مقایسه کارایی منعقدکننده طبیعی کیتوزان با پلی آلومینیم کلراید در حذف کدورت از آب

روح الله یوسفی[۱]، هادی معاضد[۱]، حاجی کریمی[۲*]، حشمت الله نورمرادی[۳]، فریدون رادمنش[۱]

۱) گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲) دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

۳) گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی ایلام

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۲/۲/۱۸

چکیده

مقدمه: توسعه بهداشت و حفاظت از محیط زیست، همواره به تامین آب سالم وابسته است. کدورت آب، ناشی از وجود ذرات معلق و کلوئیدی موجود در آن می باشد. هدف از این پژوهش، مقایسه کارایی کیتوزان با پلی آلومینیم کلراید در حذف کدورت از آب می باشد. کیتوزان، زیست پلی مری کاتیونی با وزن مولکولی بالاست که از پوسته سخت پوستان دریایی نظیر میگو و خرچنگ، تهیه می گردد.

مواد و روش ها: این پژوهش، در مقیاس آزمایشگاهی، در کدورت های بالا، متوسط و پایین انجام گردید. مرحله اول آزمایش ها، به منظور تعیین غلظت بهینه منعقدکننده‌های کیتوزان و پلی آلومینیم کلراید و راندمان حذف کدورت و مرحله دوم آزمایش ها، به منظور تعیین pH بهینه و بررسی تاثیر منعقدکننده‌ها بر روی pH آب انجام گردید.

یافته های پژوهش: در کدورت های ۱۰۰۰، ۵۰۰، ۵۰ و ۱۰ نفلومتری، غلظت بهینه کیتوزان، به ترتیب ۱۰، ۶/۵ ، ۱/۵ و ۱ میلی‌گرم بر لیتر و مقادیر بهینه pH نیز به ترتیب ۸، ۸، ۷/۵ و ۸ می باشد. در حالی که غلظت بهینه پلی آلومینیم کلراید، در کدورت های مورد نظر، به ترتیب ۲۸، ۱۸، ۱۵ و ۱۲ میلی‌گرم بر لیتر، و مقادیر بهینه pH نیز به ترتیب ۸، ۷/۵، ۷ و ۷/۵ می باشد.

بحث و نتیجه‌گیری: مقایسه نتایج آزمایش ها، نشان می دهد که فقط در کدورت ۱۰ نفلومتری، کارایی پلی آلومینیم کلراید، بهتر از کیتوزان است. در سایر کدورت ها، کیتوزان کارایی بهتری از خود نشان می دهد. در مقادیر مختلف کدورت، غلظت بهینه کیتوزان، نسبت به پلی آلومینیم کلراید، تا اندازه قابل ملاحظه‌ای کمتر است. کاهش مقدار مصرف ماده منعقدکننده، منجر به کاهش هزینه های تصفیه آب می گردد. این موضوع، یکی از برتری های بیو پلی مر آلی کیتوزان، بر منعقدکننده معدنی پلی آلومینیم کلراید در تصفیه آب، از جنبه اقتصادی، می باشد. کیتوزان، بر خلاف پلی آلومینیم کلراید، تاثیر اندکی بر pH آب دارد.

واژه های کلیدی: کیتوزان، پلی آلومینیم کلراید، کدورت، انعقاد شیمیایی و تصفیه آب

* **نویسنده مسئول:** دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

Email: ilam_haji@yahoo.com

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

مقدمه

توسعه بهداشت و حفاظت از محیط زیست، همواره به تامین آب سالم وابسته است. از آغاز تمدن بشری، انسان ها همواره در ساحل رودخانه ها، کنار دریاچه ها یا چشمه های‌طبیعی ساکن شده اند. توسعه صنعت، افزایش بی رویه جمعیت و استفاده از مواد مصنوعی، پیامدهای منفی بر منابع آب شیرین وارد کرده است. به طوری که در هر دهه، یک مشکل جدید در زمینه آلودگی منابع آب، در کشورهای توسعه یافته پدید آمده است.کدورت آب، معیاری برای میزان جذب و یا پراکندگی نور، در اثر وجود ذرات معلق و کلوئیدی در آب می باشد. قسمت عمده کدورت در آب های سطحی، از فرسایش مواد کلوئیدی نظیر خرده سنگ ها، خاک رس، لای و اکسیدهای فلزی ناشی از فرسایش خاک، حاصل می شود. کدورت، با جذب نور، مانع عبور نور از آب می شود. در نتیجه، به طور غیرمستقیم عامل آلودگی آب محسوب می گردد.(۱)

کدورت آب، از سه جنبه زیبا شناسی، انسداد صافی ها و گندزدایی دارای اهمیت است. به دلیل وجود ارتباط بین‌کدورت و بعضی از مشخصه های میکروبی از جمله کیست ژیاردیالامبلیا، کدورت را می توان به عنوان شاخصی غیرمستقیم در تعیین راندمان حذف و یا میزان حضور این عوامل در نظر گرفت.(۲)

