

پتانسیل تشکیل تری‌هالومتان در منابع آب شرب شهر بندرعباس از سد استقلال میناب تا شبکه توزیع

ولی علیپور^۱ لیلارضایی^۲ سکینه شکوهیان^۲ کاووس دیندارلو اینالو^۱ بابک گودرزی^۲

^۱ استادیار، گروه بهداشت محیط، ^۲ مربی، گروه بهداشت محیط، مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط و حرفه‌ای هرمزگان، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.

مجله پزشکی هرمزگان سال هجدهم شماره سوم ۹۳ صفحات ۱۹۴-۱۸۷

چکیده

مقدمه: ترکیبات آلی موجود در منابع آب سطحی ناشی از تجزیه بقایای گیاهی و میکروبی است. با توجه به اینکه کلرزنی متداول‌ترین روش گندزدایی آب است، لیکن کلر آزاد می‌تواند با نرات معلق مواد آلی طبیعی موجود در آب واکنش داده و محصولات جانبی گندزدایی را ایجاد کند. یکی از این ترکیبات خطرناک تری‌هالومتان‌ها می‌باشند که مشکوک به سرطان‌زایی در انسان هستند.

روش کار: در این مطالعه، ۹۶ نمونه آب از ۴ نقطه (آب سد استقلال میناب، خروجی از تصفیه‌خانه میناب، ورودی به تصفیه‌خانه بندرعباس و خروجی از تصفیه‌خانه بندرعباس) در طی ۶ ماه نمونه‌برداری بدست آمد و پارامترهایی مانند TOC ، pH ، درجه حرارت، کلر باقیمانده سنجش گردید و برای سنجش میزان THM تولیدی از مدل ریاضی و محاسباتی استفاده شد.

نتایج: نتایج نشان داد که آب شرب بندرعباس از آبهایی با TOC بالا می‌باشد که حداقل و حداکثر پتانسیل تشکیل تری‌هالومتان $14/78$ و $84/86$ میکروگرم در لیتر برآورد شد. نتایج آنالیز رگرسیون خطی نشان می‌دهد که، بیشترین وابستگی بین غلظت کربن آلی و pH با پتانسیل تشکیل تری‌هالومتان وجود دارد.

نتیجه‌گیری: به طور کلی با افزایش pH و غلظت TOC در منابع آب، پتانسیل تشکیل THM نیز افزایش می‌یابد. آب شرب بندرعباس پتانسیل لازم جهت تشکیل تری‌هالومتان را دارد و بنابراین بایستی تدابیری در این راستا اندیشیده شود.

کلیدواژه‌ها: تری‌هالومتان - کربن - آلاینده‌های آب

نویسنده مسئول:
سکینه شکوهیان
مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط
و حرفه‌ای هرمزگان، دانشکده بهداشت
دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان
بندرعباس - ایران
تلفن: ۰۲۰۳۳۳۴۲۰۲۰ ۷۶۱ ۹۸
پست الکترونیکی:
s.shkoochian@yahoo.com

نوع مقاله: پژوهشی

دریافت مقاله: ۹۲/۱/۲۰ اصلاح نهایی: ۹۲/۴/۲۲ پذیرش مقاله: ۹۲/۴/۳۱

ارجاع: علیپور ولی، رضایی لایلا، شکوهیان سکینه، دیندارلو اینالو کاووس، گودرزی بابک، پتانسیل تشکیل تری‌هالومتان در منابع آب شرب شهر بندرعباس از سد استقلال میناب تا شبکه توزیع. مجله پزشکی هرمزگان ۱۸۷(۳):۱۸۱-۱۹۳، ۱۹۳-۱۸۷.

مقدمه:

متغیر است (۲،۳). این مواد آلی دارای دو جزء هیومیکی و غیرهیومیکی می‌باشند. گرچه مواد آلی طبیعی به تنهایی بی‌ضرر است اما به دلیل توانایی در انجام واکنش با کلر و تشکیل فرآورده‌های جانبی گندزدایی (DBPs) Disinfectant By Products است که اغلب سرطان‌زا می‌باشند (۴). از لحاظ اپیدمیولوژیکی ارتباط بین محصولات جانبی گندزدایی و سرطان روده کوچک و نیز مشکلات تنفسی اثبات گردیده است (۵).

