بررسی تأثیر پرمنگنات پتاسیم بر کارایی کیتوزان در کاهش کدورت و کلیفرم‌های فاضلاب

رامین نبی‌زاده[1] رضا نعمتی[2] حسن اصلانی[3]

(دریافت ۸۹/۹/۲۳ پذیرش ۹۰/۷/۱٤)

چکیده

کیتوزان به‌عنوان منعقدکننده در تصفیه آب و فاضلاب نه تنها دارای عملکرد قابل مقایسه‌ای با منعقدکننده‌های رایج است بلکه بسیاری از معایب آنها را نیز ندارد. با این حال دارای خاصیت باکتری‌کشی ضعیف‌تری نسبت به آنها است. در این تحقیق اثر سینرژیستی پرمنگنات پتاسیم به‌عنوان یک ماده اکسید کننده قوی، بر میزان غیرفعال‌سازی کلیفرم‌های گوارشی و حذف کدورت توسط کیتوزان مورد بررسی قرار گرفت. نمونه فاضلاب سنتتیک با مخلوط کردن بنتونیت با آب خام و اضافه کردن محیط کشت خالص کلیفرم‌های گوارشی، آماده گردید. پس از آماده‌سازی نمونه سنتتیک فاضلاب و تعیین کدورت و انجام کشت میکربی برای تعیین تیتر اولیه کلیفرم‌های گوارشی، دزهای مختلف کیتوزان و پرمنگنات پتاسیم به‌صورت مجزا و ترکیبی طی آزمایش جار به آن تزریق گردید. سپس میزان حذف کدورت و کلیفرم‌های گوارشی تعیین و مورد ارزیابی قرار گرفت. استفاده همزمان از این دو ماده باعث افزایش میزان حذف کدورت و کلیفرم‌های گوارشی گردید. در بیشترین دز ترکیبی مورد استفاده (۳ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر پرمنگنات پتاسیم) میزان کلیفرم‌های گوارشی به کمتر از ۱۰۰ MPN/100mL کاهش یافت که معادل ٤ لگاریتم حذف بود. استفاده ترکیبی از پرمنگنات پتاسیم و کیتوزان در تصفیه سوم فاضلاب می‌تواند کیفیت میکربی پساب را تا حد بسیار بالایی افزایش دهد که این امر سبب کاهش میزان مواد گندزدا می‌شود و در نتیجه در مرحله گندزدایی مواد جانبی کمتری تولید خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: کیتوزان، پرمنگنات پتاسیم، انعقاد، کدورت، کلیفرم گوارشی، فاضلاب

Effect of Potassium Permanganate on Effectiveness of Chitosan in Removing of Turbidity and Fecal Coliforms from Wastewater

Ramin Nabizadeh [1] *Reza Nemati [2]* *Hasan Aslani [3]*

(Received Dec. 13, 2010 Accepted Oct. 5, 2011)

Abstract

Chitosan, as a coagulant is used in water and wastewater treatment. It has similar performance in comparison with other conventional coagulants, and doesn't have any disadvantages of them. However, its bactericidal property is lower than the metal based coagulants. In this study the potential synergistic effect of potassium permanganate, as a powerful oxidant, on the Chitosan fecal coliforms inactivation and turbidity removal has been investigated. Synthetic wastewater samples were prepared by mixing tap water with Bentonite and adding pure culture of fecal coliforms that provided by biological laboratory of Tehran University of Medical Sciences. After preparing synthetic samples of the wastewater and determining its turbidity and fecal coliforms concentration, various doses of Chitosan and Potassium Permanganate individually and in combination with each other, were injected to the samples. Afterwards supernatant of jar reactors were investigated for turbidity and fecal coliforms removal. Simultaneous use Chitosan and potassium permanganate has higher removal efficiency than the individual using of them. Highest applied combined dose (3 mg / L Chitosan and 1.5 mg / L potassium permanganate) reduced fecal coliform to a level less than 100 MPN/100mL , which is equivalent 4 log-inactivation of fecal coliforms. Simultaneous use of Chitosan and potassium permanganate in tertiary treatment of wastewater can led to produce lower turbidity, as well as higher microbial quality in the effluent, which can reduce the amount of required disinfectant, consequently disinfection by products formation lowered very much.

Keywords: Chitosan, Potassium Permanganate, Coagulation, Turbidity, Fecal Coliforms, Wastewater.

۱- استادیار گروه بهداشت محیط ، دانشکده بهداشت ، دانشگاه علوم پزشکی تهران
۲- عضو هیئت علمی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و پیراپزشکی آرادان، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان (نویسنده مسئول) ۴۵۴۴۸۳۷ (۰۲۳۲)
reza-nemati@hotmail.com
۳- دانشجوی دکترای تخصصی مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

1. Assist. Prof. of Environmental Health, Faculty of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran
2. Fauclty Member of Environmental Health Eng., Aradan Fauclty of Health and Paramedical, Semnan University of Medical Sciences, Semnan (Corresponding Author) (+98 232) 4544837, reza-nemati@hotmail.com
3. Ph.D. Student of Environmental Health, Faculty of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran

