

صلى الله عليه وسلم



**دانشگاه علوم پزشکی اردبیل**

**دانشکده بهداشت**

**پایان نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد در رشته مهندسی بهداشت محیط**

**عنوان :**

**بررسی میزان و عوامل موثر در تشکیل تری هالومتان ها در آب آشامیدنی شهر اردبیل**

**نگارنده :بابک علیزاده**

**استاد راهنما :مرحوم دکتر صادق حضرتی**

**استاد مشاور :مهندس مهدی فضل زاده**

**شماره پایان نامه :۱۴**

**تاریخ تصویب پایان نامه : (۱۳۹۴/۰۵/۰۷)**

**تاریخ دفاع پایان نامه : (۱۳۹۷/۰۶/۳۱)**

هزینه این پایان نامه از محل اعتبار طرح تحقیقاتی مصوب شماره ۹۴۰۲/۲ تامین شده است و کلیه حقوق این پایان نامه برای دانشگاه علوم پزشکی اردبیل محفوظ است .

## اظهارنامه اصالت پایان نامه

اینجانب بابک علیزاده دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اردبیل نویسنده پایان نامه بررسی میزان و عوامل موثر در تشکیل تری هالومتان ها در آب آشامیدنی شهر اردبیل تحت راهنمایی دکتر صادق حضرتی متعهد میشوم:

تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده و از صحت و اصالت برخوردار است.

در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد کرده ام. مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی ارائه نگردیده است.

در تمامی مراحل انجام این پایان نامه اصل رازداری و اصول اخلاق پژوهشی را رعایت نموده ام.

امضاء دانشجو تاریخ

## اظهارنامه مربوط به انتشار مقاله

کلیه حقوق این اثر متعلق به دانشگاه علوم پزشکی اردبیل است. مقالات مستخرج با نام دانشگاه علوم پزشکی اردبیل و یا Ardabil University of Medical Science به چاپ خواهد رسید. متعهد میگردم حقوق معنوی تمام افرادی که در بدست آوردن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده اند را در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت نمایم و در تمامی آنها نام استاد راهنما به عنوان نویسنده مسئول و نیز نام استاد(ان) مشاور و نشانی الکترونیکی دانشگاهی آنان را قید نمایم.

امضای دانشجو تاریخ

سپاس و ستایش مر خدای را جل و جلاله که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار، درفشان. آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید.

تقدیم به همسر مهربانم به پاس قدر دانی از قلبی آکنده از عشق و معرفت که محیطی سرشار از سلامت و امنیت و آرامش و آسایش برای من فراهم آورده است و تقدیم به پسرم که وجودش هر آن موجب دلگرمی و تلاش مضاعفم گردید.

تقدیم به روح بزرگ استاد فقید م پروفیسور صادق حضرتی که در طول انجام این پایان نامه از وجود پر بارشان بسیار بهره ها بردیم ولی تقدیر الهی بر آن بود که در پایان این راه از وجود نازنینشان بی بهره باشیم.

تقدیم به همه استادان همیشه عاشق، آنهایی که همراه بارش کرامت آسمانیشان الغبای آدمیت می آموزند.

سپاس و تقدیر

به مصداق «من لم يشكر المخلوق لم يشكر الخالق»

از استاد مشاور جناب آقای مهندس مهدی فضلزاده که با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را  
روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی‌های کارساز و سازنده باور ساختند، کمال تشکر  
و قدردانی را دارم.

از کارشناس محترم آزمایشگاه سرکار خانم مهندس صادقی که از نظرات ایشان در طول انجام پایان-  
نامه بهره‌مند گردیدم، کمال امتنان را دارم.

در پایان بر خود لازم می‌دانم تا از اساتید محترم رشته مهندسی بهداشت محیط جناب آقای دکتر مرتضی  
عالیقدری، دکتر سید احمد مختاری، دکتر کوروش رحمانی، دکتر هادی صادقی و نیز از سایر اساتید و  
کارشناسان بزرگوار گروه مهندسی بهداشت محیط و حرفه‌ای که همواره مرا در طول دوران تحصیل یاری  
نمودند بی‌نهایت قدر دانم.

