها برداشت شد. جهت سنجش مواد آلی طبیعی (NOMs) از روش جذب UV در طول موج ۲۵۴ نانومتر بوسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر استفاده شد. در این پژوهش تأثیر pH، دوز منعقد کننده کلروفریک (FeCl₃) و دبی ورودی به سیستم بر حذف مواد آلی طبیعی مورد بررسی قرار گرفت.

یافته ها: نتایج نشان داد که در شرایط بهینه میزان حذف NOMs حدود ۹۴ درصد بود و مقدار باقیمانده آلاینده به کمتر از ۲ mg/l رسید. شرایط بهینه برای حذف مواد آلی طبیعی در pH ۶/۲، دوز کلروفریک ۶۰ mg/l و دبی ۹۵ l/h اتفاق افتاد. بر اساس تحلیل اثر عوامل مورد بررسی، غلظت ماده منعقد کننده بیشترین اثر را بر راندمان حذف NOMs داشته و به ترتیب pH و دبی در رتبه های بعدی قرار داشتند.

نتیجه گیری: طبق نتایج بدست آمده، انعقاد پیشرفته بوسیله کلروفریک با فیلتراسیون مستقیم می تواند بازدهی حذف مواد آلی طبیعی در تصفیه خانه آب را بهبود دهد.

واژه های کلیدی: مواد آلی طبیعی، انعقاد پیشرفته، فیلتراسیون مستقیم.

مقدمه:

در آب شده و منتج به هزینه های اضافی در امر تصفیه آب گردد (۵). مواد آلی طبیعی پیش ساز محصولات جانبی گندزدایی بوده و برخی از این مواد به تنهایی یا همراه با فلزات سنگین، آفت کش ها و فتالات ها، سمی یا سرطان زا می باشند. علاوه بر این طبق مطالعات اپیدمیولوژیکی، مصرف آب آشامیدنی کلرزنی شده با سرطان مثانه، دستگاه گوارشی و برخی نارسائی های تولید مثلی مربوط بوده است. ممکن است این مسائل

یکی از مشکلات اصلی استفاده از منابع آب های سطحی، غلظت بالای مواد آلی طبیعی آن هاست. مواد آلی طبیعی (NOMs) که به عنوان ماتریس پیچیده ای از مواد آلی حاضر در آب های طبیعی تعریف می شوند، در بسیاری از جنبه های تصفیه آب، شامل کارایی واحدهای فرایندی (مثل اکسیداسیون، انعقاد و جذب)، کاربرد گندزداها و پایداری بیولوژیکی اثر می گذارند (۱-۴). حضور مواد آلی طبیعی می تواند باعث ایجاد بو و مزه

بهداشتی در ارتباط با خوردن آلاینده های آلی در آب آشامیدنی و یا در مورد مواد آلی فرار از قبیل تری هالومتان ها (THMs) از طریق استنشاق و جذب از طریق پوست باشد؛ همچنین مواد آلی طبیعی نقش مهمی در انتقال مواد آبرگیز و فلزاتی مثل سرب، آلومینیم، روی و مواد رادیواکتیو در طی تصفیه آب دارند (۸-۶). از این رو، به حداقل رساندن پیش سازهای تری هالومتان و یا حذف موثر NOMs به عنوان یک موضوع مهم در تولید آب آشامیدنی با کیفیت بالا از آب های سطحی ضروری می باشد.

تاکنون از روش های متعددی برای حذف NOMs استفاده شده است که از جمله آن ها می توان به جذب روی کربن فعال، ازن زنی، تعویض یون، جذب، انعقاد پیشرفته، فرآیند الکتروکواگولاسیون و فرآیندهای غشایی اشاره کرد (۷). در این بین، انعقاد پیشرفته توسط سازمان محیط زیست (EPA) در حالت کلی با کاربرد مواد منعقد کننده اضافی برای بهبود حذف کل کربن آلی (TOC) و مواد آلی طبیعی تعریف شده است (۹). اصطلاح انعقاد پیشرفته به افزودن ماده منعقدکننده با مقادیر بیش از حد انعقاد متداول، برای بهبود حذف آلاینده هایی مانند مواد آلی طبیعی (NOM)، رنگ، آرسنیک و سایر فلزات سنگین از آب گفته می شود. تنها هدف افزودن مقدار اضافی منعقدکننده در یک فرآیند انعقاد پیشرفته، دستیابی به انعقاد لخته رویی (به دام انداختن ذرات در رسوبات) و حذف موثر کریستال های اکسید فلزی آب دار ریز که آلاینده ها روی آن جذب می شوند، است (۱۰). فیلتراسیون مستقیم یکی دیگر از فرآیندهای تصفیه آب های سطحی بوده که در کشورهای پیشرفته استفاده از این سیستم برای آب های سطحی با کیفیت خوب به دلیل مزایای آن نسبت به روش های تصفیه متعارف رو به افزایش است. از جمله این مزایا، هزینه های سرانه کمتر و تأمین آب با کیفیت توصیه شده برای شرب است (۱۱).

