



Available online: <https://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

## بررسی کارایی دستگاه بی‌خطر ساز و کپسوله کننده پسماندهای تیز و برنده پزشکی

فاطمه مومنی‌ها<sup>۱</sup>، محمد کوهکن<sup>۲</sup>، هدا صفامنش<sup>۳</sup>، پرویز یاراحمدزهی<sup>۴</sup>، محمد عثمان خدایاری<sup>۵</sup>، علی محمدی<sup>۶</sup>، امیرحسین محوی<sup>۷،\*</sup>

- ۱- مرکز تحقیقات مواد زائد جامد، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۲- بیمارستان امام علی (ع)، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
- ۳- بیمارستان علی ابن ابیطالب (ع)، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران
- ۴- شبکه بهداشت و درمان چابهار، چابهار، ایران
- ۵- معاونت بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
- ۶- مرکز سلامت محیط و کار، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، تهران، ایران
- ۷- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

### چکیده

### اطلاعات مقاله:

**زمینه و هدف:** با توجه به اهمیت مدیریت پسماندهای تیز و برنده و پتانسیل آسیب‌زایی این نوع پسماندها، استفاده از فناوری‌های بی‌خطر ساز، کپسوله کننده و کاهنده حجم هم‌زمان، یکی از نیازهای اساسی به منظور مدیریت پسماندهای پزشکی در بیمارستان‌ها و سایر مراکز ارائه خدمات بهداشتی - درمانی محسوب می‌گردد. هدف اصلی این مطالعه تعیین کارایی دستگاه بی‌خطر ساز و کپسوله کننده پسماندهای تیز و برنده پزشکی بوده است.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۰۴  
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۳/۳۰  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۳  
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۶/۲۶

**روش بررسی:** این دستگاه با روش ایجاد فوم از طریق حرارت القایی در محیط بسته بدون اکسیداسیون، با ایجاد پوشش نگهداری پایدار و حفاظت ایمن، فرایند محصور سازی و کپسوله کردن پسماندهای تیز و برنده پزشکی را فراهم کرده و در نتیجه از پخش و رهاسازی این پسماندها جلوگیری می‌کند. نمونه برداری از گازهای خروجی دستگاه با روش NIOSH 1501 انجام و نمونه‌ها با دستگاه GC-MS سنجش شد. کارایی عملکرد بی‌خطر سازی دستگاه، براساس پایش بیولوژیکی باکتری شاخص باسیلوس استئاروترموفیلوس مورد ارزیابی قرار گرفت.

**واژگان کلیدی:** پسماندهای پزشکی، پسماندهای تیز و برنده، بی‌خطر سازی، کپسوله سازی

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد میانگین غلظت گازهای BTEX و سایر گازهای آلی فرار در خروجی دستگاه در حد مجاز بوده است. غلظت گازهای بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزین به ترتیب ۰/۰۴، ۰/۰۳۳، ۰/۰۲۹ و ۰/۰۲۹ ppm بوده است. نتایج حاصل از پایش بیولوژیکی نشان داد که کاهش بار میکروبی (Log ۹۹/۹۹۹۹) بوده و فرایند بی‌خطر سازی قابل قبول بوده است. همچنین، از مزایای این دستگاه کاهش حجم اجسام تیز و برنده و پلاستیکی در فرایند کپسوله سازی و در نهایت استفاده از کپسوله‌ها در پیرولیز/ باز یافت پلاستیک در صنعت است.

**نتیجه‌گیری:** امید است با به کار گیری این دستگاه نوآورانه و بومی در واحدهای بی‌خطر سازی بیمارستان‌های کشور، گامی مؤثر در راستای بهبود مدیریت پسماندهای پزشکی، کاهش تولید پسماند، کاهش هزینه‌های بیمارستان‌ها و حفظ و ارتقاء سلامت کشور برداریم.

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

ahmahvi@yahoo.com

Please cite this article as: Momeniha F, Kouhkan M, Safamanesh H, Yarahmadzahi P, Khodayari MO, Mohammadi A, et al. Investigating the efficiency of disinfecting and encapsulating device for medical sharps waste. Iranian Journal of Health and Environment. 2023;16(2):245-56.

## مقدمه

امروزه با توجه به رشد جمعیت و افزایش تولید پسماندهای انسانی و همچنین اثرات مخرب آنها، مدیریت پسماند با چالش‌ها و پیچیدگی‌های زیادی مواجه است. مدیریت پسماند به عنوان توانایی مدیریت صحیح پسماندهای تولید شده و از بین بردن اثرات مخرب آن بر محیط زیست، اقتصاد، سلامت انسان و غیره تعریف می‌شود (۱، ۲). کشورهای در حال توسعه در زمینه مدیریت ایمن پسماندهای پزشکی با محدودیت منابع و چالش‌هایی مواجه هستند و عدم مدیریت صحیح این پسماندها می‌تواند خطرات محیط زیستی و سلامت شغلی را به دنبال داشته باشد (۳-۵).

بر اساس دستورالعمل ضوابط و روش‌های مدیریت اجرایی پسماندهای پزشکی و پسماندهای وابسته، پسماندهای پزشکی در چهار دسته اصلی پسماند عفونی، تیز و برنده، شیمیایی و دارویی و پسماند عادی تقسیم بندی شده است (۶). بر اساس تعریف ارائه شده توسط سازمان جهانی بهداشت (World Health Organization) پسماندهای تیز و برنده یکی از بخش‌های خطرناک پسماند مراکز ارائه خدمات بهداشتی - درمانی محسوب می‌شوند؛ که شامل سرنگ، سوزن، وسایل تزریقات، چاقوی جراحی، تیغ و شیشه‌های شکسته هستند. پسماندهای تیز و برنده پزشکی چه عفونی باشند و چه نباشند معمولاً در گروه پسماندهای بسیار خطرناک (Highly Hazardous) و با پتانسیل عفونی مورد توجه هستند زیرا نه تنها باعث آسیب فیزیکی می‌شوند بلکه در صورت آلوده بودن به پاتوژن‌ها، می‌توانند باعث ایجاد بیماری‌های عفونی شوند (۷). گزارش سازمان جهانی بهداشت نشان می‌دهد سالانه ۲۱ میلیون مورد هیپاتیت B، ۲ میلیون مورد هیپاتیت C و ۲۶۰ هزار مورد ایدز در اثر مواجهه با سرنگ‌های آلوده در سراسر جهان رخ می‌دهد (۵). همچنین کارگران جمع‌آوری کننده پسماند در معرض خطر بالایی از انواع صدمات و عفونت‌ها، از طریق مواجهه با پسماندهای تیز و برنده هستند که ممکن است منجر به انتقال بیماری‌هایی مانند

