محیط شناسی، سال سی و ششم، شمارهٔ ۵۳ بهار ۸۹، صفحهٔ ۳۹-٤٤

وضعیت تری‌هالومتان‌های آب شرب مناطق تهران و مقایسهٔ آن با آب شرب خارج از محدودهٔ آب و فاضلاب شهری

چکیده

در این مطالعه وضعیت آب شرب مناطق گوناگون تهران از نظر تری‌هالومتان‌ها در فصل بهار و تابستان سال ۱۳۸۸ در مناطق مختلف تهران بررسی و ارزیابی شده است. تری‌هالومتان‌ها (THMs) جزء اصلی‌ترین گروه تشکیل‌دهندهٔ محصولات جانبی ناشی از گندزدایی آب آشامیدنی به‌وسیلهٔ کلر محسوب می‌شوند. خطر بروز سرطان و عوارض سوء بهداشتی در کبد، کلیه و نیز سیستم اعصاب مرکزی از عوارض این مواد هستند. در این تحقیق، از ۶ منطقهٔ آب و فاضلاب تهران و یک منطقهٔ خارج از محدودهٔ آب و فاضلاب شهری نمونه‌برداری شده است. با توجه به این‌که آب شرب در ۶ منطقه آب و فاضلاب تهران از منابع مختلفی از جمله آبهای سطحی (سد امیرکبیر و سد لتیان) و منابع زیر زمینی (بیش از سیصد و پنجاه حلقه چاه فعال) تأمین می‌شود، بنابراین، غلظت تری‌هالومتان‌ها در آب شرب در هریک از مناطق به‌طور جداگانه اندازه‌گیری و ارزیابی شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که غلظت تری‌هالومتان‌ها در آب شرب مناطقی که از آبهای سطحی تأمین می‌شوند (مناطق شمالی تهران) بیشتر از غلظت ترهالومتان‌ها نسبت به مناطقی است که از آبهای زیرزمینی تغذیه می‌شوند (مناطق جنوب و جنوب غربی شهر تهران). میانگین غلظت تری‌هالومتان‌ها در کل شهر تهران در فصل بهار و تابستان برای کلروفرم ppb ۲/۴۹ ، برمودی‌کلرومتان ppb۲/۰۸، دی‌برموکلرومتانppb ۰/۹۵و برموفرم ppb ۰/۱۵ است. با توجه به نتایج به‌دست آمده کلروفرم بیشترین و برموفرم کمترین غلظت را در نمونه‌های آب دارند ، البته غلظت تری‌هالومتان‌ها در آب شرب تهران کمتر از حد مجاز ppb ۸۰ تعریف شده توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکاست.

کلید واژه

تری‌هالومتان‌ها، آب شرب تهران، محصولات جانبی فرایند تصفیهٔ آب، گاز کروماتوگرافی

سرآغاز

تری‌هالومتان‌ها (THMs) محصولات جانبی فرایندگندزدایی در تصفیهٔ آب هستند که در آن کلر با مواد آلی طبیعی حاصل از تجزیه میکروارگانیسم‌ها، جلبک‌ها، گیاهان، کودهای شیمیایی، و غیره ترکیب شده و باعث تولید تری‌هالومتان‌ها می‌شوند. تری‌هالومتان‌هایی که بیشتر در منابع آب تصفیه شده مشاهده می‌شوند عبارتند از کلروفرم، برمودی‌کلرومتان و دی‌برموکلرومتان و برموفرم. تری‌هالومتان‌ها به علت خطرها و آثار سوء بهداشتی و سمی‌بودن بسیار بالا و مدت زمان تماس طولانی و مستمر با انسان حائز اهمیت فراوان هستند. عوامل مختلفی در تشکیل تری‌هالومتان‌ها نقش دارند. در محیط های قلیایی احتمال تشکیل تری‌هالومتان‌ها بیشتراست و وجود یون برم در آب نیز، باعث افزایش تشکیل تری‌هالومتان‌های برم‌دار می‌شود. یکی از روش‌های مؤثر برای کنترل تشکیل تری‌هالومتان‌ها استفاده از آمونیاک است. با افزودن آمونیاک به آب به جای کلر آزاد، کلرامین در آب باقی می‌ماند و تشکیل تری‌هالومتان‌ها در محیطی که کلرامین باشد، متوقف می‌شود. کلروفرم مایعی بی‌رنگ و فرارّ است که به طور گسترده به عنوان حلالی عمومی، در سیستم‌های خنک کننده، پلاستیک‌ها و مواد دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد (ATSDR, 1989). کلروفرم بسرعت به وسیلهٔ شش‌ها و سیستم گوارشی[1]، از طریق پوست جذب بدن می‌شود. کلروفرم به شدت در بدن مورد متابولیسم قرار گرفته و باعث تولید دی‌اکسیدکربن می‌شود. محل اصلی متابولیسم این ماده در کبد و کلیه است. دفع کلروفرم به صورت

