



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

1210P-NWWCE

بررسی غلظت بروموفرم در آب آشامیدنی شهرستان گناوه

رؤیا مرادزاده^۱، عبدالرضا حیاتی^۲

۱- کارشناس ارشد محیط زیست، کارشناس سیستم های اطلاعات جغرافیایی شرکت آب و فاضلاب استان

بوشهر

۲- کارشناس ارشد محیط زیست، مدیر دفتر بهره برده برداری از تأسیسات فاضلاب شرکت آب و فاضلاب

استان بوشهر

Royamoradzadeh@gmail.com

خلاصه

از جمله ترکیبات ارگانوکلره هالوژنه، بروموفرم می باشد. این ترکیب در نتیجه واکنش کلر آزاد با برخی ترکیبات آلی در آب می باشد. خطرات بالقوه و خصوصیات سرطان زایی ترکیب بروموفرم اثبات شده است. بنابراین مطالعات زیادی جهت حذف پیش سازهای بروموفرم یا حذف خود بروموفرم تولید شده در آب انجام گرفته است. در این تحقیق که در سال های ۱۳۹۵-۱۳۹۴ انجام گرفت غلظت بروموفرم در دو فصل زمستان و بهار و در شش ایستگاه شهرستان گناوه اندازه گیری شد. به منظور آنالیز نمونه ها از دستگاه گاز کروماتوگرافی مدل CP-3800 ساخت شرکت VARIAN استرالیا که مجهز به دتکتور جذب شعله (GC-FID) با نمونه بردار اتوماتیک COMBIPAL استفاده شد. نتایج نشان داد، حداکثر میزان بروموفرم در طول نمونه برداری مربوط به فصل بهار و در انتهای شبکه (اداره آب و فاضلاب گناوه) و برابر ۳۰ میلی گرم در لیتر است. همچنین حداقل غلظت مربوط به فصل زمستان بوده که کمتر از ۱۰ قرائت شده است. متوسط مقدار pH در فصل زمستان و بهار به ترتیب برابر ۶/۸ و ۶/۹ و متوسط مقدار کلر باقیمانده در فصل زمستان برابر ۰/۷ و در فصل بهار ۰/۶ میلی گرم در لیتر اندازه گیری شد. تجزیه و تحلیل داده های پژوهش با نرم افزار SPSS و Excel و در سطح توصیفی و استنباطی صورت گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار (ضریب همبستگی ساده، آزمون همبستگی پیرسون و اسپیرمن) با سطح معنی داری ۰/۰۵ استفاده شد. نتایج نشان داد اختلاف آماری معنی دار بین مقادیر غلظت بروموفرم این تحقیق با مقادیر استاندارد ملی و جهانی وجود ندارد و کاملاً مطلوب و بسیار پایین تر از حد استانداردهای مجاز موجود است. همچنین مشخص گردید بین بروموفرم و سایر پارامترهای مؤثر در تولید آن اعم از کلر باقیمانده و گرما همبستگی معنی دار وجود دارد و فرضیات اکثراً با ۹۹٪ یا ۹۵٪ اطمینان تأیید می گردد.

کلمات کلیدی: بروموفرم، آب آشامیدنی، شهرستان گناوه، pH، کلر باقیمانده

۱. مقدمه

تشدید آلودگی منابع آب در دهه های اخیر، باعث افزایش غلظت مواد آلی شده است. با توجه به استفاده از آب های سطحی به عنوان عمده ترین منبع تأمین آب شرب در کشور و کاربرد سیستم های کلر زنی به عنوان متداول ترین روش گندزدایی، احتمال تولید محصولات جانبی در آب تصفیه شده افزایش می یابد. هر روش سالم سازی آب شرایط کاربردی مخصوص به خود دارد و باید از نظر تجهیزات مورد نیاز، میزان مصرف و کارایی آن، آثار جانبی کوتاه مدت و بلندمدت، واکنش با مواد موجود در آب و از همه مهم تر به لحاظ اقتصادی بررسی و انتخاب شود. از بین گندزدهای مختلف، کلر و مشتقات آن به دلیل سهولت کاربرد، پایین بودن نسبی هزینه، قدرت تأثیر و سمیت آن برای میکروارگانیسم های بیماری زا در سیستم های تأمین و توزیع آب آشامیدنی در سراسر دنیا کاربرد گسترده ای دارد اما در سال های اخیر به دلیل مطرح شدن بحث احتمال تولید محصولات جانبی (معادله کلی زیر) و جوانب بهداشتی آن توجه دقیق تری به شرایط مصرف آن معطوف گشته است [1]. (کلر آزاد+مواد آلی پیش ساز THMS+ سایر فرآورده های جانبی)، همان گونه که ملاحظه می شود، تری هالومتان ها حاصل واکنش مواد شیمیایی که در تصفیه آب به عنوان اکسیدان کاربرد دارند با مواد آلی موجود است