## بررسی میزان و عوامل موثر در تشکیل تری هالومتان ها در آب آشامیدنی شهر اردبیل

### چکیده

**زمینه و هدف:** کلر به عنوان رایج ترین گندزدای آب به منظور تامین آب بهداشتی مورد استفاده قرار می گیرد. واکنش کلر با مواد آلی موجود در آب باعث تولید تعداد زیادی محصولات فرعی گندزدایی در آب آشامیدنی می شود. در بین این محصولات تری هالومتان ها گروهی از مواد شیمیایی هستند که شایع ترین هستند. تری هالومتان ها مشکلات بهداشتی بالقوه ای برای سلامت انسان و حیوانات ایجاد می کنند. بدین منظور اندازه گیری و پایش مستمر آنها در آب آشامیدنی ضروری است. هدف از مطالعه حاضر بررسی میزان و عوامل موثر در تشکیل تری هالومتان هادر آب آشامیدنی شهر اردبیل می باشد.

**مواد و روش ها:** این مطالعه توصیفی-تحلیلی و به صورت مقطعی انجام گرفت. شهر اردبیل بر اساس نقشه جغرافیایی در ۸ جهت اصلی و فرعی و یک نقطه مرکز تقسیم بندی شد و از هر جهت تعداد ۳ نمونه آب و مجموعاً از کل شهر ۲۵ نمونه آب از شبکه توزیع آب آشامیدنی در تابستان سال ۱۳۹۶ برداشت شد. همزمان با برداشت نمونه در محل میزان دما، pH و میزان کلرباقیمانده آزاد اندازه گیری شد. نمونه ها با دستگاه GC-MS مدل Agilent Technologies 7890A- Agilent Technologies 5975 C به روش Headspace مورد آنالیز قرار گرفتند.

**یافته ها:** نتایج نشان داد میانگین غلظت  $\text{CHCl}_3$ ،  $\text{CHBrCl}_2$ ،  $\text{CHBr}_2\text{Cl}$  و  $\text{CHBr}_3$  به ترتیب برابر با ۱۱/۹۴، ۱۴/۱۲، ۵/۹۳ و ۰/۹۴ میکروگرم در لیتر می باشد. همچنین بیشترین غلظت برای  $\text{CHCl}_3$ ،  $\text{CHBrCl}_2$ ،  $\text{CHBr}_2\text{Cl}$  و  $\text{CHBr}_3$  به ترتیب برابر با ۲۰/۲۷، ۲۵/۲۱، ۱۰/۲۰ و ۲/۸۸ میکروگرم در لیتر اندازه گیری شدند. رابطه ضعیفی بین افزایش دما و pH آب و غلظت تری هالومتان ها مشاهده شد به نحوی که با افزایش دما و pH غلظت تری هالومتان ها افزایش یافت. رابطه ضعیف و معکوسی بین غلظت کلرباقیمانده آزاد و غلظت تری هالومتان ها مشاهده شد.

**نتیجه گیری:** میانگین غلظت تری هالومتان ها در شبکه آب آشامیدنی در حد مجاز می باشد.

**واژگان کلیدی:** تری هالومتان؛ کروماتوگرافی گازی؛ شبکه توزیع آب آشامیدنی؛ اردبیل

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲-۱	مقدمه.....
۲-۱	بیان مساله.....
۳-۱	اهداف و فرضیات.....
۳-۱-۱	هدف کلی:.....
۳-۱-۲	اهداف ویژه:.....
۳-۱-۳	اهداف کاربردی:.....
۳-۱-۴	فرضیات تحقیق:.....
۴-۱	کلیات.....
۵-۱	مواد آلی طبیعی در آب آشامیدنی.....
۶-۱	منابع، ترکیب و ساختار ترکیبات آلی طبیعی.....
۶-۱-۱	مواد آلی طبیعی اتوچتونوس.....
۶-۱-۲	مواد آلی طبیعی آلوچتونوس.....
۷-۱	واکنش کلر در آب.....
۸-۱	واکنش ترکیبات آلی طبیعی با کلر.....
۹-۱	طبقه بندی DBPs.....
۹-۱-۱	تری هالومتان ها.....
۹-۱-۲	هالواستیک اسیدها.....
۹-۱-۳	هالوآلدئیدها.....
۹-۱-۴	هالوکتون ها.....
۹-۱-۵	هالواستونیتریل ها.....