نویسنده مسئول:تلفن: ۶۱۱۱۳۱۷۱-۰۲۱ E-mail:arparda@yahoo.com

تغییر شکل یافته، به صورت CO_2 از طریق شش‌ها انجام می‌گیرد (ATSDR, 1997). برموفرم و برمودی‌کلرومتان از دیگر محصولات جانبی گندزدایی هستند که از نظر سرطانزایی در گروه B_2 قرار دارند. اصلی‌ترین راه تماس انسان با برموفرم از طریق بلعیدن آب آلوده به این ماده است (ATSDR, 1990). 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 (Parra, et al., 1986). این ترکیب در کبد به وسیلهٔ اکسیدکننده سیتوکروم P-۴۵۰ تغییر شکل می‌یابد تا بتواند از سیستم بدن دفع شود (Stevens, and Anders, 1979). برموفرم و مواد تولید شده از آن اصولا به وسیله شش‌ها و مقداری نیز از طریق ادرار دفع می‌شوند (Mink, et al., 1986). در انسان خوردن تصادفی آن باعث سستی (بی‌حالی)، سردرد و سرگیجه و در دوزهای بالاتر سبب انحطاط و تنزل سیستم اعصاب مرکزی، کما و مرگ می‌شود.

میزان دوز تخمین زده شده برای مرگ یک کودک ۱۰ الی ۲۰ کیلوگرمی mg/kg ۲۵۰–۵۰۰ است. در تماس قرار گرفتن با بخار برموفرم باعث سوزش ناحیهٔ تنفسی، گلو و حلق و نای و همچنین ریزش بزاق می‌شود (Von-Oettingen, 1985). در حیوانات، کبد، کلیه‌ها و سیستم عصبی مرکزی اوّلین ارگان‌هایی هستند که مورد مسمومیت با برموفرم قرار می‌گیرند. اصلی‌ترین عامل مرگ بعد از خوردن برموفرم، آسیب رسیدن به سیستم عصبی مرکزی است (Chu, et al., 1980). خوردن g/kg ۱از آن در موش سبب بیقراری، بی‌حالی و بیهوشی در ۳۰ دقیقه می‌شود و مقدارهای LD_{50} دهانی برای جانوران جونده از g/kg ۱/۱۴ الی g/kg ۱/۵۵ است (Bowman, Heironimus, & Allen, 1979). عامل شیب[۲] و واحد ریسک[۳] برای برموفرم $۷/۹۰ \times ۱۰^{-۳}$ (mg/kg/day) و $۲/۳ \times ۱۰^{-۷}$ (µg/l) است و برای تماس تنفسی عامل شیب و واحد ریسک به ترتیب $۳/۹۰ \times ۱۰^{-۳}$ (mg/kg/day) و $۱/۱ \times ۱۰^{-۶}$ ($\mu g/m^3$) است (USEPA, IRIS, 2009).

حداکثر غلظت مجاز تری‌هالومتان‌ها در آب شرب ۸۰ ppb توسط EPA تعیین شده است (CDPH, 2008). در برخی مطالعات انجام گرفته در ایران برای سنجش غلظت تری‌هالومتان‌ها در آب آشامیدنی شهر تهران در سال ۱۳۷۳، ۲۵ درصد از نمونه‌ها دارای غلظت بیش از حد مجاز ترکیبات تری‌هالومتان بوده است. همچنین در سال ۱۳۷۶ مطالعهٔ دیگری در همین زمینه بر روی آبهای آشامیدنی تعدادی از شهرهای بزرگ انجام شد، که غلظت این گروه آلاینده‌ها در آب شهرهایی مانند اهواز، اصفهان و بندر عباس در بعضی از ماههای سال چندین برابر بیش از حد مجاز گذارش شده است (ترابیان، ۱۳۷۷)