[2]. مواد آلی طبیعی موجود در آب‌های سطحی مانند اسیدهای ناشی از تجزیه گیاهان، مواد مترشحه از جلبک‌ها و سایر موجودات آبی و مواد آلی حاصل از فعالیت‌های انسانی است [3,4]. به این مواد که هسته اولیه تولید ترکیبات ترهالومتان محسوب می‌گردند، ترکیبات پیش‌ساز اطلاق می‌شود [5]. این ترکیبات در مقایسه با بسیاری از املاح و ترکیبات معدنی موجود در آب، از طریق روش‌های متداول که در آب‌ها ایجاد می‌شوند عبارتند از کلروفرم (CHCl_3)، برمودی کلرومتان (CHCl_2Br)، دی‌برمو کلرومتان (CHClBr_2)، برموفرم (CHBr_3) [6,7].

فاکتورهای مؤثر در تشکیل ترهالومتان‌ها شامل pH، دما، زمان تماس و غلظت کلر و برم، میزان و نوع مواد آلی و نیز کلر آزاد در آب است. به‌طور کلی مقدار و سرعت تشکیل ترهالومتان‌ها با افزایش دما، pH و غلظت یون‌های برم، کلر و کل کربن آلی (TOC) اضافه می‌شود [1,8,9,10].

در محیط‌های قلیایی احتمال تشکیل تری‌هالومتان‌ها بیشتر است و وجود یون برم در آب نیز، باعث افزایش تشکیل تری‌هالومتان‌های برم‌دار می‌شود. اصلی‌ترین راه تماس انسان با برموفرم از طریق بلعیدن آب آلوده به این ماده است [11]. برموفرم به سهولت توسط سیستم گوارشی و سیستم تنفسی بدن جذب می‌شود. برموفرم در بافت‌های گوناگون پخش می‌شود و بالاترین میزان آن در بافت‌های چربی و خون یافت شده است [12]. این ترکیب در کبد به وسیله اکسید کننده سیتوکروم P-450 تغییر شکل می‌یابد تا بتواند از سیستم بدن دفع شود. برموفرم و مواد تولید شده از آن اصولاً به وسیله شش‌ها و مقداری نیز از طریق ادرار دفع می‌شوند. در انسان خوردن تصادفی آن باعث سستی (بی‌حالی)، سرگیجه و در دوزهای بالاتر سبب انقباض و تنزل سیستم اعصاب مرکزی، کما و مرگ می‌شود. میزان دوز تخمین زده شده برای مرگ یک کودک ۱۰ الی ۲۰ کیلوگرمی ۵۰۰-۲۵۰ mg/kg است در تماس قرار گرفتن با بخار برموفرم باعث سوزش ناحیه تنفسی، گلو و حلق و نای و همچنین ریزش بزاق می‌شود. در حیوانات، کبد، کلیه‌ها و سیستم عصبی مرکزی اولین ارگان‌هایی هستند که مورد مسمومیت با برموفرم قرار می‌گیرند. اصلی‌ترین عامل مرگ بعد از خوردن برموفرم، آسیب رسیدن به سیستم عصبی مرکزی است [11,12]. عامل شیب و واحد ریسک برای برموفرم $7/90 \times 10^{-3}$ (mg/kg/day) و $2/3 \times 10^{-7}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) است و برای تنفسی عامل شیب و واحد ریسک به ترتیب $3/90 \times 10^{-3}$ (mg/kg/day) و $1/1 \times 10^{-6}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

حد مجاز آن‌ها را در آب آشامیدنی ۱۰۰ میکروگرم در لیتر اعلام کند که با توجه به مخاطرات ناشی از آن‌ها، حداکثر مقدار قابل قبول این ترکیبات در آب‌های آشامیدنی را از سال ۱۹۹۸ به ۸۰ میکروگرم در لیتر تقلیل داده است [13]. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در سال ۱۳۷۶، حداکثر مقدار قابل قبول برای ترکیبات تری‌هالومتان را معادل ۲۰۰ میکروگرم در لیتر مشخص کرده است.

