جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان / پاییز ۱۳۸۸ / دوره ۱۱ / شماره ۳ (پی در پی ۳۱) / صفحات ۶۰ تا ۶۹

**تحقیقی**

# کارآیی آلوم توام با کیتوزان و پروتئین انعقادی مورینگا اولیفرا در حذف ذرات کلوئیدی و باکتری‌ها از آب‌های کدر

مهندس محمدهادی مهدی نژاد*[1]، دکتربیژن بینا[2]، دکتر مهناز نیک آئین[3]، دکتر حسین موحدیان عطار[4]

۱- دانشجوی دکترای بهداشت محیط ، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان ، عضو هیأت علمی گروه بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی گرگان.
۲- استاد گروه مهندسی بهداشت محیط ، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان. ۳- استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط ، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان. ۴- دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط ، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.

---

## چکیده

**زمینه و هدف :** *کیتوزان و پروتئین انعقادی مورینگا اولیفرا از منعقدکننده‌های طبیعی هستند که امروزه به منظور رفع مشکلات مربوط به منعقدکننده‌های شیمیایی، کاربرد فراوانی پیدا کرده‌اند. این مطالعه به منظور تعیین کارآیی این ترکیبات طبیعی به عنوان کمک‌منعقدکننده به همراه آلوم، برای حذف ذرات کلوئیدی، باکتری‌های اشرشیاکلی و استرپتوکوکوس فیکالیس در شرایط بهینه انجام شد.*

**روش بررسی :** *در این مطالعه مداخله‌ای شبه‌تجربی، نمونه‌های آب ساختگی با کدورت‌های کم (۲۰NTU-۱۰)، کدورت متوسط (۱۲۰NTU-۱۰۰) و کدورت زیاد (۲۲۰NTU-۲۰۰) تهیه شد. غلظت بهینه آلوم توام با کمک‌منعقدکننده‌ها و PH بهینه از طریق آزمایش جار تعیین گردید. سنجش کدورت از طریق دستگاه کدورت‌سنج HACH مدل P۲۱۰۰ و براساس اصل پراکندگی نور صورت گرفت. نمونه‌برداری از عمق ۱۰ سانتی‌متری زیر سطح آب برای تعیین کدورت و حذف باکتری‌ها انجام گرفت. آزمون تی زوج با ضریب اطمینان ۹۵ درصد در این مطالعه استفاده شد.*

**یافته‌ها :** *غلظت بهینه آلوم برای کدورت‌های کم ، متوسط و زیاد به ترتیب ۴۰ ، ۲۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و PH بهینه ۷/۵-۷ به دست آمد. کاربرد پروتئین انعقادی مورینگا بین ۱۲/۵ تا ۶۲/۵ درصد و کایتوزان بین ۵۰ تا ۸۷/۵ درصد غلظت منعقدکننده آلوم را در کدورت‌های مختلف کاهش داد و آلومینیوم باقی‌مانده را تا زیر ۰/۲mg/l رساند. میزان حذف باکتری‌ها بین ۹۰ تا ۹۹/۹۹۹۹ درصد بود و بعد از ۲۴ ساعت هیچ‌گونه رشد مجددی از باکتری‌ها در نمونه‌های آب تصفیه شده مشاهده نگردید.*

**نتیجه‌گیری:** *این مطالعه نشان داد که کیتوزان و پروتئین انعقادی مورینگا اولیفرا به عنوان کمک منعقدکننده ، بدون فیلتراسیون، کدورت آب را تا زیر ۵NTU کاهش می‌دهند.*

**کلید واژه‌ها:** *کیتوزان ، پروتئین انعقادی ، مورینگا اولیفرا ،کدورت آب*

---

* نویسنده مسؤول : مهندس محمدهادی مهدی نژاد ، پست الکترونیکی : hmnejad@yahoo.com
نشانی : اصفهان ، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان ، دانشکده بهداشت ، گروه بهداشت محیط ، تلفن : ۷۹۲۲۶۷۷ (۰۳۱۱) ، نمابر : ۶۶۸۲۵۰۹

وصول مقاله : ۸۷/۱۱/۵، اصلاح نهایی : ۸۸/۴/۱۰، پذیرش مقاله : ۸۸/۴/۲۱

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد



**مقدمه**

حذف ذرات معلق و کلوئیدی یکی از مهم‌ترین مراحل تصفیه محسوب می‌شود که در فرآیندهای انعقاد، لخته‌سازی و ته‌نشینی صورت می‌گیرد. این مرحله نقش مهمی در تصفیه آب‌های سطحی ایفا می‌کند. به طوری که توسط آن کدورت، رنگ، جلبک، ترکیبات آلی و حتی باکتری‌ها حذف می‌شود. این فرآیند با کاهش کدورت، باعث افزایش کارآیی فرآیندهای بعدی در تصفیه آب، از جمله فیلتراسیون و گندزدایی می‌شود (۱و۲). بررسی کیفیت میکربی آب‌های تصفیه شده، از متغیرهای مهم در تصفیه آب می‌باشد. باکتری‌هایی از قبیل کلیفرم‌ها، اشرشیا کلی و استرپتوکوکوس فیکالیس از جمله باکتری‌های مهمی می‌باشند که در تصفیه آب به عنوان بیواندیکاتور شناخته می‌شوند. شناخت میکربی آب‌های تصفیه شده، از نظر سلامتی مصرف کنندگان بسیار مهم است. بیماری‌های زیادی از جمله وبا و اسهال خونی توسط آب‌های آلوده به انسان منتقل می‌شود. باکتری‌های گروه کلیفرم اندیکاتور آلودگی آب آشامیدنی بوده و وجود آن در آب تصفیه شده دلیل احتمال آلودگی مدفوعی آب می‌تواند باشد و از نظر استانداردهای کیفی آب آشامیدنی، این آب برای مصرف کنندگان قابل شرب نیست. وجود استرپتوکوکوس فیکالیس در منابع آب نشانگر آلودگی قدیمی آب به مدفوع بوده و از این نظر بایستی پیگیری‌های مستمر در جهت تشخیص نحوه آلودگی مدفوعی منابع آبی در محیط زیست صورت گیرد (۳). یکی از منعقدکننده‌های پرمصرف در فرآیند انعقاد، نمک‌های آلومینیوم می‌باشد. متداول‌ترین نمک آلومینیوم مصرفی در عمل انعقاد سولفات آلومینیوم یا آلوم ($Al2(So_4)_3.18H_2O$) می‌باشد (۴).

زیان‌های جدی در اثر کاربرد نمک‌های آلومینیوم به دلیل باقیماندن در آب، تولید حجم زیاد لجن و نحوه دفع در محیط زیست به وجود آمده است (۵). جذب مقادیر زیاد آلومینیوم اثرات خطرناکی در انسان ایجاد می‌نماید که آنمی‌میکروسیتیک، پوکی استخوان و نارسایی کلیه در بیماران دیالیزی را می‌توان نام برد. امروزه شواهد زیادی در مورد ارتباط بین اختلالات استخوانی و غلظت آلومینیوم در آب وجود دارد. این بیماری در اروپا به نیوکاسل استخوانی معروف است. ارتباط آلومینیوم با بیماری آلزایمر نیز از موضوعات مهمی است که بایستی به آن توجه نمود (۶و۷).