برای حذف مقادیر کم کدورت و رنگ آب با استفاده از منعقدکننده های مختلف "دریافتند که با افزایش مقدار منعقد کننده، pH نمونه های آب کاهش یافته و اندازه لخته ها در مقادیر ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی گرم در لیتر ماده منعقد کننده نامناسب و در مقادیر ۲۵ تا ۳۰ میلی گرم در لیتر کاملاً مناسب بود. سرعت ته نشینی در مقادیر ۲۵ تا ۳۰ میلی گرم در لیتر خوب تا عالی ارزیابی شد (۱۲). Freese و همکاران در سال ۲۰۰۱ در تحقیقی دریافتند که بوسیله انعقاد پیشرفته می توان ۵۰ درصد از پتانسیل تشکیل تری هالومتان ها و بین ۴۰ تا ۷۰ درصد از کربن آلی و رنگ را حذف کرد که در مقایسه با فرآیندهای تصفیه پیشرفته مناسب است (۱۳). مصداقی نیا و همکاران در تحقیقی در سال ۲۰۰۵، تحت عنوان "کنترل پتانسیل تشکیل محصولات حاصل از گندزدایی به وسیله انعقاد تشدید یافته" دریافتند که حذف NOMs تابع نوع ماده کواگولانت، دوز آن و pH انعقاد است. حذف DOC، TOC (کربن آلی محلول) و جذب UV254 با افزایش دوز ماده منعقدکننده افزایش می یابد. ماده منعقدکننده کلرور فریک برای حذف NOMs موثرتر از حذف NOMs و DBPs (محصولات جانبی گندزدایی) می باشد و افزایش معنی داری در حذف این مواد در pH ۵/۵ در مقایسه با pH طبیعی آب وجود دارد (۱۴). نتایج مطالعه ای در سال ۲۰۰۵ نشان داد که در دوزهای یکسان از کلرید فریک و آلوم، کلرید فریک در حذف NOMs از آلوم موثرتر است و راندمان حذف برای کلرید فریک و آلوم به ترتیب ۵۱ و ۳۲ درصد است؛ بنابراین ملاحظه شد که کلرید فریک ماده شیمیایی بهتری جهت تشدید کردن فرآیند انعقاد است (۱۵).

منابع آب های سطحی از جمله مهمترین منابع اصلی تأمین آب جوامع بشری می باشند و با توجه به اینکه در کشور ما به دلیل کمبود بارندگی منابع آب زیرزمینی از تغذیه خوبی برخوردار نیستند؛ لذا یافتن روش های مناسب جهت تصفیه و استفاده از آب های سطحی ضروری می باشد. با توجه به کاهش منابع آب

پیر صاحب و همکاران در سال ۲۰۱۱ در تحقیقی تحت عنوان "ارزیابی عملکرد فرآیند انعقاد

دولایه از جنس سیلیس و انتراسیت جهت حذف لخته های حاصل گردید.

