استفاده از گیاه وحشی

مورینگا اولیفرا

در حذف کدورت و E.coli در آبهای بسیار کدر

بثرین بینا

خلاصه

استفاده از گیاهان بومی برای تصفیه آب آشامیدنی مناطق روستایی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه از دیرباز رایج بوده است. در این تحقیق یکی از گیاهان به نام مورینگااولیفرا (M.oleifera) که از نظر تصفیه آب معروفیت فراوانی نزد ساکنین حاشیه رود نیل دارد انتخاب شده و نقش آن در حذف گل و لای و حذف باکتری شاخص E.coli ارزیابی گردید. مطالعات اولیه بوسیله دستگاه الکتروفورز نشان داد که مورینگا همانند یک پلی‌الکترولیت با بار مثبت عمل می‌کند.

مطالعات باکتریولوژیکی نشان داد که این ماده قادر به حذف بیشتر از ۹۹/۹ درصد E.coli در ۲ ساعت اول آزمایش می‌باشد. در این بررسی همچنین مشاهده شد که قدرت منعقد کنندگی مورینگا تحت تاثیر بعضی از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی قرار می‌گیرد.

مقدمه

بسیاری از اهالی روستایی کشورهای در حال توسعه (خصوصاً بقا و آسیا) مجبورند برای تامین آب آشامیدنی مورد نیاز خود از منابع آبهای سطحی استفاده نمایند که غالباً بسیار کدر و بعضاً از نظر میکروبی آلوده می‌باشد. اهالی این روستاها در طی قرنهای متمادی پی برده‌اند که بعضی از گیاهان قدرت تصفیه آبهای کدر و آلوده را دارند. این گیاهان محلی نه تنها قادر به انعقاد و ته نشینی ناخالصیهای آب می‌باشند بلکه از نظر اقتصادی نیز می‌توانند کمک بسیار مؤثری در جلوگیری از اتلاف هزینه ارزی برای وارد کردن مواد شیمیایی منعقد کننده رایج در صنعت تصفیه آب مثل سولفات آلومینیوم (آلوم) باشند.

یکی از معروفترین مواد طبیعی منعقد کننده دانه‌های جمع‌آوری شده از ترب کوهی می‌باشد که نام علمی آن M.oleifera می‌باشد. این دانهٔ گیاهی در بسیاری از کشورهای گرمسیری مثل سودان، سری‌لانکا، مالزی و غیره یافت می‌شود[1]. اثر منعقد کنندگی مورینگا جهت حذف کلیفرم مدفوعی بوسیله بعضی از محققین گزارش شده است[2،3،4]

در این مطالعه کارآیی مورینگا به عنوان یک منعقد کنندهٔ اصلی تحت شرایط کنترل شده بررسی شده و اهمیت فاکتورهای مختلف که می‌توانند در کارآیی این ماده مؤثر باشند ارزیابی

*عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان ـ دانشکده بهداشت

گردیده است.

مواد و روشها

چون مورینگااولیفرا بیشتر توسط ساکنین رود نیل مصرف می‌شود لذا تصمیم گرفته شد آبی تهیه شود که از نظر خصوصیات فیزیکی ـ شیمیایی تا حدودی به رود نیل نزدیک باشد. بدین منظور مقداری $CaCl_2$ و $MgSO_4$ در آب مقطر حل گردید. این آب حاوی ۰/۵ میلی‌مول در لیتر کلسیم و ۰/۳ میلی‌مول در لیتر منیزیم بود. قلیائیت آب مزبور با اضافه کردن $NaHCO_3$ تامین گردید به طوری که قلیائیت آب به حدود ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بر حسب کربنات کلسیم رسید. برای ایجاد کدورت از گل کائولین استفاده شد. کائولین مصرف شده طبق رادیوگرافی به عمل آمده کاملاً خالص گزارش شده و ظرفیت مبادله یونی آن حدود ۷meq/۱۰۰g و وزن مخصوص آن ۲/۶g/cc تعیین گردید. برای تهیه محلول استاک گل کائولین از شیوهٔ بلاک[5] استفاده گردید. آزمایش میکروسکوپی به عمل آمده نشان داد که قطر ۹۰ درصد ذرات تهیه شده بدین روش کمتر از ۱۰μm می‌باشد. کلیفرم مدفوعی نوع (NCTC 9001) در این تحقیق به عنوان شاخص آلودگی میکروبی مورد استفاده قرار گرفت. شمارش باکتریها بوسیله روش پلیت (۱) برروی آگار مک کانکی (Oxoid CM7) انجام گرفت. پلیتها به صورت دوتایی برای نمونه تهیه و در گرمخانهٔ ۳۷C به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد.

