مقایسه کارایی استفاده از کمک منعقد کننده نشاسته ذرت و عملکرد توأم آن با منعقدکننده‌های آلوم، پلی آلومینیوم کلراید و کلرور فریک در حذف کدورت از آب

لیلا مصلح[1]، سید حسین هاشمی[1*]، رضا دیهیم فرد[2]، کوروس خوشبخت[1]، افسانه شهبازی[1]

۱. گروه آلودگی‌های محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲. گروه اگرواکولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۱۱/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/٤/۲

چکیده

زمینه و هدف: مهم ترین فرآیندها در تصفیه‌خانه‌های آب، فرآیندهای انعقاد و لخته سازی می‌باشند. بیشترین منعقد کننده‌های شیمیایی مورد استفاده در ایران، سولفات آلومینیوم (آلوم) و کلرور فریک هستند. این در حالیست که این منعقد کننده‌ها، علاوه بر مخاطرات بهداشتی، هزینه‌های گزافی را برای کشورهای در حال توسعه به همراه دارد. هدف از این پژوهش، بررسی و مقایسه عملکرد مواد منعقد کننده شیمیایی و عملکرد توأم آن با کمک منعقد کننده نشاسته ذرت، برای حذف کدورت از آب است.

مواد و روش ها: این مطالعه در مقیاس آزمایشگاهی برای آب حاوی کدورت مصنوعی رس انجام گردید. آزمایشها در دو محدوده کدورت ۲۵۰ و NTU ۵۰۰ صورت پذیرفته است. دز منعقد کننده‌های شیمیایی در طول آزمایش‌ها، ۱، ۲ و ppm ۵ و دز کمک منعقد کننده طبیعی صفر، ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵ و ppm ۰/۷ بوده است.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بالاترین درصد حذف کدورت، در کدورت اولیه ۲۵۰NTU مربوط به منعقد کننده شیمیایی پلی آلومینیوم کلراید با دز ppm ۵ به همراه کمک منعقد کننده نشاسته ذرت با دز ppm ۰/۷ بوده است که کدورت را ۹۸/٤۸٪ کاهش داده و به میزان NTU ۳/۷۳ رسانده است. همچنین بالاترین درصد حذف کدورت، در کدورت اولیه ۵۰۰NTU مربوط به منعقد کننده شیمیایی کلرور فریک با دز ppm ۵ و کمک منعقد کننده طبیعی نشاسته ذرت با دز ppm ۰/۷ بوده است که کدورت را ۹۸/۵۲٪ کاهش داده و به میزان NTU ۷/٤ رسانده است.

نتیجه‌گیری: نتایج آزمایشات این پژوهش نشان داد که استفاده از کمک منعقد کننده طبیعی نه تنها مصرف منعقد کننده‌های شیمیایی و درصد حذف کدورت را پایین تر می‌آورد، بلکه تأثیر معنی داری بر تغییرات pH نگذاشته و مخاطرات سلامتی را پایین می‌آورد. نظر به اینکه در حال حاضر پلی‌الکترولیت‌های مورد نیاز تصفیه خانه‌های کشور به مقدار قابل توجهی از خارج وارد می‌شود و میزان تولید نشاسته ذرت در ایران بالا می‌باشد، امید است نتایج این پژوهش در مقیاس صنعتی مورد توجه قرار گیرد.

کلمات کلیدی: پلی آلومینیوم کلراید، آلوم، کلرور فریک، نشاسته ذرت، انعقاد و لخته سازی.

* گروه آلاینده‌های محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

ایمیل: h_hashemi@sbu.ac.ir - **شماره تماس:** ۰۲۱-۲۲٤۳۱۹۷۱

مقدمه

افزایش تقاضا برای مصارف آب ناشی، از رشد جمعیت و بالا رفتن استانداردهای زندگی است که با مشکلات آلودگی محیط زیست و کاهش کیفیت آب همراه است[1]. از طرفی، در حال حاضر حدود یک میلیارد نفر در جهان دسترسی به آب آشامیدنی سالم ندارند و کشورهای در حال توسعه هزینه‌های گزافی را برای وارد کردن مواد شیمیایی جهت تصفیه آب می‌پردازند که خود سمی‌اند[2]. بر اساس برآورد سازمان بهداشت جهانی (WHO)، با بهبود شرایط محیطی و دسترسی به آب سالم می‌توان تا حدود ۹٤٪ از ابتلا به بیماری‌های آب زاد جلوگیری کرد[3]. آب‌های سطحی، معمولاً به علت حضور مواد معلق آلی و معدنی، دارای مشکلاتی از قبیل کاهش شفافیت، بیماری‌زایی، ایجاد مسمومیت، جذب و انتقال مواد سمی و میکروبی هستند. به منظور حذف کدورت از آب، امروزه از روش‌های متعددی استفاده می‌شود که از متداول ترین روش‌ها می‌توان به انعقاد، لخته سازی، ته نشینی و فیلتراسیون اشاره کرد[4]. در تصفیه آب آشامیدنی، مهمترین مرحله فرآیند انعقاد است. انعقاد شیمیایی، به طور گسترده، به منظور تسهیل پیوند بین ذرات و حذف ذرات کلوئیدی استفاده می‌شود[5]. ذرات ریز که اصطلاحاً کلوئید نامیده می‌شوند، تنها پس از عملیات انعقاد و لخته سازی حذف می‌شوند. طی این عملیات، ذرات ریز و کلوئیدی به یکدیگر چسبیده و ذرات درشت تر را تشکیل می-دهند[6].

