

## امکان حذف MTBE از طریق تصفیه آب در نقطه مصرف به کمک کربن فعال دانه ای از نوع ایرانی

**دکتر علیرضا مصداقی نیا:** استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

**حشمت اله نورمادی:** دانشجو دوره کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران - نویسنده رابط: [ilam\\_nourmoradi@yahoo.com](mailto:ilam_nourmoradi@yahoo.com)

**دکتر فروغ واعظی:** دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران  
**دکتر سیمین ناصری:** استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

**دکتر رامین نبی زاده:** استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران  
**دکتر محمود علی محمدی:** کارشناس، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

**مهندس شاهرخ نظم آر:** کارشناس، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

دریافت: ۱۳۸۶/۹/۱۴ پذیرش: ۱۳۸۷/۴/۱۸

### چکیده

**زمینه و هدف:** متیل ترشیری بوتیل اتر (MTBE) یک ماده اکسیژن دار افزودنی به سوخت می باشد که به عنوان جایگزین ترا اتیل سرب جهت کاهش آلاینده های خروجی از آگروز اتومبیل ها استفاده می شود. این ماده شیمیایی آلی در آبهای مناطقی که ریخت و پاش بنزین در آنها صورت می گیرد به وضوح دیده می شود. این تحقیق با هدف امکان بررسی حذف MTBE از آب آشامیدنی در نقطه مصرف با استفاده از فرایند جذب به کمک کربن فعال دانه ای ایرانی انجام گرفته است. روش کار: از بستر کربن فعال دانه ای ایرانی جهت حذف MTBE از آب آشامیدنی در نقطه مصرف استفاده شده است. غلظت های تهیه شده از MTBE در آب که به صورت مصنوعی ساخته شده است ۵۰ ppb و ۱۰۰ ppb می باشد. همچنین اثر کلروفورم در غلظت ۱۰۰ ppb و کلر باقیمانده در دو غلظت ۰/۲ و ۰/۵ میلی گرم بر لیتر بر حذف MTBE از آب مورد بررسی قرار گرفت.

**نتایج:** ستون فوق قادر است ۳۷۵ لیتر آب حاوی MTBE با غلظت ۵۰ ppb، کلروفورم ۱۰۰ ppb و کلر باقیمانده ۰/۲ ppm را تصفیه نماید در صورتی که میزان کلر باقیمانده به ۰/۵ ppm افزایش یابد، میزان آب تصفیه شده برابر ۳۳۵ لیتر می باشد. همچنین ستون قادر است ۱۹۵ لیتر آب حاوی MTBE با غلظت ۱۰۰ ppb، کلروفورم ۱۰۰ ppb و کلر باقیمانده ۰/۲ ppm را در حالتی که میزان MTBE خروجی کمتر از استاندارد مورد نظر است، تصفیه نماید.

**نتیجه گیری:** در این تحقیق مشخص شد که کلر باقیمانده و کلروفورم باعث اشغال محل های فعال کربن و در نتیجه کاهش ظرفیت جذب MTBE میگردد. علاوه بر این تمایل کربن فعال در جذب کلر باقیمانده و کلروفورم بیشتر از MTBE می باشد.