جهت تهیه مورینگااولیفرا ابتدا پوستهٔ خارجی دانه جداگشته و یک گرم از مغز دانه بوسیله یک دستگاه خردکننده پودر گردیده و با افزودن آب مقطر حجم آن به ۱۰۰ml رسانده شد. محلول حاصل از پارچهٔ تمیز عبور داده شد تا ذرات درشت آن گرفته شود.

کلیه آزمایشات مربوط به لخته‌سازی بوسیله دستگاه جارتست انجام گردید. در کلیه آزمایشات آب مورد آزمایش را در بشر ۵۰۰ میلی‌لیتری قرار داده و ابتدا با شدت ۱۲۰ دور در دقیقه مخلوط گردید . سپس مورینگابه آن اضافه شده و با همان سرعت برای دو دقیقه دیگر مخلوط کردن ادامه پیدا کرد. بعد از این مدت سرعت مخلوط کردن را به ۲۰ دور در دقیقه رسانده و با این سرعت به مدت ۱۵ دقیقه آزمایش ادامه پیدا کرد.

در کلیه آزمایشات نمونه‌ها بوسیله یک پیپت استریل گرفته شد. این نمونه‌ها سپس برای تعیین pH، کدورت و شمارش باکتریها مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌ها در ساعات ۰، ۱، ۲ و ۲۴ گرفته و خوانده شد.

تحرک الکتروفورتیک ذرات که با پتانسیل زیتا آنها نسبت مستقیم دارد بوسیله دستگاه میکروالکتروفورز مدل Mark II کارخانهٔ Rank Brothers انگلستان مطالعه گردید. جهت خواندن کدورت نمونه‌ها از دستگاه کدورت سنج ۲۱۰۰A استفاده به عمل آمد.

نتایج و بحث:

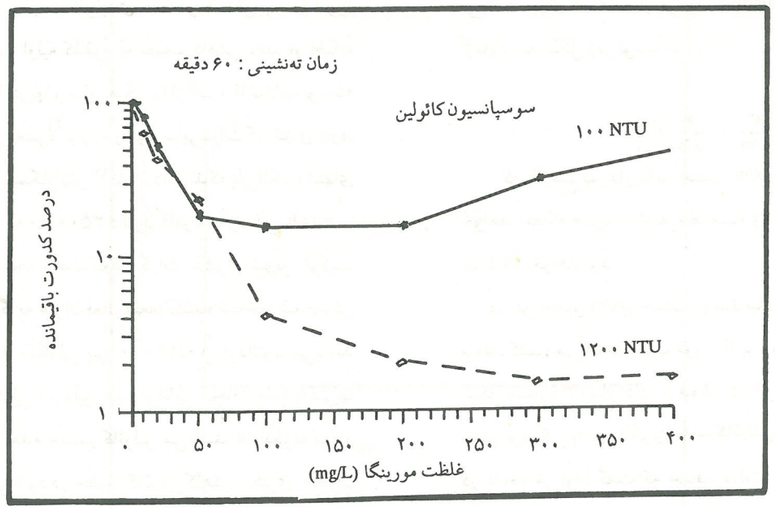
حذف کائولین بوسیله مورینگا

آزمایشات مختلفی بوسیله سوسپانسیون مورینگا در آبهایی با کدورت‌های مختلف کائولین انجام شد. کائولین از گل‌های معدنی می‌باشد که معمولاً در تحقیقاتی که در زمینهٔ انعقاد ـ تجمع صورت می‌گیرد به کرات به عنوان مدل سوسپانسیون استفاده شده است.