قدمت استفاده از منعقد کننده‌های طبیعی برای تصفیه آب‌های گل آلود به بیش از چند هزار سال می‌رسد[7]. سابقه تاریخی استفاده از بخشهای مختلف مواد گیاهی از قبیل پوست، ریشه، ساقه و دانه جهت زلال سازی آب، مربوط به مندرجات کتابی به زبان سانسکریت است که ٤۰۰۰ سال پیش نوشته شده است[8]. به دلیل عدم دسترسی و هزینه زیاد پلیمرهای مصنوعی آلی، بسیاری از کشورهای در حال توسعه از پلی الکترولیتهای طبیعی مانند کیتوزان، آلژینات سدیم، نشاسته و هیدروکسیل سلولز برای تهیه آب سالم و تمیز استفاده می‌نمایند[9].

از نشاسته گندم در مطالعات متعددی استفاده شده است. به طوری که تحقیقی تحت عنوان کاربرد نشاسته در تصفیه آب و فاضلاب به همراه آلوم توسط گودرزی و ناصری در تهران انجام شد که تحقیقات نشان داد که نشاسته در کاهش دوز مصرفی آلوم، کاهش هزینه، کاهش حجم لجن و همچنین افزایش راندمان حذف کدورت موثر است[10]. در پژوهشی دیگر، تکدستان و پاکزی از نشاسته گندم و آلوم برای حذف کدورت استفاده کردند که در کدورت‌های پایین و متوسط با کاربرد ٤ میلی گرم در لیتر نشاسته، راندمان خوبی در حذف کدورت و میکروارگانیسم‌ها به دست آوردند، اما راندمان کاهش میکروارگانیسم‌ها حتی در حالت با کدورت بالا نیز مطلوب بود[11]. همچنین در مطالعه‌ای دیگر، شهریاری از اسفرزه و نشاسته همراه با کلرور فریک برای حذف کدورت استفاده نمود. همچنین بررسی و مقایسه عملکرد ماده منعقدکننده کلرور فریک با عملکرد توام آن با کمک منعقدکننده گیاهی اسفرزه و نشاسته تحت تاثیر pH متغیر برای حذف کدورت از آب، انجام شد. نتایج نشان داد که کمک منعقدکننده اسفرزه در حذف کدورت از نشاسته ، دارای کارایی بیشتر بود[12]. 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 [13]. همچنین ژان و همکاران که بر روی کارایی ماده پلی آلومینیوم کلراید بررسی خود را انجام دادند، متوجه شدند که حذف مواد آلی با افزایش دز، افزایش می‌یابد. در دز پایین، مهمترین مکانیسم حذف مواد آلی خنثی سازی بار بوده است[14].

مهم ترین هدف این مطالعه، بررسی کارایی کمک منعقد کننده طبیعی نشاسته ذرت به همراه سه منعقد کننده شیمیایی

آلوم، پلی آلومینیوم کلراید و کلرور فریک 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.

روش کار

برای انجام مطالعات آزمایشگاهی، آب با دو کدورت مصنوعی ۲۵۰ و ۵۰۰NTU توسط خاک رس ساخته شد. مقادیر ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ ppm از حل کردن نشاسته ذرت در آب، برای تزریق آماده شد. طی آزمایشات، مقادیر ۱، ۲ و ۵ ppm از منعقدکننده‌های شیمیایی، به بشرهای دستگاه جار تست اضافه شد. در این مطالعه، به منظور طراحی آزمایش‌ها (تعداد و ترکیب تیمارها)، از نرم‌افزار R استفاده شد[۱۵]. به این طریق که پس از یافتن متغیرها و سطوح مورد آزمایش، طراحی آزمایش بر اساس آزمایش فاکتوریل صورت پذیرفت. بر اساس طراحی آزمایش، تعداد آزمایشات ۲۷۰ عدد و با در نظر گرفتن نمونه‌های شاهد که ٥٤ عدد بودند، تعداد کل آزمایشات به ۳۲٤ آزمایش رسید. دما، که یکی از عوامل تأثیرگذار بر فرآیند انعقاد و لخته سازی است، توسط حمام آب گرم ساخته شده در طول تمامی آزمایشات، یکسان و ۲۵ درجه سیلسیوس نگهداری شد. میزان کدورت نهایی از طریق رابطه ۱ محاسبه شد.

