

# مقایسه کارایی منعقد کننده پلی آلومینیوم کلراید به همراه کمک منعقد کننده‌های طبیعی منتخب در حذف کدورت از آب سنتتیک

لیلا مصلح<sup>۱</sup>، سید حسین هاشمی<sup>۲\*</sup>، کوروس خوشبخت<sup>۲</sup>، رضا دیهیم فرد<sup>۳</sup>، افسانه شهبازی<sup>۲</sup>  
۱. کارشناسی ارشد آلودگی‌های محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران  
۲. گروه آلاینده‌های محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران  
۳. گروه آگرواکولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۹/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۳

## چکیده

زمینه و هدف: آبی که به طور طبیعی یا توسط انسان آلوده شده است برای تبدیل شدن به آب آشامیدنی باید مراحل را طی کند. انعقاد فرآیندی است که در آن ذرات ریز غیرقابل ته نشینی که اصطلاحاً کلوئید نامیده می‌شوند و عامل مهمی در بروز کدورت هستند، به هم چسبیده و ذراتی با قابلیت ته نشینی را تشکیل می‌دهند. هدف از این پژوهش بررسی و مقایسه عملکرد مواد منعقد کننده پلی آلومینیوم کلراید و عملکرد توأم آن با کمک منعقدکننده نشاسته ذرت و بامیه برای حذف کدورت از آب است.

مواد و روشها: نوع مطالعه در این پژوهش تحلیلی-کاربردی است. در این مطالعه تأثیر دو کمک منعقد کننده طبیعی بامیه و نشاسته ذرت به همراه منعقد کننده پلی آلومینیوم کلراید مورد بررسی قرار گرفته است و به منظور طراحی آزمایش‌ها از نرم افزار R و برای آنالیز داده‌ها از نرم افزار SAS استفاده شد. همچنین پس از تجزیه واریانس داده، مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون LSD بررسی گردید.

یافته‌ها: در کدورت اولیه ۲۵۰ NTU، پلی آلومینیوم کلراید به همراه نشاسته ذرت (به ترتیب ۵ ppm و ۰/۷ ppm) بالاترین درصد حذف کدورت را داشته که کدورت را ۹۸/۴۸٪ کاهش داده و به میزان ۳/۷۳ NTU رسانده است. همچنین کدورت اولیه ۵۰۰ NTU میزان کاهش کدورت بیشینه مربوط به منعقد کننده شیمیایی پلی آلومینیوم کلراید به همراه بامیه با دزهای به ترتیب ۵ ppm و ۰/۷ ppm بوده است که کدورت را ۹۸/۳۸٪ کاهش داده و به میزان ۸/۸ NTU رسانده است.

نتیجه‌گیری: از لحاظ اقتصادی جایگزینی پلیمرهای زیستی با پلیمرهای مصنوعی که هزینه‌های گزافی دارند به صرفه بوده به علاوه حذف کدورت بیشتر از زمانی است که منعقد کننده‌های شیمیایی به تنهایی استفاده می‌شوند. علاوه بر این از میزان مصرف منعقد کننده‌های شیمیایی کاسته می‌شود اما می‌بایست مطالعات بیشتری در زمینه باقیمانده منعقد کننده‌های طبیعی و برهمکنش منعقد کننده‌های طبیعی با شیمیایی صورت پذیرد و اثرات آن بر سلامتی انسان بررسی گردد.

کلمات کلیدی: نشاسته ذرت، بامیه، پک، انعقاد و لخته سازی، حذف کدورت

## مقدمه

آبی که به طور طبیعی یا توسط انسان آلوده شده است برای تبدیل شدن به آب آشامیدنی باید مراحلی را طی کند. انعقاد فرآیندی است که در آن ذرات ریز غیرقابل ته نشینی که اصطلاحاً کلوئید نامیده می‌شوند و عامل مهمی در بروز کدورت هستند، به هم چسبیده و ذراتی با قابلیت ته نشینی را تشکیل می‌دهند.<sup>۱</sup> وجود ناخالص‌هایی مانند ذرات کلوئیدی در آب که باعث ایجاد رنگ، بو و طعم نامطبوع در آب می‌شوند، لزوم تصفیه آب را مطرح می‌کند.<sup>۲</sup> مکانیسم حذف تابع pH انعقاد و دز منعقد کننده می‌باشد.<sup>۳</sup> در pHهای پایین، خنثی سازی بار مکانیسم غالب است در حالی که در pHهای بالا، مکانیسم غالب جذب می‌باشد.<sup>۴</sup> یکی از منعقد کننده‌های پر مصرف پلی آلومینیوم کلراید است. به کارگیری کمک منعقد کننده‌های طبیعی در کنار منعقد کننده‌های شیمیایی می‌تواند علاوه بر بهبود کیفیت آب خروجی و ارتقای سطح کیفی تصفیه مزایای دیگری نظیر غنی سازی آب و گندزدایی موفق تر داشته باشد. به منظور رفع مشکلات مربوط به منعقد کننده‌های شیمیایی در خصوص منعقد کننده‌های طبیعی، در سالهای اخیر تحقیقات آزمایشگاهی زیادی انجام شده است.<sup>۵</sup>