دو گروه اصلی از مواد مورد استفاده در فرایندهای انعقاد و لخته سازی، عبارتند از منعقدکننده‌های آلی و معدنی(غیرآلی). منعقدکننده های آلی، خود شامل پلی الکترولیت های کاتیونی و آنیونی و پلی مرهای غیریونی هستند. متداول ترین مواد منعقدکننده در حذف کدورت از آب، نمک های آهن و آلومینیم شامل سولفات فرو، سولفات فریک، کلراید فریک، سولفات آلومینیم(آلوم)، پلی فریک سولفات(PFS) و پلی آلومینیم کلراید(PAC) هستند که همگی مواد مصنوعی و معدنی می باشند. خطرات ناشی از کاربرد این مواد شیمیایی در فرایندهای تصفیه آب، در مطالعات پژوهشگران به اثبات رسیده است.(۳)

اکثر پلی مرهای مصنوعی و معدنی، قابل تجزیه بیولوژیکی نیستند و برخی از آن ها موجب سرطان زایی و جهش ژنتیکی در انسان می شوند. به همین دلیل، استفاده از این منعقدکننده ها در بعضی از کشورها مانند سوئیس و ژاپن ممنوع بوده در کشورهای آلمان و آمریکا نیز برای مصرف این مواد در سامانه های تصفیه آب، مقرراتی وضع شده است.(۴)

اخیراً در کشورهای توسعه یافته، آمینو بیو پلی مر کیتوزان، در فرایندهای تصفیه آب، به عنوان یک بیو منعقدکننده، به منظور حذف ذرات معلق و کلوئیدی، مورد توجه قرار گرفته است. کیتوزان یک لخته ساز مؤثر و بسیار قوی برای حذف کدورت از آب می باشد و می تواند آلاینده های محلول در آب را حذف نماید. وزن مولکولی و درجه دی استیلاسیون، پارامترهای اصلی و تاثیرگذار روی خواص و رفتار کیتوزان هستند که نقش تعیین‌کننده ای در میزان راندمان حذف کدورت و کارایی آن دارند.(۵)

کیتوزان، یک پلی الکترولیت کاتیونی طبیعی می باشد که از کیتین، مشتق شده و بعد از سلولز، فراوان ترین پلی مر طبیعی محسوب می شود. کیتوزان، در واقع، یک هترو پلی ساکارید خطی با وزن مولکولی بالا می باشد. امروزه، در ژاپن از کیتوزان، به عنوان کمک منعقدکننده، در حذف کدورت از آب، استفاده می شود. کیتوزان، یک ماده غیرسمی و قابل تجزیه بیولوژیکی بوده که از طریق خنثی سازی بار، جذب و پل زنی بین ذرات، عمل انعقاد و لخته سازی را انجام می دهد.(۶)

وزن مولکولی پلی الکترولیت های کاتیونی متداول در تصفیه آب، حدود یک میلیون دالتون است. کیتوزان، زیست پلی مری کاتیونی با وزن مولکولی زیاد است که از پوسته سخت پوستان دریایی نظیر میگو و خرچنگ، تهیه می شود. این محصول، در صنعت، از استیل زدایی کیتین، به دست می آید. این زیست پلی مر، قابل تجزیه زیستی بوده، روی بدن انسان، عوارضی ایجاد نمی کند. بنا بر این، می توان از این زیست پلی مر، برای تصفیه آب آشامیدنی، استفاده کرد.(۴)

به منظور رفع مشکلات مربوط به منعقدکننده‌های معدنی و مصنوعی و حذف یا کاهش عوارض بهداشتی ناشی از مصرف آن ها در آب و بهبود کیفیت آب آشامیدنی، مسئله استفاده از پلی الکترولیت طبیعی کیتوزان، به عنوان یک ماده منعقدکننده در تصفیه آب مطرح می گردد. هدف از این پژوهش، مقایسه کارایی

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

منعقدکننده طبیعی کیتوزان با منعقدکننده معدنی و مصنوعی پلی آلومینیم کلراید، در حذف کدورت از آب می باشد.(۷)

مواد و روش ها

این پژوهش، در مقیاس آزمایشگاهی و با استفاده از آزمون جارتست، در آزمایشگاه مرکزی تصفیه خانه آب شهر ایلام، در سال ۱۳۹۰ انجام گردید. متغیر اصلی مورد بحث در این پژوهش، راندمان حذف کدورت بر حسب درصد است که در کدورت های مختلف(بالا، متوسط و پایین) اندازه گیری گردید. نگهداری مقدار کافی آب حاوی‌کدورت طبیعی، در آزمایشگاه، به دلیل ناپایدار بودن ذرات معلق و کلوئیدی موجود در آن، عملاً امکان پذیر نخواهد بود. بنا بر این، به منظور شبیه سازی نمونه های آب با کدورت های واقعی، از روش کدرسازی مصنوعی یا ساختگی با استفاده از پودر کائولین، بر اساس روش های استاندارد آزمایشگاهی، استفاده گردید. ابتدا از شیر آب موجود در آزمایشگاه، به صورت کاملاً تصادفی، نمونه ای به حجم شش لیتر، برداشت گردید. سپس، مطابق روش اسمیت و کوهن، برای ایجاد کدورت در نمونه ها، از سوسپانسیون کائولین سبک، استفاده گردید.

