

## Comparison and Prioritization of the Different Disinfection Methods of Infectious Wastes

### ABSTRACT

**Background and Aim:** There are various methods for the disinfection of infectious wastes, which are of great importance due to their health and environmental risks potential and there are different insights about their management in Iran. Hence, the aim of this study was to survey the various aspects of disinfection methods of infectious wastes based on the environmental health specialist insights.

**Materials and methods:** For performing this study, a questionnaire was prepared and the opinions of the specialists were gathered about five disinfection and disposal methods of infectious wastes, and finally the data were analyzed. Moreover, the preferences of the specialists for selecting each method were also asked based on nine various aspects.

**Results:** It was found that health issues received the highest priority (with 26% of desirability) from the specialists in selecting the method, while the lowest priority was assigned for financial issues (with 8% of desirability) and political acceptability (with 6% of desirability). Environmental health specialists believed that autoclaving and waste incinerating with 77.8% and 44.1% of desirability, respectively, are the most favorable and undesirable methods for disinfection of the infectious wastes. The results showed that the disinfection is a top priority for the specialists, and with respect to the current situation, they did not make any significant difference between on-site and ex-situ disinfection methods, which is reflected in the scores of 3.65 and 3.72 for these two scenarios.

**Conclusion:** Overall, health aspects have the most important priority in the management of infectious wastes. Therefore, autoclaving and microwaving are the most appropriate methods for the disinfection of such wastes. Landfilling and incineration were not suggested for the disposal or treatment of infectious wastes.

**Keywords:** Infectious waste, Hospital waste, Health center, Disinfection, Environmental health

#### Javad Torkashvand

Research Center for Environmental Health Technology, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

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

#### Mehdai Farzadkia

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

#### Ahmad Jonidi Jafari

\* Research Center for Environmental Health Technology, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. (Corresponding Author): Email: ahmad\_jonidi@yahoo.com,

#### Mohsen Heidari

Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran

#### Ahmad Ghalkhanbaz

Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan

Received: 2019/06/15

Accepted: 2019/11/20

**Document Type:** Research article

► **Citation:** Torkashvand J, Farzadkia M, Jonidi Jafari A, Heidari M, Ghalkhanbaz A. Comparison and Prioritization of the Different Disinfection Methods of Infectious Waste. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Fall 2019;5 (3): 194-204.

## مقایسه و اولویت‌بندی روش‌های مختلف بی‌خطر سازی پسماندهای عفونی

### چکیده

زمینه و هدف: روش‌های متعددی برای مدیریت پسماندهای عفونی که دارای پتانسیل خطر سلامت و محیط زیست است، وجود دارد که در ایران نگرش‌های مختلفی به آنها وجود دارد. مطالعه حاضر با هدف بررسی این نگرش‌ها و معرفی اولویت‌های متخصصان بهداشت محیط در بی‌خطر سازی پسماند عفونی انجام شد.

مواد و روش‌ها: برای انجام این مطالعه یک پرسشنامه تهیه شد و نظرات متخصصان در مورد ۵ روش بی‌خطر سازی و دفع نهایی پسماندهای عفونی جمع‌آوری شد و در نهایت داده‌ها تحلیل شدند. همچنین سهم اولویت‌های این متخصصان در انتخاب هر یک از این روش‌ها در ۹ جنبه مختلف مورد سؤال قرار گرفت.

یافته‌ها: مسائل بهداشتی (با ۲۶٪ مطلوبیت) بالاترین اولویت را نزد متخصصان در انتخاب روش داشت، در حالی که کمترین اولویت به مسائل مالی (با ۸٪ مطلوبیت) و مقبولیت سیاسی (با ۶٪ مطلوبیت) اختصاص یافت. متخصصان بهداشت محیط استفاده از اتوکلاو و زباله‌سوز را به ترتیب با ۷۷/۸٪ و ۴۴/۱٪ مطلوبیت به ترتیب مطلوب‌ترین و نامطلوب‌ترین روش دانستند. نتایج نشان داد متخصصان در شرایط کنونی تفاوت چندانی بین بی‌خطر سازی در محل و بی‌خطر سازی متمرکز قائل نشدند که این موضوع در امتیازات ۳/۶۵ و ۳/۷۲ برای این دو حالت منعکس شده است.

نتیجه‌گیری: جنبه‌های بهداشتی مهم‌ترین اولویت در مدیریت پسماند عفونی هستند. بنابراین اتوکلاو کردن و مایکروویو کردن، مناسب‌ترین روش‌ها برای بی‌خطر سازی این نوع پسماند هستند. استفاده از زباله‌سوز و دفن در زمین برای مدیریت و تصفیه پسماند عفونی پیشنهاد نمی‌شود.

کلید واژه‌ها: بهداشت محیط، بی‌خطر سازی، پسماند پزشکی، پسماند عفونی، مراکز درمانی

#### جواد ترکاشوند

دکتری بهداشت محیط، مرکز تحقیقات تکنولوژی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

دکتری، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

#### مهدی فرزادکیا

استاد بهداشت محیط، مرکز تحقیقات تکنولوژی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

#### احمد جنیدی جعفری

✳ استاد بهداشت محیط، مرکز تحقیقات تکنولوژی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

(نویسنده مسئول): پست الکترونیک:

ahmad\_jonidi@yahoo.com

#### محسن حیدری

استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.

#### احمد قلیخان‌باز

کارشناس، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۲۹

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

◀ **استناد:** ترکاشوند ج، فرزادکیا م، جنیدی جعفری الف، حیدری م، قلیخان‌باز الف. مقایسه و اولویت‌بندی روش‌های مختلف بی‌خطر سازی پسماندهای عفونی. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. تابستان ۱۳۹۸؛ ۵: (۳): ۱۹۴-۲۰۴.