(۱)

۱۰۰× (کدورت اولیه/کدورت نهایی – کدورت اولیه) = درصد حذف کدورت

بعد از انجام طراحی آزمایش، ابتدا ٦ بشر ۵۰۰ میلی‌لیتری آب خام که قبلاً کدورت و pHآن اندازه گیری شده و حاوی یکی از دو کدورت ۲۵۰NTU و یا ۵۰۰NTU بود، در بشرهای مخصوص جار (بشرهای ۵۰۰ میلی‌لیتری) ریخته شد. در هر آزمایش بشر اول به عنوان بشر شاهد، فاقد منعقد کننده و به بشر دوم، منعقد کننده شیمیایی به تنهایی تزریق گردید تا بتوان اثر افزودن کمک منعقد کننده در بشرهای بعدی را به نسبت این بشر سنجید. 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 ppm ۰/۳، بشر پنجم حاوی ۰/۵ ppm و بشر ششم حاوی ۰/۷ ppm کمک منعقد کننده طبیعی می‌باشد. دز منعقد کننده شیمیایی در آزمایشات مختلف ۱، ۲ و ۵ ppm می‌باشد. آزمایشات با منعقد کننده‌های شیمیایی آلوم، پلی آلومینیوم کلراید و کلرور فریک و کمک منعقد کننده طبیعی نشاسته ذرت صورت پذیرفت.

نمونه‌ها به مدت ٤ ثانیه، به منظور اختلاط سریع، با دور تند ۱۳۸ rpmبه عنوان مخلوط کردن مواد و دور کند در مدت ۳۰ دقیقه با دور ۲۵ rpm به عنوان 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 و pH نمونه گیری شد و کدورت باقیمانده با کدورت اولیه مقایسه شد. تمامی آزمایش‌ها سه بار تکرار شد. اختلاط سریع و آرام طبق محاسبات زیر انجام شد.

اختلاط سریع

(۲)

$$P=G^{۲}\mu\ v-۲G=۲۵۰\ ,\ t=٤s\ ,\ \mu=۱/۰۰۲\times ۱۰^{-۳}\ ,\ v=۰/۵\times ۱۰^{-۳}$$

$$P=K\ \rho\ n^{۳}D^{۵}-۳۰/۰۳۱۳=۱/۰۸\times۱۰۰۰\times n^{۳}\times \left(۰/۰۷۵\right)^{۵}$$

$$n^{3}=\frac{۰/۰۳۱۳}{۰/۰۰۲۵٦۳}=۱۲/۲\cong ۱۲$$

$$n=۲/۳rps=۱۳۸\ rpm \quad \text{در} \quad t=٤s$$

اختلاط آرام

$$G\times t=٤۵۰۰ \qquad -۳t=۱۸۰۰\ s\approx ۳۰\ min$$

$$G=۲۵\ \frac{۱}{sec}$$

$$P=۰/۰۰۰۳۱۳$$

$$n^{۳}=\frac{۰/۰۳۱۳}{۱/۰۸\times۱۰۰۰\times \left(۰/۷۵\right)^{۵}}=۰/۱۲۲۱\approx ۰/٤٦۹rps\sim ۳۰\ rpm \quad \text{در} \quad t=۳۰\ min$$

If G×t=۳۶۰۰۰

G=۲۰, P=۰/۰۲ → n^3=۰/۰۷۸۲ →n=۰/٤۲۸rps=۲۵ rpm در t=۳۰ min

در این روابط، G برابر با گرادیان سرعت بر حسب متر بر ثانیه، ρ چگالی آب بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب ، μ گرانروی دینامیکی آب بر حسب کیلوگرم بر متر در ثانیه، n تعداد دور، D قطر پره، rpm دور در دقیقه، rps دور در ثانیه، t زمان و نهایتاً P توان را نشان می‌دهد[۱۶ و۱۷]. برای آنالیز داده‌ها از نرم افزار SAS استفاده شد[۱۸]. 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.

یافته‌ها

درصد حذف کدورت

نتایج تجزیه واریانس به وسیله نرم افزار SAS نشان می‌دهد که در آزمون GLM، 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 ۵٪ معنی دار است. جدول ۱، بالاترین درصد حذف کدورت منعقد کننده‌های شیمیایی به همراه کمک منعقد کننده طبیعی نشاسته ذرت در کدورت‌های اولیه متفاوت را نشان می‌دهد.

آزمون LSD نشان می‌دهد میزان کدورت اولیه (NTU ۵۰۰-۲۵۰) تأثیر معنی داری بر درصد حذف کدورت دارد و در کدورت NTU ۵۰۰، میانگین درصد حذف کدورت بیشتر از NTU ۲۵۰ می‌باشد مقادیر میانگین در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

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 مطابق با جدول ۳، دز ppm ۰/۷ دارای بالاترین میانگین درصد حذف کدورت می‌باشد و به ترتیب ۰/۵، ۰/۱ و ppm ۰/۳ قرار دارند. اما همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، به دلیل عدم وجود تفاوت معنی دار بین میانگین این گروهها در یک گروه واقع شده‌اند. 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 معنی‌داری وجود ندارد.

