

## دارای رتبه علمی-پژوهشی از کمیسیون نشریات علوم پزشکی کشور

### تجزیه پرکلرواتیلن توسط اکسیداسیون شیمیایی و تعیین محصولات میانی با کروماتوگرافی گازی، اسپکترومتری جرمی

#### چکیده

**زمینه و هدف:** پرکلرواتیلن یک هیدروکربن کلرینه است که به عنوان حلال در بسیاری از فرایندهای صنعتی استفاده می شود. در آب ها و خاک های آلوده پرکلرواتیلن به بیشترین مقدار یافت می شود. این مطالعه با هدف تعیین میزان تجزیه پرکلرواتیلن پس از اکسیداسیون پیشرفته و تعیین محصولات میانی انجام گردید.

**روش بررسی:** مطالعه به صورت توصیفی تحلیلی با بررسی مداخله ای انجام شد. جهت تعیین غلظت پرکلرواتیلن از دستگاه گاز کروماتوگرافی و جهت تعیین محصولات میانی از دستگاه گاز کروماتوگرافی- اسپکترومتری جرمی استفاده شد. اکسیداسیون شیمیایی شامل امواج اولتراسونیک، اشعه فرابنفش و پراکسید هیدروژن بود. این بررسی در سال ۱۳۹۰ در دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام شد.

**یافته ها:** پرکلرواتیلن به طور موثر توسط فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته تجزیه شد. در این فرایندها سرعت واکنش از معادله درجه اول پیروی می کرد و میزان تجزیه متناسب با غلظت بود. میزان تجزیه در غلظت های بالاتر پراکسید هیدروژن بیشتر و میزان حذف در pH اسیدی بالاتر بود. محصولات میانی شکل گرفته پس از تجزیه شامل تری کلرواتیلن، دی کلرواتیلن، تری کلرواستیک اسید، دی کلرواستیک اسید و کلرواستیک اسید بود.

**نتیجه گیری:** سمیت محلول محصولات حاصله از تخریب پرکلرواتیلن در مقایسه با سمیت اولیه پرکلرواتیلن اگر چه کمتر است، اما جهت تخریب کامل ترکیبات بینابینی و جلوگیری از اثرات سوء آنها بر محیط زیست و همچنین سلامتی انسان، طولانی کردن زمان فرایندها ضروری به نظر می رسد.

**واژه های کلیدی:** پرکلرواتیلن، اولتراسونیک، فرابنفش، پراکسید هیدروژن، گاز کروماتوگرافی، اسپکترومتری جرمی

#### مهدی صادقی

استادیار مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران

#### کاظم ندافی

استاد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران

#### رامین نبی زاده

استاد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران

#### نویسنده مسئول: مهدی صادقی

پست الکترونیک: mahdikargar1@gmail.com

تلفن: ۰۹۱۱۲۷۷۱۱۹۷

آدرس: مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران

دریافت: ۹۲/۶/۹

ویرایش پایانی: ۹۲/۱۲/۱۶

پذیرش: ۹۲/۱۲/۱۷

#### آدرس مقاله:

صادقی م، ندافی ک، نبی زاده ر "تجزیه پرکلرواتیلن توسط اکسیداسیون شیمیایی و تعیین محصولات میانی با کروماتوگرافی گازی، اسپکترومتری جرمی" مجله علوم آزمایشگاهی، تابستان ۱۳۹۳، دوره هشتم (شماره ۲): ۱۴-۱۹

