بررسی ترکیبات آلی فرار در هوای خروجی دستگاههای بی خطرساز پسماندهای بیمارستانی با حرارت پایین در چهار بیمارستان شهر تهران در سال۱۳۹۰

مهدی فرزادکیا[۱]، حمید غلامی[۲]، علی اسرافیلی[۳]، علی اصغر فرشاد[۴]، مجیدکرمانی[۵]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۲/۲۳ تاریخ ویرایش: ۹۲/۰۵/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۸/۰۴

چکیده

زمینه و هدف: کاربرد دستگاه‌های بی خطرسازی پسماند با حرارت پایین در بیمارستان های کشور رو به افزایش است. احتمال تولید ترکیبات آلی فرار (VOCs) و خطرناک در هوای خروجی از این دستگاه‌ها وجود دارد. هدف اصلی این تحقیق بررسی ترکیبات آلی فرار در هوای خروجی این دستگاه‌ها در چهار بیمارستان شهر تهران می‌باشد.

روش بررسی: این تحقیق در بیمارستان‌های مجهز به دستگاه‌های بی خطرسازی از نوع: هیدروکلاو، اتوکلاو دارای خردکن، اتوکلاو بدون خردکن و دستگاه حرارت خشک انجام گرفت. از هر دستگاه ۱۰ نمونه به صورت هفتگی درفاصله ی فروردین تا تیر سال۱۳۹۰ تهیه شد. نمونه برداری با روش NIOSH۱۵۰۱ انجام گرفت. نمونه‌ها در دو فاز کیفی و کمی با دستگاه GC-mass مورد سنجش قرار گرفته و نتایج با حدود مجاز مواجهه شغلی کوتاه مدت (OEL- STEL) ارائه شده توسط مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت مقایسه شدند.

یافته‌ها: در فاز اول وجود ترکیبات BTEX (بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن) بطور میانگین در ۹۰ درصد از نمونه‌ها تایید شد. فاز دوم نشان داد که بالاترین غلظت‌های BTEX با میانگین ۹/۳۵ ppm به دستگاه اتوکلاو دارای خردکن و کمترین غلظت BTEX با میانگین ۱/۲۵ ppm به دستگاه اتوکلاو بدون خردکن تعلق دارد. به لحاظ پاکیزگی هوای خروجی، اتو کلاو بدون خردکن، هیدروکلاو، حرارت خشک و اتو کلاو با خردکن به ترتیب رتبه های ۱ تا ۴ را به خود اختصاص دادند.

نتیجه‌گیری: غلظت گازهای بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در تمام نمونه ها از حدود مجاز مواجهه شغلی کوتاه مدت پایین تر بود. حضور ترکیبات آلی فرار در اکثر نمونه‌های اخذ شده با توجه به عمر کوتاه راه اندازی این دستگاهها (بین۳ تا ۹ ماه)، ضمن تایید پتانسیل مخاطره آمیز بودن این دستگاهها برای کارگران، پایش مستمر هوای خروجی آنها را مورد تاکید قرار می دهد.

کلیدواژه‌ها: دستگاه‌های بی خطرساز پسماند، پسماند بیمارستانی، ترکیبات آلی فرار، BTEX، هوا

مقدمه

پسماندهای بیمارستانی در حدود ۱ تا ۲ درصد از مواد زاید جامد شهری را در ایران تشکیل می‌دهند [۱]. این پسماندها علی رغم اینکه حجم پایینی از ترکیب زباله‌های شهری را تشکیل می‌دهند، به دلیل حساسیت‌ها و پتانسیل خطرزایی بالا، نیازمند توجه و مدیریت ویژه می باشند [۲]. مطالعات نشان می‌دهد که بسیاری از بیماری‌های عفونی با وضعیت نامناسب مدیریت پسماندهای بهداشتی و درمانی در کشورهای در حال توسعه در ارتباط می‌باشند [۳]. در همین ارتباط سازمان جهانی بهداشت (WHO)، طی گزارشی در سال ۲۰۰۴ اعلام کرد که سالانه ۲۱ میلیون مورد هپاتیت B، ۲ میلیون مورد هپاتیت C و۲۶۰ هزار مورد ایدز در اثر تماس با سرنگ های آلوده در سراسر جهان ایجاد می‌شود [۴]. برآوردها نشان می‌دهد که سالانه ۵/۲ میلیون نفر (شامل۴میلیون کودک) در اثر تماس

۱- (نویسنده مسئول) دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات بهداشت کار دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران. mahdifarzadkia@gmail.com
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم پزشکی ایران، ، تهران، ایران.
۳- استادیار، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.
۴- مرکز تحقیقات بهداشت کار دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.
۵- استادیار، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

با پسماندهای عفونی جان خود را از دست می‌دهند [۵]. در سال‌های اخیر گزینه‌های زیادی جهت بی‌خطرسازی پسماندهای بیمارستانی به روش‌های شیمیایی و فیزیکی بکار گرفته شده که هر کدام از مزایا و محدودیت‌هایی برخوردارند [۶]. یکی از پرکاربردترین تکنولوژیها در این خصوص استفاده از کوره‌های زباله سوز است. این روش در بسیاری از کشورها گزینه اصلی بی خطرسازی پسماندهای بیمارستانی محسوب می گردد. بررسیها نشان می دهد که با وجود قدمت زیاد و کاربرد گسترده این کوره ها، متاسفانه در کشور ما نتایج موثر و تجارب موفقی از آنها به دست نیامده است [۷]. عدم حصول نتایج مطلوب از کاربرد کوره های زباله سوز در کشور موجب گردید تا مسئولین ذیربط ضمن عبور از این تکنولوژی، گزینه های دیگر را مورد توجه قرار دهند. ماده‌ی ۶۵ ضوابط و روش های اجرایی مدیریت پسماندهای پزشکی (دستورالعمل مرکز سلامت و محیط کار وزارت بهداشت، سال ۱۳۸۸) استفاده از روش های حرارتی غیر سوز را، برای بی خطرسازی پسماندهای عفونی مورد تاکید قرار می دهد [۸]. سیستم های حرارتی غیرسوز در کشورهای پیشرفته به عنوان روشی متداول برای امحای پسماندهای عفونی پذیرفته شده است. به عنوان مثال ۷۸٪ پسماندهای عفونی مراکز درمانی ایالت واشنگتن درآمریکا به وسیله ی این دستگاهها بی خطر می شوند و فقط ۲۳٪ از پسماندهای عفونی به طور مستقیم به سایت های زباله سوزی منتقل می گردند[۹]. در سال ۲۰۰۵، ۳۹٪ پسماندهای عفونی در ژاپن توسط سیستم های حرارتی غیرسوز امحا شدند [۱۰]. در ترکیه دستگاههای حرارتی غیرسوز به صورت سایت های مرکزی در حومه ی شهرها به کاربرده شده و بیش از ۹۴٪ پسماندهای عفونی شهر استانبول در این سایت ها بی‌خطرسازی و گندزدایی می‌گردند [۱۱].