مواد و روش‌ها

ناحیهٔ مورد مطالعه

در این مطالعه، وضعیت آب شرب مناطق تهران در بهار و تابستان ۱۳۸۸ مورد بررسی قرار گرفته است. تهران دارای ۶ منطقه آب و فاضلاب شهری است و هر منطقه از منابع آبهای سطحی و چاههای زیرزمینی برای تأمین آب شرب خود استفاده می‌کنند. تهران دارای ۵ تصفیه‌خانه است که آب آن از سد امیرکبیر، سد لتیان، سد لار و بیش از سیصد و پنجاه حلقه چاه زیرزمینی فعال تأمین می‌شود (شرکت آب و فاضلاب تهران، ۱۳۸۸). آبهای سطحی به‌وسیلهٔ پنج تصفیه‌خانه دریافت می‌شود و پس از انجام مراحل تصفیه به شبکه آب‌رسانی وارد می‌شوند. متأسفانه آب چاهها در بیشتر موارد فقط کلرزنی می‌شوند و سپس وارد شبکهٔ آب رسانی می‌شوند. در نمونه‌برداری‌هایی که در این تحقیق انجام گرفت از هرشش منطقه آب و فاضلاب، سه محل که هر یک از مخزنی جداگانه تغذیه می‌شوند انتخاب و از آب شرب آن سه تکرار نمونه‌برداری شد. سه نقطه نیز خارج از محدودهٔ آب و فاضلاب شهری اما داخل محدوده شهر تهران (منطقه ۲۲ و ۲۳ شهرداری) برای مقایسهٔ نتایج انتخاب گردید و از هر نقطه نیز سه نمونه تکراری گرفته شد که در این تحقیق منطقهٔ ۷ نامگذاری شده است. آب شرب در مناطق ۱ و ۲ و ۳ غالباً از منابع سطحی که توسط تصفیه خانه‌ها تصفیه شده‌اند، تأمین می‌شود ، اما آب شرب در مناطق ۴ و ۵ و ۶ غالباً از آبهای زیرزمینی تأمین میگردد که در زمان‌های پر آبی درصد آب سطحی آن افزایش می‌یابد. در منطقهٔ ۷ که خارج از محدودهٔ آب و فاضلاب شهری (توابع) قراردارد، ۱۰۰٪ آب شرب آن از منابع زیرزمینی تأمین می‌شود (شرکت آب و فاضلاب تهران، ۱۳۸۸).

نمونه‌برداری

نمونه‌برداری‌ها طبق روش سازمان حفاظت محیط زیست امریکا (USEPA) با رعایت نکات زیر انجام شده است:

۱– استفاده از ظروف شیشه‌ای، ۲– استفاده از نگهدارنده (سدیم تیوسولفات)، ۳– اندازه‌گیری دمای نمونه در زمان نمونه‌برداری، ۴– حمل نمونه‌ها در ظروف یخ در دمای $4°C$، ۵– پر بودن ظروف نمونه‌برداری و عدم حضور حباب داخل نمونه، ۶– رعایت زمان ماند[۴] یک هفته برای انجام آنالیز. در هر محل نمونه‌برداری، اجازه داده شد تا آب شیر برای حدود ۴ الی ۵ دقیقه جریان یابد. با این عمل بی‌شک

آب مورد آزمایش در لوله‌های داخل ساختمان به صورت راکد نمی‌ماند. سپس با استفاده از دماسنج، دمای آب در زمان نمونه‌برداری اندازه‌گیری و در برگهٔ میدانی درج شد. آب شیر با جریانی آرام و ملایم در ظروف شیشه‌ای ریخته شدند تا ظروف از آب لبریز شده و هیچ فضای آزادی در بالای شیشه‌ها باقی نماند. از سدیم تیوسولفات در شیشه‌های نمونه‌برداری برای جلوگیری از تشکیل بیشتر THMs در نمونه‌ها در زمان حمل و نگهداری در آزمایشگاه استفاده شد.

