Paramedical Sciences and Military Health
Volume 15, Number 4, 2021

Review Article

Management of Hospital Waste

Amirhossein Esmaeilizadeh[1], Mahdieh Eftekhari[1], Reza Akbari[2]*

[1] *Department of Health, Faculty of Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, West Azerbaijan, Iran*
[2] *Department of Microbiology, Faculty of Medicine, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, West Azerbaijan, Iran*

Abstract

Introduction: Currently, the production of hospital waste is increased by growing the population and expansion of the cities. Moreover, it has been changed to a great challenge. If this growing is not controlled it will be turned into an environmental disaster. Various waste disposal methods are proposed for disposing of hospital waste. This study aimed to acquaint with the hospital wastes and theire disposal methods.

Methods and Materials: In this review study, the essential information is collected from the last three years published articles by searching them in various databases such as Pubmed, Scopus, SID, and some library references. The exclusive and combinations keywords such as waste, infectious, waste management, waste disposal methods, infectious waste, and infectious medical waste are used to search relevant articles.

Results: Hospital waste is categorized into various groups. Various methods such as dry heat, wet temperature, chemical disinfectant, burying waste into the ground and Super Critical Fluid Carbon Dioxide are used to dispose the hospital waste. Some advantages and disadvantages are described for each of these methods. Out of all, the Super Critical Fluid Carbon Dioxide has a potent activity on microorganisms. In addition, it has a low cost interms of extraction.

Discussion and Conclusion: Diverse methods are proposed to dispose hospital waste. Selection of an effective way depends on the type and amount of the waste and social and economical condition of the country. This posing hospital waste could be managed with regular planning, proper management, use of appropriate method fit to waste type, and enough training of people and hospital officials. Further researches need to find an appropriate waste disposal method that is compatible with environmental, economical, and social cindittions of the country

Keywords: Waste Management, Hospital Waste, Infectious Waste

[Downloaded from jps.ajaums.ac.ir on 2026-11-26]

*(Coresponding Author) Reza Akbari, Department of Microbiology, Faculty of Medicine, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, West Azerbaijan, Iran. E-mail: akbari.r@umsu.ac.ir

مقاله مروری

مجله علوم پیراپزشکی و بهداشت نظامی
سال پانزدهم، شماره چهارم، ۱۳۹۹

مدیریت پسماندهای بیمارستانی

امیرحسین اسمعیلی‌زاده[۱]، مهدیه افتخاری[۱]، رضا اکبری[۲*]

[۱] گروه بهداشت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران
[۲] گروه میکروب شناسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران

چکیده

مقدمه: امروزه با افزایش جمعیت و گسترش شهرها، تولید پسماندهای بیمارستانی افزایش یافته و تبدیل به یک چالش بزرگ شده است. اگر این افزایش کنترل نشود منجر به بروز فاجعه زیست محیطی خواهد شد. روش‌های مختلفی برای دفع پسماندهای بیمارستانی پیشنهاد شده‌اند. هدف ما در این مطالعه آشنایی با انواع پسماندهای بیمارستانی و روش‌های دفع آن‌ها است.

مواد و روش‌ها: دراین مطالعه مروری، مقالات سه سال اخیر در پایگاه‌های علمی Pubmed، Scopus، SID و برخی منابع کتابخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفته و اطلاعات علمی مورد نیاز جمع‌آوری و مورد بحث و نتیجه‌گیری قرار گرفته است. برای جستجوی مقالات از کلمات کلیدی منفرد و ترکیبی مانند (waste)، (infectious)، (waste management)، (waste disposal) (methods و (infectious medical waste) استفاده گردید.

یافته‌ها: پسماندهای بیمارستانی به گروه‌های مختلف دسته‌بندی شده‌اند، برای دفع آن‌ها از روش‌های مختلف مانند حرارت خشک، حرارت مرطوب، ضد عفونی شیمیایی، دفن در زمین و روش سیال فوق بحرانی دی اکسید کربن استفاده می‌شود. هر کدام از این روش‌ها معایب و مزایایی دارند. از این میان روش سیال فوق بحرانی دی اکسید کربن یک روش بسیار مؤثر در برابر میکروارگانیسم‌ها است و از نظر هزینه بهره برداری، از هزینه کمی برخوردار است.

بحث و نتیجه‌گیری: روش‌های ارائه شده برای دفع پسماندهای بیمارستانی بسیار متنوع هستند، انتخاب روش مؤثر، بستگی به نوع و مقدار پسماند و شرایط اقتصادی-اجتماعی یک کشور دارد. با برنامه ریزی منظم، مدیریت صحیح، استفاده از روش مناسب دفع و ارائه آموزش‌های کافی به مردم و مسئولان بیمارستان‌ها، می‌توان دفع پسماندهای بیمارستانی را مدیریت کرد. برای یافتن یک روش دفع پسماند مناسب و سازگار با شرایط محیطی، اقتصادی و اجتماعی کشور، نیاز است مطالعات بیشتری انجام گیرد.