به منظور رفع مشکلات مربوط به منعقدکننده‌های شیمیایی، تحقیقات زیادی در خصوص منعقدکننده‌های طبیعی در سال‌های اخیر صورت گرفته است که در این رابطه از کاربرد مورینگا اولیفرا و کیتوزان (Chitosan) می‌توان نام برد. گیاه مورینگا اولیفرا (Moringa Oleifera) متعلق به خانواده مورینگاسه (Moringaceae) می‌باشد. این گیاه، غیرسمی و پلیمر آلی طبیعی است و گونه اولیفرا، بومی شمال هند و معروف‌ترین گونه در بین همه گونه‌ها می‌باشد. از عصاره خام آن در مصارف خانگی برای زلال‌سازی آب در بسیاری از نواحی جهان استفاده می‌شود (۸). اگرچه کاربرد عصاره خام این ماده در کدورت‌های بالا مناسب‌تر است، ولی برای آب‌هایی با کدورت کم به‌عنوان کمک منعقد کننده، کارایی بیشتری دارد. با توجه به ورود مواد آلی و مغذی ناشی از کاربرد عصاره خام مورینگا به داخل آب‌های تصفیه شده، امروزه تلاش زیادی برای کاربرد اجزاء انعقادی مورینگا اولیفرا از جمله پروتئین آن صورت گرفته است. این پروتئین از عصاره خام آن توسط کروماتوگرافی تبادل یونی جداسازی می‌شود و به طور کامل در آب محلول و پایدار است. پروتئین استخراجی، حاوی پپتید کاتیونی محلول با نقطه ایزوالکتریک (PI) بالاتر از ۱۰ و جرم ملکولی ۶/۵ کیلو دالتون می‌باشد (۹). پروتئین انعقادی مورینگا اولیفرا هیچگونه افزایشی در مواد آلی، فسفات و نیترات آب ایجاد نمی‌کند و کربن آلی را نیز افزایش نمی‌دهد و در کدورت‌های پایین نیز موثر است (۸). Ghebremichael گزارش نمود که پروتئین انعقادی مورینگا اولیفرا توانایی حذف۴-۱/۱ لگاریتم از تراکم باکتری را دارد (۸).

کیتوزان نیز یکی دیگر از پلی‌الکترولیت‌های کاتیونی طبیعی می‌باشد. این ماده از کیتین مشتق شده و بعد از سلولز فراوان‌ترین پلیمر طبیعی محسوب می‌شود. این ماده در پوسته سخت‌پوستان، حشرات و دیواره سلولی قارچ‌ها یافت می‌شود. کیتوزان در واقع یک هتروپلی‌ساکارید خطی با وزن ملکولی بالا (حدود ۴+۱۰ تا ۶+۱۰دالتون) می‌باشد. امروزه در ژاپن از کیتوزان به عنوان کمک منعقد کننده استفاده می‌شود.

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد



کیتوزان، یک ماده غیرسمی و قابل تجزیه بوده و از طریق خنثی‌سازی بار، جذب و پل‌زنی بین ذرات، عمل انعقاد و لخته‌سازی را انجام می‌دهد. Divakaran و Pillai طی فرآیند انعقاد، برای کدورت‌های اولیه بین ۱۶۰۱۰ NTU، ۸۰ تا ۹۵ درصد حذف را به دست آوردند و نیز باکتری اشرشیا کلی (E.coli) را تا ۹۸درصد حذف نمودند (۱۰).

کاربرد منعقدکننده‌های طبیعی در کشورهای در حال توسعه به طور موثری هزینه‌ها را می‌تواند بکاهد. ولی امروزه از دو ماده کیتوزان و پروتئین انعقادی مورینگا اولیفرا به عنوان کمک‌منعقدکننده کمتر استفاده می‌شود و تحقیقات مشخصی در ایران و کشورهای مختلف تاکنون صورت نگرفته است. با توجه به صرف هزینه‌های زیاد برای خرید مواد شیمیایی در فرآیندهای تصفیه آب، استفاده از این نوع مواد طبیعی به عنوان کمک‌منعقدکننده باعث صرفه‌جویی در خرید مواد شیمیایی از جمله منعقدکننده آلوم می‌گردد. لذا در این مطالعه اثر منعقدکننده آلوم در ترکیب با کمک منعقدکننده‌های طبیعی کیتوزان و پروتئین انعقادی مورینگا اولیفرا (MOCP) بر روی حذف کدورت‌های مختلف آب، باکتری‌های اشرشیاکلی و استرپتوکوکوس فیکالیس طی فرآیند انعقاد و لخته‌سازی مورد بررسی قرار گرفت.

## روش بررسی

این مطالعه مداخله‌ای- شبه‌تجربی در دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان طی سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷بر روی نمونه‌های آب آماده شده و مشابه با رودخانه زاینده رود انجام گردید.

### تهیه نمونه آب ساختگی مورد نیاز

۱۰ گرم از پودر کائولین (Kaoline) را در یک لیتر آب مقطر حل کرده و به مدت یک ساعت برای یکنواخت شدن سوسپانسیون به آرامی هم زدیم. این سوسپانسیون برای مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد تا هیدراسیون کامل ذرات کائولین صورت گیرد. از این محلول استوک برای تهیه آب‌های کدر با کدورت‌های کم (۱۰-۲۰NTU)، کدورت متوسط (۱۰۰-۱۲۰NTU) و کدورت زیاد (۲۰۰-۲۲۰NTU) استفاده گردید. طبقه‌بندی این کدورت مبنای خاصی نداشت و فقط براساس مشاهده نتایج کدورت آب ورودی به بعضی از تصفیه‌خانه‌های آب شهرها صورت گرفت. به منظور شبیه‌سازی این آب با کیفیت آب رودخانه زاینده‌رود، قلیائیت (معادل Caco3 ۱۰۰mg/l as)، سختی کلسیم (معادل Caco3 ۵۰mg/l as) و سختی منیزیم (معادل Caco3 ۵۰mg/l as) به ترتیب با افزودن بیکربنات سدیم، کلریدکلسیم و سولفات منیزیم به نمونه‌های آب انجام گرفت. دمای آب در کلیه آزمایش‌ها براساس دمای اتاق و بین ۲۰ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد بود. PH نمونه‌های آب توسط سود ۰/۱ نرمال و اسیدسولفوریک ۰/۱ نرمال تنظیم گردید (۱۱و۱۲).

### تهیه محلول سولفات آلومینیوم یا آلوم

محلول ۱۰ درصد آلوم به وسیله حل‌کردن ۱۰ گرم سولفات آلومینیوم ۱۸ آبه ($Al_2So_4.18H_2O$) در یک لیتر آب مقطر تهیه شد. هر ۱ml از این محلول حاوی ۱۰mg آلوم بود.