مواد

مواد استفاده شده در این مطالعه عبارتنداز : کلروفرم، دی‌کلروبرومومتان، دی‌برموکلرومتان، بروموفرم و متانول که به عنوان حلال برای شست‌وشوی ظروف و سرنگ‌ها مورد استفاده قرار گرفت. تمام مواد و استانداردهای به کار رفته از شرکت مرک آلمان خریداری شده‌اند که دارای خلوص بسیار بالایی هستند.

روش آنالیز

تری‌هالومتان‌های موجود در نمونه‌های آب به وسیلهٔ دستگاه GC/MS مورد آنالیز قرار گرفتند. برای استخراج این ترکیبات از دستگاه Purge and Trap استفاده شد. ۵ میلی‌لیتر از نمونه آب به‌طورمستقیم به دستگاه Purge and Trap تزریق شد. نمونه به مدت ۱۰ دقیقه با گاز N2 پرج شده و مواد فرار و تری‌هالومتان‌های موجود در نمونه از آب خارج و در ستون جاذب جمع‌آوری شدند. با حرارت دادن ستون جاذب کلیه مواد فرار واجذب شده و به داخل ستون کروماتوگراف گازی *Gas Chromatograph*(GC) هدایت شدند. مواد آلی فرار در نمونه‌ها توسط دستگاه GC جداسازی شده و با شناساگر(Mass Spectrometer (MS مورد شناسایی و اندازه‌گیری قرار گرفتند. آنالیز این ترکیبات با دستگاه GC/MS طبق روش شمارهٔ ۵۲۴/۲ سازمان حفاظت محیط زیست امریکا انجام شد. حد تشخیص این روش با دستگاه استفاده از گاز کروماتوگراف و طیف سنج جرمی برای تری‌هالومتان‌ها، ug/L ۰/۰۵ است.

بحث و بررسی

ارزیابی تری‌هالومتان‌ها در آب آشامیدنی تهران بر اساس جمع‌بندی داده‌های به دست آمده از آزمایش‌های انجام شده بررسی شد. درجدول شمارهٔ (۱) میزان غلظت کلروفرم در فصل بهار و تابستان، ۱۳۸۸ مورد بررسی قرار گرفته است. بالاترین میانگین غلظت کلروفرم در مناطق ۲ و ۱ مشاهده شد که میزان آنها در جدول شمارهٔ (۱) قابل مشاهده است. میانگین غلظت کلروفرم در ماههای فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور به ترتیب ppb ۲/۹۳، ppb ۳/۱۲، ppb ۲/۶۶، ppb ۲/۷۸، ppb ۱/۶۰ و ppb ۱/۸۴است. گسترهٔ غلظت‌های کلروفرم در شش ماه اول سال از N.D (کمتر از حد تشخیص) در منطقه ۷ الی ppb ۹/۹۰ در منطقه ۱ مشاهده شده است و میانگین غلظت کلروفرم در این دو فصل *در شهر* تهران ppb ۲/۴۹ است در صورتی‌که میانگین غلظت کلرفرم در خارج از محدودهٔ آب و فاضلاب شهر تهران ppb ۰/۱۴است.

جدول شمارهٔ (۱): میانگین غلظت کلروفرم ($CHCl_3$) در آب شرب تهران (بهار و تابستان ۱۳۸۸)

میانگین غلظت کلروفرم(µ/L)	میانگین فروردین	میانگین اردیبهشت	میانگین خرداد	میانگین تیر	میانگین مرداد	میانگین شهریور	میانگین بهار و تابستان
منطقهٔ ۱	۷/۹۵	۴/۳۰	۴/۰۶	۳/۶۶	۳/۱۶	۳/۰۴	۴/۳۶
منطقهٔ ۲	۵/۵۰	۳/۶۹	۵/۳۷	۶/۰۷	۲/۴۳	۳/۲۲	۴/۳۸
منطقهٔ ۳	۱/۹۸	۵/۵۳	۲/۴۲	۲/۹۳	۱/۷۸	۱/۹۱	۲/۷۶
منطقهٔ ۴	۱/۹۶	۵/۱۸	۳/۴۹	۴/۱۷	۱/۹۲	۲/۴۲	۳/۱۹
منطقهٔ ۵	۱/۶۶	۱/۹۸	۱/۴۰	۱/۲۸	۱/۰۳	۰/۸۷	۱/۳۷
منطقهٔ ۶	۱/۴۴	۱/۱۳	۱/۷۴	۱/۲۸	۰/۴۷	۱/۳۲	۱/۲۲
منطقهٔ ۷	N.D	N.D	۰/۱۷	۱/۲۳	۰/۴۴	۰/۱۰	۰/۱۴
میانگین شهر تهران	۲/۹۳	۳/۱۲	۲/۶۶	۲/۷۸	۱/۶۰	۱/۸۴	۲/۴۹