کلمات کلیدی: مدیریت پسماند، پسماندهای بیمارستانی، پسماندهای عفونی

مقدمه

یکی ازانواع مهم مواد زائد جامد، زباله‌های تولیدی درمراکز بهداشتی – درمانی نظیر بیمارستان‌ها، درمانگاه‌ها، آزمایشگاه‌های تشخیص طبی و مطب‌های پزشکان و دندانپزشکان است. در بین این دسته از مراکز تولید زباله، بیمارستان‌ها از نظرکمیت و کیفیت زباله اهمیت بیشتری دارند (۱). افزایش بیماران و مراجعه بیشتر و عملیات سرویس دهی مربوطه به این افراد، موجب افزایش پسماند در بیمارستان‌ها می‌شود (۱، ۲). زباله‌های بیمارستانی نه تنها خطرناک بوده و محیط زیست را آلوده می‌کنند، بلکه از راه‌های دیگر برای انسان، حیوانات و گیاهان نیز خطرناک هستند. وجود عوامل پاتوژن، مواد شیمیایی، سموم، سرنگ و تیغ‌های جراحی، مواد رادیواکتیو، انواع و اقسام مواد پلاستیکی، پارچه و کاغذهای آلوده درکنار حجم زیادی از زباله‌های شبه خانگی نظیر گل، قوطی‌های کمپوت و جعبه‌های شیرینی، ترکیب بسیار نا همگونی را برای زباله‌های بیمارستانی درکشور ما رقم زده

* (نویسنده مسئول) رضا اکبری، گروه میکروب شناسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران.
آدرس الکترونیکی: akbari.r@umsu.ac.ir

[Downloaded from jps.ajaums.ac.ir on 2026-11-26]

است (۳). درسال‌های اخیر در ایران تولید زباله‌های بیمارستانی به طور چشمگیری افزایش یافته است اما متاسفانه همچون اغلب کشورهای درحال توسعه، درکشور ما نیز به همان نسبت به مدیریت این زباله‌ها پرداخته نشده است. نبود سیاست‌های آینده نگر در دفع پسماند، تخصیص نیافتن بودجه لازم و کافی برای مدیریت پسماند، فقدان قوانین و مقررات درجمع‌آوری و دفع پسماند، نبود آموزش‌های لازم در پرسنل و کارکنان مسئول، نبود کنترل و نظارت بر مجموعه دفع زباله، نبود تجهیزات کافی و مناسب در بیمارستان‌ها و از همه مهم‌تر، ضعف سیستم مدیریتی، از دلایل اصلی مشکلات دفع پسماندهای بیمارستانی در ایران هستند (۴).

مطالعات نشان داده است که سالانه دو و نیم میلیون انسان که به‌طور عمده کودک هستند، در اثر بیماری‌های مرتبط با پسماندها می‌میرند. در اثر تماس با پسماندهای بیمارستانی بیماری‌های مختلفی همچون بیماری‌های باکتریایی (کزاز، انتراکس (Anthrax)، سل، ویا، حصبه، عفونت‌های‌پوستی،گاستروانتریت،عفونت‌های‌تنفسی)،بیماری‌های ویروسی (هپاتیت) بیماری‌های انگلی (ژیاردیازیس (Giardiasis)، اسکاریازیس (Ascariasis)، انکیلوماستوزیس (Anquilostomiasis)، اکینوکوکوزیس (Echinococcosis)، مالاریا) و بیماری‌های قارچی (کاندیدیازیس (Candidiasis)، کریپتوکوکوزیس (Cryptococcosis)، کوکسیدیومایکوزیس (Coccidioidomycosis)) در انسان ممکن است بروز دهند (۴). سازمان بهداشت جهانی گزارش داده است که سرنگ‌های آلوده بیمارستانی منجر به ۲۱ میلیون هپاتیت B، ۲ میلیون هپاتیت C و ۲۶۰۰۰۰ فرد مبتلا به بیماری ایدز شده است.

پسماندهای بیمارستانی بعد از پسماندهای رادیواکتیو به عنوان دومین پسماند خطرناک مطرح شده‌اند بنابراین به کارگیری یک روش صحیح و کامل در دفع پسماندهای بیمارستانی می‌تواند از بروز یک فاجعه زیست محیطی درجامعه جلوگیری کند (۵).