Archive of SID
www.SID.ir

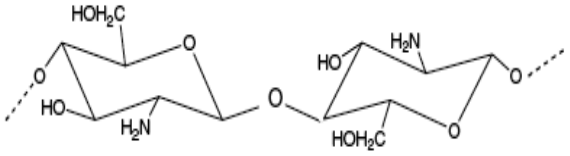
۱- مقدمه

فاضلابها حاوی آلاینده‌های متعددی هستند و بر اساس خصوصیاتی که دارند می‌توان اجزای موجود در آن را به چهار دسته اصلی تقسیم‌بندی نمود که شامل : کل جامدات، اجزای غیرآلی، اجزای آلی و میکروارگانیسم‌ها است [۱]. میزان تصفیه مورد نیاز با توجه به نوع دفع و یا نوع استفاده مجدد از آن متغیر است اما ساده‌ترین تصفیه شامل فرایندهای جداسازی جامدات از مایع و نابود کردن میکروارگانیسم‌های مضر است [۲]. انعقاد و گندزدایی، دو واحد فرایندی مهم در حذف مؤثر مواد کلوئیدی و میکروارگانیسم‌ها از آب و فاضلاب هستند. در فرایند انعقاد آب و فاضلاب، استفاده از مواد خاصی مورد توجه است که علاوه بر خاصیت منعقدکنندگی قوی، دارای صرفه اقتصادی، عدم تولید مواد جانبی و توانایی حذف بالای میکروارگانیسم‌ها نیز باشد. مواد منعقدکننده و گندزدای رایج کنونی اگرچه برخی از خصوصیات مناسب را دارا هستند ولی برخی معایب آنها مانند باقیمانده فلزی و محصولات جانبی، محققان را به‌سمت یافتن مواد جایگزین سوق داده است [۱، ۳ و ۴].

تحقیقات گسترده نشان داده‌اند که ماده طبیعی کیتوزان به‌عنوان منعقدکننده در تصفیه آب و فاضلاب عملکرد بسیار مناسب و قابل مقایسه‌ای با منعقدکننده‌های رایج داشته و بسیاری از معایب چالش برانگیز آنها را ندارد[۵-۱۰]. مطالعه مهدی‌نژاد و همکاران نشان داد که این ماده خاصیت میکرب‌کشی نیز دارد، اگرچه این خاصیت بسیار ضعیف‌تر از گندزداهای رایج است [۱۱]. همچنین در مطالعه گامیج و همکاران[1] از این ماده برای جذب فلزات سنگین و همچنین منعقدکننده مواد پروتئینی استفاده شده است که نتایج مطلوب و قابل توجهی گزارش شده است [۱۲].

کیتوزان پلیمر آلی کاتیونی و طبیعی مشتق از کیتین بوده و به فراوانی در دسترس است. این ماده از واحدهای پلی-N- استیل گلوکوزآمین تشکیل شده است که دارای دانسیته بار بالا(یک بار مثبت به ازای هر واحد مولکولی) بوده و گروههای آمینی آن برای واکنش‌های شیمیایی و تشکیل نمک با اسیدها به آسانی در دسترس هستند. حلالیت کیتوزان در آب درحالت عادی ناچیز بوده و عملاً غیرقابل حل در نظر گرفته می‌شود. با این حال قابلیت حلالیت آن وابسته به pH است [۱ و ۱۳]. ساختار شیمیایی کیتوزان در شکل ۱ نشان داده شده است.

از مهم‌ترین مزایای کیتوزان نسبت به نمک فلزات در فرایند انعقاد می‌توان به پایین بودن دز تزریقی مؤثر، تولید حجم کمتر لجن، وابستگی کمتر عملکرد آن به pH، تولید لجن با خاصیت آبگیری بهتر، چگال‌تر بودن، قابلیت هضم بیولوژیکی بهتر، ارزان بودن، خورنده نبودن و سهولت در جابه‌جایی اشاره کرد [۱ و ۱۳]. همچنین کیتوزان، pH و قلیائیت را نسبت به دیگر منعقدکننده‌های رایج، کمتر تحت تأثیر قرار می‌دهد[۱]. مکانیسم عمل انعقاد و لخته‌سازی این ماده، خنثی‌سازی بار و جذب و پل‌زنی بین ذرات کلوئیدی عنوان شده است [۱۳].



کیتوزان

شکل ۱- ساختار شیمیایی کیتوزان [۱۲]

در طی استفاده از کیتوزان به‌عنوان منعقدکننده، ته‌نشینی تنها مکانیسم حذف باکتری‌ها نیست. گفته می‌شود مولکول کیتوزان قابلیت واکنش با سطح باکتریایی را داراست و با جذب شدن به سطح باکتری، لایه غیرقابل نفوذی تشکیل می‌دهد که باعث انسداد مجراهای حیاتی باکتری‌ها شده و به‌این ترتیب سبب نابودی آنها می‌شود[۱۳].

پرمنگنات پتاسیم از ترکیبات اکسیدکننده قوی بوده که در تصفیه آب و فاضلاب به‌کار برده می‌شود. استفاده اولیه این ترکیب در تصفیه آب و فاضلاب برای حذف طعم، بو و رنگ، جلوگیری از رشد بیولوژیکی در تصفیه‌خانه و حذف آهن و منگنز است. این ترکیب در کنترل ترکیبات پیش‌ساز تری‌هالومتان‌ها و دیگر محصولات جانبی و نیز اکسیداسیون مواد آلی و غیرآلی کاربرد دارد [۱۴].