ایدز و هیپاتیت شود (۸-۱۲). در سال ۲۰۰۹ به علت تجارت غیر قانونی پسماندهای پزشکی (بسته بندی و فروش سوزن‌ها و سرنگ‌های استفاده شده) شیوع بیماری هیپاتیت B در هند منجر به مرگ ۶۰ نفر در اثر استفاده مجدد از وسایل تزریق شده است (۱۳، ۱۴). هر ساله بسیاری از کارکنان بخش‌های مراقبتی بهداشتی بالاخص کارکنان خدمات نظافتی و حمل‌کنندگان پسماند، به جراحات پوستی ناشی از پسماندهای تیز و برنده دچار می‌شوند و این در حالی است که می‌توان با انجام آموزش‌های لازم و مدیریت ایمن این نوع پسماند از این موارد اجتناب نمود (۷).

به استناد دستورالعمل «ضوابط و روش‌های مدیریت اجرایی پسماندهای پزشکی و پسماندهای وابسته» وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی ایران، کلیه پسماندهای تیز و برنده باید در ظروف ایمن (Safety Box) جمع‌آوری و نگهداری شود (۶). ظروف ایمن با هدف محصورسازی اجسام تیز و برنده پزشکی مورد استفاده در بخش‌های بیمارستان‌ها و مراکز درمانی، در جهت خود مراقبتی کارکنان درمان و دیگر مراقبتی افراد جامعه مورد استفاده قرار گرفته است؛ اما به جهت تنش‌های فشار و تراکم که به ظروف ایمن در واحد بی‌خطر سازی پسماند پزشکی بیمارستان‌ها در حین فرایند بی‌خطر سازی و بارگیری با ماشین‌های مکانیزه شهرداری و نیز در محل‌های دفع، توسط زباله‌گردهای سنتی وارد می‌شود، باعث خرد شدن و شکستن این ظروف شده و هدف محصور سازی اجسام تیز و برنده پزشکی دچار مشکل و شکست می‌شود. لذا بکارگیری روشی ایمن و مؤثر جهت مدیریت مستقل پسماندهای تیز و برنده برای بیمارستان‌ها و سایر مراکز ارائه دهنده خدمات بهداشتی - درمانی ضروری است تا آسیب‌های ناشی از این نوع پسماند به حداقل ممکن برسد (۱۵). بر اساس ماده ۶۴ ضوابط و روش‌های مدیریت اجرایی پسماندهای پزشکی و پسماندهای وابسته، بی‌خطر سازی پسماندهای عفونی و تیز و برنده توسط مراکز عمده تولیدکننده پسماند پزشکی ویژه (مانند بیمارستان‌ها) و در شهرهای متوسط و بزرگ باید در

تصفیه‌ای بیشتری نیاز باشد (۱۸). همچنین در دستگاه‌های بی‌خطر ساز با توجه به درصد بالای مواد پلاستیکی در پسماندهای عفونی، فشار و دمای بالا می‌تواند تولید گازهای آلی فرار و سمی زیادی را در پی داشته باشد (۱۹).

پسماندهای تیز و برنده متشکل از سوزن، سرنگ، شیشه شکسته و غیره را می‌توان با بخار استریل کرده و متعاقباً بازیافت کرد (۴، ۲۰). پسماندهای تیز و برنده آلوده به پریون (انواعی از پروتئین‌ها که معمولاً بیماریزا هستند)، باید پس از فرایندهای شیمیایی تحت فشار بالا، سوزانده شده یا توسط پیرولیز تصفیه شوند (۴). در هند اغلب سرنگ‌های پلاستیکی حاوی پلی‌وینیل کلراید (PVC) سوزانده می‌شوند که منجر به انتشار دی‌اکسیدها، فوران‌ها و سایر آلاینده‌های سمی در هوا و یا در خاکستر تولیدی شده و منجر به اثرات نامطلوب قابل توجهی بر سلامتی می‌شود (۲۱). همچنین WHO گزارش کرده است که می‌توان پسماندهای تیز و برنده را پس از اتوکلاو و خردکردن، جهت ساخت وسایل و تجهیزات مفید (نظیر ساخت نیمکت‌های بیمارستان) در بلوک‌های سیمانی کپسوله کرد (۷).

با توجه به اهمیت مدیریت پسماندهای تیز و برنده و پتانسیل آسیب‌زایی این نوع پسماندها، استفاده از فناوری‌های بی‌خطر ساز و کپسوله‌کننده و کاهنده حجم همزمان یکی از نیازهای اساسی به منظور مدیریت پسماندهای پزشکی در بیمارستان‌ها و سایر مراکز ارائه خدمات بهداشتی - درمانی محسوب می‌گردد. لذا جهت حفظ شرایط محصورسازی و کپسوله کردن پسماندهای تیز و برنده با ایجاد پوشش نگهداری پایدار، دستگاه بی‌خطر ساز و کپسوله‌کننده اجسام تیز و برنده پزشکی با بهره‌گیری از امکانات داخلی با کسب مجوز از دستگاه‌های ذیربط (گواهی ثبت اختراع به شماره ۱۰۲۹۸۵ مورخ ۱۳۹۹/۰۹/۰۵ و پروانه تولید از اداره کل تجهیزات پزشکی (IMED) به شماره ۴۹۲۳۲۴۵۹ مورخ ۱۴۰۱/۰۴/۲۹) طراحی و تولید شده است. هدف از این مطالعه معرفی و بررسی کارایی دستگاه بی‌خطر ساز و کپسوله‌کننده پسماندهای تیز و برنده پزشکی است.