در حال حاضر با توجه به روش‌های مختلف در کشورها از دستگاه‌های GC, DR4000-5000 با دتکتور ECD یا GC, FID با سیستم Head GC-MS, Space جهت تعیین میزان ترکیبات تری‌هالومتان از جمله برموفرم استفاده می‌شود. توسعه گاز کروماتوگرافی حساس و مجموعه کروماتوگراف‌ها با اسپکتروفتومترهای جرمی امکان جداسازی، تعیین هویت و کمیت ترکیبات آلی حتی در غلظت‌های کم را میسر ساخته است [8,14]. این ترکیبات با مقایسه وضعیت پیک‌ها از نقطه نظر زمان ماند در ستون، با استاندارد شناخته شده مشخص می‌شوند. مقدار ترکیبی به وسیله اندازه‌گیری ارتفاع یا سطح پیک و مقایسه آن با غلظت‌های معلوم کالیبره شده آن ترکیب خاص مشخص می‌شود [1,8,9,10]. اطلاعات حاصل از کشورهای مختلف نشان داده است که مقادیر برموفرم در آب تصفیه‌شده که با کلر ضدعفونی شده‌اند، خیلی بیشتر از مقادیر آن در آب خام است و اغلب در منابع آن خام مقدار آن قابل تشخیص نیست [1,8,9,10,14]. در تحقیقی که پرداختی و همکاران در سال ۱۳۸۹ بر روی آب شرب مناطقی تهران انجام دادند، نتایج نشان داد که غلظت برموفرم در فصل بهار و تابستان برابر ۲/۴۹ ppb بوده که با توجه به نتایج، این میزان بیشتر از سایر فاکتورهای ترکیبات ترهالومتان است. البته غلظت تری‌هالومتان در آب شرب تهران کمتر از حد مجاز ۸۰ ppb تعریف شده توسط آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا است. در جدول ۱ رهنمودها و استانداردهای مربوط به THMS در چند نقطه مختلف از جهان آمده است.

بابایی و همکاران در سال ۱۳۹۲ در تحقیقاتی که بر روی آب شرب اهواز انجام دادند، نتایج نشان داد میانگین غلظت در تابستان ۶/۱ بار بیشتر از بهار و ۴/۱ بار بیشتر از پاییز بود. در مطالعه‌ای که در سال‌های ۱۹۸۸ تا ۱۹۸۹ در ۳۵ منبع آب ایالات متحده آمریکا انجام گرفت (۱۰ منبع آن مربوط به کالیفرنیا بود) در همه ۴ فصل، متوسط غلظت برموفرم بین ۹/۶ تا ۱۵ میکروگرم در لیتر بود. در مطالعه‌ای که بر روی منابع آب کانادا انجام گرفت متوسط غلظت برموفرم در سطح توزیع شهر برابر با ۲۲/۷ میکروگرم در لیتر گزارش شد. در مطالعه‌ای مشابه که در ۱۰۰ شهر آلمان انجام گرفت، غلظت برموفرم برابر با ۱۴/۲-۰/۱ میکروگرم در لیتر گزارش شد [15].

هیوچو و همکاران در سال ۲۰۰۲ در مطالعاتی که در شهر هنگ کنگ انجام شد نتایج نشان داد: ترکیبات کلرینه نسبت به برمینه غالب بوده، غلظت در بهار و تابستان برای کلروفرم ۲/۴۹، برمودی کلرومتان ۲/۰۸، دی‌برمو کلرومتان ۰/۹۵ و برموفرم ۰/۱۵ ppb بود که نشان می‌دهد کلروفرم بیشترین و برموفرم کمترین غلظت را دارند.