قدمت استفاده از منعقد کننده‌های طبیعی برای تصفیه آب‌های گل آلود به بیش از چند هزار سال می‌رسد. دانشمندان محیط زیست به شناسایی تعدادی از منعقد کننده‌های طبیعی پرداختند که مکانیسم عملکرد آنها با هم متفاوت است.<sup>۶</sup> سابقه تاریخی استفاده از بخشهای مختلف مواد گیاهی از قبیل پوست، ریشه، ساقه و دانه جهت زلال سازی آب به ۴۰۰۰ سال پیش می‌رسد. به دلیل عدم دسترسی و هزینه زیاد پلیمرهای مصنوعی آلی بسیاری از کشورهای در حال توسعه از پلی الکترولیت‌های طبیعی برای تهیه آب سالم و تمیز استفاده می‌نمایند.<sup>۷</sup>

السموای و شکرالا بر روی منعقد کننده‌های بومی منطقه

بغداد برای حذف آلاینده‌های آب مطالعه ای انجام دادند. در این مطالعه گیاه بامیه به عنوان جایگزینی برای آلوم و یا کمک منعقد کننده مورد بررسی واقع شده است. همچنین از گیاه نیرمالی به عنوان مقایسه ای در برابر بامیه استفاده شد. نتایج این آزمایشات نشان داد که بامیه به عنوان یک پلی الکترولیت قوی چه به عنوان منعقد کننده و چه به عنوان کمک منعقد کننده عمل می‌کند.<sup>۸</sup> در مطالعه ای دیگر آناستاساکیس و همکاران از بامیه و گل خطمی برای حذف آلاینده‌های فاضلاب کمک گرفتند. در این آزمایش عملکرد انعقادی گل خطمی و بامیه مورد بررسی قرار گرفت گیاه بامیه در دزهای پایین کارایی مشابه با گل خطمی دارد اما در دزهای بالای استفاده از این کمک منعقد کننده‌ها به دلیل وجود مواد آلی موجود در موسیلاژ باعث بالا رفتن DOC موجود در پساب تصفیه شده شود.<sup>۹</sup>

از نشاسته نیز در مطالعات متعددی استفاده شده است. در پژوهش تکدستان و پاکزی، از نشاسته گندم و آلوم برای حذف کدورت استفاده شد که در کدورت‌های پایین و متوسط راندمان خوبی در حذف کدورت و میکروارگانیزم‌ها به دست آمد، اما راندمان کاهش میکروارگانیزم‌ها حتی در حالت با کدورت بالا نیز مطلوب است.<sup>۱۰</sup> همچنین در مطالعه ای دیگر، شهریاری از اسفرزه و نشاسته همراه با کلراید فریک برای حذف کدورت استفاده نمود که نقش مؤثری در حذف کدورت نشان دادند.<sup>۱۱</sup> در مطالعه ای دیگر، یانگ و همکاران بر روی کارایی دو منعقد کننده پلی آلومینیوم کلراید و آلوم بر روی تصفیه رودخانه زرد تحقیق به عمل آوردند و نتایج کارایی بالاتر پلی آلومینیوم کلراید را نسبت به آلوم نشان داد.<sup>۱۱</sup> همچنین ژان و همکاران که بر روی کارایی ماده پلی آلومینیوم کلراید بررسی خود را انجام می‌دادند متوجه شدند که در دز پایین مهم‌ترین مکانیسم حذف مواد آلی خنثی سازی بار بوده است.<sup>۱۲</sup>

مهم ترین هدف این مطالعه بررسی کارایی کمک منعقد کننده‌های طبیعی نشاسته ذرت و بامیه به همراه منعقد کننده شیمیایی پلی آلومینیوم کلراید در حذف کدورت با توجه به کدورت اولیه و میزان دز مواد منعقد کننده و کمک منعقد کننده در محیط و اثرات آن بر روی پارامترهایی نظیر pH است.