در حال حاضر با توجه به گسترش روزافزون صنایع پتروشیمی به ویژه بر پایه مواد نفتی نیاز به فرآورده های نفتی بیشتر شده است. در بین محصولات پتروشیمی تتراکلرواتیلن یا پرکلرواتیلن (کربن دی کلراید یا پرک) با فرمول شیمیایی  $C_2Cl_4$  به عنوان حلال در بسیاری از فرایندهای خدماتی و صنعتی از جمله خشک شویی ها و صنایع خودروسازی به عنوان چربی زدا استفاده می شود (۲،۱). در آب ها و خاک های آلوده شده به محصولات هیدروکربن کلرینه، تتراکلرواتیلن و تری کلرواتیلن به بیشترین مقدار یافت می شود. این مواد می تواند از طریق بی هوازی کلرزدایی شوند و تبدیل به دی کلرواتیلن و وینیل کلراید شود که این ترکیبات سرطان زا هستند. بنابراین تکنولوژی موثر باید جهت حذف این آلاینده ها از آب و خاک مورد بررسی قرار گیرد (۴،۳). مهمترین اثرات بهداشتی پرکلرواتیلن بر انسان تاثیر روی سیستم عصبی مرکزی و اثر بر کلیه و ریه ها در تماس حاد و مزمن می باشد. همچنین می تواند ریسک ابتلا به سرطان های ریه، کلیه، مثانه، مری، پانکراس و سرطان دهانه رحم را افزایش دهد. موسسه بین المللی تحقیقات سرطان، پرکلرواتیلن را جزء گروه A2 و سرطان زای محتمل تقسیم بندی می کند (۶،۵). مطالعات متعددی در خصوص بررسی تجزیه ترکیبات آلاینده و سمی از جمله فنل، رنگ ها، ترکیبات آلی فرار مثل تری کلرواتیلن توسط روش های اکسیداسیون پیشرفته انجام شده است اما بر روی پرکلرواتیلن به صورت اکسیداسیون پیشرفته مطالعه ای انجام نشده است (۱،۲). برای جلوگیری از اثرات پرکلرواتیلن بر روی سلامتی افراد لازم است که این ماده طبق فرایندهای مختلف تجزیه و به ترکیبات ساده تر تبدیل شود. هدف این مطالعه تصفیه این ماده توسط فرایندهای اکسیداسیون و تعیین محصولات میانی توسط کروماتوگرافی گازی و اسپکترومتری جرمی و همچنین تنظیم روش اندازه گیری پرکلرواتیلن بود.

### روش بررسی

جهت تعیین غلظت پرکلرواتیلن پس از راکتورهای اکسیداسیون پیشرفته از دستگاه گاز کروماتوگرافی مدل

Varian CP-3800 و دتکتور FID با دمای ۲۵۰ درجه سانتیگراد استفاده شد. ستون مورد استفاده CP-sil&CB Capillary Column (30m, 0.32 mm id, 0.25  $\mu$ m Film Thickness) بود. دمای انژکتور ۱۵۰ درجه سانتیگراد و دمای اولیه اون ۳۵ درجه سانتی گراد بود. جهت اندازه گیری پرکلرواتیلن ۵ میلی لیتر نمونه از خروجی راکتورها گرفته شده و در لوله های ۱۰ میلی لیتری با روش فضای بالای، پس از انجام برنامه دمایی (جدول ۱) به دستگاه تزریق و غلظت پرکلرواتیلن تعیین گردید. جهت تعیین ترکیبات میانی حاصل از فرایندهای مختلف اکسیداسیون شیمیایی از دستگاه گاز کروماتوگرافی، اسپکترومتری جرمی مدل Varian CP-3800/Saturn 2200 استفاده شد. ستون مورد استفاده DB-5 Capillary Column (60m, 0.25 mm id, 0.25  $\mu$ m Film Thickness) بود. جهت اندازه گیری محصولات میانی حاصل از تجزیه پرکلرواتیلن، ۵ میلی لیتر نمونه از خروجی راکتورها گرفته شد و در لوله های ۱۰ میلی لیتر با روش فضای بالای، پس از انجام برنامه دمایی (جدول ۱) به دستگاه تزریق و نوع محصولات میانی تعیین گردید. یافته ها توسط نرم افزار Excel جهت تعیین ضریب سرعت و درجه واکنش و SPSS جهت تعیین بازده، میانگین حذف و مقایسه راکتورهای مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

### یافته ها

میزان حذف در راکتور اولتراسونیک و تابش فرابنفش معمولاً در pH اسیدی بالاتر بود. همچنین با توجه به ثابت سرعت واکنش مشخص شد که در این فرایند سرعت واکنش از معادله درجه اول پیروی می کند. با توجه به نتایج غلظت اولیه آلاینده در فرایند فتولیز تاثیر قابل ملاحظه ای بر بازده حذف پرکلرواتیلن داشت. در فرایند اولتراسونیک به دلیل فرار بودن ماده و مکانیسم حذف از طریق پیرولیز در غلظت بالاتر حذف بیشتر بود (جدول ۲). میزان حذف در فرایند تلفیقی تابش فرابنفش و پراکسید هیدروژن با افزایش غلظت پراکسید هیدروژن بیشتر شد. این فرایند نسبت به فرایند تلفیقی اولتراسونیک و تابش فرابنفش محدوده C

بازدهی بالاتری داشت (جدول ۳). میزان تجزیه در غلظت های بالاتر پراکسید هیدروژن بیشتر است. این فرایند بیشترین بازدهی حذف را داشت. افزودن پراکسید هیدروژن طوری که میزان بازده در هر کدام از موارد ذکر شده به تنهایی پایین بود.