محل تولید انجام شود تا مخاطرات ناشی از حمل و نقل و هزینه‌های مربوطه به حداقل برسد (۶).

هدف از بی‌خطر سازی پسماندهای پزشکی، کاهش خطر بالقوه ناشی از این نوع پسماند و تلاش برای حفظ محیط زیست و سلامت افراد جامعه از آسیب و انتقال بیماری‌های عفونی از جمله هیپاتیت و ایدز است.

در مطالعه‌ای که در مراکز بهداشتی و درمانی جنوب تهران در سال ۱۴۰۰ انجام شده است، سرانه وزنی و حجمی تولید پسماند تیز و برنده در این مراکز به ترتیب  $10 \text{ g/d}$  و  $0.1 \text{ L/d}$  تعیین شده است (۳). با تصویب و ابلاغ ضوابط و روش‌های مدیریت اجرایی پسماندهای پزشکی در کشور از سال ۱۳۸۷، بر استفاده از روش‌های تصفیه و بی‌خطر سازی غیرسوز برای بی‌خطر سازی پسماندهای عفونی، تیز و برنده تأکید شده است (۶). در ارتباط با بی‌خطر سازی پسماندهای پزشکی و اهمیت آن مطالعاتی در نقاط مختلف ایران صورت گرفته است؛ مطالعه Eslami و همکاران نشان می‌دهد در بیمارستان‌های دولتی ایران جهت بی‌خطر سازی پسماندهای عفونی و تیز و برنده روش‌های اتوکلاو (۴۰ درصد)، هیدروکللو (۹ درصد)، گرمای خشک (۱۰ درصد) و روش‌های تصفیه شیمیایی (۴۱ درصد) و در بیمارستان‌های خصوصی بیشتر اتوکلاو (۶۵ درصد) به کار گرفته شده است. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که ۱۴/۸ درصد از بیمارستان‌های خصوصی و ۲۴/۲۹ درصد از بیمارستان‌های دولتی فاقد دستگاه بی‌خطر سازی بوده و در این بیمارستان‌ها پسماندهای خطرناک بدون بی‌خطر سازی دفع می‌شوند (۱۶). پایش بیولوژیکی دستگاه‌های بی‌خطر ساز مورد استفاده در بیمارستان‌های شهر ساری نشان می‌دهد که عملکرد این دستگاه‌ها در برخی از روزهای نمونه برداری مؤثر نبوده است (۱۷).

در اتوکلاوها، علاوه بر مشکلات حمل و نقل پسماندهای پزشکی مخلوط یا اقلام بزرگ و حجیم، به دلیل ظاهر تصفیه نشده پسماندهای اتوکلاو شده که شامل هزینه‌های بالا و اثرات نامطلوب محیط زیستی نیز می‌شود، ممکن است به روش‌های

## مواد و روش‌ها

این پژوهش یک مطالعه موردی به منظور معرفی و بررسی کارآیی دستگاه بی‌خطر ساز و کیسوله کننده اجسام تیز و برنده پزشکی است.

### – معرفی دستگاه

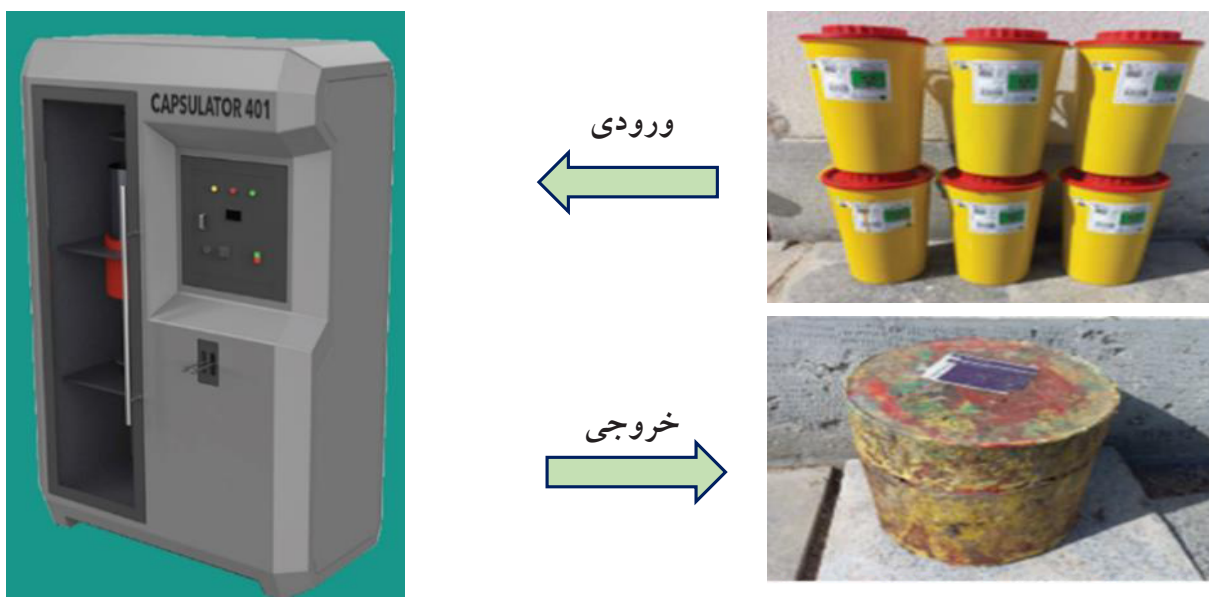
ابعاد دستگاه بی‌خطر ساز و کیسوله کننده پسماندهای تیز و برنده پزشکی به این شرح است: ارتفاع ۲۲۰ cm، پهنا ۱۳۰ cm، عرض ۶۰ cm، وزن ۴۰۰ kg (مجهز به چرخ حمل و نقل). دستگاه مجهز به تجهیزات کنترل تنظیم دما و صفحه نمایش دیجیتال جهت نشان دادن تغییرات دما است. طول عمر دستگاه حدود ۲۰ سال بدون نیاز به تعمیرات اساسی برآورد شده است. تعمیرات جزئی شامل تعویض کمر بند المنت، تعویض فیوزها و الکترو موتور (۳ اسب بخار، برق ۳ فاز) است که به راحتی در هر مکان با وجود نیروی آشنا به برق صنعتی قابل تعمیر و تعویض قطعه است. جنس اسکلت و پوشش دستگاه فلز فولاد است که دارای مجموعه کامل هیدرولیکی و مجهز به شیر فشار شکن قابل تنظیم تا ۱۲۰ bar فشار مجهز به صفحه نمایش و عقربه نمایش فشار است. همچنین محل خروجی گاز دستگاه، مجهز به فیلتر کربنی جهت کنترل گازهای خروجی است.