N.D=Not Detected (کمتر از حد تشخیص)

میانگین غلظت کلرفرم آب شرب شهر تهران کمتر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست امریکا بوده است و ۱۸ برابر بیشتر از نمونه آب شرب خارج از محدودهٔ آب و فاضلاب شهری است. در جدول شمارهٔ (۲) میزان غلظت دی کلروبرومومتان در فصل بهار و تابستان نشان می دهد. بالاترین میانگین غلظت دی کلروبرومومتان به ترتیب در مناطق ۲، ۱ و ۳ مشاهده شد. میانگین غلظت دی کلروبرومومتان در ماههای فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور به ترتیب ppb ۲/۲۹، ppb ۲/۲۷، ppb ۲/۷۰، ppb ۲/۶۰، ppb ۱/۲۰ و ppb ۱/۴۳ است. گسترهٔ غلظت‌های مشاهده شده برای دی کلروبرومومتان از محدودهٔ N.D در منطقهٔ ۷ الی ppb

۶/۴ در منطقهٔ ۲ بوده است. میانگین غلظت دی کلروبرمومتان در فصل بهار و تابستان ۱۳۸۸ در آب شرب تهران، ppb ۲/۰۸ است، درصورتی‌که میانگین غلظت دی کلروبرمومتان در خارج از محدودهٔ آب و فاضلاب تهران، ppb ۰/۱۶ اندازه‌گیری شده است. میانگین غلظت دی کلروبرمومتان آب شرب تهران کمتر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست امریکا بوده، اما ۱۳ برابر بیشتر از نمونهٔ آب شرب خارج از محدودهٔ آب و فاضلاب شهری است.

جدول شمارهٔ (۲): غلظت دی‌کلربرمومتان($CHCl_2Br$) در آب شرب مناطق تهران، بهار و تابستان ۱۳۸۸

میانگین غلظت دی کلروبرومومتان (µ/L)	میانگین فروردین	میانگین اردیبهشت	میانگین خرداد	میانگین تیر	میانگین مرداد	میانگین شهریور	میانگین بهار و تابستان
منطقهٔ ۱	۴/۷۶	۴/۲۳	۴/۱۳	۳/۵۷	۱/۹۰	۲/۲۲	۳/۴۷
منطقهٔ ۲	۵/۲۳	۳/۴۰	۴/۲۶	۴/۸۷	۱/۸۲	۲/۲۲	۳/۶۳
منطقهٔ ۳	۲/۳۸	۴/۳۴	۴/۲۹	۳/۳۶	۱/۷۴	۱/۶۷	۲/۹۶
منطقهٔ ۴	۱/۷۹	۲/۴۰	۳/۶۲	۳/۹۸	۱/۴۸	۱/۹۱	۲/۵۳
منطقهٔ ۵	۱/۲۶	۱/۱۷	۱/۵۱	۱/۲۴	۱/۰۲	۰/۹۲	۱/۱۹
منطقهٔ ۶	۰/۶۱	۰/۳۴	۰/۸۱	۰/۹۷	۰/۱۷	۰/۸۶	۰/۶۳
منطقهٔ ۷	N.D	N.D	۰/۳۰	۰/۱۹	۰/۲۷	۰/۲۲	۰/۱۶
میانگین شهر تهران	۲/۲۹	۲/۲۷	۲/۷۰	۲/۶۰	۱/۲۰	۱/۴۳	۲/۰۸