### تهیه محلول کیتوزان

پودر کیتوزان با ۸۵درصد حذف گروه‌های استیل (Deacetylation) از شرکت شیمیایی Sigma خریداری گردید. این پودر به رنگ قهوه‌ای روشن بوده و قابلیت حل‌شدن در اسیدکلریدریک و اسیداستیک را دارد. برای تهیه محلول کیتوزان، ۱۰۰mg از پودر کیتوزان را به دقت وزن کرده و آن را در ۱۰ml اسیدکلریدریک ۰/۱ مولار حل کردیم. پروسه حل شدن به آرامی صورت می‌گیرد. به همین دلیل به مدت یک ساعت نگه داشته شد تا کیتوزان به خوبی در اسید حل گردد. سپس محلول به دست آمده را در مقداری آب مقطر حل کرده و حجم را به ۱۰۰ml رساندیم. هر ۱ml از این محلول حاوی ۱mg کیتوزان بود (۱۰). با توجه به این که خواص کیتوزان در محیط اسیدی بعد از مدتی تغییر پیدا می‌کند، لذا ضروری است این محلول به صورت تازه و قبل از انجام آزمایش تهیه شود. مزیت انتخاب اسیدکلریدریک به عنوان محیط اسیدی نسبت به اسیداستیک، جلوگیری از ورود مواد آلی توسط اسیداستیک بود (۱۳).

### تهیه محلول پروتئین انعقادی مورینگا اولیفرا (MOCP)

دانه‌های گیاه مورینگا اولیفرا از کشور سنگال و استان بوشهر (شماره هرباریوم ۵۳۰۵۴) تهیه شد و در حرارت اتاق نگهداری گردید. برای تهیه MOCP، پوسته دانه‌ها کنده شدند

و هسته توسط یک مخلوط‌کن به پودر تبدیل گردید. برای حذف روغن این ماده، آن را در اتانول ۹۵درصد برای مدت ۳۰ دقیقه حل کردیم و سپس از طریق سانتریفوژ، جامدات باقی‌مانده جدا گردیدند. جامدات در حرارت اتاق خشک شدند و پس از حل کردن در آب مقطر، محلول NaCl و بافر استات آمونیوم، محلول ۵درصد وزنی تهیه شد. این محلول برای ۳۰ دقیقه هم زده شد و توسط یک کاغذ صافی فایبرگلاس با قطر روزنه‌هایی معادل ۷ میکرون، صاف گردید. محلول فیلتر شده تحت عنوان عصاره خام استخراج شده (Crude extracts) نامیده شد. پروتئین انعقادی مورینگا اولیفرا از عصاره خام به وسیله ستون کروموتوگرافی تبادل یونی و روش جذب به دست آمد. روش تبادل یونی در یک ستون کاتیونی از جنس کربوکسی متیل‌سفاروز با اندازه بستر ۱۶۵-۴۵ میکرومتر انجام گرفت. ستون توسط بافراستات آمونیوم (pH=۶,۷و۱۰Mm) کالیبره شد. قدرت یونی بهینه محلول کلریدسدیم برای شستشو ۰/۶ مولار بود. به منظور حذف پروتئین‌های جذب شده غیرانعقادی، مراحل چندگانه شستشو انجام گرفت. طی مراحل شستشو، این نوع پروتئین‌ها توسط محلول کلریدسدیم ۰/۳ مولار و به دنبال آن محلول ۰/۶ مولار حذف شدند. نتایج به دست آمده نشان داد که شستشو، تنها به وسیله محلول ۰/۶ مولار کلریدسدیم نیز می‌تواند؛ انجام شود. سپس پروتئین‌های کاتیونی جذب شده بر روی ستون، توسط محلول ۰/۶ مولار کلریدسدیم شستشو و از سیستم خارج شدند و نمک‌های آن توسط فیلتر پلی‌استری با روزنه‌های ۵میکرومتری جداسازی گردیدند. درانتها محلول به دست آمده لیوفیلیزه (انجماد تا منهای ۵۰ درجه سانتی‌گراد، سپس تحت فشار خلاء و افزودن گرما برای تبدیل بخار به مایع) گردید و بدین ترتیب یک فرآورده سفید رنگ پروتئینی پایدار به دست آمد. ثابت‌های تعادل از طریق مدل تعادل لانگمیر تعیین گردید و حداکثر ظرفیت جذب و ثابت تجزیه سیستم به ترتیب ۶۸mg/gr و ۰/۰۴۹ml/gr تعیین شد (۸و۱۴). از آنجایی که فرآیند جذب ذرات در یک سطح مایع هموژن و حاوی یک نوع محل اتصال جذب بود، لذا از ایزوترم جذب لانگمیر استفاده گردید. ایزوترم جذب فروندلیچ یک مدل تجربی است و برای سطوح جاذب جامد به کار می‌رود (۱۵).

**تکثیر و شمارش باکتری‌ها**

باکتری‌های انتخاب شده برای تحقیق، شامل باکتری‌های اشرشیاکلی (ATCC1339)و استرپتوکوکوس فیکالیس (PTCC1237) بودند که از انستیتو پاستور ایران تهیه شدند. سوش‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه بر روی پلیت‌های حاوی آگار غذایی در داخل انکوباتور طی ۴۸-۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد کشت داده شدند. برای تائید سوش‌ها از محیط کشت اختصاصی ائوزین متیلن بلو (EMB) برای شناسایی اشرشیاکلی و از محیط کشت انتخابی انتروکوکوس آگار (PSE)(Pfizer selective Enterococcus agar) برای شناسایی استرپتوکوکوس فیکالیس استفاده شد. وجود کلنی‌های تیپیک با جلای سبز متالیک نشان‌دهنده باکتری اشرشیاکلی و وجود کلنی‌های قهوه‌ای متمایل به سیاه با هاله قهوه‌ای، نشان‌دهنده باکتری استرپتوکوکوس فیکالیس بود. پس از تائید سوش‌ها، پلیت‌های حاوی باکتری در داخل یخچال نگهداری شدند تا در مراحل بعدی آزمایش به کار روند. برای انجام آزمایش، ابتدا چند کلنی از کشت تازه باکتری‌ها در ۵۰۰ml آب مقطر استریل مخلوط گردید و به مدت یک دقیقه هم زده شد. سپس از طریق رقت‌های متوالی جمعیت باکتری‌ها در هر ۱۰۰ml تعیین شد. بدین منظور ۱ml از سوسپانسیون باکتری در لوله‌های حاوی ۹ml آب‌مقطر استریل، ریخته شد و پس از ورتکس نمودن آن به مدت یک دقیقه، ۱ml از رقت ۱۰-۱ به ۹ml آب مقطر استریل دیگر اضافه گردید تا رقت ۱۰-۲ تهیه گردد و این عمل تا تهیه رقت ۱۰-۸ ادامه یافت. با افزودن ۱ ml از هر رقت تهیه شده به لوله‌های حاوی لاکتوز براث یک غلظت استریل (روش ۳لوله‌ای) و قرار دادن آنها در داخل انکوباتور، جمعیت باکتری‌ها با توجه به مثبت بودن لوله آزمایش، از طریق روش محتمل‌ترین تعداد باکتری‌ها (Most Probable Number) محاسبه گردید. در کلیه آزمایش‌ها از یک نمونه شاهد مثبت استفاده گردید (۳).