- ۱۶-۹-۶. کلروپیکرین:  $CCl_3NO_2$  ..... ۱۶
- ۱۶-۹-۷. کلروفنول ها ..... ۱۶
- ۱-۱۰. تری هالومتان ها (THMs) ..... ۱۶
- ۱-۱۱. فاکتورهای موثر در تشکیل تری هالومتان ها (THMs) ..... ۲۱
- ۱-۱۲. فرآیندهای تصفیه برای حذف THMs ..... ۲۶
- ۱-۱۲-۱. فرآیندهای انعقاد: ..... ۲۶
- ۱-۱۲-۲. شناورسازی با هوای محلول (DAF): ..... ۲۶
- ۱-۱۲-۳. فیلتراسیون مستقیم ..... ۲۷
- ۱-۱۲-۴. فیلتراسیون غشایی ..... ۲۷
- ۱-۱۲-۵. فرآیندهای اکسیداسیون ..... ۲۸
- ۱-۱۲-۶. فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته ..... ۲۸
- ۱-۱۲-۷. فرآیند تبادل یون ..... ۲۹
- ۱-۱۲-۸. فرآیند جذب سطحی ..... ۲۹
- ۱-۱۲-۹. جایگزینی کلرزی با سایر روش های گندزدایی ..... ۳۰
- ۱۳-۱. بررسی متون ..... ۳۰

### فصل دوم: مواد و روش ها

- ۲-۱. نوع مطالعه ..... ۳۵
- ۲-۲. طرح کلی تحقیق ..... ۳۵
- ۲-۲-۱. بررسی منابع علمی و تدوین متغیرها ..... ۳۵
- ۲-۲-۲. جامعه آماری، روش نمونه‌گیری و حجم نمونه ..... ۳۵
- ۲-۲-۳. روش گردآوری اطلاعات ..... ۳۸
- ۲-۳. آماده سازی نمونه و انجام آنالیز ..... ۳۸
- ۲-۴. آنالیزهای آماری ..... ۳۸

### فصل سوم: نتایج



- ۳-۱. نمودارهای کالیبراسیون ..... ۴۰
- ۲-۳. غلظت تری هالومتان ها ..... ۴۱
- ۳-۳. تاثیر فاکتور دما بر غلظت تری هالومتان ها ..... ۵۰
- ۴-۳. تاثیر فاکتور کلر باقیمانده بر غلظت تری هالومتان ها ..... ۵۳
- ۵-۳. تاثیر فاکتور pH بر غلظت تری هالومتان ها ..... ۵۶

### فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری

- ۱-۴. غلظت تری هالومتان ها ..... ۶۰
- ۲-۴. تاثیر فاکتور دما بر غلظت تری هالومتان ها ..... ۶۳
- ۴-۳. تاثیر فاکتور کلر باقیمانده بر غلظت تری هالومتان ها ..... ۶۴
- ۴-۴. تاثیر فاکتور pH بر غلظت تری هالومتان ها ..... ۶۵
- ۴-۵. نتیجه گیری ..... ۶۶
- ۴-۶. پیشنهادات ..... ۶۷
- مراجع ..... ۶۸

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
۱-۱. خلاصه ای از اجزای ترکیبات آلی طبیعی در آب	۸
۲-۱. مشخصات انواع تریهالومتانهای متداول در آب آشامیدنی	۱۲
۳-۱. مشخصات انواع هالواستیک اسیدهای متداول در آب آشامیدنی	۱۳
۴-۱. مقادیر رهنمودی سازمان های مختلف برای ترکیبات جانبی گندزدایی آب آشامیدنی	۱۴
۷-۱. شرح علامت های اختصاری معادله های پیش بینی تشکیل DBP	۲۴
۸-۱. مقادیر ثابت معادله های پیش بینی تشکیل DBPs	۲۵
۱-۲. مختصات جغرافیایی نقاط نمونه برداری شده از شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل	۳۷
۲-۳. آزمون one sample test جهت تعیین معنادار بودن و یا نبودن نتایج نسبت به مقدار حد مجاز	۴۴
۴-۳. آزمون نرمال بودن داده های غلظت کل تری هالومتان و دما	۵۲
۵-۳. ارتباط همبستگی بین دما و غلظت تری هالومتان ها	۵۳
۶-۳. غلظت کلر باقیمانده در نقاط نمونه برداری شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل	۵۳
۷-۳. آزمون نرمال بودن داده های غلظت کل تری هالومتان و کلر باقیمانده	۵۵
۸-۳. ارتباط همبستگی بین کلر باقیمانده و غلظت تری هالومتان ها	۵۵
۹-۳. مقدار pH در نقاط نمونه برداری شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل	۵۶
۱۰-۳. آزمون نرمال بودن داده های غلظت کل تری هالومتان و pH	۵۸
۱۱-۳. ارتباط همبستگی بین pH و غلظت تری هالومتان ها	۵۸
۱-۴. استاندارد و غلظت مجاز گونه های تری هالومتان و غلظت کل تری هالومتان در سازمان های مختلف	۶۰