جدول ۱- استانداردها و رهنمودهای مربوط به THM_s (mg/l) در نواحی مختلف جهان

ردیف	ترکیب	WHO1993	USEPA (2001)	بهداشت کانادا	AUS-(2001) NZ	UK (2000)	ایران
۱	$CHCl_3$	۰/۲۰۰	۰/۰۰۰ [°]	—	—	—	۰/۲۰۰ ^{***}
۲	$CHCl_2BR$	۰/۰۶۰	۰/۰۶۰ [°]	—	—	—	—
۳	$CHClBR_2$	۰/۱۰۰	۰/۰۰۰ [°]	—	—	—	—
۴	$CHBR_3$	۰/۱۰۰	۰/۰۰۰ [°]	—	—	—	—
۵	THM_s	۱ ^{°°}	۰/۰۸۰ [°]	۰/۱۰۰	۰/۲۵۰	—	—

* حداکثر غلظت آلاینده در هدف آینده (MCLG)

** مقدار نسبت مقدار THM له مقادیر رهنمود نبایستی بیشتر از یک شود.

*** شاخص کل THM_s می باشد (که معمولاً معادل ۷۰ درصد ترکیبات THM_s می باشد)

۲- مواد و روش ها

۲-۱- ناحیه مورد مطالعه

بندر گناوه در طول جغرافیای ۵۰ درجه و ۳۱ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۰ درجه و ۳۴ دقیقه قرار دارد. آب و هوای شهرستان گناوه گرم و مرطوب و میزان بارندگی سالانه به طور متوسط ۱۵۰ میلی متر است. منبع اصلی تامین آب شرب شهرهای گناوه، ریگ و چهار روستایی خط کوثر می باشد که از سد کوثر در استان کهگیلویه و بویر احمد سرچشمه می گیرد. جامعه مورد مطالعه و نمونه های گرفته شده به ازای هر ۵۰۰۰ نفر جمعیت ۱ ایستگاه که در کل ۶ ایستگاه در شهر گناوه، بندریگ، و چهار روستایی مورد مطالعه قرار گرفت.

جمع آوری نمونه ها، انتقال، استخراج و آزمایش نمونه ها طبق روش سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) و استاندارد ISO ۱۰۳۰۱ انجام شد. در این مطالعه که طی دو دوره نمونه برداری (تروخشک) زمستان و بهار و با فاصله زمانی ۴ ماه انجام پذیرفت، در کل ۶ ایستگاه انتخاب گردید. در شکل (۱) عکس هوایی از موقعیت ایستگاه های نمونه برداری مورد مطالعه آورده شده است.



شکل ۱: عکس هوایی مربوط به موقعیت ایستگاه های مورد مطالعه

۲-۲- نمونه برداری

نمونه برداری ها طبق روش سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) و استاندارد ISO ۱۰۳۰۱ با رعایت نکات زیر انجام شده است:

- ۱- استفاده از ظروف شیشه ای، ۲- استفاده از نگهدارنده (سدیم تیوسولفات)، ۳- اندازه گیری دمای نمونه در زمان نمونه برداری، ۴- حمل نمونه ها در ظروف یخ در دمای 4°C ، ۵- پر بودن ظروف نمونه برداری و عدم حضور حباب داخل نمونه، ۶- رعایت زمان ماند. یک هفته برای آنالیز، در هر محل نمونه برداری، اجازه داده شده تا آب شیر برای حدود ۴ الی ۵ دقیقه جریان یابد. با این عمل بی شک آب مورد آزمایش در لوله ها به صورت راکد نمی ماند. سپس با استفاده از دماسنج، دمای آب در زمان نمونه برداری اندازه گیری و در برگه میدانی درج شد. آب شیر با جریانی ملایم در ظروف شیشه ای ریخته شدند تا ظروف از آب لبریز شده و هیچ فضای آزادی در بالای شیشه ها باقی نماند. از سدیم سولفات در شیشه های نمونه برداری برای جلوگیری از تشکیل بیشتر THMS در نمونه ها در زمان حمل و نگهداری در آزمایشگاه استفاده شد. نمونه برداری ها در هنگام صبح انجام گرفته و فاصله نمونه برداری تا آنالیز کمتر از ۶ ساعت می بود سپس غلظت برموفرم نمونه ها را توسط دستگاه GC مورد آنالیز قرار گرفت.

