# بررسی کارایی ماده منعقد کننده PACl در کاهش کدورت آب رودخانه شهر چای ارومیه و اثرات بهداشتی آن

علی احمد آقاپور[1]، امیر محمدی[2]

**چکیده**

**مقدمه:** امروزه با افزایش جمعیت، آب‌های سطحی از مهم‌ترین منابع مورد استفاده برای مصارف خانگی و صنعتی می‌باشند، که جهت تصفیه متداول این آب‌ها از مواد منعقد کننده استفاده می‌شود. منبع تأمین آب آشامیدنی بخشی از شهر ارومیه، رودخانه شهر چای است. از این رو، هدف این تحقیق بررسی امکان کاربرد پلی آلومنیوم کلراید در تصفیه‌خانه آب شماره ۱ ارومیه و بررسی اثرات بهداشتی آن می‌باشد.

**روش‌ها:** در این مطالعه توصیفی– مقطعی، نمونه‌برداری در فصل بهار انجام شد و با استفاده از دستگاه جارتست، غلظت‌های مختلفی از ماده منعقد کننده PACl (Poly Aluminum Chloride) به نمونه‌ها افزوده شد، تا مناسب‌ترین غلظت آن به دست آید. در این آزمایشات همچنین مقادیر pH، کدورت، قلیاییت و مقادیر آلومینیوم باقیمانده نیز مورد آزمایش قرار گرفت.

**یافته‌ها:** بر اساس نتایج حاصل از آزمایشات، غلظت آلومینیوم باقیمانده در محدوده ۵ تا ۲۰ mg/lit PACl مصرفی، حداکثر mg/lit ۰/۲۹ و در محدوده مصرفی ۲۰ تا mg/lit ۴۰، حداکثر mg/lit ۰/۵ بود. همچنین راندمان حذف کدورت در محدوده کمتر از NTU ۱۰۰، در حدود ۷۸ تا ۹۸ درصد و در محدوده بیشتر از NTU ۱۰۰، بالاتر از ۹۹ درصد به دست آمد؛ به طوری که با افزایش کدورت، حذف آن بهتر صورت گرفته است.

**نتیجه‌گیری:** به دلیل غلظت کم مورد نیاز PACl و در نتیجه تولید اندک لجن، مصرف قلیاییت، کم و کاهش اندک pH، کاربرد PACl اقتصادی بوده، از نظر بهداشتی نیز در غلظت‌های کمتر از mg/lit ۲۰، آلومینیوم باقیمانده کمتری داشت، ولی در غلظت‌های بالاتر از mg/lit ۲۰ آلومینیوم باقیمانده ایجاد کرده، از لحاظ بهداشتی و ارتباط مشکوک آن با بیماری آلزایمر، نامناسب می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** پلی آلومینیوم کلراید، آزمایش جار، تصفیه آب، اثرات بهداشتی.

***نوع مقاله:*** *تحقیقی*

*دریافت مقاله: ۸۸/۱۰/۲* *پذیرش مقاله: ۸۸/۱۱/۲۵*

**مقدمه**

امروزه با افزایش جمعیت، منابع آب سطحی شامل رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، دریاها و سدها از مهم‌ترین منابع مورد استفاده برای مصارف خانگی و صنعتی می‌باشند. اکثر این آب‌ها فاقد کدورت، زلال و pH آن‌ها در حدود ۸-۷ است، ولی اغلب آلودگی میکربی داشته، ممکن است مقدار آمونیاک و نیترات بالا و به طور نسبی املاح محلول کمی داشته باشد. مواد کلوئیدی از ناخالصی‌های آب‌های سطحی هستند که در

۱- کارشناس،گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران.

۲- کارشناس، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران. (نویسنده مسؤول) Email: amir-saleh@hotmail.com



Archive of SID

www.SID.ir

شرایط عادی و با عملیات ته‌نشینی از آب زدوده نمی‌شوند و حذف آن‌ها مستلزم کاربرد مواد منعقد کننده با غلظت و کیفیت شیمیایی مناسب می‌باشد. این مواد همانند ترکیبات محلول، قابلیت عبور از صافی را داشته، با فیلتراسیون قابل جذب نمی‌باشند. گر چه از لحاظ فنی جزیی از ذرات معلق محسوب شده، ولی اغلب بسیاری از خصوصیات مواد محلول را نشان می‌دهند که در آب‌ها باعث ایجاد رنگ و کدورت می‌شوند. باکتری‌ها و ویروس‌ها نیز جزء این مواد محسوب می‌گردند (۲، ۱).