جدول ۱: بالاترین درصد حذف کدورت منعقد کننده‌های شیمیایی به همراه کمک منعقد کننده طبیعی نشاسته ذرت در کدورت اولیه متفاوت

منعقد کننده	دز منعقد کننده (ppm)	کمک منعقد کننده	دز کمک منعقد کننده (ppm)	کدورت اولیه (NTU)	میانگین درصد حذف کدورت
پلی آلومینیوم کلراید	۵	نشاسته ذرت	۰/۷	۲۵۰	٪۹۸/٤۸
کلرور فریک	۵	نشاسته ذرت	۰/۷	۲۵۰	٪۹۸/۳۷
آلوم	۵	نشاسته ذرت	۰/۵	۲۵۰	٪۹۲/۵٤
کلرور فریک	۵	نشاسته ذرت	۰/۷	۵۰۰	٪۹۸/۵۲
پلی آلومینیوم کلراید	۵	نشاسته ذرت	۰/۵	۵۰۰	٪۹۸/۳۸
آلوم	۵	نشاسته ذرت	۰/۷	۵۰۰	٪۹۵/۸۳

جدول ۲: مقایسه میانگین کدورت اولیه بر درصد حذف کدورت

کدورت اولیه (NTU)	میانگین
۵۰۰	۹٤/۱۲a
۲۵۰	۹۳/۰۵b

جدول ۳: مقایسه میانگین دز منعقد کننده طبیعی بر درصد حذف کدورت

دز کمک منعقد کننده طبیعی (ppm)	میانگین
۰/۷	۹٤/۲۱a
۰/۵	۹۳/۹۹a
۰/۱	۹۳/۹۸a
۰/۳	۹۳/۹٤a
۰	۹۱/۸۲b

جدول ٤: مقایسه میانگین نوع منعقد کننده شیمیایی بر درصد حذف کدورت

نوع منعقد کننده شیمیایی	میانگین
پلی آلومینیوم کلراید	۹۵/۵٤a
کلرور فریک	۹۵/۰۹b
آلوم	۹۰/۱۳c

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 معنی‌داری بگذارد.

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.

همانطور که در جدول ٤ نیز مشاهده می‌شود، نوع منعقد کننده‌های شیمیایی مورد استفاده هر کدام تأثیر معنی داری بر حذف کدورت داشته اند و بنابراین در سه گروه متفاوت جای گرفته اند. همانطور که مشاهده می‌شود، بالاترین میانگین حذف کدورت به ترتیب توسط پلی آلومینیوم کلراید و کلرور فریک به دست آمده و کمترین آن مربوط به آلوم می‌باشد.

از لحاظ دز منعقد کننده شیمیایی، مطابق جدول ۵ 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 ppm ۵ معنی دار بوده و در سه گروه واقع شده‌اند.

در ادامه در شکل ۱، میزان حذف کدورت نسبت به دز منعقد کننده طبیعی به ترتیب در کدورت اولیهNTU ۵۰۰ وNTU ۲۵۰ مشاهده می‌شود و با دزهای مختلف منعقد کننده شیمیایی قابل مقایسه است.