اتو کلاو، هیدروکلاو و دستگاه حرارت خشک، از جمله دستگاههای بی خطرساز با دمای پایین (غیر سوز) هستند که در سالهای اخیر کاربرد زیادی برای تصفیه پسماندهای بیمارستانی پیدا کرده اند [۱۲]. در اتوکلاو و هیدروکلاو عملیات بی خطر سازی توسط حرارت مرطوب (۱۲۱ تا ۱۳۸درجه سانتیگراد) به همراه فشار بخار ۴ بار و در دستگاه حرارت خشک این عملیات توسط حرارت خشک (۱۳۰ تا ۱۵۵ درجه سانتی گراد) همراه با کاربرد گندزدای شیمیایی انجام می‌گیرد [۱۴و۱۳]. پسماندهای عفونی پس از بی خطرسازی در این دستگاهها همانند زباله های شهری دفع می‌شوند. این دستگاهها عموما برای بی خطرسازی پسماندهایی نظیر کیسه های خون و ادرار، اشیاء نوک تیز و برنده، مواد عفونت زای ناشی از آزمایشگاههای تحقیقاتی و تشخیصی مورد استفاده قرار می گیرند و به کارگیری آنها برای پسماندهای رادیو اکتیو و پاتولوژیک توصیه نمی شود [۱۵]. آنچه که مسلم است ورودی این دستگاهها، پسماندهای جامد و عفونی بیمارستانی بر اساس ظرفیت دستگاه بوده اما خروجیهای آنها در سه شکل پسماندهای جامد، فاضلاب، گازها و بخارات می باشد. با توجه به ترکیب پسماندهای بیمارستانی هر یک از این خروجیها قبل از تخلیه و دفع بایستی معیارهای بهداشتی و زیست محیطی لازم را کسب نمایند [۸]. در دستورالعمل پایش سیستم های بی خطرساز مصوب ۱۳۹۰ وزارت بهداشت، پایش فیزیکی عملکرد این دستگاهها و کنترل کیفیت میکروبی پسماندهای خروجی از آنها در نظر گرفته شده، ولی متاسفانه توجه لازم به کیفیت هوا و فاضلاب خروجی این دستگاهها نشده است [۸]. با توجه به درصد بالای مواد پلاستیکی در پسماندهای عفونی [۱]، فشار و دمای بالا در این دستگاهها می تواند تولید گازهای آلی فرار و سمی زیادی را در پی داشته باشد. بدیهی است که عدم کنترلهای لازم در این خصوص، موجب راهیابی گازهای سمی به هوای خروجی این دستگاه‌ها شده و خطرات زیادی را متوجه سلامت کارکنان، بیماران و عموم مردم می نماید [۱۶].

بررسیها نشان می دهد که دی اکسین ها و فوران‌ها درطیف دمایی بین ۲۸۰ تا ۴۵۰ درجه ی سانتی گراد

تشکیل می شوند، این دامنه بسیار بالاتر از دمای کارکرد دستگاههای بی خطرساز غیرسوز می‌باشد [۱۷-۱۹]. با این وجود تجهیزات بی خطرساز غیرسوز ممکن است مقادیری از الکل، آلدهید، هیدروکربورهای آروماتیک و سایر ترکیبات آلی را در هوا آزاد نمایند. بر این اساس پایش و کنترل مستمر هوای خروجی این دستگاهها ضروری به نظر می رسد [۲۰ و ۲۱]. با توجه به دستورالعمل وزارت بهداشت در حال حاضر تمام بیمارستان های شهر تهران اقدام به نصب و راه اندازی سیستم های بی خطرساز نموده اند. براساس مشاهدات بیش از ۹۰٪ از این تاسیسات از نوع دستگاههای حرارتی غیرسوز می باشند. هدف از انجام این تحقیق، بررسی ترکیبات آلی فرار در هوای خروجی دستگاههای بی‌خطرساز پساندهای بیمارستانی با حرارت پایین در ۴ بیمارستان شهر تهران است. این دستگاهها شامل هیدوکلاو، اتوکلاو دارای خردکن، اتوکلاو بدون خردکن و دستگاه حرارت خشک می باشند.

روش بررسی

مواد و تجهیزات مورد استفاده: در این تحقیق برای نمونه برداری از هوای خروجی دستگاهها از پمپ نمونه بردار فردی SKC استفاده شد. همچنین از جاذب 2000 lot (کربن فعال تهیه شده از پوست آناناس) استفاده گردید. به منظور واجذب ترکیبات آلی فرار از جاذب کربن فعال، از حلال دی سولفید کربن تولید شده توسط کمپانی مرک استفاده شد.

برای آنالیز آلاینده های موجود در هوای خروجی دستگاهها، روش کروماتوگرافی گازی-اسپکترومتری جرمی به کار گرفته شد. ستون استفاده شده ستون کاپیلاری غیر قطبی (DB 5) به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۲ میلی متر با ضخامت دیواره ۰/۲ میکرون می باشد و گاز هلیوم به عنوان گاز حامل استفاده شد.

روش کار: از هر یک از دستگاههای بی خطر ساز پسماند جامد مستقر در بیمارستان های شهر تهران ۱۰ نمونه گرفته شد. توالی نمونه گیری به صورت هفتگی بود و درفاصله ی فروردین تا تیر ماه سال ۱۳۹۰ نمونه‌ها جمع آوری شدند. برای نمونه برداری روش NIOSH ۱۵۰۱ به کار گرفته شد. این روش برای اندازه گیری ترکیبات آلی فرار موجود در هوا مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۲]. بر مبنای این روش هوای خروجی از طریق پمپ نمونه بردار فردی از روی بستر جاذب عبور داده می شود و آلاینده ها توسط فضاهای موجود در جاذب به دام انداخته می شوند. نمونه برداری از هوای خروجی دستگاهها پس از پایان سیکل کاری آنها و بازشدن درب آنها انجام شد. نمونه برداری حدود ۱۵ دقیقه بود و در هر بار ۵ لیتر هوا توسط پمپ نمونه بردار از دستگاههای بی خطرساز جمع آوری شد.