از طرفی مهم‌ترین مشکل بهداشتی این مواد اختلال در کلر زنی و تولید محصولات سمی می‌باشد. زیرا کلر با این مواد واکنش داده، با تولید محصولات ثانوی، گندزدایی می‌کند. در بین مواد حاصل از گندزدایی، تری‌هالومتان‌ها و هالویک استیک اسیدها به عنوان اولین محصولات ثانوی گندزدایی (DBPs یا Disinfection by product) گزارش شده‌اند. در حال حاضر در اتحادیه اروپا، تری‌هالومتان‌ها و در ایالات متحده، تری‌هالومتان‌ها و هالویک استیک اسیدها، به طور مرتب اندازه‌گیری می‌شوند. تاکنون بیش از ۶۰۰ نوع DBPs شناخته شده است که برخی از آن‌ها از قبیل ترکیبات MX و N-nitrosodimethylamine سمیت بالایی داشته، می‌توانند برای انسان بالقوه خطرناک باشند (۴، ۳).

فرایند معمول حذف این گونه ترکیبات، تحت عنوان انعقاد و لخته‌سازی مطرح است، ولی به صورت پیشرفته فرایندهای اسمز معکوس، الکترودیالیز و در مواردی جذب سطحی نیز به صورت محدود توصیه شده است. انتخاب ماده منعقد کننده از نظر تعیین معیارهای طراحی واحدهای اختلاط سریع، لخته‌سازی و زلال‌سازی مؤثر، حایز اهمیت است. نمک‌های فلزی شامل سولفات آلومینیوم، کلرید فریک و سولفات فریک مواد منعقد کننده‌ای هستند که به طور معمول استفاده می‌شوند و دوز مورد استفاده آن‌ها ۲ تا ۵ mg/lit بر حسب آلومینیوم و ۴ تا ۱۰ mg/lit بر حسب آهن می‌باشد (۲). گاهی نیز پلیمرهای مصنوعی مثل پلی‌دی‌آلکیل‌دی‌متیل‌آمونیوم (PDADMA) و پلیمرهای طبیعی کاتیونی مثل Chitosan به کار می‌رود، که کاربرد این مواد با یک سری مشکلات بهداشتی و عدم مطلوبیت همراه می‌باشد. استفاده از کلرید فریک در حذف کدورت با ایجاد رنگ در آب همراه است، که بر روی اجسام ایجاد لکه و رنگ زرد متمایل به قرمز قهوه‌ای می‌نماید و اگر مقدار آن در آب از ۱ mg/lit بیشتر باشد، موجب کدری و مزه دارویی در آب می‌گردد. البته این مشکل وقتی به وجود می‌آید که آب تصفیه شده با کلرید فریک در معرض هوا قرار گیرد. چون آهن موجود در آب به صورت $Fe^{2+}$ و محلول می‌باشد و زمانی که آب در تماس با هوا باشد، $Fe^{2+}$ تبدیل به $Fe^{3+}$ شده، معایب خود را نشان می‌دهد. از طرفی چون شبکه‌های توزیع آب عاری از هوا می‌باشد، بنابراین این مشکل در محل مصرف آب نمایان می‌شود. متأسفانه متولیان امر در تصفیه آب توجه کمی به این مشکل داشته، این امر موجب می‌شود که مسؤولین بهداشتی با یک سری اعتراضات مداوم از سوی مصرف‌کنندگان مواجهه شوند (۱۱، ۵، ۳). آلومینیوم باقیمانده هم در استفاده از نمک آلوم مطرح است که افزایش غلظت آن و مشکوک بودن ارتباط بیماری آلزایمر با آن، از دیگر محدودیت‌ها در استفاده از آن می‌باشد. پلی آلومینیوم کلراید با نام اختصاری PACl ماده منعقد کننده‌ای است که می‌تواند جایگزین سولفات آلومینیوم و کلرید فریک در حذف مواد معلق و کلوئیدی آب شود. بدیهی است که مشکلات بهداشتی و معایب فوق‌الذکر برای منعقد کننده‌های آلوم و کلرید فریک باعث شده که ماده منعقد کننده پلی آلومینیوم کلراید (PACl) به سبب عدم باقیمانده از خود در آب و عملکرد بهتر آن در کدورت‌های پایین، در کشورهای توسعه یافته جایگزین سولفات آلومینیوم و کلرید فریک شود. ولی قبل از استفاده از این مواد منعقد کننده ضرورت دارد که کاربرد آن در مقیاس آزمایشگاهی مورد تحقیق قرار گیرد، زیرا ممکن است که عملکرد این منعقد کننده تحت تأثیر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی آب خام و شرایط تصفیه متغیر باشد (۱۲، ۷، ۶).

