Archive of SID

مقاله مروری :

ترکیبات آلی جانبی حاصل از عمل کلرزنی آب آشامیدنی

دکتر حسین پورمقدس [۱]

چکیده :

تشکیل ترکیبات جانبی آلی حاصل از عمل کلرزنی آب آشامیدنی از نظر سلامتی انسان و همچنین ایجاد مشکلات در تاسیسات تصفیه آب از سال ۱۹۷٤ که وجود کلروفرم و سه تری هالومتان (THMs) دیگر گزارش شد، مورد توجه بوده است. تحقیقات وسیعی از آن تاریخ انجام شده است. تحقیقات وسیعی از آن تاریخ انجام شده است تا فاکتورهایی که در تشکیل این ترکیبات دخالت دارند شناخته شوند و بتوان از طریق تکنیکهای آب آشامیدنی، غلظت آنها را کاهش داد. بعضی از این ترکیبات جانبی با دز زیاد به صورت خوراکی و یا تزریقی در حیوان ایجاد سرطان می کنند و ممکن است در درازمدت اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان نیزداشته باشند.

مواد هوموسی که به صورت طبیعی در آبهای سطحی یافت می شوند، مواد پیش سازی هستند که در کلرزنی آب آشامیدنی ترکیبات جانبی ایجاد می کنند که برخی از این ترکیبات مشکوک به ایجاد سرطان می باشند. در اثر واکنش بین کلر و ترکیبات هوموسی بیش از ۷۸۰ ترکیبات جانبی ایجاد می گردد، که درصد عمده این ترکیبات هالوژنه می باشند. از جمله گروههای شناخته شده ترکیبات جانبی می توان تری هالومتانها (چهار ترکیب) هالواستیک اسیدها (نه ترکیب)، هالواستونیتریلها (چهار ترکیب) را نام برد. چنانچه تعیین مقدار کل این ترکیبات مورد نظر باشد از دستگاه تعیین مقدار کل ترکیبات آلی هالوژنه Total Organic Halogen (TOX) استفاده می شود. و اگر تعیین مقدار کیفی و کمی هریک از این ترکیبات لازم باشد از دستگاههای گاز کروماتوگرافی (GC) و یا گاز کروماتوگرافی / مس اسپکترومتری (GC/MS) استفاده می شود. در این مقاله ترکیبات اصلی حاصل از عمل کلرزنی آب آشامیدنی ، فاکتورهایی که موجب افزایش و یا کاهش این ترکیبات اصلی می شود، تکنیکهایی که در تأسیسات تصفیه خانه می توان بکار برد تا تشکیل این ترکیبات را به حداقل رسانید و روشهای اندازه گیری این ترکیبات مورد بازنگری قرار می گیرد.

واژگان کلیدی : تری هالومتانها، هالواستیک اسیدها، ترکیبات جانبی کلرزنی

www.SID.ir

[۱] گروه بهداشت محیط دانشکده بهداشت وانستیتو تحقیقات بهداشتی ، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان .

Archive of SID

مقدمه :

درتصفیه آب آشامیدنی ، موقعی که کلر آزاد به عنوان ضدعفونی کننده به کار می رود، در واکنش با مواد هوموسی موجود در آب تری هالومتانها Trihalomethanes (THMs) و سایر ترکیبات آلی هالوژنه تشکیل می گردند. در آب آشامیدنی علاوه بر THMs ، ترکیبات خاص دیگر مثل دی کلرواستیک اسید Dichloroacetic Acid (DCAA) تری کلرواستیک اسید Trichloroacetic Acid (TCAA) ، تری کلرواستونیتریل Trichloroacetonitrile (TCAN) و دی کلرواستونیتریل Dihaloacetonitrile در آبهای کلرزنی شده یافت می شوند (Christman and uden, 1983). در واکنش بین اسیدهای هیومیک با کلر بیش از ۷۸۰ ترکیب جانبی ایجاد می گردد (Stevens, 1990). اگرچه کلر در مقیاس وسیعی برای ضدعفونی آب آشامیدنی به کار می رود ولی ایمنی آن در سال ۱۹۷٤ که وجود THMs در آب آشامیدنی ثابت شد مورد سئوال قرار گرفته است. وقتی مؤسسه ملی سرطان آمریکا گزارش داد که کلروفرم ، ترکیب جانبی کلرزنی، موجب سرطانهایی در دو جنس حیوان گردیده توجه بیشتری به مسائل بهداشتی کیفیت آب آشامیدنی جلب شد (Christman, 1983).

