مجله دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد/ دوره ۱۸، شماره ۱/ خرداد و تیر ۱۳۹۵/ ۱۳۱-۱۲۲

مقاله پژوهشی

بررسی میزان حذف رنگ و کدورت در آب های حاوی مواد آلی طبیعی با استفاده از سیستم ترکیبی انعقاد پیشرفته و فیلتراسیون مستقیم

بهادر نعمتی[1*]، مهربان صادقی[2]، عبدالمجید فدایی[2]، مرتضی سدهی[3]، محیا آذری[4]، طیب محمدی[5]

[1]دانشجو، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران؛ [2]گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران؛ [3]گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران؛ [4]شبکه بهداشت و درمان گچساران، گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی یاسوج، یاسوج، ایران؛ [5]دانشجو، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۴/۹/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۱

Downloaded from journal.skums.ac.ir at 13:47 +0430 on Tuesday July 18th 2017

چکیده:

زمینه و هدف: **منابع آب سطحی اغلب حاوی ناخالصی های محلول و معلق متعددی می باشند. ذرات ریزتر که اصطلاحاً کلوئید نامیده می شوند، تنها پس از عملیات انعقاد و لخته سازی قابل حذف می باشند. هدف از این مطالعه بررسی کارآیی فرآیند تلفیقی انعقاد پیشرفته و فیلتراسیون مستقیم برای حذف رنگ و کدورت از آب های سطحی و همچنین یافتن راه حل مناسبی جهت حذف آلاینده ها از این آب ها بود.**

روش بررسی: **این مطالعه به صورت تجربی در مقیاس پایلوت و با ظرفیت ۱٤٤ لیتر بر ساعت انجام گرفت. ۲ فاکتور رنگ و کدورت در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند. تالاب چغاخور واقع در ٦٥ کیلومتری شهرکرد به عنوان محل نمونه برداری انتخاب و نمونه ها برداشت شد. جهت سنجش رنگ و کدورت از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل DR2000 استفاده شد. روش جمع آوری داده ها بر اساس آزمایشات تاگوچی به دست آمد و داده ها با استفاده از نرم افزار Minitab آنالیز شدند. در این پژوهش تأثیر pH، دوز منعقد کننده کلروفریک ($FeCl_3$) و دبی ورودی به سیستم بر حذف رنگ و کدورت مورد بررسی قرار گرفت.**

یافته ها: **نتایج نشان داد که در شرایط بهینه میزان حذف رنگ حدوداً ۹٦٪ بوده و از ۱٤۰ واحد TCU در نمونه خام به ۵/۳ واحد TCU رسید. کدورت اولیه با میزان حذف بیش از ۹۵٪ از ۳۲۰ NTU به ۱/٤ NTU رسید. شرایط بهینه برای حذف رنگ و کدورت در pH=٦/۲، دوز کلروفریک٤۰ میلی گرم بر لیتر و دبی ۹۵ لیتر بر ساعت اتفاق افتاد. بر اساس تحلیل اثر عوامل مورد بررسی، pH بیشترین اثر را بر راندمان حذف آلاینده ها داشته و به ترتیب غلظت ماده منعقد کننده و دبی در رتبه های بعدی قرار داشتند.**

نتیجه گیری: **طبق نتایج به دست آمده، فرآیند تلفیقی انعقاد پیشرفته با فیلتراسیون مستقیم می تواند بازدهی حذف رنگ و کدورت را در تصفیه خانه آب بهبود دهد.**

واژه های کلیدی: **انعقاد پیشرفته، فیلتراسیون مستقیم، رنگ، کدورت.**

مقدمه:

منابع آب های سطحی از جمله مهم ترین 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. یکی از مشکلات اصلی استفاده از منابع آب های سطحی، غلظت بالای مواد آلی طبیعی (اسیدهای فولیک و هیومیک، پروتئین ها، اسیدهای آمینه و ...) آن هاست. این مواد آلی عمدتاً باعث ایجاد رنگ و کدورت در منابع آبی می شوند. مواد آلی طبیعی که به عنوان ماتریس پیچیده ای از مواد آلی حاضر در آب های طبیعی تعریف می شوند، در بسیاری

*نویسنده مسئول: شهرکرد- دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد- کمیته تحقیقات دانشجویی- تلفن: ۰۹۱۷۱٤۸٦۲۳۸، E-mail: neamatibahador@yahoo.com