درصد بهبود کارایی نسبت به نمونه شاهد

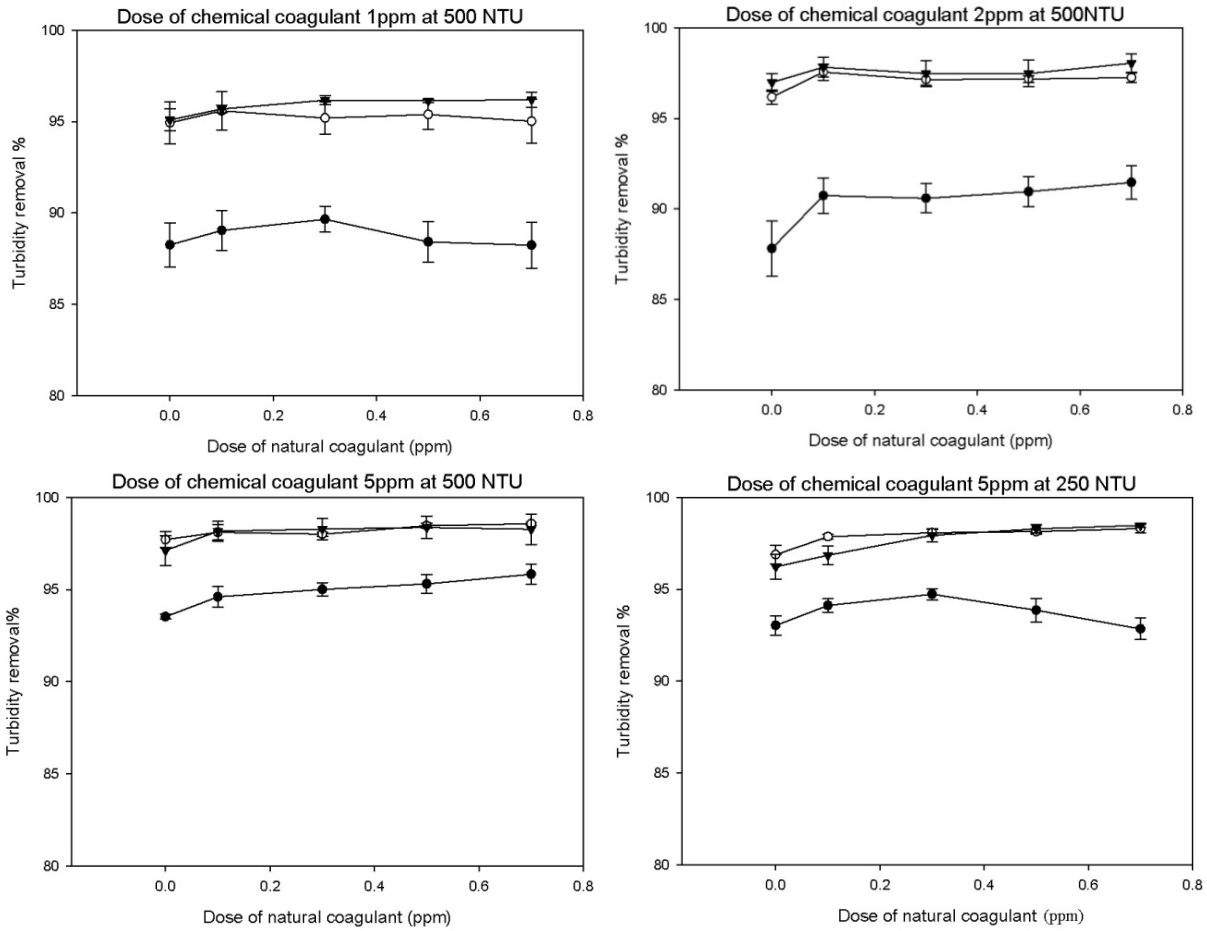
محاسبه درصد بهبود کارایی نسبت به نمونه شاهد، به منظور حذف اثر ته نشینی در طی فرآیند انعقاد و لخته سازی است. نتایج تجزیه واریانس به وسیله نرم افزار SAS نشان می‌دهد که در آزمون GLM، متغیر وابسته درصد بهبود کارایی نسبت به نمونه شاهد در متغیرهای مستقل ماده منعقد کننده شیمیایی و کمک منعقد کننده طبیعی و همچنین دزهای مختلف منعقد کننده شیمیایی و کمک منعقد کننده طبیعی و نیز میزان کدورت اولیه، دارای P-Value کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد و در سطح اطمینان ۵٪ معنی دار است.

pH

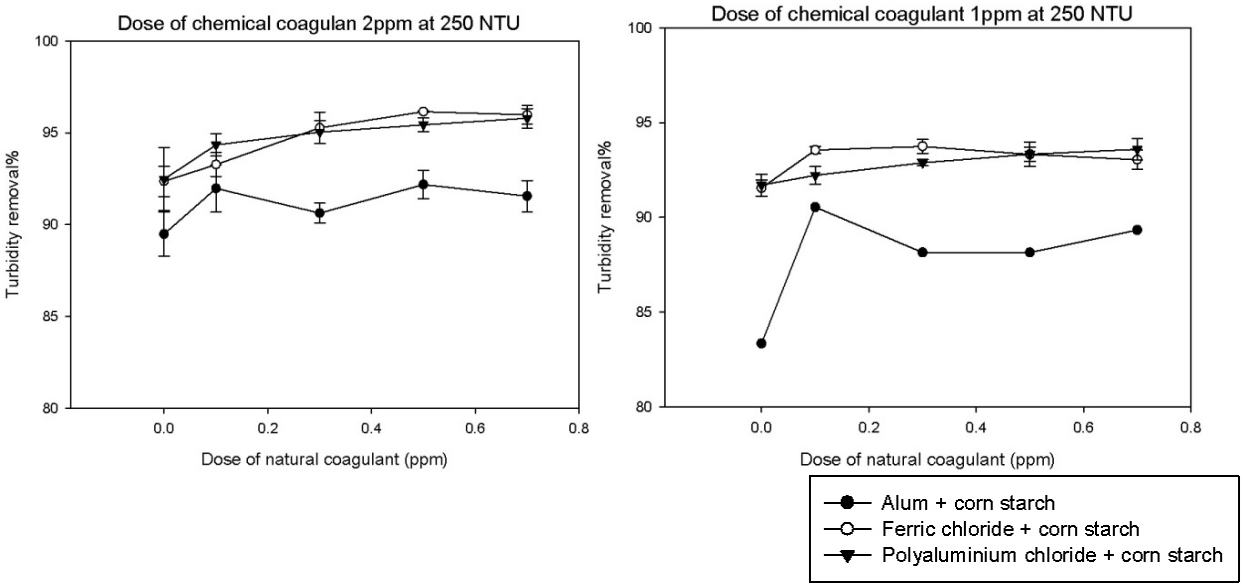
نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که در آزمون GLM، متغیر وابسته pH در متغیرهای مستقل ماده منعقد کننده شیمیایی و همچنین دزهای مختلف منعقد کننده شیمیایی و نیز میزان کدورت اولیه، دارای P-Value کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد و در سطح اطمینان ۵٪ معنی دار است اما در نوع و دزهای مختلف کمک منعقد کننده طبیعی، به دلیل داشتن P-Value بالاتر از ۰/۰۵، معنی‌دار نیست.