آماده سازی سوسپانسیون کائولین

به منظور کدرسازی مصنوعی یا ساختگی نمونه های آب، پودر سفید رنگ کائولین(سیلیکا ژل آلومینیم هیدراته) محصول شرکت اکرس آمریکا، مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا ۱۰ گرم از پودر کائولین، به دقت، وزن گردید و به مدت سه ساعت، در یک آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد، قرار داده شد تا خشک شود. سپس پودر کائولین، از آون خارج و به مدت نیم ساعت، در دیسیکاتور قرار داده شد و ۵۰ میلی لیتر آب مقطر، به آن اضافه گردید. این سوسپانسیون، به مدت ۲۴ ساعت، در دمای اتاق، نگهداری شد تا هیدراسیون کامل ذرات کائولین، صورت گیرد. بعد از آن، حجم مخلوط، به یک لیتر، رسانده شد و به وسیله هم زن برقی، به مدت ۲۰ دقیقه، کاملاً مخلوط گردید. سپس، سوسپانسیون، به مدت چهار ساعت، در حالت سکون، قرار داده شد تا ته نشینی ذرات، به طور کامل صورت پذیرد. در نهایت، یک لیتر از مایع رویی، به یک ارلن شیشه ای، منتقل و به عنوان استوک، نگهداری شد.(۶)

لازم به ذکر است که قبل از استفاده از سوسپانسیون کائولین، ارلن شیشه ای حاوی این محلول، به خوبی هم زده شد و از لایه های میانی آن، به اندازه لازم برداشت و به نمونه ها تزریق گردید.

روش تهیه محلول کیتوزان

در این پژوهش، پودر کیتوزان، به رنگ قهوه ای روشن و با درجه دی استیلاسیون ۸۵ درصد و وزن مولکولی ۶۰۰۰۰۰ تا ۸۰۰۰۰۰ دالتون(محصول شرکت اکرس آمریکا) مورد استفاده قرار گرفت. به منظور تهیه محلول کیتوزان، ابتدا محلول اسید کلریدریک ۰/۱ مولار تهیه گردید. سپس ۱۰۰ میلی‌گرم از پودر کیتوزان، به دقت وزن گردید و در ۱۰۰ میلی لیتر از این محلول، به خوبی حل و حجم آن به یک لیتر رسانده شد. هر میلی لیتر از این محلول، حاوی یک میلی گرم کیتوزان بود. برای تسریع در حل شدن پودر کیتوزان در محلول اسیدی، می توان محلول را کمی گرم کرد. ولی باید از حرارت دهی طولانی آن خودداری شود. پس از یک ساعت، پودر کیتوزان، به خوبی در محلول اسیدی، حل گردید. با توجه به این که خواص کیتوزان، در محیط اسیدی، بعد از مدتی تغییر پیدا می کند، بنا بر این، محلول باید به صورت تازه و قبل از انجام آزمایش، تهیه گردد.(۶)

بعد از تهیه محلول کیتوزان، بلافاصله، مقادیر مختلف از آن، به نمونه ها تزریق و آزمایش های لازم، جهت اندازه گیری پارامترهای موردنظر، انجام گردید. لازم به ذکر است که پلی آلومینیم کلراید مورد استفاده در این پژوهش، از نوع جامد و ساخت کشور چین بود.

روش انجام آزمایش ها

برای انجام آزمایش ها، دستگاه جارتست مدل AL46-4 ساخت شرکت زاک شیمی، مورد استفاده قرار گرفت. دستگاه جارتست برای مرحله اختلاط سریع، روی سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه، به مدت یک دقیقه و برای مرحله اختلاط آهسته، روی سرعت ۴۰ دور در دقیقه، به مدت ۲۰ دقیقه تنظیم گردید و زمان ته نشینی برابر با ۳۰ دقیقه در نظر گرفته شد. بعد از انجام هر یک از آزمایش های جار، بلافاصله، نمونه

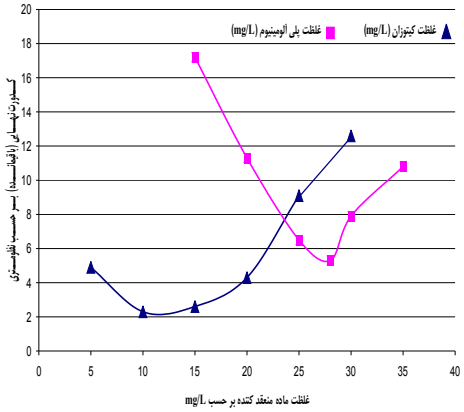
[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

ها از زیر دستگاه جارتست خارج شدند و از عمق ۵ سانتی متری آن ها، نمونه برداری صورت گرفت. برای اندازه گیری کدورت و pH نمونه ها، به ترتیب، از دستگاه کدورت سنج مدل HACH-2100 ساخت آمریکا(بر اساس اصل پراکندگی نور) و دستگاه pH Meter مدل 3510 ساخت انگلیس استفاده گردید. مرحله اول آزمایش ها، به منظور تعیین غلظت بهینه کیتوزان و پلی آلومینیم کلراید و راندمان حذف کدورت بر حسب درصد و مرحله دوم آزمایش ها، به منظور تعیین pH بهینه و بررسی تاثیر منعقدکننده ها بر روی pH آب انجام گردید. به منظور دست یابی به pH بهینه، برای هر یک از منعقدکننده ها، مقادیر مختلف pH از ۵ تا ۹(۵، ۵/۵، ۶، ۶/۵، ۷، ۷/۵، ۸، ۸/۵ و ۹) در کدورت های موردنظر، مورد آزمایش قرار گرفت. لازم به ذکر است که به منظور تنظیم pH نمونه ها، از هیدروکسید سدیم و اسید کلریدریک ۰/۱ مولار استفاده گردید و کلیه آزمایش ها، در مراحل اول و دوم، برای کدورت های موردنظر، بر مبنای استاندارد متد سال ۲۰۰۵ و در محیط آزمایشگاه، با دمای مشخص(در محدوده ۲۷ تا ۳۱ درجه سانتی گراد) انجام گردید.(۱۰)