دستگاه بی‌خطر ساز و کیسوله کننده، از طریق حرارت غیرمستقیم با المنت صنعتی (از جنس سرامیک با پوشش استیل) بکار رفته در طراحی آن، پلاستیک ظروف ایمن و پلاستیک سرنگ در محفظه بی‌خطر ساز، با ایجاد بلوکی پایدار و بی‌خطر که از مجموع ظروف ایمن، سرنگ و اجسام تیز و برنده درهم تنیده تشکیل شده است، در یک مجموعه کم حجم‌تر اما چگال‌تر تولید فوم پلاستیک می‌کند و تغییر شکل ظرف و سرنگ از حالت جامد به شکل خمیر پلاستیک/ فوم پلاستیک را فراهم می‌کند. این دستگاه به گونه‌ای طراحی شده است

که فرایند بی‌خطر سازی با قرار گرفتن ظروف ایمن به همراه محتویات آن تحت تأثیر حرارت غیرمستقیم در دمای ۱۹۰ °C تا ۲۷۰ °C به مدت ۶ min به انجام می‌رسد.

### – روش کار دستگاه

روش کار دستگاه به این صورت است که ظروف ایمن بدون تغییر شکل در داخل محفظه تعبیه شده قرار داده می‌شود، سپس درب محفظه بسته شده و از طریق المنت صنعتی که به شکل کمر بندی به عرض ۳۰ cm و طولی به اندازه قطر لوله فور که معمولاً ۶۰ تا ۷۰ است، ذوب شدن پلاستیک از دمای ۱۷۰ °C آغاز شده و تا دمای ۲۷۰ °C کلیه مواد پلاستیکی ظروف و سرنگ‌های داخل ظرف تبدیل به حالت خمیری شده و فوم پلاستیک تشکیل می‌شود. با اجرای فرمان اپراتور دریچه کف فور باز شده و مواد مذاب با نیروی ثقل خود به داخل محفظه کیسول ساز تخلیه می‌گردد؛ که بلافاصله و بدون افت دمایی از طریق حرکت پیستون، جک پرس هیدرولیک با تزریق فوم پلاستیک به همراه اجسام تیز و برنده، سرسوزن و تیغ‌های جراحی به علت تفاوت چگالی فلز، باعث محصور نمودن و ایجاد کیسولی با پوشش حفاظت نگهداری پایدار با مقاومتی به مراتب بیشتر نسبت به حالت اولیه سبب محصور سازی اجسام تیز و برنده از فوم حاصل از پلاستیک همراه می‌شود که این شیوه آسان‌ترین تکنولوژی ایمن محصور سازی و کیسوله کردن اجسام تیز و برنده پزشکی بدون صرف هزینه اضافی است و دیگر تحت شرایط نامناسب بارگیری و حمل و نقل در ماشین‌های مکانیزه حمل پسماند شهرداری، این اجسام از بسته فشرده شده جدا نگردیده و اثر آسیب رسانی و جراحت برای محیط و کار نخواهد داشت و گامی مؤثر در جهت توسعه سلامت امن در کشور خواهد بود. شمایی از دستگاه و ورودی و خروجی آن در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- شمایی از دستگاه کپسولاتور، ورودی و خروجی دستگاه

ظرفیت کاری دستگاه

مطالعه (جدول ۲) استفاده شده است، در یک ساعت کارکرد تعداد ۶ عدد ظرف ایمن ۵ L یا تعداد ۴ عدد ظرف ۷ L و یا تعداد ۲ عدد ظرف ۱۲ L حاوی پسماندهای تیز و برنده پزشکی توسط این دستگاه بی‌خطر سازی و کپسوله شده است.

در جدول ۱ میزان تولید پسماندهای تیز و برنده در بیمارستان های شهر زاهدان و چابهار در سال ۱۴۰۱ به تفکیک ماه (بر حسب kg) ارائه شده است. با توجه به حجم و ابعاد ظروف ایمنی که در واحد بی‌خطر سازی بیمارستان‌های مورد

جدول ۱- میزان تولید پسماند تیز و برنده در بیمارستان‌های مورد مطالعه در سال ۱۴۰۱ به تفکیک ماه (بر حسب kg)

تولید پسماندهای تیز و برنده (kg)												بیمارستان مورد مطالعه
اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	
۸۵۱	۸۷۲	۸۸۵	۸۵۹	۹۰۹	۶۹۹	۷۰۱	۸۱۷	۶۷۲	۷۰۹	۷۰۶	۵۸۵	بیمارستان شهر زاهدان
۴۳۵	۴۱۰	۴۳۶	۴۳۰	۴۴۰	۳۸۵	۴۱۰	۴۱۲	۳۸۰	۴۰۵	۳۹۰	۳۷۵	بیمارستان شهر چابهار