ترکیبات آلی، مجموعه‌ای از مواد آلی است که عموماً در منابع آبهای سطحی وجود دارد و منشأ ورود این ترکیبات، تجزیه بقایای گیاهی و میکروبی است (۱). ترکیبات آلی دارای دو منشأ طبیعی (Natural Organic Matters (NOM) و مصنوعی (Synthetic Organic Matters (SOM) هستند. آلودگی منابع آبی به مواد آلی طبیعی (NOMs) از طریق منابع طبیعی، مصنوعی و تجزیه آلاینده‌ها اتفاق می‌افتد که غلظت NOM در منابع آبهای شرب غالباً بین ۲ تا ۱۵ میلی‌گرم در لیتر

در مطالعه ای که آقای Hong و همکارانش در سال ۲۰۰۷ به منظور مدل سازی تشکیل تری هالومتان در آب کلرزی شده رودخانه دونگ جیانگ اصلی ترین منبع تأمین آب شرب کشور چین انجام دادند، نشان داد که میزان THM تشکیل شده در محدوده ۱۱/۷ تا ۹۱/۸ میلی گرم بر لیتر متغیر می باشد که مهم ترین پارامتر مؤثر بر پتانسیل تشکیل تری هالومتان، زمان واکنش و غلظت یون برم در آب می باشد (۱۵). آقای عبدالله و همکارانش نیز مطالعه ای مشابه را در کشور مالزی در سال ۲۰۰۳ به منظور مدل سازی و پیش بینی تشکیل تری هالومتان در آب آشامیدنی در طول شبکه توزیع انجام دادند که نتایج مطالعه نشان داد، رابطه مستقیم و قوی بین میزان تری هالومتان تشکیل شده و غلظت TOC، pH و رابطه ضعیفی با دوزاژ کلر وجود دارد (۷).

با توجه به ارتباط تنگاتنگی که بین غلظت کربن آلی موجود در آب با پتانسیل تشکیل فرآورده های جانبی گذردایی وجود دارد، می توان با اندازه گیری غلظت کربن آلی و سایر پارامترهای مؤثر، میزان تری هالومتان تشکیل شده را تخمین زد. منبع تأمین آب شهر بندرعباس، سد استقلال میناب در فاصله ۹۰ کیلومتری شهر بندرعباس بوده که پس از افزوده شدن مواد منعقد کننده و ته نشینی در تصفیه خانه آب میناب، جهت فیلتراسیون و گذردایی به تصفیه خانه بندرعباس منتقل می گردد. از آنجایی که مسافت زیادی بین منشأ تا مصرف آب شرب وجود دارد و توسط کلر گذردایی می گردد، هدف را بر آن نهادیم تا به بررسی پتانسیل تشکیل تری هالومتان در آب شرب بندرعباس بپردازیم.

روش کار:

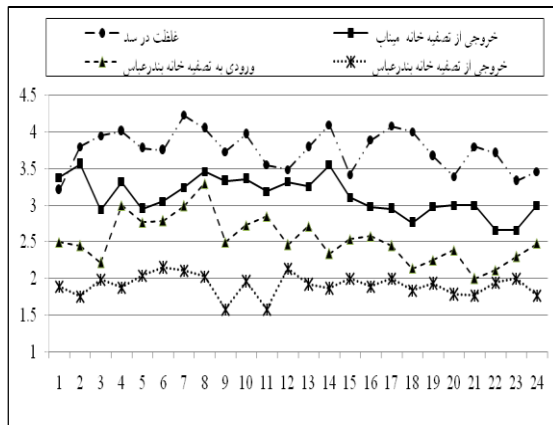
برای انجام این مطالعه مقطعی، در یک دوره شش ماهه، از سه نقطه آب خام سد، آب خروجی از تصفیه خانه میناب و آب خروجی از تصفیه خانه بندرعباس (قبل از کلرزی)، هر هفته یک نمونه و جمعاً ۲۴ نمونه از هر نقطه برداشت گردید و مورد آزمایش قرار گرفتند. به منظور نمونه برداری از ظروف استریل شیشه ای تیره که ابتدا توسط دترجنت جهت جداسازی آلاینده ها و در ادامه از اسید کلریدریک رقیق و آب بدون یون (Deionized) استفاده شد. سپس جهت رهاسازی مواد فرار، ظروف را در دستگاه فور با دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۶۰ دقیقه قرار داده شد. درجه حرارت و pH نمونه ها در محل نمونه برداری تعیین گردید. نمونه هایی که بلافاصله بر روی