بررسی نتایج مطالعه محوی و همکاران در رابطه با حذف کدورت آب رودخانه‌های اروند و بهمنشیر با استفاده از ماده



Archive of SID

www.SID.ir

منعقد کننده PACl نشان می‌دهد که راندمان حذف کدورت ۹۰ تا ۹۸ درصد بوده، مقدار آلومینیوم باقیمانده ۰/۴۱ mg/lit می‌باشد. همچنین در کدورت‌های بالاتر درصد حذف کدورت بیشتر از ۹۸ درصد و آلومینیوم باقیمانده کمتر از ۰/۰۶ mg/lit بود (۶). مطالعه بنی‌هاشمی و همکاران در دانشگاه صنعتی امیرکبیر برای تعیین مناسب‌ترین ماده منعقد کننده در درجه حرارت‌های متغیر آب نشان داد که کاربرد PACl به منظور حذف کدورت آب، در محدوده ۱/۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد بدون نوسان عمل کرده، نسبت به تغییرات درجه حرارت حساس نمی‌باشد و دوز بهینه مصرفی آن ۲۰ تا ۳۰ mg/lit می‌باشد (۸). در مطالعه دیگری Yan Wang و همکاران اثر سختی کل و یون‌های ضعیف را در کارایی حذف اسید هیومیک با سه نوع ماده منعقد کننده PACl، $AlCl_3$ و PACl Nano در نمونه آب سنتتیک به صورت مقایسه‌ای بررسی کردند، که PACl راندمان حذف بالای ۹۰ درصد داشته، راندمان آن مستقل از سختی آب بود (۹). در مطالعه Mingquan Yan و همکاران نیز pH بهینه را برای حذف پیش‌سازهای DBPs به روش انعقاد پیشرفته در محدوده ۵/۵ تا ۶/۵ به دست آوردند و در آب‌های با قلیاییت‌های خیلی بالا یا پایین، PACl مؤثرتر از $AlCl_3$ در حذف ترکیبات آلی محلول آب بود (۱۰). در مطالعه‌ای Yang Zhonglian و همکاران حذف کدورت آب رودخانه زرد چین را با آلوم و PACl بررسی کردند و دوز بهینه هر دو منعقد کننده را mg/lit ۱۵ و pH را ۶/۰ به دست آوردند، که در این دوز بهینه راندمان حذف کدورت ۸۵/۷ درصد، $UV_{254}$ ۸۵ درصد و DOC در حدود ۳۸ تا ۴۵ درصد به دست آمد (۶).

تصفیه‌خانه آب شماره ۱ ارومیه که جهت تصفیه آب رودخانه شهر چای مورد استفاده قرار می‌گیرد، تأمین کننده ۴۰-۲۵ درصد از آب شبکه توزیع شهر می‌باشد. آب این رودخانه به جز روزهای به شدت بارانی، دارای کدورت کمتر از NTU ۱۰۰، جامدات محلول ۱۴۰ تا mg/lit ۱۸۰، قلیاییت ۸۰ تا mg/lit ۱۳۰، سختی ۱۰۰ تا mg/lit ۱۴۰ و pH در محدوده ۷/۳ تا ۸/۲ می‌باشد. سیستم انتقال و تصفیه آب در تصفیه‌خانه شامل واحدهای آبگیر، تونل انتقال، حوضچه تنظیم جریان آب، واحد اکسیلاتور، فیلترها، واحد تزریق مواد شیمیایی (کلر، کلرید فریک و آهک)، مخازن ذخیره و ایستگاه پمپاژ می‌باشد. ظرفیت اسمی این تصفیه‌خانه ۹۰۰ $m^3/ha$ بوده، که با افزودن فیلترهای تحت فشار به ۱۵۰۰ $m^3/ha$ ارتقا یافته، در حال حاضر با ظرفیت حدود ۱۶۵۰ $m^3/ha$ بهره‌برداری می‌گردد. هدف این تحقیق بررسی امکان کاربرد پلی آلومینیوم کلراید در تصفیه‌خانه آب شماره ۱ ارومیه و بررسی اثرات بهداشتی آن بود.