## جدول ۲- بررسی کارکرد دستگاه بی‌خطر ساز و کپسوله کننده پسماندهای تیز و برنده پزشکی

بیمارستان مورد مطالعه	تعداد تخت فعال	تعداد ظروف ایمن مصرف شده در یک شبانه روز کار بیمارستان	کارکرد دستگاه بر حسب ساعت	کارکرد دستگاه
بیمارستان شهر زاهدان	۵۰۰	۲۵ ظرف L ۷	۷ ساعت	یک سال
بیمارستان شهر چابهار	۱۸۰	۱۵ ظرف L ۷	۴ ساعت	۲ سال

### نمونه برداری از گازهای خروجی دستگاه

فرایند بی‌خطر سازی و کپسوله کردن پسماندهای تیز و برنده با توجه به جنس ظروف ایمن که از مواد پلیمری مقاوم (مانند پلی پروپیلن) ساخته می‌شوند و نیز فشار و دمای بالای فرایند، می‌تواند تولید گازهای آلی فرار زیادی را در پی داشته باشد. به همین منظور، روش NIOSH 1501 که برای اندازه گیری ترکیبات آلی فرار موجود در هوا مورد استفاده قرار می‌گیرد، به کار گرفته شد (۲۲). جهت نمونه برداری از هوای خروجی دستگاه از پمپ SKC نمونه بردار فردی و تیوب‌های جاذب کربن فعال استفاده گردید. پس از اتمام نمونه برداری درپوش تیوب‌ها قرار داده شد و فوراً به آزمایشگاه منتقل و تا زمان آزمایش در دمای کمتر از  $4^{\circ}\text{C}$  نگهداری شد. نمونه‌ها پس از جمع آوری ترکیبات آلی فرار مورد نظر به وسیله ۱ mL حلال دی‌سولفیدکربن به کمک حمام اولتراسونیک از روی جاذب استخراج شدند. نمونه‌ها پس از آماده سازی به دستگاه کروماتوگرافی گازی- اسپکترومتری جرمی (GC-MS) تزریق شدند و اندازه گیری کمی و کیفی روی این ترکیبات انجام شد. در این مطالعه از دستگاه مستقر در بیمارستان شهر زاهدان ۲۰ نمونه با توالی هفتگی گرفته شد.

### نمونه برداری از نمونه پسماند خروجی دستگاه

با توجه به اینکه در دستورالعمل پایش سیستم‌های بی‌خطر ساز مصوب ۱۳۹۰ وزارت بهداشت، پایش فیزیکی عملکرد این دستگاه‌ها و کنترل کیفیت میکروبی پسماندهای خروجی از

آنها لحاظ شده است در این مطالعه پسماند خروجی دستگاه بررسی شد. اسپوره‌های باکتری باسیلوس استئاروترموفیلوس (*Bacillus stearotherophilus*) به دلیل مقاومت در برابر رطوبت بالا و دمای بالا، به عنوان شاخص‌های (Indicators) بیولوژیکی برای فرایند بی‌خطر سازی کاربرد دارند (۲۳). کاهش به مقدار ۱۰ به توان ۶ یا به اصطلاح Log ۶ در اسپوره‌های باکتری باسیلوس استئاروترموفیلوس لازم است تا فرایند بی‌خطر سازی معتبر باشد (۲۴).

با توجه به دستورالعمل "ارزیابی عملکرد و پایش میکروبی، شیمیایی و مکانیکی دستگاه‌های غیرسوز بی‌خطر ساز پسماند" ویال شاخص بیولوژیک اسپوره‌های باکتری باسیلوس استئاروترموفیلوس در دستگاه قرار داده شد و پس از پایان فرایند، اندیکاتور بیولوژیک به آزمایشگاه منتقل و به مدت ۴۸-۲۴ h در دمای  $56^{\circ}\text{C}$  انکوباسیون شد. لازم به ذکر است پس از پایان زمان انکوباسیون عدم تغییر رنگ، نشان دهنده از بین رفتن باسیلوس استئاروترموفیلوس و صحت عملکرد بی‌خطر سازی دستگاه است (۲۵). در این مطالعه از بیمارستان‌های مذکور به مدت سه ماه و در هر ماه ۴ نمونه برداری انجام شد.

### یافته‌ها

کاهش حجم پسماندهای تیز و برنده بررسی نتایج حاصل از ظرفیت کاری دستگاه بی‌خطر ساز و

آنالیز گازهای خروجی و بی‌خطر سازی دستگاه در جدول ۳ نتایج حاصل از آنالیز گازهای خروجی از دستگاه و مقایسه آنها با حدود مجاز ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که خروجی دستگاه از لحاظ تولید گازهای BTEX (بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن) و سایر گازهای آلی فرار در حدود مجاز بوده است.

کپسوله کننده نشان می‌دهد که این دستگاه قادر است حجم ظروف ایمن را تا ۸۰ درصد کاهش دهد. به عنوان مثال ظرف ایمن ۷ L با ارتفاع ۲۷ cm پس از فرایند بی‌خطر سازی و کپسوله کردن توسط دستگاه، به ارتفاع ۴ cm تغییر شکل می‌دهد. این کاهش ارتفاع، کاهش حجم چشمگیری را در پی داشته و یکی از مزایای عمده این دستگاه به شمار می‌آید.