## مواد و روش‌ها

نوع مطالعه در این پژوهش تحلیلی-کاربردی است. در این مطالعه تأثیر دو کمک منعقد کننده طبیعی به همراه منعقد کننده پلی آلومینیوم کلراید مورد بررسی قرار گرفته است. در جدول ۱ مشخصات آب خام مورد استفاده آورده شده است. به منظور انجام مطالعات آزمایشگاهی، آب با دو کدورت مصنوعی ۲۵۰ NTU و ۵۰۰ NTU به وسیله خاک رس مورد آزمایش قرار گرفت. پس از اندازه گیری پارامترهای مختلف نظیر pH و کدورت تحت آزمایش جار قرار گرفت و نهایتاً به منظور مقایسه، pH پایانی و کدورت پایانی اندازه گیری شده و درصد حذف کدورت و بهبود کارایی توسط منعقد کننده شیمیایی پک به همراه دو کمک منعقد کننده طبیعی نشاسته ذرت و بامیه اندازه گیری شد. طی آزمایشات مقادیر ۱، ۲ و ۵ ppm از این منعقد کننده‌ها به بشرهای دستگاه جار تست اضافه شد. به منظور آماده سازی کمک منعقد کننده طبیعی بامیه،

ابتدا بامیه از بازار تهیه گردید و پس از شستشو و خشک شدن از هر نوع ماده فیبری و همچنین تخم‌ها جدا سازی شد. سپس بافت‌های آماده شده درون شیشه ساعت گذاشته و در دمای محیط پس از دو روز خشک گردید. سپس توسط آسیاب مخصوص بافت‌های گیاهی به پودر تبدیل شد. بعد از آن از الک با مش ۴۰۰ عبور داده شد تا پودر بدست آمده یکنواخت شود<sup>۱</sup>. همچنین برای آماده سازی کمک منعقد کننده‌های طبیعی مقدار ۰/۵ گرم از پودر به دست آمده به وسیله آب شهر در بالن ۱ لیتری به مدت ۱۵ دقیقه بر روی همزن مغناطیسی حل شد. سپس به وسیله پیپت مقادیر ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ به بشر محتوی ۵۰۰ سی سی آب اضافه شد و غلظت‌هایی معادل ppm ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ بدست آمد.

جدول ۱: مشخصات آب خام مورد استفاده

ردیف	مشخصات	مقدار پارامترها
۱	pH	۷/۵
۲	قلیابیت	۱۲۲/۵
۳	پتانسیل اکسیداسیون و احیا	۳۰۰ میلی ولت
۴	کدورت اولیه	۲۵۰ NTU و ۵۰۰

جدول ۲: دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده

ردیف	نام دستگاه	کاربرد	مدل	شرکت سازنده
۱	جار تست شش خانه ای (Flocculator)	عملیات انعقاد و لخته سازی	JLT6	VELP
۲	ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم	وزن کردن	TE153S	Sartorius
۳	همزن مغناطیسی	مخلوط کردن نمونه	MR Hei-standard	Heidolph
۴	pH متر به همراه الکتروود سنجش ORP	سنجش pH و ORP	PB-11	Sartorius
۵	حمام آب گرم	یکسان نگه داشتن دما	-	دست ساز
۶	آسیاب مخصوص نمونه‌های گیاهی	جهت آسیاب کردن بامیه	A10	IKA
۷	کدورت سنج	جهت اندازه گیری کدورت	2100 Q	Hach
۸	دما سنج	سنجش دما	جیوه ای	

جدول ۳: پارامترهای مورد آنالیز روش‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری پارامترها<sup>۱۷</sup>

پارامتر	توضیحات	روش اندازه‌گیری
pH	بر حسب فعالیت یون هیدروژن	Standard method 4500- H <sup>+</sup> A
پتانسیل اکسیداسیون و احیا (ORP)	بر حسب فعالیت‌های اکسایش و کاهش	Standard method 2580 A
کدورت (Turbidity)	بر حسب بازتاب نور از ذرات کلئیدی	Standard method 2130 A
دما (Temperature)	با استفاده از دماسنج جیوه ای	Standard method 2550 B
قلیابیت (Alkalinity)	ظرفیت بافری آب برای پذیرش یون هیدروژن	Standard method 2320 A

۱۳۸ rpm جهت مخلوط کردن مواد و دور کند در مدت ۳۰ دقیقه با ۲۵ rpm جهت مرحله لخته سازی و تشکیل فلوک در آزمایش، در نظر گرفته شد. زمان ته نشینی برای همه نمونه‌ها ۳۰ دقیقه بود و پس از آن از بشرها برای آنالیز، سنجش کدورت، pH نمونه گیری شد و کدورت باقیمانده با کدورت اولیه مقایسه شد. تمامی آزمایش‌ها سه بار تکرار شد<sup>۱۴ و ۱۵</sup>. برای آنالیز داده‌ها از نرم افزار SAS استفاده شد<sup>۱۶</sup>. این نرم افزار قادر به انجام تجزیه واریانس با رویه ANOVA می‌باشد. پس از تجزیه واریانس داده، مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون LSD بررسی گردید.