فالکرد[6] گزارش می‌کند که کائولین به مقدار زیاد در رسوبات رودخانه موجود بوده و از بسیاری جهات مدل مناسبی برای انجام آزمایشات کواگولاسیون می‌باشد. کائولین مصرف شده در این آزمایش بوسیلهٔ متدی که قبلاً توضیح داده شده دارای پتانسیل زیتا ۴۳mv- محاسبه گردید.

شکل شمارهٔ ۱ کدورت باقی مانده را بر حسب غلظتهای مختلف مورینگا نشان میدهد. چنانچه در این شکل ملاحظه می‌گردد، هر چه غلظت اولیه کائولین بیشتر باشد درصد حذف آن بیشتر خواهد بود. این موضوع نشان دهندهٔ پدیدهٔ تصادم در حذف ذرات می‌باشد. نقش تعداد ذرات موجود در یک سیستم کلوئیدی بر روی عمل انعقاد به طور کامل بوسیله محققین گزارش شده است ۷و۸

تحقیقاتی که قبلاً در فیلد صورت گرفته ۶و۹ نشان دهندهٔ غلظت بهینه‌ای بین ۵۰mg/L تا ۳۰۰mg/L از مورینگا می‌باشد. اما این غلظت بهینه بستگی به خصوصیات آب ورودی جهت تصفیه دارد. شکل ۱ غلظت مورینگای بهینه را برای کدورت ۱۰۰NTU به طور واضح نشان می‌دهد و به خوبی آشکار است که افزودن غلظت بالاتر از غلظت بهینه موجب پایداری مجدد ذرات و افزایش کدورت آب می‌شود. این نتیجه با نتایج کار بعضی از محققین منطبق می‌باشد ۱۰و۱۱