پرمنگنات پتاسیم دارای خاصیت میکرب‌کشی بوده و توانایی نابود کردن باکتری‌ها و ویروس‌ها را دارا است. اما به‌علت آنکه به تنهایی کیفیت میکربی را در دزهای متعارف تضمین نمی‌کند و همچنین به‌علت تغییر رنگ آب و پساب و نیاز به زمان‌ماند بالا برای گندزدایی، به‌عنوان گندزدای اصلی به‌کار برده نمی‌شود و در اکثر موارد در گندزدایی‌های ترکیبی به‌عنوان پیش اکسید کننده استفاده می‌شود [۱۴]. در برخی مقالات و مراجع نیز تأثیر مثبت پرمنگنات پتاسیم بر فرایند انعقاد گزارش شده است [۱۵ و ۱۶]. تحقیقات اولیه نشان داده است که برای غیرفعال سازی کامل کلیفرم گوارشی از آب، ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر پرمنگنات پتاسیم نیاز است. همچنین برای حذف کامل باکتری‌های کلیفرم از آب آشامیدنی با مدت تماس ۳۰ دقیقه، ۱ تا ۲ میلی‌گرم در لیتر پرمنگنات پتاسیم نیاز است. از مزایای این ماده می‌توان به عدم تولید محصولات جانبی، آسانی حمل و نقل، ذخیره و کاربری آن اشاره کرد. همچنین استفاده از این ماده اثر منفی ناچیزی بر دیگر

[1] Gamage et al.

Archive of SID
www.SID.ir

فرایندهای تصفیه آب دارد و در اکثر موارد سبب بهبود فرایندهای دیگر نیز می‌شود [۱۴].

در این تحقیق با استفاده تلفیقی و مجزا از کیتوزان محصول شرکت سیگماآلدریچ[1] آمریکا و پرمنگنات پتاسیم محصول شرکت مرک[2] آلمان، اثر تشدیدکنندگی پرمنگنات پتاسیم بر عملکرد کیتوزان در حذف همزمان کدورت وکلیفرم مدفوعی به‌عنوان شاخص گندزدایی مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲- مواد و روشها

۲-۱- آماده‌سازی نمونه پساب سنتتیک

۱۰ گرم بنتونیت تهیه شده از شرکت کیمیا پژوه تهران با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد و برای همگن شدن به‌مدت ۱۲ ساعت با دور آرام بر روی همزن قرار گرفت. پس از زمان ته‌نشینی ۳۰ دقیقه‌ای از پساب رویی این محلول به‌عنوان محلول استوک برای آماده‌سازی نمونه‌های پساب با کدورت متوسط ۱۳۵تا ۱۵۰ NTU استفاده شد[۵ و ۱۳].

با استفاده از محلول بنتونیت تهیه شده و آب مقطر، حدود ۸ لیتر نمونه با کدورت متوسط ۱۳۵تا ۱۵۰ NTU آماده شد و با استفاده از محلول ۰/۱ نرمال NaOH و یا محلول ۰/۱ نرمال HCl، pH این نمونه قبل از انتقال نمونه به ظروف جار بین ۷/۲ تا ۷/۵ تنظیم شد. در مرحله بعد با اضافه کردن میزان مناسبی از محیط کشت آزمایشگاهی کلیفرم گوارشی به این نمونه و همزدن آن، آلودگی کلیفرم گوارشی این نمونه به حد متوسط پساب خروجی از حوضچه ته‌نشینی ثانویه (۷۰۰،۰۰۰-۹۰۰،۰۰۰ MPN/100mL) رسانده می‌شد[۱۷].

پس از اتمام این مراحل، کدورت و pH اندازه‌گیری شد و به‌منظور تعیین میزان کلیفرم‌های گوارشی، کشت میکربی به‌عمل آمد و از همین نمونه برای انجام آزمایش جار استفاده شد.

۲-۲- آماده‌سازی کیتوزان و پرمنگنات پتاسیم

به‌منظور تهیه محلول استوک کیتوزان با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ۱۰ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریدریک ۰/۱ نرمال به ۱۰۰ میلی‌گرم کیتوزان اضافه شد و برای حل شدن به‌مدت ۲۴ ساعت در محیط آزمایشگاه قرار داده شد و در نهایت با استفاده از آب دیونیزه شده به حجم ۲۰۰ میلی لیتر رسانده شد [۱۳]. از این محلول برای تهیه محلولهای استوک رقیق‌تر و یا تزریق دزهای مختلف کیتوزان در طی حداکثر ۵ ساعت پس از زمان به حجم رساندن استفاده شد.

محلول استوک پرمنگنات پتاسیم در غلظتهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر(بر حسب دز تزریقی) با وزن کردن مقادیر مناسب پرمنگنات پتاسیم و حل کردن آن در آب دیونیزه در حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر آماده شده و از این محلولها برای تزریق دزهای مورد نظر پرمنگنات پتاسیم استفاده گردید.

در این تحقیق تزریق کیتوزان و پرمنگنات پتاسیم پس از انتقال حجم ۵۰۰ میلی‌لیتری نمونه به هر کدام از ظروف جار انجام شد. در دزهای تلفیقی نیز در همین مرحله ابتدا کیتوزان و سپس پرمنگنات پتاسیم تزریق گردید.

۲-۳- آزمایش جار

از یک دستگاه جار شش ظرفی هرکدام با گنجایش ۱ لیتر با نام تجاری لاوی باند[3] برای انجام آزمایش‌های جار استفاده شد. در همه آزمایش‌ها هر شش ظرف جار، استریل شده و مورد استفاده قرار گرفتند. این آزمایش‌ها در سه مرحله تزریق غلظتهای مختلف کیتوزان، تزریق غلظتهای مختلف پرمنگنات پتاسیم و تزریق تلفیقی غلظتهای کیتوزان و پرمنگنات پتاسیم انجام پذیرفت. در جدول ۱ مراحل سه‌گانه و دزهای تزریقی نشان داده شده است.