در جدول ۳ پارامترهای مورد آنالیز روش‌ها و دستگاههای مورد استفاده برای اندازه‌گیری پارامترها آورده شده است.

### یافته‌ها

در درصد حذف کدورت، نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد متغیر وابسته درصد حذف کدورت در متغیرهای مستقل ماده منعقد کننده شیمیایی و کمک منعقد کننده طبیعی و همچنین دزهای آنها و نیز میزان کدورت اولیه دارای P Value کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد و در سطح اطمینان ۰/۵٪ معنی دار است. جدول ۴ بالاترین درصد حذف کدورت منعقد کننده شیمیایی پلی آلومینیوم کلراید به همراه کمک منعقد کننده طبیعی نشاسته ذرت و بامیه در کدورت‌های اولیه متفاوت را نشان می‌دهد.

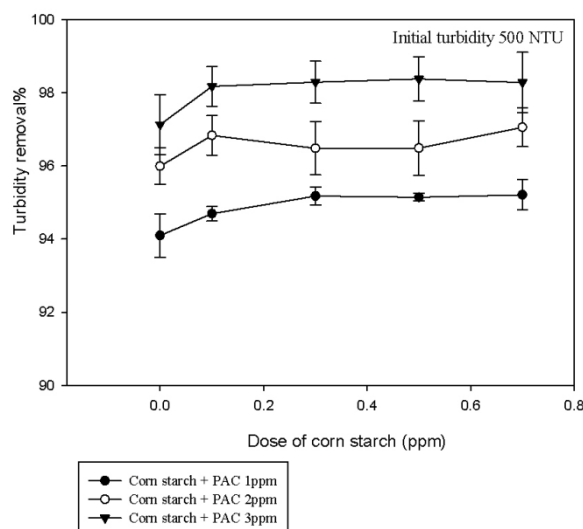
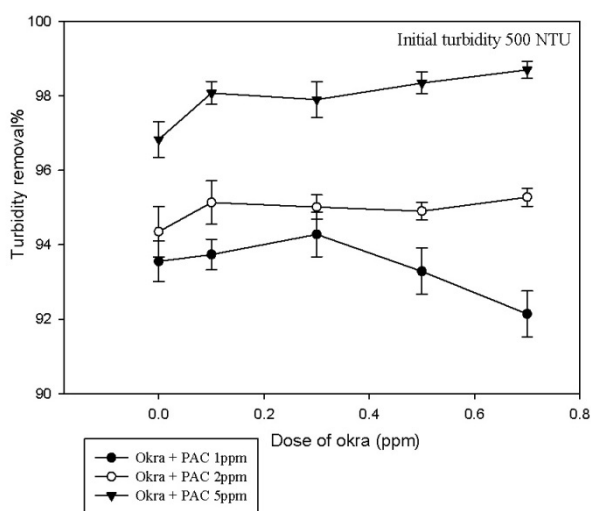
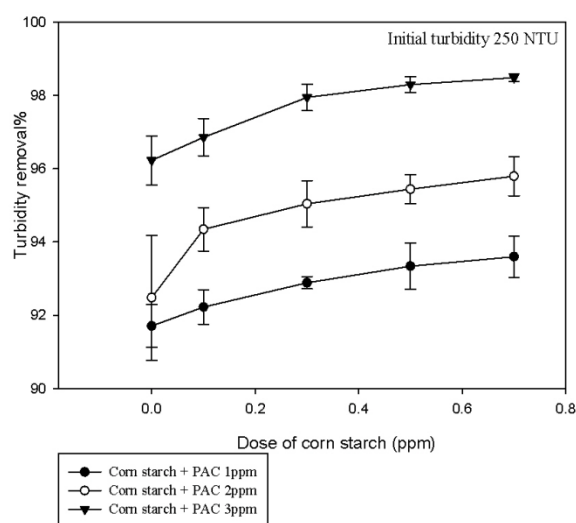
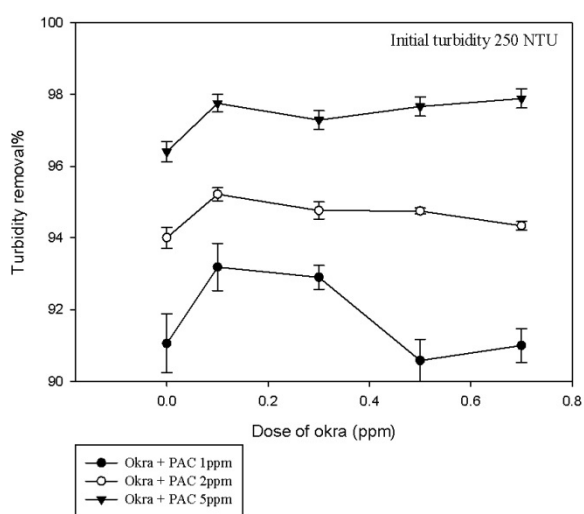
در این مطالعه به منظور طراحی آزمایش‌ها (تعداد و ترکیب تیمارها) از نرم افزار R استفاده شد<sup>۱۳</sup> و بر اساس آزمایش فاکتوریل صورت پذیرفت. متغیرهای مستقل در این آزمایش شامل نوع منعقد کننده شیمیایی، دز منعقد کننده شیمیایی، نوع کمک منعقد کننده طبیعی، دز کمک منعقد کننده طبیعی و کدورت اولیه می‌باشد. متغیرهای وابسته شامل درصد حذف کدورت، درصد بهبود کارایی نسبت به نمونه شاهد و pH می‌باشد.