دراثر واکنش بین مواد ضدعفونی کننده ومواد آلی ، دو نوع ترکیب جانبی را می توان تشخیص داد. اولین نتایج حاصل از واکنش مواد آلی موجود در آبهای طبیعی (اسیدهای هیومیک و فولویک) با ضدعفونی کننده ها و دومین نتایج واکنش بین ضدعفونی کننده با مواد آلی موجود در سیستم گوارشی است. بررسی سم شناسی در مورد واکنشهای ترکیبات جانبی بین ضدعفونی کننده ها و مواد آلی موجود در سیستم گوارشی بسیار مشکل و پیچیده است (Condie, 1990). کلرزنی آب آشامیدنی ملکولهای بسیار زیادی را ایجاد می کند، که بیشتر آنها از نظر شیمیایی شناسایی نشده اند. THMs در غلظت نسبتا زیاد در مقایسه با سایر ترکیبات جانبی ایجاد می شود (Pourmoghaddas and Stevens, 1995). بیشتر توجه به THMs حاصل نتایج سرطانزایی کلروفرم در رات و موش است (National concer institute, 1976). اگرچه سایر ترکیبات THMs می توانند خیلی از صفات سمی کلروفرم را دربرداشته باشند ولی اثرات سرطان زایی تست بیولوژیکی سایر ترکیبات THMs هنوز گزارش نشده است.

هالواستونیتریلها گروه دیگری از ترکیبات جانبی کلرزنی می باشند. اطلاعات اخیر نشان می دهد که هالواستونیتریلها سموم ژنی (Genotoxie) می باشند. این ترکیبات نشان داده اند که جهش زا (Mutagenic) در سالمونلا بوده، موجب سرطانهای پوست و ریه در موش می شوند (Bull, 1985). مطالعات سرطان زایی این ترکیبات با بررسیهای تمام عمر حیوانات تأیید خواهدشد. مشخصات عمومی سم شناسی و اثرات توسعه یافتهٔ هالواستونیتریلها اخیرا گزارش شده است. گروه دیگر ترکیبات جانبی کلرزنی هالواسیدها، کلروفنلها، فورانهای کلرینه شده و کتونهای کلرینه شده می باشند. خلاصه ای از اثرات بهداشتی شاخصهای این ترکیبات در جدول شماره (۱) نشان داده شده است (Condie, 1990)

مطالعات اولیه حیوانات مورد بررسی نشان می دهد که ترکیبات ضدعفونی کننده ممکن است مقدار کلسترول سرم را بالا برد و موجب علائم هیپرتروفی قلب بشود (Revis, 1985). اطلاعات فعلی دربارهٔ انسان بسیار محدودتر از آن است که بتوان آنها را تأیید و یا رد کرد. مطالعهٔ ترکیبات جانبی که در سیستم گوارشی انسان به دنبال آشامیدن آب حاوی ضدعفونی باقیمانده ایجاد می گردد، یک رشته دیگر تحقیقات است که بایستی به آن توجه شود. مطالعات اولیه نشان می دهد که ترکیبات جانبی مشابه آنچه که در آب آشامیدنی وجود دارد (در بررسیهای in vivo) در سیستم گوارشی تشکیل می گردد. در حقیقت خوردن NaOC1 موجب ایجاد ترکیبات جانبی سرطان زا مثل THMs وهالواستونیتریل Haloacetontrile (HAN) در سیستم گوارشی می شود (Vogot et al, 1969, Mink and Richabaugh, 1990). تجویز هیپوکلریت

www.SID.ir

Archive of SID

سدیم به موش موجب غیرطبیعی شدن ساختمان اسپرم می گردد. همچنین مطالعات انجام شده نشان می دهد که متعاقب تزریق C1ONa به حیوان، ترکیبات موتاسیون کننده و سرطان زا به وجود می آید (Meier et al, 1985).

تشکیل ترکیبات جانبی : برای کنترل مقدار کل ترکیبات آلی هالوژنه در آب آشامیدنی اطلاعات کافی برای درک فاکتورهایی که در تشکیل این ترکیبات دخالت دارند مورد نیاز می باشد تا حداقل مقدار این ترکیبات در آب آشامیدنی تشکیل گردد. در کلرزنی آب آشامیدنی نوع و مقدار ترکیبات جانبی بستگی به فاکتورهایی از جمله pH، مدت زمان فعل و انفعال و مقدار برم دارد (پورمقدس، حسین. ۱۳۷۳). چنانچه در آب برم وجود داشته باشد ترکیبات آلی برم دار و یا مخلوطی از ترکیبات آلی برم دار و کلردار ایجاد می گردد. مطالعات اخیر نشان می دهد که ترکیبات آلی برم دار ممکن است خاصیت سمی بیشتری نسبت به ترکیبات آلی کلردار داشته باشند. به طورکلی pH قلیایی موجب افزایش THMs و کاهش HAAs می شود. تغییرات مقدار کل تری هالومتانها (TTHMs) برحسب درصد TOX و مقدار کل هالواستیک اسیدها (THAAs) برحسب درصد TOX براساس متغیرهای مقدار برم، pH و زمان فعل و انفعال در شکلهای شماره ۱ و ۲ نشان داده شده است (Pourmoghaddas et al, 1992).

جدول شماره (۲) لیست ترکیبات اصلی تری هالومتانها وهالواستیک اسیدها را که درصد عمدهٔ ترکیبات جانبی حاصل از عمل کلرزنی را تشکیل می دهند، نشان می دهد. فاکتورهایی که موجب کاهش و یا افزایش این ترکیبات می گردد مورد مطالعه وسیع قرار گرفته است (پورمقدس، حسین ۱۳۷۳). حدود ۸۰٪ این ترکیبات در مدت ۴۸ ساعت تشکیل می گردد. شکل شماره (۳) رابطه مقدار کل هالواستیک اسیدها (THAAs) و مقدار کل تری هالومتانها (TTHMs) را برحسب درصد مقدار کل ترکیبات آلی هالوژنه (TOX) نشان می دهد.