**واژگان کلیدی:** متیل ترشیری بوتیل اتر، آب آشامیدنی، کربن فعال ایرانی، تصفیه آب در نقطه مصرف، کلروفورم،

کلر باقیمانده

## مقدمه

در اصلاحیه قانون هوای پاک در سال ۱۹۹۰، جهت بهبود فرایند احتراق (به منظور کاهش میزان مونوکسید کربن خروجی از آگروز اتومبیل ها) از بنزین تجدید فرمول شده (RFG) استفاده گردید. در این نوع بنزین از یک ماده اکسیژنه بجای تترا اتیل سرب استفاده می شود (Zhang et al. 1998). MTBE (متیل ترشیری بوتیل اتر)، با فرمول مولکولی  $C_5H_{12}O$ ، یک ماده افزودنی به بنزین است که بجای تترا اتیل سرب به عنوان یک عامل ضد ضربه (Anti knocking) مورد استفاده قرار می گیرد (Keller et al. 1998). این ماده برای اولین بار در اواخر دهه ۱۹۷۰ در ایالت متحده آمریکا به میزان ۱۵ درصد حجمی به بنزین اضافه گردید و تاکنون به دلیل ملاحظات اقتصادی و خصوصیات مناسب آن در اختلاط با بنزین مصرف زیادی داشته است (Shih et al. 2003). در سال ۱۹۹۸ در ایالت متحده آمریکا این ماده به عنوان چهارمین ماده آلی تولیدی و دومین آلاینده پس از کلروفرم به حساب می آمد (Hand 1998). انسان از سه طریق گوارشی، پوستی و تنفسی می تواند در معرض MTBE قرار گیرد. تماس با این ماده سبب بروز اثرات حاد و مزمن می گردد. واکنشهای سیستم عصبی و علائمی از قبیل سرگیجه، عدم تمرکز حواس، تهوع و فراموشی در اثر مواجهه با این ترکیب گزارش شده است. همچنین در اثر متابولیزه شدن MTBE در بدن، ترکیباتی مانند ترشیری بوتیل الکل (TBA) و فرم آلدهید تولید می شود که بر طبق اعلام موسسه بین المللی بررسی سرطان (IARC) فرم آلدهید جزء مواد سرطانزا برای انسان می باشد (Zogorski 1997). MTBE عموماً از طریق نشت مخازن ذخیره سازی روزمینی و زیرزمینی سوخت، خطوط انتقال سوخت، شناورهای آبی، ریخت و پاش بنزین در جایگاههای سوخت گیری و تصادفات اتومبیل ها وارد آبهای سطحی و زیرزمینی می گردد (علی محمدی ۱۳۸۴). استفاده گسترده از این ماده و همچنین

خصوصیات فیزیکی - شیمیایی آن باعث شده است که در آبهای سطحی و زیرزمینی بسیاری از ایالت های آمریکا وجود داشته باشد (Squillance et al. 1996). حذف این ماده از آب به دلیل حلالیت بالا در آب (۴۳-۵۴ گرم بر لیتر)، ضریب هنری پایین (۰/۱۲-۰/۲۳) و همچنین مقاوم بودن در برابر تجزیه زیست شناختی در شرایط معمول، بسیار مشکل است (Carter et al. 2006). MTBE به خوبی جذب خاک نمی شود، همین عامل باعث شده است که به راحتی در خاک نفوذ کرده، وارد آبهای زیرزمینی گردد (Ellen and Ramaswami 2001). تمام خصوصیات فوق باعث شده است که حذف MTBE از آب عملی بسیار مشکل و پرهزینه باشد (Sutherland et al. 2004). جذب توسط کربن فعال، زدایش توسط هوا و فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته، متداول ترین فرایندهای تصفیه جهت حذف MTBE از آب می باشند. میزان هزینه و کارایی حذف MTBE بوسیله هر کدام از روشهای فوق تحت تاثیر خصوصیات کیفی آب (مانند مواد آلی، قلیائیت) و شاخصهای دیگر (مانند میزان دبی، هدف از تصفیه) قرار دارد (Speth and Miltner 1990). MTBE به دلیل حلالیت بالایی که در آب دارد به راحتی از طریق زدایش بوسیله هوا حذف نمی گردد (Shih et al. 2003). فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته جهت حذف MTBE آب کاملاً موثر هستند، اما ممکن است منجر به تولید محصولات جانبی مانند بروماتها و مواد آلی قابل تجزیه شود و علاوه بر این، هزینه این روش ها بسیار گران تمام خواهد شد (Shih et al. 2003). جذب توسط کربن فعال روش ثابت شده ای است که برای تصفیه آبهای حاوی طعم و بو و مواد مصنوعی بسیار مناسب است (Squillance et al. 1998). طبق تحقیقات انجام گرفته، ثابت شده است که کربن فعال مشتق شده از پوست نارگیل، دارای بالاترین ظرفیت جذب جهت حذف MTBE از آب آشامیدنی می باشد (Shih et al. 2003). USEPA در سال ۱۹۹۸ حداکثر غلظت مجاز MTBE در آب آشامیدنی را بر اساس طعم و بو

سازنده پشت سر گذاشته است. کربن مورد استفاده ابتدا توسط آب مقطر شسته شده و پس از ۲۴ ساعت نگهداری در آب مقطر، مجدداً توسط آب مقطر شستشوی نهایی گردید. سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد توسط فور خشک گردید.