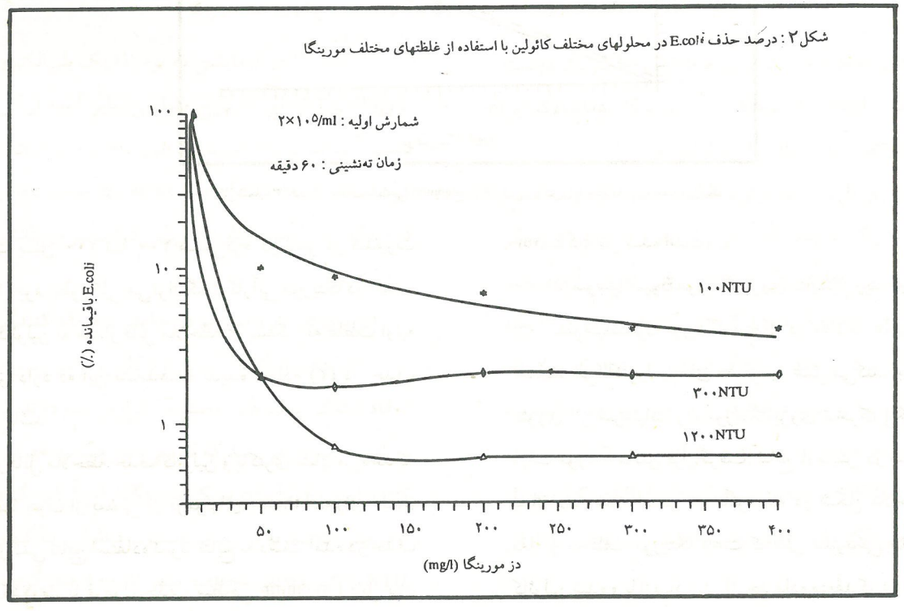


شکل شماره ۱ : اثر غلظتهای مختلف مورینگا در حذف کائولین

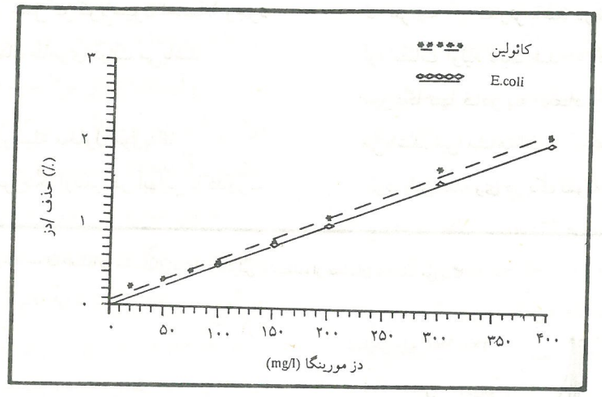
بلاک و همکارانش ۲ همچنین گزارش می‌کنند که دلیل گسترده بودن غلظت بهینه در عمل کواگولاسیون احتمالاً وجود تنوع در اندازه، شکل و ساختمان ظاهری ذرات می‌باشد.

حذف کلیفرم مدفوعی بوسیله محلول مورینگا

کاهش باکتری بوسیله مورینگا اولیفرا در آبهایی با کدورت متفاوت در شکل ۲ نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که هر چه آب کدرتر باشد درصد حذف باکتری بیشتر است در آزمایشات اولیه ثابت شد که اگر آب فاقد کائولین باشد محلول مورینگا تنها قادر به انعقاد و حذف حدود ۵ درصد E.coli می‌باشد. این مشاهدات با آنچه آملیا[12] گزارش می‌کند مشابهت دارد. طبق گفته وی در یک نمونه حاوی ده هزار کلیفرم در میلی‌لیتر



و بدون حضور سایر ذرات کلوئیدی مدت زمان تقریبی ۱۲۰ روز لازم است تا غلظت اولیه کلیفرم به نصف کاهش یابد. او اضافه می‌کند که کاهش باکتریها و سایر میکربها از آب و فاضلاب بوسیله عمل انعقاد ـ تجمع معمولاً نیاز به وجود سایر ذرات کلوئیدی دارد. اگر چه تری‌ویک و همکارانش[۱۳] نشان داده‌اند که پلی‌الکترولیتهای با وزن مولکولی ۶۰۰۰۰ـ۳۵۰۰ دالتون قادرند بار منفی E.coli را خنثی کرده و در نتیجه باعث انعقاد ذرات باکتری شوند. ترکیب اصلی که در مورینگا به عنوان فعال منعقدکننده شناخته شده شش نوع پلی‌پپتید با وزن ملکولی بین ۱۶۰۰۰ـ۶۰۰۰ دالتون می‌باشد شاید این وزن ملکولی کم دلیل عدم توانایی ایجاد انعقاد باکتریها بوسیله مورینگا در عدم حضور کائولین می‌باشد. همانگونه که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود در حضور کائولین کاهش باکتری به میزان بیش از ۹۰ درصد بوسیله سوسپانسیون مورینگا در دو ساعت اول آزمایش به دست آمد. حداکثر حذف E.coli به مقدار ۹۹/۵ درصد



شکل شماره ۳: نمودار جذب سطحی (Langmuir) کائولین و باکتری با غلظتهای مختلف مورینگا

در غلظت بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر در کدورت ۱۲۰۰NTU بود. بطورکلی می‌توان گفت کارآیی مورینگا در حذف باکتری و کائولین به مقدار قابل ملاحظه‌ای بستگی به غلظت اولیه ذرات معلق دارد که این نشاندهنده پدیدهٔ تصادم (۲) در حذف باکتری می‌باشد.