مطالعات ترکیبات جانبی حاصل از عمل کلرزنی آب آشامیدنی نشان داد که THMs حدود ٦٤٪ و HAAs حدود ۳۰٪ (وزنی) ترکیبات جانبی را تشکیل می دهد, (Condie 1990 and Nieminski and Chauduri, 1993).

تأسیسات تصفیه آب که از کلرزنی مقدماتی (Prechlorination) استفاده می کنند، به طورکلی دارای غلظت ترکیبات جانبی حاصل از ضدعفونی Disinfection By-Products (DBP) بیشتر می باشند. غلظت DBP معمولا در تابستان و پاییز بیشتر از فصول زمستان وبهار است که احتمالا به علت درجه حرارت آب و تغییرات غلظت و مشخصات پیش سازها می باشد. مرحله اول قانون ضدعفونی کننده وترکیبات جانبی سازمان محیط زیست آمریکا حداکثر مجاز آلوده کننده را برای THMs ۸۰ میکروگرم در لیتر و برای HAAs ٦۰ میکروگرم در لیتر تعیین نموده است. در این استانداردها THMs شامل تری کلرومتان (TCM)، دی برموکلرومتان، تری برومومتان وهالواستیک اسیدها شامل تری کلرواستیک اسید، دی برمواستیک اسید، منوبرمواستیک اسید، دی کلرواستیک اسید، منوکلرواستیک اسید می باشد. مرحله دوم قانون ضدعفونی کننده ها و ترکیبات جانبی سازمان محیط زیست آمریکا حداکثر تری هالومتانها را به ٤۰ وهالواستیک اسیدها را به ۳۰ میکروگرم در لیتر کاهش داده است. در بین منابع آب، آبهای زیرزمینی کمترین مقدار و آبهای سطحی بیشترین مقدار THMs و HAAs را در اثر کلرزنی تشکیل می دهند (Arora et a, 1997).

روشهای کاهش ترکیبات جانبی کلرزنی : برای کاهش این ترکیبات جانبی، اگر مقدار آنها بیشتر از حد مجاز باشد، بایستی کلرزنی مقدماتی را از برنامهٔ تأسیسات تصفیه آب آشامیدنی حذف نمود. برای جلوگیری از رشد جلبکها در تأسیسات تصفیه آب می توان از پرمنگنات پتاسیم و یا سولفات مس (کات کبود) استفاده نمود. بازده بهتر عملیات انعقاد و ته نشینی می تواند نقش بسیار مهمی در کاهش ترکیبات جانبی داشته باشد. استفاده از ذغال فعال، در موارد ضروری، به منظور حذف مواد هوموسی، مواد اصلی تشکیل دهنده ترکیبات جانبی، در تأسیسات تصفیه آب قبل از کلرزنی توصیه می شود. روش دیگر که در کاهش ترکیبات جانبی، در تأسیسات تصفیه آب قبل از عملیات کلرزنی است (EPA, 1981). تغییر نوع ضدعفونی کننده آب از کلرزنی

www.SID.ir

Archive of SID

به ضدعفونی کننده هایی دیگر از جمله کلرآمین در کاهش ترکیبات جانبی بسیار مؤثر است.

روشهای اندازه گیری ترکیبات جانبی حاصل از عمل کلرزنی : TOX روشی برای تخمین مقدار کل ترکیبات آلی هالوژن دار در آب می باشد. وجود ترکیبات آلی هالوژنه نشانگر آلودگی آب به مواد آلی سنتزی است. این روش بدون اینکه نوع ترکیب آلی هالوژن دار را مشخص کند، در مدت زمان کوتاه مقدار کل ترکیبات آلی هالوژن دار (APHA, AWPC, AWWA, 1990) را تعیین می نماید. کلرزنی آب آشامیدنی موجب تشکیل ترکیبات آلی هالوژنه می گردد. حداقل مقدار TOX در آب که با این روش تعیین می گردد ۵ µg/l است. اگرچه روش TOX برای تخمین مواد آلی آب نسبتا ساده است، لیکن به علت نبودن امکانات آزمایشگاهی در ایران، این روش مورد استفاده قرار نگرفته است. امید است باتوجه بیشتر مسئولان و پژوهشگران برای کنترل آلودگی آبها وارتقاء کیفیت آب آشامیدنی چنین روشهایی مورد استفاده قرار گیرد.