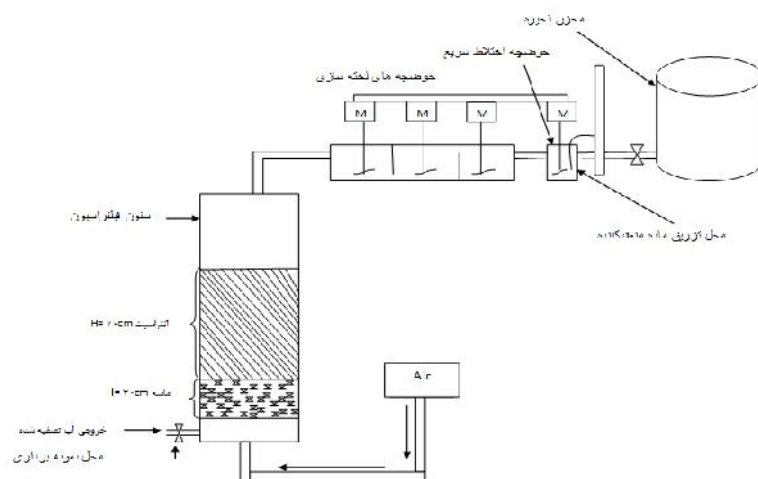
در این فرآیند تأثیر pH، دوز کلروفریک و دبی ورودی روی میزان حذف NOM برای آب تالاب چغاخور مورد بررسی قرار گرفت. طبق روش تاگوچی ۲۵ نمونه با دو بار تکرار جهت بررسی تأثیر این سه فاکتور و بازدهی حذف NOM در نظر گرفته شد. برای شروع آزمایشات ابتدا غلظت NOM در آب خام تعیین شده (استاندارد متد B ۵۹۱۰) و پس از افزودن غلظت های مشخص از منعقد کننده کلروفریک (۲۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۸۰ میلی گرم بر لیتر) با استفاده از اسید کلریدریک و سدیم هیدروکسید ۰/۱ نرمال pH نمونه روی ۵/۵، ۵/۸، ۶، ۶/۲ و ۶/۴ تنظیم گردید. سرانجام نمونه ها در فرآیند انعقاد پیشرفته و فیلتراسیون قرار گرفته و با توجه به مراحل آزمایش، بازدهی حذف با برداشت ۲۵ میلی لیتر پس از فیلتراسیون با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری - Unico UV2100 تعیین گردید. روش جمع آوری داده ها بر اساس آزمایشات تاگوچی با دوبار تکرار بدست آمد. در نهایت برای تعیین تأثیر فاکتورهای pH، دوز کلروفریک و دبی ورودی روی حذف مواد آلی طبیعی، داده ها با استفاده از نرم افزار Minitab جهت معنی دار بودن و برهمکنش فاکتورها آنالیز گردید. نقطه بهینه سه بار بر روی پایلوت مورد آزمایش قرار گرفت.

زیرزمینی و نیاز به استفاده روزافزون از منابع آب سطحی مانند تالاب ها جهت شرب و همچنین با توجه به مشکلات ذکر شده ناشی از وجود NOMs در آب و عدم وجود راندمان حداکثری حذف NOMs در روش های متداول تصفیه آب، لذا این تحقیق با هدف تعیین میزان حذف NOMs با استفاده از روش تلفیقی انعقاد پیشرفته و فیلتراسیون مستقیم مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی:

مطالعه حاضر نیمه تجربی بوده و به صورت پایلوت آزمایشگاهی بر روی نمونه واقعی آب تالاب چغاخور واقع در ۶۵ کیلومتری شهرکرد در آزمایشگاه آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد انجام گردید. در طی این بررسی سیستم انعقاد پیشرفته و فیلتراسیون مستقیم جهت حذف NOM طراحی و ساخته شد (تصویر و جدول شماره ۱).

در این سیستم آب خام توسط یک پمپ در خط به ارتفاع ۲/۷ متر جهت ثقلی نمودن جریان در طول فرآیند پمپاژ شده، سپس نمونه با دبی های مختلف وارد حوضچه اختلاط جهت انعقاد با کلروفریک شد (تنظیم دبی به روش حجمی و بوسیله شیر تنظیم دبی انجام گرفت). پس از افزودن ماده منعقد کننده نمونه وارد حوضچه لخته سازی و فیلتر



تصویر شماره ۱: شماتیک پایلوت مورد استفاده در این مطالعه

جدول شماره ۱: مشخصات و ابعاد پایلوت ساخته شده جهت انجام این مطالعه

مقدار	واحد سنجش	واحد های تصفیه
۲۴	mm	قطر لوله ورودی (لوله بین مخزن تأمین آب و حوضچه انعقاد پیشرفته)
۱	W	میزان توان موتور
۷۰۰	S ⁻¹	انرژی ورودی G
۱۲۰۰	Cm ³	حجم مفید حوضچه اختلاط سریع
۳۰	S	زمان ماند اختلاط سریع
۳۰×۸۰×۱۵	Cm	عمق، طول و عرض حوضچه
۳۶۰۰۰	Cm ³	حجم کل حوضچه
۱۵	Min	زمان لخته سازی
۶۰	S ⁻¹	حداکثر انرژی ورودی به ازای هر کمپاتمت
۱/۲	m	عمق بستر
۲۵×۳۵	Cm	طول در عرض
۱/۹	m	عمق کل فیلتر
۱/۵	mm	اندازه موثر دانه ها
۱/۴	-	ضریب یکنواختی دانه ها

یافته ها:

فرآیند کدورت، رنگ، قلیائیت و pH بوده که مقدار آن ها بیش از حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی ایران و سازمان بهداشت جهانی است (جدول شماره ۲).