جدول ۵: مقایسه میانگین دز منعقد کننده شیمیایی بر درصد حذف کدورت

دز منعقد کننده شیمیایی	میانگین
۵ ppm	۹۶/۴۵a
۲ ppm	۹۳/۴۶b
۱ ppm	۹۰/۸۶c



* گروه آلاینده‌های محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
ایمیل: h_hashemi@sbu.ac.ir – **شماره تماس:** ۰۲۱-۲۲۴۳۱۹۷۱



شکل ۱: درصد حذف کدورت نسبت به دز منعقد کننده شیمیایی در کدورت اولیه ۲۵۰ و NTU ۵۰۰

بحث

در این تحقیق، کارایی کمک منعقد کننده نشاسته ذرت به همراه منعقد کننده‌های شیمیایی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد هرچه میزان کدورت اولیه (۵۰۰NTU-۲۵۰) 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 شد. این موضوع نشان دهنده پدیده تصادم در حذف ذرات می‌باشد. نقش تعداد ذرات موجود در یک سیستم کلوئیدی، بر روی عمل انعقاد به طور کامل به وسیله محققین گزارش شده است[۱۹]. همچنین مهدی نژاد و همکاران نیز نشان دادند که در کدورت‌های اولیه بالاتر، ترکیب آلوم و کیتوزان بسیار بهتر از کدورت‌های پایین عمل می‌کند[۲۰]. به علاوه نتایج تحقیقات پرتچارد و همکاران نشان داد که دز و کدورت اولیه، دارای همبستگی خطی می‌باشند که بدلیل تصادم بین ذره ای برای ناپایدار سازی سوسپانسیون از طریق خنثی سازی بار سطحی و یا پل زنی بین ذره ای می‌باشد. به همین دلیل در کدورت‌های بالاتر، حضور ذرات کلوئیدی با بار منفی بیشتر است و در نتیجه به ماده منعقد کننده با بار مثبت بیشتری برای خنثی سازی نیاز است[۲۱]. همچنین دنگ و همکاران نشان دادند که هنگامی که کدورت اولیه پایین است، ذرات تمایل به تشکیل توده‌های بزرگتر برای ته نشینی ندارند[۲۲]. یار احمدی و همکاران نیز نشان دادند که میزان عملکرد دانه‌های مورینگا اولیفرا، با کاهش کدورت اولیه کاهش می‌یابد با این تفاوت که پلی آلومینیوم کلراید به عنوان منعقد کننده شیمیایی تأثیر بهتری در کدورت‌های پایین تر دارد[۲].

همچنین نتایج نشان داد بالاترین میانگین حذف کدورت، به ترتیب توسط پلی آلومینیوم کلراید و کلرور فریک به دست آمده و کمترین آن مربوط به آلوم می‌باشد. برخی از مطالعات نشان دهنده صحت آزمایشات می‌باشد. مطالعات عبدالله زاده و همکاران نشان می‌دهد که پلی آلومینیوم کلراید به تنهایی، خیلی بهتر از کلرور فریک در حذف کدورت عمل می‌کند و در تمامی کدورت‌های مورد آزمایش استفاده از پلی آلومینیوم کلراید، مایع مورد استفاده در شفاف سازی و حذف کدورت

آب مناسب تر است. یافته‌های این پژوهش نیز عملکرد بهتر پلی آلومینیوم کلراید را نسبت به کلرور فریک نشان می‌دهد[۲۳]. پیرصاحب و همکاران، با مقایسه چهار منعقد کننده معدنی پلی آلومینیوم کلراید، سولفات فرو، کلرور فریک و آلوم به این نتیجه رسیدند که پلی آلومینیوم کلراید، نسبت به سایر مواد منعقد کننده، از عملکرد بهتری در حذف کدورت و رنگ برخوردار است. این مقایسه بر اساس سرعت ته نشینی، اندازه لخته و میزان حذف کدورت و رنگ است. همچنین دز کمتری از این منعقد کننده مصرف می‌شود که هزینه منعقد کننده مصرفی به ازای هر متر مکعب آب مصرف شده را پایین می‌آورد[۲۴].