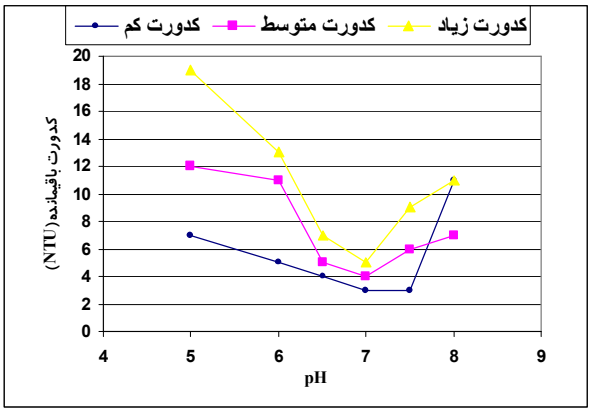
**آزمایش جار(Jar Test)**

در آزمایش جار از ۶ ظرف مربعی شکل از جنس پلاکسی‌گلاس به حجم ۲ لیتر استفاده گردید (۱۶). در هر ظرف یک لیتر از آب نمونه با کدورت معین ریخته شد و پس

از افزودن قلیائیت و سختی، تنظیم PH محلول توسط سود ۰/۱ نرمال و اسیدسولفوریک ۰/۱ نرمال انجام گرفت. برای هر یک از کدورت‌های کم، متوسط و زیاد آزمایش جار انجام گرفت. به منظور تعیین PH بهینه، آزمایش‌های جار با نمونه‌های آب با PH مختلف ۵/۵، ۶ ، ۶/۵، ۷ ، ۷/۵، ۸ و ۸/۵ صورت گرفت. پس از تعیین PH بهینه، به منظور تعیین غلظت بهینه آلوم، دوزهای مختلفی از منعقدکننده آلوم بین صفر تا ۵۰mg/l به هر یک از جارها اضافه شد و غلظت بهینه آلوم برای کدورت‌های مختلف به دست آمد. سپس برای هر یک از کدورت‌ها به منظور تعیین غلظت بهینه آلوم توام با کمک منعقدکننده‌های طبیعی، با افزودن دوزهای مختلفی از آلوم بین صفر تا ۲۰mg/l به نمونه‌های آب، فرآیند اختلاط سریع با سرعت اختلاط ۱۰۰دور در دقیقه، طی زمان یک دقیقه انجام گردید. در انتهای فرآیند اختلاط سریع، کمک منعقدکننده‌های کیتوزان و MOCP به طور جداگانه در غلظت‌های بین ۰/۵ تا ۵ mg/l، به نمونه‌های آب افزوده شد. سپس طی مرحله اختلاط کند یا لخته‌سازی، سرعت اختلاط به ۴۰ دور در دقیقه به مدت ۷/۵ دقیقه و ۲۰ دور در دقیقه به مدت ۷/۵ دقیقه کاهش یافت. بعد از این مدت، جارها از زیر دستگاه خارج شدند تا لخته‌های تشکیل شده در زمان ۲۰ دقیقه ته‌نشین شوند. لازم به توضیح است که ترکیب آلوم با هر یک از کمک‌منعقدکننده‌ها به طور جداگانه در آزمایش جار انجام گرفتند. پس از پایان یافتن آزمایش، نمونه‌برداری برای تعیین کدورت باقیمانده و میزان حذف باکتری‌ها، از ۱۰ سانتی‌متر زیر سطح آب توسط پی‌پت انجام گرفت (۱۶و۱۷). آزمون تی زوج با ضریب اطمینان ۹۵ درصد در این مطالعه استفاده شد.

## یافته‌ها

PH بهینه برای کاربرد آلوم در کدورت‌های مختلف بین ۷ تا ۷/۵ بود و میزان کدورت باقیمانده در این شرایط بین ۳ تا ۵ به دست آمد (نمودار ۱). تحت شرایط PH بهینه، غلظت‌های مختلفی از آلوم برای تعیین حداکثر حذف کدورت به‌کار رفت و غلظت بهینه آلوم برای کدورت‌های کم، متوسط و زیاد به ترتیب ۲۰ ، ۴۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل گردید. در غلظت‌های بهینه آلوم، میزان کدورت باقیمانده برای کدورت‌های مختلف، بین NTU ۴-۳ و راندمان حذف کدورت به ترتیب برابر با ۷۱/۶درصد، ۹۷/۲۴درصد و ۹۸/۳۸درصد حاصل گردید.




*نمودار ۱ : تعیین PH بهینه در کدورت‌های مختلف*

برای تعیین غلظت بهینه آلوم در ترکیب با کمک منعقدکننده‌های طبیعی کیتوزان و MOCP ابتدا سرعت و زمان اختلاط بهینه در فرآیندهای انعقاد، لخته‌سازی و ته‌نشینی به دست آمد. بر این اساس زمان و شدت اختلاط تند یک دقیقه و ۱۰۰ rpm و برای فرآیند اختلاط کند یا لخته‌سازی شامل دو مرحله زمانی ۷/۵ دقیقه و ۴۰ rpm و ۷/۵ دقیقه و ۲۰ rpm به دست آمد. زمان ته‌نشینی نیز ۲۰ دقیقه تعیین شد. در آب‌های با کدورت کم غلظت بهینه آلوم در ترکیب با کیتوزان به ترتیب ۱۰ و ۱ میلی‌گرم در لیتر و حداکثر حذف کدورت ۷۴/۳درصد و برای غلظت بهینه آلوم توام با MOCP، ۱۵ و ۳ میلی‌گرم در لیتر و حداکثر حذف کدورت ۸۰/۱۸درصد به دست آمد. برای کدورت متوسط غلظت بهینه آلوم در ترکیب با کیتوزان به ترتیب ۵ و ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر و حداکثر حذف کدورت ۹۶درصد و برای غلظت بهینه آلوم توام با MOCP، ۱۵ و ۵ میلی‌گرم در لیتر و حداکثر حذف کدورت ۹۶/۴درصد به دست آمد. در کدورت زیاد غلظت بهینه آلوم در ترکیب با کیتوزان به ترتیب ۵ و ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر و حداکثر حذف کدورت ۹۸/۲درصد و برای غلظت بهینه آلوم توام با MOCP، ۱۷/۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر و حداکثر حذف کدورت ۹۹درصد به دست آمد. نتایج به دست آمده نشان داد که ترکیب آلوم توام با کیتوزان و ترکیب آلوم توام با پروتئین انعقادی مورینگا توانایی حذف کدورت تا زیرحد استاندارد