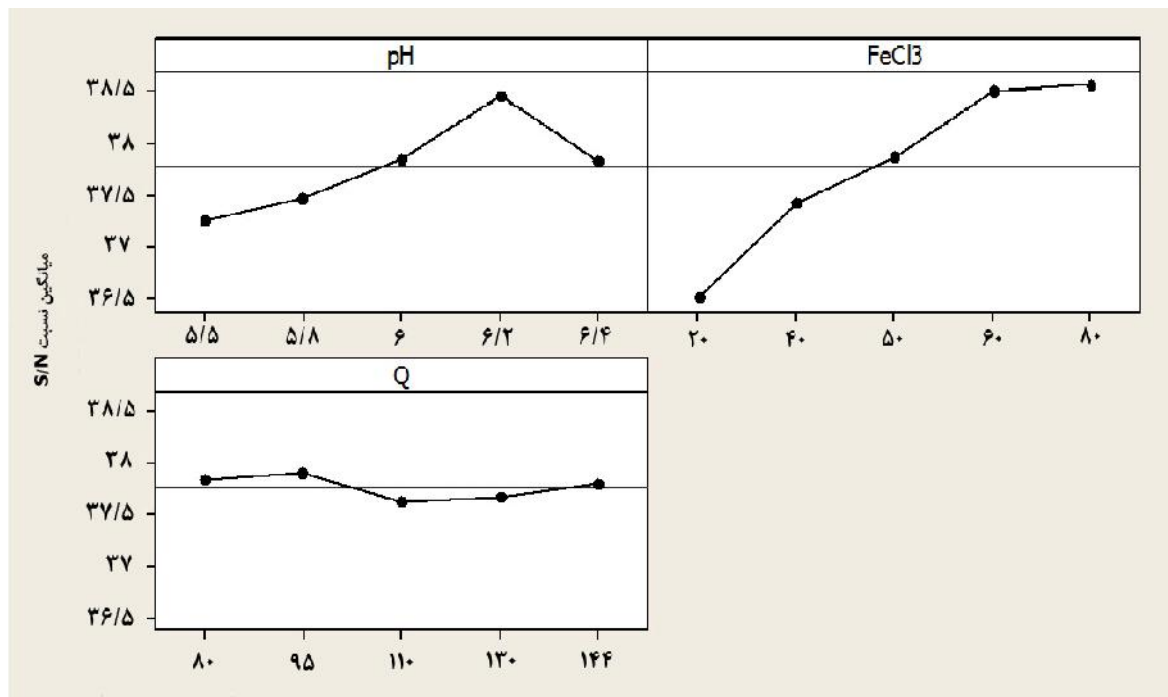
این تحقیق به منظور بررسی فرآیند انعقاد پیشرفته و فیلتراسیون مستقیم در تصفیه آب تالاب چغاخور جهت حذف مواد آلی طبیعی صورت گرفت. مهم ترین پارامترهای تأثیر گذار بر روی این

جدول شماره ۲: مشخصات کیفی آب تالاب چغاخور مورد استفاده جهت حذف مواد آلی طبیعی

مقدار	واحد	پارامترها
۱۴۰±۱۵	P-co	رنگ
۳۲±۶	NTU	کدورت
۸/۲±۰/۴	-	pH
۳۸۲±۳۵	mg/l CaCO ₃	سختی کل
۲۲۹±۳۵	mg/l CaCO ₃	قلیائیت
۲۷±۹	mg/l	سولفات
۰/۵۱±۰/۱	mg/l	آهن
۰/۰۲۱±۰/۰۱۵	mg/l	منگنز
۵۹±۵	mg/l	کلرور
۹۸±۱۰	mg/l	کلسیم
۳۱±۴	mg/l	منیزیم
۲/۹±۰/۵	mg/l	نیترات
۰/۰۲±۰/۰۱	mg/l	نیتریت
۰/۵±۰/۲	mg/l	فسفات
۵۴۶±۵۶	µS/cm	هدایت الکتریکی

دوز کلروفریک ۶۰ mg/l، pH ۶/۲ و دبی ورودی ۹۵ l/h به وسیله فرآیندهای انعقاد پیشرفته و فیلتراسیون مستقیم بدست می آید (تصویر شماره ۲). آنالیز واریانس نشان دهنده آن است که دو فاکتور دوز منعقد کننده و pH بر حذف NOM اثر معنی دار داشته؛ ولی دبی اثر معنی دار ندارد (جدول شماره ۳).