## مقدمه

روند افزایش پسماند پزشکی در دنیا با افزایش دسترسی مردم به امکانات پزشکی و تمایل به استفاده از خدمات کامل تر پزشکی به ویژه در کشورهای توسعه یافته رو به افزایش است. پیچیدگی و ضرورت مدیریت پسماند پزشکی همزمان با افزایش جمعیت در جهان و افزایش نیازهای پزشکی رو به رشد بوده است (۱). پسماندهای پزشکی در دهه های اخیر با توجه به پتانسیل آن در ایجاد تأثیرات منفی بر بیماران، کارکنان بخش پسماند، سلامت عمومی، جامعه، اکوسیستم و محیط زیست، از اهمیت بالایی برخوردار شده است (۲، ۳). در طی سال های اخیر توجه به دفع این نوع پسماند افزایش یافته است و ایجاد سیستم های بی خطر سازی و دفع نهایی برای پسماندهای بیمارستانی، به یک ضرورت تبدیل شده است (۳). طبق تعریف سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، زباله های بیمارستانی به هر ماده زائد تولید شده در مراکز درمانی مانند بیمارستان، کلینیک، آزمایشگاه ها و غیره اطلاق می شود و سازمان جهانی بهداشت پسماند عفونی را به هر پسماند مشکوک به آلودگی با پاتوژن (باکتری، قارچ، ویروس و انگل) به مقدار و کیفیتی که بتواند ایجاد بیماری کند، تعریف کرده است (۳). سازمان جهانی بهداشت در یک دسته بندی کلی پسماندهای پزشکی را پسماندهایی ناشی از فرآیند تشخیص، درمان و ایمن سازی انسان و حیوانات عنوان کرده است. سازمان جهانی بهداشت برآورد می کند حدود ۲۰٪ از این پسماندها را به واسطه خواصی مانند عفونی بودن، سمیت و رادیواکتیویته، بتوان در گروه پسماندهای خطرناک دسته بندی کرد (۱). پسماند پزشکی در دو گروه کلی پسماند عمومی و پسماند ویژه طبقه بندی می شود که پسماندهای عفونی در گروه پسماندهای ویژه و نیازمند مدیریت ویژه و دارای قدرت بیماری زا می هستند (۴).

در کشور ایالات متحده سالانه ۳/۵ میلیون تن پسماند پزشکی تولید می شود که مبلغ ۷۹۰ دلار برای دفع هر تن از آن هزینه می شود (۱). در بسیاری از کشورهای دنیا سالانه حجم

زیادی پسماند در مراکز بهداشتی تولید می شود که برای دفع نهایی آنها باید چاره ای اندیشید. به طور نمونه در ایالات متحده آمریکا سالانه ۴۶۵۰۰۰ تن پسماند خطرناک بیولوژیکی توسط ۳۷۷۰۰۰ مرکز مراقبت های بهداشتی تولید می شود (۵). میزان تولید زباله های بیمارستانی در نقاط مختلف دنیا متفاوت است. تولید زباله بیمارستانی در برخی کشورهای اروپایی و ایالات متحده ۲۵/۰-۷ کیلوگرم/تخت/روز است. این میزان برای ۱۲ کشور توسعه یافته و در حال توسعه ۴/۰-۵/۵ کیلوگرم/بیمار/روز بیان شده است. همچنین میزان تولید زباله های بیمارستانی در ژاپن، ترکیه، کانادا، هند، تایلند و بنگلادش ۱۱/۰-۳/۹ کیلوگرم/تخت/روز برآورد شده است. در تحقیقی در تایوان مشخص شد مراکز خون با بیشترین مقدار تولید پسماند عفونی حدود ۴۳/۶ برابر بیشتر از مراکز خصوصی تولید پسماند عفونی داشتند و مراکز خصوصی ۷۲/۳ برابر بیش از آزمایشگاه ها تولید پسماند عفونی داشتند (۶). در تحقیق تقی پور و مسافری در تبریز مشخص شد میزان زباله های عفونی در بیمارستان های این شهر در شمال غربی ایران ۳۹/۱ کیلوگرم/تخت/روز است. این در حالی است که نرخ تولید کل زباله بیمارستانی در این شهر ۴۸/۳ کیلوگرم/تخت/روز است و این میزان برای تهران ۷۱/۲ کیلوگرم/تخت/روز و برای شیراز ۴۵/۴ کیلوگرم/تخت/روز عنوان شده است. میزان زباله های عفونی شهر تبریز معادل ۴۴/۲۹٪ زباله های بیمارستانی در آن شهر برآورد شد که معادل ۷۸۳/۱ تن در روز بود (۷).

دفع نهایی پسماندهای عفونی از ابعاد مختلفی به عنوان یک مشکل جدی مطرح است؛ به گونه ای که طبق گفته سازمان جهانی بهداشت، در حال حاضر به شکل کاربردی، روش دوستدار محیط زیست و با هزینه کم برای دفع پسماندهای عفونی وجود ندارد (۱). در مطالعات گذشته در کشورهای مختلف به استفاده از روش هایی مانند زباله سوز، اتوکلاو، تثبیت شیمیایی و میکروویو اشاره شده است و این محققان میزان استفاده از هر یک از این روش ها را بیان و مزایا و معایب هر یک از این روش ها را بررسی

کرده‌اند (۱، ۸-۱۳). انتخاب هر یک از روش‌های مختلف به در نظر گرفتن نکات کلیدی متنوعی گره خورده است. برخی از این نکات را می‌توان کمیت پسماند، نوع پسماند، میزان تصفیه مورد نظر، انتشار زیست‌محیطی و بخش باقیمانده، زمین و فضای مورد نیاز، قوانین و استانداردها، میزان کاهش حجم پسماند، نگرانی‌های سلامت و ایمنی و مسائل اقتصادی بیان کرد (۱۴). با توجه به گستردگی معیارهای انتخاب یک روش برای بی‌خطر سازی پسماند عفونی و استفاده از روش‌های متنوع در کشورهای مختلف برای این منظور و همچنین وجود اختلاف نظر در بین کارشناسان مختلف برای معرفی روش مناسب بی‌خطر سازی پسماند عفونی که متأثر از جنبه‌های متعدد بهداشتی، اقتصادی و فنی در این مسأله است، مقایسه جنبه‌های متفاوت روش‌های بی‌خطر سازی پسماند عفونی با بهره‌گیری از نظر متخصصان می‌تواند در فرآیندهای تصمیم‌سازی و مسائل آموزشی مفید باشد. با چنین ابزاری می‌توان اولویت‌بندی مناسبی برای انتخاب روش بی‌خطر سازی پسماند عفونی در شرایط متفاوت ارائه کرد. از این رو مطالعه حاضر با هدف بررسی روش‌های مختلف بی‌خطر سازی دفع نهایی پسماندهای عفونی با توجه به ابعاد مختلف فنی، اقتصادی، بهداشتی، اجتماعی و غیره با استفاده از دانش متخصصان بهداشت محیط و ارزیابی جنبه‌های مختلف روش دفع نهایی این نوع پسماند انجام شد تا با مقایسه نظرات این متخصصان، بهترین روش بی‌خطر سازی و دفع نهایی پسماندهای عفونی برای شرایط مختلف ارائه شود.

