نشریه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی البرز، دوره ۴، شماره ۴، پاییز ۱۳۹۴- صفحات ۲۷۷-۲۶۶

بررسی و مقایسه کارایی منعقد کننده پلی‌فریک سولفات (PFS) درمقایسه با پلی آلومینیوم کلراید (PAC) در حذف کدورت و کلیفرم در تصفیه آب اهواز

افشین تکدستان [۱]، شراره شیرزادی [۲]، نغمه عروجی* [۳]، محمد نوری سپهر [۴] و رضا جلیل زاده [۵]

[۱] دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط و عضو مرکز تحقیقات فناوریهای زیست محیطی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، ایران
[۲] کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان
[۳] کارشناسی ارشد شیمی کاربردی، شرکت آب و فاضلاب اهواز – ایران
[۴] دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی البرز،کرج ،ایران
[۵] استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۲/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۲۷

چکیده

زمینه و هدف: فرایند انعقاد و لخته سازی در تصفیه آب از جایگاه ویژه ای برخوردار است. در حال حاضر از ماده منعقدکننده پلی‌آلومینیوم کلراید در تصفیه خانه آب کیان آباد استفاده می گردد. هدف از این پژوهش بررسی و مقایسه کارایی منعقد کننده پلی فریک سولفات(PFS) درمقایسه با پلی آلومینیوم کلراید(PAC) درحذف کدورت و کلیفرم در تصفیه آب اهواز می‌باشد.

روش کار: این تحقیق در مقیاس آزمایشگاهی و با استفاده از دستگاه جارتست در تصفیه خانه آب اهواز انجام شد.آزمایشات در محدوده کدورت NTU ۳۵ در تصفیه خانه آب اهواز انجام گرفت.پارامترهای مورد بررسی شامل غلظت ماده منعقدکننده ،pH، کدورت، کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی و باکتری‌های هتروتروف می باشد.

یافته‌ها: بهینه ترین شرایط کارایی پلی آلومینیوم کلراید PH=۸ ،سرعت اختلاط سریع معادل ۱۲۰ rpm و دوز بهینه ۵ppm می‌باشدکه در PH=۸ راندمان حذف کدورت برابر با ۹۳/۱۴ و در دوز بهینه ۵ ppm راندمان حذف کدورت برابر با ۹۳/۸۰ درصد می‌باشد. بهینه ترین شرایط کارایی پلی فریک سولفاتPH=۸، سرعت اختلاط سریع معادل ۱۲۰rpm و دوز بهینه ۸ppm می‌باشد که در PH=۸ راندمان حذف کدورت برابر با ۸۶/ ۹۴و در دوز بهینه ۸ppm راندمان حذف کدورت برابر با ۹۴/۸۶ درصد می‌باشد. درشرایط بهینه عملکرد منعقد کننده پلی آلومینیوم کلراید در دوز ۵ ppm راندمان حذف باکتری‌های کلیفرم کل ،کلیفرم مدفوعی و باکتریهای هتروتروفیک، به ترتیب برابر است با ۹۰/۱۲٪،۸۳/۷۰٪، ۸۴٪/۰۸ درشرایط بهینه عملکرد منعقد کننده پلی فریک سولفات در دوز ۸ ppm راندمان حذف باکتریهای کلیفرم کل ،کلیفرم مدفوعی و باکتری‌های هتروتروفیک به ترتیب برابر است با ۹۰/۴۸٪،۸۴/۸۳٪ و ۸۴/۶۹٪.

نتیجه‌گیری: در پایان بین دو گروه PFS و PAC از نظر راندمان حذف کدورت تفاوت جزئی وجود دارد که این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نیست.

کلمات کلیدی :انعقاد، کدورت، پلی آلومینیوم کلراید، پلی‌فریک سولفات.

***نویسنده مسئول:**
کارشناسی ارشد شیمی کاربردی، شرکت آب و فاضلاب اهواز، ایران

۰۹۱۶-۳۲۰۱۴۴۲
E-mail: n.oroji2007@gmail.com

[Downloaded from aums.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.18869/acadpub.aums.4.4.266]