جدول ۱- برنامه دمایی برای تعیین غلظت پرکلرواتیلن و نوع محصولات میانی

دستگاه	برنامه کاری و دمایی
گاز کروماتوگرافی	برنامه دمایی: نمونه برای ۱ دقیقه نگه داشته می شد و سپس به ۱۰۰ درجه سانتیگراد به میزان ۱۶ درجه در دقیقه افزایش می یافت و به مدت ۵ دقیقه نگه داشته می شد ، سپس به دستگاه تزریق می شد. میزان جریان ورودی: ورودی به صورت ۲۰ درصد Split بهره برداری شد. گاز حامل: از گاز هلیوم ۹۹/۹۹۹ درصد به میزان ۱/۳ میلی لیتر در دقیقه استفاده شد.
گاز کروماتوگرافی - اسپکترومتری جرمی	برنامه دمایی: دمای انژکتور ۲۰۰ درجه سانتی گراد، دمای اولیه اون ۴۰ درجه سانتی گراد (به مدت ۷ دقیقه نگه داشته می شد) ، با سرعت ۵ درجه سانتیگراد در دقیقه به ۱۸۰ درجه سانتیگراد رسانده و ۱ دقیقه نگه داشته می شد و آنگاه با سرعت ۱۵ درجه سانتیگراد در دقیقه به ۲۵۰ درجه سانتی گراد رسانده می شد. میزان جریان: ۱ میلی لیتر بر دقیقه ورودی در شرایط Splitless بهره برداری شد. گاز حامل: از گاز هلیوم ۹۹/۹۹۹ درصد به میزان ۱/۵ میلی لیتر در دقیقه استفاده شد.

جدول ۲- میانگین بازدهی تجزیه پرکلرواتیلن در pH های مختلف در راکتورهای اکسیداسیون شیمیایی

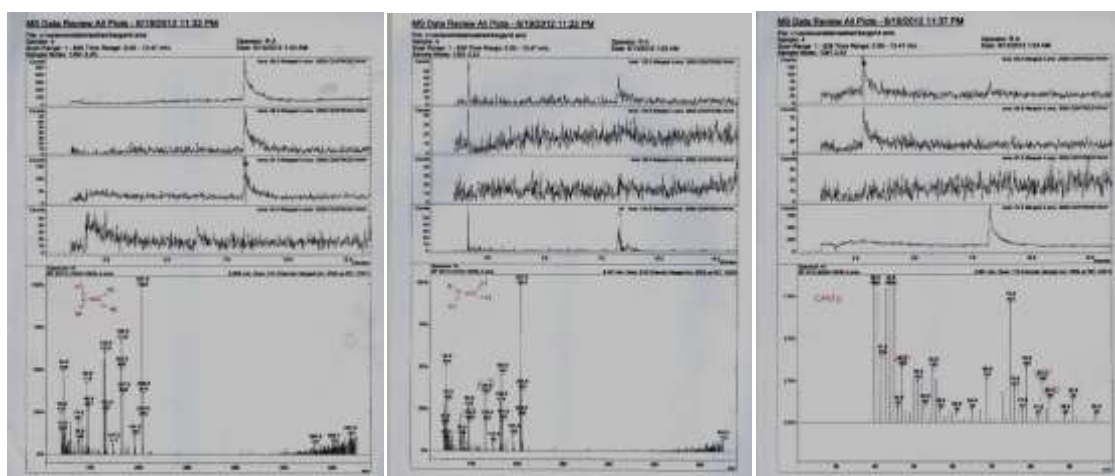
درجه واکنش	R <sup>2</sup>	K (1/min)	میانگین بازدهی (درصد)	pH	غلظت (mg/L)
اول	۰/۹۹۳	۰/۰۱۹۴	۸۸/۸۵	۹	۱۰
اول	۰/۹۹۲	۰/۰۲۲۱	۹۱/۳۶	۷	۱۰
اول	۰/۹۹۴	۰/۰۲۱۵	۹۱/۸۹	۵	۱۰
اول	۰/۹۷۶	۰/۰۳۵۰	۹۲/۹۷	۹	۳
اول	۰/۹۷۷	۰/۰۵۱۸	۸۸/۰۵۷	۷	۳
اول	۰/۹۷۹	۰/۰۵۴۵	۸۶/۶۷	۵	۳
اول	۰/۹۸۲	۰/۰۳۷۶	۷۱/۲۴	۹	۰/۳
اول	۰/۹۶۲	۰/۰۳۳۹	۸۱/۳۸	۷	۰/۳
اول	۰/۹۷۳	۰/۰۳۹۳	۸۲/۰۵	۵	۰/۳