نمونه ها پس از جمع آوری فوراً به آزمایشگاه منتقل شده و تا زمان آزمایش در دمای کمتر از ۴ درجه سانتی گراد نگهداری گردید. ترکیبات مورد نظر به وسیله ۱ میلی لیتر دی سولفید کربن از روی جاذب به کمک حمام اولتراسونیک استخراج شدند. نمونه ها پس از آماده سازی به دستگاه گاز کروماتوگرافی تزریق شدند و اندازه گیری کمی و کیفی روی این ترکیبات انجام گردید.

در مرحله‌ی اول بر مبنای روش (EPA(TO-14, ۴۰ ترکیب هدف به صورت کیفی به لحاظ حضور و یا عدم حضور مورد بررسی قرار گرفتند[۲۳]. در مرحله ی دوم ترکیبات عمده ای که در بخش اول پژوهش مشاهده شده بود، به صورت عددی تعیین مقدار گردیدند. برای این منظور منحنی کالیبراسیون استاندارد برای هر یک از ترکیبات مشاهده شده رسم شد. سپس با مقایسه ی پیک های منحنی کالیبراسیون و پیک های به دست آمده از نمونه ها، مقادیر عددی تعیین گردید. نتایج نهایی به دست آمده از نمونه ها با حدود مجاز مواجهه شغلی کوتاه مدت (OEL- STEL) معتبر جهانی و موارد تعیین شده توسط مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت ایران مورد مقایسه قرار گرفت [۲۴-۲۶].

محاسبات نهایی ترکیبات آلاینده در معادله ی ۱ نمایش داده شده است. در این معادله Wf نشانگر

غلظت آلاینده در بخش جلویی جاذب و Wb نشانگر غلظت آلاینده در بخش عقبی جاذب می باشد. همچنین Bf نشان دهنده ی غلظت آلاینده در بخش جلویی جاذب شاهد بوده و Bb نشان دهنده ی غلظت آلاینده در بخش عقبی جاذب شاهد می باشد. V حجم هوای نمونه بر حسب لیتر می باشد. R درصد واجذب آلاینده از جاذب است که از بروشور تولید کننده ی جاذب تعیین شده است. C غلظت نهایی آلاینده بر حسب میلی گرم در متر مکعب می‌باشد [۲۷].

$$(1)\ C=\frac{(Wf+Wb-Bf-Bb)}{VR}$$

برای تبدیل واحد میلی گرم در مترمکعب به ppm تحت شرایط استاندارد (دما، ۲۵ درجه سانتی گراد و فشار ۷۶۰ میلیمتر جیوه) از معادله ی شماره ی ۲ استفاده شد. در این معادله ۲۴/۴۵حجم مولی هوا در شرایط استاندارد در نظر گرفته شده و Mw وزن مولکولی ترکیب مورد بررسی می باشد [۲۷].

$$ppm = \frac{mg/m^3}{Mw} \times 24/45$$

یافته‌ها

در مرحله ی اول پژوهش (آنالیز کیفی) فقط ترکیبات BTEX (بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن‌ها)در نمونه ها مشاهده شد و سایر ترکیبات آلی فرار در این مرحله تشخیص داده نشد. مقدار عددی هر یک از آلاینده ها برای هر بیمارستان به صورت مجزا ارائه شده است.

بررسی آلاینده های استریلایزر هیدروکلاو: غلظت ترکیبات آلی فرار در هوای خروجی دستگاه هیدروکلاو در جدول شماره ی ۱ نمایش داده شده است. همان طور که مشاهده می شود، غلظت BTEX در گستره ی صفر تا ppm۱۰/۳۸ قرار دارد. بالاترین غظت های مشاهده شده مربوط به تولوئن به میزان ppm ۵/۸۲۳ می باشد، این آلاینده در ۷۰٪ نمونه ها مشاهده شد. اتیل بنزن و ایزومرهای زایلن نیز در بالاترین غلظت های خود اعداد ۲/۵۴۲ و ppm ۴/۱۵۵ را نشان داده اند. اتیل بنزن و زایلن نیز در ۷۰٪ نمونه‌ها مشاهده شدند. بنزن در ۴۰٪ نمونه ها مشاهده شد که بیشترین غلظت آن ppm۰/۵۹۸ بود.

بررسی آلاینده های استریلایزر اتوکلاو بدون خردکن: کمترین غلظت آلاینده ها در نمونه های مربوط به این دستگاه مشاهده شد، به طوری که ۳۰٪

جدول ۱- غلظت ترکیبات BTEX در هوای خروجی هیدروکلاو بر حسب ppm

	هفته ۱	هفته ۲	هفته ۳	هفته ۴	هفته ۵	هفته ۶	هفته ۷	هفته ۸	هفته ۹	هفته ۱۰
بنزن	۰/۲۶	مشاهده نشد	مشاهده نشد	۰/۰۵۱	مشاهده نشد	۰/۰۴	مشاهده نشد	مشاهده نشد	مشاهده نشد	۰/۵۹۸
اتیل بنزن	۱/۵۸۲	مشاهده نشد	۱/۳۰۴	۲/۵۴۲	مشاهده نشد	۱/۴۶۸	۰/۵۸۵	۲/۱۰۷	مشاهده نشد	۱/۰۶۷
تولوئن	۵/۸۲۳	۰/۹۸۸	مشاهده نشد	۵/۷۶۷	۱/۵۹۸	۷/۳۲۹	۴/۷۷۹	۱/۰۳۴	مشاهده نشد	مشاهده نشد
زایلن	۱/۴۴۲	۰/۹۸۲	مشاهده نشد	۰/۶۸۱	۱/۸۰۱	۱/۵۴۸	۴/۳	مشاهده نشد	مشاهده نشد	۴/۱۵۵
∑BTEX	۸/۸۷۳	۱/۹۷	۱/۳۰۴	۹/۰۴۱	۳/۳۹۹	۱۰/۳۸۵	۹/۶۴	۳/۱۴۱	مشاهده نشد	۵/۸۲