Downloaded from journal.skums.ac.ir at 13:47 +0430 on Tuesday July 18th 2017

از جنبه های تصفیه آب، شامل کارایی واحدهای فرایندی (مثل اکسیداسیون، انعقاد و جذب)، کاربرد گندزداها و پایداری بیولوژیکی اثر می گذارند (۴-۱). آب های سطحی اغلب حاوی ناخالصی های محلول و معلق متعددی می باشند. ذرات درشت معلق در آب، مانند شن و ماسه به صورت واحدهای کوچک مجزا به سادگی در فرآیندهای فیلتراسیون و ته نشینی از آب حذف می گردند. ذرات ریزتر که اصطلاحاً کلوئید نامیده می شوند، تنها پس از عملیات انعقاد و لخته سازی قابل حذف می باشند. طی این عملیات ذرات ریز کلوئیدی به تدریج به هم چسبیده و ذرات درشت تر تشکیل می دهند (۵). یکی از آلوده کننده های طبیعی در آب های سطحی به ویژه رودخانه ها و دریاچه ها، ناخالصی های کلوئیدی است. حضور این مواد باعث کدورت و تا حدودی رنگ می شوند. برای حذف کلوئیدها باید ذرات کلوئید با هم مجتمع و از نظر اندازه بزرگ شوند. برای این کار می توان از مواد شیمیایی استفاده کرد. این مواد نیروهایی را که موجب پایداری ذرات کلوئیدی می شوند، خنثی می کنند (۶). اندازه ذرات کلوئیدی موجود در آب بین ۰۰۱/ تا ۱ میکرون می باشد. این در حالی است که سرعت ته نشینی خود به خود ذره ای با قطر ۰/۱ میکرون، ۳ متر در ۱ میلیون سال است، لذا فرآیند صاف سازی آب بدون استفاده از موادی که سرعت ته نشینی ذرات کلوئید را افزایش می دهند، غیر ممکن می نماید. معمولاً نمک های فلزی نظیر آلوم، سولفات فریک، سولفات فرو، کلراید فریک، پلیمرهای آلی آنیونی، کاتیونی و غیر یونی، از جمله منعقدکننده ها می باشند (۷). استانداردهای EPA برای آب آشامیدنی مقرر می دارد که حداکثر مقدار کدورت برابر با ۱ FTU باشد، در صورتی که اتحادیه امور آب آمریکا میزان کدورت برابر با ۰/۱ FTU را به عنوان ملاک اصلی خود برای آب آشامیدنی تعیین نموده است. آب خالص بی رنگ است، اما آبی که در طبیعت یافت می شود، معمولاً توسط مواد خارجی دارای رنگ می باشد. آب پس از تماس با اجزا ریز مواد آلی از قبیل برگ های درختان، علف هرز یا چوب، علاوه بر اخذ موادی مانند جوهر مازو و اسید هیومیک، رنگ زرد مایل به قهوه ای به خود می گیرد. اکسیدهای آهن رنگ قرمز کمرنگ به آب می دهند و اکسیدهای منگنز موجب قهوه ای یا تیره رنگ شدن آب می گردند. پساب های صنعتی ناشی از صنایع نساجی و عملیات رنگرزی، خمیر کاغذ و تولید ورق های کاغذ، صنایع غذایی، تولید مواد شیمیایی، استخراج سنگ معدن، پالایش و عملیات مربوط به کشتارگاه ها ممکن است در اثر ارتباط با نهرها و رودخانه های طبیعی در آب ایجاد رنگ نمایند. آب رنگی از لحاظ زیبایی برای عموم مردم قابل پذیرش نیست. آبی که به مقدار زیاد دارای رنگ باشد، برای مصارفی نظیر شستشوی لباس، رنگرزی، تهیه کاغذ، ساخت نوشابه های الکلی، تولید لبنیات همراه با سایر مواد غذایی، صنایع نساجی و تولید پلاستیک مناسب نیست. از این رو رنگ آب بر مقبولیت آن هم برای مصارف خانگی و هم برای مصارف صنعتی تأثیر گذار است (۸). در سال های اخیر، از فرآیند انعقاد به طور گسترده برای حذف نه تنها کدورت، بلکه سایر آلاینده های آلی و غیر آلی از آب خام استفاده شده است. این اهداف با کاربرد فرآیند انعقاد پیشرفته قابل دستیابی هستند که در آن مقدار بیشتری منعقدکننده (نسبت به انعقاد متداول) استفاده می شود. اصطلاح انعقاد پیشرفته به افزودن ماده منعقدکننده با مقادیر بیش ازحد انعقاد متداول، برای بهبود حذف آلاینده هایی مانند مواد آلی طبیعی، 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 روبی (به دام اندختن ذرات در رسوبات) و حذف موثر کریستال های اکسید فلزی آب دار ریز که آلاینده ها روی آن جذب می شوند، است (۹). عزیزی و همکاران در تحقیقی تحت عنوان "حذف رنگ از شیرابه لندفیل به وسیله فرآیند انعقاد و لخته سازی" دریافتند که کلراید فریک کارآیی بالاتری از سایر مواد منعقدکننده دارد و حذف ۹۴٪ ی رنگ در دوز بهینه ۸۰۰ میلی گرم بر لیتر و pH= ۴ اتفاق می افتد. تأثیر دوز ماده منعقدکننده