یافته های پژوهش

در این پژوهش، به منظور انجام آزمایش ها، سه محدوده کدورت(بالا، متوسط و پایین) در نظر گرفته شد. برای کدورت های بالا، مقادیر ۱۰۰۰ و ۵۰۰ واحد نفلومتری، برای کدورت متوسط، ۵۰ و برای کدورت پایین، نیز ۱۰ واحد نفلومتری در نظر گرفته شد و کارایی منعقدکننده‌های کیتوزان و پلی آلومینیم کلراید، در حذف کدورت های فوق، مقایسه گردید. نتایج مرحله اول آزمایش ها، در شکل های شماره ۱ تا ۵ آورده شده است.(۱۱)

طبق شکل شماره ۱ غلظت بهینه کیتوزان و پلی آلومینیم کلراید، در حذف کدورت اولیه ۱۰۰۰ نفلومتری، به ترتیب، برابر با ۱۰ و ۲۸ میلی گرم بر لیتر می باشد. غلظت بهینه ۱۰ میلی گرم بر لیتر از کیتوزان، قادر به حذف ۹۹/۷۷ درصد از کدورت اولیه۱۰۰۰ نفلومتری می باشد و کدورت نهایی یا باقی مانده، در این حالت ۲/۳۴ نفلومتری می باشد. غلظت بهینه ۲۸ میلی گرم بر لیتر از پلی آلومینیم کلراید، قادر به حذف ۹۹/۴۷ درصد از کدورت اولیه۱۰۰۰ نفلومتری می باشد و کدورت نهایی یا باقی مانده، در این حالت ۵/۲۸ نفلومتری می باشد.

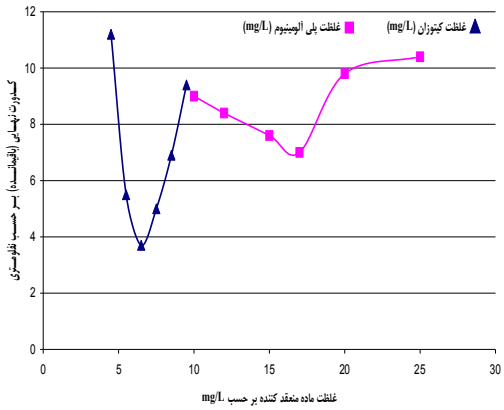


شکل شماره ۱. کارایی حذف کدورت در انواع و غلظت های مختلف منعقدکننده در کدورت اولیه۱۰۰۰ واحد نفلومتری

طبق شکل شماره ۲ غلظت بهینه کیتوزان و پلی آلومینیم کلراید، در حذف کدورت۵۰۰ نفلومتری، به ترتیب، برابر با ۶/۵ و ۱۸ میلی گرم بر لیتر می باشد. غلظت بهینه ۶/۵ میلی گرم بر لیتر از کیتوزان، قادر به

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

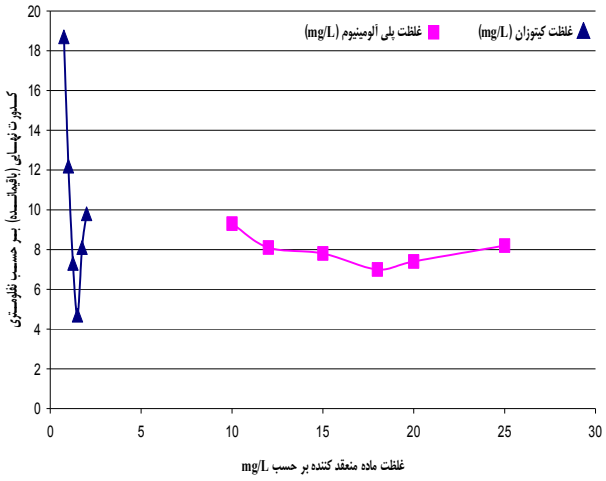
حذف ۹۹/۲۵ درصد از کدورت اولیه۵۰۰ نفلومتری، می باشد و کدورت نهایی یا باقی مانده، در این حالت ۳/۷۷ نفلومتری می باشد. غلظت بهینه ۱۸ میلی گرم بـر لیتـر از پلی آلومینیم کلراید، قادر بـه حـذف ۹۸/۶۱ درصـد از کدورت اولیه۵۰۰ نفلومتری می باشد و کدورت نهایی یا باقی مانده، در این حالـت، ۶/۹۵ نفلـومتری مـی باشـد.



