The Use of Yeast as a Natural Polyelectrolyte in Water Treatment and Removal of E.coli

Bina, B., Shamansouri, M.

Isfahan University of Medical Sciences

Vakili, B.

Water and Wastewater Counsulting Engineers

ABSTRACT

The use of natural plant materials while only recently discovered in the west, had been known for centuries in other part of the world. The seeds of Trigonella foenum, Vicia faba, Starch, Lentils and Gum which is widely cultivated in Iran have been found to posses coagulating property when applied to turbid water.

The use of yeast suspension has been studied as a coagulant aid to remove clay particales and fecal indicator bacteria. These tests were carried out using artificial water and kaolin as a model suspension to represent the wide range of natural turbid waters which accur in Zayanderood river.

An inspection of the results show that the reduction of turbidity was satisfactory when this natural polyelectrolyte was used as a coagulant aid in conjunction with alum. An optimum dose of 0.1 - 0.3 mg/L was found significantly improve floc formation and reduction of 40-50% in consumption of alum.

E.coli removal was significant within the first 1-2 hours of coagulation. However, regrowth of bacteria after 24 hours of the coagulation was observed. This appears to be due to the dissolution of some organic part of the coagulant into water forming a substrate for bacteria.

استفاده از مخمر به عنوان پلی‌الکترولیت طبیعی در تصفیه آب و اثر آن در حذف E. coli

بیژن بینا[1] بهنام وکیلی[2] محمدرضا شاهمنصوری[3]

چکیده:

مواد گیاهی و طبیعی از زمانهای گذشته کاربرد وسیعی در عملیات تصفیه آب داشته و در منابع مختلف به آنها اشاره گردیده است. از جمله مواد گیاهی و طبیعی که خاصیت منعقد کنندگی آنها تأیید گردیده و در کشور ما نیز یافت می‌شوند می‌توان به دانه شنبلیله، عدس، باقلا، کتیرا و نشاسته اشاره کرد. در این بررسی، نقش سوسپانسیون مخمر نانوایی به عنوان کمک منعقد کننده در آب کدری که در آزمایشگاه تهیه و حتی‌الامکان سعی گردیده خصوصیات شیمیایی و ظاهری آن نزدیک به آب مورد استفاده در تصفیه خانه آب شرب اصفهان باشد ارزیابی گردیده است. برای بررسی تأثیر کدورت آب در آزمایشهای انجام شده دو محدوده کدورت مختلف یعنی ۲۰NTU و ۵۰ در نظر گرفته شده است. این تحقیق با استفاده از آزمایشهای موسوم به جارتست بر روی آب کدر انجام گرفته و نتایج آن با آلوم و پلی‌الکترولیت مصنوعی مقایسه گردیده است. همچنین برای تعیین کارایی مخمر در حذف باکتریهای مدفوعی موجود در آب، آزمایشهایی با استفاده از مخمر بر روی آب مورد آزمایش که حاوی تعداد مشخصی باکتری E.coli بوده صورت گرفته است. نتایج بررسیها نشان می‌دهد که مخمر در غلظتهای کم (حدود ۰/۱ تا ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر) به همراه آلوم خاصیت کمک منعقد کنندگی داشته و قادر است حدود ۵۰-۴۰ درصد مصرف آلوم را کاهش دهد. همچنین نقش مخمر در کاهش باکتریهای E.coli در دو ساعت اولیه بعد از ته‌نشینی قابل ملاحظه بوده ولی بعد از گذشت ۲۴ ساعت به دلیل ماهیت آلی خود موجب افزایش تعداد باکتریها خواهد گردید.

مقدمه:

افزایش جمعیت و متعاقب آن گسترش شهرنشینی و تشکیل اجتماعات بزرگ شهری و همچنین بسیاری از فرآیندهای صنعتی مستلزم دستیابی به آبی با کیفیت مطلوب می‌باشد. بدیهی است تأمین آب چنین جوامعی بطور عمده از طریق منابع آبهای سطحی صورت می‌پذیرد که غالباً حاوی رسوبات و مواد مختلف معدنی و آلی بوده که باعث ایجاد کدورت و رنگ در این آبها می‌گردند. لذا انجام فرآیندهای مختلف تصفیه از جمله ته‌نشینی با کمک مواد منعقد کننده در این مورد ضرورت پیدا می‌کند.

۱- استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

۲- کارشناس ارشد مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب

۳- عضو هیئت علمی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

در گوشه و کنار جهان گزارشاتی که تاریخ آنها به مدتها پیش بر می‌گردد وجود دارد که استفاده از موادگیاهی مختلف از قبیل پوست، ریشه، ساقه و دانه را برای تصفیه و زلال سازی آب توضیح می‌دهند. برخی از این گونه‌های گیاهی نیز در تصفیه بیولوژیکی آب به کار رفته و مؤثر بوده‌اند. نوشته‌های کتاب مقدس سانسکریت در حدود چهار هزار سال قبل، از هند گزارش داده‌اند که "دانه درخت نیرمالی[1]" برای زلال‌سازی آب رودخانه‌های گل آلود استفاده می‌شده است [۲].

زلال‌سازی آبهای سطحی با دانه‌های آلو، بادام، زردآلو و هلو در ابتدا توسط مصریان و سپس در سودان، تونس و بولیوی صورت می‌پذیرفته است. مردم پرو و شیلی از برگ گونه‌های مختلف کاکتوس در تصفیه آب استفاده می‌کرده‌اند.