جدول ۳- میانگین غلظت آلاینده‌های شیمیایی (BTEX و سایر گازهای آلی فرار) خروجی از دستگاه و مقایسه آنها با حدود مجاز

نوع آلاینده	مقدار متوسط غلظت آلاینده (برحسب ppm)	حدود مجاز مواجهه TLV-TWA (برحسب ppm) (۲۶)
بنزن	۰/۰۴±۰/۰۱	۰/۵
تولوئن	۰/۰۳۳±۰/۰۰۷	۲۰
اتیل بنزن	۰/۰۲۹±۰/۰۰۶	۲۰
گزیلن	۰/۰۲۹±۰/۰۰۷	۱۰۰
استایرن	۰/۰۲۹±۰/۰۰۶	۲۰
تری کلرو اتیلن	۰/۰۲۳±۰/۰۰۷	۱۰
هگزان نرمال	۰/۰۳۵±۰/۰۰۱	۵۰
اکتان	۰/۰۲۷±۰/۰۰۶	۳۰۰
نونان	۰/۰۲۴±۰/۰۰۹	۲۰۰
دکان نرمال	۰/۰۲۱±۰/۰۰۴	۴۵
تترا کلرواتیلن	۰/۰۱۸±۰/۰۰۳	۲۵
کلروفرم	۰/۰۲۵±۰/۰۰۵	۱۰
متیل مرکاپتان	ND	۰/۵
اتیلن اکساید	ND	۱
ان بوتان و ایزوبوتان	ND	۱۰۰۰

مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج کشت همه نمونه‌های پسماند خروجی منفی بود. نتایج نشان داد که کاهش بار میکروبی ۹۹/۹۹۹۹ (۶ Log) بوده و لذا فرایند بی‌خطر سازی قابل قبول بوده است.

جهت اطمینان از صحت کارایی بی‌خطر سازی دستگاه و عدم مخاطره آمیز بودن پسماند خروجی از دستگاه برای محیط زیست، انسان، حیوانات، خاک و آب‌های سطحی و زیرزمینی، پایش بیولوژیکی باکتری شاخص باسیلوس استرئوترموفیلوس

## بحث

زبان‌های اقتصادی و محیط زیستی ناشی از عدم مدیریت صحیح پسماندهای پزشکی در مناطق شهری، افزایش روز افزون پسماندهای پزشکی بخصوص در شهرهای بزرگ و صرف هزینه‌های گزاف به منظور جمع‌آوری و دفع آنها، لزوم انجام اقدامات مؤثر و اساسی را در زمینه کنترل پسماندهای پزشکی روشن می‌سازد (۲، ۲۷). مطالعات نشان داده است که اکثر پسماندهای پلاستیکی پزشکی، این پتانسیل را دارند که در صنعت پتروشیمی به عنوان ماده اولیه جهت تولید پلاستیک‌های جدید یا سوخت‌های تصفیه‌شده بازیافت شوند (۲۰). به طور کلی، اثرات محیط زیستی و خطرات بهداشتی مرتبط با پسماندهای پزشکی و همچنین کاستی‌های روش‌های دفع فعلی، تقاضا برای استراتژی‌های بازیافت و استفاده مجدد را به عنوان بخشی از مدیریت این نوع پسماند افزایش داده است. علاوه بر این، عوامل دیگری مانند کاهش اتکاء به منابع طبیعی، بهبود دسترسی به محصولات پزشکی و بهبود منافع اقتصادی بخش‌های بهداشتی، انگیزه استفاده از این رویکردها را فراهم می‌کند (۲۸). روش کپسوله کردن و محصورسازی در راهنمای مدیریت پسماندهای شیمیایی و دارویی در مراکز بهداشتی و درمانی، آسان‌ترین تکنولوژی برای دفن ایمن پسماندهای نوک تیز و برنده معرفی شده است (۲۹). با توجه به اهمیت مدیریت پسماندهای تیز و برنده و پتانسیل آسیب‌زایی این نوع پسماندها، استفاده از فناوری‌های بی‌خطر ساز و کپسوله کننده و کاهنده حجم همزمان یکی از نیازهای اساسی به منظور مدیریت پسماندهای پزشکی در بیمارستان‌ها و سایر مراکز ارائه خدمات بهداشتی - درمانی محسوب می‌گردد. براساس مطالعات انجام شده در سایر کشورها امکان بازیافت پسماندهای تیز و برنده پزشکی جهت جلوگیری از دفن این نوع پسماندها در زمین (دفن در سلول بهداشتی) و یا سوزاندن (و در نتیجه آلودگی هوا) مطالعه و گزارش شده است (۴، ۲۰). در کشور هند پسماندهای تیز و برنده در ظروف ایمن مقوایی جمع‌آوری شده و سپس در زباله سوزهای کوچک سوزانده می‌شوند که به دلیل

آلودگی هوای ناشی از سوزاندن و نیز عمر کوتاه زباله سوزهای آجری، روش‌های دیگری مانند استفاده از سوزن برش‌های مکانیکی یا سوزن گیر برقی، خرد کردن بخش‌های پلاستیکی بی‌خطر شده، دفن قطعات فلزی در چاهک‌های مخصوص و نیز ذوب مجدد پلاستیک‌ها برای بازیافت به کار گرفته شده است (۷). با توجه به اینکه روش کپسوله کردن و محصورسازی، آسان‌ترین تکنولوژی برای دفن ایمن پسماندهای نوک تیز و برنده معرفی شده است و نیز به موجب ماده ۷۲ "ضوابط و روش‌های مدیریت اجرایی پسماندهای پزشکی و پسماندهای وابسته"، واحدهای تولید کننده پسماند پزشکی با تغییر فناوری و روی کار آمدن فناوری‌های نو، موظف به بررسی کارآیی این فناوری‌ها و در صورت تأیید، استفاده از آنها به جای روش‌های قدیمی تر هستند (۶)، لذا می‌توان با معرفی روش‌های نوین جهت اصلاح قانون‌های مصوب اقدام نمود.