و تأیید نهایی قرار گرفت. با توجه به اینکه جامعه مورد بررسی، متخصصان بهداشت محیط بودند، از تعدادی از افراد دارای مدرک تحصیلی دکتری بهداشت محیط برای تکمیل پرسشنامه به صورت داوطلبانه دعوت شد که در نهایت ۲۲ نفر از این متخصصان شاغل در برخی از دانشگاه‌های علوم پزشکی کشور، پرسشنامه را تکمیل کردند. پرسشنامه‌ها بدون درج نام و مشخصات فردی در نظر گرفته شد و تنها شرط برای تکمیل آن، دارا بودن مدرک دکتری در رشته بهداشت محیط بود. روش تکمیل پرسشنامه به صورت امتیازدهی به روش‌های بی‌خطر سازی و دفع نهایی پسماندهای عفونی از عدد ۰ تا ۵ بود که امتیاز ۵ بیانگر حداکثر مطلوبیت و عدد صفر، بیانگر حداقل مطلوبیت برای روش‌های مختلف دفع نهایی پسماند عفونی مطرح شده در پرسشنامه بود. همچنین در پرسشنامه جدولی قرار داده شد تا تکمیل‌کنندگان به ابعاد و جنبه‌های مختلف مورد سؤال از آن‌ها در مورد هر یک از روش‌های نهایی دفع نهایی پسماند عفونی شامل ابعاد اقتصادی، بهداشتی، مقبولیت اجتماعی، مقبولیت سیاسی، قانونی، تأثیر بر منابع آب، تأثیر بر منابع خاک و تأثیر بر موجود زنده، به گونه‌ای امتیاز دهند که مجموع امتیاز جنبه‌ها عدد ۱ شود. این اعداد وزن یا درجه اثر هر یک از جنبه‌های مورد نظر را نشان می‌داد یا اعمال در امتیازات مطلوبیت (۰ تا ۵) برای هر روش به شکل ضرب اعداد نمرات وزن‌دار را مشخص می‌کرد. در پرسشنامه روش‌های دفع نهایی مورد سؤال شامل: زیاله‌سوز، دفن در زمین، بی‌خطر سازی در محل، بی‌خطر سازی متمرکز، بی‌خطر سازی با اتوکلاو، بی‌خطر سازی با گندزدای شیمیایی و بی‌خطر سازی با استفاده از میکروویو بود. داده‌های حاصل از پرسشنامه‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای اکسل و مینیتب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

### یافته‌ها

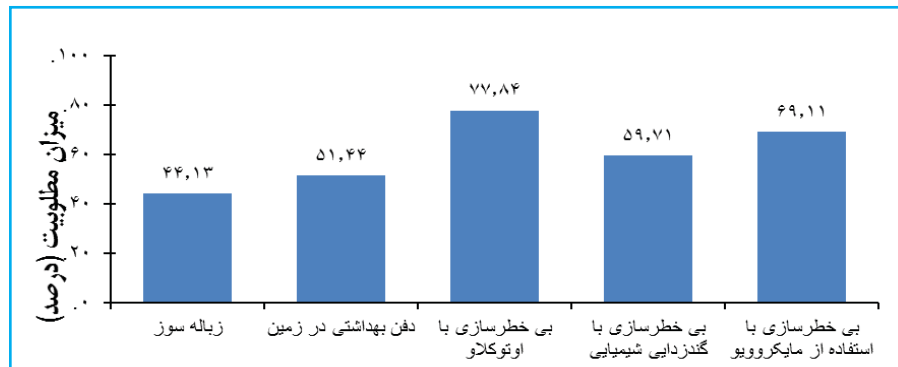
بر اساس نتایج این مطالعه، بی‌خطر سازی با اتوکلاو بالاترین مطلوبیت را از نظر متخصصان بهداشت محیط داشت و از ۷۷/۸٪ مطلوبیت برخوردار بود. پس از اتوکلاو استفاده از روش میکروویو

روش کار

در این مطالعه توصیفی- آماری برای کسب دیدگاه‌ها و نظرات متخصصان بهداشت محیط در زمینه روش‌های مختلف بی‌خطر سازی پسماند عفونی در بستر مطالعات پیمایشی، از ابزار پرسشنامه استفاده شد. پرسشنامه حاوی سؤالاتی بود که پاسخ به آن‌ها با اختصاص امتیاز در دامنه مشخص شده از اعداد و با مفاهیم خاص برای هر امتیاز انجام می‌شد. پرسشنامه اولیه توسط گروهی از متخصصان بهداشت محیط با درجه علمی دکتری مورد بازبینی

در این مطالعه توصیفی- آماری برای کسب دیدگاه‌ها و نظرات متخصصان بهداشت محیط در زمینه روش‌های مختلف بی‌خطر سازی پسماند عفونی در بستر مطالعات پیمایشی، از ابزار پرسشنامه استفاده شد. پرسشنامه حاوی سؤالاتی بود که پاسخ به آن‌ها با اختصاص امتیاز در دامنه مشخص شده از اعداد و با مفاهیم خاص برای هر امتیاز انجام می‌شد. پرسشنامه اولیه توسط گروهی از متخصصان بهداشت محیط با درجه علمی دکتری مورد بازبینی