جدول ۱- مراحل آزمایش‌های جار و دزهای تزریقی

شماره ظرف جار	مرحله اول (تزریق کیتوزان) دز تزریقی (mg/L)	مرحله دوم (تزریق پرمنگنات پتاسیم) دز تزریقی (mg/L)	مرحله سوم (تزریق کیتوزان و پرمنگنات پتاسیم) دز تزریقی (mg/L)
۱ (شاهد)	۰	۰	۰ + ۰
۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱ + ۰/۱
۳	۰/۲	۰/۵	۰/۲ + ۰/۵
۴	۰/۵	۰/۷۵	۰/۵ + ۰/۷۵
۵	۱	۱	۱ + ۱
۶	۳	۱/۵	۳ + ۱/۵

در هر مرحله پس از انتقال ۵۰۰ میلی‌لیتر از نمونه تهیه شده به هر یک از ظروف جار استریل شده و تزریق دزهای مختلف ماده شیمیایی، اختلاط سریع با سرعت ۲۰۰rpm و به‌مدت یک دقیقه

[1] Sigma-Aldrich
[2] Merck
[3] Lovibond®

Archive of SID
www.SID.ir

انجام گرفت. سپس به‌منظور لخته‌سازی به‌مدت ۲۰دقیقه اختلاط آرام با سرعت ۴۰rpm و به‌دنبال آن ۲۰ دقیقه مرحله ته‌نشینی در نظر گرفته شد [۱، ۵، ۱۳ و ۱۸]. پس از سپری شدن این مراحل از قسمت بالایی همه ظروف (عمق ۵سانتی‌متری از سطح مایع)، نمونه‌برداری برای تعیین کدورت و تعیین میزان کلیفرم گوارشی صورت گرفت. در تمامی مراحل آزمایش از ظروف استریل استفاده شد.

۲-۴- اندازه‌گیری کدورت و شمارش کلیفرم گوارشی

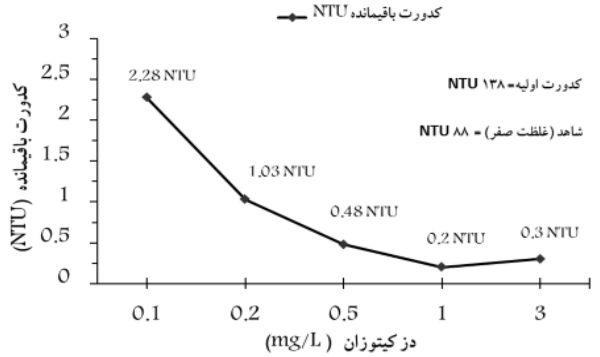
برای اندازه‌گیری کدورت، کدورت سنج مدل 2100AN[1] ساخت شرکت هچ[2] به‌کار گرفته شد. به‌منظور شمارش کلیفرم گوارشی نیز از روش تخمیری ۱۵ لوله‌ای مطابق با روش ۹۹۲۱- E کتاب استاندارد متد استفاده شد[۱۹]. در این روش پس از آماده‌سازی محیط کشت A-1 medium تهیه شده از شرکت مرک آلمان طبق دستور کارخانه سازنده، مقدار ۱۰ سی سی از آن را در هر یک از لوله‌های آزمایش ریخته شد و در اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس به‌مدت ۱۰ دقیقه استریل گردید. پس از این مرحله، محیط کشت‌ها در دمای محیط سرد شده و کشت نمونه‌ها انجام شد. با توجه به غلظت گندزدای تزریقی و نتایج آزمایش‌های مقدماتی، با استفاده از سرم فیزیولوژی رقتهای مناسب بین 10^{0} تا 10^{5} از نمونه مورد آزمایش تهیه گردید. نمونه‌ها پس از تهیه رقتهای مناسب، کشت داده شدند و بلافاصله در انکوباتور ۰/۵±۳۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۳ ساعت انکوبه شده و پس از سپری شدن این زمان، لوله‌های داخل انکوباتور به داخل بن‌ماری با دمای ۰/۲± ۴۴/۵ درجه سلسیوس انتقال داده شدند. زمان قرار دادن محیط کشت‌ها در بن‌ماری ۲±۲۱ ساعت بود. تولید گاز در لوله‌های دورهام و ایجاد کدورت در هر یک از لوله‌ها در طی این زمان نشان دهنده مثبت بودن حضور کلیفرم‌های گوارشی بود. با استفاده از جدول MPN و فرمول زیر، نتایج ثبت و مورد بررسی قرار گرفتند.

عکس رقت مربوطه × مقدار قرائت شده از جدول MPN = MPN/ 100 mL کلیفرم گوارشی

کلیه وسایل و ظروف شیشه‌ای و غیر شیشه‌ای به‌کاربرده شده در این تحقیق قبل از هر بار استفاده در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۲ ساعت در فور و یا اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس استریل شده و سپس مورد استفاده قرار گرفتند.

۳- نتایج و بحث

در شکلهای ۲ و ۳ نتایج مربوط به‌حذف کدورت و کلیفرم‌های گوارشی از نمونه‌های مورد آزمایش با استفاده از تزریق دزهای مختلف کیتوزان، نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۲ دیده می‌شود در دزهای کمتر از ۱ میلی‌گرم در لیتر حذف کدورت با شیب بسیار تندی رخ می‌دهد و با نزدیک‌تر شدن به دز ۱ میلی‌گرم در لیتر، این شیب کاهش پیدا می‌کند. کدورت اولیه نمونه مورد آزمایش ۱۳۸ NTU بود که در نمونه شاهد (غلظت صفر) به ۸۸ NTU کاهش پیدا کرد یعنی حدود ۳۶ درصد حذف کدورت و با تزریق غلظت ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، کدورت به ۲/۲۸ NTU کاهش یافت که معادل حذف بیش از ۹۸درصد کدورت بود. این روند تا دز یک میلی‌گرم در لیتر، ادامه پیدا کرد اما در غلظت بالای ۱ میلی‌گرم در لیتر، حذف کدورت افزایش نداشت. بر این اساس دز بهینه کیتوزان کمتر از ۱ میلی‌گرم در لیتر بود که در سایر تحقیقات نیز نتایج مشابهی گزارش شده است.