شکل شماره ۲ . کارایی حذف کدورت در انواع و غلظت های مختلف منعقدکننده در کدورت اولیه۵۰۰ واحد نفلومتری

طبق شکل شماره ۳ غلظت بهینه کیتوزان و پلی آلومینیم کلراید، در حذف کدورت اولیه ۵۰ نفلومتری، به ترتیب، برابر با ۱/۵ و ۱۵ میلی گرم بر لیتر می باشد. غلظت بهینه ۱/۵ میلی گرم بر لیتر از منعقدکننده کیتوزان، قادر به حذف ۹۰/۹۶ درصد از کدورت اولیه ۵۰ نفلومتری می باشد و کدورت نهایی یا باقی مانده، در این حالت ۴/۵۲ نفلومتری می باشد. غلظت بهینه ۱۵ میلی گرم بر لیتر از منعقدکننده پلی آلومینیم کلراید، قادر به حذف ۹۰/۸۸ درصد از کدورت اولیه۵۰ نفلومتری می باشد و کدورت نهایی یا باقی مانده، در این حالت، ۴/۵۶ نفلومتری می باشد

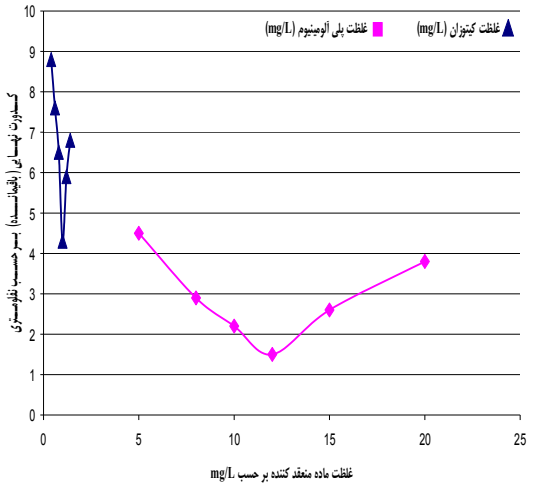
.



شکل شماره۳ . کارایی حذف کدورت در انواع و غلظت های مختلف منعقدکننده در کدورت اولیه۵۰ واحد نفلومتری

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

طبق شکل شماره ۴ غلظت بهینه کیتوزان و پلی آلومینیم کلراید، در حذف کدورت اولیه۱۰ نفلومتری، به ترتیب، برابر با ۱ و ۱۲ میلی گرم بر لیتر می باشد. غلظت بهینه ۱ میلی گرم بر لیتر از کیتوزان، قادر به حذف ۵۷/۵۰ درصد از کدورت اولیه ۱۰ نفلومتری می باشد و کدورت نهایی یا باقی مانده، در این حالت ۴/۲۵ نفلومتری می باشد. غلظت بهینه ۱۲میلی گرم بر لیتر از منعقدکننده پلی آلومینیم کلراید، قادر به حذف ۸۵ درصد از کدورت اولیه۱۰ نفلومتری می باشد و کدورت نهایی یا باقی مانده، در این حالت ۱/۵ نفلومتری می باشد.



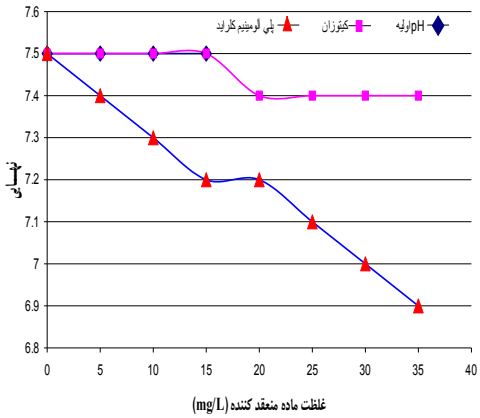
شکل شماره ٤. کارایی حذف کدورت در انواع و غلظت های مختلف منعقدکننده در کدورت اولیه۵۰۰ واحد نفلومتری

نتایج مرحله دوم آزمایش ها، نشان داد که مقادیر pH بهینه برای کیتوزان، در کدورت های مورد نظر یعنی ۱۰۰۰، ۵۰۰، ۵۰ و ۱۰ نفلومتری، به ترتیب، معادل ۸، ۸، ۷/۵ و ۸ می باشد. هم چنین مقادیر pH بهینه برای پلی آلومینیم کلراید، در کدورت های فوق، به ترتیب، معادل ۸، ۷/۵، ۷ و ۷/۵ می باشد.

تاثیر غلظت های مختلف از منعقدکننده های کیتوزان و پلی آلومینیم کلراید بر روی pH آب(با کدورت اولیه ۵۰NTU) در شکل شماره ۵ نشان داده شده است. طبق شکل شماره ۵ ماده منعقدکننده کیتوزان، تاثیر بسیار اندکی بر pH نمونه های آب دارد و pH نهایی آب را به میزان ۰/۱ کاهش می دهد. در حالی که پلی آلومینیم کلراید pH نهایی آب را به میزان ۰/۵ کاهش می دهد

.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]



شکل شماره ۵. تأثیر غلظت های مختلف از منعقدکننده های کیتوزان و پلی آلومینیم کلراید بر روی نمونه آب با pH اولیه ۷/۵