بشر حاوی یکی از دو کدورت ۲۵۰ NTU و یا ۵۰۰ NTU بود، در بشرهای مخصوص جار (بشرهای ۵۰۰ میلی‌لیتری) ریخته شد. در هر آزمایش جار اولین بشر به عنوان بشر شاهد در نظر گرفته شد تا بتوان در مراحل بعد اثر ته نشینی را خنثی نمود. به بشر دوم منعقد کننده شیمیایی به تنهایی تزریق گردید از بشر دوم تا بشر ششم دز منعقد کننده شیمیایی ثابت و تنها دز منعقد کننده طبیعی است که تغییر می‌کند به این ترتیب که بشر دوم عاری از کمک منعقد کننده طبیعی، بشر سوم حاوی ۰/۱ ppm، بشر چهارم حاوی ۰/۳ ppm، بشر پنجم حاوی ۰/۵ ppm و بشر ششم حاوی ۰/۷ ppm کمک منعقد کننده طبیعی می‌باشد. تا بتوان دزهای مختلف کمک منعقد کننده طبیعی را با هم و به نسبت بشر دوم مقایسه نمود. دز منعقد کننده شیمیایی در آزمایشات مختلف ۱، ۲ و ۵ ppm می‌باشد. نمونه‌ها به مدت ۴ ثانیه به منظور اختلاط سریع با دور تند

مقایسه کارایی منعقد کننده پلی آلومینیوم کلراید به همراه کمک منعقد کننده های طبیعی منتخب در حذف کدورت از آب سینتتیک

**جدول ۴:** بالاترین درصد حذف کدورت منعقد کننده شیمیایی پلی آلومینیوم کلراید به همراه کمک منعقد کننده طبیعی نشاسته ذرت و بامیه در کدورت اولیه متفاوت

میانگین درصد حذف کدورت	کدورت اولیه (NTU)	دز کمک منعقد کننده (ppm)	کمک منعقد کننده	دز منعقد کننده (ppm)	منعقد کننده
٪۹۸/۴۸	۲۵۰	۰/۷	نشاسته ذرت	۵	پلی آلومینیوم کلراید
٪۹۸/۳۸	۵۰۰	۰/۵	نشاسته ذرت	۵	پلی آلومینیوم کلراید
٪۹۷/۸۹	۲۵۰	۰/۷	بامیه	۵	پلی آلومینیوم کلراید
٪۹۸/۶۷	۵۰۰	۰/۵	بامیه	۵	پلی آلومینیوم کلراید



**شکل ۱:** درصد حذف کدورت نسبت به دز منعقد کننده در کدورت اولیه ۲۵۰ NTU و ۵۰۰ NTU اشکال سمت راست مربوط به نشاسته ذرت و سمت چپ مربوط به بامیه

میزان کدورت اولیه دارای P-Value کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد و در سطح اطمینان ۵٪ معنی دار است. در مورد pH، نتایج تجزیه واریانس به وسیله نرم افزار SAS نشان می‌دهد که pH در نوع و دزهای مختلف کمک منعقد کننده طبیعی به دلیل داشتن P Value بالاتر از ۰/۰۵ معنی دار نیست.