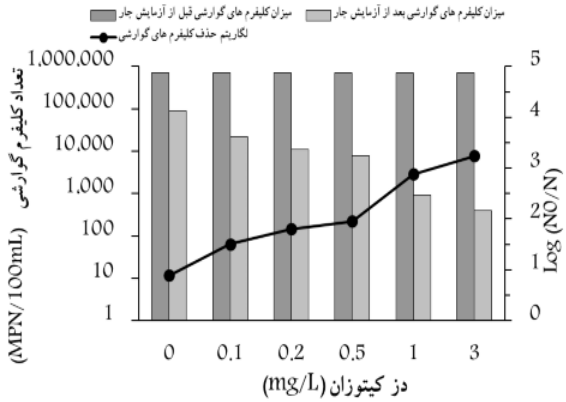
شکل ۲- کاهش کدورت با استفاده از دزهای مختلف کیتوزان در آزمایش جار

در شکل ۳ میزان غیرفعال‌سازی کلیفرم‌های گوارشی توسط دزهای مختلف کیتوزان نمایش داده شده است. همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌شود، با افزایش غلظت کیتوزان میزان حذف کلیفرم گوارشی نیز افزایش یافته است، به‌طوری که میزان کلیفرم گوارشی نمونه از تعداد ۷۰۰،۰۰۰ MPN/100mL اولیه به حدود ۹۲۰ MPN/100mL در غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر و کمتر از ۵۰۰MPN/100mL در غلظت ۳ میلی‌گرم در لیتر کاهش یافته است.

به‌عبارت دیگر در این غلظتها میزان کلیفرم گوارشی به‌ترتیب حدود ۲/۹ و ۳/۲۵ لگاریتم کاهش یافته است. از دیگر نکات قابل توجه در این شکل حذف حدود ۰/۹ لگاریتمی کلیفرم‌های گوارشی در دز صفر یعنی نمونه شاهد است که در دو مرحله دیگر آزمایش‌ها نیز دیده می‌شود (شکلهای ۵ و ۷). این کاهش را می‌توان با حذف کدورت در نمونه شاهد مرتبط دانست.

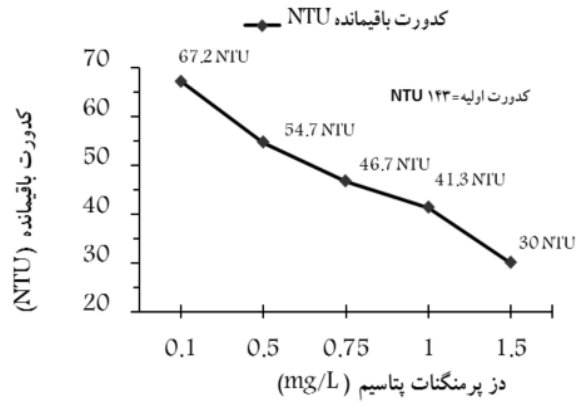
[1] Turbidimeter 2100 AN
[2] Hach

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳- کارایی دزهای مختلف کیتوزان در حذف کلیفرم‌های گوارشی از نمونه پساب مورد آزمایش

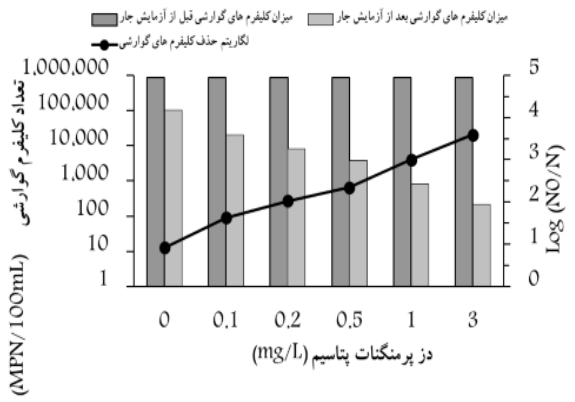
در شکلهای ۴ و ۵ نتایج حاصل از کاربرد پرمنگنات پتاسیم در حذف کدورت و کلیفرم‌های گوارشی نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، با افزایش دز پرمنگنات پتاسیم میزان حذف کدورت افزایش می‌یابد. کدورت اولیه نمونه مورد آزمایش NTU ۱۴۳ بود که در نمونه شاهد (غلظت صفر در آزمایش جار) به NTU ۹۸/۳ کاهش یافت. دز اول پرمنگنات پتاسیم ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر بود که کدورت اولیه را به حدود NTU ۶۷ رساند.



شکل ۴- کاهش کدورت با استفاده از دزهای مختلف پرمنگنات پتاسیم در آزمایش جار

در ادامه با افزایش دز پرمنگنات پتاسیم، روند کاهش کدورت متناسب با غلظت پرمنگنات پتاسیم ادامه یافت. در آخرین دز (۱/۵ میلی‌گرم در لیتر) کدورت به NTU ۳۰ رسید که معادل ۸۰ درصد حذف کدورت بود.