بحث و نتیجه‌گیری

دانستن مقدار بهینه pH در فرایند انعقاد شیمیایی، بسیار مهم است و کارایی ماده منعقدکننده را به شدت تحت تاثیر قرار می دهد. این مساله، یکی از محدودیت های مهم کاربرد منعقدکننده های متداول در فرایندهای تصفیه آب محسوب می گردد. در فرایندهای تصفیه آب، یکی از فاکتورهای تاثیرگذار در مورد انتخاب ماده منعقدکننده مناسب، برای حذف کدورت، pH نهایی می باشد. نتایج آزمایش های مربوط به تحقیق حاضر، نشان می دهد که از لحاظ فاکتور pH کارایی بیو پلی مر کاتیونی کیتوزان، نسبت به منعقدکننده معدنی پلی آلومینیم کلراید بهتر است. زیرا ماده منعقدکننده کیتوزان، مقادیر pH نهایی نمونه های آب را به اندازه ناچیزی کاهش می دهد به گونه ای که اختلاف مقادیر نهایی و اولیه pH محسوس نمی باشد،(۱۲). در حالی که منعقدکننده پلی آلومینیم کلراید pH نهایی را تا اندازه قابل ملاحظه ای کاهش می دهد. این نتیجه، برتری منعقدکننده طبیعی و آلی کیتوزان را بر منعقدکننده معدنی پلی آلومینیم کلراید، در فرایند حذف کدورت از آب آشامیدنی نشان می دهد. نکته مهم دیگری که در این جا قابل بحث است این است که برای هر دو منعقدکننده مورد استفاده در این پژوهش، مقادیر بهینه pH بین ۷/۵ تا ۸ می باشد که در محدوده مناسب برای مصارف شرب قرار دارد. این نتیجه‌گیری، نشان می دهد که در تمام کدورت های مورد آزمایش(بالا، متوسط و پایین) pH نهایی هیچ یک از نمونه ها، کاهش یا افزایش قابل توجهی نداشته است. بنا بر این، از لحاظ محدوده مناسب pH برای آب آشامیدنی، کارایی هر دو منعقدکننده، قابل قبول و مناسب می باشد.

عروجی و همکاران(۱۳۹۰) با بررسی کارایی کیتوزان به عنوان کمک منعقدکننده توام با منعقدکننده پلی آلومینیم کلراید، به عنوان منعقدکننده اصلی یا اولیه، pH بهینه را برابر با ۸ به دست آوردند که به نتایج تحقیق حاضر، نزدیک می باشد. گویبال و روسی(۲۰۰۷) مقادیر بهینه pH را بین ۷/۵ تا ۸ به دست آوردند که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. دیواکاران و پیلای(۲۰۰۱) pH بهینه را برای کدورت های مختلف، بین ۷/۵ تا ۸ به دست آوردند که مشابه نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر می باشد.(۸)

نتایج مرحله اول آزمایش ها، حاکی از این است که در تمام کدورت های موردنظر(۵۰۰،۱۰۰۰، ۵۰ و۱۰ نفلومتری) مقدار مصرف یا غلظت بهینه ماده منعقدکننده کیتوزان، تا اندازه قابل ملاحظه ای، کمتر از منعقدکننده پلی آلومینیم کلراید است. کاهش مقدار مصرف ماده منعقدکننده در فرایند انعقاد شیمیایی، منجر به کاهش هزینه های تصفیه آب می گردد. نظر به این که تامین هزینه منعقدکننده های شیمیایی یکی از فاکتورهای مهم و تاثیرگذار در انتخاب ماده منعقدکننده مناسب برای تصفیه خانه های آب می باشد، لذا نتایج حاصل از این طرح تحقیقاتی، نشان می دهد که در تمام کدورت های مورد آزمایش(بالا، متوسط و پایین)

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

کارایی کیتوزان، از جنبه اقتصادی، بهتر از پلی آلومینیم کلراید خواهد بود.

نتایج به دست آمده از آزمایش ها، برای کدورت های بالا و متوسط نشان می دهد که راندمان کیتوزان در حذف کدورت از نمونه های آب، با کدورت های اولیه ۱۰۰۰، ۵۰۰ و۵۰ نفلومتری، اندکی بهتر از پلی آلومینیم کلراید است. بنا بر این، در کدورت های ذکر شده، کارایی کیتوزان، از نظر فاکتور حذف کدورت، کمی بهتر از پلی آلومینیم کلراید می باشد. برای کدورت های پایین، نظیر کدورت اولیه ۱۰ نفلومتری، کارایی هر دو منعقدکننده مورد آزمایش، کاهش قابل ملاحظه ای از خود نشان می دهد که این کاهش کارایی در حذف کدورت اولیه، در مورد پلی آلومینیم کلراید، نسبت به کیتوزان، با شیب ملایم تری روی می دهد. بنا بر این، برای کدورت اولیه ۱۰ نفلومتری، کارایی پلی آلومینیم کلراید، از نظر راندمان حذف کدورت، بهتر از کیتوزان است اما از لحاظ مقدار مصرف ماده منعقدکننده در حالت بهینه، کیتوزان عملکرد بهتری نسبت به پلی آلومینیم کلراید، در شرایط یکسان، از خود نشان می دهد. همان طور که نتایج آزمایش ها نشان می دهد، غلظت بهینه کیتوزان برای کدورت اولیه ۱۰ نفلومتری، یک میلی گرم بر لیتر می باشد در حالی که غلظت بهینه پلی آلومینیم کلراید، در حالت مشابه ۱۲ میلی گرم بر لیتر است. این نتیجه، برتری بیو پلی مر کیتوزان را بر منعقدکننده معدنی پلی آلومینیم کلراید از جنبه اقتصادی نشان می دهد.(۹)

