

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

Vali Alipour<sup>1</sup> Leila Rezaei<sup>2</sup> Sekineh Shekoohiyani<sup>2</sup> Kavoos Dindarloo Inaloo<sup>1</sup> Babak Goodarzi<sup>2</sup>

Assistant Professor Department of Environmental Health<sup>1</sup>, Instructor Department of Environmental Health<sup>2</sup>, 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.

#### Correspondence:

Sekineh Shekoohiyani, 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.shekoohiyani@yahoo.com

**Key words:** Trihalomethane - Carbon - Water Pollutants

**Citation:** Alipour A, Rezaei L, Shekoohiyani 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):186-193.

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

ولی علیپور<sup>۱</sup> لیلا رضایی<sup>۲</sup> سکینه شکوهیان<sup>۲</sup> کاووس دیندارلو اینالو<sup>۱</sup> بابک گودرزی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، گروه بهداشت محیط، <sup>۲</sup> 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 ۱۹۳-۱۸۶

## 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  $TOC$ ،  $pH$ ، 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 آبهای با  $TOC$  بالا می‌باشد که حداقل و حداکثر پتانسیل تشکیل تری‌هالومتان  $14/78$  و  $14/86$  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 - آلایندگی‌های آب

نویسنده مسئول:

سکینه شکوهیان

مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط

و حرفه‌ای هرمزگان، دانشگاه بهداشت

دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان

بندرعباس - ایران

تلفن: ۰۲۰۳۳۳۶۲۰۲۰۷۶۹۸۹

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 لیلا، 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 ۱۳۹۳؛ ۱۸۶(۳): ۱۹۳-۱۸۶.

## مقدمه:

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 SOM نیز از منابعی مثل فعالیت‌های مختلف شهری، کشاورزی و صنعتی به آنها وارد می‌شوند. از بین این ترکیبات، تری‌هالومتان‌ها، هالواستیک اسیدها، ترکیبات آروماتیک و فنل و مشتقات آن در آب، حایز اهمیت هستند. از جمله این فرآورده‌ها می‌توان به تری‌هالومتانها (THMs) و هالواستیک اسیدها (HAAs) Halo Acetic Acids اشاره کرد که مطنون به سرطان‌زایی برای انسان می‌باشند (۶،۷).

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 آلایندگی اتفاق می‌افتد که غلظت NOM در منابع آبهای شرب غالباً بین ۲ تا ۱۵ میلی‌گرم در لیتر 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

همکارانش نیز مطالعه‌ای مشابه را در کشور مالزی در سال ۲۰۰۳ به منظور مدل سازی و پیش‌بینی تشکیل تری‌هالومتان در آب آشامیدنی در طول شبکه توزیع انجام دادند که نتایج مطالعه نشان داد، رابطه مستقیم و قوی بین میزان تری‌هالومتان 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 فرآورده‌های جانبی گذردایی وجود دارد، می‌توان با اندازه‌گیری غلظت کربن آلی و سایر پارامترهای مؤثر، میزان تری‌هالومتان 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 ته‌نشینی در تصفیه‌خانه آب میناب، جهت فیلتراسیون و گذردایی به تصفیه‌خانه بندرعباس منتقل می‌گردد. از آنجایی که مسافت زیادی بین منشأ تا مصرف آب شرب وجود دارد و توسط کلر گذردایی می‌گردد، هدف را بر آن نهادیم تا به بررسی پتانسیل تشکیل تری‌هالومتان 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 تصفیه‌خانه میناب و آب خروجی از تصفیه‌خانه بندرعباس (قبل از کلرزنی)، هر هفته یک نمونه و جمعاً ۲۴ نمونه از هر نقطه برداشت گردید و مورد آزمایش قرار گرفتند. به منظور نمونه‌برداری از ظروف استریل شیشه‌ای تیره که ابتدا توسط دترجنت جهت جداسازی آلاینده‌ها 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 سانتی‌گراد به مدت ۶۰ دقیقه قرار داده شد. درجه حرارت و  $pH$  نمونه‌ها در محل نمونه‌برداری تعیین گردید. نمونه‌هایی که بلافاصله بر روی آنها آزمایش انجام نمی‌شد، در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با حداقل تماس با روشنایی و هوا نگهداری می‌شدند.

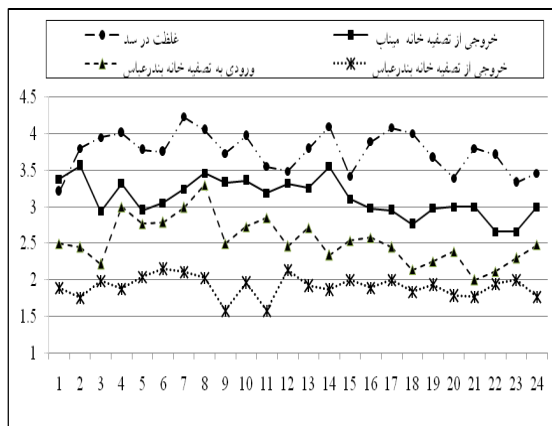
تعیین کل کربن آلی ( $TOC$ ) توسط دستگاه  $TOC$  آنالایزر مدل  $DRB200$  ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌گرم در لیتر صورت گرفت و جهت سنجش کلر باقیمانده نیز از کلرسنج دیجیتال  $HACH$  با گستره حساسیت دستگاه ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر استفاده شد. در برخی تصفیه‌خانه‌ها به منظور کنترل عوامل بیولوژیک مزاحم مانند جلبک‌ها، آب خام پیش کلرزنی

همچنین توانایی ایجاد بو و مزه نامطبوع در آب آشامیدنی دارند که به طور کامل از طریق فرآیندهای تصفیه متداول قابل حذف نمی‌باشند (۸).