ترکیبات SOM نیز از منابعی مثل فعالیت های مختلف شهری، کشاورزی و صنعتی به آنها وارد می شوند. از بین این ترکیبات، تری هالومتان ها، هالواستیک اسیدها، ترکیبات آروماتیک و فتل و مشتقات آن در آب، حایز اهمیت هستند. از جمله این فرآورده ها می توان به تری هالومتانها (THMs) و هالواستیک اسیدها (Halo Acetic Acids (HAAs اشاره کرد که مضمون به سرطان زایی برای انسان می باشند (۶،۷). همچنین توانایی ایجاد بو و مزه نامطبوع در آب آشامیدنی دارند که به طور کامل از طریق فرآیندهای تصفیه متداول قابل حذف نمی باشند (۸).

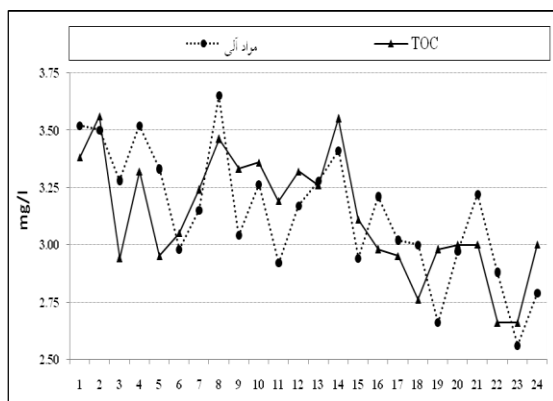
با توجه به اینکه کلرزی متداول ترین روش گذردایی آب است، لیکن کلر آزاد می تواند با ذرات معلق مواد آلی طبیعی موجود در آب واکنش داده و محصولات جانبی گذردایی را ایجاد کند (۹). به طور کلی تشکیل تری هالومتان به فاکتورهای زیادی مانند pH، زمان تماس با کلر، غلظت و خصوصیات کلر باقیمانده، دما، مقدار NOMs و غلظت برم بستگی دارد. افزایش pH و زمان تماس، سبب افزایش تولید تری هالومتان ها و کاهش تولید هالواستیک اسیدها می گردد. با افزایش دما سرعت واکنش بیشتر شده که منجر به مصرف بیشتر کلر و در نهایت تولید بیشتر محصولات جانبی گذردا می گردد (۱۰). در قوانین مربوط به محصولات جانبی گذردایی (USEPA) United State Environmental Protection Agency که در سال ۱۹۷۶ تنظیم شد، حداکثر مقدار مجاز برای کل تری هالومتان ها متوسط سالانه ۱۰۰ میکروگرم در لیتر اعلام نموده است. بر طبق این قانون، حداکثر مقدار مجاز را در سال ۱۹۹۴ به ۸۰ میکروگرم در لیتر کاهش داد (۱۱). همچنین موسسه استاندارد تحقیقات آب ایران در سال ۱۳۷۶ حداکثر مجاز را ۲۰۰ میکروگرم در لیتر معادل کلروفورم اعلام کرد (۱۲).

در سالهای اخیر، توجه زیادی به استفاده از مدل های ریاضی برای پیش بینی تولید و تشکیل محصولات جانبی گذردا در طی انتقال و توزیع آب شده است (۱۳). بیشترین مدل استفاده شده امروزی، رگرسیون خطی، غیرخطی و چندگانه می باشد که این مدل کاربرد زیادی برای ارزیابی تسهیلات تصفیه آب دارد (۱۴). در این مدل، از ضریب همبستگی پیرسون (r) جهت تعیین شدت ارتباط متغیرها با یکدیگر استفاده می شود. این مدل توانایی پیش بینی اینکه تشکیل تری هالومتان به کدام یک از فاکتورها وابستگی بیشتری دارد یا اینکه آب مورد نظر پتانسیل تشکیل تری هالومتان را دارد یا خیر، را دارد.