Downloaded from journal.skums.ac.ir at 13:47 +0430 on Tuesday July 18th 2017

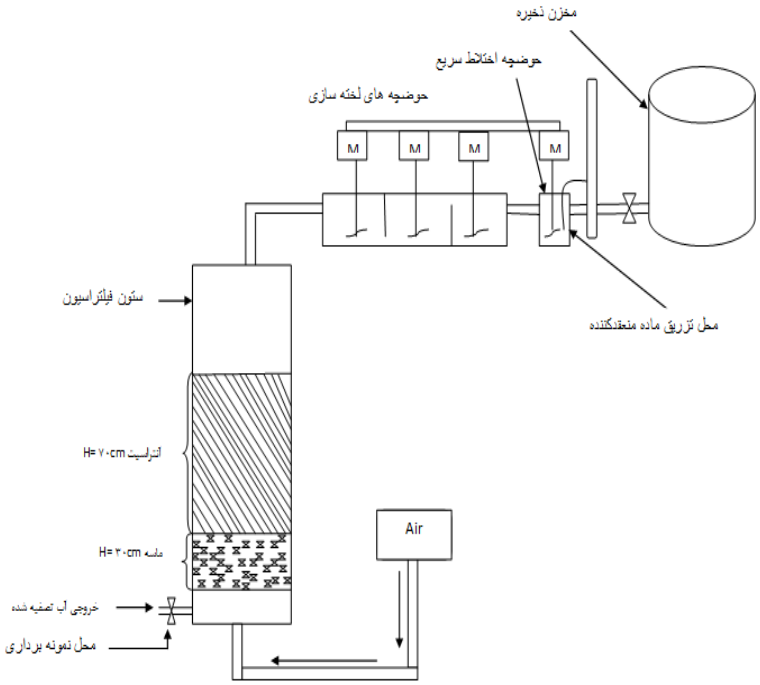
بر حذف رنگ شبیه روند COD، کدورت و مواد معلق است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که کلراید فریک می تواند یک ماده منعقدکننده مناسب در حل مشکل رنگ مربوط به شیرابه لندفیل باشد (۱۰). Kawamura در تحقیقی تحت عنوان "طراحی یکپارچه و بهره برداری از تأسیسات تصفیه آب" دریافتند که در حالت کلی استفاده از کلرور فریک خیلی مفیدتر از آلوم برای حذف کل کربن آلی و رنگ است (۱۱). پیرصاحب و همکاران در تحقیقی تحت عنوان "ارزیابی عملکرد فرآیند انعقاد برای حذف مقادیر کم کدورت و رنگ آب با استفاده از منعقدکننده های مختلف" دریافتند که با افزایش مقدار منعقد کننده، pH و دمای نمونه های آب کاهش یافته و اندازه لخته ها در مقادیر ۵،۱۰،۱۵ و ۲۰ میلی گرم در لیتر ماده منعقدکننده 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 می شود (۱۲).

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 (۱۳). در واقع هدف از این مطالعه بررسی امکان ارتقای سیستم فیلتراسیون مستقیم برای تصفیه آب های سطحی حاوی مواد آلی طبیعی و حذف آلاینده هایی همچون رنگ و کدورت ایجاد شده توسط این مواد می باشد تا مشخص گردد که این سیستم با چه شرایطی قادر است، بهترین راندمان تصفیه آب را ایجاد کند.

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 رنگ و کدورت طراحی و ساخته شد (تصویر شماره ۱ و جدول شماره ۱). در این سیستم نمونه 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 به وسیله شیر تنظیم دبی انجام گرفت). پس از افزودن ماده منعقد کننده نمونه وارد حوضچه لخته سازی و فیلتر دو لایه از جنس سیلیس و آنتراسیت جهت حذف لخته های حاصل گردید. در این فرآیند تأثیر pH، دوز کلروفریک و دبی ورودی روی میزان حذف رنگ و کدورت برای آب تالاب چغاخور مورد بررسی قرار گرفت. طبق روش تاگوچی ۲۵ نمونه با ۲ بار تکرار جهت بررسی تأثیر این ۳ فاکتور و بازدهی حذف رنگ و کدورت در نظر گرفته شد. برای شروع آزمایشات، ابتدا طبق راهنمایی استاندارد متد B ۵۹۱۰ غلظت رنگ و کدورت در آب خام تعیین شده (۱۴) و پس از افزودن غلظت های مشخص از منعقد کننده کلروفریک (۲۰،۴۰،۶۰،۵۰ و ۸۰ میلی گرم بر لیتر) با استفاده از اسید کلریدریک و سدیم هیدروکسید ۰/۱ نرمال pH نمونه روی ۶/۵،۶،۲/۵،۸/۵ 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 اسپکتروفتومتر مدل DR2000 تعیین گردید. روش جمع آوری داده ها بر اساس آزمایشات تاگوچی با ۲ بار تکرار به دست آمد. در نهایت برای تعیین تأثیر فاکتورهای pH، دوز کلروفریک و دبی ورودی روی حذف رنگ و کدورت، داده ها با استفاده از نرم افزار Minitab جهت معنی دار بودن و بر هم کنش فاکتورها آنالیز گردید. نقطه بهینه ۳ بار بر روی پایلوت مورد آزمایش قرار گرفت.