- آماده سازی محلولها: محلول MTBE مورد استفاده در این تحقیق ساخت شرکت Merck آلمان می باشد که درجه خلوص آن ۹۹٪ > است. ساخت محلولهای مورد نظر MTBE به صورت سری از یک محلول استوک اولیه صورت گرفته است. محلول کلروفرم مورد استفاده ساخت شرکت Fluka می باشد که درجه خلوص آن ۹۹/۸٪ > است. محلول استوک کلر باقیمانده نیز از طریق پودر پرکلرین ساخته شد و در ابتدا ناخالصیهای آن با عبور از کاغذ صافی جدا گردید. لازم به ذکر است که جهت به حداقل رساندن خطا تمامی محلولهای مورد نیاز برای آزمایش به روش سری از محلول استوک اولیه ساخته شده است.

- روشهای آنالیز: برای آنالیز نمونه های MTBE از دستگاه کروماتوگرافی گازی (مدل ۳۸۰۰) ساخت شرکت Varian که مجهز به آشکارساز شعله ای (FID) و ستون مویینه (۱/۴ μm، Select ۶۲۴ CB، ID Coating CP- ۳۰ m × ۰/۲۵ mm) بود، استفاده گردید. ابتدا دستگاه GC توسط محلولهای حاوی MTBE به میزان ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ ppb کالیبره شد، سپس نمونه های داخل بطریها که در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری می شدند در داخل دستگاه قرار گرفته و به مدت ۵ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد و با سرعت ۵۰۰ rpm انکوبه می شوند و در دمای ۱۴۰ درجه سانتیگراد و به روش Headspace از بخار تولیدی در فضای فوقانی بطریها با میزان دبی ۲۵۰ μL/s به داخل دستگاه GC به صورت خودکار تزریق می گردد. گاز حامل دستگاه، هلیوم می باشد که میزان دبی آن ۳۰ mL/min و میزان دبی هوا ۳۰۰ mL/min می باشد. جهت پردازش داده های جمع آوری شده از نرم افزار Varian Star 6 استفاده

۴۰-۲۰ μg/L اعلام کرده است که این میزان ۱۰۰۰۰۰ - ۲۰۰۰۰ بار کمتر از مقداری است که باعث اثرات سرطانی و غیر سرطانی در موشها می گردد (EPA 1997).

با توجه به اینکه این ماده در غلظت کم از نظر تولید طعم، بو و مشکلات بهداشتی مساله ساز است و تلاش برای حذف آن در تصفیه خانه ها معمولاً کارگشا نیست، این تحقیق با هدف امکان بررسی حذف MTBE از آب آشامیدنی در نقطه مصرف با استفاده از فرایند جذب به کمک کربن فعال دانه ای ایرانی ( مشتق شده از پوست گردو انجام گرفته است.

## روش کار

- آماده سازی پایلوت: این تحقیق در مقیاس پایلوت انجام گرفت. در این مرحله، از ستون جذب بستر ثابت با قطر ۴ سانتی متر، ارتفاع ۴۰ سانتی متر و حجم ۵۰۰ میلی لیتر حاوی کربن فعال دانه ای استفاده گردید. جهت جریان رو به بالا و آب با دبی ۶ لیتر بر ساعت توسط یک Dosing pump به داخل ستون تزریق گردید. تحت این شرایط زمان تماس بستر خالی (EBCT) حدود پنج دقیقه بوده است که در محدوده زمانی مجاز برای تصفیه آب می باشد. آب مورد استفاده در این تحقیق به صورت آب مقطر که pH آن ۶/۸-۶/۵، سختی کل صفر و هدایت الکتریکی کمتر از ۵ میکرو زیمنس بر سانتی متر می باشد. عمل نمونه برداری برای MTBE و کلروفرم به ازای هر ۲۰ لیتر آب عبوری از ستون انجام گردید که حجم نمونه برداشت شده ۵ میلی لیتر بود که در بطریهای مخصوص که حجم آن ۱۰ میلی لیتر می باشد، وارد گردید. کربن فعال مورد استفاده در این تحقیق ساخت کشور ( محصول شرکت شیمی پژوهان) و از جنس پوست گردو می باشد. جرم کربن وارد شده در ستون ۲۷۰ گرم، اندازه آن ۱/۵-۱ میلی متر، دانسیته آن ۰/۵۴ گرم بر سانتی متر مکعب، عدد یدی ۶۵۰ و ارتفاع مفید بستر کربن ۳۰ سانتیمتر می باشد. این محصول سه مرحله دهیدراسیون، کربنیزاسیون و فعال سازی را در کارخانه