ND= Not Detected

در جدول شمارهٔ (۳) میزان غلظت دی برموکلرومتان درفصل بهار و تابستان دکر شده است. بالاترین غلظت دی برموکلرومتان به ترتیب در مناطق ۱ و ۲ مشاهده شده است. میانگین غلظت دی برموکلرومتان در ماههای فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور به ترتیب ppb ۱/۶۸ ,ppb ۰/۶۸، ppb ۰/۸۶، ppb ۱/۴۳ ,ppb ۰/۴۳و ppb ۰/۶است. گسترهٔ غلظت های مشاهده شده در این شش ماه از محدودهٔ N.D در منطقهٔ ۷ الی ppb ۵/۵ در منطقهٔ ۱ است. میانگین غلظت دی برموکلرومتان در فصل بهار و تابستان ۱۳۸۸ در آب شرب تهران، ppb ۰/۹۵است، در صورتی‌که میانگین غلظت دی برموکلرومتان در خارج از محدودهٔ آب و فاضلاب شهر تهران، ppb۰/۲۷ است. میانگین غلظت دی برموکلرومتان آب شرب تهران کمتر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست امریکا بوده، اما ۳/۵ برابر بیشتر از نمونهٔ آب شرب خارج از محدودهٔ آب و فاضلاب شهری است.

در جدول شمارهٔ (۴) میانگین غلظت برموفرم در شش ماه اول ۱۳۸۸ نشان داده شده است. بالاترین غلظت برموفرم به ترتیب در مناطق ۴و۵ مشاهده شد و میانگین غلظت برموفرم در ماههای فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور به ترتیب ppb ۰/۳۶، ppb ۰/۰۶، ppb ۰/۱۱ ppb ۰/۳۰، ppb ۰/۰۱و ppb ۰/۰۸ است. گسترهٔ غلظت‌های مشاهده شده در این شش ماه از محدودهٔ $N.D$ الی ppb ۱/۱۱ است. میانگین غلظت برموفرم در دو فصل بهار و تابستان ۱۳۸۸ در آب شرب شهر تهرانppb ۰/۱۵ است، در صورتی که میانگین غلظت برموفرم در خارج از محدودهٔ آب و فاضلاب شهر تهران ppb ۰/۳۴ مشاهده شده است.

میانگین غلظت برموفرم آب شرب شهر تهران کمتر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست امریکا بوده است. نمودار شمارهٔ (۱) مبین غلظت چهار تری‌هالومتان (کلروفرم، دی‌کلروبرمومتان دی‌برموکلرومتان و برموفرم) در بهار ۱۳۸۸ است. میانگین غلظت کلروفرم، ppb ۲/۹۰، برمودی‌کلرومتان ppb ۲/۴۲ ، دی‌برموکلرومتان، ppb ۱/۰۷ و غلظت برموفرم،ppb ۰/۱۸ است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، کلروفرم بیشترین و برموفرم کمترین غلظت را در نمونه‌های آب دارند.

نمودار شمارهٔ (۲) غلظت چهار تری‌هالومتان (کلروفرم، دی‌کلروبرمومتان، دی‌برموکلرومتان و برموفرم) را در تابستان سال ۱۳۸۸ ارائه می‌دهد. در فصل تابستان میانگین غلظت کلروفرم، ppb ۲/۰۸، دی‌کلروبرمومتان، ppb ۱/۷۴، دی برموکلرومتان، ppb ۰/۷۸ و غلظت برموفرم، ppb۰/۳ است. با توجه به نتایج به دست آمده کلروفرم بیشترین و برموفرم کمترین غلظت را در نمونه‌های آب دارند.

جدول شمارهٔ (۳): غلظت دی برموکلرومتان ($CHBr_2Cl$) در آب شرب تهران، بهار و تابستان ۱۳۸۸

میانگین غلظت دی بروموکلرومتان(µ/L)	میانگین فروردین	میانگین اردیبهشت	میانگین خرداد	میانگین تیر	میانگین مرداد	میانگین شهریور	میانگین بهار و تابستان
منطقهٔ ۱	۳/۱۹	۱/۰۰	۱/۱۹	۱/۶۶	۰/۵۰	۰/۷۴	۱/۳۸
منطقهٔ ۲	۳/۰۲	۱/۱۹	۰/۶۴	۱/۷۳	۰/۵۳	۰/۶۳	۱/۲۹
منطقهٔ ۳	۱/۳۳	۰/۹۰	۱/۷۴	۱/۶۱	۰/۵۷	۰/۵۶	۱/۱۲
منطقهٔ ۴	۱/۸۶	۰/۷۴	۰/۹۰	۲/۲۷	۰/۶۲	۰/۷۸	۱/۱۹
منطقهٔ ۵	۱/۷۱	۰/۷۳	۰/۸۸	۱/۳۸	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۹۵
منطقهٔ ۶	۰/۶۴	۰/۱۷	۰/۴۲	۰/۶۹	۰/۱۳	۰/۴۹	۰/۴۳
منطقهٔ ۷	۰/۰۱	N.D	۰/۲۸	۰/۶۹	۰/۱۷	۰/۵۰	۰/۲۷
میانگین شهر تهران	۱/۶۸	۰/۶۸	۰/۸۶	۱/۴۳	۰/۴۳	۰/۶۰	۰/۹۵