برای تعیین نوع ترکیبات آلی هالوژنه از دستگاه گاز کروماتوگرافی می توان استفاده نمود. برای این منظور لازم است با روش استخراج مایع – مایع (Liquid-Liquid Extraction) ترکیبات جانبی از آب جدا شده و با بکاربردن گاز کروماتوگرافی Gac Chromatography (GC) با برنامه خاصی که در این مورد توصیه شده است، هریک از ترکیبات جانبی را که در جدول شماره (۲) نشان داده شده است، تعیین مقدار نمود (Pourmoghaddas and Dressman, 1992). شکل شماره (٤) شمای تهیه نمونه ها را برای تعیین مقدار HAAs, THMs و TOX نشان می دهد. در کشور ما متأسفانه به علت نبودن امکانات آزمایشگاهی از جمله دستگاه GC با Electron Capture Detector (ECD) و ستونهای کاپیلاری Capillary Column، همچنین حلالها و لوازم شیشه ای مورد نیاز، غلظت ترکیبات آلی جانبی حاصل از عمل کلرزنی در آبهای آشامیدنی تعیین نشده است، لذا تحقیقاتی در مورد کیفیت آب آشامیدنی از نظر ترکیبات جانبی نیز انجام نشده و اگر هم انجام گرفته باشد، بسیار محدود است.

چنانچه امکانات فوق الذکر فراهم باشد، همراه ترکیبات جانبی که اهمیت بهداشتی برخی از آنها در جدول شماره (۱) ارائه گردیده است، می توان بسیاری از ترکیبات آلی دیگر را که ممکن است در آب آشامیدنی یافت شوند، تعیین مقدار نمود. از جمله این ترکیبات می توان تتراکلرواتیلن (Tetrachloroethylen) که مصارف صنعتی دارد و مشکوک به ایجاد سرطان در انسان بوده و حداکثر مجاز آن در آب آشامیدنی ۰/۰۰۵ میلی گرم در لیتر است ، و لیندین (Linden) که به عنوان حشره کش مصرف می شود و بر سیستم اعصاب ، کبد و کلیه انسان اثرات سوء دارد و حداکثر مجاز آن در آب آشامیدنی ۰/۰۰٤ میلی گرم در لیتر است، نام برد (Salvato, 1992).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ – خلاصه ای از اثرات بهداشتی شاخصهای ترکیبات جانبی کلرزنی (٤)

ترکیبات جانبی	گروه ترکیب شیمیایی	اثرات سم شناختی
کلروفرم	تری هالومتانها	سرطان زا [1]، سموم کبدی [2]، سموم کلیوی [3]
دی کلرومتان	تری هالومتانها	سموم کبدی ، سموم کلیوی
دی بروموکلرومتان	تری هالومتانها	سموم کبدی، سموم کلیوی
بروموفرم	تری هالومتانها	سموم کبدی، سموم کلیوی
دی کلرواستونیتریل	هالواستونیتریلها	جهش زا [4]، سموم ژنی [5]، اثر بر رشد [6]
بروموکلرواستونیتریل	هالواستونیتریلها	جهش زا، سموم ژنی، اثر بر رشد
دی بروموا‌ستونیتریل	هالواستونیتریلها	جهش زا، سموم ژنی، اثر بر رشد
دی کلرواستیک اسید	مشتقات اسیدها	سرطان زا، سموم سیستم عصبی [7]
تری کلرواستیک اسید	مستقات اسیدها	فیبروزکبدی [8]
۲-٤ دی کلروفنل	کلروفنلها	سموم تومورزا [9]
۲-٤-٦- تری کلروفنل	کلروفنلها	سرطان زا
۱-۱ دی کلروپروپانون	کتونهای کلرینه شده	جهش زا
۱-۱-۱ تری کلروپروپان	کتونهای کلرینه شده	جهش زا

1. Carcinogenic
2. Hepatotoxic
3. Nephrotoxic
4. Mutagnic
5. Genotoxic
6. Developmental
7. Neurotoxic
8. Hepatic Peroxisome Proliferation
9. Tumor Promoter