خروجی دستگاه بی‌خطر ساز و کپسوله کننده از لحاظ تولید گازهای BTEX (بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن) و سایر گازهای آلی فرار در حدود مجاز بوده است و بررسی نتایج حاصل از پایش بیولوژیکی نشان داد که فرایند بی‌خطر سازی به خوبی انجام شده است. از مزایای دستگاه بی‌خطر ساز و کپسوله کننده پسماندهای تیز و برنده پزشکی می‌توان به کاهش حجم پسماندهای تولیدی، تولید کپسوله‌ها و در نهایت استفاده از کپسوله‌ها در پیرولیز/ بازیافت پلاستیک در صنعت اشاره کرد. پیرولیز یک فرایند حرارتی شیمیایی امید بخش جهت مدیریت پسماندهای پزشکی است، زیرا در مقایسه با سایر فرایندهای حرارتی آلودگی محیط زیستی کمتر و ردپای کربن (Carbon footprint) کمتری را فراهم می‌کند و هیچ الزامی برای جداسازی اولیه پسماندهای پلاستیکی مختلف قبل از پیرولیز وجود ندارد (۲۸، ۳۰). با به کارگیری این فرآیند می‌توان انواع مختلف پسماندهای پزشکی را به محصولات شیمیایی با ارزش افزوده و بازدهی بالا تبدیل کرد (۷). در مطالعه‌ای سرنگ‌های مصرف شده از جنس پلی‌پروپیلن (PP) در یک راکتور نیمه بسته (Semi Batch) از طریق فرایند



روش بی‌خطر ساز و کپسوله کننده دارای مزایای زیر است؛  
\_ کاهش ۸۰ درصدی حجم اجسام تیز و برنده و پلاستیکی در فرایند کپسوله سازی،  
\_ حفظ ایمنی و سلامت محیط و کارکنان،  
\_ ایجاد رویه مطمئن در کنترل مخاطرات پسماندهای تیز و برنده در جهت توسعه سلامت امن کشور.  
با توجه به استفاده از این دستگاه نوآورانه، فناورانه و بومی در واحد بی‌خطر سازی دو بیمارستان در شهرهای زاهدان و چابهار و نتایج رضایت بخش از خروجی دستگاه جهت دستیابی به اهداف محیط زیستی از جمله کاهش حجم پسماند و ارتقاء سلامت، ترویج استفاده از این دستگاه در سایر بیمارستان‌های کشور به عنوان روشی مؤثر توصیه می‌گردد.

### ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

پیرولیز بازیافت شدند و نتایج نشان داد که روغن پیرولیتیک حاصله حاوی آلکان‌ها، آلکن‌ها و حلقه‌های معطر بوده و خواص فیزیکی آن نزدیک به سوخت دیزل و ترکیب بنزین است (۳۱).

### نتیجه‌گیری

با ارتقاء روش‌های بی‌خطر سازی و بازیافت پسماندهای پزشکی نگرانی‌های محیط زیستی و بهداشتی در خصوص افزایش سریع تولید پسماندهای پزشکی و معایب روش‌های فعلی را می‌توان برطرف نمود. هدف از ساخت دستگاه بی‌خطر ساز و کپسوله کننده پسماندهای تیز و برنده پزشکی، بهره‌گیری از استراتژی مدیریت سبز برای بیمارستان‌های کشور است؛ این که کارآیی اقتصادی در کنار کارآیی محیط زیستی مطرح شده و در عین توجه جدی به مقوله اقتصاد، محیط زیست نیز مورد توجه قرار گیرد و با بکارگیری ابزارها و روش‌های بهره‌وری سبز، آلاینده‌های محیط زیستی ناشی از فرآیند ارائه خدمات به حداقل ممکن برسد.

## References

1. Ishtiaq P, Khan SA, Haq M-u. A multi-criteria decision-making approach to rank supplier selection criteria for hospital waste management: A case from Pakistan. *Waste Management & Research*. 2018;36(4):386-94.
2. Bamakan SMH, Malekinejad P, Ziaecian M. Towards blockchain-based hospital waste management systems; applications and future trends. *Journal of Cleaner Production*. 2022:131440.
3. Kousha E, Sepehrnia B, Bidgolian A. Survey Quantity and Quality of Solid Waste in Health-Care Centers in South of Tehran. *Environment and Interdisciplinary Development*. 2021;6(71):1-10.(in Persian)
4. Ali M, Wang W, Chaudhry N, Geng Y. Hospital waste management in developing countries: A mini review. *Waste Management & Research*. 2017;35(6):581-92.
5. Safe health-care waste management: World Health Organization; 2007. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-SDE-WSH-4.12>.
6. Education MoHaM. Criteria and methods of executive management of medical waste and related waste. Ministry of Health and Medical Education. 2008; (in Persian).

7. Chartier Y. Safe management of wastes from health-care activities: World Health Organization; 2014.
8. Rachiotis G, Papagiannis D, Markas D, Thanasias E, Dounias G, Hadjichristodoulou C. Hepatitis B virus infection and waste collection: prevalence, risk factors, and infection pathway. *American Journal of Industrial Medicine*. 2012;55(7):650-5.
9. Belachew YB, Lema TB, Germossa GN, Adinew YM. Blood/body fluid exposure and needle stick/ sharp injury among nurses working in public hospitals; Southwest Ethiopia. *Frontiers in Public Health*. 2017;5:299.
10. Lin J, Gao X, Cui Y, Sun W, Shen Y, Shi Q, et al. A survey of sharps injuries and occupational infections among healthcare workers in Shanghai. *Annals of Translational Medicine*. 2019;7(22).
11. Corrao CRN, Del Cimmuto A, Marzuillo C, Paparo E, La Torre G. Association between waste management and HBV among solid municipal waste workers: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *The Scientific World Journal*. 2013;2013.
12. Ansari-Moghaddam A, Ansari H, Khosravi S, Sanei-Moghaddam E, Mohammadi M, Alavian SM, et al. The prevalence of hepatitis B virus among municipal solid waste workers: necessity for immunization of at-risk groups. *Hepatitis Monthly*. 2016;16(3).
13. Solberg KE. Trade in medical waste causes deaths in India. *The Lancet*. 2009;373(9669):1067.
14. Giakoumakis G, Politi D, Sidiras D. Medical waste treatment technologies for energy, fuels, and materials production: A review. *Energies*. 2021;14(23):8065.
15. Hajivandi A, Ramavandi B, Rezaeeshiri A, Ahmadi B. A survey on the sharp and cutting wastes injury in nurses of the Bushehr city hospitals in the year 1392. *Nursing And Midwifery Journal*. 2015;13(6):490-7.
16. Eslami A, Nowrouz P, Sheikholeslami S. Status and challenges of medical waste management in hospitals of Iran. *Civil Engineering Journal*. 2017;3(9):741-8.
17. Gorgani J, Nabizadeh R, Gholami M, Pasalari H, Yegane Badi M, Farzadkia M, et al. Hospital wastes management in Mazandaran Province with emphasis on genotoxic waste management. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2019;12(3):351-64.(in Persian)
18. Windfeld ES, Brooks MS-L. Medical waste management—A review. *Journal of Environmental Management*. 2015;163:98-108.
19. Farzadkia M, Gholami H, Esrafil A, Farshad A, Kermani M. Study of the volatile organic compounds (VOCs) in the exhaust air from low heat sterilizer devices of four hospitals in Tehran. *Iran Occupational Health*. 2014;11(1).(in Persian)
20. Joseph B, James J, Kalarikkal N, Thomas S. Recycling of medical plastics. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*. 2021;4(3):199-208.
21. Organization WH. Safe management of bio-medical sharps waste in India. WHO Regional Office for South-East Asia, 2005.
22. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM): 4th edition. Hydrocarbons, Aromatic. Method 1501; 2003.
23. Huesca-Espitia LdC, Suvira M, Rosenbeck K, Korza G, Setlow B, Li W, et al. Effects of steam autoclave treatment on *Geobacillus stearothermophilus* spores. *Journal of Applied Microbiology*. 2016;121(5):1300-11.
24. Yaman C. Application of sterilization process