در اطراف رود نیل بیشتر از گیاه "مورینگا اولیفرا" که یک نوع ترب کوهی می‌باشد جهت کاهش کدورت آب استفاده می‌گردد. مقدار ۳۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر از دانه‌های این گیاه در آب خام قادر است انواع مختلفی از آبهای سطحی مناطق حاره‌ای را با کدورتهای پایین، متوسط و زیاد، به آبی با کیفیت مطلوب تبدیل نماید [۳].

مرکز تحقیق مهندسی محیط زیست هندوستان اثرات منعقدکنندگی چندین گونه گیاهی از جمله درخت نیرمالی، تمر هندی[2]، سقز[3]، ترشک قرمز[4]، عدس[5] و شنبلیله[6] را مورد بررسی و تأیید قرار داده است.

انجمن حفاظت محیط زیست آمریکا "کایتوزان" را برای استفاده در تصفیه آب پیشنهادنموده است [۱۰و۴]. در ژاپن از این ماده به عنوان یک منعقدکننده از سال ۱۹۵۰ تاکنون استفاده گردیده است. کایتوزان یک پلی‌الکترولیت کاتیونی بوده و در ساختمان آن کیتین وجود دارد. کیتین که در ساختمان اسکلت سخت پوستان وجود دارد یک پلی‌ساکارید می‌باشد [۴].

به طور کلی، انواع زیادی از مواد طبیعی به دلیل دارا بودن خاصیت منعقدکنندگی خود قادر به کمک در امر زلال‌سازی آب می‌باشند. از جمله ترکیبات آلی طبیعی که دارای خاصیت فوق می‌باشند می‌توان به نشاسته، سلولز و پلی‌ساکاریدها اشاره نمود.

خصوصیات مخمر نانوایی

از دو هزار سال قبل از میلاد استفاده از مخمرها رواج داشته است. مخمرها در واقع نوعی قارچ تک سلولی بوده که قادر به تولید میسیلیوم نمی‌باشند، به وسیله جوانه زدن تکثیر یافته و توانایی فتوسنتز ندارند. در نانوایی، بیسکویت سازی و شیرینی‌پزی باعث عمل آمدن خمیر شده و با تولید گاز، مزه مطبوع تولید می‌نمایند [۵].

کربوهیدراتها (مخصوصاً قندها)، الکلها و اسیدهای آلی منابع کربن و انرژی مخمرها محسوب می‌گردند. پتاسیم، منیزیم و فلزاتی از قبیل مس، روی و آهن نیز در ساختمان مخمرها وجود دارند. به طور کلی ترکیب ساختمانی مخمر نانوایی عبارت است از: کربن (۴۷ درصد وزنی)، هیدروژن (۶ درصد)، نیتروژن (۸/۵ درصد)، اکسیژن (۳۲/۵ درصد) و خاکستر (۶ درصد) [۵].

مواد و روشها

الف - آب مورد آزمایش

چون بخش عمده آب شرب شهر اصفهان از رودخانه زاینده‌رود تأمین می‌گردد و از طرفی نگهداری مقدار کافی آب کدر طبیعی در آزمایشگاه به دلیل ناپایدار بودن عملی نیست، لذا اقدام به تهیه آب در آزمایشگاه گردیده که حاوی مقادیر مشخصی قلیائیت، سختی و کدورت باشد.

1- Nirmali tree; Strychnos Potatorum
2- Tamarind tree ; Tamarindus Indica
3- Guar
4- Red Sorella
5- Lentils ; Lens Esculenta
6- Trigonella Foenum

برای ایجاد کدورت از سوسپانسیون "کائولن سبک" مطابق روش اسمیت وکوهن [۶] استفاده گردید. به این ترتیب که چندگرم از پودر کائولن وزن شد و به مدت سه ساعت در یک آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد خشک گردید. سپس از آون خارج و مدت نیم ساعت در دسیکاتور قرار داده شد تا سرد شود. سپس حدود ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و مدت یک شبانه روز کنار گذاشته شد تا خیس بخورد و سپس حجم مخلوط به ۱/۵ لیتر رسانده شد و توسط همزن برقی به مدت ۲۰ دقیقه مخلوط گردید. از این استوک جهت ایجاد کدورت آب در هنگام آزمایشها استفاده شد. هنگام استفاده از استوک فوق‌الذکر می‌بایست آنرا توسط یک همزن برقی کاملاً مخلوط نمود [۶].

برای تأمین سختی آب مورد آزمایش، از حل کردن کلرورکلسیم و سولفات منیزیم در آب مقطر استفاده شد.

قلیائیت آب مورد آزمایش با افزودن ۳/۷ گرم بیکربنات سدیم در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر ایجاد شد به نحوی که ۴۰ میلی‌لیتر از این محلول در ۲ لیتر آب مورد آزمایش قلیائیتی معادل ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم ایجاد نماید [۷].

برای تهیه باکتری E.coli (که از باکتری NCTC 9002، E.coli استفاده شده است) ابتدا یک کلنی از باکتری E.coli که در محیط آگار مغذی کشت داده شده توسط لوپ استریل برداشته و در یک پلیت حاوی EMB کشت داده شد. پلیت مزبور در یخچال نگهداری گردید و هنگام هر آزمایش از آن جهت واکشت در محیط TSB یا آبگوشت مغذی استفاده شد.