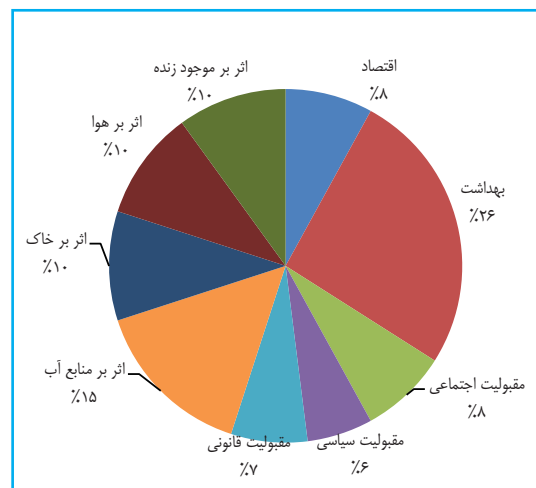
با میزان ۶۹/۱۱٪ مطلوبیت، مطلوب‌ترین روش نسبت به سایر گزینه‌های بی‌خطر سازی مشخص شد. این در حالی بود که میزان مطلوبیت زیاله‌سوز به عنوان روش دفع نهایی پسماند عفونی در مجموع ابعاد مورد نظر از سایر روش‌ها کمتر بود و تنها گزینه‌ای بود که کمتر از ۵۰٪ مطلوبیت داشت، این نتایج را می‌توان در نمودار ۱ مشاهده کرد.



نمودار ۱. میزان مطلوبیت روش‌های دفع نهایی پسماند عفونی از نظر متخصصان بهداشت محیط

پایینی برای متخصصان بهداشت محیط نسبت به سایر ابعاد برخوردار بود و مقبولیت سیاسی، پایین‌ترین اولویت این گروه برای تعیین روش دفع نهایی پسماند عفونی تشخیص داده شد.

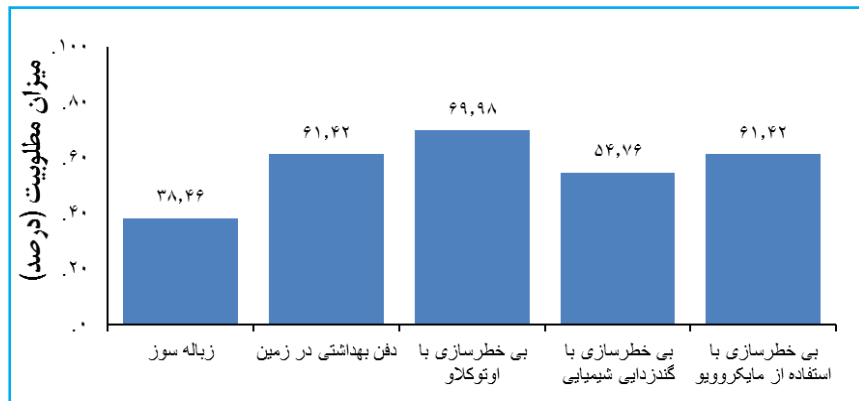
بر اساس نمودار ۲، مسائل بهداشتی مهم‌ترین اولویت متخصصان در انتخاب روش دفع نهایی پسماند بود و مسائل مربوط به منابع آب، منابع خاک، اثر بر هوا و اثر بر موجود زنده در رتبه‌های بعدی اولویت قرار گرفتند. همچنین مسائل اقتصادی از اولویت



نمودار ۲. اولویت‌بندی ابعاد مختلف روش‌های دفع نهایی پسماند عفونی توسط متخصصان بهداشت محیط

متخصصان بهداشت محیط شرکت‌کننده در این مطالعه استفاده از روش مایکروویو را مطلوب‌ترین روش بی‌خطر سازی پسماند عفونی از نظر جنبه‌های بهداشتی دانستند، در حالی که در بین روش‌های بی‌خطر سازی و دفع نهایی، روش دفن در زمین را نامطلوب‌ترین شیوه از نظر مسائل بهداشتی برای دفع پسماند

به اعتقاد متخصصان بهداشت محیط، از نظر اقتصادی استفاده از اتوکلاو، بهترین گزینه دفع نهایی پسماند عفونی بود، در حالی که زیاله‌سوز و استفاده از مواد شیمیایی برای بی‌خطر سازی از دیدگاه این متخصصان، بدترین گزینه‌های دفع نهایی پسماند به لحاظ اقتصادی بودند (نمودار ۳).



نمودار ۳. میزان مطلوبیت روش‌های دفع نهایی پسماند عفونی از نظر اقتصادی

نهایی پسماند، روش‌های بی‌خطر سازی با اتوکلاو و بی‌خطر سازی با میکروویو دارا بودند. میانگین نمرات داده شده به این پرسشنامه توسط متخصصان بهداشت محیط در جدول ۱ آمده است. همچنین متخصصان بهداشت محیط به نوع فرآیند بی‌خطر سازی در محل و بی‌خطر سازی متمرکز از جنبه‌های مختلف با اعداد بین ۰ تا ۵ امتیاز دادند که میانگین این امتیازات در جدول ۲ بیان شده است. همانطور که از این اعداد مشخص است، متخصصان بین این دو شیوه تفاوت چندانی نمی‌دانستند و میانگین نمرات داده شده بسیار به هم نزدیک بود.

عفونی عنوان کردند. همچنین بر اساس نظر متخصصان، روش زباله‌سوز برای دفع نهایی پسماند عفونی از کمترین مقبولیت اجتماعی، سیاسی و قانونی برخوردار بود، در صورتی که بی‌خطر سازی با اتوکلاو، بالاترین مقبولیت اجتماعی و مقبولیت سیاسی و قانونی را از نظر متخصصان شرکت کننده در این مطالعه داشت. از نظر متخصصان روش دفن در زمین، دارای بدترین شرایط برای تأثیر بر منابع آب و خاک بود، در حالی که روش زباله‌سوز نیز دارای بدترین شرایط در مورد اثر بر هوا شناخته شد و بهترین شرایط از نظر تأثیر بر منابع آب و خاک را در بین روش‌های دفع