هیدروژن به تنهایی ترکیبات بینابینی تشکیل شده شامل تری کلرواتیلن، دی کلرواتیلن، فسژن، تری کلرواستالدئید بود ولی در فرایندهای تلفیقی (سه فرایند باهم) ترکیبات بینابینی تشکیل شده شامل تری کلرواتیلن، دی کلرواتیلن، فسژن، کلروفرم، تری کلرواستالدئید، دی کلرواستالدئید، کلرواستالدئید بود.

فرایندهای اکسیداسیون شیمیایی باعث تجزیه و کلرزدایی پرکلرواتیلن (یک ترکیب با چهار کلر می باشد و به صورت بیولوژیکی در فرایندهای هوازی تجزیه نمی شود) به ترکیبات ساده تر و قابل تجزیه بیولوژیکی شد. در فرایندهای اولتراسونیک ، پرتو فرابنفش و پراکسید به سیستم فتولیز اثر هم افزایی بر حذف پرکلرواتیلن داشت. به

جدول ۳- میانگین بازدهی و درجه کینتیکی تجزیه پرکلرواتیلن در pH های مختلف در راکتور UVA/UVC/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

میانگین بازدهی (درصد)						pH	غلظت (mg/L)
راکتور اولتراسونیک، فرابنفش C و پراکسید هیدروژن			راکتور UVA/UVC/ H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>				
100mg/L H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	50mg/L H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	10mg/L با H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	100mg/L H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	50mg/L H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	10mg/L با H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		
۹۴/۰۵	۸۸/۹۷	۸۱/۹۷	۸۴/۶۳	۸۱/۹۸	۷۱/۷۸	۹	۱۰
۹۶/۸۴	۸۹/۵۹	۸۳/۷۹	۸۹/۰۲	۸۵/۶۳	۷۷/۳۷	۷	۱۰
۹۷/۰۶	۹۳/۷۷	۸۵/۷۹	۹۱/۱	۸۶/۷۸	۷۷/۵۳	۵	۱۰
۷۹/۰۸	۷۹/۲	۶۵	۸۳/۵۶	۸۱/۲۲	۷۷/۶۴	۹	۳
۹۴/۱۶	۸۷/۸۴	۶۷/۸۳	۸۵/۵	۸۱/۶۵	۷۹/۳۹	۷	۳
۹۴/۶	۸۸/۹	۷۱/۹۸	۸۶/۷۱	۸۴/۵۶	۷۷/۵۳	۵	۳
۸۲/۲۸	۷۸/۳۳	۶۳/۵۸	۸۱/۵۶	۷۶/۲۲	۶۴/۷۶	۹	-۰/۳
۸۵/۵	۸۳/۰۹	۷۲/۵۲	۸۶/۱۹	۸۴/۶۲	۷۴/۵۷	۷	-۰/۳
۸۷/۹۵	۸۵/۳۸	۷۸/۵۲	۸۷/۷۵	۸۶/۱۰	۷۷/۲۲	۵	-۰/۳



(ج)

(ب)

(الف)

شکل ۱- کروماتوگرام مربوط به ترکیبات میانی شامل کلروفرم (الف)، تری کلرواتیلن (ب) و دی کلرواتیلن (ج)

## بحث

سال ۲۰۰۳، Jiang و همکاران در سال ۲۰۰۲ مطابق دارد. در این مطالعات که بر روی ترکیبات آروماتیک کلرینه انجام شده بود مشخص شد که میزان تجزیه در فرایندهای اولتراسونیک و تابش فرابنفش از واکنش درجه اول پیروی می کند (۷، ۸). همچنین با توجه به جداول فوق غلظت اولیه آلاننده در فرایند فتولیز تاثیر قابل ملاحظه ای بر بازده حذف پرکلرواتیلن داشت. در فرایند اولتراسونیک به دلیل فرار بودن ماده و مکانیسم حذف از طریق پیرولیز در غلظت بالاتر حذف بیشتر بود. کاربرد هر کدام از راکتورهای اکسیداسیون شیمیایی به تنهایی قادر به تامین استانداردهای محیط زیست نبود اما کاربرد راکتورها به طور همزمان قادر به تامین استانداردها بود. نتایج این مطالعه در راکتورهای اکسیداسیون شیمیایی مشابه با مطالعات انجام شده بر روی