در آزمایشهای انجام شده روی کاهش تعداد باکتریهای E.coli تعداد اولیه باکتریها 10^3/ml در نمونه آب کدر مورد آزمایش انتخاب گردید. برای رسیدن به این تعداد باکتری، ابتدا چند کلنی از باکتری E.coli از پلیت EMB برداشته شد و در یک لوله آزمایش محتوی ۱۰cc آبگوشت مغذی استریل کشت گردید و مدت ۲۴ ساعت در حرارت ۳۷ درجه سانتیگراد انکوبه شد. در این لحظه تعداد باکتریها به 10^9/ml رسید. منحنی رشد E.coli در این مورد که توسط "روبن و هانا" [۸] از پلیت‌های ۳۷°C تهیه شده نشان داده است که دوره رشد لگاریتمی با کتریها به طور کلی پس از ۶ ساعت کامل می‌گردد و به سطح ثابتی حدود 10^9/ml می‌رسد که تا ۴۸ ساعت ثابت می‌ماند. همچنین مشخص شد که بعد از ۲۴ ساعت نگهداری در یخچال، کاهشی در کشت باکتریهای زنده وجود ندارد [۸].

سپس محیط آبگوشت مغذی حاوی E.coli در لوله سانتریفوژ استریل به مدت نیم ساعت با دور ۳۰۰۰ rpm سانتریفوژ گردید و پس از آن مایع آبگوشت مغذی دور ریخته شد و ۲۵ میلی‌لیتر محلول بافر فسفات استریل روی باقیمانده باکتریهای ته‌نشین شده ریخته شد و به آهستگی مخلوط گردید. سپس با روش پلیت، تعداد باکتریها مشخص شده و با استفاده از رقیق‌کننده بافر فسفات استریل، تعداد باکتریها به 2×10^6 باکتری در میلی‌لیتر رسانده شد و در یک ارلن استریل نگهداری گردید.

این استوک تا یک هفته در یخچال قابل نگهداری است و قبل از استفاده از آن باید توسط سرم فیزیولوژی ۹ در هزار استریل رقیق شود. بدین ترتیب که 5ml از محلول استوک باکتری با 95ml محلول سرم فیزیولوژی استریل مخلوط شده و سپس به هرکدام از ظروف جارتست که حاوی 500ml از نمونه آب کدر مورد آزمایش بوده است 5ml از مخلوط باکتری - سرم فیزیولوژی اضافه گردید. در این لحظه نمونه آب کدر موجود در هر ظرف جارتست محتوی 10^3 باکتری E.coli در هر میلی‌لیتر بود.

ب - روش تهیه منعقدکننده از مخمر نانوایی

برای تهیه استوک منعقدکننده، ابتدا مخمر را توسط هاون به صورت پودر نرم در آورده و یک گرم از آن با کمی آب مقطر مخلوط شد تا خیس بخورد. سپس حجم آن را با آب مقطر به یک لیتر رسانیده، سپس مخلوط حاصل بر روی یک همزن

برقی قرار داده شد و مدت ۱۰ دقیقه کاملاً مخلوط گردید و پس از صاف نمودن با پارچه نازک جهت آزمایشهای همان روز مورد استفاده قرار گرفته شد [۷].

ج - سایر موارد مورد نیاز

- سولفات آلومینیم یا آلوم (ساخت کارخانه سراتکنیک ایران)
- پلی الکترولیت مصنوعی (از نوع پریستول BC ۶۵۰)

کلیهٔ آزمایشهای مربوط به لخته‌سازی توسط دستگاه جارتست شش‌خانه‌ای انجام گرفت. به این ترتیب که پس از تهیه آب مورد آزمایش با کدورت مشخص که شرح آن قبلاً داده شد، پارامترهای pH، هدایت الکتریکی، سختی و قلیائیت، کدورت و درجه حرارت آن اندازه گیری گردید و در هر بشر جارتست ۱ لیتر از آب مورد آزمایش ریخته (در مورد آزمایشهای حذف E.coli حجم آب مورد آزمایش در هر بشر نیم لیتر بوده است) و مدت ۲ دقیقه دستگاه با دور تند (۱۰۰ rpm) روشن شد تا کاملاً مخلوط گردد. سپس مواد منعقد کننده را به هر بشر اضافه نموده (آلوم و کمک منعقدکننده) و مدت ۱ دقیقه دستگاه با دور ۱۰۰rpm و سپس مدت ۷/۵ دقیقه با دور ۶۰rpm و مدت ۷/۵ دقیقه با دور ۴۰rpm و ۵ دقیقه با دور ۲۰rpm روشن ماند و پس از آن مدت ۲۰ دقیقه فرصت ته‌نشینی داده شد. سپس با پی‌پت از اواسط محتوای هر بشر برداشته و در یک بشر تمیز جهت انجام آزمایشهای لازم (تعیین کدورت و pH) مورد استفاده قرار گرفت [۹].

در مواردی که هدف آزمایش کاهش تعداد باکتریهای E.coli بوده، به هر بشر نیم‌لیتری مقدار مشخصی از استوک باکتری اضافه شد و سپس مواد منعقدکننده اضافه گردید.

نتایج:

مشخصات آب مورد آزمایش در این تحقیق در جدول ۱ خلاصه گردیده است.