مقدار قابل ملاحظهٔ حذف کائولین و باکتری نشان می‌دهد که ممکن است بتوان از بعضی از فرمولهای Isotherm برای نشان دادن مقدار کمی نتایج استفاده نمود. نتایج به دست آمده در حذف باکتری و کدورت با فرمول جذب سطحی Langmuir قابل بیان می‌باشد. برای استفاده از فرمول Langmuir در بیان نتایج این آزمایش به شکل زیر نوشته شد.

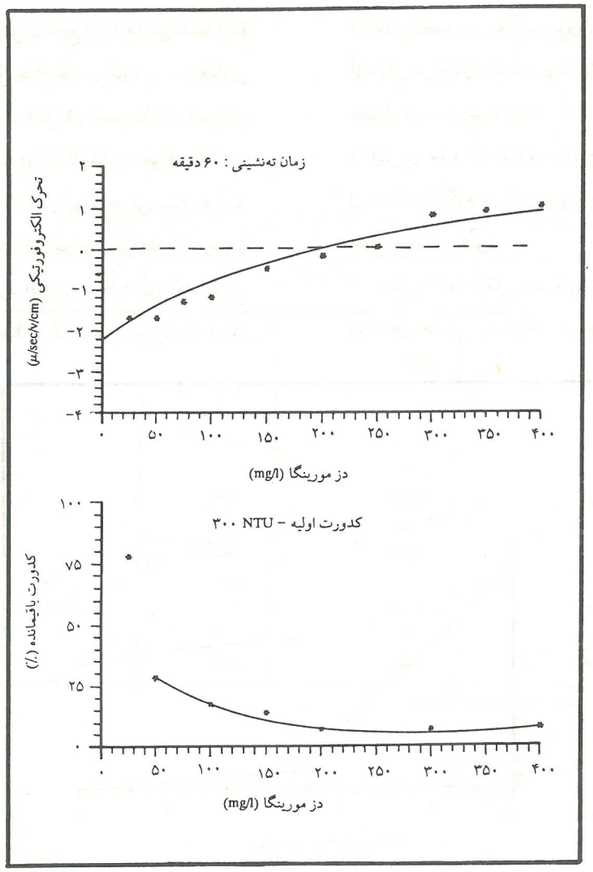
$$\frac{C}{x/m} = \frac{1}{a.b} + \frac{c}{a}$$

که با رسم نمودار C بر حسب x/m یک خط مستقیم بدست خواهد آمد که ضریب زاویهٔ خط مساوی با ۱/a و عرض از مبداء آن ۱/a.b خواهد بود.

در این تحقیق x/m بر حسب درصد بیان گردیده و C غلظت مادهٔ منعقدکننده می‌باشد. جذب مورینگا بر روی E.coli و کائولین در شکل شمارهٔ ۳ نشان داده شده است. این شکل همچنین ارتباط بسیار نزدیکی را بین الگوی **جذب کائولین و E.coli** نشان می‌دهد. در نتیجه می‌توان گفت که حذف ذرات معدنی می‌تواند ملاک خوبی برای نشان دادن حذف باکتریها باشد. نتایج مشابهی بوسیله تری‌ویک[۱۳] در جذب یک پلی‌الکترولیت با بار مثبت بر روی E.coli گزارش شده است.

اثر سوسپانسیون مورینگا بروی پتانسیل زیتا ذرات کلوئیدی

سوسپانسیون مورینگا چنانکه در مقالات علمی عنوان شده همانند پلی‌الکترولیت‌های مصنوعی عمل می‌کند. جهت تأئید این تئوری اثر سوسپانسیون مورینگا بروی تحرک الکتروفورتیکی ذرات مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج آزمایش در شکل شمارهٔ ۴ نشان داده شده است. همانگونه که در شکل ملاحظه می‌شود مقادیر مختلف مورینگا باعث کاهش تدریجی بار الکتریکی کائولین شده و با ازدیاد بیش از حد ماده منعقدکننده بار الکتریکی



شکل ۴: نمودار الکتروفورتیک موبیلیتی و درصد کدورت باقیمانده بر حسب غلظتهای مختلف مورینگا

کائولین از خنثی به طرف مثبت می‌رود. نقطه ایزوالکتریک درست منطبق با غلظت ۲۰۰mg/l سوسپانسیون مورینگا می‌باشد که این غلظت بهینه از نظر حذف E.coli و کائولین است.