میکروگرم MTBE به ازای هر گرم کربن می باشد. ستون فوق قادر است در این شرایط ۵۰۰ لیتر آب را از نظر کلروفورم (به عنوان شاخص THMs) تصفیه نماید. نمودار ۲ به منظور نشان دادن اثر کلر باقیمانده بر جذب MTBE و کلروفورم تنها غلظت کلر باقیمانده افزایش یافته است (۰/۵). در این حالت حجم آب عبوری از ستون در این شرایط تا رسیدن به استاندارد MTBE در آب آشامیدنی برابر ۳۳۵ لیتر می باشد که ظرفیت جذب کربن در این حالت برای MTBE برابر ۵۶/۶۹ میکروگرم MTBE به ازای هر گرم جاذب می باشد. به منظور نشان دادن اثر غلظت MTBE بر جذب، غلظت MTBE از ۵۰ ppb به ۱۰۰ ppb افزایش یافته است. در حالی که غلظت کلروفورم و کلر باقیمانده به ترتیب برابر ۱۰۰ ppb و ۰/۲ ppm می باشد. حجم آب تصفیه شده در این حالت تا رسیدن به حداکثر غلظت مجاز MTBE برابر ۱۹۵ لیتر می باشد. همچنین در نمودار (۴) نتایج تصفیه آب حاوی MTBE (۱۰۰ ppb)، کلروفورم (۱۰۰ ppb) و کلر باقیمانده ۰/۵ ppm را توسط ستون نشان می دهد. در این حالت حجم آب عبوری تا رسیدن به حداکثر غلظت مجاز MTBE برابر ۱۷۶ لیتر می باشد (ظرفیت جذب کربن در این حالت برابر ۵۸/۹ میکروگرم MTBE به ازای هر گرم جاذب می باشد) و حجم آب عبوری تا رسیدن به حداکثر غلظت مجاز کلروفورم حدود ۳۱۰ لیتر بوده است.

### بحث

معمولا در جذب آلاینده ها در محیطهای آبی، ماده جاذب در تماس با چندین آلاینده قرار می گیرد. در این حالت ظرفیت جذب هر یک از ترکیبات موجود در محلول نسبت به حالتی که تنها یک آلاینده باشد کاهش می یابد. برای ارزیابی کربن فعال در جذب MTBE، مطالعات ایزوترم صورت گرفت و نتایج حاصل از آزمایش نشان می داد که فرآیند جذب از ایزوترم فروندلیچ پیروی می کند. در نمودار ۱ غلظت MTBE از آب خروجی از ستون کربن تا زمانی که حجم آب عبوری به ۳۲۵ لیتر می رسد برابر

می گردد. برای اندازه گیری کلروفورم نیز از دستگاه کروماتوگرافی گازی (مدل ۳۸۰۰) ساخت شرکت Varian که مجهز به آشکارساز شعله ای (FID) و ستون موئینه (WCOT FUSED SILICA 30m × 0.32mm COATING:CP SIL 8CB=0.25µm) بود استفاده شده است.

برای اندازه گیری کلر باقیمانده از روش ۸۰۲۰ دستگاه DR-2000 که روشی ارابه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) و براساس رنگ سنجی عمل می کند، استفاده گردید. برای اندازه گیری کلر باقیمانده توسط این دستگاه که دقت آن ۰/۰۱ میلی گرم بر لیتر می باشد، لازم است ابتدا عمل کالیبراسیون به وسیله آب مقطر در طول موج ۵۳۰ نانومتر صورت گیرد سپس ۲۵ میلی لیتر از نمونه را در ویال مخصوص دستگاه وارد کرده و بعد از اضافه کردن پودر DPD مخصوص، درب آن را بسته و بعد از ۲۰ ثانیه تکان دادن، میزان کلر باقیمانده در طول موج فوق خوانده می شود.

### نتایج

در این تحقیق آب حاوی MTBE و کلروفورم با دبی ثابت ۶ لیتر بر ساعت از ستون کربن فعال عبور داده شد و در فواصل زمانی ثابت (هر سه ساعت) عمل نمونه گیری از خروجی ستون برای MTBE و کلروفورم انجام گرفت. بدین ترتیب منحنی های نقطه شکست برای MTBE و کلروفورم (به عنوان شاخص THMs) بر اساس C/Co در مقابل حجم آب عبوری از ستون (بر حسب لیتر) رسم گردید. در نمودار ۱ نتایج عبور آب حاوی MTBE (۵۰ ppb)، کلروفورم (۱۰۰ ppb) و کلر باقیمانده (۰/۲ ppm) را با دبی ثابت ۶ لیتر بر دقیقه از ستون کربن را نشان می دهد. غلظت MTBE در خروجی ستون کربن تا زمانی که حجم آب عبوری به ۳۲۵ لیتر می رسد برابر صفر می باشد. حجم آب تصفیه شده از نظر MTBE جهت مصارف شرب برابر ۳۷۵ لیتر می باشد. در این حالت ظرفیت جذب کربن برابر ۶۱/۶۲