جدول (۱): خصوصیات کیفی آب خام مورد آزمایش

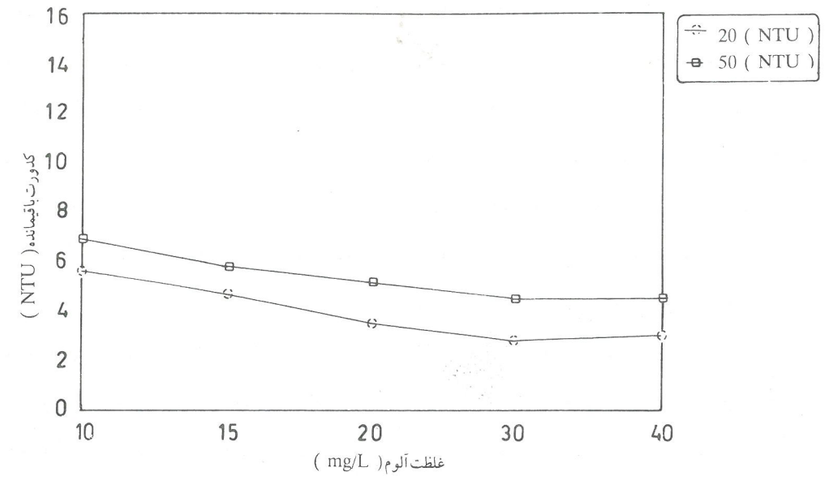
مشخصه	قلیائیت	سختی کل	pH	هدایت الکتریکی	کدورت	درجه حرارت
واحداندازه گیری	mg/L ($CaCO_3$)	mg/L ($CaCO_3$)	-	ds/m	N.T.U	سانتیگراد
مقدار	۱۰۰	۱۲۸-۱۳۴	۷/۷-۷/۸	۰/۳۸۰	۵۰و۲۰	۲۰-۱۹

جدول (۲): کاهش مصرف آلوم در اثر استفاده از پلی‌الکترولیت

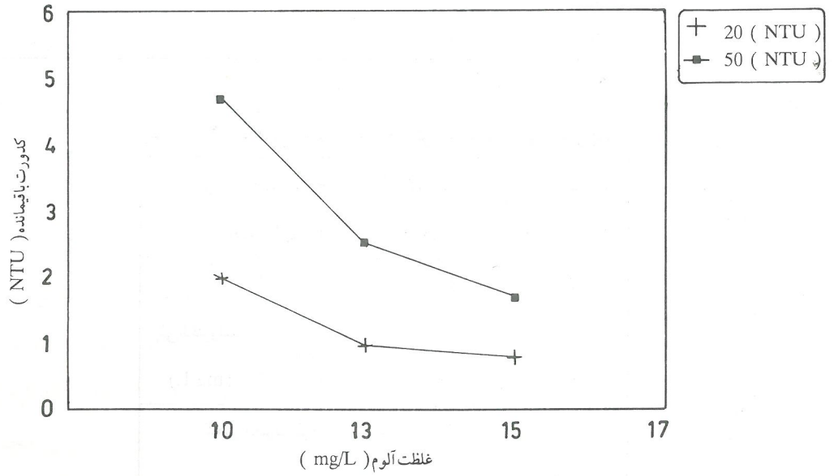
آلوم مصرفی در شرایط مختلف (mg/L)		کدورت اولیه (NTU)۲۰	کدورت اولیه (NTU)۵۰
	۰	۳۰	۳۰
پلی‌الکترولیت (mg/L)	۰/۲	۱۳	۱۷
کاهش مصرف آلوم (درصد)		۵۶/۶	۴۳/۳

در این تحقیق ابتدا آزمایشهایی با استفاده از غلظتهای مختلف آلوم و همچنین آلوم و پلی‌الکترولیت مصنوعی بر روی نمونه آب مورد آزمایش با کدورتهای اولیه ۲۰NTU و ۵۰ واحد انجام گردید که نتایج به ترتیب در نمودارهای ۱ و ۲ مشخص شده است. سپس آزمایشهای متعددی با استفاده از آلوم و سوسپانسیون مخمر انجام گرفت که نتایج به صورت نمودار آورده شده است. درکلیه آزمایشهای انجام شده غلظت ماده کمک منعقدکننده ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر بود که این رقم به صورت تجربی به دست آمده است.

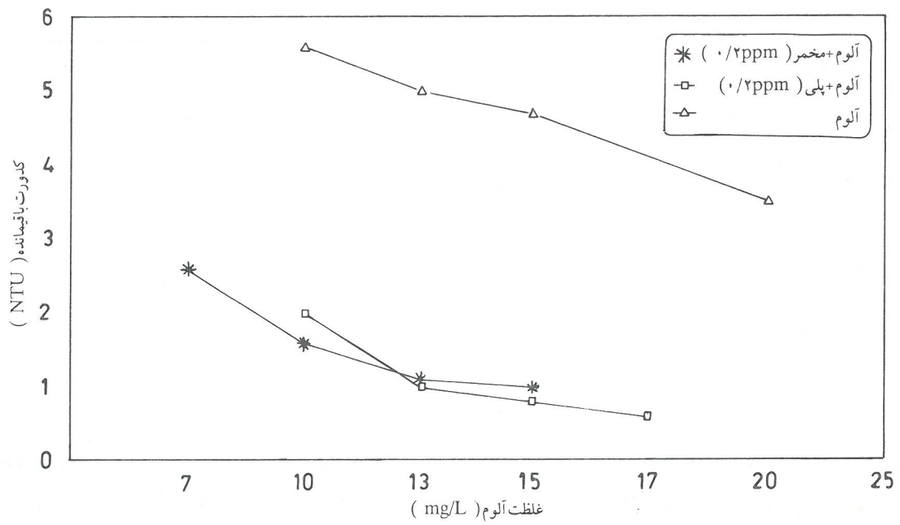
با استفاده از نتایج به دست آمده غلظت بهینه آلوم در این سه محدوده کدورت بین ۳۰ تا ۴۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. همچنین با مصرف ۰/۲ppm پلی‌الکترولیت مصنوعی به عنوان کمک منعقدکننده حدوداً ۳۰الی ۵۰ درصد کاهش در مصرف آلوم به وجود می‌آید (جدول ۲).