مقدمه

یکی از آلوده کننده‌های طبیعی در آبهای سطحی به ویژه رودخانه‌ها و دریاچه ها، ناخالصی‌های کلوئیدی است.حضور این مواد باعث کدورت و تا حدودی رنگ می‌شوند. برای حذف کلوئیدها باید ذرات کلوئید با هم مجتمع و از نظر اندازه بزرگ شوند. برای این کار می‌توان از مواد شیمیایی استفاده کرد. این مواد نیروهایی را که موجب پایداری ذرات کلوئیدی می‌شوند خنثی می‌کنند، سپس در حالی که به آرامی به هم زده می‌شوند به ذرات ناپایدار شده زمان می‌دهند تا لخته‌ها ایجاد شوند که به این عمل فلوکولاسیون گویند. سرانجام آب از حوضچه ته نشینی رد شده و در آنجا مواد جامد لخته شده به وسیله عمل ته‌نشینی حذف می‌شوند[۱-۲]. به طور کلی کدورت و یا رنگی شدن آب به علت حضور مواد معلق از جمله جلبکها، خاک رس، سیلت، ویروس، باکتری، مواد معدنی نظیر آزبست، سیلیکات، ذرات ریز مواد آلی و مواد محلول است .کدورت ضمن ایجاد ظاهری نامطلوب، می‌تواند پناهگاهی برای میکروارگانیسم‌ها در مقابل گندزدایی باشد، ضمن آن که کدورت بیش از حد مجاز می‌تواند وجود نقص در سیستم تصفیه را نشان دهد [۳-۷]. در بیشتر تصفیه خانه‌های آب ایران از آلوم و کلرید فریک استفاده می‌گردد. هم اکنون در تصفیه خانه آب اهواز از پلی آلومینیم کلراید استفاده می‌گردد. پلی آلومینیوم کلراید یا آلومینیوم کلراید هیدراته، منعقدکننده پیش پلیمریزه شده و از لحاظ ترکیبی یک ماکرومولکول معدنی است که منومرهای آن یک کمپلکس دو هسته ای از آلومینیوم می‌باشد [۸-۱۰] . این ماده دارای ساختار پلیمری می‌باشد که طی واکنش هیدروکسید آلومینیوم با اسید کلریدریک تولید می‌شود. پلی آلومینیم کلراید ناخالصی هایی مانند اپی کلروئیدین را که خاصیت سرطانزایی دارند به آب اضافه می‌نماید [۱۱]. زیان‌های جدی در اثرکاربرد نمک‌های آلومینیم به دلیل باقیماندن در آب، تولید حجم زیاد لجن و نحوه دفع در محیط زیست به وجود آمده است. رهنمود سازمان بهداشت جهانی برای آلومینیم و حداکثر مقدار مجاز آن ۰/۲ mg/L است[۱۲]. در زمینه فرایند انعقاد- لخته سازی می‌توان به کاربرد منعقد کننده‌های مناسب جهت افزایش راندمان حذف کدورت و آلودگی‌های مختلف در طی این فرآیند اشاره نمود. مواد منعقدکننده متعارف اغلب در مواقع بروز کدورت‌های بالا و پایین عملکرد مناسبی نداشته و در این موارد مسئولین بهره برداری مجبور به استفاده از کمک منعقدکننده‌ها می‌شوند که هر کدام دارای اثرات جانبی ویژه‌ای می‌باشند. از این رو به منظور استفاده از منابع و امکانات موجود و کاهش هزینه ها، بکارگیری ماده منعقدکننده جدید و توسعه یافته برای افزایش راندمان توان تصفیه خانه‌های متعارف در شرایط بحرانی و بروز آلودگی،کاهش و یا حذف بالایی از میزان کدورت، کاهش حجم لجن تولیدی و کاهش و یا حذف ریز آلاینده‌ها و کاهش مصرف مواد شیمیایی، (PFS)تحت نام پلی فریک سولفات با ماده منعقد کننده پلی‌آلومینیوم کلراید مقایسه شده است. فرمول کلی پلی فریک سولفات $\left[Fe_2(OH)_n(SO_4)_{3-n/2}\right]_m$ (n<۲ و m>۱۰) بوده و یکی از منعقدکننده‌های معدنی از پیش پلیمرشده می‌باشد. چنین گزارش شده است که PFS در مقایسه با منعقدکننده‌های سنتی همچون کلرید فریک و سولفات آلومینیوم، کارآیی فوق العاده ای در برطرف سازی مواد آلی، کدورت، COD، BODو یون‌های فلزی سنگین از خود نشان می‌دهد.پلی فریک سولفات مزایای گوناگونی از خود نشان داده است، برای مثال این ماده در گستره وسیعی از PHهای انعقاد قابل کاربرد است و سرعت ته نشینی بالایی دارد. ایمن، قابل اطمینان، غیرسمّی و بی ضرر است. متدهای بسیاری برای تولید PFS در فرم‌های مایع یا جامد وجود دارد. برای PFS مایع، اکسیداسیون مستقیم سولفات آهن دار بوسیله اکسیدکننده‌های قوی $NaClO_3$، H_2O_2 و HNO_3 با هیدرولیز جزیی یا پلیمریزاسیون جهت تولید PFS اجرا می‌شود. یکی از متدهای اکسیداسیون مستقیم، اکسیداسیون کاتالیزوری (تحریک کننده) است که اکسیژن یا هوا برای اکسیدکردن Fe^{+2} به Fe^{+3} به کاربرده می‌شود. کاتالیزورهایی همچون NO_X از $NaNO_2$ و HNO_3 مورد نیاز هستند[۱۳-۱۴]. بر اساس تحقیقات املیا و همکاران (Omelia et al)(در سال ۱۹۸۵ ، اریک (Eric) در سال ۲۰۰۲ ، مالهوترا(Malhutra) در سال ۱۹۹۴ ، تانگ و همکاران (Tang et al) در سال ۱۹۹۶ ، لوان (Luan) در سال۱۹۹۸ و لیو و همکاران(Liu et al) در سال ۱۹۹۹، پلی‌آلومینیم کلراید در مقایسه با سایر مواد منعقد کننده نظیر سولفات آلومینیم،کلرورفریک و غیره در شرایط کدورت متوسط و بالا از عملکرد بهتری برخوردار است .به عنوان مثال نیاز به مقدار کمتر به دلیل شارژ بار یونی بیشتر، تشکیل لخته‌های درشت تر، کاهش مدت زمان ته نشینی فلاک، تولید لجن کمتر، عدم نیاز به تنظیم کننده‌pH به دلیل کاهش کمترpH ،عملکرد بهتر در دماهای پایین تر، افزایش طول

[Downloaded from aums.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.18869/acadpub.aums.4.4.266]

دوره عملکرد صافی و غیره از جمله این موارد است[۲۰-۱۵]. پلی فریک سولفات همانند پلی آلومینیم کلراید از منعقدکننده‌های نوین است که دوز مصرفی آن جهت انعقاد به منظور حذف کدورت کم است و قلیائیت آب را کاهش نمی دهد و لجن زیادی همانند سایر منعقدکننده‌ها نظیر سولفات فریک، کلرور فریک و آلوم تولید نمی کند و تا کنون هم جهت ارزیابی حذف کدورت از آب رودخانه کارون در تصفیه خانه آب اهواز استفاده نگردیده در صورتی که از سایر منعقدکننده‌ها نظیر پلی آلومینیم کلراید، آلوم و... در مطالعات قبلی استفاده شده است. فلوک های تولید شده با آهن درشت تر و سنگین تر از فلوک های آلومینیوم بوده و زود نمی شکنند به علاوه ترکیبات آهن دار در حرارت‌های پایین تر بهتر عمل کرده و مصرف آهک توام با آنها نیز ضرورت دارد.

نظر به اینکه آب رودخانه کارون دارای آلاینده‌های مختلفی از قبیل کدورت، کلیفرم می‌باشد و میزان این آلاینده‌ها در فصول مختلف تغییرات قابل ملاحظه ای داشته، لذا فرایند انعقاد با انتخاب یک ماده منعقدکننده مناسب با غلظت تزریقی مناسب به آب در pH و قلیاییت مناسب قادر خواهد بود مقادیر قابل ملاحظه ای از این آلاینده‌ها را در آب که یک خطر جدی برای سلامت مصرف کنندگان محسوب می‌شود حذف نماید. مطالعه حاضر با هدف بررسی وکارایی استفاده از پلی فریک سولفات در مقایسه با منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید در آب تصفیه خانه اهواز درغلظت‌های مختلف وpH مختلف جهت بهبود عمل انعقاد در حذف کدورت، کلیفرم و کاهش دوز منعقد کننده اصلی در نتیجه کاهش هزینه‌های اقتصادی از آب آشامیدنی صورت پذیرفت.در حال حاضر در تصفیه خانه‌های آب اهواز این عمل توسط ماده شیمیایی پلی آلومینیوم کلراید به عنوان منعقد کننده اصلی وپریستول به عنوان کمک منعقد کننده استفاده می‌گردد که با توجه به مشکلات موجود در رابطه با استفاده از منعقد کننده ها، بالا بردن راندمان حذف کدورت و کاهش هزینه‌های مصرفی منعقد کننده لازم می‌نماید .

مواد و روش‌ها

مواد شیمیایی و تجهیزات

این پژوهش در مقیاس آزمایشگاهی و با استفاده از دستگاه جارتست در تصفیه خانه آب اهواز انجام شد. منبع آب این تصفیه خانه، رودخانه کارون می‌باشد و این تصفیه خانه آب شرق و غرب اهواز را تأمین می‌کند. تصفیه خانه کیان آباد ظرفیت تولید ۳۹۰۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰۰ مترمکعب در روز آب شرب را دارد . جداول (۱) و (۲)، به ترتیب مواد شیمیایی و تجهیزات مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد [۲۱].