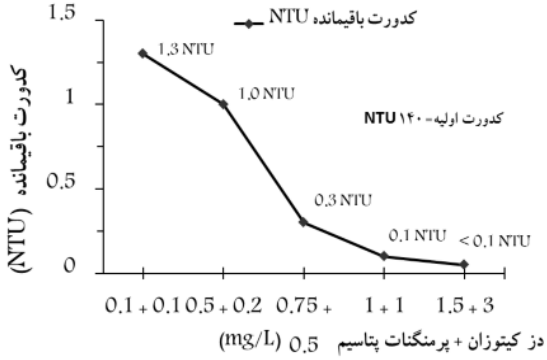
در شکل ۵ مشاهده می‌شود که با افزایش دز پرمنگنات پتاسیم میزان حذف کلیفرم‌های گوارشی افزایش یافته است. با این حال در



شکل ۵- کارایی دزهای مختلف پرمنگنات پتاسیم در حذف کلیفرم‌های گوارشی از نمونه پساب مورد آزمایش

غلظتهای کمتر از ۱ میلی‌گرم در لیتر، همچنان بار آلودگی بالا است. در غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر پرمنگنات پتاسیم، میزان کلیفرم‌های گوارشی به MPN/100mL ۸۴۰ رسید که مطابق با برخی استانداردهای موجود بود. در آخرین غلظت یعنی ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر پرمنگنات پتاسیم این میزان به کمتر از MPN/100mL ۲۵۰ رسید. همچنین شکل ۵ نشان می‌دهد که میزان حذف کلیفرم‌های گوارشی از حدود ۱/۶ لگاریتم در غلظت ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر پرمنگنات پتاسیم به حدود ۳/۶ لگاریتم در غلظت ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر پرمنگنات پتاسیم افزایش یافته است.

در شکلهای ۶ و ۷ به‌ترتیب میزان کاهش کدورت و میزان کاهش کلیفرم‌های گوارشی با استفاده ترکیبی از کیتوزان و پرمنگنات پتاسیم نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۶ دیده می‌شود کدورت درنمونه اولیه NTU ۱۴۰ بوده که در نمونه شاهد به NTU ۸۶/۳ کاهش یافته است. با افزودن کیتوزان و پرمنگنات پتاسیم میزان کاهش کدورت با سرعت بسیار بالاتری افزایش می‌یابد. در دز ترکیبی، ابتدا کدورت به NTU ۱/۳ رسید،

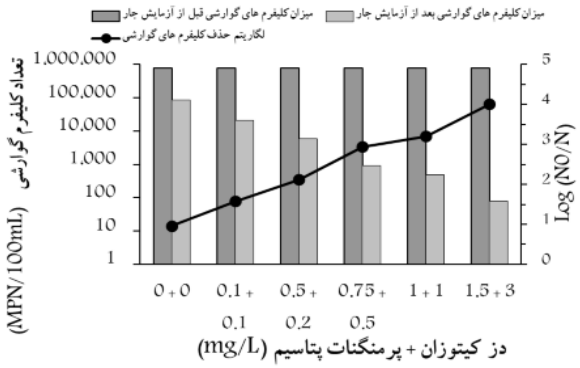


شکل ۶ - کاهش کدورت با استفاده ترکیبی از دزهای مختلف کیتوزان و پرمنگنات پتاسیم در آزمایش جار

www.SID.ir
Archive of SID

این روند ادامه داشت به نحوی که کدورت در دز آخر به کمتر از NTU ۰/۱ (آخرین دقت دستگاه) رسید. با توجه به این شکل میزان حذف کدورت در حداقل دز به‌کار برده شده در این مطالعه حدود ۹۸ درصد بود که این میزان در دز حداکثر به‌کار برده شده به ۹۹/۷ درصد رسید

نتایج حاصل از استفاده ترکیبی کیتوزان و پرمنگنات پتاسیم در حذف کلیفرم‌های گوارشی در شکل ۷ نشان داده شده است. با افزایش غلظت کیتوزان و پرمنگنات پتاسیم میزان حذف کلیفرم‌های گوارشی نیز با شیب تندی افزایش می‌یابد.



شکل ۷- کارایی دوزهای مختلف پرمنگنات پتاسیم در حذف کلیفرم‌های گوارشی از نمونه پساب مورد آزمایش

با توجه به این شکل میزان کلیفرم‌های گوارشی با استفاده همزمان از غلظتهای ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان و ۰/۷۵ میلی‌گرم در لیتر پرمنگنات پتاسیم به کمتر از MPN/100mL ۱۰۰۰ رسیده است. در غلظت ۱میلی‌گرم در لیتر کیتوزان و ۱میلی‌گرم در لیتر پرمنگنات پتاسیم این میزان به کمتر از MPN/100mL ۵۰۰ و در دز حداکثر یعنی ۳ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر پرمنگنات پتاسیم به کمتر از MPN/100mL ۱۰۰ کاهش یافته است. در دز حداکثر میزان حذف کلیفرم‌های گوارشی به حدود ۴ لگاریتم رسیده است.

در این تحقیق میزان حذف کدورت و کلیفرم‌های گوارشی (به‌عنوان باکتری‌های شاخص گندزدایی)پساب توسط پرمنگنات پتاسیم و کیتوزان به‌صورت مجزا و ترکیبی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. استفاده از کیتوزان در تصفیه پساب حاصل از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری دارای سابقه زیادی نیست و در اکثر موارد این ماده در تصفیه آب به‌کار رفته است. آزمایش‌های جار نشان داده است که عملکرد کیتوزان قابل مقایسه با آلوم است. به‌منظور کاهش کدورت آبهای خام به زیر NTU ۱ دزهای کیتوزان کمتر از ۵ میلی‌گرم در لیتر لازم است. این درحالی است که این میزان کاهش کدورت با استفاده از آلوم، نیازمند استفاده از دزی حدود ۳۰ میلی‌گرم در لیتر است [۲۰].