Downloaded from journal.skums.ac.ir at 13:47 +0430 on Tuesday July 18th 2017



تصویر شماره ۱: شماتیک پایلوت مورد استفاده در این مطالعه

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

واحدهای تصفیه		واحد سنجش	مقدار
قطر لوله ورودی (لوله بین مخزن تأمین آب و حوضچه انعقاد پیشرفته)		میلی متر	۲٤
حوضچه انعقاد سازی	میزان توان موتور	وات	۱
	انرژی ورودی G	S^{-1}	۷۰۰
	حجم مفید حوضچه اختلاط سریع	سانتی متر مکعب	۱۲۰۰
	زمان ماند اختلاط سریع	ثانیه	۳۰
حوضچه لخته سازی	عمق، طول و عرض حوضچه	سانتی متر	۳۰×۸۰×۱۵
	حجم کل حوضچه	سانتی متر مکعب	۳٦۰۰۰
	زمان لخته سازی	دقیقه	۱۵
	حداکثر انرژی ورودی به ازای هر کمپاتمت	S^{-1}	٦۰
فیلتر	عمق بستر	متر	۱/۲
	طول در عرض	سانتی متر	۲۵×۳۵
	عمق کل فیلتر	متر	۱/۹
	اندازه موثر دانه ها	میلی متر	۱/۵
	ضریب یکنواختی دانه ها	-	۱/٤

یافته ها:

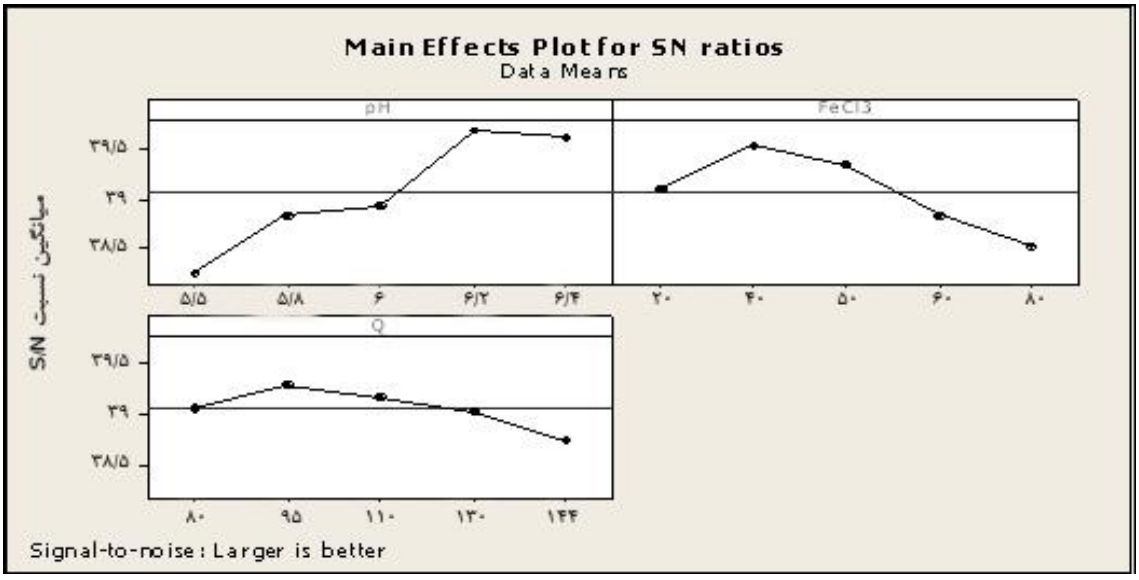
این تحقیق به منظور بررسی فرآیند انعقاد پیشرفته و فیلتراسیون مستقیم در تصفیه آب تالاب چغاخور جهت حذف رنگ و کدورت صورت گرفت. ابتدا پارامترهای فیزیکی و شیمیایی تالاب مورد سنجش قرر گرفت. مقدار رنگ و کدورت نمونه ها بیش از حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی ایران و سازمان بهداشت جهانی بوده است (جدول شماره ۲).

Downloaded from journal.skums.ac.ir at 13:47 +0430 on Tuesday July 18th 2017

جدول شماره ۲: مشخصات کیفی آب تالاب چغاخور

پارامتر	واحد	مقدار
رنگ	پلاتین- کبالت	۱٤۰±۱۵
کدورت	نفلومتری	۳۲±٦
pH	-	۸/۲±۰/٤
سختی کل	میلی گرم بر لیتر/کربنات کلسیم	۳۸۲±۳۵
قلیائیت	میلی گرم بر لیتر/کربنات کلسیم	۲۲۹±۳۵
سولفات	میلی گرم بر لیتر	۲۷±۹
آهن	میلی گرم بر لیتر	۰/۵۱±۰/۱
منگنز	میلی گرم بر لیتر	۰/۰۲۱±۰/۰۱۵
کلرور	میلی گرم بر لیتر	۵۹±۵
کلسیم	میلی گرم بر لیتر	۹۸±۱۰
منیزیم	میلی گرم بر لیتر	۳۱±٤
نیترات	میلی گرم بر لیتر	۲/۹±۰/۵
نیتریت	میلی گرم بر لیتر	۰/۰۲±۰/۰۱
فسفات	میلی گرم بر لیتر	۰/۵±۰/۲
هدایت الکتریکی	میکرو زیمنس بر سانتی متر	۵٤٦±۵٦