جدول ۱: مواد شیمیایی مورد استفاده

PAC صنعتی جامد (شرکت فالیزان تصفیه) با درجه خلوص ۳۰٪ (w/w)	سود ۰/۰۲ نرمال
پلی فریک سولفات(شرکت MERCKآلمان)	اسید سولفوریک ۰/۰۲ نرمال

جدول ۲: تجهیزات مورد استفاده

نام دستگاه	مدل
آون	O -53
اتوکلاو	25 MELAG
ترازو	BL210S(Satorius)
کدورت سنج	2100N HACH
دستگاه جار	JLT6
pH متر	(۳۴۰i) WTW
Stirrer	JENWAY(1203)

[Downloaded from aums.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.18869/acadpub.aums.4.4.266]

روش کار

نمونه‌های آب خام تهیه شده از آبگیر تصفیه خانه کیان آباد پس از انتقال به آزمایشگاه از نظر میزان کدورت، pH، دما، قلیاییت، کلیفرم کل، کلیفرم گرما پای، HPC مورد آزمایش قرار گرفتند. به منظور تعیین pH بهینه ماده منعقدکننده PFS و PAC، PAC و PFS با غلظت ثابت ۱۰mg/L به همه نمونه‌ها اضافه شد. سپس آزمایش جار بر روی نمونه‌ها با pHهای مختلف ۵، ۶، ۷، ۷/۵ ، ۸ و ۹ صورت پذیرفت. جهت بررسی تعیین غلظت ماده منعقدکننده پلی آلومینیم کلراید وPFS ، آزمایش جار بر روی نمونه‌های آب تحت شرایط pH بهینه تعیین شده در مرحله قبل (pH=۸)، و با غلظت های مختلفی ازPFS و PAC (۳mg/L-۶۰) انجام گرفت و غلظت بهینه PACو PFS به دست آمد. فرایند اختلاط سریع با سرعت اختلاط ۱۲۰ دور در دقیقه، طی زمان یک دقیقه انجام گردید. سپس طی مرحله اختلاط کند، سرعت اختلاط به ۴۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه کاهش یافت. مدت زمان ته نشینی طبق توصیه مراجع معتبر، ۳۰ دقیقه در نظر گرفته شد [۲۲]. پس از پایان یافتن آزمایش‌ها نمونه برداری برای تعیین کدورت، قلیائیت، pH، کلیفرم کل، کلیفرم گرما پای، HPC از ۵ سانتی متری زیر سطح آب توسط پی پت انجام گرفت[۲۳].

روش آزمایشگاهی

کلیه آزمایشات بر اساس روشهای استاندارد متد برای آزمایشات آب وفاضلاب انجام گرفته است. سنجش کدورت از طریق دستگاه کدورت سنج HACH مدل ۲۱۰۰N و بر اساس روش نفلومتریک، pH توسط pH متر دیجیتالی مدل ۳۴۰i (WTW)، قلیائیت بر اساس روش تیتراسیون با اسیدسولفوریک ۰/۰۲ نرمال (.B 2320) Titration Method و آزمایشات میکروبی HPC ، کلی فرم کل و کلی فرم مدفوعی طبق روش استاندارد انجام شدند. جهت آزمایش HPC ، محیط کشت R2A در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت استفاده شد و سپس کلنی‌های تشکیل شده بر سطح آگار با استفاده از دستگاه کلنی کانتر مدل Scan 100 Interscience ساخت کشور فرانسه شمارش شده و به صورت واحد کلنی در میلی لیتر (CFU/mL) گزارش شدند. سنجش باکتری‌های کلیفرم کل و مدفوعی نیز طبق روش تخمیر چند لوله ای براساس استاندارد شماره۳۷۵۹ مؤسسه استاندارد وتحقیقات صنعتی ایران انجام شد و نتایج به صورت MPN/100mL گزارش شدند [۲۱و۲۴].

به علاوه به منظور اثبات تکرارپذیری روش آنالیز، تعدادی از نمونه‌ها به صورت دوتایی و یا سه تایی تهیه شده و مورد آنالیز قرار گرفته اند. تعداد کل نمونه‌ها در طول نمونه برداری ۲۸۰ عدد بود. تهیه نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel و آنالیز داده‌ها با نرم افزار SPSS ویرایش۱۶ (آنالیز کوواریانس ودانکن) انجام گرفته است.

نتایج

در این بخش، نتایج به دست آمده در رابطه با تعیین pH بهینه PAC، تعیین غلظت بهینه ماده منعقدکننده PAC، تعیین pH بهینه پلی فریک سولفات ، تعیین غلظت بهینه ماده منعقدکننده پلی فریک سولفات و نیز تعیین و مقایسه راندمان حذف کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی و باکتریهای هتروتروفیک در شرایط عملکرد بهینه بین دو منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید(PAC) و پلی فریک سولفات(PFS) ارائه شده است. برای بررسی جامع تر، برخی از نتایج این تحقیق با داده‌های سایر محققین مقایسه گردید.

تعیین pH بهینه پلی آلومینیم کلراید

میانگین کدورت ورودی در طول این مرحله از نمونه برداری در ۳۵NTU محاسبه شده است. در این مدت میانگین کدورت خروجی در گستره ای بین NTU ۲/۸ تا ۴ قرار داشته است. میزان راندمان حذف کدورت در این دوره بین حداقل ۸۸/۵۷ درصد تا حداکثر ۹۳/ ۱۴ درصد بوده است. همچنین نمودار (۱-۳) اثر pH برروی راندمان حذف کدورت را نمایش می‌دهد. با توجه به مقدار همبستگی با (P <۰/۰۵) رابطه معناداری بین pH و درصد حذف کدورت وجود دارد. نمودار (۲-۳) بیانگر این است که با افزایش pH، راندمان حذف کدورت افزایش می‌یابد بطوری که بیشترین میانگین درصد حذف کدورت با فاصله اطمینان ۹۵٪ در pH=۸ معادل ۹۳ /۱۴ درصد می‌باشد. همانطور که از نمودار استنباط می‌شود، حذف کدورت با استفاده از PAC، نسبت به تغییرات pH بسیار حساس می‌باشد بطوریکه بیشترین میانگین درصد حذف

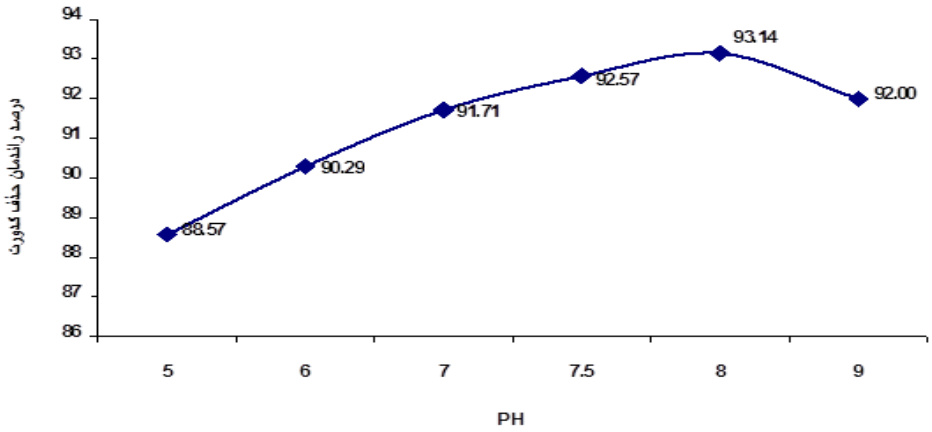
[Downloaded from aums.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.18869/acadpub.aums.4.4.266]