## بحث

در این پژوهش کارایی کمک منعقد کننده پلی آلومینیوم کلراید به همراه کمک منعقد کننده‌های طبیعی نشاسته ذرت و بامیه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد هرچه میزان کدورت اولیه (۲۵۰-۵۰۰ NTU) بیشتر باشد درصد حذف کدورت نیز بیشتر است و در کدورت ۵۰۰ NTU میانگین درصد حذف کدورت بیشتر از ۲۵۰ NTU می‌باشد. مطالعات سایر محققین صحت نتیجه فوق را تأیید می‌کند. یزدانی و همکاران نشان دادند که هرچه کدورت اولیه بیشتر باشد درصد زدایش کدورت نیز بیشتر خواهد بود. این موضوع نشان دهنده پدیده تصادم در حذف ذرات می‌باشد.<sup>۱۸</sup> مطالعات نشان می‌دهد که هنگامی که کدورت اولیه پایین است ذرات تمایل به تشکیل توده‌های بزرگتر برای ته نشینی ندارند.<sup>۱۹</sup> همچنین یزدانی و همکاران به نقش تعداد ذرات موجود در یک سیستم کلوئیدی بر روی عمل انعقاد اشاره نمودند.<sup>۲۰</sup> به علاوه نتایج تحقیقات مهدی نژاد و همکاران نشان دادند که راندمان حذف متأثر از کدورت اولیه است.<sup>۲۱</sup>

همچنین نتایج نشان داد که با افزایش دز منعقد کننده شیمیایی درصد حذف کدورت افزایش می‌یابد. علیزاده و همکاران نیز بیان کردند که دز انعقادی به عنوان یکی از مهمترین پارامترها برای تعیین شرایط بهینه برای عملکرد منعقد کننده هاست. اساساً دز ناکافی و یا دز بیش از حد منعقد کننده منجر به عملکرد ضعیف تشکیل لخته می‌شود.<sup>۲۲</sup> همچنین محققان نشان دادند پلی آلومینیوم کلراید انعقاد و لخته سازی را با مکانیسم خشی سازی بار و پل زنی انجام می‌دهد.<sup>۲۳</sup> دنگ و

آزمون LSD نشان می‌دهد میزان کدورت اولیه (NTU ۲۵۰-۵۰۰) تأثیر معنی داری بر درصد حذف کدورت دارد و در کدورت ۵۰۰ NTU میانگین درصد حذف کدورت بیشتر از ۲۵۰ NTU می‌باشد.

مقایسه بین گروههای میزان دز منعقد کننده طبیعی تأثیر معنی داری بر درصد حذف کدورت داشته و در دو گروه قرار گرفته اند. این بدان معنی است که دز ۰/۷ ppm دارای بالاترین میانگین درصد حذف کدورت می‌باشد و به ترتیب ۰/۵ ppm، ۰/۱ و ۰/۳ قرار دارند اما همانطور که در شکل ۱ نیز مشاهده می‌شود بدلیل عدم وجود تفاوت معنی دار بین میانگین این گروهها در یک گروه واقع شده اند. همچنین قرار گیری دز صفر در یک گروه مستقل نشان دهنده این است که تزریق کمک منعقد کننده طبیعی اثر معنی داری در درصد حذف کدورت داشته است، اگرچه میان دزهای تزریقی تفاوت معنی داری وجود ندارد. از آنجا که دز صفر نشان دهنده وجود منعقد کننده شیمیایی به تنهایی می‌باشد در کل می‌توان نتیجه گرفت که تزریق کمک منعقد کننده‌های طبیعی می‌تواند در روند حذف کدورت تأثیر معنی داری بگذارد. از لحاظ دز منعقد کننده شیمیایی هر چه دز منعقد کننده شیمیایی بالاتر رود میزان درصد حذف کدورت نیز افزایش می‌یابد. تفاوت بین میانگین حذف کدورت در دزهای مختلف ۱، ۲ و ۵ ppm معنی دار بوده و در سه گروه واقع شده اند. در ادامه، در شکل ۱ میزان حذف کدورت نسبت به دز منعقد کننده طبیعی به ترتیب در کدورت اولیه ۵۰۰ NTU و ۲۵۰ NTU مشاهده می‌شود و با دزهای مختلف منعقد کننده شیمیایی قابل مقایسه است.