جدول ۲- غلظت ترکیبات BTEX در هوای خروجی اتو کلاو بدون خردکن بر حسب ppm

	هفته ۱	هفته۲	هفته ۳	هفته۴	هفته۵	هفته۶	هفته۷	هفته۸	هفته۹	هفته۱۰
بنزن	مشاهده نشد	مشاهده نشد	مشاهده نشد	۰/۰۵۱	مشاهده نشد	۰/۰۶۳	مشاهده نشد	مشاهده نشد	مشاهده نشد	مشاهده نشد
اتیل بنزن	۰/۳۰۲	مشاهده نشد	مشاهده نشد	۰/۳۸۵	مشاهده نشد	۲/۹۹۴	مشاهده نشد	۱/۰۶	مشاهده نشد	مشاهده نشد
تولوئن	مشاهده نشد	مشاهده نشد	مشاهده نشد	۱/۷۲۲	۰/۶۰۴	مشاهده نشد	مشاهده نشد	۱/۰۹۷	مشاهده نشد	۲/۴۹۷
زایلن	۰/۱۸۲	۰/۲۳۹	مشاهده نشد	مشاهده نشد	مشاهده نشد	۱/۳۰۷	مشاهده نشد	مشاهده نشد	مشاهده نشد	مشاهده نشد
∑BTEX	۰/۴۸۴	۰/۲۳۹	مشاهده نشد	۲/۱۵۸	۰/۶۰۴	۴/۳۴۶	مشاهده نشد	۲/۱۵۷	مشاهده نشد	۲/۴۹۷

جدول ۳- غلظت ترکیبات BTEXدر هوای خروجی اتو کلاو با خردکن بر حسب ppm

	هفته ۱	هفته۲	هفته ۳	هفته۴	هفته۵	هفته۶	هفته۷	هفته۸	هفته۹	هفته۱۰
بنزن	۰/۹۲۲	مشاهده نشد	۰/۶۲۲	مشاهده نشد	مشاهده نشد	مشاهده نشد	۰/۰۸۷	۰/۲۸۳	۰/۲۴۶	۰/۶۷۷
اتیل بنزن	۵/۷۲۱	۳/۵۹۲	مشاهده نشد	۶/۹۷	۸/۴۷۷	مشاهده نشد	۱۰/۸۹۲	۶/۵۱۶	۱/۵۸۴	۴/۹۵۵
تولوئن	مشاهده نشد	۰/۸۸	۴/۹۰۲	۷/۰۱۲	۱/۲۷۶	۲/۷۷	۰/۱۹۲	مشاهده نشد	مشاهده نشد	۲/۸۷۷
زایلن	مشاهده نشد	۶/۰۵۳	۵/۶۷	۰/۸۱۳	مشاهده نشد	مشاهده نشد	۰/۴۱۲	۲/۲۸۵	۰/۱۴۲	۶/۷۱۱
∑BTEX	۶/۶۴۳	۱۰/۵۲۵	۱۱/۱۹۴	۱۴/۷۹۵	۹/۷۵۳	۲/۷۷	۱۱/۵۸۳	۹/۰۸۴	۱/۹۷۲	۱۵/۲۲

جدول ۴- غلظت ترکیبات BTEX در هوای خروجی حرارت خشک برحسب ppm

	هفته ۱	هفته۲	هفته ۳	هفته۴	هفته۵	هفته۶	هفته۷	هفته۸	هفته۹	هفته۱۰
بنزن	مشاهده نشد	۰/۱۱۸	مشاهده نشد	مشاهده نشد	۰/۲۴۴	۰/۰۶۲	۰/۱۲۲	۰/۲۱۵	مشاهده نشد	۰/۲۳۱
اتیل بنزن	۰/۸۳۲	۰/۲۷۸	۰/۳۴۴	مشاهده نشد	۱/۰۲۲	۲/۶۲۶	۰/۵۳	مشاهده نشد	۰/۵۱	۲/۳۲۳
تولوئن	۴/۱۹۳	۲/۹۳۷	۰/۶۱۶	مشاهده نشد	۲/۷۴۲	۴/۴۲۳	۱/۰۸۴	۰/۸۸۸	۵/۲۴	۶/۳۲۸
زایلن	۰/۴۴۶	۳/۲۷۷	۱/۲۸۶	۰/۲۰۴	۰/۲۰۸	مشاهده نشد	۴/۷۱۶	مشاهده نشد	۱/۴۴۶	۵/۲۶
∑BTEX	۵/۴۷۱	۶/۶۱	۲/۲۴۶	۰/۲۰۴	۴/۲۱۶	۷/۱۱۱	۶/۴۵۲	۱/۱۰۳	۷/۱۹۶	۱۴/۱۴۲

جدول ۵- بالاترین غلظت هر آلاینده بر اساس نوع دستگاه بی خطرساز

عنوان آلاینده	بالاترین غلظت مشاهده شده برحسب ppm	دستگاه دارای بالاترین غلظت
بنزن	۰/۹۲۲	اتوکلاو با خردکن
اتیل بنزن	۱۰/۸۹	اتوکلاو با خردکن
تولوئن	۷/۳۳	هیدروکلاو
زایلن	۶/۷۱	اتوکلاو با خردکن
∑BTEX	۱۵/۲۲	اتوکلاو با خردکن