طبق تئوری پل زدن پلیمری، ملکول پلیمر خود را به سطح ذرات معلق به یک یا چند نقطه می‌چسباند و همزمان سردیگر زنجیر پلیمری در محلول باقی می‌ماند. وقتی که سر آزاد زنجیر پلیمری خود رابه ذرهٔ دیگر متصل گرداند یک پل بین دو ذره ایجاد شده و نهایتاً از ترکیب چند پل فلاک تشکیل می‌شود که می‌تواند ته‌نشین گردد. این تشکیل ذرات در اثر بهم خوردن نامناسب محیطی که در آن ذرات پراکنده‌اند و نیز افزایش بیش از حد ماده منعقدکننده با اشکال مواجه می‌شود. کاهش بار الکتریکی بوسیله اضافه کردن پلی‌الکترولیت مثبت بوسیله بعضی از محققین گزارش شده است.

نارکیس[۱۴] در آزمایشی که بوسیله یک پلی‌الکترولیت مثبت بنام PVMPI انجام داد نتایج مشابهی نظیر آنچه از این تحقیق به دست آمد نشان داده است. به طور خلاصه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که عمل انعقادکنندگی مورینگا نه تنها خاصیت پل زدن بین دو ذره بلکه خنثی نمودن بار الکتریکی ذرات نیز می‌باشد.

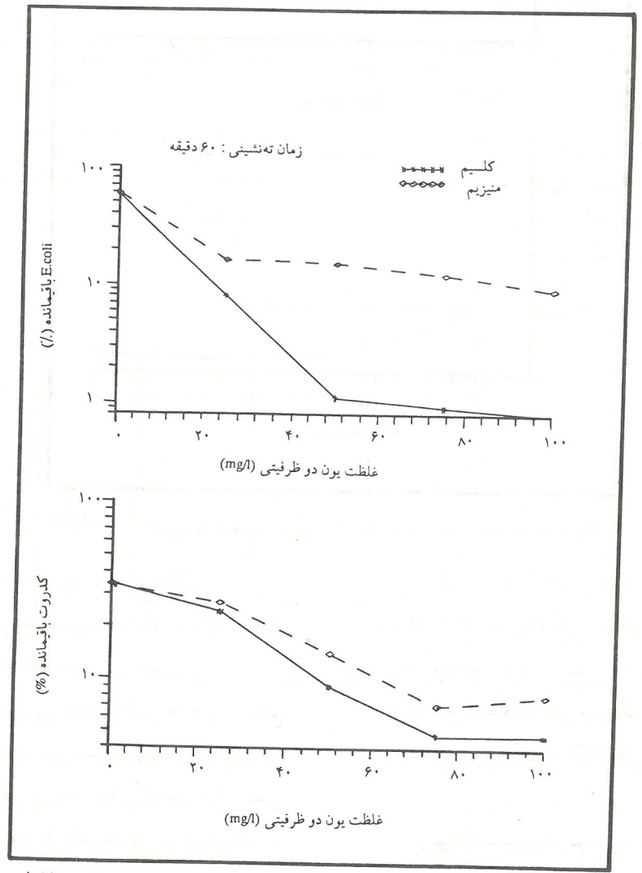
اثر یون کلسیم و منیزیم در خاصیت منعقدکنندگی مورینگا