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 رنگ و کدورت در دوز کلروفریک ۴۰ میلی گرم بر لیتر، pH ۶/۲ و دبی ورودی ۹۵ لیتر بر ساعت به وسیله فرآیندهای انعقاد پیشرفته و فیلتراسیون مستقیم به دست می آید (تصویر شماره ۲). آنالیز واریانس نشان دهنده آن است که دو فاکتور pH و دوز منعقدکننده بر حذف رنگ و کدورت اثر معنی دار داشته، ولی دبی اثر معنی دار ندارد (جدول شماره ۳).



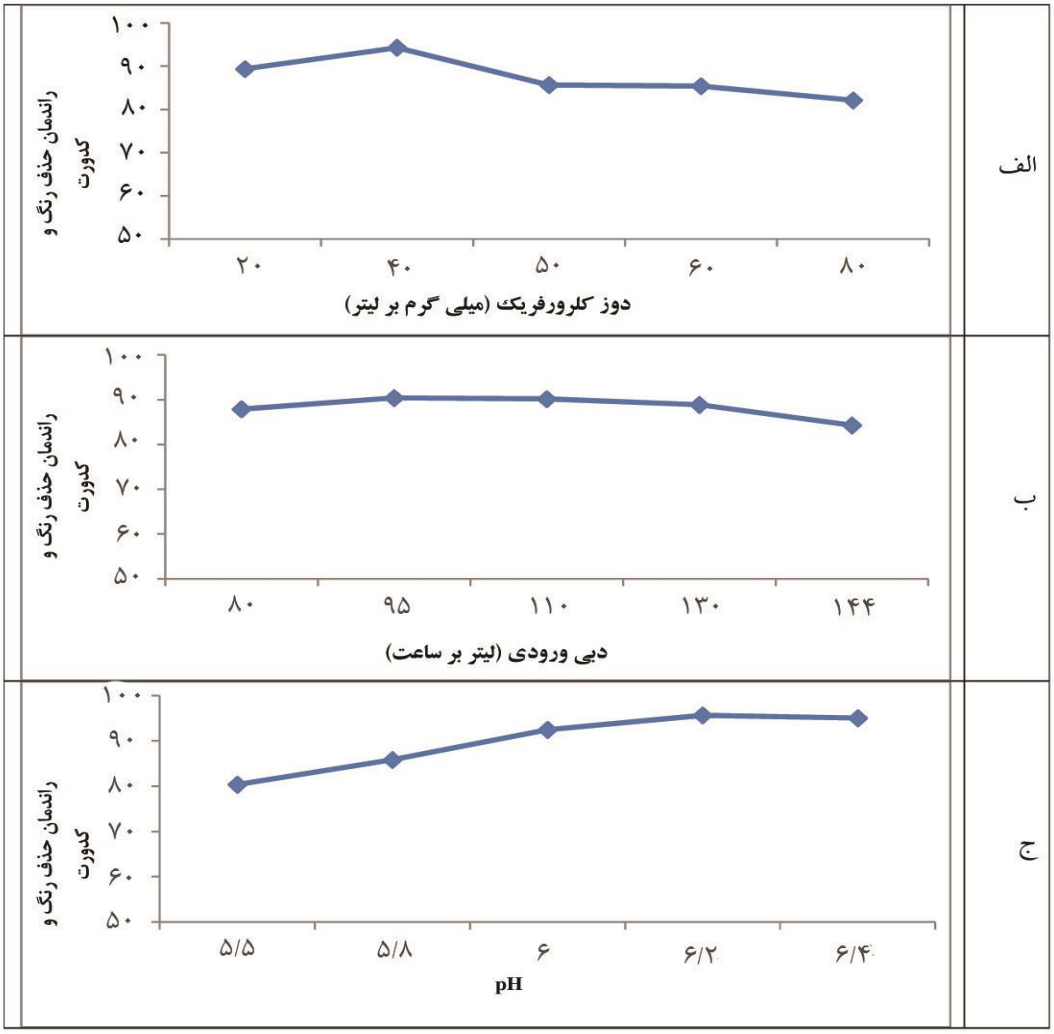
تصویر شماره ۲: میانگین نسبت سیگنال به نویز (S/N) خروجی برای فاکتورهای **pH**، دوز منعقدکننده و دبی روی حذف رنگ و کدورت