با توجه به این‌که میزان و تنوع پسماندها درکشورهای مختلف متفاوت است بنابراین درکشورهای مختلف بسته به امکانات موجود و میزان و انواع پسماندهای تولید شده، از روش‌های مختلف برای دفع پسماندهای بیمارستانی استفاده می‌شود. (۶). با توجه به اینکه درکشورهای‌درحال‌توسعه،به‌مدیریت‌ودفع‌پسماندهای‌بیمارستانی توجه کافی نمی‌شود، به‌طور عمده پسماندهای بیمارستانی با زباله‌ها و پسماندهای خانگی به صورت مخلوط دفن می‌شوند. این رویه نه تنها باعث‌افزایش‌حجم‌زباله‌های‌خطرناک‌می‌شود،بلکه‌سلامت‌کارگران شهری، مردم و اکوسیستم منطقه‌ای که دفن در آن صورت گرفته را نیز به خطر می‌اندازد (۷، ۸). استفاده ازروش‌های دیگر مانند سوزاندن، برای از بین بردن حجم بسیار زیادی از پسماندهای بیمارستانی، نیاز به امکاناتی همچون کوره‌های زباله‌سوز یا اتوکلاوهای بزرگ بیمارستانی دارد، تامین این امکانات در همه شهرها و بیمارستان‌ها اگر هم به خوبی محقق شود، آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از آن همچنان به قوت خود باقی است که باید برای آن نیز چاره اندیشی شود. درکشورهای درحال توسعه استفاده از مواد شیمیایی به عنوان یک گزینه مناسب در دفع پسماندهای بیمارستانی درنظرگرفته می‌شود، درحالی که درکشورهای صنعتی استفاده ازمواد شیمیایی به دلیل آلودگی‌های زیست محیطی و مقاومت‌های میکروبی بسیار محدود شده است.

به هرحال معظل پسماند به عنوان یک چالش اساسی و میراث تمدن امروزی همچنان دامن گیرکشورها است. هدف این مطالعه مروری، پرداختن به معضل پسماندهای بیمارستانی، آشنایی با انواع پسماندهای بیمارستانی و شیوه‌های کارامد دفع پسماندهای بیمارستانی است که مقرون به صرفه و سازگار با محیط می‌باشند.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه مروری، با جستجوی مقالات سه سال اخیر در پایگاه‌های علمی Pubmed، Scopus، SID و برخی منابع کتابخانه‌ای دردانشگاه علوم پزشکی ارومیه، اطلاعات و داده‌های علمی لازم در مورد انواع مختلف پسماندهای بیمارستانی، روش‌های مختلف دفع پسماندهای بیمارستانی و معایب و مزایای آن‌ها جمع‌آوری شده و دراین مطالعه مروری مورد بحث و نتیجه‌گیری قرارگرفته است. برای یافتن مقالات مورد نظر از کلمات کلیدی منفرد همچون پسماند (waste)، عفونی (infectious) و کلمات کلیدی ترکیبی نظیر مدیریت پسماند (waste management)، روش‌های دفع پسماند (waste disposalmethods) و پسماندهای عفونی بالینی (infectious medical waste) استفاده شده است.

یافته‌ها

انواع پسماندهای بیمارستانی

پسماندهای بیمارستانی به طورکلی به دو بخش خطرناک و

[Downloaded from jps.ajaums.ac.ir on 2026-11-26]

غیرخطرناک تقسیم می‌شوند. بخش غیرخطرناک پسماندها مربوط به پسماندهای خانگی است که شامل: کاغذ، مقواهای بسته‌بندی، شیشه، بقایای موادغذایی و سایرمواد بی‌اثر می‌باشد. بخش دیگرکه به عنوان پسماند خطرناک در نظرگرفته می‌شود حاوی مواد سمی، مضر، سرطان زا و عفونی است. پسماندهای خطرناک بر اساس خصوصیات و محل تولید به پسماند آسیب شناسی، پسماند عفونی، پسماند دارویی، پسماند شیمیایی، پسماند نوک تیز، پسماند فلزات سنگین، پسماند ژنوتوکسیک، ظروف تحت فشار و پسماند رادیواکتیو که تابع مقررات جداگانه‌ای است، تقسیم شده‌اند (۱).