طبق مطالعات دی واکاران[1] و پیالای[2] در سال ۲۰۰۲ و ریزو و همکاران[3] در سال ۲۰۰۸ حذف کدورت توسط کیتوزان به ویژه در دزهای پایین (۰/۵ تا ۱ میلی‌گرم در لیتر) دارای راندمان بسیار بالایی است [۱۰ و ۲۱]. در مطالعه هیوانگ و همکاران[4] بر روی خاصیت منعقدکنندگی کیتوزان مشخص گردید دز بهینه برای فرایند انعقاد ۱ تا ۲ میلی‌گرم است [۱۸].

تحقیقات ریزو و همکاران در سال ۲۰۰۸ نشان داده است که سمیّت کیتوزان برای باکتری‌ها نسبت به دیگر منعقدکننده‌های متداول مانند آلوم و سولفات آهن کمتر است[۲۱]. مطالعه بینا و همکاران در سال ۲۰۰۹ نیز نشان داد کیتوزان حدود ۲ تا ۴ لگاریتم غیرفعال‌سازی *E.coli* از خود نشان داده است. این خاصیت به دو عمل منعقدکنندگی و نیز خاصیت باکتری‌کشی این ماده نسبت داده می‌شود[۱۲]. کیتوزان با چسبیدن به سطح دیواره سلولی یک لایه نفوذ ناپذیر در اطراف سلول ایجاد می‌کند و کانال‌های حیاتی برای زنده ماندن سلول را مسدود می‌کند که این امر باعث نابودی سلول می‌شود. از طرف دیگر کاهش میکروارگانیسم‌هایی مانند *E.coli* فقط با خاصیت انعقاد و ته‌نشینی کیتوزان غیرقابل توجیه است. این امر نشان می‌دهد که فلوکولاسیون، تنها مکانیسم کاهش میکربی توسط کیتوزان نیست [۱۱]. در تحقیق حاضر نیز اگرچه کدورت نمونه‌های مورد آزمایش نسبت به کدورت نمونه‌های مورد آزمایش در سایر مطالعات بیشتر بود (کدورت پساب در برابر کدورت آب سطحی) ولی این امر را تأیید نمود که کیتوزان در دزهای کمتر از ۱ میلی‌گرم در لیتر دارای کارایی بالایی است. همان‌طور که در شکل ۲ نیز دیده می‌شود قسمت اعظم کدورت در دزهای ۰/۱ تا ۱ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان حذف شده است. در این دزها به ترتیب حدود ۹۸ و ۹۹/۹ درصد از کدورت حذف شده و با توجه به کدورت اولیه یعنی ۱۳۸ NTU به حدود ۲/۳NTU و ۰/۲ NTU رسیده است.

پرمنگنات پتاسیم در این تحقیق کارایی چندان بالایی در حذف کدورت از خود نشان نداد (شکل ۴). با این حال همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده در حذف کلیفرم‌های گوارشی با آنکه کدورت کمتری حذف کرده است ولی بهتر از کیتوزان عمل نموده است که نشان دهنده قدرت غیرفعال سازی بسیار بیشتر این ترکیب نسبت به کیتوزان است. مطابق رهنمود EPA پرمنگنات پتاسیم

[1] Divakaran
[2] Pillai
[3] Rizzo et al.
[4] Huang et al.

Archive of SID

www.SID.ir

به‌عنوان یک اکسیدکننده با مکانیسم اکسیداسیون مستقیم جسم سلولی، توانایی نابودی میکروارگانیسم‌ها را دارد[۱۴].

استفاده همزمان کیتوزان و پرمنگنات پتاسیم به‌عنوان منعقد کننده، کدورت نمونه مورد آزمایش را نسبت به استفاده مجزا از این دو ترکیب با سرعت بیشتری کاهش داد به‌طوری که دز ترکیبی ۳ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر پرمنگنات پتاسیم، میزان کدورت را به کمتر از ۰/۱ NTU(آخرین دقت دستگاه) رساند.

این درحالی است که کیتوزان با دز ۳ و پرمنگنات پتاسیم با دز ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر به‌ترتیب قادر به حذف کدورت به کمتر از ۰/۲NTU و ۳۰NTU نبودند.

کارایی کیتوزان در حذف کلیفرم‌های گوارشی نیز توسط پرمنگنات پتاسیم افزایش یافت. همان‌طور که در شکلهای ۳ و ۵ نشان داده شده است، کیتوزان و پرمنگنات پتاسیم در حداکثر دز استفاده شده در این مطالعه به‌ترتیب ۳/۲ و ۳/۶ لگاریتم کاهش در تعداد کلیفرم‌های گوارشی را نشان داده‌اند. در شکل ۷ استفاده همزمان این دو در دز حداکثر حدود ۴ لگاریتم حذف در تعداد کلیفرم‌های گوارشی نشان داده شده است. کیتوزان به تنهایی و همچنین پرمنگنات پتاسیم به تنهایی در دزهای بیشتر از ۱ میلی‌گرم در لیتر میزان کلیفرم‌های گوارشی را به زیر ۱۰۰۰ MPN/100mL رساند. اما استفاده همزمان این دو باعث شد در دز ترکیبی ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان و ۰/۷۵ میلی‌گرم در لیتر پرمنگنات پتاسیم، میزان کلیفرم‌های گوارشی به کمتر از MPN/100mL ۱۰۰۰ برسد و این میزان کاهش در دز ترکیبی حداکثر به‌کار برده شده (۳میلی‌گرم در لیتر کیتوزان و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر پرمنگنات پتاسیم) به زیر ۱۰۰ MPN/100mL رسید.

۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه تأثیر پرمنگنات پتاسیم بر کارایی کیتوزان در حذف کدورت و کلیفرم‌های گوارشی از پساب در فرایند انعقاد مورد بررسی قرار گرفت. مطابق نتایج حاصل از این تحقیق استفاده از پرمنگنات پتاسیم سبب افزایش کارایی کیتوزان در حذف کدورت و کلیفرم گوارشی گردید. با این حال در مطالعه حاضر تأثیر و تداخلات احتمالی دیگر مواد موجود در نمونه پساب واقعی مورد مطالعه قرار نگرفت. مطالعه بر روی نمونه واقعی فاضلاب این تأثیرات را با وضوح بیشتری مشخص خواهد کرد.

۵- قدردانی

این مقاله نتیجه طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران با کد ۱۱۰۵۸ مورخ ۱۳۸۹/۹/۱۹ است. به این وسیله نویسندگان این مقاله از کلیه افرادی که در این تحقیق ما را یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایند.

۶- مراجع

1- Murcott, S.E., and Donald, R. F. (1996). *Method of drinking water treatment with natural cationic polymers*, Massachusetts Institute of Technology, United States.

2- Adin, A., and Asano, T. (1998). "The role of physical-chemical treatment in wastewater reclamation and reuse." *Water Science and Technology*, 37(10), 79-90.

3- Veschetti, E., Cutilli, D., Bonadonna, L., Briancesco, R., Martini, C., Cecchini, G., Anastasi, P., and Ottaviani, M. (2003). "Pilot-plant comparative study of peracetic acid and sodium hypochlorite wastewater disinfection." *Water Research*, 37(1), 78-94.

4- Abdolah Zadeh, M., Torabian, A., and Hassani, A.H. (2009). "Comparison of the performance of Poly Aluminum Chloride (PACl), Ferric Chloride (FeCl3), in turbidity and organic matter removal." *J. of Water and Wastewater*, 70, 23-31.(In Persian)

5- Pan, J.R.S, Huang, C., Chen, S., and Chung, Y.C. (1999). "Evaluation of a modified chitosan biopolymer for coagulation of colloidal particles." *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 147, 359-364.

6- Benassi, J.C., Laus, R., Geremias, R., Lima, P.L, Menezes, C. T., Laranjeira, M.C., Wilhelm-Filho, D., Favere V.T., and Pedrosa, R.C. (2006)." Evaluation of remediation of coal mining wastewater by chitosan microspheres using biomarkers." *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 51(4), 633-640.

Archive of SID

www.SID.ir

7- Chung, Y.C. (2006). “Improvement of aquaculture wastewater using chitosan of different degrees of deacetylation.” *Environ. Technol.*, 27, 1199-1208.
8- Huang, C., Chen, S., and Ruhsing Pan, J. (2000). “Optimal condition for modification of chitosan: A biopolymer for coagulation of colloidal particles.” *Water Research*, 34, 1057-1062.
9- Chung, Y.C., Li, Y.H., and Chen, C.C. (2005). “Pollutant removal from aquaculture wastewater using the biopolymer chitosan at different molecular weights.” *J. of Environ Sci. Health A Tox. Hazard. Subst. Environ. Eng.*, 40, 1775-1790.
10- Divakaran, R., and Pillai, V.N. (2002). “Flocculation of river silt using chitosan.” *Water Research*, 36, 2414-2418.
11- Mehdinejad, M.H., Bina, B., Nikaeen, M., and Movahedian Attar, H.M. (2009). “Effectiveness of chitosan as natural coagulant aid in removal of turbidity and bacteria from turbid waters.” *J. of Food, Agriculture and Environment*, 7, 845-850.
12- Gamage, A., and Shahidi, F. (2007). “Use of chitosan for the removal of metal ion contaminants and proteins from water.” *J. of Food Chemistry*, 104, 989-996.
13- Bina, B., Mehdinejad, M. H., Nikaeen, M., and Movahedian Attar, H. (2009) “Effectiveness of chitosan as natural coagulant aid in removal of turbidity and bacteria from turbid waters.” *Iran. J. of Environ. Health. Sci. Eng*., 6, 247-252.
14- U.S. EPA. (1999). *Alternative Disinfectants and Oxidants Guidance Manual*, EPA. 815-R, 1999-014-99. p. 5.1-5.15, USA.
15- Guibai, M. L., and Yongxin, F.Ch. (1992). “Study on the efficiency of permanganate as a coagulation aid.” *China Water and Wastewater*, 4, 203-218.
16- Kawamura, S. (2000). *Integrated design and operation of water treatment facilities*, 2nd Ed., John Wiley and Sons. Inc., New York.
17- Jiang, J. Q., Wang, S., and Panagoulopoulos, A. (2007). “The role of potassium ferrate (VI) in the inactivation of escherichia coli and in the reduction of COD for water remediation.” *Desalination*, 210, 266-273.
18- Huang, C., and Chen, Y. (1996). “Coagulation of colloidal particles in water by chitosan.” *J. of Chemical Technology and Biotechnology*, 66, 227-232.
19- Eaton, A. D., Clesceri, L. S., Rice, W. E., and Greenberg, A. E. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 21st Ed., American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Washington, DC.
20- Brown, T.J., and Emelko, M.B. (2009). “Chitosan and metal salt coagulant impacts on cryptosporidium and microsphere removal by filtration.” *Water Research*, 43, 331-338.
21- Rizzo, L., Di Gennaro, A., Gallo, M., and Belgiorno, V. (2008). “Coagulation/chlorination of surface water: A comparison between chitosan and metal salts.” *Separation and Purification Technology*, 62, 79-85.

Archive of SID

www.SID.ir