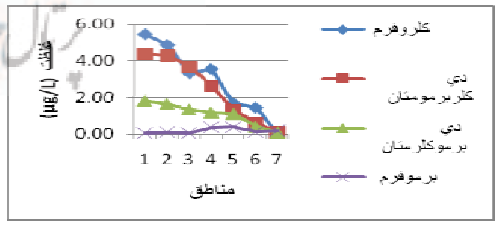
ND= Not Detected

جدول شمارهٔ (۴): غلظت برمو فرم ($CHBr_3$) در آب شرب مناطق شهر تهران، بهار و تابستان ۱۳۸۸

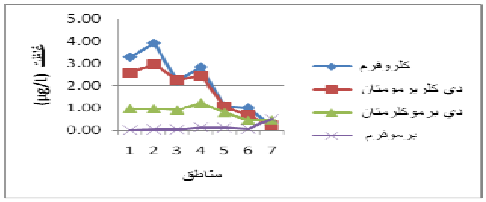
میانگین غلظت برموفرم (µ/L)	میانگین فروردین	میانگین اردیبهشت	میانگین خرداد	میانگین تیر	میانگین مرداد	میانگین شهریور	میانگین بهار و تابستان
منطقهٔ ۱	۰/۱۴	۰/۰۱	N.D	۰/۰۴	N.D	N.D	۰/۰۳
منطقهٔ ۲	۰/۳۰	N.D	N.D	۰/۰۹	N.D	N.D	۰/۰۷
منطقهٔ ۳	۰/۱۲	N.D	N.D	۰/۰۹	N.D	N.D	۰/۰۴
منطقهٔ ۴	۰/۹۹	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۳۲	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۲۵
منطقهٔ ۵	۰/۶۵	۰/۳۱	۰/۱۷	۰/۳۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۲۵
منطقهٔ ۶	۰/۲۰	۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۹
منطقهٔ ۷	۰/۰۹	N.D	۰/۴۷	۱/۰۱	۰/۰۳	۰/۴۷	۰/۳۴
میانگین شهر تهران	۰/۳۶	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۳۰	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۱۵

ND= Not Detected

نمودار شمارهٔ (۱) و نمودار شمارهٔ (۲) نشان می‌دهد که غلظت تری هالومتان‌ها در فصل بهار بیشتر از فصل تابستان است و کلروفرم بیشترین غلظت و بروموفرم کمترین غلظت را در فصل بهار و تابستان در آب شرب تهران دارند.



نمودار شمارهٔ (۱): میانگین غلظت تری‌هالومتان‌هادر آب شرب مناطق تهران، بهار ۱۳۸۸



نمودار شمارهٔ (۲):میانگین غلظت تری‌هالومتان‌ها در آب شرب مناطق تهران تابستان ۱۳۸۸

نتیجه‌گیری

با توجه به اعداد به دست آمده غلظت THMs در مناطق شمالی تهران بیشتر از مناطق جنوبی شهر است. اطلاعات گرفته شده از شرکت آب و فاضلاب شهری تهران نشان می‌دهد که منابع آب شرب شمال شهر تهران بیشتر از آبهای سطحی تأمین می‌شود. در صورتی که در مناطق جنوبی شهر تهران اکثر منابع از چاههای زیرزمینی است. بالا بودن غلظت کربن آلی در آبهای سطحی می‌تواند دلیل اصلی بالا بودن غلظت ترکیبات تری‌هالومتان‌ها در مناطق شمالی تهران باشد. کمترین غلظت‌ها در منطقهٔ بیرون از محدودهٔ آب و فاضلاب تهران مشاهده شده است که به عنوان منطقهٔ ۷ در این تحقیق معرفی شده است. با توجه به این‌که تمام منابع تأمین آب شرب در منطقه ۷ از چاههای زیرزمینی است، بنابراین نتایج به‌دست آمده کاملاً منطقی به‌نظر می‌رسد. در ضمن نسبت تری‌هالومتان‌های برم‌دار مانند برموفرم به کل تری‌هالومتان‌ها در مناطقی‌که از آبهای زیر زمینی استفاده می‌کنند به دلیل بالاتر بودن احتمالی غلظت برم در آبهای زیر زمینی، بیشتر از مناطقی است‌که از آبهای سطحی استفاده می‌کنند. غلظت متوسط کل تری‌هالومتان‌ها در