Downloaded from journal.skums.ac.ir at 13:47 +0430 on Tuesday July 18th 2017

جدول شماره ۳: آنالیز واریانس برای بررسی اثر غلظت ماده منعقدکننده، pH و دبی روی حذف رنگ و کدورت

فاکتور	درجه آزادی	F	میانگین تغییرات	P	درصد تأثیر	رتبه
غلظت کلرورفریک	٤	۷/۲۹	۱۱۰/۹۹	۰/۰۰۳	۱/۳	۲
pH	٤	۱٤/۸	۲۲۵/۳۳	<۰/۰۰۱	۱/۵۷	۱
دبی	٤	۲	۳۰/٤۳	۰/۱۵۹	۰/٦٦	۳

نتایج حاصل از تأثیر دوز منعقدکننده کلرورفریک بر روی حذف رنگ و کدورت نشان می دهد، با افزایش دوز منعقدکننده کلرورفریک تا میزان ۴۰ میلی گرم بر لیتر میزان حذف رنگ و کدورت افزایش می یابد و پس از آن و در دوزهای بالاتر کاهش می یابد. نتایج حاصل از تأثیر pH بر روی حذف رنگ و کدورت نشان داد، بیشترین میزان حذف رنگ و کدورت در pH ۶/۲ اتفاق می افتد. در بررسی تأثیر دبی ورودی به دستگاه بر روی حذف رنگ و کدورت مشخص شد، بیشترین میزان حذف در دبی ۹۵ لیتر بر ساعت می باشد (تصویر شماره ۳).



تصویر شماره ۳: اثر تغییرات pH، دوز منعقدکننده کلرورفریک، دبی ورودی بر راندمان حذف مواد آلی طبیعی در پایلوت مورد بررسی

Downloaded from journal.skums.ac.ir at 13:47 +0430 on Tuesday July 18th 2017

بحث:

آب های سطحی غالباً دارای تنوع بیشتری از آلاینده ها نسبت به آب های زیرزمینی هستند و به همین دلیل فرآیندهای تصفیه ممکن است، برای این قبیل آب ها پیچیده تر باشد. بیشتر آب های سطحی داری کدورتی بیش از مقدار تعیین شده توسط استانداردهای آب آشامیدنی می باشند (۱۵). کارایی فرآیند انعقاد پیشرفته و فیلتراسیون مستقیم در حذف رنگ و کدورت به چندین عامل از جمله pH، دوز منعقدکننده 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 منعقدکننده نشان داد که با افزایش pH و دوز منعقدکننده میزان حذف رنگ و کدورت افزایش یافته و در pH=۶/۲ و دوز کلروفریک ۴۰ میلی گرم بر لیتر به حداکثر میزان حذف می رسد. حذف رنگ و کدورت به وسیله کلروفریک را با افزایش pH می توان به گروه های حاصل از هیدرولیز $FeCl_3$ نسبت داد. کلروفریک وقتی که به محلول های آبی اضافه می شود در pH پایین تر از ۸ به گروه های Fe، $Fe(OH)_2^+$، Fe_3^+، $Fe(OH)_3$ و $Fe(OH)_2^+$ هیدرولیز می شود که طبق تحقیقات انجام شده غالب ترین گونه در بین این ها در محدوده pH بین ۵ و ۷، $Fe(OH)_2^+$ و $Fe(OH)_2^+$ می باشند (۱۶). در مورد تغییرات میزان حذف رنگ و کدورت با افزایش دوز کلروفریک این طور می توان گفت که در اثر افزودن مقدار زیادی ماده منعقدکننده کلروفریک تعداد بالای $Fe(OH)_2^+$ و $Fe(OH)_2^+$ تولید شده که این افزایش تولید هیدرولیزی باعث افزایش بازدهی حذف از محلول های آبی می شود، اما با افزودن دوز ماده منعقد کننده به بیش از ۴۰ میلی گرم بر لیتر میزان حذف رو به کاهش می گذارد که این می تواند ناشی از رنگ تولید شده توسط کلرورفریک باشد. 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 $Fe(OH)_2^+$ و $Fe(OH)_2^+$ به دست می آید (۱۷). Freese و همکاران در تحقیقی دریافتند که به وسیله انعقاد پیشرفته می توان ۵۰٪ از پتانسیل تشکیل تری هالو متان ها و بین ۴۰ تا ۷۰٪ ازکربن آلی و رنگ را حذف کرد که در مقایسه با فرآیندهای تصفیه پیشرفته مناسب است (۱۸). کرد مصطفی پور و همکاران در تحقیقی با عنوان "بررسی مقایسه ای کارایی منعقد کننده های سولفات آلومینیوم، کلراید فریک و پلی آلومینیوم کلراید در حذف کدورت از آب آشامیدنی" دریافتند که نتایج حاصل از کاربرد منعقد کننده کلراید فریک برای کدورت اولیه ۱۰ واحد نفلومتری بیانگر آن است که در دوز اولیه ۲۰ میلی گرم بر لیتر و در pH بین ۵/۵ تا ۷/۵ کمترین کدورت باقی مانده در آب حاصل شده است و در مقابل در کدورت اولیه ۱۰ واحد نفلومتری، به دلیل کم بودن تعداد ذرات کلوئیدی (پائین بودن کدورت) راندمان حذف کمتر از شرایطی است که کدورت نمونه یا به عبارتی تعداد ذرات کلوئیدی بالا است. بر همین اساس مشاهده می شود که راندمان حذف کدورت برای حالتی که کدورت اولیه زیاد و معادل ۸۰ واحد نفلومتری می باشد، بیش از حالتی است که کدورت نمونه کم و معادل ۱۰ واحد نفلومتری است. از طرفی با افزایش دوز ماده منعقدکننده مصرفی راندمان حذف افزایش یافته و به عبارتی میزان کدورت باقی مانده کاهش می یابد (۱۹).