جدول ۱. میانگین نمرات روش‌های دفع نهایی پسماند از نظر متخصصان بهداشت محیط

دیدگاه	روش	زباله‌سوز	دفن در زمین	بی‌خطر سازی با اتوکلاو	بی‌خطر سازی با گندزدایی شیمیایی	بی‌خطر سازی با استفاده از میکروویو
اقتصادی		*۱/۹۲۳	۳/۰۷۱	#۳/۴۹۹	۲/۷۳۸	۳/۰۷۱
بهداشتی		۲/۳۰۹	*۲/۲۳۷	۳/۲۱۴	۳/۲۶۱	#۳/۹۰۴
مقبولیت اجتماعی		*۱/۷۸۵	۲/۸۵۶	#۳/۹۸۵	۳/۳۳۳	۳/۲۱۴
مقبولیت سیاسی		*۲/۱۶۱	۳/۲۰۲	#۳/۷۴۹	۳/۴۱۵	۳/۳۱۱
مقبولیت قانونی		*۲/۶۱۷	۳/۱۶۶	#۴/۳۰۹	۳/۶۹۰	۳/۶۱۸
تأثیر بر منابع آب		۲/۷۸۵	*۱/۹۵۲	۳/۹۲۵	۲/۵۷۱	#۳/۹۱۶
تأثیر بر خاک		۲/۷۱۴	*۱/۶۶۶	#۳/۷۶۱	۲/۶۰۷	۳/۶۶۶
تأثیر بر هوا		*۱/۵۴۷	۲/۶۹۰	#۴/۰۴۷	۲/۸۸۰	۳/۵۴۷
تأثیر بر موجود زنده		*۲/۰۲۳	۲/۳۰۹	#۳/۵۷۱	۲/۶۴۲	۳/۴۰۸
جمع نمرات (از ۴۵)		۱۹/۸۶	۲۳/۱۵	۳۵/۰۳	۲۶/۷۸	۳۱/۱۰

\* کمترین مطلوبیت در دیدگاه مورد بررسی، # بالاترین مطلوبیت در دیدگاه مورد بررسی

بودن دیدگاه متخصصان بهداشت محیط به استفاده از هر یک از شیوه‌ها نسبت به یکدیگر را نشان می‌دهد.

**جدول ۲. میانگین نمرات متخصصان بهداشت محیط برای بی‌خطر سازی متمرکز و بی‌خطر سازی در محل**

دیدگاه	بی‌خطر سازی در محل	بی‌خطر سازی متمرکز
اقتصادی	۳/۴۵۲	۳/۴۳۳
بهداشتی	۳/۴۷۵	۳/۷۶۱
مقبولیت اجتماعی	۳/۲۱۱	۴/۰۲۳
مقبولیت سیاسی	۳/۹۰۱	۳/۷۰۰
مقبولیت قانونی	۳/۸۹۰	۴/۰۴۷
تأثیر بر منابع آب	۳/۸۸۰	۳/۷۶۴
تأثیر بر خاک	۳/۴۳۰	۳/۴۹۹
تأثیر بر هوا	۳/۵۹۵	۳/۵۴۸
تأثیر بر موجود زنده	۳/۶۶۰	۳/۴۷۶
جمع نمرات (از ۴۵)	۳۲/۶۰	۳۳/۶۰

در نهایت با دخیل کردن وزن مورد نظر، ابعاد مختلف روش دفع نهایی پسماند عفونی در امتیازات روش‌های دفع نهایی پسماند عفونی نتایج بررسی به صورت امتیاز وزن‌دار هر روش از دیدگاه‌های مختلف مشخص شد که نتایج آن در جدول ۳ آمده است. همچنین امتیاز وزن‌دار برای دو شیوه بی‌خطر سازی در محل و بی‌خطر سازی متمرکز در جدول ۳ آمده است.

میانگین امتیاز وزن‌دار برای شیوه‌های مختلف بی‌خطر سازی در جدول ۴ نشان می‌دهد روش استفاده از میکروویو به امتیاز وزن‌دار ۳/۵، مطلوب‌ترین شیوه بی‌خطر سازی از نظر متخصصان بهداشت محیط بود و روش‌های زباله‌سوز و دفن در زمین نیز با کمترین امتیاز وزن‌دار، به‌عنوان آخرین انتخاب‌های این گروه از متخصصان برای بی‌خطر سازی و دفع نهایی پسماند عفونی شناخته شدند. مجموع امتیاز وزن‌دار برای دو شیوه بی‌خطر سازی در محل و بی‌خطر سازی متمرکز به ترتیب ۳/۶۵۷ و ۳/۷۲۳ بود که نزدیک

**جدول ۳. میانگین نمرات وزن‌دار روش‌های دفع نهایی پسماند از نظر متخصصان بهداشت محیط**

دیدگاه	روش	زباله‌سوز	دفن در زمین	بی‌خطر سازی با اوتوکلاو	بی‌خطر سازی با گندزدایی شیمیایی	بی‌خطر سازی با استفاده از میکروویو	بی‌خطر سازی در محل	بی‌خطر سازی متمرکز
اقتصادی	۰/۱۵۴	۰/۲۴۵	۰/۲۷۹	۰/۲۱۹	۰/۲۴۵	۰/۲۷۶	۰/۳۰۶	
بهداشتی	۰/۶	۰/۵۸۱	۰/۵۷۵	۰/۸۳۶	۱/۰۱۵	۰/۴۹۸	۰/۹۷۷	
مقبولیت اجتماعی	۰/۱۴۲	۰/۲۲۸	۰/۳۱۴	۰/۲۲۶	۰/۲۵۷	۰/۲۵۶	۰/۳۲۱	
مقبولیت سیاسی	۰/۱۲۹	۰/۱۹۲	۰/۲۲۴	۰/۱۸۸	۰/۱۸۶	۰/۲۳۴	۰/۲۲۲	
قانونی	۰/۱۸۳	۰/۲۲۱	۰/۳۰۱	۰/۲۸۵	۰/۲۵۳	۰/۲۶۶	۰/۲۸۳	
تأثیر بر منابع آب	۰/۴۱۷	۰/۲۹۲	۰/۵۵۸	۰/۳۸۵	۰/۵۸۷	۰/۵۸۲	۰/۵۶۴	
تأثیر بر خاک	۰/۲۷۱	۰/۱۶۱	۰/۳۷۶	۰/۲۶۰	۰/۳۶۶	۰/۳۳۴	۰/۳۴۹	
تأثیر بر هوا	۰/۱۵۴	۰/۲۷۰	۰/۴۰۴	۰/۲۸۸	۰/۳۵۴	۰/۳۵۹	۰/۳۵۴	
تأثیر بر موجود زنده	۰/۲۰۲	۰/۲۳۱	۰/۳۵۷	۰/۲۶۴	۰/۳۰۴	۰/۳۶۶	۰/۳۴۷	