با استفاده از روش تاگوچی، تعداد ۲۵ آزمایش با فرآیند پایلوت انجام شد و هر ۲۵ آزمایش دو بار تکرار شدند و مقدار دوز منعقد کننده، pH بهینه و دبی ورودی مطلوب محاسبه گردید. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار Minitab نشان می دهد که بالاترین میزان حذف مواد آلی طبیعی در



تصویر شماره ۲: میانگین نسبت سیگنال به نویز (S/N) خروجی برای فاکتورهای pH دوز منعقد کننده و دبی روی حذف مواد آلی طبیعی

جدول شماره ۳: آنالیز واریانس برای بررسی اثر غلظت ماده منعقد کننده، pH و دبی روی حذف مواد آلی طبیعی

فاکتورها	میانگین تغییرات	درصد تأثیر	F	درجه آزادی	P	رتبه
pH	۸۷/۲۶۴	۱/۲۰	۲۹/۰۶	۴	<۰/۰۰۱	۲
غلظت کلرور فریک (mg/l)	۲۷۵/۶۴۷	۲/۰۵	۹۱/۷۹	۴	<۰/۰۰۱	۱
دبی (Q)	۶/۱۳۹	۰/۲۶	۲/۰۴	۴	<۰/۱۵۲	۳

منعقد کننده کلرور فریک تا میزان ۶۰ mg/l میزان حذف NOM افزایش می یابد. در بررسی تأثیر دبی ورودی به دستگاه بر روی حذف NOM نشان داد، بیشترین میزان حذف در دبی ۹۵ l/h می باشد.

نتایج حاصل از تأثیر pH بر روی حذف NOM نشان داد، بیشترین میزان حذف NOM در pH ۶/۲ اتفاق می افتد. نتایج حاصل از تأثیر دوز منعقد کننده کلرور فریک بر روی حذف NOM نشان می دهد، با افزایش دوز

بحث:

کارایی فرآیند انعقاد پیشرفته و فیلتراسیون مستقیم در حذف NOM به چندین عامل از جمله pH، دوز منعقد کننده و دبی ورودی وابسته می باشد. در این مطالعه نیز اثر هر یک از پارامترهای فوق بر عملکرد فرآیند انعقاد پیشرفته مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از بررسی pH و دوز منعقد کننده نشان داد که با افزایش pH و دوز منعقد کننده میزان حذف مواد آلی طبیعی افزایش یافته و در pH ۶/۲ و دوز کلروفریک ۸۰ mg/l به حداکثر میزان حذف می رسد. حذف مواد آلی طبیعی به وسیله کلروفریک را با افزایش pH می توان به گروه های حاصل از هیدرولیز کلروفریک نسبت داد. کلروفریک وقتی که به محلول های آبی اضافه می شود در pH پایین تر از ۸ به گروه های $Fe(OH)_2^{2+}$ ، $Fe(OH)_3$ ، Fe^{3+} و $Fe(OH)_2^{2+}$ هیدرولیز می شود که طبق تحقیقات انجام شده غالب ترین گونه در بین این ها در محدوده pH بین ۵ و ۷ $Fe(OH)_2^{2+}$ و $Fe(OH)_2^{2+}$ می باشد (۱۶). در این محدوده میزان حذف مواد آلی طبیعی به دلیل بار کاتیونی گروه های هیدرولیزی از کلروفریک به حداکثر میزان حذف (بالای ۹۰٪) از طریق مکانیسم خنثی سازی بار می رسد؛ همچنین در این pH مواد آلی طبیعی شانس بیشتری را نسبت به یون های هیدروکسیل در جذب شدن بر روی هیدرولیز فلزی تولید شده دارند و غلظت پروتون (H^+) برای کاهش تقاضای منعقد کننده بدون حل شدن فلزات هیدرولیز شده یا خنثی کردن گروه های اسیدی که قادر به پیوند برقرار کردن مواد آلی طبیعی با یون های فلزی یا کاتیون های پلیمری باشد، مناسب است. در مورد افزایش میزان حذف مواد آلی طبیعی با افزایش دوز کلروفریک این طور می توان گفت که در اثر افزودن مقدار زیادی ماده منعقد کننده کلروفریک تعداد بالای