از لحاظ دز منعقد کننده شیمیایی، هر چه دز منعقد کننده شیمیایی بالاتر رود میزان درصد حذف کدورت نیز افزایش می‌یابد. در این راستا، یزدانی و بانژاد نشان دادند راندمان کاهش کدورت با افزایش غلظت منعقد کننده نسبت مستقیم دارد به طوری که با افزایش غلظت منعقد کننده، درصد کاهش کدورت نیز افزایش می‌یابد[۱۹]. همچنین اکسیوینگ و همکارانش نشان دادند که با افزایش دز منعقد کننده از ۱ به .ppm ۱۳، کارایی پلی آلومینیوم کلراید افزایش یافته و این منعقد کننده انعقاد و لخته سازی را با مکانیسم خنثی سازی بار و پل زنی انجام می‌دهد[۲۵] که این پژوهش نیز همین نتایج را نشان می‌دهد. البته این افزایش، تا دز معینی، باعث کاهش درصد کدورت می‌شود. همان گونه که بانژاد و همکاران نیز نشان دادند، با افزایش غلظت آلوم از ۱۰ به ppm ۱۵، عملکرد منعقد کننده کاهش پیدا می‌کند که این کاهش عملکرد مربوط به لخته‌های زیادی است که به صورت جداگانه تشکیل شده اند و قابلیت ته نشینی نداشته اند. به همین دلیل، در مرحله ته نشینی مجدداً به صورت محلول درآمده اند[۲۶]. ژان و همکاران، و نیز دنگ و همکاران گزارش کردند که با افزایش دوز منعقد کننده پلی آلومینیوم کلراید به بیش از ppm ۱۰، منجر به کاهش کارایی این منعقد کننده شده است[۱۴ و ۲۲]. مصطفی پور و همکاران نیز نشان دادند که با افزایش دز پلی آلومینیوم کلراید از ۲۰ به ppm ۴۰، کارایی حذف به دلیل پایداری مجدد کلوئیدها کاهش یافت[۲۷].

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بالاترین درصد حذف کدورت، در کدورت اولیه ۲۵۰NTU مربوط به منعقد کننده شیمیایی پلی آلومینیوم کلراید با دز ppm ۵ به همراه کمک منعقد کننده نشاسته ذرت با دز ppm ۰/۷ بوده است که کدورت را ۹۸/۴۸٪ کاهش داده و به میزان NTU ۳/۷۳ رسانده است. همچنین بالاترین درصد حذف کدورت، در کدورت اولیه NTU ۵۰۰ مربوط به منعقد کننده شیمیایی کلرور فریک با دز ppm ۵ و کمک منعقد کننده طبیعی نشاسته ذرت با دز ppm ۰/۷ بوده است که کدورت را ۹۸/۵۲٪ کاهش داده و به میزان NTU ۷/٤ رسانده است. از نظر کیفی، به طور کلی به نظر می‌رسد هنگام استفاده از کمک منعقد کننده‌های طبیعی نظیر نشاسته ذرت، سایز لخته‌های تشکیل شده درشت تر و میزان حذف کدورت بیشتر می‌شود. استفاده از منعقد کننده‌های شیمیایی، به تنهایی، باعث کاهش pH آب می‌شوند در حالی که هنگامی که از نشاسته ذرت استفاده شد، تغییر محسوسی به نسبت pH اولیه مشاهده نشد. 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. به نظر می‌رسد که زمان ته نشینی، هنگام افزودن کمک منعقد کننده‌ی طبیعی، کاهش می‌یابد و پیشنهاد می‌شود که زمان ته نشینی اندازه گیری شود. از آنجا که برهمکنش کمک منعقد کننده‌های طبیعی به همراه منعقدکننده‌های شیمیایی مشخص نیست، آنالیز کامل از باقیمانده‌های نشاسته ذرت در آب

صورت پذیرد.