علوی زاده و همکاران در تحقیقی تحت عنوان "کاربرد پلی آلومینیوم کلراید در حذف کدورت از آب تهران- مطالعه موردی تصفیه خانه آب جلالیه "به این نتیجه رسیدند که غلظت بهینه برای حذف کدورت، برای کلرید فریک ۴۰ میلی گرم بر لیتر می باشد. به گونه ای که با صرف ۴۰ میلی گرم بر لیتر کلرید فریک، کدورت از حدود ۱۱ واحد نفلومتری به ۰/۴۲ واحد نفلومتری کاهش یافت (۲۰).

Downloaded from journal.skums.ac.ir at 13:47 +0430 on Tuesday July 18th 2017

بررسی نتایج حاصل از آنالیز نمونه هایی که تحت تأثیر تغییرات متغیرهای pH، دوز کلرورفریک و دبی ورودی قرار گرفتند، نشان داد که حداکثر میزان حذف رنگ و کدورت ۹۵/۶٪ در pH=۶/۲، ۶/۲، دوز کلروفریک ۶۰ میلی گرم بر لیتر و دبی ورودی ۹۵ لیتر بر ساعت به دست 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 مراحل تصفیه ۳ بار بر روی پایلوت تکرار شد که به طور میانگین درصد حذف ۹۶/۲ به دست آمد. علت بازدهی بالای حذف رنگ و کدورت می تواند به دلیل وجود فیلتراسیون به همراه انعقاد پیشرفته باشد، چرا که فیلتراسیون برعکس زلال ساز ضمن گرفتن لخته های بزرگ تر، لخته های خیلی کوچک را به دلیل داشتن منافذ کوچک گرفتار می کند. Leiknes و همکاران در مطالعه خود گزارش نمودند که تعبیه 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). آنالیز واریانس برای بررسی اثر فاکتورهای غلظت ماده منعقد کننده، pH و دبی نشان می دهد که P 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 pH و غلظت بر حذف رنگ و کدورت اثر معنی دار دارند، ولی دبی اثر معنی دار ندارد؛ همچنین بر اساس نتایج تحلیل از عوامل مورد بررسی، مشخص شد که pH بیشترین اثر را بر روی حذف رنگ و کدورت دارد و به ترتیب غلظت ماده منعقد کننده و دبی در رتبه های بعدی قرار دارند.

نتیجه گیری:

این مطالعه در محدوده pH=۵/۵ تا pH=۶/۴ انجام گرفت که میزان حذف رنگ و کدورت ۸۰/۳۵ تا ۹۵ مشاهده گردید. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که در pH برابر ۶/۲ حداکثر میزان حذف اتفاق می افتد. این افزایش به دلیل بار کاتیونی گروه های هیدرولیزی کلروفریک ($Fe(OH)_2^+$ و $Fe(OH)_2^+$) در محلول های آبی می باشد؛ همچنین در این مطالعه تأثیر تغییرات دوز منعقدکننده کلروفریک در محدوده ۲۰ تا ۸۰ میلی گرم بر لیتر بررسی گردید که میزان حذف رنگ و کدورت ۸۲/۱ تا ۹۴/۳ مشاهده گردید که بیشترین میزان حذف در دوز ۴۰ میلی گرم بر لیتر اتفاق افتاد. علاوه بر این در این مطالعه مشاهده شد که بازدهی حذف رنگ و کدورت در فرآیند انعقاد پیشرفته و فیلتراسیون مستقیم ۹۵/۶٪ در دوز کلروفریک ۴۰ میلی گرم بر لیتر، pH=۶/۲ ۶/۲، و دبی ورودی ۹۵ لیتر بر ساعت می باشد. در پایان می توان نتیجه گرفت که روش انعقاد پیشرفته و فیلتراسیون مستقیم می تواند باعث بهبود کارآیی حذف آلاینده ها از آب های سطحی گردد.

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.

منابع:

1. Crittenden JC, Trussell RR, Hand DW, Howe KJ, Tchobanoglous G. MWH's Water treatment: principles and design. USA: John Wiley and 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.