میانگین درصد حذف پرکلرواتیلن در فرایند تلفیقی اولتراسونیک، فرابنفش C و پراکسید هیدروژن بیشتر از بقیه فرایندهاست. همچنین میزان حذف در pH اسیدی و غلظت ۱۰۰ mg/L پراکسید هیدروژن بیشتر است. با توجه به این نتایج مشخص شد که غلظت های بالای پراکسید هیدروژن دارای تاثیر بیشتری در بازده حذف است و این به دلیل تولید بیشتر رادیکال های هیدروکسیل است. این فرایند در مدت زمان ۶۰ دقیقه و pH برابر ۷ و ۵ در هر سه غلظت پرکلرواتیلن و هر سه غلظت پراکسید هیدروژن ۱۰۰ درصد حذف را داشته است. ثابت های سرعت واکنش، نرخ تجزیه و درجه واکنش نشان داد که میزان تجزیه متناسب با غلظت است و هر چه غلظت آلاننده بیشتر باشد میزان حذف بیشتر خواهد بود. این نتایج با مطالعات Visscher و همکاران در

طریق هوازی تجزیه شده و به دی اکسید کربن و آب و یون کلر تبدیل شوند که این کار توسط بعضی از باکتری های هوازی که حاوی پهنه سوبسترای ویژه اکسیژناز هستند انجام می شود(۴).

### نتیجه گیری

سمیت محلول محصولات حاصله از تخریب پرکلرواتیلن در مقایسه با سمیت اولیه پرکلرواتیلن اگر چه کمتر است، اما جهت تخریب کامل ترکیبات بینابینی و جلوگیری از اثرات سوء آنها بر محیط زیست و همچنین سلامتی انسان، طولانی کردن زمان فرایندها ضروری به نظر می رسد.

### تشکر و قدردانی

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی تهران جهت تصویب طرح با کد ۱۳۴۲۸ و مساعدت انجام این طرح پژوهشی قدردانی می گردد.

### References

1. Kargar M, Nadafi K, Nabizadeh R, Nasseri S, Mesdaghinia A, Mahvi AH, et al. *Survey of Hazardous Organic Compounds in the Groundwater, Air and Wastewater Effluents Near the Tehran Automobile Industry*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2013; 90(2): 155-159.
2. Kargar M, Nadafi K, Nabizadeh R, Nasseri S, Mesdaghinia A, Mahvi AH, et al. *Modeling perchloroethylene degradation under ultrasonic irradiation and photochemical oxidation in aqueous solution*. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering. 2012; 9(1): 32. doi: 10.1186/1735-2746-9-32.
3. Naffrechoux E, Chanoux S, Petrier C, Supti IJ. *Sonochemical and photochemical oxidation of organic matter*. Ultrasonics Sonochemistry. 2000; 7(4): 255-259.
4. Wu W, Kitagawa M, Taniguchi S, Jain MK. *Anaerobic Dechlorination of Perchloroethylene (PCE) in Soil by a Dechlorinating Microbial Consortium*. Journal of Fermentation and Bioengineering. 1998; 86(6): 588-94.
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). *Toxicological Profile for Lead*. US Department of Health and Human Services Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2007.
6. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark. *Air Quality Guidelines*. 2<sup>nd</sup> ed. WHO Regional Publications, European Series, No. 91. 2000; 1-14.
7. De Visscher A, Van Eenoo P, Drijvers D, Van Langenhove H. *Kinetic Model for the Sonochemical*