## فهرست نمودارها

عنوان	صفحه
۱-۱. توزیع نسبی گونه های کلر در pH های مختلف و دمای $25^{\circ}\text{C}$ و غلظت کلر $0/005$ مولار ( $177 \text{ mg l}^{-1}$ ) در آب.....	۱۱
۱-۳. نمودار کالیبراسیون کلروفرم.....	۴۰
۲-۳. نمودار کالیبراسیون دی کلروبرومومتان.....	۴۰
۳-۳. نمودار کالیبراسیون دی بروموکلرومتان.....	۴۱
۴-۳. نمودار کالیبراسیون بروموفرم.....	۴۱
۵-۳. غلظت ترکیبات تری هالومتان در نقاط مختلف نمونه برداری از شبکه توزیع آب اردبیل	۴۴
۶-۳. تغییرات دما و تغییرات غلظت تری هالومتان ها در نقاط نمونه برداری شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل.....	۵۲
۷-۳. تغییرات کلر باقیمانده و تغییرات غلظت تری هالومتان ها در نقاط نمونه برداری شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل.....	۵۴
۸-۳. تغییرات pH و تغییرات غلظت تری هالومتان ها در نقاط نمونه برداری شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل.....	۵۷

## فهرست اشکال

صفحه

عنوان

- ۱-۲. نقاط نمونه برداری نمونه های آب بر روی عکس ماهواره ای شهر اردبیل..... ۳۶
- ۱-۳. پراکنش غلظت کلروفورم در شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل..... ۴۶
- ۲-۳. پراکنش غلظت برمودی کلرومتان در شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل..... ۴۷
- ۳-۳. پراکنش غلظت برموفورم در شبکه آب آشامیدنی شهر اردبیل..... ۴۸
- ۴-۳. پراکنش غلظت دی برمو کلرو متان در شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل..... ۴۹
- ۵-۳. پراکنش غلظت کل تری هالومتان ها در شبکه آب آشامیدنی شهر اردبیل..... ۵۰

## فهرست ضمايم

صفحه

عنوان

۷۳.....	نتايج آزمايشگاهي آناليز مقادير تري هالومتان ها در نمونه هاي آب آشاميدني شهر اردبيل.....
۸۲.....	فرم مشخصات روش مورد استفاده در آناليز با GC-MS.....
GC-MS	نمودارهاي آناليز مقادير تري هالومتان ها در نمونه هاي آب آشاميدني شهر اردبيل. با دستگاه
۸۳.....	MS.....

## علائم اختصاری

Ph.....	پتانسیل یون هیدروژن
GC.....	کروماتوگرافی گازی
GC-MS.....	کروماتوگرافی گازی طیف سنجی جرمی
IARC.....	آژانس بین المللی تحقیقات سرطان
IUGR.....	محدودیت رشد داخل رحمی
USEPA.....	آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده
EU.....	اتحادیه اروپا
THMs.....	تری هالومتان ها
TTHMs.....	تری هالومتان های کل
WHO.....	سازمان جهانی بهداشت
µg/L.....	میکروگرم در لیتر
ECD.....	آشکار گرفتن الکترونی
MSD.....	آشکار ساز طیف سنجی جرمی
ng/L.....	نانوگرم در لیتر
NOMs.....	مواد غیر آلی
DBPs.....	محصولات فرعی گندزدایی
MIB.....	متیل ایزوبورنئول
mg/L.....	میلی گرم در لیتر
HAAs.....	اسیدهای هالواستیک

GCDWQ.....رهنمود کیفیت آب آشامیدنی کانادا.....

MCL.....حداکثر میزان آلاینده.....

MCLG.....حداکثر میزان آلاینده هدف.....

DAF.....شناورسازی با هوای محلول.....

NF.....فیلتراسیون نانو.....

RO.....اسمز معکوس.....

MF.....میکروفیلتراسیون.....

UF.....اولترافیلتراسیون.....

UV.....ماوراء بنفش.....

TOC.....کل کربن آلی.....

m<sup>2</sup>/g.....مترمربع در گرم.....

EBCT.....زمان تماس بستر خالی.....

SPME.....میکرو استخراج فاز جامد.....

LOD.....پایین ترین حد تشخیص.....

C/min.....سانتیگراد در دقیقه.....

IDW.....وزن دهی فاصله ای معکوس.....

GIS.....سیستم اطلاعات جغرافیایی.....

MCLG.....حداکثر غلظت بدون اثر بهداشتی.....