$Fe(OH)_2^{2+}$ و $Fe(OH)_2^{2+}$ تولید شده، که این افزایش تولید هیدرولیزی، باعث افزایش بازدهی حذف مواد آلی طبیعی از محلول های آبی می شود. Kang و همکاران در مطالعه خود با بررسی حذف آنتیموان از طریق منعقد کننده های کلروفریک و پلی آلومینیم کلراید به این نتیجه رسیدند که حداکثر حذف آنتیموان در pH=۵ به دلیل حضور بالای $Fe(OH)_2^{2+}$ و $Fe(OH)_2^{2+}$ بدست می آید (۱۷). در مطالعه Yan و همکاران گزارش شده که با افزایش دوز کلروفریک میزان حذف مواد آلی طبیعی افزایش می یابد (۱۸). فریز و همکاران در مطالعه خود نشان داده اند که با افزایش میزان کلروفریک از ۵ تا ۵۰ میلی گرم بر لیتر میزان باقیمانده کل کربن آلی و DOC بین ۰/۵ تا ۳ و ۷ تا ۴ میلی گرم بر لیتر متغیر می باشد (۱۳). مصداقی نیا و همکاران با ارزیابی کلروفریک و آلوم در حذف TOC به این نتیجه رسیدند که کلروفریک و آلوم در مقدار دوز ۸۰ mg/l به ترتیب باعث حذف ۹۲ و ۸۸ کل کربن آلی می گردد (۱۹). حسنی و همکاران با بررسی حذف کودورت و مواد آلی طبیعی از رودخانه کرج به این نتیجه رسیدند که pH مؤثر برای حذف مواد آلی طبیعی در شرایط انعقاد پیشرفته برای کلروفریک و پلی آلومینیوم کلراید، به ترتیب معادل ۶/۲ و ۶/۵ می باشد (۲۰).

بررسی نتایج حاصل از آنالیز نمونه های مواد آلی طبیعی که تحت تأثیر تغییرات متغیرهای pH، دوز کلروفریک و دبی ورودی (تاگوچی) نشان داد که حداکثر میزان حذف مواد آلی طبیعی ۹۴٪ در pH ۶/۲، دوز کلروفریک ۶۰ mg/l و دبی ورودی ۹۵ l/h بدست می آید. علاوه بر این، نتایج حاصل از آنالیز آماری انجام شده با نرم افزار Minitab این نتیجه را تأیید نموده است. در نقطه بهینه از pH، غلظت و دبی

نتیجه گیری:

در این مطالعه انعقاد پیشرفته و فیلتراسیون مستقیم برای حذف مواد آلی طبیعی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که با افزایش pH میزان حذف مواد آلی طبیعی افزایش یافته و در pH برابر ۶/۲ حداکثر میزان حذف اتفاق می افتد. این افزایش به دلیل بار کاتیونی گروه های هیدرولیزی کلروفریک $(Fe(OH)_2^{2+})$ و $(Fe(OH)_2^+)$ در محلول های آبی می باشد؛ همچنین در این مطالعه بررسی تأثیر افزایش دوز منعقدکننده کلروفریک در pH ۶/۴-۵/۵ نشان از ۹۳-۶۲٪ حذف مواد آلی می باشد. این افزایش میزان حذف در محدوده pH مطالعاتی به دلیل افزایش تعداد گروه های هیدرولیزی منعقد کننده می باشد؛ علاوه بر این در طی این بررسی مشخص شد که انعقاد پیشرفته به همراه فیلتراسیون مستقیم دارای بازدهی حذف ۹۴٪ در pH ۶/۲، دوز کلروفریک ۶۰ mg/l و دبی ورودی ۹۵ l/h می باشد.

تشکر و قدردانی:

این مقاله بخشی از نتایج طرح تحقیقاتی به شماره ۱۳۹۲ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد اجرا شده است. نویسندگان این مقاله بر خود لازم می دانند، از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، به دلیل همکاری و حمایت مادی و معنوی و همچنین همکارانی که ما را در انجام این تحقیق مساعدت نمودند، قدردانی نمایند.