## روش‌ها

این مطالعه به صورت توصیفی– مقطعی انجام گرفت. نمونه آب مورد نیاز از رودخانه شهر چای و قبل از ورود به تصفیه‌خانه شماره ۱ برداشت شد که منبع تأمین آب آشامیدنی بیش از ۶۴۰۰۰۰ نفر می‌باشد. نمونه‌گیری در فصل بهار با توجه به تغییرات کدورت نمونه‌برداری، طبق دستورالعمل ارایه شده در کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب در روزهای مختلف انجام شده، ۱۰ نمونه با کدورت‌های ۴، ۲۰، ۵۰، ۷۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۵۰، ۵۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ NTU برداشت شد (۱۱). کارهای آزمایشگاهی طی دو مرحله انجام گرفت. بدین صورت که در مرحله اول شامل شستشو و آماده‌سازی ظروف، محلول‌ها و کالیبراسیون دستگاه‌ها بود و در مرحله دوم پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت ارومیه، آزمایشات مورد نظر انجام شد. با استفاده از دستگاه جار با مارک (HACH) غلظت‌های مختلفی از ماده منعقد کننده PACl در محدوده ۵ تا mg/lit ۴۰ به نمونه‌ها طی ۱۰ مرحله در شش ظرف به حجم‌های یک لیتری افزوده شد، که یک دقیقه اختلاط سریع با سرعت rpm ۱۴۰ و۲۰ دقیقه اختلاط کند با سرعت rpm ۴۵ انجام گرفت و ۲۰ دقیقه زمان ته‌نشینی داده شد تا مناسب‌ترین غلظت منعقد کننده در کدورت‌های مورد نظر به دست آید. بعد از پایان آزمایش جار، کدورت به وسیله دستگاه کدورت سنج با مارک (HACH)



Archive of SID
www.SID.ir

تعیین گردید. جهت سنجش غلظت آلومینیوم باقیمانده نیز از دستگاه اسپکتروفوتومتر $Dr_{5000}$ و معرف‌های مربوطه استفاده شد. همچنین قبل و بعد از آزمایش جار، pH به روش دستگاهی با دستگاه pHمتر با مارک (HANNA) و قلیاییت به روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد. برای بالا بردن میزان دقت و صحت، آزمایشات به صورت سه بار تکرار انجام شد. بعد از اتمام آزمایشات، داده‌های حاصله با استفاده از نرم‌افزار Excel از لحاظ آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

## یافته‌ها

محدوده‌های کدورت برای رودخانه شهر چای (۴، ۲۰، ۵۰، ۷۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۵۰، ۵۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ NTU) تعیین شد. دوز بهینه ماده منعقد کننده مصرفی (PACl) و راندمان حذف کدورت در جدول ۱ دیده می‌شود. در محدوده کدورت‌های ۴ تا ۱۰۰ NTU، دوز منعقد کننده مصرفی ۲۵ تا ۴۰ mg/lit می‌باشد که در شرایط غیر سیلابی کدورت آب رودخانه مورد مطالعه در این محدوده بود. در کدورت کمتر از ۱۰۰ NTU راندمان حذف ۷۸ تا ۹۸ درصد و در کدورت‌های بالاتر راندمان بیشتر از ۹۹ درصد به دست آمد. جدول ۲ تغییرات pH و قلیاییت را قبل و بعد از افزودن ماده منعقد کننده نشان می‌دهد. در کدورت‌های مورد مطالعه، تغییرات pH کمتر از ۰/۳ بوده، فقط در کدورت ۱۱۴ NTU کاهش pH برابر با ۰/۷۱ واحد به دست آمد. همچنین قلیاییت مصرفی ۰/۷۲ تا ۰/۱۳ میلی‌گرم در لیتر بر حسب کربنات کلسیم بود. جدول ۳ آلومینیوم باقیمانده بعد از عملیات جارتست را نشان می‌دهد، که در غلظت‌های بالاتر از ۲۰ NTU قابل توجه بوده، در مقایسه با رهنمودهای سازمان جهانی بهداشت غیر مجاز می‌تواند تلقی شود (۲).