کـدورت بـا فاصـله اطمینـان ۹۵٪ در pH=۸ معـادل ۹۳/۱۴ درصـد می‌باشد. به عبارت دیگر در این محدوده از pH، رسوب تشکیل شده در طی فرایند و یا همان محصولات هیدرولیز PAC، دارای کمتـرین حلالیت هستند. با توجه بـه آزمـون ANOVA (آنـالیز واریـانس) بـا (P <۰/۰۵) تفاوت معناداری بین pH و درصد حذف کدورت وجود دارد ، به عبارت دیگر با افزایش pH، درصد حذف کدورت افـزایش می‌یابد و در واقع همبستگی مثبت و معنی دار آماری بین عامل pH و درصد حذف کدورت وجود دارد. نکته قابل توجه دیگر آن است که اندازه لخته‌های تشکیل شـده، در pH بهینـه در مقایسـه بـا pHهـای دیگر، به طور مشخصی بزرگتر بودند. با توجه به نمودار شـماره(۱)، مشاهده می‌شود که در pHهـای اسـیدی، از میـزان حـذف کـدورت کاسته شده است. به همین دلیل نمی توان خنثی سـازی بـار را تنهـا عامل تشکیل لخته‌ها دانست. به نظر می‌رسد که در این مورد، تشکیل لختهها در محدوده pH بهینـه، بیشـتر از طریـق بـه دام افتـادن ذرات معلق در زنجیره‌های پلیمری ماده منعقدکننده انجام شـده اسـت کـه مکانیسـم انعقـاد جـارویی و بـه دام افتـادن ذرات در رسـوب نـام دارد(۲۵).میرزایی و همکارانش طـی مطالعـه ای ، pH بهینـه جهـت حذف کدورت و مواد آلی توسط PAC را ۸ بدست آوردند [۲۶].

تعیین دوز بهینه ماده منعقدکننده PAC

میانگین کدورت ورودی در طول این مرحله از نمونه برداری در گستره ۳۵NTU محاسبه شده است. در این مدت میانگین کـدورت خروجی در گستره ای بین ۰/۸ NTU تـا ۲/۳۱ قـرار داشـته اسـت. میزان راندمان حذف کدورت در این دوره بین حداقل ۹۳/۴ درصد تا حداکثر ۹۷/۶۹ درصد بوده است. نمودار (۲-۳) اثر دوز منعقدکننـده PAC بر روی راندمان حذف کدورت را نمایش می‌دهد. نمودار (۳-۲) بیانگر این است که با افـزایش دوز منعقدکننـده رانـدمان حـذف کدورت افزایش می‌یابد. بطوری که بیشترین میانگین درصـد حـذف کدورت با فاصله اطمینان ۹۵٪ برای دوزهای منعقدکننده 5ppm و ۶۰ معادل ۹۳/۸۰ و ۹۷/۶۹ درصد می‌باشد. نتایج به دسـت آمـده نشـان می‌دهد که به طور کلی با افزایش غلظت PAC، میزان حذف کدورت نیز افزایش یافته است. با توجه به آزمون ANOVA (آنالیز واریانس) با (P <۰/۰۵) تفاوت معناداری بین دوز منعقدکننـده PAC و درصـد حذف کدورت وجود دارد، به عبارت دیگر عامل دوز منعقدکننـده PAC روی راندمان حذف کدورت معنی دار است و تاثیر دارد.



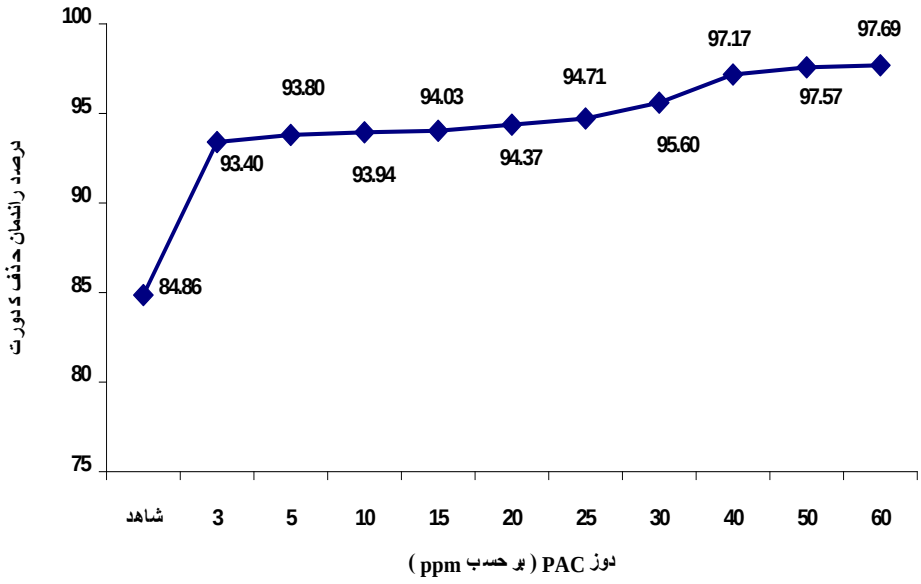
نمودار ۱: روند تغییرات درصد حذف کدورت نسبت به تغییرات pH منعقدکننده PAC

شرایط محیطی: (غلظت اولیهPAC : ppm ۱۰ کدورت اولیه:NTU ۳۵ و دما=۲۴/۵)

[Downloaded from aums.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.18869/acadpub.aums.4.4.266]

با توجه به آزمون دانکن درصد راندمان حذف کدورت در دوزهای مختلف منعقدکننده به۲ دسته طبقه بندی شد که دوز منعقدکننده PAC برابر۵ و ۶۰ میلی گرم در لیتر دارای بیشترین درصد راندمان حذف می‌باشد. بطوری که بیشترین میانگین درصد حذف کدورت با فاصله اطمینان ۹۵٪ برای دوزهای منعقدکننده 5ppm و ۶۰ معادل ۹۳/۸۰ و ۹۷/۶۹ می‌باشد. در تعیین غلظت بهینه یک ماده منعقدکننده، عوامل مختلفی از نظر قوانین زیست محیطی مربوطه و نیز قیمت ماده منعقدکننده بسیار تاثیرگذار هستند. در رابطه با میزان حذف کدورت با استفاده از PAC و با توجه به نمودار شماره (۲)، به نظر می‌رسد که میزان حذف ۹۳/۸٪، یک نقطه ویژه و یا به عبارت بهتر یک نقطه بحرانی در نمودار باشد. به همین دلیل، با توجه به نمودار یاد شده، غلظت بهینه PAC برای حذف کدورت، 5mg/L می‌باشد. از طرفی بررسی نتایج حاصله بیانگر آن است که مکانیسم هایی که سبب کدورت‌های باقیمانده کمتر در آب می‌شوند به غلظت منعقدکننده مصرفی و pH آب بستگی دارند. در این شرایط مکانیسم‌های غالب از نوع جذبی یا جاروبی و یا ترکیبی از دو مکانیسم ذکر شده است[۲۸-۲۷]. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج حاصل از مطالعه ای که توسط عروجی و همکاران درسال ۱۳۹۱ بدست آوردند شباهت زیادی داشت[۲۹]. مطالعه آزمایشگاهی کاربرد پلیمر معدنی آلومینیوم در حذف کدورت از آب توسط بنی هاشمی و همکاران انجام گردید در این مطالعه بدون ذکر کدورت اولیه آب، ماده منعقدکننده پلی آلومینیم کلراید به دلیل سرعت ته نشینی بیشتر فلاک‌های حاصله، عدم حساسیت به دمای آب و نیز کدورت باقیمانده کمتر آب تصفیه شده، در حذف کدورت از آب مناسب تر از سولفات آلومینیم و کلرور فریک گزارش گردید [۳۰]. مطالعه عبدالله زاده و همکاران در خصوص مقایسه عملکرد پلی آلومینیوم کلراید و کلرورفریک در حذف کدورت و مواد آلی منابع آب نشان داد که کارایی پلی آلومینیوم کلراید در حذف کدورت وTOC بیشتر از کلرور فریک است[۳۱].در مطالعه دنگ و همکاران (Deng et al) راندمان حذف کدورت در شرایط بهینه آبهای سطحی توسط پلی آلومینیم کلراید بین ۷۳/۳ درصد تا ۸۳/۳ درصد حاصل شد. [۳۲]