نمودار(۱):کاهش کدورت متعاقب استفاده از غلظتهای مختلف آلوم روی نمونه آب باکدورت اولیه (NTU) ۲۰،۵۰



نمودار(۲):کاهش کدورت متعاقب استفاده توأم از آلوم و پلی الکترولیت مصنوعی روی نمونه آب باکدورت اولیه (NTU) ۲۰،۵۰ - غلظت پلی‌الکترولیت = ۰/۲ (mg/L)

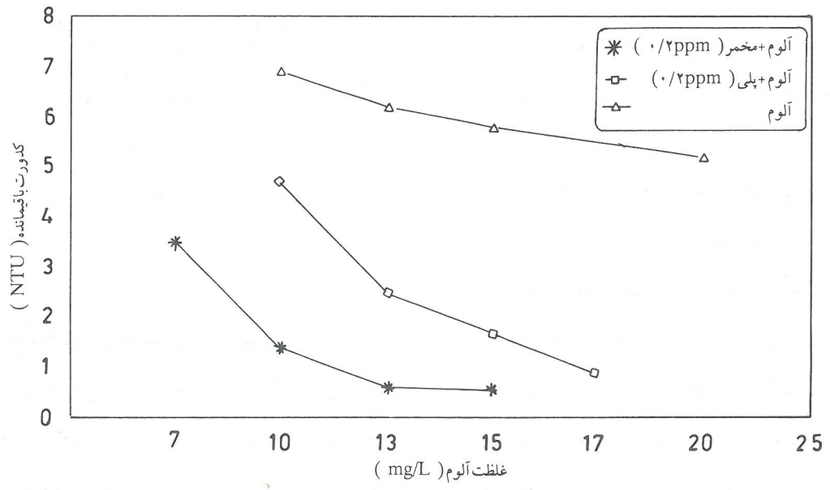


نمودار(۳):کاهش کدورت متعاقب استفاده توأم آلوم و مخمر روی نمونه آب باکدورت اولیه (NTU) ۲۰

بررسی نتایج مخمر به عنوان کمک منعقد کننده

نمودارهای ۳ و ۴ به ترتیب نتایج آزمایشهای انجام شده با استفاده از آلوم و مخمر (به عنوان کمک منعقدکننده) در کدورتهای اولیه NTU ۲۰ و ۵۰ واحد را نشان می‌دهند.

چنانچه از نمودار ۳ مشخص می‌گردد، با استفاده از غلظتهای مختلف آلوم به عنوان منعقدکننده اصلی و ۰/۲ppm مخمر به عنوان کمک منعقدکننده در کدورت اولیه ۲۰NTU، راندمان کاهش کدورت در حد قابل توجهی افزایش می‌یابد به نحوی که با مصرف ۱۰ppm آلوم کدورت باقی مانده به ۱/۶NTU رسیده و با مصرف ۱۳ppm آلوم این رقم به ۱/۱ خواهد رسید، یعنی در حالت اول راندمان کاهش کدورت ۹۲ درصد و سپس به ۹۴/۵ درصد افزایش می‌یابد.



نمودار(۴):کاهش کدورت متعاقب استفاده توأم آلوم و مخمر روی نمونه آب باکدورت (NTU) ۵۰

جدول (۳): نتایج آزمایشهای مربوط به استفاده از سوسپانسیون در کاهش کدورت آب

غلظت آلوم (mg/l) همراه با (ppm) ۰/۲ مخمر	کدورت اولیه (NTU) ۲۰		کدورت اولیه (NTU) ۵۰	
	کدورت باقیمانده (NTU)	راندمان ٪	کدورت باقیمانده (NTU)	راندمان ٪
۷	۲/۶	۸۷	۳/۵	۹۳
۱۰	۱/۶	۹۲	۱/۴	۹۷/۲
۱۳	۱/۱	۹۴/۵	۰/۶۲	۹۸/۸
۱۵	۱	۹۵	۰/۵۵	۹۸/۹

در کدورت اولیه ۵۰NTU با شرایط فوق‌الذکر با مصرف ۱۰ppm آلوم، کدورت باقیمانده به ۱/۴NTU می‌رسد و با افزایش مصرف آلوم یعنی ۱۳ppm، کدورت باقیمانده به حدود ۰/۶NTU رسیده و در این محدوده راندمان کاهش کدورت به ترتیب بین ۹۷ تا ۹۸/۸ درصد می‌باشد. این ارقام نقش مؤثر مخمر را به عنوان کمک منعقدکننده در کاهش کدورت تأیید می‌کند. نتایج فوق در جدول ۳ نیز آورده شده است.

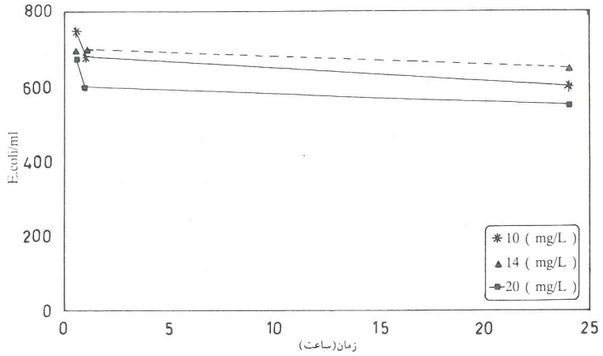
به طور کلی خاصیت منعقدکنندگی مخمر با توجه به ترکیبات ساختمان شیمیایی این ماده می‌تواند مربوط به "کیتین" آن باشد زیرا همانگونه که اشاره شد در ساختمان مخمر، کیتین به فرمول شیمیایی $(C_8 H_{13} NO_5)_n$ وجود داشته که این ماده در شرایط قلیایی و حرارت ۱۳۰ درجه سانتیگراد قابل تبدیل به کایتوزان می‌باشد و خاصیت منعقدکنندگی کایتوزان نیز توسط مراکز تحقیقاتی مختلف به اثبات رسیده است [۱۰].