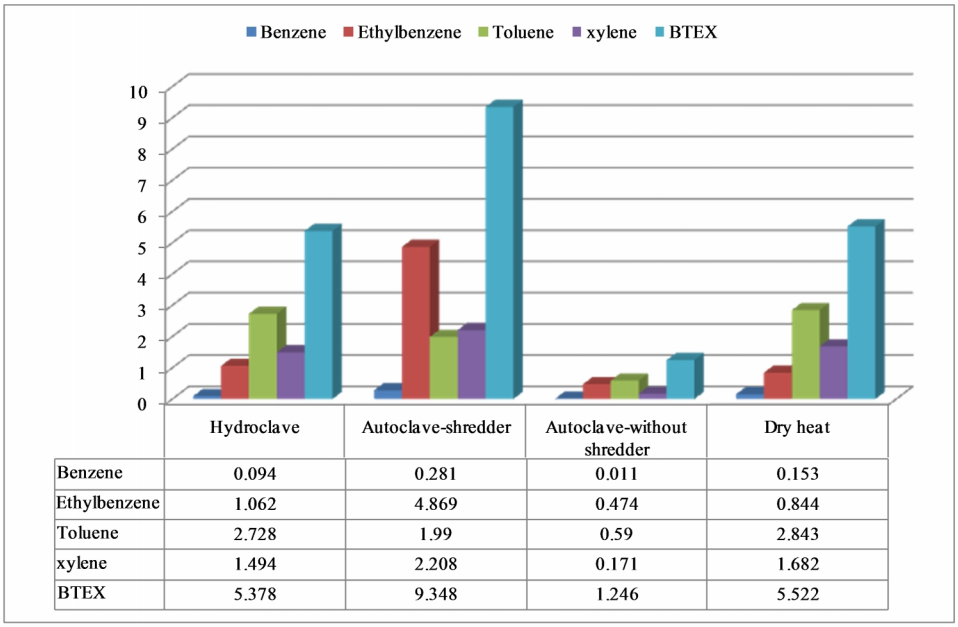
نمونه‌ها هیچ آلاینده ای را نشان ندادند. بنزن در ۲۰٪ نمونه ها رویت شدوحداکثر غلظت آن ۰/۰۶۳ppm بود. تولوئن و اتیل بنزن در ۴۰٪ و زایلن در۳۰٪ نمونه ها مشاهده شدند و حداکثر غلظت این آلاینده ها به ترتیب ۲/۴۹۷، ۲/۹۹۴ و ۱/۳۰۷ ppm به دست آمد. غلظت BTEX در گستره ای بین صفر تا ۴/۳۴۶ ppm قرار داشت. در جدول شماره ی ۲ می توان نتایج مربوط به دستگاه اتوکلاو بدون خردکن را مشاهده نمود.

بررسی آلاینده های استریلایزر اتو کلاو با خردکن: با توجه به نتایج مندرج در جدول شماره ی ۳، اتیل بنزن مهم ترین آلاینده ای بود که در ۸۰٪ نمونه های جمع آوری شده از این دستگاه مشاهده شد. حداکثر غلظت اتیل بنزن ۱۰/۸۹۲ ppm به دست آمد. همچنین زایلن و تولوئن در ۷۰٪ نمونه ها و بنزن در ۶۰٪ از نمونه ها مشاهده شدند. حداکثر غلظت زایلن ۶/۷۱۱، تولوئن ۴/۹۰۲ و بنزن ۰/۹۲۲ ppm اندازه گیری شد.

بررسی آلاینده های استریلایزر حرارت خشک: تولوئن در ۹۰٪ از نمونه های جمع آوری شده از دستگاه حرارت خشک مشاهده شد و حداکثر غلظت آن ۶/۳۲۸ ppm اندازه گیری شد. اتیل بنزن و زایلن در ۸۰٪ و بنزن در۶۰٪ نمونه ها حضور داشتند. حداکثر غلظت این ترکیبات به ترتیب ۲/۶۲۶، ۵/۲۶ و ۰/۲۲۴ ppm به دست آمد. BTEX در گستره ی ۱/۹۷۲ تا ۱۱/۵۸۳ppm مشاهده شد. در جدول شماره ۴ می توان مقادیر عددی آلایند های دستگاه حرارت خشک را مشاهده نمود.

بالاترین غلظت آلاینده های مشاهده شده برای هر یک از دستگاههای بی خطر ساز مورد مطالعه را می توان در جدول شماره‌ی ۵ مشاهده کرد. ملاحظه می شود که بالاترین حد BTEX در اتوکلاو با خردکن به دست آمده است.

در نمودار شماره ۱ می توان مقدار میانگین هر



	Hydroclave	Autoclave-shredder	Autoclave-without shredder	Dry heat
Benzene	0.094	0.281	0.011	0.153
Ethylbenzene	1.062	4.869	0.474	0.844
Toluene	2.728	1.99	0.59	2.843
xylene	1.494	2.208	0.171	1.682
BTEX	5.378	9.348	1.246	5.522

نمودار ۱- مقدار میانگین هر آلاینده به تفکیک نوع دستگاه بی خطرساز

جدول ۶- حدود مجاز مواجهه شغلی با ترکیبات BTEX [۲۶]

آلاینده شیمیایی	OEL-TWA (Time Weighted Average) حدود مجاز مواجهه شغلی- متوسط وزنی زمانی ppm	OEL-STEL (Short Term Exposure Limit) حدود مجاز شغلی کوتاه مدت ppm
بنزن	۰/۵	۲/۵
اتیل بنزن	۲۰	---
تولوئن	۲۰	---
زایلن	۱۰۰	۱۵۰

آلاینده را به برای هر یک از دستگاههای بی خطرساز مشاهده نمود.

همان طور که در نمودار شماره ۱ ملاحظه می شود، بالاترین غلظت های BTEX با میانگین ۹/۳۵ ppm به دستگاه اتوکلاو دارای خردکن و کمترین غلظت BTEX با میانگین ۱/۲۵ ppm به دستگاه اتوکلاو بدون خردکن تعلق دارد. به لحاظ پاکیزگی هوای خروجی، اتو کلاو بدون خردکن، هیدروکلاو، حرارت خشک و اتو کلاو با خردکن به ترتیب رتبه های ۱ تا ۴ را به خود اختصاص دادند.

بحث و نتیجه گیری

در بین ترکیبات BTEX، بنزن به عنوان عامل سرطان زای تأیید شده انسانی (A_1) مطرح بوده و تماس با آن در بیش از حد مقادیر مجاز می تواند سبب عوارض انسانی شدید گردد. تماس با بخارات این ترکیب موجب جذب آن از راههای جلدی، غشاهای مخاطی و چشم ها می شود. اتیل بنزن به عنوان سرطان زای تأیید شده برای حیوانات با ارتباط ناشناخته بر انسان (A_3) می باشد که باعث تحریک قسمت فوقانی تنفسی و آسیب پذیری کلیوی (نفروپاتی) و اختلال در بخش حلزونی گوش میانی می‌شود. تولوئن و زایلن نیز در گروه A_4 (غیر قابل طبقه بندی به عنوان یک عامل سرطان زای انسانی) طبقه بندی شده اند. تحقیقات آزمایشگاهی بر روی حیوانات مختلف اثرات ناگوار این ترکیبات را بر خون،

کبد، کلیه و ریه را تایید نموده است. علاوه بر این، تاثیرات حاد و مزمن ترکیبات BTEX بر روی سیستم عصبی به اثبات رسیده است به طوری که علائمی نظیر کاهش هوشیاری، دو بینی، سردرد وحتی بیهوشی و اغما در تماس های کوتاه با غلظت های بالای این ترکیبات گزارش شده است [۲۶، ۲۸، ۲۹، ۳۰ و ۳۱]. از این رو اداره بهداشت و ایمنی شغلی (OSHA)، انستیتو ملی ایمنی و بهداشت شغلی (NIOSH) و مجمع دولتی متخصصان بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH) برای این ترکیبات حدود مجاز مواجهه شغلی (OEL) تعیین کرده اند[۲۴و ۲۵]. در این تحقیق نتایج نهایی بدست آمده از نمونه ها با حدود مجاز مواجهه شغلی کوتاه مدت (OEL- STEL) ارائه شده توسط مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت مندرج در جدوی شماره‌ی ۶ مورد مقایسه قرار گرفت [۲۶].