مواد آلی مختلف بود(۹-۱۳). محصولات میانی تولید شده مشخص می کند که طی فرایند اکسیداسیون پیشرفته کلرزدایی از ترکیب پرکلرواتیلن انجام می شود و به ترکیباتی با کلر کمتر و هیدروژن بیشتر مثل تری کلرواتیلن، دی کلرواتیلن و تری کلرواستالدئید، دی کلرواستالدئید و کلرواستالدئید تبدیل شد. این ترکیبات سمیت کمتری نسبت به پرکلرواتیلن دارد و می تواند توسط فرایندهای بیولوژیکی توسط باکتری ها مورد تجزیه قرار گیرد و منجر به آلودگی زیست محیطی نشود. همچنین طی فرایندهای هیبریدی (تلفیقی) میزان تجزیه پرکلرواتیلن بیشتر بود و به ترکیبات ساده تر تبدیل شد. طبق مطالعه ای که توسط Wu و همکاران بر روی تجزیه بیولوژیک پرکلرواتیلن انجام شد مشخص شد که پرکلرواتیلن نمی تواند توسط میکروارگانسیم ها تحت شرایط هوازی تجزیه شود، اما تری کلرواتیلن، دی کلرواتیلن و تری کلرواستالدئید می تواند از

- Degradation of Monocyclic Aromatic Compounds in Aqueous Solution*. The Journal of Physical Chemistry. 1996; 100(3): 11636-11642.
8. Jiang Y, Petrier C, David Waite T. *Kinetics and mechanisms of ultrasonic degradation of volatile chlorinated aromatics in aqueous solutions*. Ultrasonics Sonochemistry. 2002; 9(6): 317-323.
  9. Lee SW, Kim SM, Choi J. *Genotoxicity and ecotoxicity assays using the freshwater crustacean Daphnia magna and the larva of the aquatic midge Chironomus riparius to screen the ecological risks of nanoparticle exposure*. Environmental Toxicology and Pharmacology. 2009; 28(1): 86-91.
  10. Mahvi AH, Ghanbarian M, Nadafi K, Mahmoudi NM. *Investigation of the Toxicity Reduction in Reactive Dye Solution and Real Textile Wastewater by Nanophotocatalysis Process Using Daphnia Magna*. Journal of Color Science and Technology. 2008; 1(2): 91-96.
  11. Maleki A, Mahvi AH, Naddafi K. *Bioassay of Phenol and its Intermediate Products Using Daphnia magna*. Water and Wastewater. 2007; 66: 19-21. [Persian]
  12. Mahmoodi NM, Arami M. *Degradation and toxicity reduction of textile wastewater using immobilized titania nanophotocatalysis*. Journal of Photochemistry and Photobiology B. 2009; 94(1): 20-24.
  13. Guittonneau D, De Laat J, Dore M, Duguet JP, Bonnel C. *Photo-oxidation of volatile chlorinated hydrocarbons in aqueous solution in presence of hydrogen peroxide*. Rev Sci Eau. 1988; 1(1): 35-54.

## Perchloroethylene Analysis by Chemical Oxidation and Determination of Intermediate Products by Gas Chromatography, Mass Spectrometry

### Sadeghi, M. (PhD)

Assistant Professor of Environmental Health Engineering, Environmental Health Research Center, School of Public Health, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran

### Naddafi, K. (PhD)

Professor of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

### Nabizadeh, R. (PhD)

Professor of Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

**Corresponding Author:** Sadeghi, M.

**Email:** mahdikargar1@gmail.com

Received: 31 Aug 2013

Revised: 7 Mar 2013

Accepted: 8 Mar 2013

### Abstract

**Background and Objective:** Perchloroethylene (PCE) is a chlorinated hydrocarbon used as a solvent in many industrial processes. In contaminated water and soil a great deal of PCE is found. This study aimed to determine the rate of decomposition of PCE occurred after advanced oxidation.

**Material and Methods:** In this descriptive-analytic study conducted (2011) in public health faculty of Tehran University of medical sciences, gas chromatographic was used to measure PCE and gas chromatography - mass spectrometry for intermediate products. Chemical oxidation involves ultrasonic waves, ultraviolet light and hydrogen peroxide.

**Results:** PCE was effectively decomposed by advanced oxidation processes. In these processes, the reaction rate was based on the equation of the first order and the rate of decomposition was proportional to the concentration. The higher was hydrogen peroxide, the more was decomposition, and the removal rate was higher at acidic PH. The intermediate products formed in the oxidation process were trichlorethylene, dihlourethylene, trichloroacetic acid, dichloroacetic acid and chloroacetic acid.

**Conclusion:** The toxicity of intermediate products formed by degradation of Perchloroethylene compared to its initial toxicity is low. But it is a necessity to elongate the processes for having complete destruction of intermediate compounds and preventing from their adverse effects on the environment and human health.

**Keywords:** Perchloroethylene, Ultrasonic, Ultraviolet, Hydrogen Peroxide, Gas Chromatography, Mass Spectrometry