مراحل تصفیه سه بار بر روی پایلوت تکرار شد که بطور میانگین درصد حذف ۹۳/۴ به دست آمد. علت بازدهی بالای حذف مواد آلی طبیعی می تواند به دلیل وجود فیلتراسیون به همراه انعقاد پیشرفته باشد. چرا که فیلتراسیون برعکس زلال ساز ضمن گرفتن لخته های بزرگتر، لخته ای خیلی کوچک را به دلیل داشتن منافذ کوچک گرفتار می کند. Leiknes و همکاران در مطالعه خود گزارش نمودند که تعیبه میکروفیلتراسیون به فرآیند متداول انعقاد و فیلتراسیون مستقیم باعث حذف بیش از ۹۵٪ رنگ، ۸۵٪ UV و ۷۵-۶۵٪ کل کربن آلی می گردد (۲۱). نتایج مطالعه ای نشان داد که استفاده از فیلتراسیون غشایی به همراه انعقاد و لخته سازی باعث حذف بالای مواد آلی طبیعی با دوز منعقد کننده کم می گردد (۲۲). نتایج مطالعه ای نشان داد فرآیند انعقاد/ فیلتراسیون مستقیم باعث حذف ۹۰-۷۵٪ مواد آلی طبیعی می شود (۲۳، ۲۴). آنالیز واریانس برای بررسی اثر فاکتورهای غلظت ماده منعقد کننده، pH و دبی را نشان می دهد که P-value برای غلظت ماده منعقد کننده و pH کمتر از ۰/۰۵ بوده؛ ولی برای دبی بیشتر از ۰/۰۵ است. این بدان معنی است که عوامل غلظت و pH بر حذف مواد آلی طبیعی اثر معنی دار دارند؛ ولی اثر معنی دار ندارد؛ همچنین بر اساس نتایج تحلیل از عوامل مورد بررسی، مشخص شد که غلظت ماده منعقد کننده بیشترین اثر را بر روی حذف مواد آلی طبیعی دارد و به ترتیب pH و دبی در رتبه های بعدی قرار دارند.

منابع:

1. Crittenden JC, Trussell RR, Hand DW, Howe KJ, Tchobanoglous G. MWH's Water Treatment: Principles and Design: New York: John Wiley & Sons; 2012.
2. Jeong S, Sathasivan A, Kastl G, Shim WG, Vigneswaran S. Experimental investigation and modeling of dissolved organic carbon removal by coagulation from seawater. Chemosphere. 2014; 95: 310-6.

3. Rosario-Ortiz FL, Snyder SA, Suffet IH. Characterization of dissolved organic matter in drinking water sources impacted by multiple tributaries. *Water Res.* 2007; 41(18): 4115-28.
4. Samios S, Lekkas T, Nikolaou A, Golfinopoulos S. Structural investigations of aquatic humic substances from different watersheds. *Desalination.* 2007; 210(1): 125-37.
5. 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.
6. Crittenden JRR, Trussell D, Tchobanoglous G. *Water treatment: Principles and design.* New York: John Wiley; 2005.
7. Aiken G, Cotsaris E. Soil and hydrology-their effect on NOM. *J Am Water Works Assoc.* 1995; 87: 36-45.
8. Noyes R. *Handbook of pollution control processes:* UK: Noyes Publications; 1991.
9. Liu H, Liu R, Tian C, Jiang H, Liu X, Zhang R, et al. Removal of natural organic matter for controlling disinfection by-products formation by enhanced coagulation: a case study. *Sep Purif Technol.* 2012; 84(9): 41-5.
10. Bougeard CM, Goslan EH, Jefferson B, Parsons SA. Comparison of the disinfection by-product formation potential of treated waters exposed to chlorine and monochloramine. *Water Res.* 2010; 44(3): 729-40.
11. Sanchez NP, Skeriotis AT, Miller CM. Assessment of dissolved organic matter fluorescence PARAFAC components before and after coagulation-filtration in a full scale water treatment plant. *Water Res.* 2013; 47(4): 1679-90.
12. Pirsahab M, Zinatizadeh AA, Dargahi A. Performance evaluation of coagulation process in removal of low turbidity and color from water using different inorganic coagulants. *J Water Wastewater.* 2011; 1: 111-8.
13. Freese S, Nozaic D, Pryor M, Rajogopaul R, Trollip D, Smith R. Enhanced coagulation: a viable option to advance treatment technologies in the South African context. *Water Sci Technol.* 2001; 1(1): 33-41.
14. Mesdaghinia A, Rafiee M, Vaezi F, Mahvi A, Torabian A, Ghasri A. Control of disinfection by products formation potential by enhanced coagulation. *Int J Environ Sci Technol.* 2006; 2(4): 335-42.
15. Mesdaghinia A, Rafiee M, Vaezi F, Mahvi A. Evaluation of ferric chloride and alum efficiencies in enhanced coagulation for TOC removal and related residual metal concentrations. *Iranian J Environ Health Sci Eng.* 2005; 2(3): 189-94.
16. Gregory J, Duan J. Hydrolyzing metal salts as coagulants. *Pure Appl Chem.* 2001; 73(12): 2017-26.
17. Kang M, Kamei T, Magara Y. Comparing polyaluminum chloride and ferric chloride for antimony removal. *Water Res.* 2003; 37(17): 4171-9.
18. Yan M, Wang D, You S, Qu J, Tang H. Enhanced coagulation in a typical North-China water treatment plant. *Water Res.* 2006; 40(19): 3621-7.
19. Mesdaghinia A, Rafiee M, Vaezi F, Mahvi A. Evaluation of ferric chloride and alum efficiencies in enhanced coagulation for TOC removal and related residual metal concentrations. *Iranian J Environ Health Sci Eng.* 2005; 2 (3): 189-94.
20. Hassani AH, Torabian A, Abdollahzadeh M. Comparison of Coagulants Performance with enhanced coagulation in turbidity and organic matter removal in Karaj River. *J Environ Stu.* 2010; 36(55): 31-3.
21. Leiknes T, Odegaard H, Myklebust H. Removal of natural organic matter (NOM) in drinking water treatment by coagulation-microfiltration using metal membranes. *J Membr Sci.* 2004; 242(1): 47-55.