غلظت گازهای بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در تمام نمونه ها از حدود مجاز مواجهه شغلی کوتاه مدت (OEL- STEL) ارائه شده توسط مرکز سلامت محیط و کار، کمتر بود ($p< ۰/۰۵$). اما با لحاظ کردن تماس های جانبی افراد با ترکیبات BTEX در هوای آزاد خصوصا در هوای آلوده شهرهای بزرگ همواره مقادیر بیشتری از این ترکیبات توسط پرسنل مرتبط دریافت می شود [۳۲ و ۳۳].

طبق تحقیقات صورت گرفته همواره غلظت زمینه‌ای از ترکیبات آروماتیک به خصوص بنزن و تولوئن در هوای آزاد شهرها وجود دارد. به عنوان مثال در تحقیقی که توسط بهرامی در هوای شهر تهران صورت گرفت، غلظت بنزن، تولوئن و زایلن به ترتیب ۱۲۷/۷، ۲۰۱/۲ و ۱۱۰/۷ میکروگرم بر متر مکعب به دست آمد [۳۴]. این مقادیر از استانداردهای زیست محیطی بنزن در هوای آزاد بسیاری از کشورها (استاندارد اروپا ۱/۵۷ ppb و استاندارد ایران ۱/۵ ppb) به مراتب بیشتر است [۳۳و ۳۴]. دریافت غلظت بیش از حد استاندارد این ترکیبات آلاینده از طریق هوای آزاد موضوعی است که می تواند با توجه به دریافت این آلاینده ها از محیط شغلی، سلامت راهبران این دستگاهها را مورد تهدید جدی قرار دهد. از اینرو توصیه می شود برای حفظ سلامت این افراد به مجموع غلظت آلایندهای دریافتی آنها از طرف محیط آزاد و محیط شغلی توجه گردد.

مقادیر مندرج در جداول ۱ تا ۴ نشان می دهد که میزان آلایندههای خروجی از یک دستگاه درطی هفته‌های مختلف متفاوت است. این تفاوت ها را می توان به ترکیب پسماندهای ورودی به دستگاه، نحوه و میزان بارگذاری و اپراتوری این دستگاهها نسبت داد. بالاترین غلظت آلاینده خروجی از این دستگاهها در جدول ۵ بیانگر بدترین شرایط بارگذاری و راهبری این دستگاهها است. متولیان و رهبران می توانند با توجه به شرایط موجود در این سیکلهای کاری نسبت به اصلاح آنها اقدام نمایند.

نتایج عددی نمودار شماره ۱ نشان می دهد که نوع ومیزان آلایندههای تولیدی از دستگاهی به دستگاه دیگر متفاوت است. با توجه به عمر کوتاه بهره برداری از این تاسیسات در بیمارستانهای مورد مطالعه (۳ تا ۹ ماه)، این تفاوت ها را می توان عمدتا به نوع دستگاه، دما و فشار کاری آن و وجود و یا عدم وجود تاسیسات خردسازی پسماند در این دستگاهها نسبت داد [۳۵].

بالاترین میانگین غلظت آلاینده ها در این تحقیق مربوط به دستگاه اتوکلاو با خردکن می باشد. خردسازی دراین دستگاه پیش از عملیات بی خطرسازی صورت می گیرد و این حالت می تواند عاملی برای تولید بیشتر ترکیبات آلی فرار در هوای خروجی باشد. در این شرایط ترکیبات سمی ناشی از مواد پلاستیکی با سرعت بیشتری تبخیر شده و وارد هوای محیط می گردند [۳۶]. در نقطه ی مقابل، اتوکلاو بدون خردکن پایین ترین غلظت آلاینده ها را نشان داده است. این مساله بیانگر این است که حذف خردسازی می تواند باعث کاهش ترکیبات آلی فرار در هوای خروجی سیستم های بی خطر ساز حرارتی با دمای پایین شود.

با توجه به عمر کوتاه دستگاههای بی خطرساز

زباله‌های بیمارستانی با حرارت پایین در ایران می توان پیش بینی نمود که با گذشت زمان و استهلاک بیشتر این دستگاهها به مرور زمان میزان انتشار آلاینده های خروجی آنها در هوا افزایش یابد. تحقیقی که در سال ۲۰۰۶ بر روی هیدروکلاو زباله بیمارستانی در باتروث انجام شد، نشان داد که وسایل پلاستیکی در اثر حرارت در این دستگاهها ذوب شده و موجب انتشار مواد سمی به هوای اطراف می گردد. این تحقیق همچنین نشان داد که میزان انتشار مواد آلی و بخارات سمی منتشره از این دستگاهها با افزایش عمر آنها افزایش یافته است [۳۷]. حضور ترکیبات BTEX در هوای خروجی در تحقیق حاضر مشابه تحقیقی است که ویلاورت و همکاران در سال۲۰۰۹ با عنوان "بررسی میزان آئروسل های بیولوژیکی و ترکیبات آلی فرار در یک واحد اتوکلاو زباله ی بیمارستانی" انجام دادند. در این مطالعه میانگین غلظت بنزن ppm ۲/۵ به دست آمد که البته در مقایسه با پژوهش حاضر مقدار بسیار بیشتری را نشان می دهد [۳۸].