**جدول ۱: دوز بهینه ماده منعقد کننده مصرفی (PACl) و راندمان حذف کدورت**

| کدورت آب خام | دوز بهینه PAClمصرفی (mg/lit) | کدورت آب بعد از انعقاد | کدورت نمونه شاهد | راندمان حذف کدورت بدون PACl (درصد) | راندمان حذف کدورت با PACl (درصد) | میزان افزایش راندمان PACl (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۴/۲۷ | ۲۵ | ۰/۹۰ | ۴/۲۷ | ۰/۰۰ | ۷۸/۹۲ | ۷۸/۹۲ |
| ۲۱/۱ | ۳۰ | ۲/۲۰ | ۱۵/۶۰ | ۲۶/۰۷ | ۸۹/۵۷ | ۶۳/۵۱ |
| ۵۳/۸ | ۳۵ | ۱/۰۲ | ۱۴/۹۰ | ۷۲/۳۰ | ۹۸/۱۰ | ۲۵/۸۰ |
| ۷۱/۰۲ | ۱۵ | ۱/۶۰ | ۲۹/۵۰ | ۵۸/۴۶ | ۹۷/۷۵ | ۳۹/۲۸ |
| ۱۱۴ | ۴۰ | ۲/۲۰ | ۳۱/۰۰ | ۷۲/۸۱ | ۹۸/۰۷ | ۲۵/۲۶ |
| ۲۱۲ | ۴۰ | ۰/۹۵ | ۴۸/۰۰ | ۷۷/۳۶ | ۹۹/۵۵ | ۲۲/۱۹ |
| ۳۵۶ | ۴۰ | ۱/۹۳ | ۸۹/۰۰ | ۷۵/۰۰ | ۹۹/۴۶ | ۲۴/۴۶ |
| ۴۸۴ | ۱۵ | ۰/۹۷ | ۸۴/۰۰ | ۸۲/۶۸ | ۹۹/۸۰ | ۱۷/۱۲ |
| ۶۱۵ | ۲۰ | ۱/۶۲ | ۹۰/۰۰ | ۸۵/۳۷ | ۹۹/۷۴ | ۱۴/۳۷ |
| ۹۱۸ | ۱۵ | ۱/۲۱ | ۲۰۱/۰۰ | ۷۸/۱۰ | ۹۹/۸۷ | ۲۱/۷۶ |