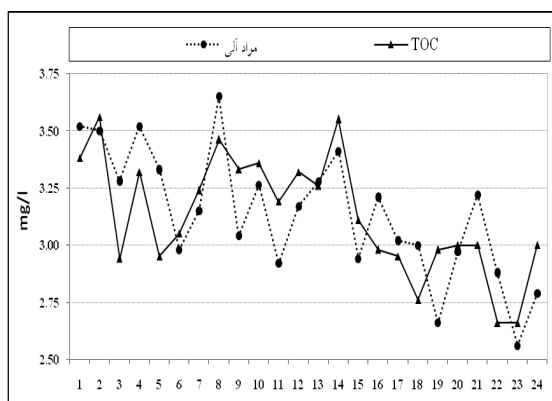
با توجه به اینکه کلرزنی متداول‌ترین روش گذردایی آب است، لیکن کلر آزاد می‌تواند با ذرات معلق مواد آلی طبیعی موجود در آب واکنش داده و محصولات جانبی گذردایی را ایجاد کند (۹). به طور کلی تشکیل تری‌هالومتان به فاکتورهای زیادی مانند  $pH$  زمان تماس با کلر، غلظت و خصوصیات کلر باقیمانده، دما، مقدار  $NOMs$  و غلظت برم بستگی دارد. افزایش  $pH$  و زمان تماس، سبب افزایش تولید تری‌هالومتان‌ها و کاهش تولید هالواسستیک اسیدها می‌گردد. با افزایش دما سرعت واکنش بیشتر شده که منجر به مصرف بیشتر کلر و در نهایت تولید بیشتر محصولات جانبی گذردا می‌گردد (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 تری‌هالومتان‌ها 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 مدل‌های ریاضی برای پیش‌بینی 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 می‌باشد 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 می‌شود. این مدل توانایی پیش‌بینی اینکه تشکیل تری‌هالومتان به کدام یک از فاکتورها وابستگی بیشتری دارد یا اینکه آب مورد نظر پتانسیل تشکیل تری‌هالومتان را دارد یا خیر، را دارد.

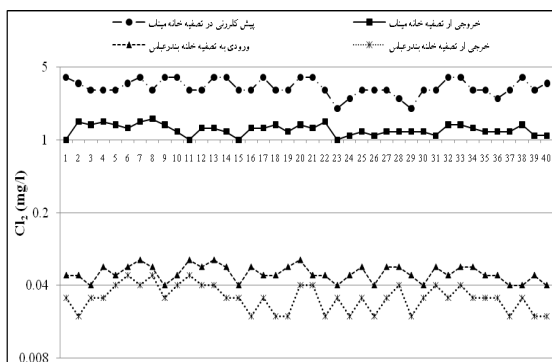
در مطالعه ای که آقای  $Hong$  و همکارانش در سال ۲۰۰۷ به منظور مدل سازی تشکیل تری‌هالومتان در آب کلرزنی شده رودخانه دونگ جیانگ اصلی‌ترین منبع تأمین آب شرب کشور چین انجام دادند، نشان داد که میزان  $THM$  تشکیل شده در محدوده ۱۱/۷ تا ۹۱/۸ میلی‌گرم بر لیتر متغیر می‌باشد که مهم‌ترین پارامتر مؤثر بر پتانسیل تشکیل تری‌هالومتان، زمان واکنش و غلظت یون برم در آب می‌باشد (۱۵). آقای عبدالله و



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

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

می‌گردد، آب شرب شهر بندرعباس نیز دارای چنین شرایطی است.

تاکنون مطالعات زیادی در رابطه با مدل سازی و پیش بینی 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، pH، (T) 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. 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.

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

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

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

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

خروجی از تصفیه‌خانه بندرعباس		خروجی از تصفیه‌خانه میناب		پارامتر
P-value	r	P-value	r	
۰/۰۰۱	۰/۷۰۱	۰/۰۰۱	۰/۸۳۷	TOC
۰/۱۱۴	۰/۲۵۶	۰/۰۰۱	۰/۸۴	pH
۰/۰۰۱	۰/۷۴۲	۰/۰۳۷	۰/۳۷۲	دوز کلر
۰/۱۶۳	۰/۲۱	۰/۰۵	۰/۳۴۳	درجه حرارت

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.

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 pH در تشکیل تری‌هالومتان:

ضریب همبستگی پیرسون جهت تعیین ارتباط بین pH و THM در دو تصفیه‌خانه میناب و بندرعباس به ترتیب برابر  $(P < 0.001, r = 0.701)$  و  $(P < 0.001, r = 0.755)$  می‌باشد که نشانه ارتباط قوی بین این دو پارامتر می‌باشد. به طور کلی با افزایش pH شانس تشکیل THM نیز افزایش می‌یابد. این

#### 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 بندرعباس به ترتیب برابر  $(P < 0.001, r = 0.837)$  و

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 ۰/۱۲ و ۰/۶۸۷ 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 ۱۴/۷۸ و ۸۴/۸۶ میکروگرم در لیتر برآورد می‌شود که از مقادیر  $40 \mu\text{g/L}$  و  $30 \mu\text{g/L}$  ذکر شده در قانون دوم گذردایی 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.

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  $(P=0/037, r=0/372)$  و  $(P<0/001, r=0/742)$  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  $(P=0/05, r=0/343)$  و  $(P=0/21, r=0/21)$  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 گذردایی پتانسیل تشکیل محصولات جانبی گذردایی 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  $50-100 \mu\text{g}$  THMFP/mgC بوده است (۱۷).

## References

## منابع

1. 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, Rodrssiguez 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. Golfopoulos 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.