بررسی نتایج مخمر در کاهش باکتریهای E.coli

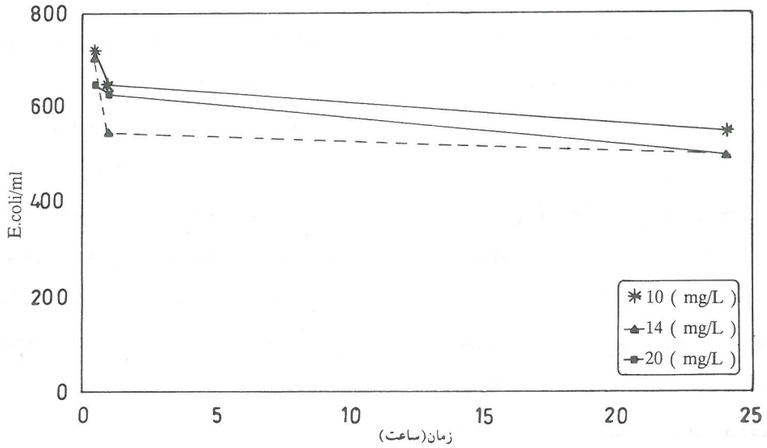
برای بررسی کارایی مخمر به عنوان منعقدکننده در کاهش باکتریهای E.coli موجود در آب، ابتدا آزمایشهایی با استفاده از آلوم به تنهایی به عنوان منعقدکننده اصلی و همچنین آلوم و پلی‌الکترولیت مصنوعی بر روی آب مورد آزمایش با کدورت اولیه ۲۰NTU که حاوی تعداد معینی باکتریهای E.coli (حدود 10^3 باکتری در هر میلی‌لیتر) بوده است، انجام گردید و با آزمایشهای مشابهی که با استفاده از مخمر انجام شده مقایسه شد.

نمودارهای ۵ و ۶ به ترتیب نتایج آزمایشهای انجام شده با استفاده از آلوم به تنهایی و همچنین آلوم به همراه ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر پلی‌الکترولیت مصنوعی را در کاهش باکتریهای E.coli حین عمل انعقاد و در زمانهای ۰/۵، ۱ و ۲۴ ساعت پس از عمل ته‌نشینی نشان می‌دهند. نتایج این نمودارها کاهش تعداد باکتریها را در زمانهای مزبور نشان داده به نحوی که با گذشت زمان تعداد اولیه باکتریها کاهش محسوسی داشته است و با مصرف توأم آلوم و پلی‌الکترولیت مصنوعی راندمان کاهش تعداد باکتریها بهتر بوده است.

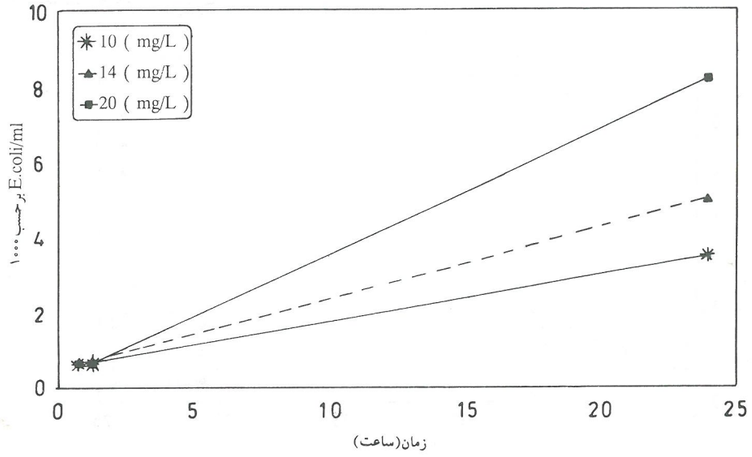
نمودار ۷ استفاده از مخمر را به تنهایی حین عمل انعقاد در کدورت اولیه ۲۰NTU در تغییر تعداد باکتریها نشان می‌دهد. همانگونه که مشخص شد در یک ساعت اولیه پس از عمل ته‌نشینی کاهش محسوسی در تعداد اولیه باکتریها به وجود آمده ولی پس از ۲۴ ساعت تعداد باکتریها به سرعت افزایش یافته به نحوی که با افزایش غلظت مخمر تعداد باکتریها نیز افزایش یافته و از تعداد اولیه نیز بیشتر گردیده است.