نمودار ۲: روند تغییرات درصد حذف کدورت نسبت به تغییرات دوز بهینه ماده منعقد کننده (PAC)
شرایط محیطی: (pH=۸، دما=۲۳/۹، کدورت اولیه:NTU ۳۵و سرعت اختلاط سریع:rpm ۱۲۰)

[Downloaded from aums.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

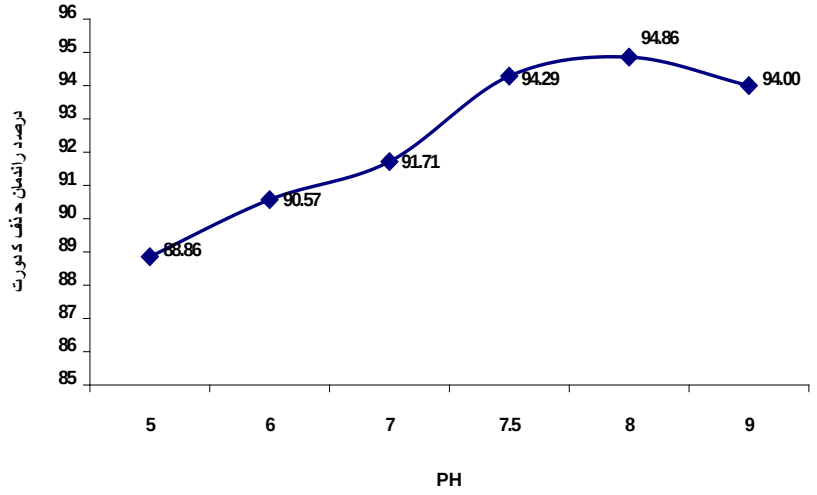
[DOI: 10.18869/acadpub.aums.4.4.266]

تعیین pH بهینه ماده منعقدکننده پلی فریک سولفات(PFS)

میانگین کدورت ورودی در طول این مرحله از نمونه برداری ۳۵NTU محاسبه شده است. در این مدت میانگین کدورت خروجی در گستره‌ای بین NTU ۲/۱ تا ۳/۹ قرار داشته است. میزان راندمان حذف کدورت در این دوره بین حداقل ۸۸/۸۶ درصد تا حداکثر ۹۴/۸۶ درصد بوده است. نمودار(۳-۳۹) اثر pH بر روی راندمان حذف کدورت را نمایش می‌دهد. با توجه به مقدار همبستگی با ($P <$ ۰/۰۵) تفاوت معناداری بین pH و درصد حذف کدورت وجود دارد. نمودار (۳-۳) بیانگر این است که با افزایش pH، راندمان حذف کدورت افزایش می‌یابد ولی از ۸ <PH شاهد کاهش راندمان حذف کدورت هستیم، بطوری که بیشترین میانگین درصد حذف کدورت با فاصله اطمینان ۹۵٪ در pH=۸ معادل ۹۴/۸۶ درصد می‌باشد. فاضلی و همکاران طی مطالعه ای pH بهینه پلی فریک سولفات برای حذف ذرات معلق در کدورت‌های پایین و بالا را ۷ بدست آوردند[۳۳].

تعیین دوز بهینه ماده منعقدکننده پلی فریک سولفات

میانگین کدورت ورودی در طول این مرحله از نمونه برداری در گستره ۳۵NTU محاسبه شده است. در این مدت میانگین کدورت خروجی در گستره ای بین ۰/۸NTU تا ۲/۸۷ قرار داشته است. میزان راندمان حذف کدورت در این دوره بین حداقل ۹۱/۸۰ درصد تا حداکثر ۹۷/۷۱ درصد بوده است. نمودار (۴-۳) اثر دوز منعقدکننده پلی فریک سولفات برروی راندمان حذف کدورت را نمایش می‌دهد. با توجه به مقدار همبستگی با ($P <$ ۰/۰۵) تفاوت معناداری بین دوز منعقدکننده پلی فریک سولفات و درصد حذف کدورت وجود دارد. نمودار (۴-۳) بیانگر این است که با افزایش دوز منعقدکننده راندمان حذف کدورت افزایش می‌یابد بطوری که بیشترین میانگین درصد حذف کدورت با فاصله اطمینان ۹۵٪ برای دوز منعقدکننده ۸ppm معادل ۹۴/۸۶ می‌باشد. همانطور که از نمودار استنباط می‌شود با افزایش دوز پلی فریک سولفات در این مرحله راندمان حذف کدورت از دوز ۳ تا ۸ppm افزایش می‌یابدو بیشترین افزایش در دوز ۶۰ppm میباشد که کدورت خروجی معادل ۰/۸ و درصد راندمان حذف کدورت معادل ۹۷/۷۱ می‌باشد ولی با توجه به مسائل اقتصادی وصرف هزینه‌های کمتر دوز ۸ppmرا به عنوان دوز بهینه در نظر می‌گیریم.

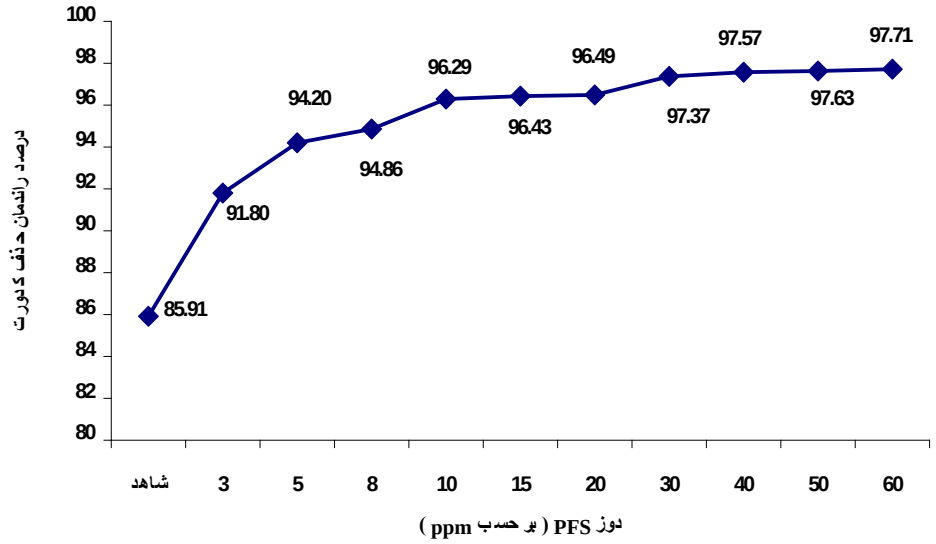


نمودار ۳: روند تغییرات درصد راندمان حذف کدورت نسبت به تغییرات pH منعقدکننده پلی فریک سولفات

شرایط محیطی: (غلظت اولیه پلی فریک سولفات : ppm ۱۰، کدورت اولیه:NTU ۳۵، دما=۲۳/۳ و سرعت اختلاط سریع: rpm ۱۲۰)