**جدول ۴. مجموع میانگین نمرات وزن‌دار برای روش‌های دفع نهایی پسماند از نظر متخصصان بهداشت محیط**

روش دفع نهایی	زباله‌سوز	دفن در زمین	بی‌خطر سازی با اوتوکلاو	بی‌خطر سازی با گندزدایی شیمیایی	بی‌خطر سازی با استفاده از میکروویو
امتیاز وزن‌دار	*۲/۲۵۲	۲/۴۲۶	۳/۴۱۸	۲/۹۹۱	*۳/۵۶۷

\* کمترین امتیاز وزن‌دار در بین روش‌ها، # بالاترین امتیاز وزن‌دار در بین روش‌ها

استفاده از روش‌های مختلف بی‌خطرسازی برای پسماندهای عفونی و بیمارستانی در نقاط مختلف دنیا متنوع گزارش شده است. در کشور اسپانیا روش‌های به کار برده شده برای بی‌خطرسازی و سپس دفع زباله‌های بیمارستانی، روش‌هایی مانند زباله‌سوز، استریزاسیون با بخار، اتوکلاو، تثبیت شیمیایی و میکروویو عنوان شده‌اند (۸). گزارش شده است در ایالات متحده ۴۹ درصد تا ۶۰ درصد از این نوع پسماند به روش سوزاندن، ۲۰ درصد تا ۳۷ درصد به شکل اتوکلاو و ۴ درصد تا ۵ درصد به کمک سایر تکنولوژی‌ها بی‌خطر می‌شوند (۱). در کشور کره جنوبی روش دفع نهایی از ۵۲/۷٪ از پسماندهای بیمارستانی استفاده از زباله‌سوز و ۴/۴۶٪ از زباله‌های بیمارستانی استریزاسیون با بخار عنوان شده است و سایر روش‌ها مانند میکروویو و ضدعفونی شیمیایی برای کمتر از ۲/۰٪ از پسماندهای بیمارستانی به کار می‌رود (۱۵). در ژاپن سالانه ۲۱۸۰۰۰ تن پسماند عفونی در سال تولید شود که ۸۲٪ آن در نهایت سوزانده می‌شود (۱۶). مقایسه این گزارشات با نتایج این بررسی به خوبی مشخص می‌کند که استفاده از زباله‌سوز، پرکاربردترین روش کنونی برای بی‌خطرسازی پسماند عفونی است، در صورتی که از نظر متخصصان، این روش در مقایسه با سایر روش‌های موجود بدترین انتخاب است. علت این تفاوت در نظر متخصصان با آنچه در عمل اتفاق افتاده است را می‌توان تفاوت در اولویت‌های مدنظر متخصصان با تصمیم‌سازان دانست؛ به طوری که همانگونه که در نمودار ۲ مشخص است، مسائل بهداشتی و زیست محیطی، مهم‌ترین اولویت متخصصان است و برای این گروه مسائل اقتصادی، جنبه‌های قانونی و سازمانی و مقبولیت سیاسی، آخرین اولویت‌ها هستند.

این شرایط سبب شده است علی‌رغم اینکه زباله‌سوز دارای باقی‌مانده‌های سمی و مضر مانند هگزاکلرو بنزن می‌باشد، این روش به‌عنوان روش پرکاربرد اصلی مورد استفاده برای دفع نهایی پسماندهای بیمارستانی و عفونی در تحقیقات متعدد گذشته یاد معرفی شود (۱۷). همچنین استفاده از زباله‌سوز برای زباله‌های

بیمارستانی علاوه بر انتشار گازهای خطرناک و سمی، دارای یک محصول جانبی غیرقابل اجتناب به نام خاکستر باقی‌مانده است که دارای طیفی از آلودگی‌ها مانند فلزات سنگین، نمک‌های غیرآلی و ترکیبات آلی است (۱۳). با این وجود، استفاده از زباله‌سوز در کشورهای توسعه‌یافته، روش اصلی بی‌خطرسازی و دفع پسماندهای عفونی است (۱). علت استفاده زیاد از روش زباله‌سوز در فوایدی مانند استریلیزاسیون، کاهش حجم و بازیابی حرارتی است (۴) که بیش از هر جنبه‌ای دارای اهداف اقتصادی است. این در شرایطی است که متخصصان بهداشت محیط مشارکت‌کننده در این طرح با امتیازدهی به روش‌های مختلف بی‌خطرسازی و دفع پسماندهای عفونی مشخص کردند که روش زباله‌سوز از کمترین مقبولیت و مطلوبیت اجتماعی و اقتصادی برخوردار است و در زمینه بهداشتی نیز تنها از روش دفن بهداشتی در زمین مطلوب‌تر است. در واقع روش سوزاندن به واسطه انتشارات زیست‌محیطی به‌ویژه مواد سمی خروجی از این فرآیند در گاز خروجی و خاکستر باقی‌مانده، نگرانی‌های مهمی را در مردم و در متخصصان به وجود آورده است و این مسأله در امتیاز وزن‌دار برای زباله‌سوز در بین روش‌های مختلف قابل مشاهده است. در بررسی نمرات داده شده توسط متخصصان مشخص شد که آن‌ها زباله‌سوز را بدترین گزینه از نظر اقتصادی و مالی برای تصفیه پسماندهای عفونی می‌دانند و این احتمالاً به‌خاطر نگرانی از قیمت انرژی و نیز هزینه‌های تصفیه گاز خروجی از زباله‌سوز است، با این حال عدم توجه به این ابعاد هزینه‌ای و توجه صرف به کاهش وزن و حجم پسماند در زباله‌سوزها سبب شده است در دیدگاه عمومی این روش اقتصادی‌تر به نظر برسد؛ به طوری که با این روش می‌توان علاوه بر کاهش ۹۵ درصدی از حجم، وزن زباله‌ها را تا ۷۵٪ کم کرد (۱۳). از این رو به نظر می‌رسد با توجه به کاهش حجمی که در اثر این روش در پسماند عفونی به وجود می‌آید، می‌توان انتظار داشت هزینه‌های مراحل بعدی مدیریت پسماند مانند حمل و دفع نهایی از سایر روش‌هایی که کاهش حجم در پسماند عفونی ندارند، بسیار کمتر باشد، ولی



در مقایسه با سایر روش‌ها هزینه‌های انرژی و تصفیه گاز خروجی این روش را گران‌تر خواهد کرد.