www.SID.ir

Archive of SID

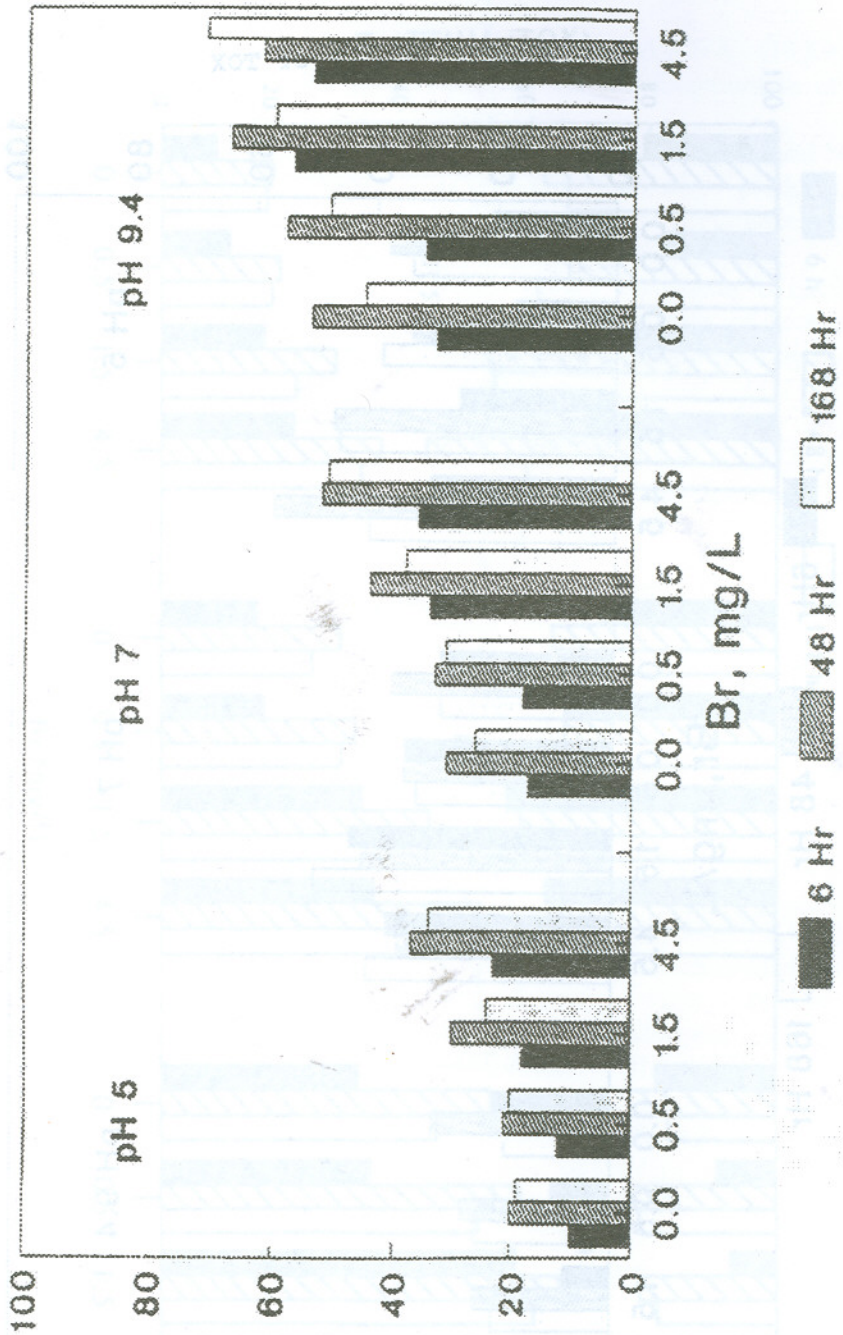
جدول ۲ – ترکیبات اصلی تشکیل دهندهٔ TOX در آب آشامیدنی

Haloacetic Acide (HAAS):	
Monochloracetic Acid (MCAA)	CH_2Cl- COOH
Dichloroacetic Acid (DCAA)	CH_2Cl- COOH
Trichloroacetic Acid (TCAA)	CCl_3- COOH
Monobromoacetic Acid (MBAA)	CH_2Br- COOH
Dibromoacetic Acid (DBAA)	$CHBr_2$- COOH
Triboromoacetic Acid (TBAA)	CBr_3- COOH
Bromochloroacetic Acid (BCAA)	CHBrCl-COOH
Dibromochloroacetic Acid (DBCAA)	CBr_2Cl- COOH
Dibromochloroacetic Acid (DBCAA)	CCl_2Br- COOH
Trihalomethanes (THMs):	
Trichloromethane (TCM)	$CHCL_3$
Dichlorobromomethane (DCBM)	$CHCL_2Br$
Dibromochloromethane (DBCM)	$CHBr_2Cl$
Tribromomethane (TBM)	$CHBr_3$
Haloacetonitiles (HANs):	
Bromochloroacetonitrile (BCAN)	CHBrCLCN
Dichloroacetonitrile (DCAN)	$CHCL_2CN$
Trichloroacetonitrile (TCAN)	CCL_3CN
Dibromoacetonitrile (DBAN)	$CHBr_2CN$