www.SID.ir

**جدول ۲: تغییرات pH و قلیاییت قبل و بعد از افزودن ماده منعقد کننده PACl**

| کدورت آب خام | pH آب خام | pH آب بعد از انعقاد | تغییرات pH | قلیاییت آب خام (mg/lit) | قلیاییت آب بعد از انعقاد (mg/lit) | قلیاییت مصرفی (mg/lit) | نسبت قلیاییت مصرفی بر PACl مصرفی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۴/۲۷ | ۷/۳۶ | ۷/۲۴ | ۰/۱۲ | ۱۲۰ | ۱۰۲ | ۱۸ | ۰/۷۲ |
| ۲۱/۱ | ۷/۴۳ | ۷/۲۵ | ۰/۱۸ | ۸۶ | ۷۸ | ۸ | ۰/۲۷ |
| ۵۳/۸ | ۷/۵۲ | ۷/۲۸ | ۰/۲۴ | ۸۴ | ۷۲ | ۱۲ | ۰/۳۴ |
| ۷۱/۰۲ | ۷/۲۱ | ۷/۰۵ | ۰/۱۶ | ۸۶ | ۸۴ | ۲ | ۰/۱۳ |
| ۱۱۴ | ۷/۳۵ | ۶/۵۶ | ۰/۷۹ | ۸۶ | ۷۲ | ۱۴ | ۰/۳۵ |
| ۲۱۲ | ۷/۵۵ | ۷/۳۴ | ۰/۲۱ | ۸۲ | ۶۰ | ۴ | ۰/۲۷ |
| ۳۵۶ | ۷/۶۹ | ۷/۳۸ | ۰/۳۱ | ۸۴ | ۶۴ | ۲۰ | ۰/۵۰ |
| ۴۸۴ | ۷/۵۱ | ۷/۳۹ | ۰/۱۲ | ۸۶ | ۸۲ | ۴ | ۰/۲۷ |
| ۶۱۵ | ۷/۴۱ | ۷/۲۳ | ۰/۱۸ | ۸۲ | ۷۲ | ۱۰ | ۰/۵۰ |
| ۹۱۸ | ۷/۳۹ | ۷/۲۳ | ۰/۱۶ | ۱۰۰ | ۹۰ | ۱۰ | ۰/۶۷ |

**جدول ۳: آلومینیوم باقیمانده بعد از آزمایش جار در دوزهای مختلف PACl مصرفی**

| دوز ماده منعقد کننده مصرفی (mg/lit) | ۵ | ۱۵ | ۲۰ | ۳۰ | ۴۰ | ۵۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| آلومینیوم باقیمانده (mg/lit) | ۰/۲۹۵ | ۲۰/۰ | ۲۱/۰ | ۵۸/۰ | ۰/۳۲ | ۴۲/۰ |
| حداکثر مجاز آلومینیوم باقیمانده در آب آشامیدنی طبق توصیه سازمان جهانی بهداشت (mg/lit) | | | | | | ۰/۲ |

## بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده، راندمان حذف کدورت در این تحقیق ۷۸ تا ۹۹ درصد بود. دوز بهینه مصرفی این ماده منعقد کننده ۱۵ تا mg/lit ۴۰ بوده، به دلیل وجود مکانیسم‌های چهارگانه حذف کدورت از جمله جذب سطحی و خنثی شدن بار، انعقاد جارویی و پل‌سازی ذره‌ای، میزان آن با کدورت ارتباط معکوس ضعیفی داشت (۱). جدول ۱ نیز مؤید این مسأله است. از این رو با افزایش کدورت، حذف آن بهتر صورت می‌گیرد و در نتیجه این ماده منعقد کننده در شرایط سیلابی رودخانه نیز به راحتی جواب‌گو خواهد بود. در خصوص غلظت آلومینیوم باقیمانده در محدوده ۵ تا mg/lit ۲۰ PACl مصرفی، حداکثر mg/lit ۰/۲۹ و در محدوده مصرفی ۲۰ تا mg/lit ۴۰، حداکثر mg/lit ۰/۵ به دست آمد. در مطالعه‌ای که توسط Gebbie و همکاران انجام شد دوز مورد نیاز از آلوم و PACl، برای حذف کدورت به ترتیب mg/lit ۵۵ و mg/lit ۱۲ تعیین شد که از لحاظ مصرف قلیاییت، افزایش TDS، کاهش pH و افزایش Al و سولفات به آب، آلوم نامناسب‌تر از PACl بود (۹).

در مطالعه‌ای دیگر که توسط Dovletoglou و همکاران برای تصفیه پساب فاضلاب با فرایند انعقاد و لخته‌سازی از ماده منعقد کننده PACl استفاده شد، ۷۰ تا ۹۹ درصد از حذف کدورت با PACl گزارش شده، که با نتایج این طرح مطابقت دارد (۱۰). همچنین طبق جدول ۱ تغییرات قلیاییت با افزایش کدورت و دوز مصرفی منعقد کننده روند نامنظمی داشت، مشابه این نتایج در مطالعه Yan Mingquan و همکاران نیز دیده می‌شود که از انعقاد پیشرفته توسط پلی آلومینیوم کلراید برای حذف پیش‌سازهای آلی محصولات ثانوی گندزدایی استفاده کردند (۱۰). با توجه به کوهستانی