اشغال محل های فعال کربن و در نتیجه کاهش ظرفیت کربن در جذب MTBE و کلروفورم می گردد، به طوری که میزان آب تصفیه شده از ۱/۴ لیتر در حالت اول به ۱/۲۵ لیتر در حالت دوم کاهش می یابد. طبق مطالعه انجام شده توسط Shih و همکاران در سال ۲۰۰۳، که از دو نوع GAC مشتق شده از پوست نارگیل با نام های US Filter و Calgon جهت تصفیه MTBE آب در غلظت ۵۰ ppb استفاده کردند. در این تحقیق غلظت مجاز MTBE خروجی برابر ۵ ppb ( کمتر از استاندارد EPA ) در نظر گرفته شد که در این حالت ستون GAC به ترتیب قادر به تصفیه ۲/۵ و ۴/۵ لیتر آب به ازای هر گرم کربن شده بود. همچنین به این نتیجه رسیدند که ترکیباتی مانند مواد آلی طبیعی، مصنوعی و کلر باقیمانده، به دلیل جذب شدن توسط GAC، باعث اشغال شدن محل های فعال می شود، به همین دلیل منحنی MTBE به سرعت از نقطه شکست به نقطه اشباع می رسد (Shih et al. 2003). این تفاوت شیب منحنی در نمودار دوم و نمودار اول مشخص می باشد. غلظت MTBE آب ورودی بر عملکرد GAC تاثیر می گذارد. در نمودار ۳ غلظت MTBE از ۵۰ ppb به ۱۰۰ ppb افزایش یافته است. مقایسه نمودار ۱ و ۳ بیانگر این است که با افزایش غلظت MTBE ورودی، ظرفیت جذب کربن نیز افزایش می یابد به طوری که در نمودار ۱ میزان جذب MTBE به ازای هر گرم کربن برابر ۶۱/۶۲ و در نمودار ۳ این میزان به ۷۱/۷۹ افزایش یافته است. در این حالت (نمودار ۳) ستون قادر به تصفیه ۰/۷۳ لیتر آب به ازای هر گرم کربن می باشد. در نمودار ۴ افزایش کلر باقیمانده باعث کاهش ظرفیت جذب MTBE توسط کربن نسبت به حالت سوم (نمودار ۳) شده است. در این حالت (نمودار ۴) میزان جذب MTBE به ازای هر گرم کربن برابر ۵۸/۹ می باشد و ستون قادر به تصفیه ۰/۶۵ لیتر آب به ازای هر گرم کربن است.

صفر می باشد که نشان دهنده این است که تمام MTBE آب ورودی توسط ستون کربن جذب شده است. در صورتی که عبور آب از ستون افزایش یابد غلظت MTBE خروجی ستون به سرعت بالا رفته به طوری که اگر حداکثر غلظت مجاز MTBE در آب آشامیدنی را برابر ۲۰ ppb در نظر گرفته شود (EPA 1997)، ستون در این شرایط تنها قادر به تصفیه ۳۷۵ لیتر آب می باشد. در این حالت ظرفیت جذب کربن برابر ۶۱/۶۲ میکروگرم MTBE به ازای هر گرم کربن می باشد. یا به عبارتی ستون می تواند در این حالت به ازای هر گرم کربن تنها ۱/۴ لیتر آب را تصفیه نماید. طبق این نمودار غلظت کلروفورم آب در خروجی ستون تا زمانی که حجم آب عبوری به ۴۷۵ لیتر می رسد برابر صفر می باشد. اگر حداکثر غلظت مجاز کلروفورم در آب آشامیدنی برابر ۵۹۰ ppb در نظر گرفته شود، ستون تنها قادر به تصفیه ۵۹۰ لیتر آب می باشد. در این حالت ظرفیت جذب کربن برای کلروفورم برابر ۱۹۵/۵ میکروگرم کلروفورم به ازای هر گرم کربن می باشد. در صورتی که هر دو آلاینده فوق به مقدار داده شده در آب موجود باشند ستون را باید در حالتی که حجم آب عبوری به ۳۷۵ لیتر می رسد از مدار خارج کرد، چون غلظت MTBE به حد مجاز رسیده است در صورتی که هنوز غلظت کلروفورم در خروجی ستون صفر می باشد. به منظور اثر کلر باقیمانده بر جذب MTBE با استفاده از GAC، غلظت MTBE و کلروفورم ثابت در نظر گرفته شده است و تنها غلظت کلر باقیمانده از ۰/۲ ppm به ۰/۵ ppm افزایش پیدا کرده است (نمودار ۲). در این حالت حجم آب تصفیه شده از طریق ستون برابر ۳۳۵ لیتر می باشد و ظرفیت جذب کربن ۵۶/۶۹ میکروگرم MTBE به ازای هر گرم جاذب می باشد ( ستون قادر به تصفیه ۱/۲۵ لیتر آب به ازای هر گرم کربن می باشد). همچنین ظرفیت جذب کربن برای کلروفورم در این شرایط برابر ۱۶۵/۲ میکروگرم کلروفورم به ازای هر گرم کربن می باشد. مقایسه نمودارهای ۱ و ۲ نشاندهنده این است که افزایش کلر باقیمانده از ۰/۲ ppm به ۰/۵ ppm باعث