[Downloaded from aums.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.18869/acadpub.aums.4.4.266]



نمودار ۴: تغییرات کدورت خروجی نسبت به دوز منعقدکننده پلی فریک سولفات

شرایط محیطی: (pH=۸، دما=۲۳/۵ و سرعت اختلاط سریع:rpm ۱۲۰)

فاضلی و همکارانش در سال ۱۳۹۳ طی مطالعه ای با هدف بررسی کارایی پنج منعقدکننده شامل پلی فریک سولفات، کلرورفریک، آلوم، پلی آلومینیوم کلراید و پلی آلومینیوم فروس کلراید در حذف کدورت و مواد آلی با استفاده از روش AHPبه این نتیجه رسیدند که که در کدورت‌های ورودی بالا تا NTU ۳۰۰عملکرد منعقد کننده‌های مورد آزمایش نسبتاً مشابه می‌باشد و بالاترین راندمان حذف کدورت تفاوت زیادی نشان نمی دهد، اما در کدورت‌های پایین NTU ۱۰ منعقدکننده‌های پلیمری دارای عملکرد بهتری نسبت به منعقدکننده‌های معدنی می‌باشند. از بین کلیه مواد منعقدکننده مورد آزمایش در مجموع پلی فریک سولفات عملکرد بهتری در حذف کدورت و مواد آلی را نشان داد[۳۴].

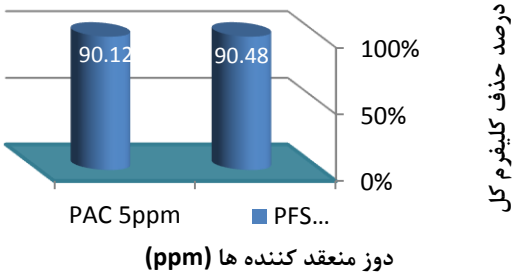
تعیین راندمان کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی، باکتریهای هتروتروفیک در شرایط بهینه عملکرد منعقدکننده پلی فریک سولفات و پلی آلومینیوم کلراید

میانگین کلیفرم کل ورودی در طول این مرحله از نمونه برداری MPN/100cc ۴۱۵۰ بوده است. در این مدت میانگین کلیفرم کل خروجی برای دوز ۸ppm پلی فریک سولفات برابر MPN/100cc ۳۹۵ و برای دوز ۵ppm برابر MPN/100cc ۴۱۰ قرار داشته است. میزان راندمان حذف کلیفرم کل در این دوره برای دوز PFS ۸ppm برابر ۹۰/۴۸ درصد و برای دوزهای PAC ۵ppm برابر ۹۰/۱۲ درصد بوده است . نمودار (۵-۳) اثر دوز منعقدکننده PFS۸ppm و PAC ۵ppm برروی راندمان حذف کلیفرم کل را نمایش می‌دهد. میانگین کلیفرم مدفوعی ورودی در طول این مرحله از نمونه برداری MPN/100cc ۸۹۰ بوده است. در این مدت میانگین کلیفرم مدفوعی خروجی برای دوزهای ۸ppm پلی فریک سولفات برابر MPN/100cc ۱۳۵ و برای دوزهای ۵ppm برابر MPN/100cc ۱۴۵ قرار داشته است. میزان راندمان حذف کلیفرم مدفوعی در این دوره برای دوز ۸ppm پلی فریک سولفات برابر ۸۴/۸۳ درصد و برای دوزهای PAC ۵ppm برابر ۸۳/۷۰ درصد بوده است . نمودار (۳-۶) اثر دوز منعقدکننده PFS ۸ ppm و PAC ۵ppm برروی راندمان حذف کلیفرم مدفوعی را نمایش می‌دهد .میانگین باکتریهای هتروتروفیک ورودی در طول این مرحله از نمونه برداری CFU/ml ۹۸۰۰ بوده است. در این مدت میانگین باکتریهای هتروتروفیک خروجی برای دوز PFS ۸ppm برابر CFU/ml ۱۵۰۰ و برای دوز ۵ppm برابر CFU/ml ۱۵۶۰ قرار داشته است. میزان راندمان حذف باکتری‌های هتروتروفیک در این دوره برای دوز PFS ۸ ppm برابر

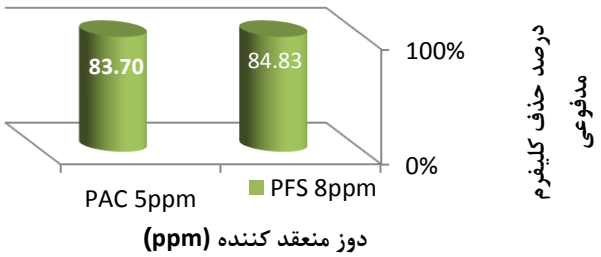
[Downloaded from aums.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.18869/acadpub.aums.4.4.266]

۸۴/۶۹ درصد و برای دوز 5ppm برابر ۸۴/۰۷ درصد بوده است. نمودار (۷-۳) اثر دوز منعقدکننده PFS8ppm و PAC5 ppm برروی راندمان حذف باکتریهای هتروتروفیک را نمایش می‌دهد. منعقدکننده‌های نوینی همچون PFS و PAC جهت کاهش کلیفرم‌ها با استفاده از مکانیسم انعقاد جارویی و محبوس کردن ذرات کلوئیدی و معلق بسیار ریز عمل کرده و بر خلاف منعقدکننده هایی همچون آلوم، کلرور فریک و سولفات فریک با پل زنی بین ذرات و تماس بین ذره ای و مکانیسم جذب سطحی و خنثی سازی بار ذرات از جمله بار منفی سطح میکرو باکتری ها باعث کاهش قابل ملاحظه تعداد باکتری ها از جمله کلیفرم‌ها و باکتری‌های هتروتروف در آب با راندمان حذف بالای ۸۳٪ می‌گردند. نیسی و همکاران در سال ۱۳۹۴ ، عروجی و همکاران در سال ۱۳۹۱ به نتایج مشابهی برای منعقدکنندهPAC دست پیدا کردند[۳۶-۳۵]. شاه منصوری و همکارانش در سال ۱۳۸۲ طی مطالعه ای به مقایسه پلی‌آلومینیوم کلراید ، سولفات آلومینیوم و کلراید فریک در حذف کلیفرم کل و TOC پرداختند. میانگین درصد حذف کدورت، کلیفرم کل و TOC به ترتیب برای آلوم شامل ۹۲/۱، ۹۴/۴۳ و ۴۰/۳ درصد بودند. این مقادیر برای منعقد کننده کلراید فریک شامل ۹۵/۷۴، ۹۷/۸ و ۵۵/۶۴ درصد و برای پلی آلومینیوم کلراید عبارت بودند از ۹۵/۳، ۹۷/۳ و۴۲/۰۲درصد.نتایج به دست آمده نشان داد که کلراید فریک و پلی آلومینیوم کلراید در حذف کدورت، کلیفرم‌های کل و TOC کارایی بهتری نسبت به آلوم دارند و کلراید فریک در حذف TOC بهتر از PAC عمل می‌نماید. با در نظر گرفتن مشکلات مربوط به مصرف کلراید فریک، استفاده از PAC به عنوان منعقد کننده در حذف کدورت، کلیفرم‌های کل و TOC گزینه بهتری نسبت به آلوم و کلراید فریک در فرآیند انعقاد می‌باشد.[۳۷]