جدول ۱ : اثر منعقدکننده آلوم در ترکیب با کمک منعقدکننده‌های طبیعی روی اشرشیا کلی (تعداد اولیه باکتری $=۱۵\times۱۰^{+۶}$)

| منعقد کننده توام با کمک منعقدکننده طبیعی | کدورت کم (۱۰-۲۰NTU) تعداد باکتری‌ها (MPN/100ml) درصد | | کدورت متوسط (۱۰۰-۱۲۰NTU) تعداد باکتری‌ها (MPN/100ml) درصد | | کدورت زیاد (۲۰۰-۲۲۰NTU) تعداد باکتری‌ها (MPN/100ml) درصد | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | بعد از یک ساعت | بعد از ۲۴ ساعت | بعد از یک ساعت | بعد از ۲۴ ساعت | بعد از یک ساعت | بعد از ۲۴ ساعت |
| شاهد (بدون منعقد کننده) | $۱۵\times۱۰^{+۵}$ (۹۰) | ۰ (۱۰۰) | $۴۳\times۱۰^{+۴}$ (۹۰) | $۴\times۱۰^{+۲}$ (۹۹/۹۹) | $۱۵\times۱۰^{+۵}$ (۹۰) | ۴ (۹۹/۹۹۹) |
| آلوم توام با کیتوزان | $۲۹\times۱۰^{+۳}$ (۹۹/۸) | $۴۳\times۱۰^{+۲}$ (۹۹/۷) | $۴۳\times۱۰^{+۲}$ (۹۹/۹۷) | ۴ (۹۹/۹۹۹۹) | $۱۱\times۱۰^{+۴}$ (۹۹/۲۶) | ۴ (۹۹/۹۹۹۹) |
| آلوم توام با MOCP | $۱۲\times۱۰^{+۴}$ (۹۹/۲) | $۱۵\times۱۰^{+۳}$ (۹۹/۹) | $۳۶\times۱۰^{+۲}$ (۹۹/۹۷) | $۱۵\times۱۰^{+۲}$ (۹۹/۹۹) | $۴\times۱۰^{+۴}$ (۹۹/۷۳) | ۴ (۹۹/۹۹۹۹) |

MOCP : پروتئین انعقادی مورینگا اولیفرا

جدول ۲ : اثر منعقدکننده آلوم در ترکیب با کمک منعقدکننده‌های طبیعی روی استرپتوکوکوس فیکالیس (تعداد اولیه باکتری $=۲۴\times۱۰^{+۶}$)

| منعقد کننده توام با کمک منعقد کننده طبیعی | کدورت کم (۱۰-۲۰NTU) تعداد باکتری‌ها (MPN/100ml) درصد | | کدورت متوسط (۱۰۰-۱۲۰NTU) تعداد باکتری‌ها (MPN/100ml) درصد | | کدورت زیاد (۲۰۰-۲۲۰NTU) تعداد باکتری‌ها (MPN/100ml) درصد | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | بعد از یک ساعت | بعد از ۲۴ ساعت | بعد از یک ساعت | بعد از ۲۴ ساعت | بعد از یک ساعت | بعد از ۲۴ ساعت |
| شاهد (بدون منعقد کننده | $۴۳\times۱۰^{+۴}$ (۹۸/۲) | $۴۶\times۱۰^{+۳}$ (۹۹/۸) | $۲۴\times۱۰^{+۵}$ (۹۰) | $۱۵\times۱۰^{+۴}$ (۹۹/۳۷) | $۲۴\times۱۰^{+۵}$ (۹۰) | $۲۴\times۱۰^{+۴}$ (۹۹) |
| آلوم توام با کیتوزان | $۴\times۱۰^{+۳}$ (۹۹/۹۸) | $۲۳\times۱۰^{+۲}$ (۹۹/۹۹) | $۴۶\times۱۰^{+۴}$ (۹۹/۸) | $۲۴\times۱۰^{+۴}$ (۹۹) | $۲۴\times۱۰^{+۴}$ (۹۹) | $۷۵\times۱۰^{+۳}$ (۹۹/۶۸) |
| آلوم توام با MOCP | $۲۰\times۱۰^{+۳}$ (۹۹/۹۱) | $۴۶\times۱۰^{+۲}$ (۹۹/۹۸) | $۱۵\times۱۰^{+۴}$ (۹۹/۴) | $۴۳\times۱۰^{+۳}$ (۹۹/۹۸) | $۱۵\times۱۰^{+۴}$ (۹۹/۴) | $۲۳\times۱۰^{+۳}$ (۹۹/۹) |

(۵NTU) را دارند. نتایج آزمون تی زوج با سطح اطمینان ۹۵درصد، ارتباط معنی‌داری را بین کدورت اولیه و حذف کدورت نشان داد (P<۰/۰۵). آزمون تی زوج نشان داد که بین کاربرد آلوم توام با کیتوزان در حذف کدورت با کاربرد آلوم توام با MOCP اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. آزمایش‌ها نشان داد که وقتی آلوم به تنهایی برای حذف کدورت به کار رفت؛ میزان آلومینیوم باقی‌مانده در آب‌های تصفیه شده بین ۱/۶-۱ میلی‌گرم در لیتر بود. در حالی که با استفاده از کیتوزان و MOCP به عنوان کمک منعقدکننده در ترکیب با آلوم، میزان آلومینیوم باقیمانده (Al+۳) در آب‌های تصفیه شده ۰/۲-۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد.

نتایج کاربرد پروتئین انعقادی مورینگا در فرآیند انعقاد نشان می‌دهد که در کدورت‌های کم، متوسط و زیاد میزان TOC (Total Organic Carbon) رها شده از این ماده طبیعی به ترتیب برابر با ۰/۵۵ ، ۰/۵ و ۰/۶۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. زمانی که کیتوزان به عنوان کمک منعقدکننده استفاده گردید؛ میزان TOC آزاد شده توسط آن در کدورت کم، متوسط و زیاد به ترتیب ۰/۷۵ ، ۰/۵۷ و ۰/۷۵ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد.

نتایج به دست آمده نشان داد که حداکثر حذف باکتری اشرشیاکلی در آب با کدورت کم، متوسط و زیاد پس از یک ساعت (در انتهای عملیات جار) توسط آلوم توام با کیتوزان به ترتیب ۹۹/۹۸درصد، ۹۹/۸درصد و ۹۹درصد حاصل گردید. با ذخیره‌سازی نمونه‌های آب در طی ۲۴ ساعت، هیچ‌گونه رشد مجددی از اشرشیاکلی مشاهده نگردید و راندمان حذف این باکتری بین ۹۹/۷درصد تا ۹۹/۹۹۹۹درصد رسید. در مورد کمک منعقدکننده MOCP بایستی عنوان نمود که میزان حذف باکتری اشرشیاکلی توسط آلوم توام با MOCP، در کدورت‌های کم، متوسط و زیاد ۹۹/۹درصد،۹۹/۴درصد و ۹۹/۴درصد بود و هیچ‌گونه رشد مجددی از این باکتری در طی ۲۴ساعت ذخیره‌سازی، در نمونه‌های آب تصفیه شده مشاهده نگردید. در نمونه‌های شاهد (عاری از مواد منعقدکننده و کمک منعقدکننده) درصد حذف باکتری اشرشیاکلی ۹۰درصد بود و نتایج ذخیره‌سازی در طی ۲۴

ساعت نشان داد که این باکتری می‌تواند؛ در کدورت زیاد تا ۹۹/۹۹۹درصد در آب بدون افزودن مواد منعقدکننده و کمک منعقدکننده حذف شود (جدول۱).