Downloaded from journal.skums.ac.ir at 13:47 +0430 on Tuesday July 18th 2017

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. Srinivasan PT, Viraraghavan T. Characterization and concentration profile of aluminum during drinking water treatment. Water SA. 2002; 28(1): 99-106.
6. Graham N. Orthokinetic flocculation in rapid filtration. Water Res. 1986; 20(6): 715-24.
7. Shamansouri M, Neshat A. Comparison of PAC, Alum and Ferric Chloride in TOC and total coliform removal. J Water Wastewater. 2003; 48: 39-44.
8. Spellman FR. Handbook of water and wastewater treatment plant operations: CRC Press; 2013.
9. 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.
10. Aziz HA, Alias S, Adlan MN, Faridah, Asaari AH, Zahari MS. Colour removal from landfill leachate by coagulation and flocculation processes. Bioresour Technol. 2007; 98(1): 218-20.
11. Kawamura S. Integrated design and operation of water treatment facilities: USA: John Wiley and Sons; 2000.
12. Pirsaheb M, Zinatizadeh AA, Dargahi A. Performance evaluation of coagulation process in removal of low turbidity and color from water using different inorganic coagulants. Water wastewater. 2011; 1: 1-8.
13. 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.
14. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21st ed. Washington: American Public Health Association; 2005.
15. Van der Bruggen B, Vandecasteele C. Removal of pollutants from surface water and groundwater by nanofiltration: overview of possible applications in the drinking water industry. Environ Pollut. 2003; 122(3): 435-45.
16. Gregory J, Duan J. Hydrolyzing metal salts as coagulants. Pure Appl Ch. 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. Freese S, Nozaic D, Pryor M, Rajagopaul 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.
19. Kord Mostafapoor F. Effectiveness of three coagulants of polyaluminum chloride, aluminum sulfate and ferric chloride in turbidity removal from drinking water. Zahedan J Res Med Sci. 2008; 1(10): 1-9.
20. Alavi Moghadam SMR, Bani Hashemi AVID, Maknoun R, Nikazar M. Application of polyaluminum chloride (pacl) in turbidity removal of Tehran drinking water- case study: J Technol Educ. 2009; 3(2): 109-113.
. 2009.
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.

Journal of Shahrekord University of Medical Sciences
(J Shahrekord Univ Med Sci) 2016; 18(2): 122-131.

Original article

Removal of color and turbidity of waters containing natural organic materials using integrated enhanced coagulation and direct filtration

Neamati B[1], Sadeghi M[2], Fadaei A[2], Sedehi M[3], Azari M[4], Mohamadi T[5]
[1]Student, Student Research Committee, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, I.R. Iran; [2]Environmental Health Dept., Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, I.R. Iran; [3]Epidemiology and Biostatistics Dept., Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, I.R. Iran; [4]Health Care Gachsaran, Environmental Health Dept., Yasuj University of Medical Sciences, Yasuj, I.R. Iran; [5]Student, Student Research Committee, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, I.R. Iran.
Received: 21/Dec/2015 Accepted: 1/Mar/2016

Background and aims: Surface waters are often included numerous dissolved and suspended impurities. Smaller particles called colloids are removed after coagulation and flocculation. The aim of this study was to evaluate the efficacy of the combination process of advanced coagulation and direct filtration to remove color and turbidity from surface waters.
Methods: This experimental study was done in pilot scale with a capacity of 144 L/h. Both, color and turbidity were evaluated in this research. Water samples were collected from Choghakhor wetland, which located about 65 km of Shahrekord. The color and turbidity was measured using spectrophotometer. Taguchi method was used for data collection. In this study, the effects of pH, coagulant dose of ferric chloride ($FeCl_3$) and input flows on removing color and turbidity were examined.
Results: The results showed that the optimum conditions for the removal of color was around 96% (i.e. color reduced from 140 TCU to 5.3 TCU. Initial turbidity was removed more than 95% (i.e., from 32 NTU to 1.4 NTU). The optimum conditions pH for color and turbidity removal were obtained at pH 6.2, Chloroferric dose of 40 mg/L, and flow rate 95 L/h. Based on the analysis of the factors examined, pH has the greatest influence on the removal of contaminants and the concentration of coagulants and debbie were next in ranking.
Conclusion: The combined Process of advanced coagulation can improve the efficiency of water refinery by remove the colors and turbidity with direct filtration.

Keywords: **Enhanced coagulation, Direct filtration, Color, Turbidity.**

Downloaded from journal.skums.ac.ir at 13:47 +0430 on Tuesday July 18th 2017

Cite this article as: Neamati B, Sadeghi M, Fadaei A, Sedehi M, Azari M, Mohamadi T. Removal of color and turbidity of waters containing natural organic materials using integrated enhanced coagulation and direct filtration. J Shahrekord Univ Med Sci. 2016; 18(2): 122-131.

***Corresponding author:**
Student, Student Research Committee, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, I.R. Iran, Tel:00989171486238, E-mail: neamatibahador@yahoo.com