منابع

1. Zouboulis A, Traskas G. Comparable evaluation of various commercially available aluminum-based coagula for the treatment of surface water and for the post-treatment of urban wastewater. J Chem Tech Biotechnol 2005;80: 1136-47.
2. Yarahamadi M, Hosseini M, Bina B, Mahmoudian MH, Naimabadie A, Shahsavani A. Application of Moringa Oleifera seed extract and polyaluminum chloride in water treatment. World Appl Sci J 2009;7(8): 962-7.
3. Mbogo SA. A novel technology to improve drinking water quality using natural treatment methods in rural Tanzania. J Environ Health 2008;70(7): 46-50.
4. Paydari P, Taebi A, Hasheminejad H. Oak function as a coagulant in water and wastewater treatment. Proceedings of the Forth Conference of Environmental Engineering; Tehran, Iran; 2010.
5. Sengul AB, Gormez Z. Prediction of optimal coagulant dosage in drinking water treatment by artificial neural network. First EWaS-MED International Conference on Improving Efficiency of Water Systems in a Changing Natural and Financial Environment, Thessaloniki, Greece; 2013.
6. Alavi Moghadam MR, Banihashemi A, Maknoon, R., Nikazar, M. Application of Poly Aluminum Chloride in water turbidity Tehran - A Case Study Jalaliye Water Treatment Plant. J Education Tech. 2008; 3(2):109-113.
7. Vijayaraghavan G, Sivakumar T, Vimal Kumar A. Application of plant based coagulants for waste water treatment. Int J Adv Environ Res Stud 2011;1(1): 88-92.
8. Christopher R, Schulz D, Okun A. Surface water treatment for communities in developing countries. ITDG publishing,1992: 300.
9. Kawamura S. Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment. J Am Water Works Assoc 1991;83(10): 88-9.
10. Gudarzi N, Naseri S. Economic evaluation of the use of starch as a coagulant aid in water treatment. J Environ Res 1999;25(24): 19-25.
11. Takdastan A, Pakzi M. Evaluation of starch as a coagulant aid in water turbidity and coliform in Karun river. Proceedings of the Second Conference of Environmental Engineering; Tehran, Iran; 2008.
12. Shahriyari T. Evaluation of psyllium and starch coagulant aid with ferric chloride in water turbidity treatment. Tehran, University of Tehran; 2008.
13. Yang ZL, Gao BY, Yue QY, 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): 596-603.
14. 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 subsequence effects on chlorine decay. Chem Eng J 2010;161(1): 60-7.
15. R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, 2009.
16. Tchobanoglous G. Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse. McGraw &Hill, 2003.
17. Kawamura S. Integrated design and operation of water treatment facilities. John Wiley & Sons, 2000.
18. SAS Institute. SAS System, 8th ed. SAS Inst. Cary, 2001.
19. 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, Iran; 2009.
20. Mehdinejad MH, Bina B, Nikaeen M, Movahedian-Attar, H. Effectiveness of chitosan as natural coagulant aid in removal of turbidity and bacteria from turbid waters. J Food Agri Environ 2009;7(3-4): 845-50.
21. Pritchard M, Craven T, Mkandawire T, Edmondson AS, Neillc JGO. A study of the parameters affecting the effectiveness of Moringa oleifera in drinking water purification. Phys Chem Earth 2010;35(13-14): 179-97.
22. Deng S, Zhou Q, Yu G, Huang J, Fan Q. Removal of per-fluorooctanoate from surface water by poly aluminum chloride coagulation. Water Res 2011;45(4): 1774-80.
23. Abdollahzadeh M, Torabian A, Hassani AH. Performance comparison of poly aluminum chloride and ferric chloride in turbidity and organic matter removal in water resources case study: Karaj river, water treatment plant No.2 Tehran. J Water W 2009; 2: 23-31[In Persian].
24. Pirsaheb MA, Zinatizadeh A, Dargahi A. Performance evaluation of the coagulation process to remove the trace amounts of water turbidity and color, using different coagulants. J Water W 2012; 1:111-8 [In Persian].
25. 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 Coll Interf Sci 2009;337(2): 408-13.

26. Banejad H, Yazdani V, Rahmani A, Mohajeri S, Olyayi A. Feasibility of using Moringa Peregrina Seeds compared with alum and poly aluminum chloride in wastewater treatment. J Environ Health 2010;3(3): 251-260.

27. Mostafa pour F, Bazrafshan A, Kamani H. Performance Comparison of coagulant aluminum sulfate, ferric chloride and poly aluminum chloride in drinking water turbidity. J East Phys 2008;10(1): 17-25.

Comparison of the Performance of Corn Starch Coagulant Aid Accompany with Alum, Polyaluminum Chloride and Ferric Chloride Coagulants in Turbidity Removal from Water

Leila Mosleh[1], Seyed Hossein Hashemi[1*], Reza Deihim Fard[2], Korous Khoshbakht[1], Afsane Shahbazi[1]

1. Department of Environmental Pollutant, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

2. Agro Ecology Group, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

***E-mail:** h_hashemi@sbu.ac.ir*

***Received:** 25 Jan 2014 ; **Accepted:** 23 Jun 2014*

ABSTRACT

Background: The most important process in water treatment plant is coagulation and flocculation. Regular chemical coagulant which used in Iran are aluminum sulfate (Alum) and ferric chloride. Chemical coagulants have hazardous effect on human health and their cost is high for developing country. The purpose of this study was to evaluate the comparison of chemical coagulants accompany with corn starch as a coagulant aid, for the turbidity removal from water.

Methods: This study was accomplished in pilot-scale with synthetic turbid water using clay. In this research, initial turbidity of 250 and 500 NTU was experimented. Chemical coagulant dose during the experiment was 1, 2 and 5 ppm and natural coagulant dose was 0, 0.1, 0.3, 0.5 and 0.7 ppm.

Results: The results showed that maximum removal efficiency of turbidity in initial turbidity of 250 NTU belonged to poly aluminum chloride with 5 ppm dosage and corn starch with 0.7 ppm dosage which removed and reduced the initial turbidity to 98.48% and 3.73 NTU, respectively. Moreover, in initial turbidity of 500 NTU the maximum removal efficiency was 98.52% which belonged to ferric chloride and corn starch (5 and 0.7 ppm respectively) and reduced the initial turbidity to 7.4 NTU.

Conclusions: The results of this study showed that using natural coagulant aid reduce the chemical coagulant consumption, and also does not have significant effect on pH range and reduce the health risks. While huge amount of required polyelectrolytes for water treatment plant imported to the country and the production of corn starch in our country is high, it is hope that the results of this project can be used in industrial scale.

Keywords: Poly aluminum chloride, Alum, Ferric chloride, Corn starch, Coagulation and flocculation.