در مورد باکتری استرپتوکوکوس فیکالیس، میزان حذف این باکتری در کدورت‌های کم، متوسط و زیاد توسط آلوم توام با کیتوزان به ترتیب ۹۹/۸درصد،۹۹/۹درصد و۹۹/۲درصد حاصل شد و طی ۲۴ ساعت ذخیره‌سازی نمونه‌های آب، هیچ‌گونه رشد مجددی از باکتری مشاهده نشد. نتایج به دست آمده در مورد آلوم توام با MOCP تقریباً مشابه با کیتوزان بود. در نمونه‌های شاهد، میزان حذف باکتری تا ۹۹/۸درصد رسید (جدول۲). آزمون تی زوج نشان داد که بین عملکرد کیتوزان در ترکیب با آلوم در حذف باکتری‌ها با عملکرد پروتئین انعقادی مورینگا اولیفرا در ترکیب با آلوم ارتباط معنی‌داری وجود ندارد. هنگام آزمایش بر روی باکتری‌ها، درجه حرارت هوای محیط بین ۲۰ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد ثابت بود.

## بحث

دانستن PH بهینه در فرآیند انعقاد بسیار مهم است و کارآیی آلوم به شدت تحت تاثیر آن می‌باشد. این مسأله یکی از محدودیت‌های مهم کاربرد آلوم به عنوان منعقدکننده در فرآیند تصفیه آب محسوب می‌شود. مشاهدات آزمایشگاهی نشان داد که لخته‌های تشکیل شده توسط آلوم در این محدوده PH، در کمتر از ۱۰ دقیقه ته‌نشین شدند. آزمایش‌های انجام شده در شرایط بهینه نشان دادند که با افزایش کدورت در نمونه‌های آب، راندمان حذف کدورت افزایش یافته است. به طوری که در کدورت زیاد، مقادیر کدورت از ۲۲۰NTU به ۳/۴ NTU کاهش یافت و میزان حذف کدورت تحت این شرایط به ۹۸/۳۸درصد رسید. برای ذرات کائولین با ظرفیت تبادل یونی پایین و در این محدوده PH، مکانیسم لخته‌سازی غالب، مکانیسم انعقاد جارویی می‌باشد و نتایج به دست آمده در این تحقیق با مطالعات Elbing و Okuda مطابقت داشت (۱۸و۱۹).

زمانی که فقط آلوم به عنوان منعقدکننده به نمونه‌های آب افزوده شد؛ مقدار آلومینیوم باقی‌مانده در نمونه‌های آب پس از عملیات جار، از حد استاندارد ثانویه آب آشامیدنی سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (US.EPA) بیشتر بود. براساس این استاندارد، حداکثر مقدار $Al^{+3}$ در آب آشامیدنی بین ۰/۲-۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر می باشد (۲۰). این نتایج نشان داد که کاربرد آلوم برای منابع مختلف آبی با کدورت‌های مختلف می‌تواند؛ غلظت آلومینیوم را افزایش دهد. در بررسی‌های به عمل آمده توسط US.EPA، در ۱۸۶ تصفیه‌خانه آب مشاهده شد که بعد از فرآیند انعقاد با نمک‌های آلومینیوم، غلظت این ماده بین ۲/۳۷-۰/۱ میلی‌گرم در لیتر در آب‌های تصفیه شده بوده است (۲۰). نتایج مطالعات انجام شده نشان داد که غلظت‌های بالاتر آلومینیوم باقیمانده در آب تصفیه شده ناشی ازکنترل نامناسب PH و نداشتن شرایط بهینه می‌باشد و بهترین راه کاهش آلومینیوم باقی‌مانده در آب تصفیه شده با آلوم، به دست آوردن شرایط بهینه در غلظت منعقدکننده و PH است (۲۱). در این تحقیق، برای کاهش دادن غلظت آلومینیوم باقی‌مانده، علاوه بر به دست آوردن شرایط بهینه، از کمک منعقدکننده‌های طبیعی کیتوزان و MOCP نیز استفاده گردید و ضمن به دست آوردن حذف کدورت بالاتر از ۸۰درصد در کدورت‌های مختلف، سبب کاهش مصرف آلوم به میزان ۲۵درصد، ۶۲/۵درصد و ۱۲/۵درصد در کدورت‌های کم، متوسط و زیاد گردید. این کاهش مصرف آلوم در فرایند تصفیه آب، علاوه بر کاهش هزینه‌های خرید این منعقدکننده، سبب کاهش آلومینیوم باقی‌مانده در حد استاندارد (۰/۲mg/l) در آب تصفیه شده گردید. زمانی که از کیتوزان به عنوان کمک منعقدکننده در ترکیب با آلوم استفاده گردید؛ ضمن کاهش کدورت باقی‌مانده تا زیر ۵NTU، سبب کاهش مصرف آلوم به میزان۵۰درصد، ۸۷/۵درصد و ۷۵درصد در کدورت‌های کم، متوسط و زیاد گردید. سنجش آلومینیوم باقی‌مانده نیز نشان داد که در شرایط بهینه، کاربرد کیتوزان به عنوان کمک منعقدکننده میزان آلومینیوم باقیمانده را در کدورت‌های مختلف تا پایین‌تر از حد استاندارد EPA می‌تواند نگه دارد. در کلیه آزمایش‌های انجام شده؛ کدورت باقی‌مانده زیر ۵NTU به دست آمد که از استانداردهای آب آشامیدنی ایران که حداکثر میزان کدورت را ۵NTU عنوان نموده است؛ پیروی می‌کند (۲۲).