بلاک و همکارانش[۱۵] نقش یون کلسیم و منیزیم را در خاصیت انعقادکنندگی پلیمرهای مصنوعی گزارش نموده‌اند. به این علت در این تحقیق سعی شد که کارآیی مورینگا به عنوان یک انعقاد کننده اصلی در آبهای سبک و سنگین ارزشیابی گردد. در هر آزمایش ۵ نمونه از سوسپانسیون کائولین با کدورت ثابت ۳۰۰NTU و مقادیر مختلف صفر تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر یون

Mg^{+2} و Ca^{+2} تهیه گردید. در شکل ۵ نتایج این آزمایش نشان داده شده است. همانطور که در شکل ملاحظه می‌شود وجود مقادیر یونهای مثبت دو ظرفیتی به میزان قابل توجهی باعث افزایش کارآیی محلول مورینگا در حذف ذرات کلوئیدی خواهد شد. بر این اساس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در آبهای خیلی سبک فرآیند تصفیه آب بوسیله این ماده با مشکل مواجه خواهد شد. ضمناً چنانکه در شکل ملاحظه می‌شود افزایش غلظت یون کلسیم در مقایسه با یون منیزیم باعث حذف درصد بیشتری از ذرات کلوئیدی می‌شود.

فاضلاب خروجی به آب مورد آزمایش اضافه شد. نتایج این آزمایش در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. همانطور که در جدول دیده می‌شود مقدار مادهٔ آلی اضافه شده تا ۱۵۰ میلی گرم در لیتر در حذف E.coli و کائولین قابل توجه نمی‌باشد. ولی بیشتر از ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر پپتون باعث کاهش کارآیی مورینگا در عمل انعقاد می‌شود.

گیبس[16] در آزمایشات خود مشاهده نمود که ذراتی که بوسیله مواد آلی طبیعی (هومیک) موجود در آب احاطه می‌شوند با



شکل شماره ۵: اثر یونهای کلسیم و منیزیم در کارآیی محلول مورینگا (۲۰۰mg/l) در حذف E.coli و کائولین

اثر مواد آلی درکارآیی مورینگا

وجود مواد آلی پروتئینی باعث تداخل در عمل انعقاد ـ تجمع باکتری و سایر ذرات کلوئیدی می‌شود. طبق این نظریه آزمایش زیر انجام گرفت تا توانایی مورینگا در حذف مواد کلوئیدی در حضور مواد آلی مشخص گردد. در این آزمایش مواد آلی به شکل پپتون و سرعت بسیار کمتری نسبت به ذرات دیگر منعقد می‌شوند. او نتیجه گرفت که مواد آلی طبیعی باعث پایداری ذرات در سیستم کلوئیدی می‌شوند. محقق دیگری بنام مورل[17] نیز همین نظریه را تأئید می‌کند و اظهار می‌دارد که در pH نزدیک ۸ حتی مقادیر بسیار

کمی ماده آلی حل شده در آب کافی می‌باشد تا سطح ذرات کلوئیدی را به حدی اشباع کند که سطح ماده کلوئیدی کاملاً خصوصیات ماده آلی را از خود نشان دهد. بیتون[18] نیز معتقد است که مواد آلی حل شده می‌توانند در جذب سطحی ذرات کلوئیدی، خصوصاً باکتریها و ویروسها، رقیبی برای پلیمرها باشند.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که در آبهای حاوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای از مواد آلی، فرایند انعقاد بوسیله مورینگا با مشکل روبرو خواهد شد.