نظر به این که محدوده کدورت های مورد آزمایش، در این طرح تحقیقاتی، طوری انتخاب گردیده که قابل کاربرد برای تصفیه خانه های آب در کشور باشد و فقط به نتایج تئوریک اکتفا نشده است، بنا بر این نمی توان نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر را با نتایج حاصله از سایر تحقیقات در ایران و جهان(از لحاظ مقدار مصرف و راندمان حذف کدورت) به طور مستقیم مقایسه نمود. زیرا در مورد هر دو ماده منعقدکننده، کدورت های انتخاب شده برای انجام آزمایش های مربوط به تحقیق حاضر، با تحقیقات مشابه داخلی و خارجی، از نظر عددی، متفاوت است.

به طور کلی نتایج این پژوهش عبارتند از:

۱-افزایش غلظت(مقدار مصرف) ماده منعقدکننده، تا نقطه اپتیمم(بهینه) باعث افزایش راندمان حذف کدورت از آب می گردد و در این محدوده، هر چه کدورت آب بالاتر رود، مقدار بیشتری از ماده منعقدکننده برای انعقاد و لخته سازی ذرات معلق و کلوئیدی موجود در آب، لازم خواهد بود. این نتیجه، در مورد هر دو منعقدکننده صدق می کند. بعد از نقطه بهینه، این گونه نخواهد بود.

۲-میزان کدورت اولیه آب، تاثیر بسیار زیادی در راندمان حذف کدورت از آن دارد، به گونه‌ای که هر چه میزان کدورت اولیه، بالاتر باشد، راندمان ماده منعقدکننده، در حذف کدورت از آب، بالاتر خواهد بود. این امر، ناشی از افزایش تعداد ذرات معلق و کلوئیدی موجود در آب و افزایش احتمال برخورد بین آن ها برای تشکیل ذرات درشت تر می باشد. این نتیجه نیز در مورد هر دو منعقدکننده صدق می کند.

۳-نتایج آزمایش ها نشان می دهد که مقادیر بهینه pH برای ماده منعقدکننده کیتوزان، درحذف کدورت های بالا، متوسط و پایین(کدورت‌های ۱۰۰۰، ۵۰۰، ۵۰ و ۱۰ نفلومتری) به ترتیب، معادل ۸، ۷/۵ و ۸ می باشد. هم چنین مقادیر بهینه pH برای پلی آلومینیم کلراید، در حذف کدورت های مورد نظر به ترتیب، معادل ۸، ۷/۵، ۷ و ۷/۵ می باشد. بنا بر این، مقادیر بهینه pH در کدورت های مختلف، برای هردو منعقدکننده، بین ۷/۵ تا ۸ می باشد که برای آب شرب مناسب می باشد.

۴-کارایی کیتوزان، بر خلاف پلی آلومینیم کلراید، تحت تاثیر pH اولیه آب نمی باشد و این موضوع، از مزایای منعقدکننده های طبیعی محسوب می گردد.

۵-منعقدکننده طبیعی کیتوزان، باعث کاهش pH نهایی آب نمی گردد. در حالی که منعقدکننده معدنی و مصنوعی پلی آلومینیم کلراید، pH آب را تا اندازه قابل ملاحظه ای کاهش می دهد.

۶-برای کدورت های پایین(کمتر از ۱۰ نفلومتری) به دلیل کم بودن تعداد ذرات کلوئیدی موجود در آب، ماده منعقدکننده کیتوزان، نمی تواند کارایی خیلی بالایی از خود نشان دهد. نتایج آزمایش ها، نشان می دهد که راندمان کیتوزان، در کاهش کدورت اولیه۱۰ نفلومتری معادل۵۷/۵۰ درصد می باشد که راندمان خیلی بالایی برای کاهش کدورت های پایین، محسوب نمی گردد. در

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

حالی که راندمان پلی آلومینیم کلراید، در حذف کدورت اولیه ۱۰ نفلومتری معادل ۸۵ درصد می باشد. بنا بر این در کدورت های پایین(کمتر از ۱۰ نفلومتری) کارایی منعقدکننده پلی آلومینیم کلراید، در حذف کدورت از آب بهتر از کیتوزان می باشد.

۷-کمترین غلظت(مقدار مصرف) از ماده منعقدکننده کیتوزان، به منظور حذف کدورت از آب، معادل یک میلی گرم بر لیتر می باشد و که غلظت های کمتر از یک میلی گرم بر لیتر از کیتوزان، تاثیری در کاهش کدورت آب ندارد.

۸-در مقادیر مختلف کدورت، غلظت بهینه کیتوزان نسبت به پلی آلومینیم کلراید خیلی کمتر است. کاهش مقدار مصرف ماده منعقدکننده در تصفیه آب، یکی از برتری های بیوپلیمر آلی کیتوزان بر پلیمر معدنی پلی آلومینیم کلراید می باشد. این نتیجه، به منظور انتخاب ماده منعقدکننده مناسب برای تصفیه آب شرب، از نظر اقتصادی، حائز اهمیت خواهد بود.