با توجه به نتایج به دست آمده؛ می‌توان گفت که کیتوزان به عنوان کمک منعقدکننده، کارآیی بیشتری نسبت به پروتئین انعقادی مورینگا اولیفرا در کاهش مصرف آلوم از خود نشان داده است. همچنین مشاهدات آزمایشگاهی نشان داد که لخته‌های حاصل از پروتئین انعقادی مورینگا در شرایط بهینه، بزرگ‌تر از لخته‌های حاصل از کاربرد کیتوزان به عنوان کمک منعقدکننده در کدورت‌های مختلف بودند و این مسأله افزایش میزان حذف کدورت توسط پروتئین انعقادی مورینگا را نسبت به کیتوزان ثابت می‌کند. البته این افزایش در حدی نبود که آزمون آماری اختلاف معنی‌داری را نشان دهد. مطالعه Roussy نشان داد که مکانیسم غالب حذف کدورت توسط کیتوزان (به دلیل بالا بودن تعداد گروه‌های آمینی و تولید بار مثبت زیاد در شرایط خنثی و کمی اسیدی) خنثی‌سازی بار می‌باشد (۲۳). در مطالعه Okuda مکانیسم اصلی ناپایدارسازی ذرات توسط پروتئین انعقادی مورینگا اولیفرا به دلیل دارابودن نقطه ایزوالکتریک بالاتر از ۱۰ و اندازه ملکولی کوچک، جذب و خنثی‌سازی بار عنوان گردید (۲۴).

یافته‌های این مطالعه نشان داد که برای انجام فرآیند انعقاد و لخته‌سازی توسط کاربرد این ترکیبات طبیعی به عنوان کمک منعقدکننده در حذف کدورت و باکتری‌ها، ۳۷ دقیقه زمان مورد نیاز است که نسبت به زمان مورد استفاده در طراحی‌های واحدهای لخته‌سازی و ته‌نشینی در تصفیه خانه‌های آب کمتر است. همچنین کاربرد این مواد هیچ‌گونه تاثیری بر قلیائیت و PH آب نمونه در قبل و بعد از عملیات جار نداشت.

با توجه به غلظت به کار رفته پروتئین انعقادی به عنوان کمک منعقدکننده؛ مشاهده شد که با افزایش غلظت این ماده، میزان تغییرات TOC در آب تصفیه شده ناچیز است. این بدان معنا است که افزایش غلظت پروتئین انعقادی مورینگا تاثیر زیادی در میزان TOC رها شده ندارد. آزمون تی زوج بیانگر عدم ارتباط معنی‌دار بین غلظت اولیه پروتئین انعقادی مورینگا اولیفرا در کدورت‌های مختلف با افزایش TOC بود. در مورد کیتوزان مقادیر TOC به دست آمده در کلیه کدورت‌ها از نمونه شاهد کمتر بود؛ ولی نسبت به پروتئین انعقادی مورینگا، مقدار بیشتری را وارد آب تصفیه شده نمود. مشاهدات آزمایشگاهی و راندمان حذف کدورت نشان می‌دهد که وجود کربن آلی بر رفتار انعقاد تاثیر چندانی نداشته است. کم‌بودن وجود ترکیبات آلی کربنی در آب تصفیه شده خطرات تشکیل فرآورده‌های جانبی گندزدایی، از جمله تشکیل تری هالومتان‌ها را می‌تواند کاهش دهد و از بروز سرطان در انسان‌ها در درازمدت پیشگیری نماید.

بررسی حاضر نشان داد که با افزایش زمان تصفیه، تعداد باکتری‌های اشرشیاکلی و استرپتوکوکوس فیکالیس کاهش پیدا می‌کند. کاهش شدید باکتری در یک ساعت اولیه مشاهده شد. زمانی که آب به مدت ۲۴ ساعت نگه داشته شد؛ هیچ‌گونه رشد مجددی از باکتری‌ها مشاهده نگردید. بایستی توجه داشت که آب مورد آزمایش هیچ‌گونه مواد مغذی نداشت و با این نتیجه ثابت کردیم که کمک منعقدکننده‌های به کار رفته؛ نه تنها منبع غذایی مناسبی برای رشد مجدد باکتری‌ها محسوب نمی‌شوند؛ بلکه به دلیل داشتن خاصیت ضدمیکربی، باعث حذف آنها نیز می‌شوند. راندمان بالای حذف این موضوع را تایید نمود. آزمایش‌های TOC نیز نشان داد که این مواد به عنوان کمک منعقدکننده، در حد بسیار کمی تولید مواد آلی کربنی می‌نمایند که برای تغذیه باکتری‌ها کافی نیست. کمتر شدن تولید مواد آلی در اثر مصرف پروتئین انعقادی مورینگا، به علت خالص‌سازی مورینگا اولیفرا و حذف گروه‌های آلی از این ترکیب می‌باشد. مطالعات صورت گرفته بیانگر حذف به اندازه ۲ تا ۴ لگاریتم در تعداد E.coli توسط کیتوزان و پروتئین انعقادی مورینگا اولیفرا بود. یافته‌ها نشان دادند که مکانیسم ضدمیکربی کیتوزان هم از طریق پل‌زنی بین ذرات (به دام افتادن باکتری‌ها) وهم از طریق خاصیت میکرب‌کشی آن صورت می‌گیرد. همچنین کیتوزان از طریق پل‌زنی بین ذرات کلوئیدی، سبب به دام افتادن باکتری‌ها شده و آنها را ته‌نشین می‌کند. این ملکول‌ها روی سطح سلول را می‌توانند بپوشانند و یک لایه ژلاتینی در اطراف سلول ایجاد نمایند و با مسدود کردن کانال‌های سطح سلول باعث مرگ آنها شوند (۲۴و۲۵). مطالعه Ghebremichael اثرات ضدمیکربی MOCP را ممانعت از رشد سلول و لخته‌سازی گزارش نمود و مشاهدات میکروسکوپی وی آشکار ساخت که سلول‌های در تماس با

این ماده، تحرک خود را از دست داده و تغییر شکل دادند (۸).

باکتری استرپتوکوکوس فیکالیس نسبت به سایر گونه‌ها در محیط آبی مدت طولانی‌تری زنده می‌ماند. آنها شاخص باکتریایی مهمی در تعیین آلودگی آب‌های سطحی محسوب می‌شوند (۳). این باکتری از نظر مرفولوژی با E.coli متفاوت است. نتایج ما نشان داد که عملکرد کیتوزان به منظور حذف این باکتری مشابه با MOCP بوده و توسط آنها حدود ۹۹ تا ۹۹/۹درصد باکتری‌ها پس از عملیات جار حذف شدند. در طی آزمایش و با افزایش کدورت، فقط ۰/۹ درصد از باکتری‌های استرپتوکوکوس فیکالیس کاهش پیدا نمود که آنالیزهای آماری نیز ارتباط معنی‌داری بین مقدار کدورت و کاهش باکتری‌ها نشان ندادند. زمانی که نمونه‌ها را به مدت ۲۴ ساعت نگه داشتیم؛ هیچ‌گونه رشد مجددی از باکتری‌ها مشاهده نگردید و این نتیجه مشابه با نتایج به دست آمده با E.coli بود. استرپتوکوکوس فیکالیس نسبت به باکتری E.coli در فرآیند انعقاد و تحت شرایط بهینه،کمتر حذف شد و مدت بیشتری در آب باقی ماند.

## نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر بیانگر کارآیی خوب کیتوزان و پروتئین انعقادی مورینگا اولیفرا (MOCP) به عنوان کمک‌منعقدکننده در حذف کدورت (بالاتر از ۷۰درصد) و باکتری‌های اشرشیاکلی و استرپتوکوکوس فیکالیس بود و نشان داد که از نظر عملکردی تقریباً مشابه یکدیگر هستند. کاربرد کمک منعقدکننده‌ها سبب گردید که علاوه بر کاهش مصرف آلوم به عنوان منعقدکننده، میزان آلومینیوم باقی‌مانده در آب تصفیه شده نیز تا حد استاندارد (۰/۲mg/l) کاهش یابد. کاربرد این ترکیبات طبیعی تاثیری بر قلیائیت و PH آب نداشت. مطالعات صورت گرفته بیان کننده این مطلب است که پروتئین انعقادی مورینگا اولیفرا نسبت به کیتوزان، TOC کمتری وارد آب‌های تصفیه شده می‌نماید. با توجه به به دست آوردن شرایط بهینه به مدت ۳۷ دقیقه برای فرآیند انعقاد، لخته‌سازی و ته‌نشینی و به دست آوردن نتایج مطلوب در حذف کدورت، می‌توان انتظار داشت که از نظر اقتصادی صرفه‌جویی مناسبی در هزینه ساخت واحدهای لخته‌سازی و ته‌نشینی صورت گیرد. مقادیر بسیار اندک کربن آلی اضافه شده به آب‌های تصفیه شده؛ نشان می‌دهد که کمک منعقدکننده‌های طبیعی با کمترین خطر در تصفیه آب می‌توانند به کار روند و وجود آنها در سیستم شبکه باعث رشد مجدد باکتری‌ها نمی‌شود.

## تشکر و قدردانی

این مقاله از پایان‌نامه دوره دکترای با شماره طرح تحقیقاتی ۳۸۶۱۸۶استخراج شده است. بدین‌وسیله از همکاری اساتید محترم انستیتو تکنولوژی KTH سوئد به خاطر تهیه پروتئین انعقادی مورینگا اولیفرا ، پروفسور Dalhammer و Gunuratna سپاسگزاری می‌گردد. همچنین از همکاری صمیمانه خانم مهندس مرضیه وحید و خانم مهناز حاتم‌زاده به خاطر انجام و راهنمایی در آزمایشات شیمیایی و میکربی آب و نیز از آقای مهندس فرخزاده به خاطر مهیا نمودن وسایل آزمایشگاه پایلوت تشکر و قدردانی می‌نماییم.

## References

1) Mackenzie LD, Cornwell DA. Introduction to Environmental Engineering. 2nd. New York: McGraw Hill Inc.1991; pp:160-161.

2) Fatoki OS, Ogunfowokan AO. Effect of coagulant treatment on the metal composition of raw water. Water Sa. 2002;28(3):293-297.

3) APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th. Washington DC: American Public Health Association. 2005; pp: 9-70.

4) AWWA. Water Quality and Treatment: a hand book of community water supplies. 4th. New York: McGraw Hill Inc. 1999; pp: 220-221.

5) Ndabigengesere A, Narasiah KS. Quality of water treated by coagulation using Moringa oleifera seeds. Wat Res. 1998; 32(3): 781-791.

6) Miller RJ, Kopfler FC, Kelty KC, Stober JA, Ulmer NS. The occurrence of aluminum in drinking water. Technol J Am Water Works Assoc. 1984; 76(1):84-91.

7) Srinivasan PT, Viraraghavan T. Characterisation and concentration profile of aluminium during drinking water treatment. Water Salinity. 2002; 28(1):99-106.

8) Ghebremichael KA. Moringa Seed and Pumices as Alternative Natural Materials for Drinking Water Treatment, Kath land and water resources engineering. PHD thesis. Royal Insititue of Technology (KTH). Stockholm. 2004; pp:10-11.

9) Ghebremichael K. Natural resources for appropriate water treatment. Paper presented at 32nd WEDC International

Conference, Colombo, Sri Lanka. 2006; pp:434-439.

10) Divakaran R, Pillai VN. Flocculation of river silt using chitosan. Water Res. 2002 May;36(9):2414-2418.

11) Muyibi SA, Evison LM. Coagulation of turbid water and softening of hardwater with Moringa oleifera seeds. Int J Environ Stud. 1996;49(3-4): 247-259.

12) Katayon S, Noor MJ, Asma M, Ghani LA, Thamer AM, Azni I, et al. Effects of storage conditions of Moringa oleifera seeds on its performance in coagulation. Bioresour Technol. 2006 Sep;97(13):1455-1460.

13) Huang C, Chen Sh, Pan JR. Optimal condition for modification of chitosan: A biopolymer for coagulation of colloidal particles. Water Research. 2000; 34(3):1057-1062.

14) Okuda T, Baes AU, Nishijima W, Okada M. Isolation and characterization of coagulant extracted from Moringa oleifera seed by salt solution. Water Res. 2001 Feb;35(2):405-410.

15) Bhatti HN, Beenish M, Hanif MA, Raziya N. Removal of Zn(II) ions from aqueous solution using Moringa oleifera Lam. (horseradish tree) biomass. Process Biochemistry. 2007;42(4):547-553.

16) Kawamura S. Integrated design and operation of water treatment facilities. 2nd. New York: John Wiley& Sons Inc. 2000;pp:645-653.

17) ASTM, 1995. Standard Practice for Coagulation–Flocculation Jar Test of Water E1-1994 R(1995), D 2035-80. Annual Book of ASTM Standards. 1995; Vol 11.02.

18) Ebeling JM, Sibrell PL, Ogden SR, Summerfelt ST.Evaluation of chemical coagulation-flocculation aids for the removal of suspended solids and phosphorus from intensive recirculating aquaculture effluent discharge. Aquacultural Engineering. 2003; 29(1-2):23-42.

19) Okuda T, Baes AU, Nishijima W, Okada M. Improvement of extraction method of coagulation active components from Moringa oleifera seed. Water Res. 1999; 33(15):3373-3378.

20) National Primary Drinking Water Standards. 2003; EPA Number 816F03016. http://www.epa.gov/safewater/consumer/pdf/mcl.pdf

21) Letterman RD, Driscoll CT. Survey of residual aluminium in filtered water. J Am Water Works Assoc. 1988;80:154-158.

22) Iranian Institute of Standard and Industrial Researches (ISIRI). Water Quality Company. Tehran. Iran. 1993. No 1053. http://www.isiri.org/Std/1053.HTM

23) Roussy J, Van Vooren M, Dempsey BA, Guibal E. Influence of chitosan characteristics on the coagulation and the flocculation of bentonite suspensions. Water Res. 2005 Sep;39(14):3247-3258.

24) Okuda T, Baes AU, Nishijima W, Okada M. Coagulation mechanism of salt solution-extracted active component in Moringa oleifera seeds. Water Res. 2001 Mar;35(3):830-834.

25) Qin C, Li H, Xiao Q, Liu Y, Zhu J, Du Y. Water-solubility of chitosan and its antimicrobial activity. Carbohydrate polymers. 2006;63(3):367-374.