Archive of SID
www.SID.ir

بودن شهر ارومیه، در سال دو تا چهار ماه یخبندان دارد، از این رو درجه حرارت آزمایشگاه به تنهایی قادر به بیان قابلیت کاربرد PACl در درجه حرات‌های فصول سرد نمی‌باشد. در خصوص تعیین روند تغییرات PACl در درجه حرارت‌های نزدیک به صفر درجه سانتی‌گراد، بنی‌هاشمی و همکاران به این نتیجه رسیدند که بر خلاف آلوم و کلرید فریک، این منعقد کننده نوسانی در حذف کدورت نداشته، کارایی آن در فرایند انعقاد لخته‌سازی مستقل از درجه حرارت آب می‌باشد (۸). نتایج حاصل از بررسی محققان چینی روی آب رودخانه زرد نشان می‌دهد که در غلظت‌های کمتر از ۱۵ mg/lit مصرفی PACl، آلومینیوم باقیمانده ناچیز بوده، وجود آلومینیوم محلول بیشتر از ۱ mg/lit با کیفیت آب خام، مواد معلق و دیگر ناخالصی‌های آب مرتبط است، ولی در غلظت‌های بالاتر این منعقد کننده آلومینیوم بیشتری در آب باقی می‌گذرد و نیاز به روش‌های اصلاحی دارد، که با نتایج مطالعه رودخانه شهر چای ارومیه هم‌خوانی دارد (۷).

در استفاده از این ماده منعقد کننده برای کاهش کدورت آب، تغییرات pH بر خلاف دیگر منعقد کننده‌ها بسیار کم بوده، قابل چشم‌پوشی است، زیرا کاهش آن کمتر از ۱ واحد می‌باشد. کاهش قلیاییت مهم‌ترین ایراد منعقد کننده‌ها، به خصوص آلوم می‌باشد که به ازای هر گرم مصرفی آن بایستی ۰/۵ گرم قلیاییت به آب به صورت دستی اضافه شود. در حالی که در این تحقیق با توجه به خصوصیات کیفی مختلف آب در کدورت‌های مورد مطالعه، با مصرف بسیار جزیی قلیاییت مواجه بود و هیچ نیازی به افزودن قلیاییت بعد از عملیات انعقاد و لخته‌سازی نداشت. در محدوده منعقد کننده مصرفی با غلظت‌های ۲۵ تا ۴۰ mg/lit، قلیاییت مصرفی در محدوده ۰/۱ تا ۰/۷ mg/lit بود. به استناد غلظت کم مورد نیاز پلی آلومینوم کلراید و در نتیجه تولید اندک لجن، مصرف قلیاییت کم و کاهش اندک pH، کاربرد PACl از نظر هزینه اقتصادی بوده، از نظر بهداشتی نیز در غلظت‌های کمتر از ۲۰ mg/L آلومینیوم باقیمانده کمتری دارد، ولی در غلظت‌های بالاتر از ۲۰ mg/L آلومینیوم باقیمانده بیشتری ایجاد می‌نماید که از لحاظ بهداشتی و ارتباط مشکوک آن با بیماری آلزایمر نامناسب می‌باشد. با توجه به تحقیقات مختلفی که در مورد جایگزینی PACl در تصفیه آب با دیگر منعقد کننده‌ها و حتی تصفیه برخی پساب‌ها انجام شده، ولی با توجه به باقیمانده آلومینیوم در غلظت‌های بالا، تحقیقات بیشتری در زمینه کاربرد آن توصیه می‌شود.

## سپاسگزاری

این مقاله حاصل نتایج طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه علوم پزشکی ارومیه می‌باشد که بدین وسیله از مسؤولین محترم معاونت پژوهشی دانشگاه و کارشناسان آزمایشگاه دانشکده بهداشت به دلیل تأمین اعتبار طرح و فراهم نمودن تسهیلات قدردانی و تشکر می‌شود.