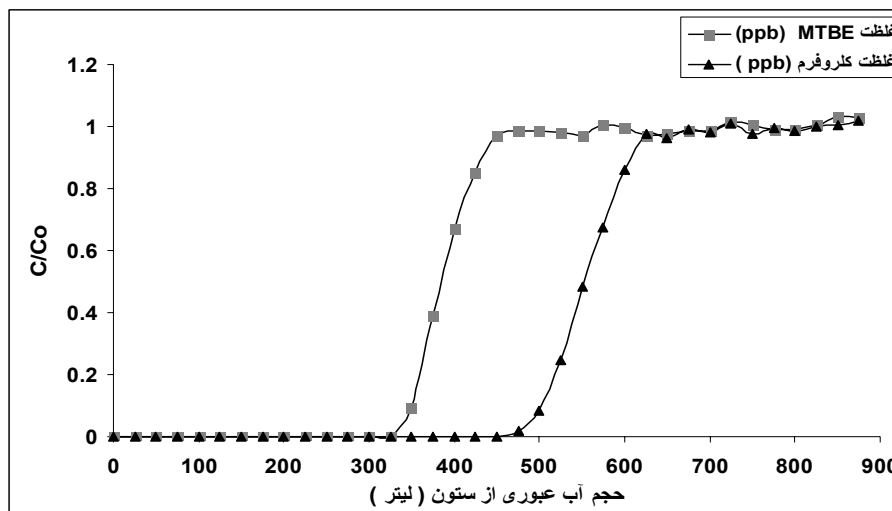
## نتیجه گیری

وجود ترکیباتی مانند مواد آلی طبیعی، مصنوعی و کلر باقیمانده به شدت بر روی میزان جذب MTBE تاثیر گذار هستند و باعث اشغال محل های فعال کربن در نتیجه کاهش جذب MTBE می گردند. در آبهایی که غلظت این ترکیبات زیاد می باشد باید قبل از استفاده از بستر کربن فعال، راهکارهای لازم جهت کاهش و یا حذف این ترکیبات در نظر گرفته شود. MTBE به خاطر طبیعت آبدوست بودن، میزان جذب کمتری نسبت به کلر باقیمانده و کلروفرم دارد که این عامل باعث شده است، منحنی جذب آن به سرعت از نقطه شکست به اشباع برسد. راندمان حذف MTBE توسط GAC مورد استفاده در این تحقیق نسبت به نوع خارجی آن

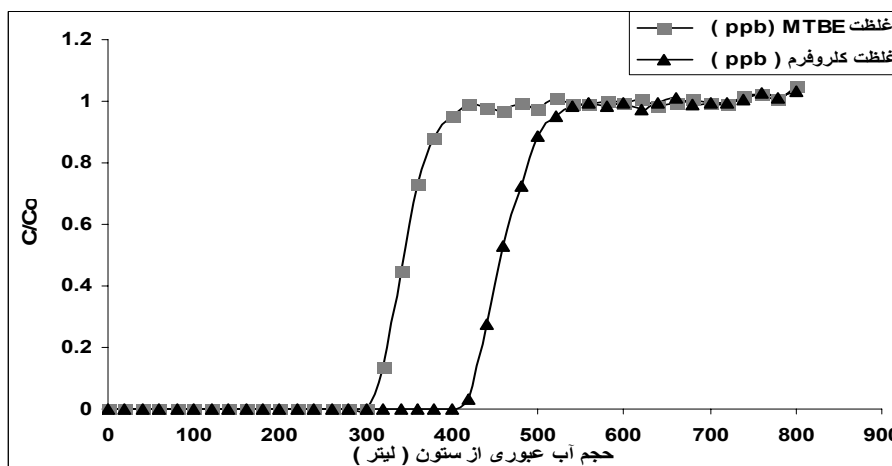
(Shih et al 2003) کمتر می باشد. لذا مقرون به صرفه بودن استفاده از کربن فعال ایرانی در حذف MTBE از طریق مقایسه قیمت ها و حجم آب تصفیه شده مشخص می گردد.