۲-۳- روش آنالیز

برای آنالیز نمونه ها از دستگاه گاز کروماتوگرافی مدل CP-38000 ساخت شرکت VIRIAN استرالیا که مجهز به دتکتور جذب شعله (GC) با نمونه بردار اتوماتیک COMBIPAL HS استفاده شد. برای این منظور در ابتدا دستگاه را توسط غلظت های ساخته شده از برموفرم با استانداردهای در محدوده $0.600 \mu\text{g/l}$ در آب خالص تهیه، و در دستگاه جهت ساخت منحنی های استاندارد، تزریق می شد. ویال سیستم (GC-FID) با دتکتور HS، ۱۰ میلی لیتری بوده و بعد از نمونه برداری، ۵ میلی لیتر از نمونه های گرفته شده (بوسیله پیست ۵ میلی تری جابدار استریل)، در آن ریخته شد. بعد از آماده سازی و کد گذاری نمونه ها، نمونه ها در یک اون با دمای 70°C به مدت ۵ دقیقه قرار گرفت. سپس بصورت اتوماتیکی توسط یک میکروسامپلر $300 \mu\text{m}$ از HS به داخل ستون GC (مدل ستون SIL 8 CB-CP و $30\text{mm} \times 32\text{mm}$ با ضخامت فیلم برابر با $0.25 \mu\text{m}$ ، VARIAN، استرالیا) تزریق شد. دمای ستون 35°C بود که به سرعت 9°C/min گرم شد تا به دما 100°C (زمان ماند ۸ دقیقه)، ورودی در دمای 100°C تنظیم شد و دمای FID برابر 280°C بود. از گاز هلیوم با فشار ۱۱ psi و میزان 35ml/min به عنوان گاز حامل و از گاز نیتروژن به عنوان گاز کمکی استفاده شد.

۳- یافته ها

ارزیابی برموفرم در آب آشامیدنی شهرستان آنالیز ذکر شده انجام گرفت. در جدول (۲) میزان غلظت برموفرم در زمستان ۱۳۹۳ و بهار ۱۳۹۴ آورده شده است. بالاترین میانگین غلظت برموفرم در انتهای شبکه در اداره آب و فاضلاب گناوه و برابر 30 ppb و در فصل بهار بوده است.

جدول ۲: میانگین غلظت برموفرم (CHCl_3) در آب شرب شهرستان گناوه (۱۳۹۳-۱۳۹۴)

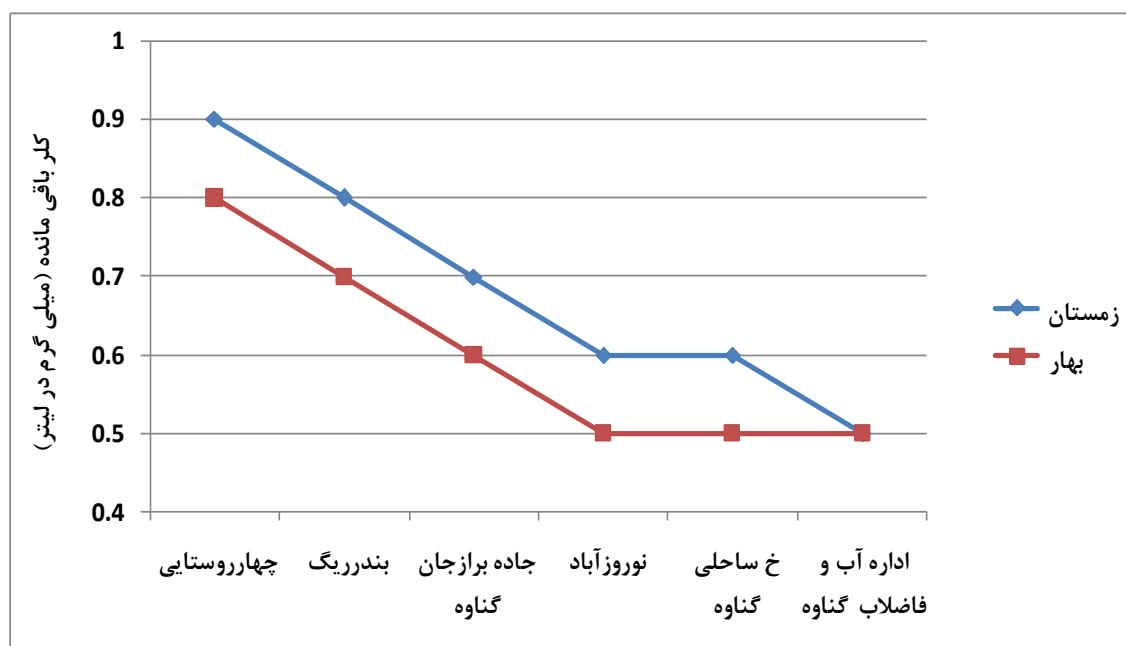
ردیف	میانگین غلظت برموفرم (ppb)	میانگین زمستان ۹۳	میانگین بهار ۹۴
۱	چهار روستایی	کمتر از ۱۰	۱۶
۲	بندرریگ	کمتر از ۱۰	۱۷
۳	جاده برازجان گناوه	کمتر از ۱۰	۲۰
۴	نوروزآباد (گناوه)	کمتر از ۱۰	۲۸
۵	ساحلی (گناوه)	کمتر از ۱۰	۲۹
۶	اداره آب و فاضلاب گناوه	کمتر از ۱۰	۳۰