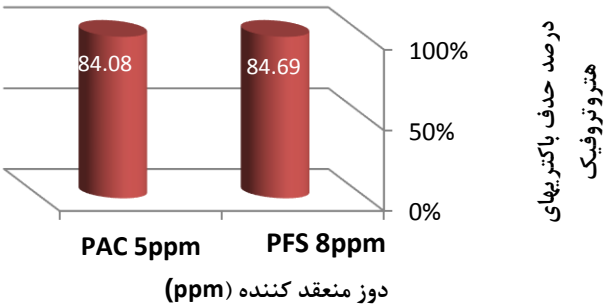
نمودار۵: مقایسه راندمان حذف کلیفرم کل در شرایط عملکرد بهینه بین دو منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید(PAC) و پلی فریک سولفات(PFS)



نمودار ۶: مقایسه راندمان حذف کلیفرم مدفوعی در شرایط عملکرد بهینه بین دو منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید(PAC) و پلی فریک سولفات(PFS)

[Downloaded from aums.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.18869/acadpub.aums.4.4.266]



نمودار ۷: مقایسه راندمان حذف باکتریهای هتروتروفیک در شرایط عملکرد بهینه بین دو منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید(PAC) و پلی فریک سولفات(PFS)

توجیه اقتصادی کارایی منعقد کننده پلی فریک سولفات(PFS) در مقایسه با پلی آلومینیوم کلراید(PAC)

واضح است که اقتصاد حرف اول را برای انتخاب منعقد کننده موفق میزند.به منظور مقایسه اقتصادی و برآورد هزینه‌ها در کاربرد مواد منعقدکننده مورد استفاده در این تحقیق،مقایسه کلی از نظر هزینه‌ها آمده است.البته مقایسه دقیق تر منوط به مطالعات بیشتر پیرامون مواد منعقد کننده مورد استفاده میباشد.در جدول (۱) برآورد هزینه منعقد کننده پلی فریک سولفات ودر جدول (۲) برآورد هزینه پلی آلومینیوم کلراید با توجه به مقادیر بدست آمده هر کدام از آنها در سطح کدورت مورد آزمایش در این تحقیق و قیمت مواد مصرفی در بازار آمده است.هزینه خرید هر کیلوگرم از مواد منعقد کننده بصورت زیر می‌باشد.

مواد منعقد کننده	قیمت هر کیلوگرم(ریال)	قیمت هر کیلوگرم به دلار
پک(پلی آلومینیوم کلراید)	۱۶۰۰۰	۳۰۰-۴۰۰
پلی فریک سولفات	۱۴۰۰۰	۱۸۰-۲۵۰

جدول ۱:برآورد هزینه پلی فریک سولفات

	دوز مصرفی پلی فریک سولفات(mg/l)	مترمکعب آب تصفیه شده به ازای هر کیلوگرم در روز	هزینه هر متر مکعب آب تصفیه شده (ریال)
کدورت NTU۳۵	۸ppm	۴۲۰۰۰۰	۴۷۰۴۰۰۰۰

جدول ۲:برآورد هزینه پلی آلومینیوم کلراید

	دوز مصرفی پلی آلومینیوم کلراید(mg/l)	مترمکعب آب تصفیه شده به ازای هر کیلوگرم در روز	هزینه هر متر مکعب آب تصفیه شده (ریال)
کدورت NTU ۳۵	۵Ppm	۴۲۰۰۰۰	۳۳۶۰۰۰۰۰

[Downloaded from aums.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.18869/acadpub.aums.4.4.266]

همانطور که مشاهده میشود مطابق جداول فوق بر خلاف بالا بودن هزینه خرید پلی آلومینیوم کلراید،هزینه هر متر مکعب آب تصفیه شده در کدورت NTU ۳۵،نسبت به پلی فریک سولفات کمتر است. مطالعه ای که توسط محوی و احمدی مقدم انجام پذیرفت نشان داد که غلظت های کمتری از پلی آلومینیم کلراید نسبت به سایر منعقدکننده‌ها مصرف شده و سبب می‌شود هزینه منعقد کننده مصرفی به ازای هر متر مکعب آب تصفیه شده کاهش‌یابد [۳۸].

نتیجه‌گیری

pH عامل بسیار موثری بر میزان حذف کدورت بوده و تنظیم آن برای استفاده بهینه از ماده منعقدکننده ضروری می‌باشد. pH بهینه برای حذف کدورت توسط PAC و PFS برابر با ۸ بود. عدم معناداری نشان می‌دهد که بین دو گروه PFS و PAC از نظر راندمان حذف کدورت در PH تفاوت جزئی وجود دارد. اما این تفاوت جزئی از نظر آماری معنادار نیست . یعنی میانگین نمرات در دو گروه منعقد کننده PFS و PAC در دوز ثابت ppm ۱۰ از نظر راندمان حذف کدورت در PH تقریباً نتیجه یکسانی را از خود نشان‌داده‌اند. با افزایش غلظت PAC و PFS میزان حذف کدورت نیز افزایش یافت. دوزهای ۵ میلی گرم بر لیتر PAC و ۸ میلی‌گرم بر لیتر PFS به عنوان دوز بهینه اتخاب شدند. عدم معناداری نشان‌می‌دهد که بین دو گروه PFS و PAC از نظر راندمان حذف کدورت در پلی فریک سولفات تفاوت جزئی وجود دارد. که این تفاوت از نظر آماری معنی دار نیست . یعنی میانگین نمرات در دو گروه منعقد کننده PFS و PAC در دوز ثابت ppm ۱۰ از نظر راندمان حذف کدورت درپلی فریک سولفات تقریباً نتیجه یکسانی را از خود نشان داده اند. لازم به ذکر است که لجن پلی فریک سولفات بعد از گذشت چند ساعت به رنگ زرد درمی آید و وقتی محلول سازی می‌شود تشکیل رسوب می‌دهد و امکان استفاده مجدد ندارد و به خاطر همین تشکیل رسوب به آب تیرگی میدهد که یکی از معایب آن می‌باشد. ولی پلی آلومینیوم کلراید بعد از محلول‌سازی تا چند روز خاصیت خود را از دست نمی‌دهد، شفاف باقی می‌ماند وتشکیل رسوب نمی‌دهد. هرچه پلی‌فریک سولفات در دوزهای بیشتری به آب اضافه می‌شد فلوک های درشت تری را تشکیل می‌داد ولی از طرفی محلول رنگی میشد و این به دلیل آهن موجود در ترکیب پلی فریک سولفات می‌باشد. از طرفی فلوک های تولید شده با آهن درشت تر و سنگین تر از فلوک های آلومینیوم بوده سرعت ته نشینی بالایی داشتند ولی به دلیل علت ذکر شده در بالا خاصیت خورندگی در آب و شبکه توزیع ایجاد می‌کند و نیز در آبهایی که مواد آلی زیادی دارند تولید کمپلکس محلول رنگی آهن می‌کند و به همین علت استفاده از آن به جای پلی آلومینیوم کلراید در تصفیه آب اهواز توصیه نمی شود.