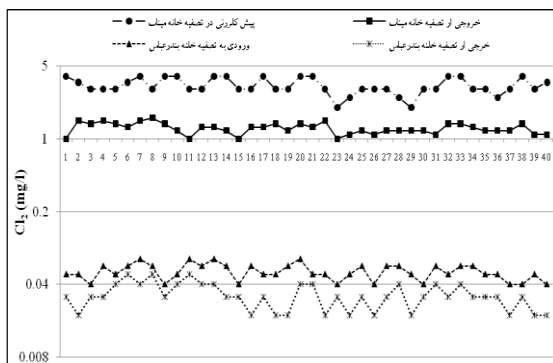
بر طبق این نمودار حداکثر و حداقل میزان TOC به ترتیب ۴/۲۳ و ۱/۵۸ میلی‌گرم در لیتر در سد استقلال و خروجی از تصفیه‌خانه میناب مشاهده شد.



شکل شماره ۱- تغییرات میزان TOC از آبگیر سد استقلال میناب تا خروجی از تصفیه‌خانه آب بندرعباس



شکل شماره ۲- مقایسه مقادیر مواد آلی و TOC در آب خروجی از تصفیه‌خانه آب میناب



شکل شماره ۳- غلظت کلر باقیمانده از ابتدا تصفیه‌خانه آب میناب تا خروجی از تصفیه‌خانه بندرعباس

آنها آزمایش انجام نمی‌شد، در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با حداقل تماس با روشنایی و هوا نگهداری می‌شدند.

تعیین کل کربن آلی (TOC) توسط دستگاه TOC آنالایزر مدل DRB200 ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌گرم در لیتر صورت گرفت و جهت سنجش کلر باقیمانده نیز از کلسیم دیجیتال HACH با گستره حساسیت دستگاه ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر استفاده شد. در برخی تصفیه‌خانه‌ها به منظور کنترل عوامل بیولوژیک مزاحم مانند جلبک‌ها، آب خام پیش‌کلرزنی می‌گردد. آب شرب شهر بندرعباس نیز دارای چنین شرایطی است.

تاکنون مطالعات زیادی در رابطه با مدل سازی و پیش‌بینی تشکیل تری‌هالومتان با توجه به عوامل مؤثر بر این فرآیند صورت گرفته است. پارامترهای مؤثر بر تشکیل تری‌هالومتان عبارتند از: زمان تماس با کلر، غلظت و خصوصیات کلر، کلر باقیمانده، دما، مقدار NOMs، فاصله طی شده از زمان کلرزنی تا زمان سنجش و غلظت برم، معادله‌ای که در این تحقیق به منظور پیش‌بینی تشکیل تری‌هالومتان از سد استقلال میناب تا تصفیه‌خانه بندرعباس مورد استفاده قرار گرفت، در مطالعه آقای Rodriguez و همکارانش در سال ۲۰۰۰ بود که پارامترهای مورد استفاده در سنجش تری‌هالومتان عبارت بودند از: غلظت DOC، زمان تماس بین کلر و آب (t)، pH، درجه حرارت محیط (T) و دوز کلرزنی (D).

$$TTHM = 0.044 (DOC)^{1.030} \times (t)^{0.262} \times (pH)^{1.149} \times (D)^{0.277} \times (T)^{0.968}$$

بعد از محاسبه THM به روش فوق، آب شرب بندرعباس به لحاظ پتانسیل تشکیل تری‌هالومتان و ارتباط آن با شرایط موجود مورد آنالیز قرار گرفت که از نرم‌افزار SPSS 18 و آزمون رگرسیون خطی جهت تعیین ارتباط پارامترها با پتانسیل THM تولیدی استفاده گردید.