در این تحقیق، کلیه نتایج بدست آمده با استفاده از روش های آماری، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت علاوه بر مقدار برموفرم، مقدار pH و کدورت و کلر باقیمانده در دو فصل مورد آنالیز قرار گرفت و نتایج حاصل در جدول (۳) آمده است، بر این اساس متوسط غلظت برموفرم در فصل زمستان کمتر از ۱۰ppb و در فصل بهار برابر ۲۳/۳ppb و متوسط کدورت در فصل زمستان و بهار به ترتیب برابر با ۰/۰۸ و ۰/۱۴ واحد NTU و متوسط pH، در دو فصل زمستان و بهار به ترتیب برابر با ۶/۸ و ۶/۹ و متوسط کلر باقی مانده در هر دو فصل زمستان ۰/۷ و بهار برابر ۰/۶ میلی گرم در لیتر بود.

جدول ۳: نتایج حاصل از اندازه گیری pH، کدورت و کلر باقیمانده و برموفرم در آب شرب شهرستان گناوه

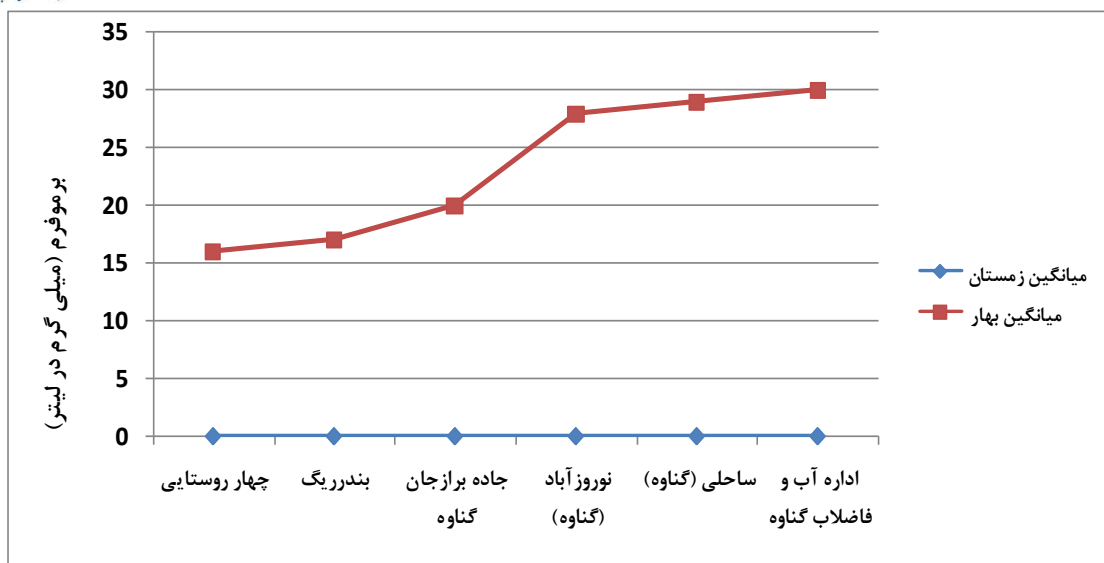
پارامتر	واحد	فصل زمستان	فصل بهار
کدورت	NTU	۰/۰۸	۰/۱۴
pH	—	6/8	6/9
کلر باقیمانده	ppm	۰/۷	۰/۶
برموفرم	ppb	کمتر از ۱۰	۲۳/۳

همان طور که اشاره شد با توجه به اهمیت میزان کلر باقیمانده در تولید برموفرم، این پارامتر در هر ایستگاه به وسیله دستگاه کلسنج دستی تعیین گردید. در شکل (۲) میزان کلر باقیمانده در هر ایستگاه در فصل زمستان و بهار ارائه شده است.