22. Panglich S, Kraus G, Tatzel A, Lickes J-P. Membrane performance in combined processes including ozonation or advanced oxidation, powdered activated carbon and coagulation- Investigations in pilot scale. *Desalination*. 2010; 250(2): 819-23.
23. Xie J, Wang D, van Leeuwen J, Zhao Y, Xing L, Chow CW. pH modeling for maximum dissolved organic matter removal by enhanced coagulation. *J Environ Sci (China)*. 2012; 24(2): 276-83.
24. Fadaei AM, Sadeghi M. Efficacy study on advanced oxidation processes application for pesticides removal from water with emphasis on their cost aspects. *J Shahrekord Univ Med Sci*. 2013; 15(5): 80-9.

The study of enhanced coagulation process efficacy and direct filtration's effectiveness on elimination of natural organic materials from surface waters

Neamati B¹, Fadaei A^{2*}, Sadeghi M², Sedehi M³, Mengelizadeh N⁴

¹Student Research Committee, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, I.R. Iran; ²Environmental Health Dept., Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, I.R. Iran; ³Epidemiology and Biostatistics Dept., Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, I.R. Iran; ⁴Student, Environmental Health Dept., Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, I.R. Iran.

Received: 15/Jul/2014 Accepted: 8/Nov/2014

Background and aims: One of the main problems of surface water resources is high concentrations of natural organic matter (NOMs). NOMs may be made as extra products of disinfection which could be toxic or carcinogenic for humans. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of enhanced coagulation and direct filtration process on elimination of NOMs from surface waters.

Methods: In this quasi-experimental research, a pilot study was designed for enhanced coagulation and direct filtration with a capacity of 144 liters per hour. Choghakhour wetland, located in 65 km far from Shahrekord City, was selected as a sampling location. To measure NOMs, UV absorption at 254 nm was used through a spectrophotometer. The effect of PH, FeCl₃ dosage and flow rate was studied to evaluate the elimination of NOM.

Results: The results showed that in the optimum conditions, the elimination of NOMs was about 94 percent and the amount of residual contaminants was about 2 mg/l. The optimum condition to remove the NOMs, was observed in PH 6.2, ferric chloride dose 60 mg/l and flow rate of 95 l/h. According to analyses of under study factors, coagulation concentration showed the most efficacies on the removal efficiency of NOMs, PH and flow rate, respectively.

Conclusion: It can be concluded that enhanced coagulation and direct filtration through ferric chloride can improve the NOM removal efficacy in the water treatment plants.

Keywords: Natural organic matters, Enhanced coagulation, Direct filtration.

Cite this article as: Neamati B, Fadaei A, Sadeghi M, Sedehi M, Mengelizadeh N. The study of enhanced coagulation process efficacy and direct filtration's effectiveness on elimination of natural organic materials from surface waters. J Shahrekord Univ Med Sci. 2015; 17(3): 66-75.

***Corresponding author:**

Environmental Health Dept., Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, I.R. Iran,
Tel: 00983833330299, E-mail: ali2fadae@yahoo.com