منابع

1. Graham NJD. Ortho kinetic flocculation rapid filtration. J of Water Research 1986; 54:715-24.
2. Zahab Saniei A. Water treatment processes. Vol 1, Niro chap company. Tehran, 1991:24-29 [In Persian].
3. HDR Engineering Inc. Handbook of public water system. 2nd Ed., John Wiley and Sons, New York. 2001; 125-76.
4. WHO.. Guidelines for drinking water quality, Vol 2, New Dehli. 1991.
5. McGhee T. Water supply and sewerage, McGraw- Hill, Washington, D.C. 1991:137-41.
6. Montgomery JM. Water treatment principals and design, John Wiley and Sons. New York. 1995:220-28.
7. ALipoor V, Bazerafshan A. Water treatment. 1st Ed. Vol 1. Danesh Nama Pub, Isfahan. 2003:79-85[In Persian].
8. Tehran Treatment Chemical Department, Use of Poly aluminum Chloride in water and wastewater treatment. 2004[In Persian].
9. Shi B, Li G, Wang D, Feng C and Tang H. Removal of direct dyes by coagulation: The performance of preformed polymeric aluminum species. J Hazard Mater 2007;143:567-74.
10. Wang D, Sun W, Xu Y, Tang H, Gregory J. Speciation stability of inorganic polymer flocculant-PACl. Colloids Surf A Physicochem Eng Asp. 2004;243:1-10.
11. Muyibi MS, Akif MS. Treatment of surface water with Moringa oleifera seed extract and alum-acomparative study using a pilot scale water treatment plant. J Env Studies 2003: 60(6) : 617-26.
12. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality: Incorporating 1 st and 2 nd addenda. 3th Edition. Vol 1, Recommendations. 2008:451-55.

[Downloaded from aums.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.18869/acadpub.aums.4.4.266]

13. Yazdi M. optimization of coagulation and flocculation by using alternative coagulant material. M.A Thesis of environment engineering (water and wastewater). Shahid Beheshti University. Technical and engineering Sahid Abaspour . 2008: 23-26[In Persian].

14. HE Y, LI F, JIANG GQ, WANG H. Preparation and application of polyferric sulfate in drinking water treatment.12th conference on environmental science and technology Rhodes, Greece. 2011. 8-10September.

15. Omelia CR, Shin JY. Removal of particle using dual media filtration modeling and experimental studies. J Water Supply, IWA 2001: 1(4): 73-79.

16. Eric H, Kara H. Optimizing coagulant conditions for the worcester water filtration plants, A Major Qualifying Project Report Submitted to the Faculty of Worcester Polytechnic Institute. USA. 2002.

17. Malhutra S. Polyaluminum chloride as an alternative coagulant. Proc. 20th WEDC Conference Colombo, Sri Lanka. 1994 : 289-91.

18. Tang HX, Luan ZK. Features and mechanism for coagulation flocculation process of polyalumimum chloride. J Environ Sci 1995: 7 (2): 204-11.

19. Luan Z.K. Theory and application of inorganic polymer flocculant-polyaluminium chloride. Doctorial Dissertation, Research Center for Eco-Enviromental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing. 1997.

20. Liu W, Huang H, Peng J. Application of polyaluminium chloride in Shenzhen water supply, Qingyouan Water Purification Water Supply Group Ltd., Schenzhen, China. 2001.

21. Standard Method for the Examination of water and wastewater. 21st ed,American Public Association, Washington, D.C. 2005.

22. ASTM. Standard Practice for Coagulation – Flocculation Jar Test of Water. E1-1994 R, D 2035-80, Annual Book of ASTM Standards. 1995; Vol 11.02.

23. Bina B, Mehdinejad M H, Nikaeen M, Movahedian Attar H. Effectiveness of chitosan as natural coagulant aid in removal of turbidity and bacteria from turbid waters. J of Environ Health Sci Eng 2009: 6:247-52[In Persian].

24. Detection and enumeration of coliform organisms in water by multiple tube method No. 3759. Iranian National Standards Organization.(Accessed Dec 6, 2014 at http://www.isiri.org/portal/files/std/3759.htm).[InPersian.

25. Bina B, Shahsavani A, Asghari Gh, Hasanzadeh A. Effectiveness of two coagulants of moringa oleifera and polyaluminum chloride in turbidity removal from drinking water. J of Water and Wastewater 2006: 61: 24-33[In Persian].

26. Mirzaiy A, Takdastan A, Alavi N, Mohamadian H. Removal of Turbidity, Organic Matter, Coliform and Heterotrophic Bacteria by Coagulants Poly Aluminium Chloride from Karoon River Water in Iran. Asian J Chem 2012: 24(6): 2389-93[In Persian].

27. Takdastan A, Eslami A. Using of powdered activated carbon as coagulant aid in Total organic carbon removal in Koot Amir Water treatment plant. Jundishapur Journal of Health Sciences 2013:5 (2): 117-127[In Persian].

28. Nonod J, Brault JL. Water treatment Hand Book. 6th Ed., Vol 1, chapter 3. Degremont. USA. 1991.

29. Orooji N, Takdastan A, kargari A, Raeesi GH. Efficiency of Chitosan with Poly aluminum Chloride in Turbidity Removal from Ahwaz Water Treatment Plant Influent. J of Water and Wastewater 2012: 84: 70-77[In Persian].

30. Banihashemi A, Alavi Moghaddam MR, Maknoon R, Nikazar M. Lab-scale study of water turbidity removal using aluminum inorganic polymer. J of Water and Wastewater 2008: 66: 82-86[In Persian].

31. Abdolah Zadeh M, Torabian A, Hassani AH. Comparison of the performance of poly aluminum chloride(PACI), ferric chloride(FeCl3), in turbidity and organic matter removal; from water source, case study ;Karaj river, in Tehran water treatment plant no.2. J of Water and Wastewater 2009: 70:23-31[In Persian].

32. Deng S, Zhou Q, Yu G, Huang J, Fan Q. Removal of perfluorooctanoate from surface water by polyaluminium chloride coagulation. Water Res 2011: 45(4):1774-80.

33. Fazeli M,Safari M. Performance Comparison of Polymeric and inorganic Coagulants in Coagulation and Flocculation. Biosciences Biotechnology Research Asia 2014 : 11(3), 1707-11[In Persian].

34. Fazeli M, Safari M, Ghobaee T. Selecting the optimal coagulant in turbidity removal and organic carbon of surface water Using AHP. Bull. Env. Pharmacol. Life Sci 2014: 3 (6): 78-88[In Persian].

35. Neisi A, Esteresh A, Takdastan A, Orooji N. Removal of Turbidity and Coliform Bacteria from Karoon River Water by Natural Coagulants aid (Bread Yeast) with PAC. International Conference on Chemical, Environmental and Biological Sciences 2015: March 18-19, Dubai (UAE) [In Persian].

36. Orooji N, Takdastan A, kargari A, Raeesi GH. Efficiency of using chitosan as a coagulant aid in removal of turbidity and E. coli bacteria in Ahwaz Water Treatment Plant . International Conference on Water and Wastewater. Tehran. May.2011 [In Persian].

37. Shahmansouri M ,Neshat A. Comparison of poly aluminum chloride, Aluminum sulfate and ferric chloride in removing TOC,MPN ,in optimal concentration of turbidity removal from raw water in water treatment plants in Isfahan . J of Water and Wastewater 2003: 48: 39-44[In Persian].

38. Mahvi AH, Ahmadi Moghaddam M. Technical, economical and healthy evaluation of PACL application in water treatment. Iranian J of Public Health 2003: 32: 6-8[In Persian].

[Downloaded from aums.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.18869/acadpub.aums.4.4.266]