www.SID.ir

Archive of SID

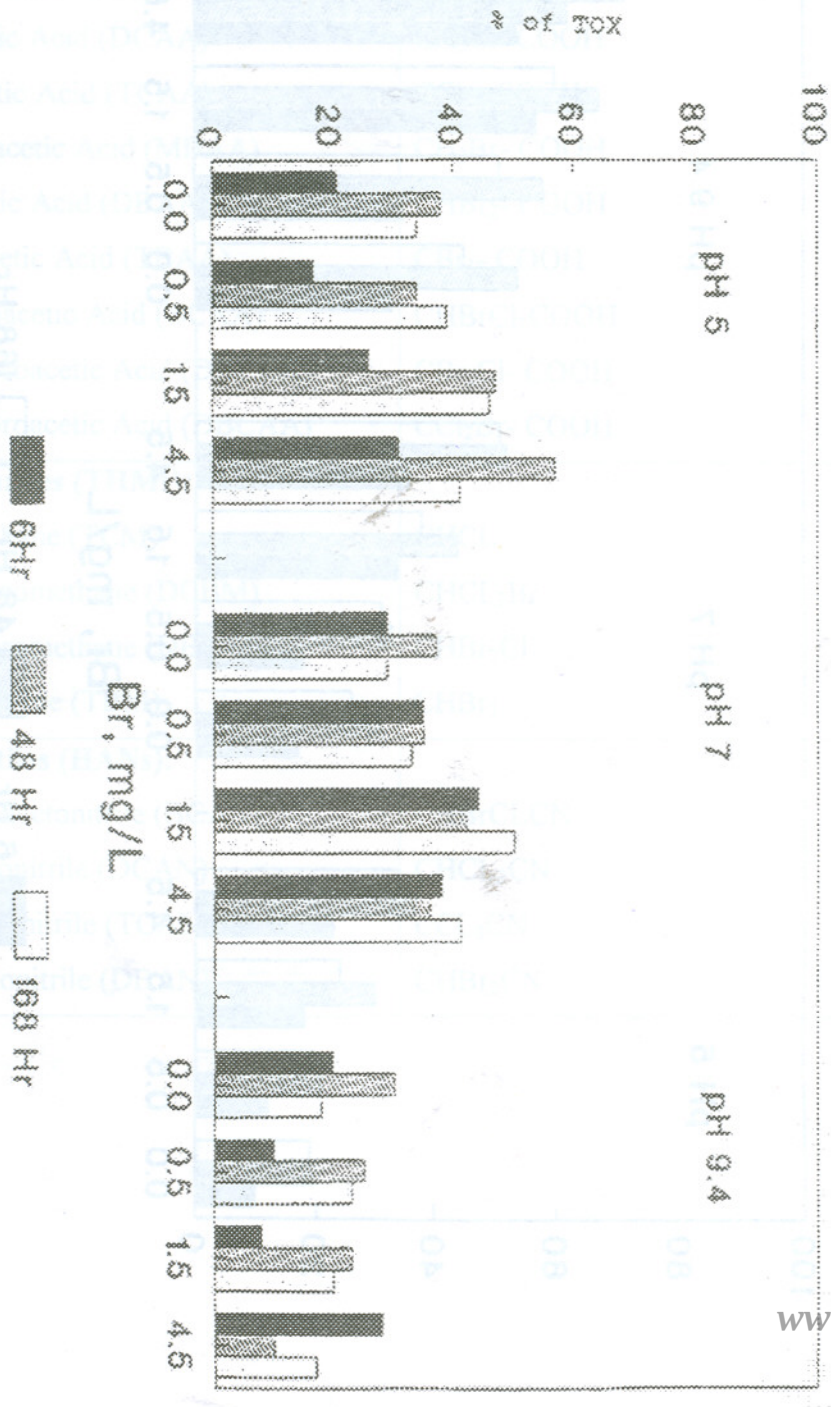
شکل ۱ – مقدار کل تری هالومتانها (TTHMs) برحسب درصد مقدار کل ترکیبات آلی هالوژنه (TOX) در شرایط متفاوت از نظر زمان فعل وانفعال ، برم و pH



www.SID.ir

Archive of SID

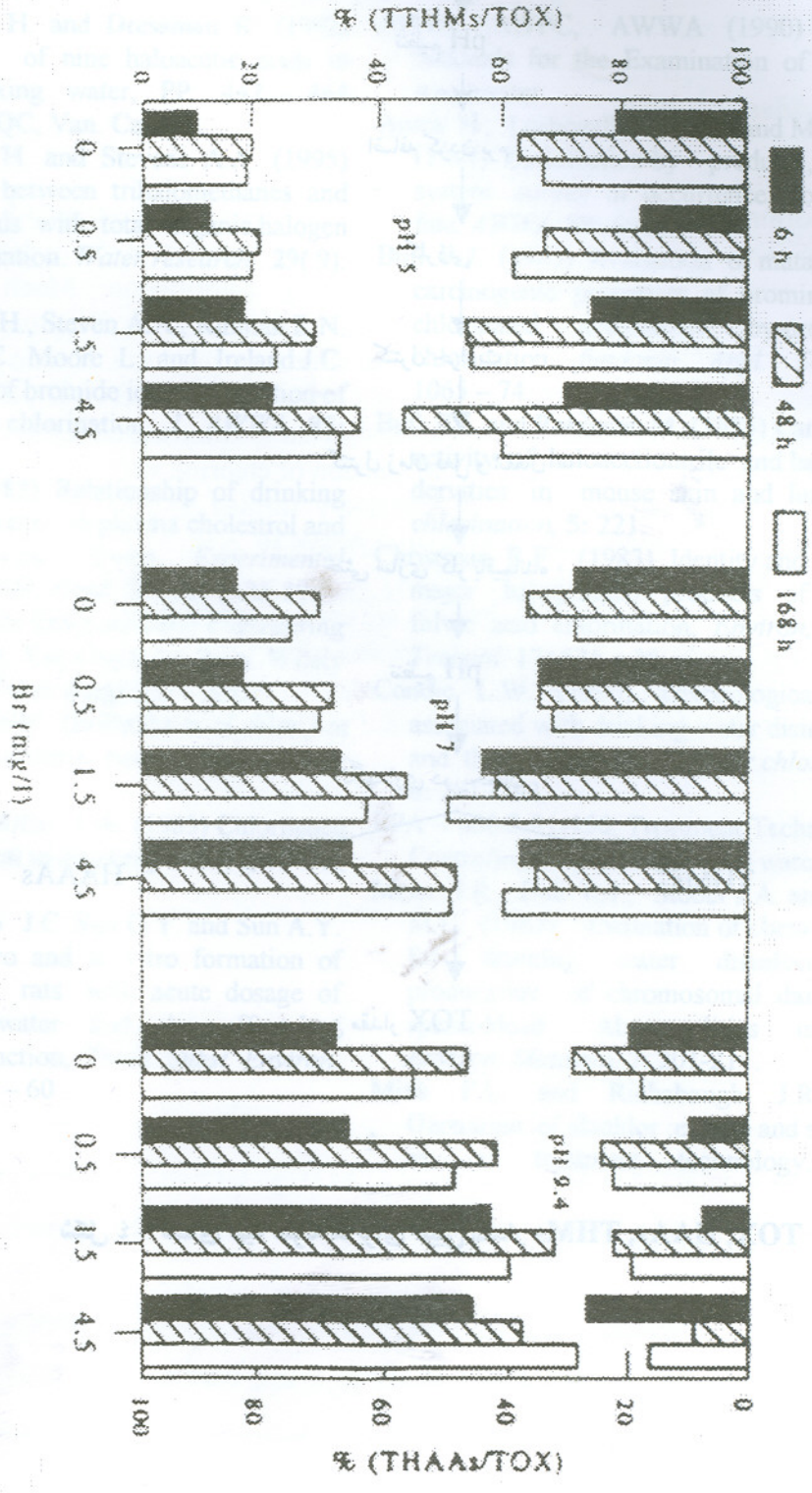
شکل ۲ – مقدار کل هالواستیک اسیدها (THAA) برحسب درصد مقدار کل ترکیبات آلی هالوژنه (TOX) در شرایط متفاوت از نظر زمان فعل و انفعال ، برم و pH