درصد بهبود کارایی نسبت به نمونه شاهد به منظور جداسازی نرخ ته نشینی در طول فرآیند بررسی شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد متغیر وابسته درصد بهبود کارایی نسبت به نمونه شاهد در متغیرهای مستقل ماده منعقد کننده شیمیایی و کمک منعقد کننده طبیعی و همچنین دزهای مختلف منعقد کننده شیمیایی و کمک منعقد کننده طبیعی و نیز

منعقد کننده نشاسته ذرت با دز ۰/۷ ppm بوده است که کدورت را ۹۸/۴۸٪ کاهش داده و به میزان ۳/۳۳ NTU رسانده است. همچنین بالاترین درصد حذف کدورت در کدورت اولیه ۵۰۰ NTU مربوط به منعقد کننده شیمیایی پلی آلومینیوم کلراید با دز ۵ ppm و کمک منعقد کننده طبیعی بامیه با دز ۰/۷ ppm بوده است که کدورت را ۹۸/۳۸٪ کاهش داده و به میزان ۸/۱ NTU رسانده است.

از لحاظ اقتصادی جایگزینی پلیمرهای زیستی با پلیمرهای مصنوعی که هزینه‌های گزافی دارند بصره بوده به علاوه حذف کدورت بیشتر از زمانی است که منعقد کننده‌های شیمیایی به تنهایی استفاده می‌شوند. علاوه بر این از میزان مصرف منعقد کننده‌های شیمیایی کاسته می‌شود اما می‌بایست مطالعات بیشتری در زمینه باقیمانده منعقد کننده‌های طبیعی و برهمکنش منعقد کننده‌های طبیعی با شیمیایی صورت پذیرد و اثرات آن بر سلامتی انسان بررسی گردد.

همکاران نیز گزارش کردند که با افزایش دز منعقد کننده پلی آلومینیوم کلراید به بیش از ۱۰ ppm منجر به کاهش کارایی این منعقد کننده شده است.<sup>۱۹</sup> در این پژوهش نیز مطابق مطالعات نامبرده با افزایش دز منعقد کننده درصد حذف کدورت بالاتر رفت اما چون دزهای مصرفی در این مطالعه از حد بهینه تجاوز نکرده است، نتیجه عکس مشاهده نشد.

در مورد pH نتایج نشان داد با افزایش دز منعقد کننده شیمیایی مصرفی pH کاهش پیدا می‌کند این در حالیست که افزایش دز کمک منعقد کننده طبیعی هیچ تأثیر معنی داری بر تغییرات pH ندارد.

## نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بالاترین درصد حذف کدورت در کدورت اولیه ۲۵۰ NTU مربوط به منعقد کننده شیمیایی پلی آلومینیوم کلراید با دز ۵ ppm به همراه کمک

## منابع

1. Kan C, Huang C. Coagulation monitoring in surface water treatment facilities. *Water Sci Technol* 1998; 38(3):237-44.
2. Yarahmadi, M., Hosseini, M., Bina, B., Mahmoudian, M. H., Naimabadie, A., Shahsavani, A. Application of Moringa Oleifer seed extract and polyaluminum chloride in water treatment. *World Appl Sci J* 2009; 7(8): 962-7.
3. Baxter, C.W. Full-scale artificial neural network modeling of enhanced coagulation. MS thesis, University of Alberta 1998.
4. Miltner, M.J., Nolan, S.A., and Summers, R.S. Evolution of enhanced coagulation for DBP coagulation: Critical issues in water and wastewater treatment. *Proceeding of National Conference on Environ. Eng., ASCE, Boulder*. 1994.
5. Khanahmadi, M., Borqei, S.M., Hasani, A.H. Comparison of Moringa Oleifera seed extract and magnafloc LT25 in removal of water turbidity (Case Study: Tehran's Jalalieh water treatment plant). *J Water Wastewater*. 2013; 2: 31-37 [In Persian].
6. Vijayaraghavan, G., Sivakumar, T., Vimal Kumar, A. Application of plant based coagulants for wastewater treatment. *Int J Adv Eng Res Stud* 2011;1(1):88-92.
7. Kawamura, S. Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment. *J Am Water Works Ass* 1991;83(10): 88-9.
8. Al-samavi, A., Shokralla, E.M. An investigation into an indigenous natural coagulant. *J Environ Sci Heal A* 1996;31(8): 1881-97.
9. Anastasakis, K., Kalderis, D., Diamadopoulos, E. Flocculation behavior of Mallow and Okra in treating wastewater. *Desalination* 2009;2(49): 786-91.
10. Takdastan, A., Pakzi, M. Evaluation of starch as a coagulant aid in water turbidity and coliform in Karun river. *Environmental Engineering Conference*. Tehran 2008 [In Persian].
11. Yang, Z.L., Gao, B.Y., Yue, Q.Y., Wang, Y. Effect of pH on the coagulation performance of Al-based coagulants and residual aluminum speciation during the treatment of humic acid-kaolin synthetic water. *J Hazard Mater* 2010;178(1-3): 596-600.
12. Zhan, X., Gao, B., Yue, Q., Wang, Y., Wang, Q. Coagulation efficiency of polyaluminum chloride for natural organic removal from low specific UV absorbance surface water and the subsequent effects on chlorine