## References

1. Weber WJ. Physicochemical processes for water quality control. New Jersey: Wiley-Interscience; 1972. p. 60-109.
2. World Health Organization. Guidelines for Drinking Water Quality. 3rd ed. Geneva: WHO, 2008.
3. Kawamura S. Integrated design and operation of water treatment facilities. 2nd ed. New Jersey: John Wiley and Sons, 2000. p. 74-90.
4. Woo Jung C, Jong Son H. 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.
5. Mahvi AH, Ahmadi Moghaddam M, Nasseri M, Nadafi K. Technical, Economical and Healthy Evaluation of PACL Application in water Treatment. Iranian Journal Public Health 2003; 32(2): 6-8.
6. Yang Z, Gao B, Yue Q. Coagulation performance and residual aluminum speciation of Al2(SO4)3 and polyaluminum chloride (PAC) in Yellow River water treatment. Chemical Engineering Journal 2010; 165(1): 122-32.
7. Mahvi AH, Shaikhi R. PACl Application for Water Treatment in Abadan City. Journal Ilam University of Medical Sciences 2006; 14(2): 48-57.



Archive of SID
www.SID.ir

**8.** Banihashemi A, Alavi Moghaddam M, Maknoun R, Nikazar M. Lab-scale Study of Water Turbidity Removal Using Aluminum Inorganic Polymer. Journal of Water and Wastewater 2008; 19(66): 82-6.
**9.** Wang Y, Gao BY, Xua XM, Xu WY. The effect of total hardness and ionic strength on the coagulation performance and kinetics of aluminum salts to remove humic acid. Chemical Engineering Journal 2010; 160(1): 150-6.
**10.** Yan M, Wang D, Yu J, Ni J, Edwards M, Qu J. Enhanced coagulation with polyaluminum chlorides: role of pH/alkalinity and speciation. Chemosphere 2008; 71(9): 1665-73.
**11.** Eaton AD, Franson MA, American Water Works Association, American Public Health Association. Standard methods for the examination of water & wastewater. 21th ed. Washington (DC): American Public Health Association; 2005.
**12.** Gao BY, Chu YB, Yue QY, Wang BJ, Wang SG. Characterization and coagulation of a polyaluminum chloride (PAC) coagulant with high Al13 content. J Environ Manage 2005; 76(2): 143-47.
**13.** Gebbie P. Using polyaluminum coagolants. Proceedings of the 64th Annual Water Industry Engineers and Operators' Conference All Seasons; 2001 Sep 5-6; Bendigo, Australia; 2001.
**14.** Dovletoglou O, Philippopoulos C, Grigoropoulou H. Coagulation for treatment of paint industry wastewater. J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng 2002; 37(7): 1361-77.

Archive of SID



www.SID.ir

# Investigating the coagulation efficiency of PACI in removal of water turibidty in Shahrchay river in Orumia and its health effects

***Ali Ahmad Aghapour[1], Amir Mohammadi[2]***

## Abstract

**Background:** Today with population growing, surface water is one of the most important water resources used for domestic and industrial consumptions. In order to purify the surface water, coagulants materials are used. The purpose of this study was to assess the possibility of using poly aluminum chloride (PACl) in water Treatment plant number 1 in Orumia and investigating its health effects.

**Methods:** In this cross- sectional study, samples were taken in spring and then various concentrations of PACl coagulants material were added to the samples by using the jar test device to obtain the most suitable concentration. Also in this experiment the values of pH, turbidity, alkalinity and residual aluminum were measured.

**Findings:** Based on the findings of the experiments the concentration of residual aluminum in the range of 5 to 20 mg/lit coagulant consumption was 0.29 mg/lit and also in the range of 20 to 40 mg/lit coagulant consumption it was 0.5 mg/lit. The efficiency of turbidity removal within less than 100 NTU was approximately 78% to 98% and in the range of over 100 NTU, more than 99%, thus by increasing the turbidity, removal is more effective.

**Conclusion:** According to the required low concentration of PACl and consequently less sludge production, low coagulant consumption and small reduction of pH, PACl application is economical; and also in density of less than 20 mg/lit, the residual aluminum was lower but more residual aluminum was produced in over 20 mg/lit concentration which is inappropriate in terms of its association with Alzheimer's disease and health issues.

**Key words**: Poly aluminum chloride, Jar tests, Water treatment, Health effects.

Archive of SID

1- BSc, Department of Environmental Health, School of Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran.
2- BSc, Department of Environmental Health, School of Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran (Corresponding Author)
Email: amir-saleh@hotmail.com



www.SID.ir