- for inactivation of *Bacillus stearotherophilus* in biomedical waste and associated greenhouse gas emissions. *Applied Sciences*. 2020;10(15):5056.
25. Saeb K, Kardar S, Salehi F, Alidoust S. Assessment of Hospital Waste Management system with focus on disinfection method. *Journal of Environmental Science and Technology*. 2017;19(3):113-27.
26. ACGIH. ACGIH Data Hub-. Available online: <https://www.acgih.org/data-hub-2022/>. 2023;(accessed on 31 January 2023).
27. De Feo G, Ferrara C, Finelli A, Grosso A. Environmental and economic benefits of the recovery of materials in a municipal solid waste management system. *Environmental Technology*. 2019;40(7):903-11.
28. Kheirabadi S, Sheikhi A. Recent advances and challenges in recycling and reusing biomedical materials. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*. 2022:100695.
29. A Guide to Chemical and Pharmaceutical Waste Management in Healthcare Facilities: Ministry of Health and Medical Education. Deputy of Public Health; 2016.
30. Aragaw TA, Mekonnen BA. Current plastics pollution threats due to COVID-19 and its possible mitigation techniques: a waste-to-energy conversion via Pyrolysis. *Environmental Systems Research*. 2021;10:1-11.
31. Dash A, Kumar S, Singh R. Thermolysis of medical waste (waste syringe) to liquid fuel using semi batch reactor. *Waste and Biomass Valorization*. 2015;6:507-14.



Available online: <https://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



## Investigating the efficiency of disinfecting and encapsulating device for medical sharps waste

Fatemeh Momeniha<sup>1</sup>, Mohammad Kouhkan<sup>2</sup>, Hoda Safamanesh<sup>3</sup>, Parviz Yarahmadzahi<sup>4</sup>, Mohammad Osman Khodayari<sup>5</sup>, Ali Mohammadi<sup>6</sup>, Amir Hossein Mahvi<sup>1,7,\*</sup>

1- Center for Solid Waste Research (CSWR), Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Iran

2- Imam Ali Hospital, Iranshahr University of Medical Sciences, Iranshahr, Iran

3- Imam Ali Research Hospital, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran

4- Chabahar Health Care System, Chabahar, Iran

5- Vice President of Health, Iranshahr University of Medical Sciences, Iranshahr, Iran

6- Environmental and Occupational Health Center, Ministry of Health and Medical Education, Tehran, Iran

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

### ARTICLE INFORMATION:

**Received:** 24 April 2023

**Revised:** 20 June 2023

**Accepted:** 24 June 2023

**Published:** 17 September 2023

### ABSTRACT

**Background and Objective:** Due to the importance of managing medical sharps waste and the potential harm caused by these types of waste, the use of safe technologies that simultaneously encapsulate and reduce their volume is considered one of the essential needs for managing medical waste in hospitals and other healthcare facilities. The main objective of this study was to investigate the efficiency of disinfecting and encapsulating device for medical sharps waste.

**Materials and Methods:** This device provides the process of containment and encapsulation of medical sharps waste by creating a stable protective foam without oxidation through inductive heat in a closed environment, preventing the dispersion and release of these wastes. Gas samples from the device's output were collected using the NIOSH 1501 method and analyzed using GC-MS. The performance efficiency of the device was evaluated based on the biological monitoring of the indicator bacterium *Bacillus stearothermophilus*.

**Results:** The results showed that the average concentration of BTEX gases (benzene, toluene, ethylbenzene, and xylenes) and other volatile organic compounds in the device's output was within the permissible limit. The concentrations of Benzene, Toluene, Ethylbenzene and Xylene gases were 0.04, 0.033, 0.029, and 0.029 ppm, respectively. The results of biological monitoring showed that the reduction of the microbial load was 9999.99 (Log 6) and the decontamination process was acceptable.

Additionally, this device has the advantage of reducing the volume of sharp and plastic objects during the encapsulation process, which can be further used in plastic pyrolysis/recycling industries.

**Conclusion:** It is hoped that by using this innovative and domestic device in the decontamination units of hospitals across the country, we can take an effective step towards improving medical waste management, reducing waste production, reducing hospital costs, and preserving and enhancing the country's health.

**Keywords:** Medical wastes, Sharps waste, Disinfection, Encapsulation

**\*Corresponding Author:**  
ahmahvi@yahoo.com

Please cite this article as: Momeniha F, Kouhkan M, Safamanesh H, Yarahmadzahi P, Khodayari MO, Mohammadi A, et al. Investigating the efficiency of disinfecting and encapsulating device for medical sharps waste. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2023;16(2):245-56.