## تشکر و قدردانی

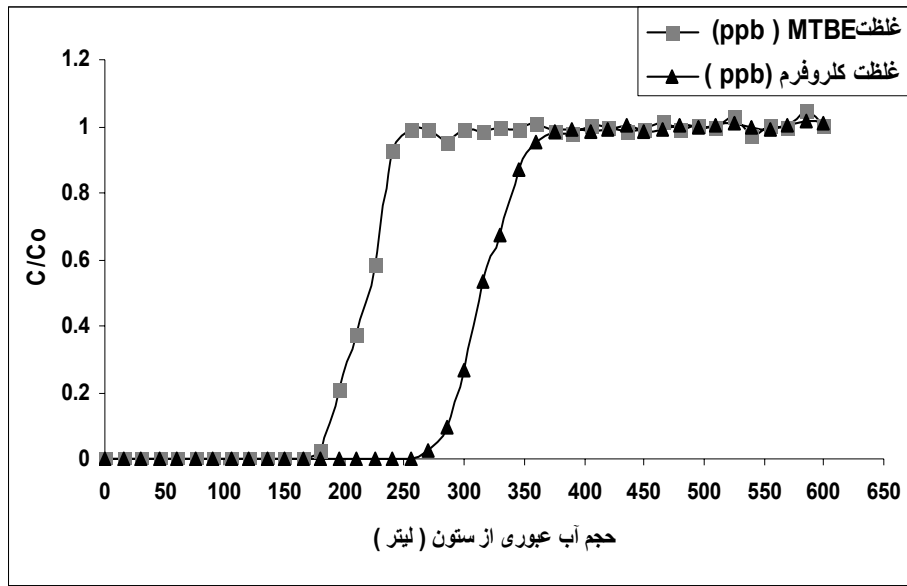
این طرح تحقیقاتی با حمایت های مالی دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی تهران و کارهای آزمایشگاهی آن در آزمایشگاه های آلودگی هوا و میکروبیولوژی محیط انجام گرفته است. از همکاری تمامی عزیزان تشکر و قدردانی می گردد. همچنین از مسئولین محترم شرکت شیمی پژوهان، تولید کننده کربن فعال ساخت کشور، تشکر و سپاسگذاری می شود.



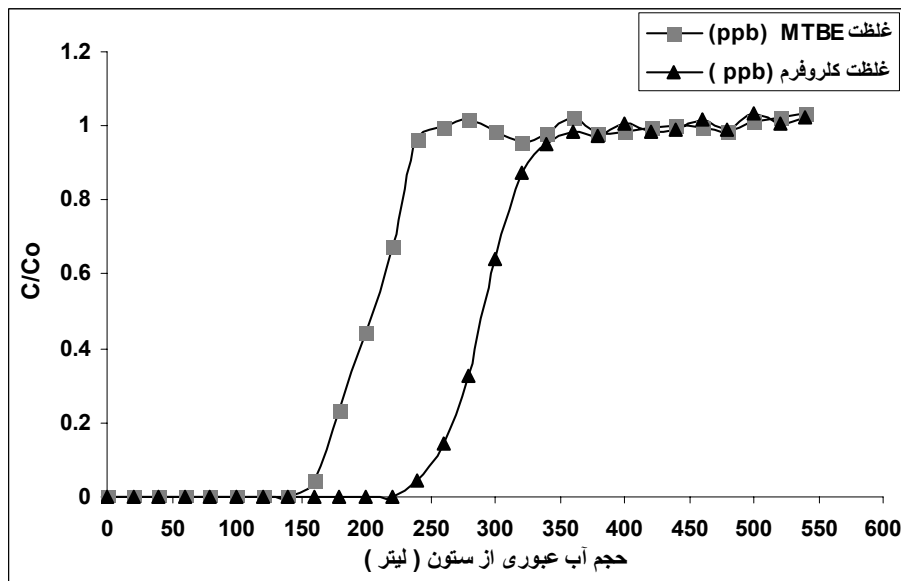
نمودار ۱ - منحنی شکست مربوط به تصفیه آب حاوی MTBE (50 ppb)، کلروفرم (100 ppb) و کلر باقیمانده (0.2 ppm).