میزان تولید ترکیبات BTEX در تحقیق حاضر با نتایج مطالعه ای که در سال ۲۰۱۰ با عنوان "ارزیابی ترکیبات آلی فرار در هیدروکلاو مستقر در بیمارستان کینگستون" بیردال انجام شد همخوانی دارد. در این مطالعه میانگین غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن ها به ترتیب ppm ۰/۰۰۶، ۰/۱۱، ۰/۵۶ و ۰/۰۰۹ گزارش شده بود [۳۹]. تحقیق دیگری که توسط موسسه ی OSHA درسال ۲۰۰۷ انجام شد نشانگر حضور ترکیبات آلی فرار بیش از استانداردهای EPA در خروجی های دستگاههای بی خطرساز زباله‌ی بیمارستانی در ۲۰بیمارستان مورد مطالعه بود. در تحقیق OSHA بیشترین غلظت ترکیبات آلی فرار مربوط به ۲-پروپانول با غلظت میانگین ۴/۳ میلی گرم در مترمکعب و وینیل کلراید با غلظت میانگین ۲/۶ میلی گرم در متر مکعب بود. در مقایسه با تحقیق حاضر، در تحقیق OSHA ترکیباتی مشاهده شده است که در آزمایشات ما دیده نشده اند [۴۰]. تفاوت در نوع دستگاه و نوع پسماند بیمارستانی می تواند به عنوان عامل اصلی این اختلاف محسوب گردد. تحقیق کاراگیانیدیس و همکاران در مقدونیه، همانند تحقیق حاضر، هوای خروجی از دستگاههای هیدروکلاو و اتوکلاو را در حد مجاز گزارش کرده است [۴۱]. با این وجود در این تحقیق و بسیاری از مطالعات مشابه با توجه به شرایط خاص این دستگاهها، توصیه شده است که برنامه های پایش و کنترل هوای خروجی از این دستگاهها بطور مستمر مورد توجه مسئولین قرار داشته باشد.

- به لحاظ پاکیزگی هوای خروجی، اتوکلاو بدون خرد کن، هیدرو کلاو، حرارت خشک و اتوکلاو با خرد کن به ترتیب رتبه های ۱ تا ۴ را به خود اختصاص دادند.
- حضور ترکیبات آلی فرار نظیر بنزن در هوای خروجی این دستگاهها، نشانگر لزوم توجه بیشتر سازمان حفاظت محیط زیست در تصویب مقررات مربوط به هوای خروجی از این تاسیسات می باشد.
- تدوین دستورالعمل های راهبری متناسب با فرآیند کاری این دستگاه ها می تواند به بهبود عملکرد این تاسیسات در کشورکمک کند.
- انتظار می رود که با افزایش عمر این دستگاهها میزان انتشار گازهای سمی در آنها افزایش یابد از اینرو پایش و کنترل مداوم کیفیت هوای خروجی این تاسیسات بایستی اکیدا مورد توجه قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

این مقاله بخشی از طرح تحقیقاتی با عنوان "بررسی ترکیبات آلی فرار و PET و پرفتالات در پساب و هوای خروجی دستگاههای بی خطرساززباله ی بیمارستانی با حرارت پایین در چهار بیمارستان شهر تهران ۹۰-۱۳۸۹" به شماره ۱۲۶۰۷-۱۳۲-۰۴-۸۹ می باشد که با حمایت مرکز تحقیقات بهداشت کار دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران اجرا شده است.

منابع

1. Farzadkia M, Jorfi S, Akbari H, Ghasemi M. Evaluation of dry solid waste recycling from municipal solid waste: Case of Mashhad city, Iran. Waste Management & Research, 2012; 30(1): 106-112.

2. Farzadkia M, Moradi A, Shahmohammadi M. Hospital waste management status in Iran: a case study in the teaching hospitals of Iran University of Medical Sciences. Waste Management & Research, 2009; 27(4): 384–389.

3. Halbowachs H. Solid waste disposal in district Health Facilities Agency for Technical cooperation, Germany, World Health Forum Switzerland. 1994; 15(4):363-7.

4. World Health Organization Policy Paper. Safe health-care waste management, 2004

5. Akter N. Medical Waste Management: A Review. Asian institute of Technology. Thailand. 2000.

6. Bazrafshan E. Kord Mostafapoor F. Survey of medical waste characterization and management in Iran: a case study of Sistan and Baluchestan Province. Waste Management & Research, 2010; 29(4): 442–450.

7. Modabery S. Hospital waste in Tehran city: Incineration or sterilizing. Solid waste management, 2007; 8: 286-291. (In Persian)

8. Environmental and occupational health center, Iranian ministry of health and medical education. A guide to training materials for health care waste management. 2012. (In Persian)

9. Lee B K, Ellenbecker M J, Moure-Ersaso R. Alternatives for treatment and disposal cost reduction of regulated medical wastes. Waste Management, 2004; 24;143-151.

10. Miyazaki M, Une H. Infectious waste management in Japan: A revised regulated and a management process in medical institutions. Waste management, 2005;25(6):616-21.

11. Birpinar ME, Bilgili MS, Erdoğan T. Medical waste management in Turkey: A case study of Istanbul. Waste Management, 2009; 29(1):445-8.

12. Mohammadi Baghei D. Principles of management of solid waste in clinical and laboratorial centers. Tehran: shahrab; 2001. (in Persian)

13. Ferdowsi A, Ferdosi M, Mehrani M J. Incineration or Autoclave? A Comparative Study in Isfahan Hospitals Waste Management System (2010). Mat Soc Med. 2013; 25:48-51.

14. Ezechiel O L. Healthcare waste management status in Lagos State, Nigeria: a case study from selected healthcare facilities in Ikorodu and Lagos metropolis. Waste Management & Research. 2012; 30(6): 562-571.

15. Armstrong B. A, Reinhardt P. A. Managing laboratory biomedical waste using a large on-site autoclave–shredder, Journal of Chemical Health and Safety. 2010;17(6):33–39.

16. Moussavi G, Bahadori M.B, Farzadkia M, Yazdanbakhsh A, Mohseni M. Performance evaluation of a thermophilic biofilter for the removal of MTBE from waste air stream: Effects of inlet concentration and EBRT. Biochemical Engineering Journal. 2009; 45 (2)152-156.

17. Byung-Hwan K, Jeong-Hyeon K, Jong-In D, Sung-Taek I, Kyung-Hee K, Seong-Suk S, Jin-Won P. Control of dioxins for ISW incinerator emissions by a dual bag filter system with enhanced AC utilization. IT3'05 Conference, May 9-13, 2005, Galveston, Texas

18. Environment Australia. Incineration and Dioxins: Review of Formation Processes, consultancy report prepared by Environmental and Safety Services for Environment Australia, Common wealth Department of the Environment and Heritage, Canberra, 1999.

19. Mahoney P F, Pierce G G, Sutin G L. Minimum dioxin with maximum resource recovery. Dioxin '97 Indiana University Conferences. 1997. Bloomington, IN 47404(812) 855-6449.