نتایج:

نمودار شماره ۱ میزان تغییرات TOC را در چهار نقطه مورد بررسی (آب سد استقلال میناب، خروجی از تصفیه‌خانه میناب، ورودی به تصفیه‌خانه بندرعباس و خروجی از تصفیه‌خانه بندرعباس) در طی ۶ ماه نمونه‌برداری نشان می‌دهد.

نمودار نشان می‌دهد در شکل ۲ نیز سنجش و مقایسه مواد آلی در مقابل با TOC نشان داده شده است.

جدول شماره ۱ نیز نتایج اندازه‌گیری کیفیت آب خروجی از تصفیه‌خانه آب میناب و بندرعباس از لحاظ غلظت TOC، pH، درجه حرارت و دوز کلر را نشان می‌دهد. همان طوری که

جدول شماره ۱- میانگین پارامترهای مؤثر بر تشکیل تری‌هالومتان در ۶ ماه نمونه‌برداری از خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب میناب و بندرعباس

زمان نمونه‌برداری	مکان نمونه‌برداری	TOC	pH	دوز کلر	درجه حرارت	THM
ماه اردیبهشت	تصفیه‌خانه میناب	۱/۹۳	۷/۲	۰/۰۶۵	۲۲/۶	۱۶/۸
	تصفیه‌خانه بندرعباس	۱/۷۴	۷/۱	۰/۰۲۲	۲۲	۱۴/۷۸
ماه خرداد	تصفیه‌خانه میناب	۲/۷۴	۷/۳	۱/۰۸۷	۲۴	۴۱/۲۸
	تصفیه‌خانه بندرعباس	۲/۴۹	۷/۳	۰/۰۴۸	۲۳/۸	۳۴/۷
ماه تیر	تصفیه‌خانه میناب	۳/۱۳	۷/۳	۱/۳۲	۲۴/۵	۷۳/۲۲
	تصفیه‌خانه بندرعباس	۲/۹۷	۷/۳	۰/۰۴	۲۴	۶۶/۹۲
ماه مرداد	تصفیه‌خانه میناب	۴/۰۵	۷/۵	۴	۲۶/۵	۹۲/۱۸
	تصفیه‌خانه بندرعباس	۳/۹۲	۷/۴	۰/۰۲۲	۲۵/۵	۸۴/۸۶
ماه شهریور	تصفیه‌خانه میناب	۳/۵۲	۷/۴	۲/۸	۲۵	۸۰/۷۸
	تصفیه‌خانه بندرعباس	۳/۴۲	۷/۳	۰/۰۳۲	۲۵	۷۷/۲
ماه مهر	تصفیه‌خانه میناب	۲/۴۲	۷/۲	۱/۰۸۷	۲۳	۲۹/۵۴
	تصفیه‌خانه بندرعباس	۲/۰۳	۷/۲	۰/۰۵۴	۲۳	۱۹/۹۲

جدول شماره ۲- رابطه بین پارامترهای مؤثر بر تشکیل تری‌هالومتان در آب خروجی از تصفیه‌خانه میناب و بندرعباس

پارامتر	خروجی از تصفیه‌خانه میناب		خروجی از تصفیه‌خانه بندرعباس	
	P-value	r	P-value	r
TOC	۰/۰۰۱	۰/۸۳۷	۰/۰۰۱	۰/۷۰۱
pH	۰/۰۰۱	۰/۸۴	۰/۱۱۴	۰/۲۵۶
دوز کلر	۰/۰۳۷	۰/۳۷۲	۰/۰۰۱	۰/۷۴۲
درجه حرارت	۰/۰۰۵	۰/۳۴۳	۰/۱۶۳	۰/۲۱

بندرعباس به ترتیب برابر ($r=0/837$, $P<0/001$) و ($r=0/701$, $P<0/001$) است که نشانه ارتباط قوی بین این دو پارامتر می‌باشد. مطالعات بسیاری نیز در این زمینه صورت گرفته که گویای این مطلب می‌باشد. با افزایش میزان مواد آلی یا اسید فولیک و هیومیک مقدار THM تولیدی نیز بیشتر خواهد شد یا به عبارت دیگر، نرخ THM تولیدی با TOC مصرفی برابر می‌باشد (۷،۱۶).