نمودار ۲ - منحنی شکست مربوط به تصفیه آب حاوی MTBE (۵۰ ppb) ، کلروفرم (۱۰۰ ppb) و کلر باقیمانده (۰/۵ ppm).



نمودار ۳ - منحنی شکست مربوط به تصفیه آب حاوی MTBE (۱۰۰ ppb) ، کلروفرم (۱۰۰ ppb) و کلر باقیمانده (۰/۲ ppm).



نمودار ۴ - منحنی شکست مربوط به تصفیه آب حاوی MTBE (۱۰۰ ppb) ، کلروفرم (۱۰۰ ppb) و کلر باقیمانده (۰/۵ ppm).

### منابع

نامه دکتری تخصصی در رشته بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

Carter, J.M., Grady, S.J., Delzer, G.C., Koch, B. and Zogorski, J.S., 2006.

علی محمدی، م.، ۱۳۸۴. بررسی تجزیه بیولوژیکی متیل ترشیری بوتیل اتر (MTBE) توسط جمعیت میکروبی امکان آلوده به MTBE در مقیاس آزمایشگاهی، پایان

- Squillance, P.J., Pankow, J., Kortjes, N. and Zogorski, J.S., 1998. Environmental behavior and fate of methyl tert-butyl ether. US Geological Survey, National Water Quality Assessment Program (NWQAP), USGS Fact Sheet 203-96. Available from: <http://www.plumstead.org/img/pdfs/usgs-description.pdf>
- Squillance, P.J., Zogorski, J.S., Wilber, W.G. and Price, C.V., 1996. Preliminary assessment of the occurrence and possible sources of MTBE in ground water in the United States. *Journal of Environmental science & technology*. **30**(5), pp.1721-25.
- Sutherland, J., Adams, C. and Kekobad, J., 2004. Treatment of MTBE by air stripping, carbon adsorption and advanced oxidation: technical and economic comparison for five ground waters. *Journal of water research*. **38**(1), pp.193-200.
- Zhang, Q., Davis, L.C. and Erickson, L.E., 1998b. Using vegetation to treat methyl-tert-butyl ether contaminated ground water. Proceedings of the 1998 Annual Conference on Hazardous Waste Research, Snowbird, UT, Available from: <http://www.engg.ksu.edu/HSRC>, pp.262-270. [cited 22 Jun 2005].
- Zogorski, J.S., 1997. Fuel oxygenates and water quality. In: Interagency assessment of oxygenated fuels. Office of Science and Technology Policy, chapt. 2, Washington D.C.
- Occurrence of MTBE and other oxygenates in CWS source waters. *Journal of American water work association*. **98**(4), pp.91-104
- Ellen, R. and Ramaswami, Anu., 2001. The Potential for Phytoremediation of MTBE. *Journal of Water research*, **35**(5), pp.1348-50.
- Environmental Protection Agency., 1997. Drinking water advisory: Consumer Acceptability Advice and Health Effects Analysis on Methyl Tertiary-Butyl Ether (MTBE). EPA-822-F-97-009. Office of water,4304.
- Hand, D.W., 1998. Design of fixed bed adsorbers to remove multicomponent mixtures of volatile and synthetic organic chemicals. *Journal of AWWA*. **81**(1), pp.67-69.
- Keller, A.A., Sandall, O.C., Rinker, R.G., Mitani, M.M., Bierwagen, B. and Snodgrass, M.J., 1998. Cost and performance evaluation of treatment technologies for MTBE-contaminated water. Bern School of environmental science and management, UCSB, Santa Barbara.
- Shih, T.C., Wangpaichitr, M. and Suffet, M., 2003. Evaluation of granular activated carbon technology for the removal of methyl tertiary butyl ether (MTBE) from drinking water. *Journal of Water research* .**37**, pp.376-378.
- Speth T., Miltner R., 1990. Technical note: adsorption capacity of GAC for synthetic organics. *Journal of AWWA*. **82**(2), pp.72-73.