20. Tiller T, Linscott A. Evaluation of a Steam Autoclave for Sterilizing Medical Waste at a University Health Center. American Journal of Infection Control. 2004; 32(3) E9.

21. Levendis Y A, Atal A, Carlson J B, Mar Esperanza Quintana M. PAH and soot emissions from burning components of medical waste: examination/surgical gloves and cotton pads. Chemosphere. 2001; 42 (5-7):775-783.

2. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition, 5/15/96. Available from: http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/2549.pdf

23. Center for Environmental Research Information Office of Research and Development, USEP. Determination Of Volatile Organic Compounds (VOCs) In Ambient Air Using Specially Prepared Canisters With Subsequent Analysis By Gas Chromatography. 1999; EPA/625/R-96/010b, Cincinnati, OH 45268

24. American Conference of Governmental Industrial (ACGIH). Threshold Limit Values for

chemical substance and agents and biological exposure indices. 2011, ACGIH Signature Publication, Cincinnati, Ohio.

25. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Occupational safety and health standards: Toxic and hazardous substances, Limit for air contaminants. 29 CFR 1910, subpart Z, Last adopted: 2006, Washington DC, USA.

26. Ministry of Health and Medical Education, Center for Environmental and Occupational health. Occupational Exposure Limits (OEL), Third Edition, Institute for Environmental Research (IER) Publication, 2012.

27. Bahrami A. Sampling methods and air pollutants analyses. Tehran: Fanavaran,2008. (In Persian)

28. ATSDR. Toxicological profile for benzene. US Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, USA. 2007a.

29. ATSDR. Draft toxicological profile for ethylbenzene. US Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, USA. 2007b.

30. ATSDR. Toxicological profile for xylene. US Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, USA. 2007c.

31. ATSDR. Toxicological profile for toluene . US Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, USA. 2007c.

32. TOSC. Environmental briefs for citizen. BTEX Contamination. Available from: http://www.egr. msu.edu/tosc/akron/factsheets/fs_btexpdf.pdf

33. ACGIH. Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, 7th Ed. 2001.

34. Bahrami AR. Distribution of volatile organic compounds in ambient air of Tehran. Arch Environ Health 2001; 56(4):380-383.

35. Allen M R. Effective pollution prevention in healthcare environments. Journal of cleaner production. 2006; 14: 610-615.

36. Abu Samah M.A, Abd Manaf L, Zaharin Aris A, Wan Nor Az.Sn. Solid Waste Management: Analytical Hierarchy Process (AHP) Ppplication of Selecting Treatment Technology in Sepang Municipal Council, Malaysia. Current World Environment. 2011; 6 (1): 1-16.

37. Ninham Sh. Consulting Services. Final scoping report for Hydroclave medical waste treatment plant in Butterworth, Eastern Cape, Report No: 405/ 401242, Aesthetic Waste Services, 2006.

38. Vilavert L, Nadal M, Inza I, Figueras J M, Domingo J L. Baseline levels of bioaerosols and volatile organic compounds around a municipal waste incinerator prior to the construction of a mechanical-biological treatment plant. waste management. 2009; 29:2454-2461.

39. UNEP. Preliminary evaluation of volatile organic compounds associated with a hydroclave cycle at Kingston general hospital. Compendium of Technologies for Treatment/Destruction of Healthcare Waste.2012

40. Cole E. C, Owen K, Leese K. E, Hodson L, Uhorchak R, Greenwood D, and VanOsdell D. Control of Aerosol (Biological and Nonbiological) and Chemical Exposures and Safety Hazards in Medical Waste Treatment Facilities. Final Report for the National Institute of Occupational Safety and Health, Division of Physical Sciences and Health Engineering Control Technology Branch. RTI project No. 93U-6449. Contract No. 200-95-2960, 1997.

41. Karagiannidis A. Papageorgiou A. .Perkoulidis G. Sanida G, Samaras P. A multi-criteria assessment of scenarios on thermal processing of infectious hospital wastes: A case study for Central Macedonia. Journal of waste management. 2010; 30(2): 251-62.

Study of the volatile organic compounds (VOCs) in the exhaust air from low heat sterilizer devices of four hospitals in Tehran

M. Farzadkia[1], H. Gholami[2], A. Esrafili[3], A.A. Farshad[4], M. Kermani[5]

Received: 2013/05/13 Revised: 2013/08/22 Accepted: 2013/10/26

Abstract

Background and aims: Application of low heat devices was increased for infectious waste sterilizing in many hospitals in Iran. Studies have shown that the generation of volatile organic compounds (VOCs) and hazardous materials is most probable in the exhaust air of these devices. The main objective of this research is study of VOCs (in the exhaust air from low heat sterilizer devices of four hospitals in Tehran city.

Methods: This research was accomplished in some hospitals using sterilizer devices such as: Hydroclave, Autoclave-shredder, and Autoclave without shredder and Heat dryer. Ten samples were taken from each device every week from April to July 2011. Sampling was done by NIOSH 1501 method. Samples were analyzed in two qualitative and quantitative phases by GC-MASS and the obtained results were compared with occupational exposure short term limits (OEL- STEL) recommended by Center for Environmental and Occupational Health, Iranian Ministry of Health.

Results: In the first phase of research (qualitative analysis), in 90% of samples only BTEX compounds (Benzene, Toluene, Ethyl Benzene and Xylene) were observed. Based on the results of the second phase, the highest and the lowest concentration of BTEX with 9.35 ppm and 1.25 ppm were determined to be related to Autoclave-shredder and Autoclave without shredder, respectively. According to exhaust air clarity, Autoclave without shredder, Hydroclave, Heat dryer and Autoclave-shredder were scored from 1 to 4, respectively.

Conclusion: The concentrations of Benzene, Toluene, Ethyl Benzene and Xylene in all samples were lower than the occupational exposure short term limits. The presence of VOCs in the majority of collected samples, considering the short lifetime of these devices (between 3 to 9 months), confirmed that there is a high potential risk of exposure resulted by these devices. Therefore, monitoring of exhaust air quality of such devices is required.

Keywords: Low heat waste sterilizers, Hospital wastes, Volatile organic compounds, BTEX, Air.

1. (**Corresponding author**) Department of Environmental Health Engineering,Occupational Health Research Center, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. mahdifarzadkia@gmail.com
2. Department of Environmental Health Engineering, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
3. Department of Environmental Health Engineering, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
4. Occupational Health Research Cente, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
5. Department of Environmental Health Engineering, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.