نمودار(۵): تعداد باکتریهای E.coli موجود در یک میلی‌لیتر در زمانهای مختلف متعاقب استفاده از غلظتهای مختلف آلوم روی نمونه آب مصنوعی با کدورت (NTU) ۲۰



نمودار(۶): تعداد باکتریهای E.coli موجود در یک میلی‌لیتر در زمانهای مختلف متعاقب استفاده از غلظتهای مختلف آلوم به همراه (ppm ۰/۲) پلی‌الکترولیت مصنوعی روی نمونه آب مصنوعی با کدورت (NTU) ۲۰



نمودار(۷): تعداد باکتریهای E.coli موجود در یک میلی‌لیتر در زمانهای مختلف متعاقب استفاده از غلظتهای مخمر روی نمونه آب باکدورت (NTU) ۲۰

نمودار ۸، نقش مخمر را با غلظت ۰/۲ppm به همراه غلظتهای مختلف آلوم در کاهش تعداد باکتریهای E.coli نشان می‌دهد. همانگونه که مشخص شد پس از یک ساعت عمل ته‌نشینی تعداد اولیه باکتریها کاهش یافته و مجدداً با گذشت زمان تعداد باکتریها از تعداد اولیه نیز بیشتر شده و پس از ۲۴ ساعت به چند برابر تعداد اولیه رسیده است. البته به دلیل کاربرد آلوم در این آزمایش نسبت به نمودار ۷، افزایش تعداد باکتریها پس از ۲۴ ساعت با نرخ کمتری صورت گرفته و تا اندازه‌ای رشد باکتریها محدودتر بوده است.

تحقیقات انجام شده توسط محققین ثابت نموده است که کاربرد مواد طبیعی و گیاهی در فرآیند تصفیه آب به دلیل دارا بودن مواد آلی که خود می‌تواند به عنوان یک منبع غذایی جهت تغذیه و رشد باکتریها محسوب گردد باعث رشد مجدد باکتریهای موجود در آب خواهد شد [۳].

در هر حال، احتمال ترکیب موادآلی موجود در منعقدکننده‌های طبیعی و گیاهی باکلر موجود در آب حین عمل ضدعفونی و احتمال وجود تری‌هالومتانها از جمله مسائلی است که در هنگام استفاده از مواد طبیعی و گیاهی باید مد نظر قرار گیرد.

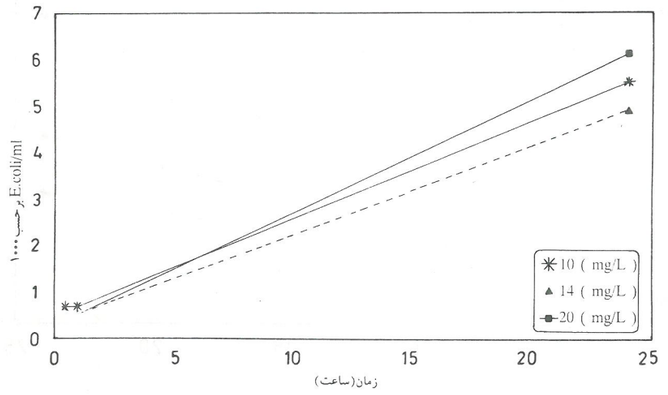
بررسی اقتصادی کاربرد مخمر در فرایند تصفیه آب

برای ارزیابی اقتصادی کاربرد مخمر در فرایند تصفیه آب، مصرف ۰/۲ppm مخمر به همراه غلظتهای مختلف آلوم بر روی نمونه آب با کدورت اولیه ۵۰NTU بررسی گردید و نتایج با پلی‌الکترولیت مصنوعی از نظر کاهش مصرف آلوم مقایسه شد.

در این ارزیابی ابتدا هزینه تصفیه آب در تصفیه‌خانه‌ای نظیر تصفیه‌خانه آب شرب اصفهان که در فاز اول آن ظرفیت تصفیه ۵ مترمکعب در ثانیه می‌باشد با استفاده از آلوم و سپس آلوم و مواد کمک منعقدکننده مصنوعی و طبیعی مقایسه شد. به‌این منظور اگر با مصرف حدود ۰/۲ppm مواد کمک منعقدکننده به طور متوسط y درصد کاهش در مصرف آلوم منظور گردد، لذا ارزیابی قیمت یک متر مکعب آب تصفیه شده به شرح جدول (۴) خواهد بود. ضمن اینکه غلظت بهینه آلوم در صورت عدم استفاده از مواد کمک منعقدکننده ۳۰ppm در نظر گرفته شده است.

بررسی اثر مخمر در میزان لجن تولیدی در فرایند انعقاد

با توجه به اینکه لجنهای ناشی از تصفیه‌خانه‌های آب از لجنهای شیمیایی می‌باشند و از طرفی لجن حاصل از کاربرد سولفات آلومینیم در انعقاد آب در تصفیه‌خانه‌ها به سختی آبگیری شده و مشکلاتی در هنگام دفع تولید می‌نماید، لذا کاهش حجم لجن حاصله مشکلات مربوطه را به حد قابل توجهی کاهش خواهد داد.



نمودار (۸): تعداد باکتریهای E.coli موجود در یک میلی لیتر در زمانهای مختلف متعاقب استفاده از غلظتهای مختلف آلوم به همراه (ppm ۰/۲) سوسپانسیون مخمر روی نمونه آب با کدورت (NTU ۲۰)

جدول (۴): ارزیابی اقتصادی مصرف مخمر به عنوان کمک منعقدکننده در تصفیه

کمک منعقدکننده / پارامتر	پلی‌الکترولیت مصنوعی	مخمر
غلظت آلوم مصرفی در صورت استفاده از ppm ۰/۲ ماده کمک منعقدکننده (ppm)	۱۷	۱۳
درصد کاهش مصرف آلوم (y)	۴۳	۵۷
قیمت ppm ۰/۲ ماده کمک منعقدکننده * (p) (ریال)	۶	۰/۶
قیمت آلوم مصرفی در صورت استفاده از کمک منعقدکننده (ریال)	(1-y)x**	(1-y)x**
مبلغ صرفه جویی شده روزانه حاصل از کاهش مصرف آلوم (ریال) (yx-p)	۲۹۸۰۸۰۰	۷۱۲۸۰۰۰
مبلغ صرفه جویی شده نسبت به پلی‌الکترولیت مصنوعی (ریال)	-	۴۱۴۷۲۰۰

* قیمت هر کیلوگرم پلی‌الکترولیت مصنوعی حدود ۳۰۰۰۰ ریال، هر کیلوگرم مخمر حدود ۳۰۰۰ ریال و هر کیلوگرم آلوم حدود ۱۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است.
** x= قیمت آلوم مصرفی بدون استفاده از کمک منعقد کننده می‌باشد.