شکل ۲: نحوه تغییرات و میانگین غلظت کلر باقیمانده

همچنین میانگین غلظت برموفرم برای هر ایستگاه و در دو فصل در شکل (۳) رسم گردیده است



شکل ۳: نحوه تغییرات و میانگین برموفرم

۴- بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که غلظت برموفرم در ورودی شبکه در چهار روستایی با وجود کلرزی و در انتهای شبکه مورد مطالعه در اداره آب و فاضلاب با وجود متوسط کلر باقیمانده برابر ۰/۶۵، بسیار کمتر از حد مجاز تری هالومتان آب آشامیدنی ایران و سازمان بهداشت جهانی ($200 \mu\text{g/l}$) می باشد. از این لحاظ هیچ گونه نگرانی برای مصرف کنندگان وجود ندارد. بیشترین مقدار برموفرم مربوط به فصل بهار می باشد و احتمال بالا رفتن آن در این فصل به علت بالا رفتن غلظت مواد آلی طبیعی به علت وارونگی دما و همچنین شروع فصل گرما و رشد فزاینده مواد گیاهی می باشد.

هر چند که هر چه مقدار کدورت آب خام بیشتر باشد در فرآیند حذف کدورات میزان حذف پیش سازهای ترهالومتان نیز بیشتر است و در نتیجه مقدار برموفرم تولیدی پس از کلرزی نیز کمتر خواهد بود [۱۶]. pH بالا باعث تولید بیشتر برموفرم خواهد شد. [۱۷ و ۱۸]. هر چند که در اینجا مقدار pH حدود ۷ می باشد و به نسبت بالا است اما غلظت برموفرم پایین است و این بدان دلیل می باشد که دیگر مؤلفه های عامل در بالا رفتن برموفرم، مانند پیش سازهای آلی به غلظت زیاد وجود ندارند. یکی از عمده ترین گندزداها در تمام دنیا کلر است و از مهمترین گندزداها در تشکیل محصولات جانبی گندزدایی (DBPS) می باشد [۲۰] که سرطانزهای بالقوه هستند [۲۱]. میزان تولید این محصولات با غلظت کلر رابطه مستقیم دارد در این مطالعه متوسط غلظت کلر باقیمانده در فصل زمستان و بهار به ترتیب برابر با ۰/۷ و ۰/۶ ppm بود که از لحاظ تأمین کیفیت و محافظت میکروبی و ممانعت از رشد مجدد میکروارگانیسم ها در شبکه توزیع غلظت مناسبی است. همچنین به منظور بررسی ارتباط میان برموفرم با سایر متغیرها از روش همبستگی پیرسون استفاده شد که نتایج به شرح زیر است:

ضریب همبستگی بین تغییرات برموفرم و کلر باقیمانده، برابر ۰/۸۴۲ به دست آمد که نشان دهنده وجود همبستگی معنی دار بین این دو واحد در حدود اطمینان ۹۹٪ است. بدین سان فرضیه موضوع وفق تحقیقات و پژوهش های انجام شده تأیید شده است. ضریب همبستگی بین تغییرات برموفرم با دیگر پارامترهای مورد مطالعه طبق آزمون همبستگی پیرسون رابطه معناداری وجود ندارد. در پژوهش سال ۲۰۰۳ روی آب کانادا و نیز سال ۲۰۰۵ روی شبکه آب استانبول مشخص شد بین کلر باقیمانده و ترکیبات تری هالومتان با شاخص برموفرم رابطه معنی دار وجود دارد. در این تحقیق ارتباط بین گرما با میزان تری هالومتان ها در شبکه مورد بررسی قرار گرفت به طوری که مقدار ترکیبات تری هالومتان از جمله برموفرم در فصل تابستان بیشتر از سایر فصول بود [۲۲ و ۲۳]

با توجه به نتایج بدست آمده، مشخص شد حداکثر میزان برموفرم در طول نمونه برداری مربوط به فصل بهار و در انتهای شبکه یعنی اداره آب و فاضلاب شهر گناه است. همچنین حداقل غلظت مربوط به فصل زمستان بوده که کمتر از ۱۰ قرائت شده است. نتایج نشان داد اختلاف آماری معنی دار بین مقادیر این پارامتر با مقادیر استاندارد ملی و جهانی وجود ندارد و کاملاً مطلوب و بسیار پایین تر از حد استانداردهای مجاز موجود بوده است.