جدول شماره ۱ : اثر مواد آلی در حذف E.coli و کائولین در کارآیی مورینگا (۲۰۰mg/l)

مادهٔ آلی	غلظت mg/l	درصد حذف E.coli[1]	درصد حذف کدورت[2]
پپتون باکتریولوژیکی	۰	۹۸/۲	۹۵/۳
	۱۰	۹۷/۵	۹۴/۳
	۲۵	۹۷/۲	۹۱/۷
	۵۰	۹۵/۷	۸۸/۳
	۷۵	۹۴/۷	۸۱/۳
	۱۰۰	۹۳/۲	۸۰/۰
	۱۵۰	۹۲/۳	۶۹/۳
	۲۰۰	۷۱/۷	۶۰/۰
	۴۰۰	۱۸/۳	۱۰/۰
فاضلاب خروجی [3]	ml/l		
	۰	۹۸/۵	۹۶/۰
	۲۰۰	۸۰/۰	۶۶/۶
	۴۰۰	۵۸/۳	۴۳/۳

۱ـ غلظت اولیهٔ E.coli: ۶×۱۰^{۴}/ml

۲ـ کدورت اولیه: ۳۰۰NTU

۳ـ مشخصات فاضلاب خروجی

BOD_5(mg/l) : ۱۲mg/L

مواد معلق : ۱۸mg/L

References

1- Ramachandran. C., Peter. K. V. & Gopalakrishnan (1980). Drumstick (Moringa oleifera) A Multipurpose Indian Vegetable. Economic Botany 34 (3). 276-283.

2- Jahn. S.A.A. and Dirar H. (1979). Studies on Natural Water Coagulants in Sudan with Special References to Moringa oleifera seeds. water SA. 5(2)90-96.

3- Jahn. S.A.A. (1981). Traditional Water Purification in Tropical Developing Countries. Publ. 117 GTZ

4- Jahn. S.A.A. (1986). Proper Use of African Natural water Coagulations for Rural Water Supplies. publ. 117, GTZ.

5- Black, A.P.& Smith A.L. (1962). Determination of the Mobility of Colloidal Particles by Microelectrophoresis. J. Am. Water Works Assoc. 54, 926-934.

6- Folkard, G.K. (1987). Natural Coagulants in Water Clarification, 13th. WEDC Conference, Malawi.

7- Black. A.P. and Vilaret M. R. (1969). Effect of Particle Size on Turbidity Removal. Am. Water Works Assoc. 61, 209-214.

8- Gemmell, R.S. (1963). Some Aspects of Orthokinetic Flocculation. Ph.D Thesis. University of Harvard.

9- Sutherland, J.P. (1986). Natural Coagulants in Water Treatment- A Scientific Appraisal, Unpublished project report. Dept of Civil Engineering, University of Leicester.

10- Robinson, C.N. (1974). Polyelectrolytes as Primary Coagulants for Potable Water Systems. J. Am. water Works Assoc. 66, 252-257.

11- Stamberger, P. (1962). The Mechanical Stability of Colloidal Dispersions. J. Colloidal Science. 17, 146-154.

12- O'Melia, C.R. (1972). Coagulation and Flocculation. In: Physicochemical Processes for Water Quality Control, (edweber, W.J.) pp 61-109. John wiley & Sons. Inc. New York.

13- Treweek, G.P. & Morgan, J.J. (1977). Polymer Flocculation of Bacteria. The Mechanism of E.coli Aggregation by polyethyleneimine. J. Colloid & Interface Science. 60, 258-273.

14- Narkis, N. and Rebhun, M. (1975). The Mechanism of Flocculation Processes in the Presence of Humic Substances. J. Am. Water Works Assoc. 67, 101-108.

15- Black, A.P., Brinker F.B.& Morgan J.J. (1965). Determination of Dilute Clay Suspension with Labelled Polymers. J. Am. Water Works Assoc. 57, 1547-1560.

16- Gibbs. R.J. (1983). Effect of Natural Organic Coating on the Coagulation of Particles. Environ. Sci. Tech. 17, 237-240.

17- Morel, F.M.M. (1983). Reactions on Solid Surfaces. Chapter 8 In: Principles of Aquatic Chemistry. John Wiley & Sons. New York.

18- Bitton, G. (1975). Adsorption of Viruses onto Surfaces in Soil and Water. Water Res., 9, 473-484.