تصفیه با بخار که اساس آن استفاده از استرلیزاسیون حرارت مرطوب است، به‌عنوان یکی از روش‌های غیرزباله‌سوز برای تصفیه زائدات عفونی مطرح است. این شیوه استرلیزاسیون در نهایت به کاهش عوامل عفونی و باکتری‌های بیماری‌زا خواهد انجامید. در این روش توزیع بخار گرم در محفظه فرآیند و سرعت انتقال بخار گرم یک نکته کلیدی است (۱۰). در برخی از مراکز درمانی مهم پسماندهای عفونی را قبل از انتقال با استفاده از اتوکلاو دو بار عبور استرلیزه می‌کنند (۱۱). روش اتوکلاو در مقایسه با زباله‌سوز دارای مزایای مهمی از جمله عدم انتشار گازهای سمی است، ولی در مقابل نمی‌تواند موجب کاهش حجم پسماندهای عفونی شود (۱).

نگرانی‌های مردم در مورد گازهای خروجی از زباله‌سوز و همچنین آلودگی‌های آب و خاک در روش دفن بهداشتی در زمین در کنار ترجیح به حداقل استفاده از مواد شیمیایی و در نتیجه انتشار این مواد در محیط سبب شده است تا متخصصان بهداشت محیط استفاده از روش اتوکلاو را بهترین گزینه از نظر مقبولیت اجتماعی معرفی کنند. همین شرایط و تأثیر شرایط اجتماعی و بازخورد آن در تصمیمات مدیران سبب شده است تا این متخصصان این‌گونه نظر دهند که روش استفاده از اتوکلاو برای بی‌خطرسازی پسماند عفونی می‌تواند بهترین شرایط را از نظر سیاسی و قانونی فراهم کند.

از روش مایکروویو نیز برای بی‌خطرسازی پسماند عفونی می‌توان استفاده کرد. این روش می‌تواند به لحاظ اقتصادی با زباله‌سوز رقابت کند، ولی نمی‌تواند اثربخشی استرلیزاسیون را داشته باشند و برخی از اسپورها می‌توانند در این روش باقی بمانند. در حالی که در روش اتوکلاو زباله‌ها در معرض دمای ۱۲۱-۱۶۳ درجه سانتی‌گراد قرار می‌گیرند که می‌تواند منجر به تخریب اسپورها شود (۴). بر اساس نتایج نمودار ۲، بیشترین دغدغه و نگرانی متخصصان بهداشت محیط در انتخاب روشی برای بی‌خطرسازی و دفع نهایی پسماندهای عفونی، جنبه بهداشتی

و سلامت بود و توجه به مسائلی مانند اقتصاد و مقبولیت‌های اجتماعی و سیاسی و قانونی در درجات اهمیت پایین‌تری قرار داشت. به‌نظر می‌رسد همین مسأله باعث شده است تا بی‌خطرسازی پسماند به وسیله مایکروویو، دارای بیشترین امتیاز برای بی‌خطرسازی پسماند عفونی گردد.

روش دفن در زمین به‌عنوان یکی از روش‌های دفع نهایی پسماند عفونی مطرح است و در برخی گزارشات به عنوان روش اصلی دفع این نوع پسماند مطرح شده است. البته برای انجام این روش، استفاده از روش‌های پیش‌تصفیه توصیه شده است (۱۲)، ولی نگرانی‌های موجود در زمینه آلودگی آب‌های زیرزمینی و خاک در اثر دفن پسماندهای عفونی باعث شد تا استفاده از شیوه دفن بهداشتی در زمین از کمترین مقبولیت از نقطه نظر بهداشتی برخوردار باشد و متخصصان بهداشت محیط علی‌رغم حضور گازهای سمی در محصولات احتراق پسماند عفونی، زباله‌سوز را نسبت به دفن در زمین ترجیح دهند، زیرا قابلیت کنترل و تصفیه در زباله‌سوز نسبت به محل دفن راحت‌تر است.

همچنین برخی محققین به روش ضدعفونی با استفاده از مواد شیمیایی برای تصفیه زباله‌های بیمارستانی اشاره کردند و تولید فاضلاب و رسوبات ناشی از این روش را چشم‌گیر توصیف کردند (۱۴). به‌نظر می‌رسد این مسأله و نگرانی‌های بهداشتی باعث شد تا روش استفاده از مایکروویو با توجه به اینکه برخلاف روش‌هایی مانند گندزدایی شیمیایی، موجب تشکیل فاضلاب یا جامدات شیمیایی ثانویه نمی‌شود، به‌عنوان بهداشتی‌ترین روش ممکن برای بی‌خطرسازی پسماندهای عفونی انتخاب شود.

از نظر تأثیر روش‌های تصفیه و دفع پسماندهای عفونی بر موجودات زنده دیدگاه متخصصان بهداشت محیط در انتخاب روش بی‌خطرسازی با مایکروویو را می‌توان به این شکل شرح داد که با توجه به استفاده از مواد شیمیایی در روش شیمیایی (۱۵)، استفاده از امواج در روش مایکروویو و نیز نگرانی در مورد انتشارات زباله‌سوز و روش دفن در زمین (۹، ۱۲، ۱۳)، متخصصان روش اتوکلاو را به عنوان بهترین گزینه از نظر کمترین اثر بر موجودات

هوا و موجودات زنده)، مقبولیت اجتماعی و مسائل اقتصادی است. از این رو استفاده از میکروویو و اتوکلاو را مناسب‌ترین روش بی‌خطر سازی پسماندهای عفونی می‌دانند. روش‌های دفن در زمین و زیاله‌سوز به دلیل پتانسیل انتشار آلاینده و انتقال عوامل بیماری‌زا گزینه پیشنهادی آنان برای بی‌خطر سازی پسماند عفونی نیست. این بررسی نشان داد از نظر متخصصان بهداشت محیط، بی‌خطر سازی پسماند عفونی با استفاده از میکروویو، اتوکلاو، گندزدای شیمیایی، دفن در زمین و زیاله‌سوز به ترتیب بهترین روش تا بدترین روش بی‌خطر سازی پسماند عفونی را شامل می‌شوند.