همچنین مشخص گردید بین برموفرم و پارامترهای مؤثر در تولید آن اعم از کلر باقیمانده و گرما همبستگی معنی دار وجود و فرضیات اکثراً با ۹۹٪ یا ۹۵٪ اطمینان تأیید می گردد.

۵. مراجع

1. Mahvi AH. Health and aestatic aspects of waterquality. Tehran: Balgostar Publication; 2005 (inPersian).
2. Edwards M, Boller M, Benjamin MM. Effect of pre ozonation an removal of organic matter during water treatment plant operation. Water Sci Technol. 1993;27(11):11-30.
3. AttarchiMF. Prediction of THMs concentrationin drinking water. JWater and Environment. 2003; 54:42-49.
4. Zazouli MA, Nasser S, Mesdaghinia A. Study of natural organic matter characteristics and fractions in surface water resources of Tehran. Iran J Health & Environ. 2008; 1(1):1-7 (in Persian).
5. Gekel MR. The stabilization of dispersed mineral particles by adsorption of humic substances. Water Res. 1986; 20(12):17-28.
6. Licsko I. Dissolved organics removal by solidliquid phase separation (adsorption and coagulation). J AmWaterWorks Ass. 2004; 67(19):22-38.
7. [7] Stevens AA, Symans JM. Measurement of trihalomethanes and precursor concentration changes. J AmWaterWorks Ass. 1977; 64:546-55.
8. Samadi MT, Nasser S. Comparison study of THMs removal from drinking water using GAC and Air stripping column and nano-filtration. Water and Wastewater. 2006; 57: 5-11 (in Persian).
9. Andli G. Laboratory and full-scale plant studies of permanganate oxidation as an aid in coagulation. JAmWaterWorks Ass. 2001; 11: 17-70.
10. Edwards M, Boller M, Benjamin MM. Effect of pre ozonation an removal of organic matter during water treatment plant operation. Water Sci Technol. 1993; 27(11): 11-30.
11. ATSDR, 1989. Toxicological Profile for Bromodichloromethane (Final Report). NTIS Accession No. PB90- 167461. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Atlanta, GA.
12. Parra, P. and et al. 1986. Analysis, accumulation and central effects of Trihalomethanes. I. Bromoform.
13. Toxicol. Environ. Chem. 24: 79-91. [13] . USEPA. National primary drinking water standards. Final Report. USA: United States Environmental Protection Agency; 2001. Report No.: 816-F-01-007.
14. Llopis-Gonzalez A, Morales-Suarez-Varela M, Sagrado-Vives S, Gimeno-Clemente N, Yusa-Pelecha V, Martí-Requena P, et al. Long-term characterization of trihalomethane levels in drinking water. Toxicological & Environmental Chemistry. 2010; 92(4):683-96.
15. World, Health, and Organization, Trihalomethanes in Drinking-water, Background document for development of, WHO Guidelines for Drinking-water Quality 2004, WHO.
16. josph AS, Nelson LN, Franklin JA. Environmental engineering. 3ed. Hoboken, New jersey, John Willy& Sons. 2003, p439-445.
18. Singer PC. Formation and characterization of disinfection by-products, Safety of water disinfection: balancingmicrobial risks, G. F., Craun ed., Int. Life Sciences Inst. Press, Washington, D. C. 1993; 201-219.
20. Singer PC. Control of disinfection by-products in drinking water, J. Env. Eng. Jul/Aug 1994, 120.
21. Lekkas TD. Environmental Engineering I: Management of Water Resources. Univerity of the Aegean.
22. Department of Environmental Studies, Mytilene, Greece. 1996.
23. Wolfe R L. Ultraviolet disinfection of potable water. Env. Sci. Tech. 1990; 24, 768.