اثر pH در تشکیل تری‌هالومتان:

ضریب همبستگی پیرسون جهت تعیین ارتباط بین pH و THM در دو تصفیه‌خانه میناب و بندرعباس به ترتیب برابر ($r=0/84$, $P<0/001$) و ($r=0/75$, $P<0/001$) می‌باشد که

در شکل ۳ مقادیر کلر باقیمانده از ابتدای تصفیه‌خانه میناب تا خروجی تصفیه‌خانه آب بندرعباس نشان داده شده است. جدول شماره ۱ مقادیر میانگین TOC، pH، THM، دوز کلر و درجه حرارت را در آب خروجی از تصفیه‌خانه میناب و تصفیه‌خانه بندرعباس را در ماه‌های نمونه‌برداری نشان می‌دهد. ارتباط هر کدام از متغیرها با تری‌هالومتان تولیدی بررسی گردید که به صورت ضریب همبستگی پیرسون در جدول شماره ۲ آمده است.

اثر TOC در تشکیل تری‌هالومتان:

با توجه به جدول شماره ۱، ضریب همبستگی پیرسون در مورد ارتباط بین THM و TOC در دو تصفیه‌خانه میناب و

نشانه ارتباط قوی بین این دو پارامتر می‌باشد. به طور کلی با افزایش pH شانس تشکیل THM نیز افزایش می‌یابد. این پارامتر می‌تواند جهت کنترل میزان تولید THM مورد استفاده قرار گیرد.

اثر دوز کلر در تشکیل تری‌هالومتان:

با توجه به جدول شماره ۱، ضریب همبستگی پیرسون در مورد ارتباط بین دوز کلر و THM تولیدی در دو تصفیه‌خانه میناب و بندرعباس به ترتیب برابر ($r=0.372$, $P=0.027$) و ($r=0.742$, $P<0.001$) که نشانه ارتباط قوی بین این دو پارامتر می‌باشد.

اثر درجه حرارت در تشکیل تری‌هالومتان:

ضریب همبستگی پیرسون جهت تعیین ارتباط بین درجه حرارت و میزان THM تولیدی در دو تصفیه‌خانه میناب و بندرعباس به ترتیب برابر ($r=0.343$, $P=0.05$) و ($r=0.21$, $P=0.163$) که نشانه وجود رابطه بسیار ضعیف در تصفیه‌خانه میناب و عدم ارتباط در تصفیه‌خانه بندرعباس می‌باشد. نتیجه بدست آمده با مطالعات بسیاری در این زمینه همخوانی دارد (۷).

بحث و نتیجه‌گیری:

همان طوری که در نتایج گفته شد، وجود کربن آلی در خروجی از تصفیه‌خانه آب بندرعباس دلالت بر این دارد که فرآیندهای تصفیه قادر به حذف کامل این ترکیب نمی‌باشد و به دلیل استفاده از کلر در فرآیند گندزدایی پتانسیل تشکیل محصولات جانبی گندزدایی از جمله تری‌هالومتان‌ها بالاست. از طرفی در مطالعات مختلف ارتباط منطقی و معنی‌داری بین پتانسیل تشکیل تری‌هالومتان و غلظت کربن آلی ثابت شده است (۷). مثلاً در آب‌هایی با TOC پایین این نسبت حدود $50 \mu\text{g}$ THMFP/mgC و در آب‌هایی با TOC بالا حدود $100-50 \mu\text{g}$ THMFP/mgC بوده است (۱۷).