آب شرب تهران کمتر از حد مجاز ۸۰ppb تعیین شده توسط آژانس سازمان حفاظت محیط زیست امریکاست. اما همین غلظت‌ها نیز می‌تواند باعث افزایش احتمال ریسک سرطان در جمعیت تهران شود. بنابراین بررسی و ارائهٔ راهکار برای کاهش غلظت تری‌هالومتان‌ها در آب شرب تهران بسیار ضروری به نظر می‌رسد. کاهش غلظت کل کربن آلی موجود در منابع تأمین‌کننده آب شرب یکی از بهترین راه حل‌های کاهش غلظت تری‌هالومتان‌ها در آب شرب است. ارزیابی خطرهای ریسک سرطان برای غلظت‌های تری‌هالومتان موجود در آب شرب تهران نیز بسیار ضروری به نظر می‌رسد. شایان ذکر است که با توجه به وجود صدها هزار چاه فاضلاب خانگی، صنعتی و تجاری در تهران، احتمال آلودگی آبهای مناطق زبرزمینی به سایر آلاینده‌های آلی بسیار زیاد است. بررسی و اندازه‌گیری این آلاینده‌ها از قبیل ترکیبات هیدروکربن‌های کلردار مثل PCE، TCE، DCE و غیره بسیار ضروری به نظرمی‌رسد.

یادداشت‌ها

1-Gastrointestinal System
2-Slope factor
3-Unit-risk
4-Holding time

منابع مورد استفاده

شرکت آب و فاضلاب تهران. ۱۳۸۸. http://tww.tpww.co.ir

ترابیان، ع. ۱۳۷۷. بررسی احتمال وجود تری‌هالومتان‌ها در آب آشامیدنی کشور و راههای حذف آن، بهداشت ایران، دورهٔ ۷: شمارهٔ ۱-۲ ، ص ۳۵-۴۲

ATSDR, 1989. Toxicological Profile for Bromodichloromethane (Final Report). NTIS Accession No. PB90-167461. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Atlanta, GA.

ATSDR, 1997. Toxicological profile for Chloroform. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta, GA.

ATSDR, 1990. Toxicological profile for bromoform and chlorodibromomethane. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta, GA:

Bowman, R.E., M.P.,Heironimus, J.R., Allen.1978. Correlation of body burden with behavioral toxicology in monkeys. Pharmacol Biochem Behav. ±

CDPH, .2008. California Department of Public Health, (Electronic Data base). Available on line: www.cdph.ca.gov

&KX , DQG HWDO 6XEDFXWH WR[LFLW DQG P XWDJHQLFLW %XOO (QYLURQ &RQWDP 7R[LFRO ±

Mink,F.L., J.T., Brown and J., Rickabaugh. 1986. Absorption, distribution, and excretion of 14C-trihalomethanes in mice and rats. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 37: 752-758.

Parra, P.and et al. 1986. Analysis, accumulation and central effects of trihalomethanes. I. Bromoform. Toxicol. Environ. Chem. 24: 79-91.

6WDYHQV- / 0 : $QGHUV 0 HWDEROLP RI KDORIRUP V WR FDUERQ P RQR[LGH ± ,,, 6WXGLHV RQ WKH mechanism of the reaction. Biochem. Pharmacol. 28: 3189-3194.

USEPA, (IRIS). 2009. Integrated Risk Information System (IRIS). (Electronic data base). Available on line: http://www.epa.gov/iris/;2009.

Von-Oettingen, W. F. 1985. Bromoform and the Halogenated Aliphatic, Olefinic, Cyclic, Aromatic, and Aliphatic-Aromatic Hydrocarbons Including the Halogenated Insecticides, their Toxicity and Potential Dangers, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Washington, DC.