- decay. Chem Eng J 2010;161(1): 60-7.
13. R Development Core Team. 2009; R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
  14. Tchobanoglous, G., Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse. Mc Graw-Hill, Inc. 1997; 920.
  15. Torabian, A., Ghadim khani, A. Design and Operation of Water Treatment Facilities. Institute of Tehran University Press. 2008; 949 [In Persian].
  16. SAS Institute, SAS System. 8<sup>th</sup> ed. SAS Inst., Cary, NC, 2001.
  17. APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20<sup>th</sup> ed., American Public Health Association, Washington D.C., 2000.
  18. Yazdani, V., Banejad, H., Gholizade, M. Using natural coagulant in water treatment process. Adv Res 2014;8: 11-6.
  19. 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.
  20. Yazdani, V., Banejad, H. Performance evaluation of Peregrina seed powder to reduce phosphorus, nitrate, EC, TDS and pH from domestic sewage. National Conference of the climate crisis. Marvdasht 2009 [In Persian].
  21. Mehdi nejad, M.M., Alimohamadi, N., Arbabmajni, S., Soltani, A., Amanbaei, A. Determination of residual aluminum levels resulting from the use of alum and poly aluminum chloride in removal of turbidity from turbid water. J Gorgan U Med Sci 2014;16(1): 82-8 [In Persian].
  22. Alizade, M., Bazrafshan, A., Mahvi, A.H., Kordmostafapour, F., Ghahramani, A. Efficiency pistachio seed extract (*Pistacia atlantica*) as a natural coagulant in color removal of Reactive Red 198 from aqueous solutions. J Kurdistan U Med Sci 2014;19:124-134 [In Persian].
  23. Xiaoying, M., Guangming, Z., Chang, Z., Zisong, W., Jian, Y., Jianbing, L., Guohe, H., Hongliang, L. Characteristics of BPA removal from water by PACl-Al13 in coagulation process. J Colloid Interface Sci 2009;337(2): 408-13.



# Comparison of the Performance of Poly Aluminum Chloride with Natural Co-coagulants in Removal of Turbidity from synthetic aqueous solution

Leila Mosleh<sup>1</sup>, Seyed Hossein Hashemi<sup>2\*</sup>, Korous Khoshbakht<sup>2</sup>, Reza Deihim Fard<sup>3</sup>, Afsane Shahbazi<sup>2</sup>

1. Master of environmental pollutant, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

2. Environmental pollutant group, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

3 Agro ecology group, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

E-mail: [h\\_hashemi@sbu.ac.ir](mailto:h_hashemi@sbu.ac.ir)

Received: 1 Des 2013 ; Accepted: 23 Apr 2014

## ABSTRACT

**Background:** Contaminated water, naturally or by human, should be processed to become drinking water. Coagulation is a process that fine unsetting particles which called colloids and are important factors in the turbidity occurrence, join together and settle. The purpose of this study was to evaluate and comparison of the performance of poly aluminum chloride accompany with corn starch and okra, as a co-coagulant agent, to remove turbidity from water.

**Methods:** This research was descriptive-functional study. In this study, the effect of two natural co-coagulant agents, corn starch and okra, with poly aluminum chloride were evaluated and R and SAS software were used in order to experimental design and data analysis. Also, after the analysis of variance, LSD test was used to compare treatment averages.

**Results:** In the initial turbidity of 250 NTU, poly aluminum chloride and corn starch (5 ppm and 0.7 ppm, respectively), the highest percentage of turbidity removal was observed which could reduce the turbidity up to 98.48% and reached at 3.73 NTU. Moreover, in the initial turbidity of 500 NTU, maximum turbidity reduction related to poly aluminum chloride and okra (5 ppm and 0.7 ppm, respectively) which reduced the turbidity up to 98.38% and reached at 8.1 NTU.

**Conclusions:** As an economic aspect, replacement of natural polymers with synthetic polymers which have higher costs is economic and also higher turbidity reduction may be observed in compare with using chemical coagulants, solely. In addition, chemical coagulants consumption reduces, however more researches must be conducted on residual natural co-coagulants and interactions between chemical and natural and also their health effects on consumers.

**Keywords:** Corn starch, okra, PAC, Coagulation and flocculation, Turbidity removal.