در این تحقیق، میزان لجن تولیدی حاصل از کاهش مصرف آلوم در صورت استفاده از پلی‌الکترولیت مصنوعی و همچنین مخمر با یکدیگر مقایسه گردید و با توجه به اینکه جهت محاسبه میزان لجن تولیدی فرمول یا روش دقیقی در دسترس نمی‌باشد و اکثراً از روشهای تجربی بهره گیری می‌گردد لذا در این زمینه از فرمول تجربی زیر که کاربرد بیشتری در محاسبه میزان لجن تولیدی دارد استفاده گردید [۹]:

میزان تولید لجن آلوم خشک (mg/L) = میزان تزریق آلوم (mg/L) × ۲/۲ + (کدورت آب اولیه NTU × ۱/۳ × ۸/۳۴)

در این فرمول عدد ۱/۳ نسبت مواد جامد معلق به کدورت آب است و عدد ۲/۲ در هنگامی که از املاح آهن در فرایند انعقاد استفاده شود برابر با ۳/۲ می‌باشد. در این مورد با مصرف ۰/۲ppm ماده کمک منعقدکننده به همراه آلوم که منجر به کاهش مصرف آلوم در حد ۶۰-۴۰ درصد گردیده است و در کدورت اولیه ۵۰NTU، در دو حالت استفاده از آلوم به تنهایی و سپس مصرف توأم آلوم و ماده کمک منعقدکننده مصنوعی و طبیعی به شرح زیر با یکدیگر مقایسه شدند:

الف: محاسبه میزان لجن تولیدی در صورت استفاده از آلوم به تنهایی:

میزان تزریق آلوم = ۳۰ mg/L

کدورت اولیه آب = ۵۰ NTU

میزان لجن تولید شده = [۳۰ × ۲/۲] + [۵۰ × ۱/۳ × ۸/۳۴] = ۶۰۸

پوند به ازاء یک میلیون گالن آب تصفیه شده برابر با kg/m^3 ۰/۰۷۳

ب - محاسبه میزان لجن تولیدی در صورت استفاده از آلوم و پلی‌الکترولیت مصنوعی:

میزان تزریق آلوم=۱۷mg/l

کدورت اولیه=۵۰NTU

لجن تولیدشده=[۵۰×۱/۳×۸/۳۴]+[۱۷×۲/۲]=۵۷۹/۵

پوند به ازاء یک میلیون گالن آب تصفیه شده برابر با kg/m^3 ۰/۰۶۹

با تکرار محاسبات به طریقه فوق برای مخمر به عنوان کمک منعقدکننده میزان لجن تولیدی در این شرایط kg/m^3 ۰/۰۶۸ به دست می‌آید، که حدود ۶ درصد در میزان تولید لجن کاهش حاصل نموده و یا به عبارت دیگر حدود kg/m^3 ۰/۰۵ (۵ گرم به ازاء یک مترمکعب آب تصفیه شده) در میزان لجن تولیدی کاهش داشته است.

نتایج فوق بیانگر این است که کاربرد مخمر به عنوان کمک منعقدکننده در شرایط فوق‌الذکر از نظر کارایی و اقتصادی با صرفه‌تر از پلی‌الکترولیت مصنوعی به نظر می‌رسد.

مراجع و منابع

۱- زرگری، ع.، گیاهان دارویی، (جلد ۴)، انتشارات دانشگاه تهران، آبان ۱۳۶۵.

2- Falkard, G.K.(1987)." *Natural Coagulants in Water Clarification* " , 13th . WEDC Conference, Malawi.

3- Jahn, S.A.A., Dirar. H. (1979). " *Studies on Natural Water Coagulant in the Sudan with Special Refernce of Moringa Oleifera Seeds* " . Water SA.5 (2), 90-96.

4- Jahn, S.A.A.(1979). " *African Plants Used for the Improvement of Drinking Water* ". Curare 2 (3), 183-199.

5- Kawamura, S.(1983). " *Design of Water Treatment Plants in Developing Countries* ", Aqua 1,32-36.

6- Kirlk, O. (1978). " *Encyclopedia of Chemical Technology* ", John Wiley & Sons, 3rd. ed., Vol.3 438-447.

7- Smith, R.S., Cohn, J.M., and Walton, G., (1956). " *Effects of Synthetic Detergents on Water Coagulant* ". J.Am. Water Works Assoc., 48, 55-69.

8- Hume, F. (1989). " *Comparsion of Bacterial Removal and Regrowth Using Natural Coagulants* ", M.Sc. Thesis, University of Newcastle Upon Tyne UK.

9- Kawanmura, S. (1991). " *Integrated Design of Water Treatment Facilities* ". John Wiley & Sons, Inc.

10- Vaidya, M.V., Bulusu, K.R. (1984). " *Chitosan as Coagulant and Coagulant Aid* ", IE J., (1) 43-48.