www.SID.ir

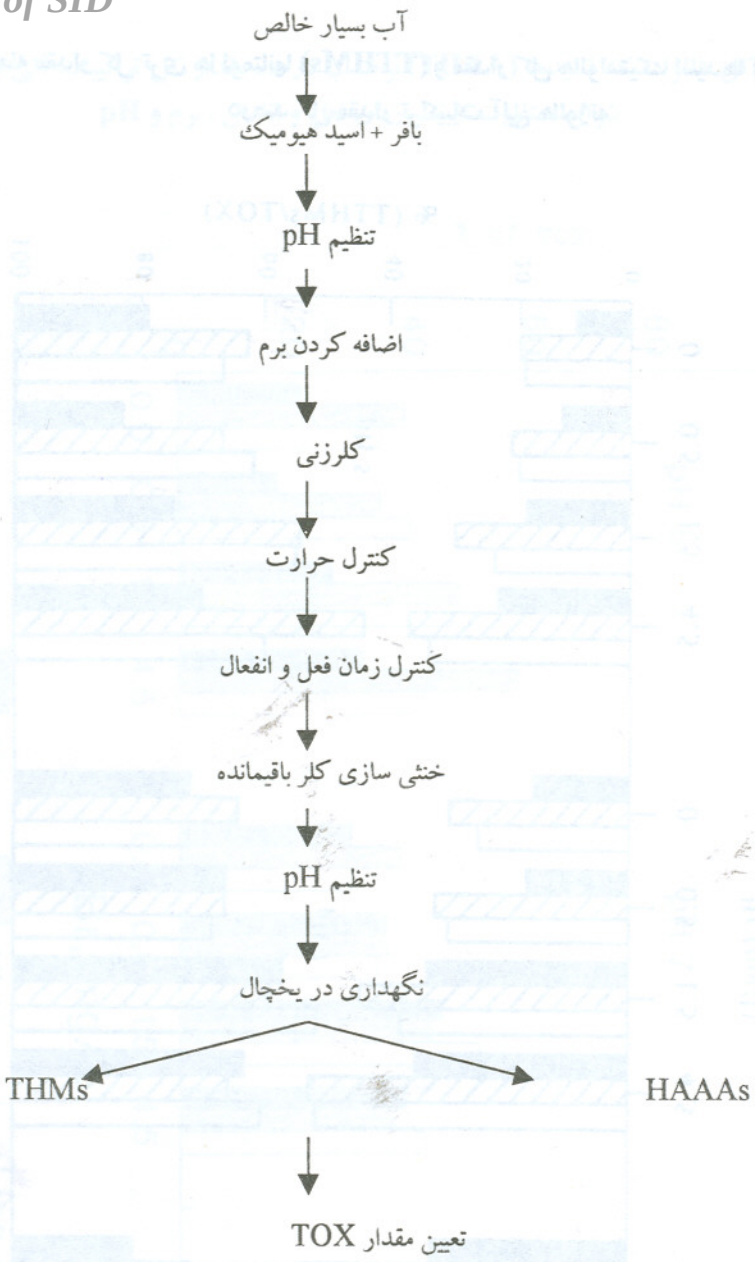
Archive of SID

شکل ۳ – رابطه مقدار کل تری ها لومتانها (TTHMs) و مقدار کل هالواستیک اسیدها (THAAs) برحسب درصد کل مقدار ترکیبات آلی هالوژنه



www.SID.ir

Archive of SID



www.SID.ir

شکل ٤ - شمای تهیه نمونه ها برای تعیین مقدار TOX, HAAs, THMs

Archive of SID

Chlorination, **6:** 871 – 882.