کیم و یو نیز علت اصلی پتانسیل تشکیل تری‌هالومتان را مواد آلی به خصوص اسید هیومیک گزارش نمودند (۱۸). ززولی و همکارانش نیز به بررسی آب شرب تهران از لحاظ پتانسیل تشکیل تری‌هالومتان پرداختند که نشان داد حداقل و حداکثر غلظت کربن آلی محلول به ترتیب 0.12 و 0.687 میلی‌گرم در لیتر بود. از نتایج چنین استنباط می‌شود که تصفیه‌خانه‌های آب تهران قادر به حذف کامل مواد آلی از آب نمی‌باشند و احتمال تشکیل هالواستیک اسیدها بیشتر از تری‌هالومتان‌ها می‌باشد (۱۹). بنابراین با توجه به اینکه آب شرب بندرعباس از آب‌هایی با TOC بالا می‌باشد، حداقل و حداکثر پتانسیل تشکیل تری‌هالومتان $14/78$ و $84/86$ میکروگرم در لیتر برآورد می‌شود که از مقادیر $40 \mu\text{g/L}$ و $30 \mu\text{g/L}$ ذکر شده در قانون دوم گندزدایی EPA بالاتر می‌باشد (۱۱). همچنین با بررسی مقادیر THM در ۴ نقطه مورد بررسی به این نتیجه می‌رسیم که بالاترین میزان THM در سد استقلال میناب و تصفیه‌خانه میناب می‌باشد و زمانی که به تصفیه‌خانه بندرعباس می‌رسد این میزان نیز کاهش می‌یابد. مطالعه آقای تیان (Tian) و همکارانش نشان داد که با افزایش فاصله بین دو نقطه سنجش، میزان THM کاهش می‌یابد (۲۰).

با توجه به آنالیزهای بدست آمده در این مطالعه بیشترین وابستگی بین غلظت کربن آلی و pH با پتانسیل تشکیل تری‌هالومتان دیده شد. به طور کلی با افزایش pH و غلظت TOC در منابع آب، پتانسیل تشکیل THM نیز افزایش می‌یابد. تغییر pH به عنوان پارامتری اقتصادی می‌تواند جهت کنترل میزان تولید THM مورد استفاده قرار گیرد (۷، ۲۱).

با توجه به مقادیر تری‌هالومتان در آب خروجی از تصفیه‌خانه بندرعباس بالاتر از استاندارد EPA است، لازم است که تدابیری جهت کاهش پتانسیل تشکیل تری‌هالومتان در سد استقلال و تصفیه‌خانه میناب اندیشیده شود.

References

منابع

- Alidadi H, Alipour V, Akbari B. Water quality. Isfahasn: Isfahan water treatment plant Press; 2000.

2. Richardson SD, Plewa MJ, Wagner ED, Schoeny R, Demarini DM. Occurrence, genotoxicity and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: A review and roadmap for research. *Mutation Res.* 2007;636:178-242.
3. Huang J, Grahan N, Templeton MR, Zhang Y, Collins C, Nieuwenhuijsen M. A comparison of the role of two blue-green algae in THM and HAA formation. *Water Res.* 2009;43:3009-3018.
4. Gopal K, Tripathy SS, Bersillon JL, Dubey SP. Chlorination byproducts, their toxicodynamics and removal from drinking water. *J Hazard Mater.* 2007;140:1-6.
5. Freese SD, Nozaic DJ. Chlorine: Is it really so bad and what are the alternatives? *Water SA.* 2004;30:18-24.
6. Kim MH, Yu MJ. Characterization of NOM in the Han River and evaluation of treatability using UF-NF membrane. *Environ Res.* 2005;97:116-123.
7. Abdullah MP, Yew CH, Ramli MSB. Formation, modeling and validation of trihalomethanes (THM) in Malaysian drinking water: a case study in the districts of Tampin, Negeri Sembilan and Sabak Bernam, Selangor, Malaysia. *Water Research.* 2003;37: 4637-4644.
8. Zazouli MA, Nasser S, Mahvi AH, Mesdaghinia AR, Gholami M. Study of natural organic matter fractions in Water Sources of Tehran. *Pak J Biol Sci.* 2007;10:1718-1722.
9. Chen C. Disinfection by-products and their precursors in a water treatment plant in North China: Seasonal changes and fraction analysis. *Sci Total Environ* 2008. 397:140-147.
10. Pourmoghaddas H, Stevens AA. Relationship between trihalomethanes and haloacetic acids with total organic halogen during chlorination. *Water Research.* 1995;29:2059-2062.
11. Mazloomi S, Nabizadh R, Nasser R, Naddafi K, Nazmara S, Mahvi AH. Efficiency of domestic reverse osmosis in removal of trihalomethanes from drinking water. *Iran J Environ Health Sci Eng.* 2009;6:301-306.
12. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Physical and chemical characteristics of drinking water standards in 1053 numbers. Tehran; 1997.
13. Al-Omari A, Fayyad M, Qader AA. Modeling trihalomethane formation for Jabal Amman water supply in Jordan. *Earth Environ Sci.* 2005;9:245-252.
14. Sadiq R, Rodríguez MJ. Disinfection byproducts (DBPs) in drinking water and predictive models for their occurrence: a review. *Total Environ Sci.* 2004;321:21-46.
15. Hong HC, Liang Y, Han BP, Mazumder A, Wong MH. Modeling of trihalomethane (THM) formation via chlorination of the water from Dongjiang River (source water for Hong Kong's drinking water). *Sci Total Environ.* 2007;385:48-54.
16. Golfopoulou SK, Arhonditsis GB. Quantitative assessment of trihalomethane formation using simulations of reaction kinetics. *Water Res.* 2002;36:2856-2868.
17. Krasner SW, Stuart W, Croue JP. Three Approaches for Characterizing NOM. *Journal of the American Water Works Association.* 1996;88:66-79.
18. Kim HC, Yu MJ. Characterization of natural organic matter in conventional water treatment processes for selection of treatment processes focused on DBPs control. *Water Research.* 2005;39:4779-4789.
19. Zazouli MA, Nasser S, Mahvi AH, et al. Organic carbon concentrations and potential formation of disinfectant by-products in Tehran drinking water distribution networks. *Scientific Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research.* 2009;7:51-59.
20. Tian C, Liu R, Guo T, et al. Chlorination and chloramination of high-bromide natural water: DBPs species transformation. *Separation and Purification Technology.* 2013;102:86-93.
21. Liang L, Singer PC. Factors influencing the formation and relative distribution of Haloacetic Acids and Trihalomethanes in drinking water. *Environ Sci Technol.* 2003;37:2920-2928.