### ملاحظات اخلاقی

نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

### تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر در مرکز تحقیقات تکنولوژی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران با شماره طرح ۱۴۲۰۱-۶۱-۰۴-۹۷ تصویب و مورد حمایت قرار گرفت. بدین‌وسیله از تمام متخصصان بهداشت محیط که در این نظرسنجی شرکت کرده و موجبات انجام این بررسی را فراهم کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

زنده انتخاب کردند.

استفاده از روش‌های بی‌خطر سازی برای متخصصان بهداشت محیط از اهمیت بالایی برخوردار بود، ولی آن‌ها تفاوت چندانی بین شیوه در محل و شیوه خارج از محل به شکل متمرکز برای بی‌خطر سازی قائل نبودند. این نوع پاسخ‌گویی آن‌ها می‌تواند به علت تمرکز بالای این متخصصان بر لزوم ایجاد فرآیند بی‌خطر سازی در شرایط کنونی باشد و از تفاوت‌های بهداشتی و اقتصادی انتخاب هر یک از این روش‌ها در آینده تا حدودی غفلت شده باشد.

در نهایت به نظر می‌رسد اهمیت بسیار بالای بخش بهداشتی این مسأله برای متخصصان بهداشت محیط و ابعاد محیط زیستی آن سبب شد تا همانگونه که در جدول ۴ مشخص شده است، روش استفاده از میکروویو بالاترین امتیاز وزن را به خود اختصاص دهد و به عنوان بهترین روش مطرح شود. همچنین نگرانی‌های بهداشتی و تأثیرات زیست‌محیطی سبب شد تا امتیاز وزن‌دار روش‌های زیاله‌سوز و دفن بهداشتی در زمین به کمتر از ۲/۵ برسد و این به این معناست که نمی‌توان این روش‌ها را به عنوان یک روش اطمینان‌بخش معرفی کرد.

### نتیجه‌گیری

مهم‌ترین اولویت‌های مدنظر در بی‌خطر سازی پسماند عفونی از نظر متخصصان بهداشت محیط به ترتیب شامل: حفظ سلامت عمومی، عدم انتقال آلودگی به ارکان محیط زیست (آب، خاک،

## References

1. Windfeld ES, Brooks MS. Medical waste management—A review. *J Env Manage* 2015;163:98-108.
2. Koolivand A, Mahvi A, Azizi K, Binavapour M, Alipour V. Quality analysis and management of health-care Waste-Products. *Hormozgan Med J*. 2010; 14 (1):72-79
3. Makajic-Nikolic D, Petrovic N, Belic A, Rokvic M, Radakovic JA, Tubic V. The fault tree analysis of infectious medical waste management. *J Clean Prod* 2016;113:365-73.
4. Lee BK, Ellenbecker MJ, Moure-Ersaso R. Alternatives for treatment and disposal cost reduction of regulated medical wastes. *Waste Manage* 2004;24(2):143-51.
5. Levendis YA, Atal A, Carlson JB, Quintana MD. PAH and soot emissions from burning components of medical waste: examination/surgical gloves and cotton pads. *Chemosphere*. 2001;42(5-7):775-83.
6. Cheng YW, Li KC, Sung FC. Medical waste generation in selected clinical facilities in Taiwan. *Waste Manage*. 2010;30(8-9):1690-5.
7. Taghipour H, Mosaferi M. Characterization of medical waste from hospitals in Tabriz, Iran. *Sci Total Environ* 2009;407(5):1527-35.
8. Insa E, Zamorano M, Lopez R. Critical review of medical waste legislation in Spain. *Resources, Conservation and Recycling*. 2010;54(12):1048-59.
9. Chen Y, Ding Q, Yang X, Peng Z, Xu D, Feng Q. Application countermeasures of non-incineration technologies for medical waste treatment in China. *Waste Manage Res* 2013; 31(12): 1237-44.
10. Dengchao J, Zhenbo B, Xinping Y. Effects of vacuum on sterilizing rate in medical waste steam treatment process. *Procedia Environ Sci* 2011;11:1407-11.
11. Garibaldi BT, Reimers M, Ernst N, Bova G, Nowakowski E, Bukowski J, Ellis BC, Smith C, Sauer L, Dionne K, Carroll KC. Validation of autoclave protocols for successful decontamination of category a medical waste generated from care of patients with serious communicable diseases. *J Clin Microb* 2017;55(2):545-51.
12. Marinković N, Vitale K, Holcer NJ, Džakula A, Pavić T. Management of hazardous medical waste in Croatia. *Waste Manage* 2008;28(6):1049-56.
13. Tufail M, Khalid S. Heavy metal pollution from medical waste incineration at Islamabad and Rawalpindi, Pakistan. *Microchem J* 2008;90(1):77-81.
14. Voudrias EA. Technology selection for infectious medical waste treatment using the analytic hierarchy process. *J Air & Waste Manage Assoc* 2016;66(7):663-72.
15. Jang YC, Lee C, Yoon OS, Kim H. Medical waste management in Korea. *J Environ Manage* 2006;80(2):107-15.
16. Sukandar S, Yasuda K, Tanaka M, Aoyama I. Metals leachability from medical waste incinerator fly ash: a case study on particle size comparison. *Environ Pol* 2006;144(3):726-35.
17. Veronesi P, Leonelli C, Moscato U, Cappi A, Figurelli O. Non-incineration microwave assisted sterilization of medical waste. *J Microwave Power EE* 2005;40(4):211-8.