National Cancer Institute (1976) Bioassay of chloroform NTIS No. PB 264018/AS.

Nieminski E.C. and Chaudhuri S. (1993) The occurrence of DBPs in Utah drinking water, *AWWA*. **85:** 9 : 98 .

Pourmoghaddas H. and Dressman R. (1992) Determination of nine haloacetic acids in finished drinking water, PP: 447 – 464 proceeding WQC, Van. Canada.

Pourmoghaddas H. and Stevens A.A. (1995) Relationship between trihalomethanes and haloacetic acids with total organic halogen during chlorination. *Water research.* **29**(9): 2059 – 2062.

Pourmoghaddas H., Steven A.A., Kinman R.N. Dressman R.C. Moore L. and Ireland J.C. (1993) Effect of bromide ion on formation of HAAs during chlorination, *J. AWWA,* **85:** 82- 87.

Revis N.W. (1985) Relationship of drinking water disinfectants to plasma cholestrol and thyroid hormone levels, *Experimental studies, Proc. Nat. Acad. Sci.* **83:** 1485-89.

Salvato A.J. (1992) Environmental Engineering and Sanitation, Copyright by John Wilely and son, Inc. 4th Ed. (Page 233 – 236).

Stevens A.A. (1990) By-Products of chlorin at ten operating utilities, w*ater chlorination* **6:** 579 – 604.

Uden P.C. and Miller J.W. (1983) Chlorinated acids and chloral in drinking water, *J.AWWA,* **75:** 524 – 27.

Vogot C.R., Liao J.C. Sun G.Y. and Sun A.Y. (1969) In vivo and in vitro formation of chloroform in rats with acute dosage of chlorinated water and the effect of membrane function, *Trace Subst Environ. Health* **13**: 453 – 60 .

منابع :

پورمقدس، حسین. (۱۳۷۳). ترکیبات آلی هالوژنه در آب آشامیدنی، مجله پژوهشی دانشکده داروسازی تهران، جلد چهارم، شماره دوم وسوم .

APHA, AWPC, AWWA (1990) Standard Methods for the Examination of water and wastewater.

Arora H., Lechevallier M.W. and Moser R.H. (1997) Disinfection by – products, american system survey of occurrence, control and fate, *AWWA,* **89:** 6: 60.

Bull R.J. (1985) Evaluation of mutagenic and carcinogenic properties of brominated and chlorinated acetonitriles by-product of chlorination, *fundanm. Appl. Toxicol.* S: 1065 – 74.

Bull R.J. and Robinson M. (1985) Carcinogenic activity of haloacetiontrile and haloacetone dervities in mouse skin and lung, *water chlorination,* **5:** 221.

Christman R.F., (1983) Identity and yields of major halogentaed products of aquatic fulvic acid chlorination, *Environ, Sci. and Technol.* **17:** 625 – 28.

Condie L.W. (1990) . Toxocological effects associated with drinking water disinfectants and their by-products, *water chlorination*, **6:** 281- 292.

EPA – 660/2-81-156, Treatment Techniques for Controling THMs in Drinking water (1981).

Meier J.R., Bull R.J., Stober J.A. and Cimino M.C. (1985) Evaluation of chemicals used for drinking water disinfection for producation of chromosomal damage and sperm-Head Abnormalities in Mice. *Environ. Mutagen*, 7: 201-211.

Mink F.L. and Richabaugh J.R. (1990) Ozonation of alachlor :effects and suitability as a treatment technology. *Water*

www.SID.ir

REVIW ARTICLE:
ORGANIC COMPOUND RESULTING FROM DRINKING WATER CHIORINATION

Archive of SID

Pourmoghaddas H.[1], Ph.D

Organic chlorination by–products of drinking water have been considered public health issue and drinking water treatment problem since the 1974 reportng of the formation of chloroform and three other trihalomethanes (THMs) during chlorination. Much work has been accomphished since then to understand the factors influencing this formation and the treatment techniques to reduce the formation of chlorination by – products. Humic materials occure in surface waters, these naturally occuring organic compounds can serve as percursors to possible carcinogencs when fresh water supplies are subjected to chlorination for disinfection purposes. Over 780 compounds were formed by the reaction of chlorine with humic acids, which a large percentage are halogenated. The most commonly formed groups of these by – products are thrihalomethanes (4 compounds), Haloacetic Acids (9 compounds) and Haloacetonitrile (4 compounds). Total organic halogen (TOX) is an – easy method to determine the organic Halogen in water. GC and GC/MS methods are used to detrmine the chlorination by – products in water. In this review article the main chlorination by – products in drinking water, the factors which influences on the formation, the techniques in water treatment plants to reduce the concentration of chlorination by – products and the methods of determinations are discussed.

Key words: *Trihalos, Haloacetic acid, Chlorination*

www.SID.ir

[1] Department of Environmental Health, Inistitute of Health Research, Esfehan University of Medical Sciences.