Trihalomethane formation potential in drinking water from Minab Steghlal dam to water distribution network in Bandar Abbas, Iran

A. Alipour¹ L. Rezaei² S. Shekoohiyan² K. Dindarloo Inaloo¹ B. Goodarzi²

Assistant Professor Department of Environmental Health¹, Instructor Department of Environmental Health², Environmental and Occupational Health Engineering Research Center, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.

(Received 9 Apr, 2013)

Accepted 22 Jul, 2013)

Original Article

Abstract

Introduction: Organic matters enter to drinking water from a variety of sources, but one of the major sources of these compounds in aqueous solution can be decomposed plant and microbial residues. Chlorination is the most common method for water disinfection, the free chlorine in the water reacts with natural organic compounds and form disinfection byproducts. One of the dangerous byproducts is Trihalomethanes (THMs). These compounds are suspected to be carcinogenic for humans.

Methods: In this study, 96 samples were taken from 4 points (Minab Steghlal dam, output Minab water treatment plant, input and output of water treatment plant in Bandar Abbas) within 6 months. Parameters such as TOC, pH, temperature and chlorine residual were measured and used for prediction of THM formation by a mathematical model.

Results: Results showed that Bandar Abbas drinking water has high TOC and THM formation potential is high. Minimum and maximum of THM was measured 14.78 and 84.86 $\mu\text{g/l}$, respectively. Positive correlation was seen between concentrations of organic carbon and pH with THM formation.

Conclusion: Increasing pH and TOC concentration in water, leads to increase of THM formation potential. Bandar Abbas drinking water has high potential to form THM, therefore, it is necessary to consider measures in this field.

Key words: Trihalomethane - Carbon - Water Pollutants

Citation: Alipour A, Rezaei L, Shekoohiyan S, Dindarloo Inaloo K, Goodarzi B. Trihalomethane formation potential in drinking water from Minab Steghlal dam to water distribution network in Bandar Abbas, Iran. Hormozgan Medical Journal 2014;18(3):187-193.

Correspondence:

S. Shekoohiyan, MSc.

Environmental and Occupational Health Engineering Research Center, Faculty of Health, Hormozgan University of Medical Sciences.

Bandar Abbas, Iran

Tel: +98 761 3336202

Email:

s.shekoohiyan@yahoo.com