۹-در مجموع، با توجه به نتایج پژوهش حاضر، پیشنهاد می گردد که در کدورت های بالا و متوسط، از پلی الکترولیت‌کاتیونی کیتوزان، به عنوان منعقدکننده و در کدورت های پایین، از پلی آلومینیم کلراید، به عنوان کمک منعقدکننده توام با کیتوزان، استفاده گردد.

سپاسگزاری

از شرکت آب و فاضلاب استان ایلام و آزمایشگاه مرکزی تصفیه خانه آب شهر ایلام که در انجام آزمایش های مربوط به این پژوهش، همکاری نمودند، سپاسگزاری می گردد.

References

1-Divakaran R, Pillai S. [Flocculation of river silt using chitosan]. J Water Res 2002;36:2414-8.

2-Divakaran R, Pillai S. [Flocculation of kaolinite Suspension in water by chitosan.]. J Water Res 2001;35:3904-8.

3-Eaton AD, Clesceri LS, Rice EW. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington DC: American Water Works Association (AWWA); 2005.P.530-4.

4-Guibal E, Roussy J. Coagulation and Flocculation of dye - containing solution using a biopolymer Chitosan. J React Function Polym 2007;67:33-42.

5-Huang C, Chen S, Pan J. Optimal condition for modification of chitosan: A biopolymer for coagulation of colloidal particles. J Water Res 2000;3:1057-62.

6-Keramati A, Mahvi A, Abdulnezhad L. [The survey of physical and chemical quality of Gonabad drinking water in spring and summer of 1386]. J Med Sci Gonabad 2007;13:25-33.(Persian)

7-Orouji N, Takdastan A, Kargari A, Raeasi GHR. [Efficiency of chitosan with poly aluminium chloride in turbidity removal from ahvaz water treatment plant influent]. J Water Wastewater 2012;35:70-7.(Persian)

8-Pan J, Huang C, Chen C. Evaluation of a modified chitosan biopolymer for coagulation of colloidal particles. J Physicochem Engineer Aspects 1999;147:359-64.

9-Pillai CK, Paul W, Sharma CP. Chitin and chitosan polymers: Chemistry ress in polymer science. J Polym Sci 2009;34:641-78.

10-Rashidi MA, Azimi AA, Razeghi N, Torabian A, Moubedi A. [Need to review national standard output water turbidity of the water treatment plant]. J Environ Tehran Uni 2004;35:61-8.(Persian)

11-Renault F, Sancey B, Badot PM, Crini G. Chitosan for coagulation/ flocculation processes-An eco-friendly approach. J Eur Polym J 2009;45:1337-48.

12-Selaphathy P, Reddy MJ. Effect of polyelectrolytes on turbility removal. J Water Supp 1992;10,175-8.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

Comparing the Efficacy of Cationic Biopolymer Chitosan and Inorganic Coagulant Poly Aluminum Chloride in the Removal of Water Turbidity

*Yoosofi R[1], Moazed H[1], Karimi H[*2], Nourmoradi H[3], Radmanesh F[1]*

(Received: 15 Aprl. 2013 Accepted: 14 Aug. 2013)

Abstract

Introduction:The development of health and protection of environment is depended on the provision of safe and clean water. The turbidity of water comes from the suspended and colloidal matters contained in it. The purpose of the present investigation was to compare the efficiency of natural coagulant chitosan with poly aluminum chloride (PACl) in the removal of water turbidity. Chitosan is a cationic biopolymer with high molecular weight that is produced from the crust of crustaceans like shrimp and crab.

Materials & Methods: This investigation was performed, in the laboratory scale, on water samples containing synthetic water turbidity by applying kaolin in high, middle, and low turbidities. The first phase of tests aimed to determine the optimum concentration of the coagulants chitosan and poly aluminum chloride and the efficiency of turbidity removing. The second stage of experiments aimed to determine the optimum pH and the effect of coagulant on the water pH.

Findings: Optimum dosages of chitosan for removing the turbidities 1000, 500, 50 and 10 NTU were 10, 6.5, 1.5 and 1 mg/L, respectively and the optimum PH values were also 8, 8, 7.5, and 8, respectively. Optimum dosages of PACl in the respected turbidities were 28, 18, 15 and 12 mg/L, respectively and the optimum PH values were also 8, 7.5, 7.5, and 8, correspondingly.

Discussion & Conclusion: The results showed that only in the turbidity 10 NTU, the efficiency of poly aluminum chloride was better than the efficiency of chitosan. In other turbidities, chitosan showed better performance. Chitosan had a lower effect on the water PH, while PACl had a noticeable effect on the water PH. The optimum dosage of chitosan was less than that of PACl in all turbidities. At different levels of turbidity, the optimum concentration of chitosan was significantly lower in comparison with poly aluminum chloride. Coagulant dose reduction decreases the cost of water treatment. This subject is one of the advantages of the bioorganic polymer, chitosan, to the inorganic coagulant, poly aluminum chloride, in the refinement of water with considering the economic aspects. Chitosan, in contrast to poly aluminum chloride, had little effect on the water pH.

Keywords: chitosan, polyAluminum chloride(PACl), turbidity, coagulation, water treatment

1. Dept of Environmental Engineering, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2. Faculty of Agricultural Sciences, Ilam University, Ilam, Iran
3. Dept of Environmental Health, Faculty of Health, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran
**(correspondence author)*

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]