پسماند عفونی

تعداد پاتوژن‌ها (باکتری‌ها، ویروس‌ها، انگل‌ها و قارچ‌ها) موجود در پسماندهای عفونی به حدی است که درمیزبان حساس باعث بیماری می‌شود. این طبقه شامل کشت‌ها و عوامل عفونی حاصل از کار آزمایشگاهی، پسماند حاصل ازعمل جراحی یا کالبد شکافی بیمارانی با بیماری عفونی (به عنوان مثال بافت‌ها وتجهیزاتی که با خون یا سایر مایعات بدن درتماس بوده‌اند)، پسماند تولید شده توسط بیماران آلوده در بخش ایزوله (به عنوان مثال فضولات، پانسمان زخم آلوده یا جراحی، لباس به شدت آلوده به خون و یا سایر مایعات بدن)، پسماند مربوط به بیماران دیالیزی (به عنوان مثال تجهیزات دیالیزمثل لوله و فیلتر، حوله یک بارمصرف، روپوش، پیش بند، دستکش) و یا هر ابزار و مواد دیگری که درتماس با افراد و حیوانات آلوده هستند، می‌باشد (۱). اگرپسماندهای عفونی با پسماندهای غیرعفونی ترکیب شوند، کل جرم پسماند، به طور بالقوه غفونی محسوب می‌شود. از نظر موسسات پزشکی، می‌توان این پسماندها را به مدت ۱ روز دردمای ۵ درجه سانتیگراد، به مدت ۷ روز در دمای ۰-۵ درجه سانتیگراد و به مدت ۳۰ روز در دمای صفر درجه نگهداری کرد (۳).

پسماند آسیب‌شناسی

پسماندهای آسیب‌شناسی شامل: بافت‌ها، ارگان‌ها، قسمت‌های مختلف بدن، جنین انسان و لاشه حیوانات، خون و مایعات بدن است. دراین گروه، پسماند حاصل از تشخیص قسمت‌های بدن انسان و حیوان نیز پسماندهای آناتومی نامیده می‌شوند. این طبقه حتی اگر شامل قسمت‌های سالم بدن باشد، باید به عنوان زیرشاخه پسماند عفونی در نظرگرفته شود (۳).

پسماند نوک تیز

پسماندهای نوک تیز مواردی هستند که باعث بریدگی و زخم می‌شوند. ازجمله سوزن، سوزن تزریق زیرپوستی، چاقوی کوچک جراحی و سایرتیغ‌ها، چاقوها، لوازم تزریق، اره، شیشه شکسته و ناخن‌ها. این موارد اغلب جزء پسماندهای بسیارخطرناک در نظرگرفته می‌شوند.

پسماند دارویی

پسماند دارویی شامل: داروهای منقضی شده، استفاده نشده، دورریخته شده، محصولات دارویی آلوده، داروها، واکسن‌ها و سرم‌هایی که دیگرمورد نیاز نیستند، بطری یا جعبه داروها، دستکش، ماسک، لوله و ویال‌های دارویی می‌باشد.

پسماند ژنوتوکسیک

پسماندهای ژنوتوکسیک بسیارخطرناک هستند و ممکن است خواص موتاژن، تراتوژن و سرطان‌زایی داشته باشند. این پسماندها ممکن است شامل: داروهای سایتوتوکسیک، استفراغ، ادرار یا مدفوع بیماران تحت درمان با داروهای سایتوتوکسیک، مواد شیمیایی و مواد رادیواکتیو (که خود یک طبقه جداگانه‌اند) باشند. داروهای سایتوتوکسیک، مواد اصلی در این طبقه هستند که توانایی کشتن یا متوقف کردن رشد سلول‌های زنده خاص را دارند که در شیمی درمانی استفاده می‌شوند. آن‌ها هم چنین نقش مهمی را به عنوان عوامل سرکوب کننده سیستم ایمنی در پیوند عضو و درمان بیماری‌های مختلف ایفا می‌کنند (۱).

پسماند شیمیایی

پسماندهای شیمیایی شامل: مواد شیمیایی جامد، مایع و گاز هستند که در نتیجه کار تشخیصی، تجربی، تمیزکردن و مراحل ضد عفونی کردن تولید می‌شوند. پسماندهای شیمیایی ممکن است خطرناک یا غیرخطرناک باشند؛ در زمینه حفاظت از سلامتی، اگرماده‌ای حداقل یکی ازخواص سمیت، خورندگی (PH<۲و PH>۱۲)، اشتعال‌پذیری

[Downloaded from jps.ajaums.ac.ir on 2026-11-26]

و واکنش‌پذیری (مواد منفجره، واکنش به آب، مواد حساس به شوک الکتریکی) را دارا باشد، جزء مواد خطرناک شیمیایی محسوب می‌شود. پسماندهای شیمیایی غیرخطرناک متشکل از موادی هستند که هیچ‌کدام از خواص فوق را ندارند؛ مانند قندها، آمینواسیدها، نمک‌های معدنی و آلی خاص (۱).

پسماند با محتوای فلزات سنگین

پسماندهای با محتوای بالای فلزات سنگین یک زیرشاخه از پسماندهای شیمیایی خطرناک و بسیار سمی هستند. برخی از آن‌ها مانند پسماندهای جیوه به واسطه نشت از تجهیزات پزشکی نظیر ابزار سنجش الکترونیکی (دماسنج، دستگاه اندازه‌گیری فشارخون و غیره) تولید می‌شوند (۳).

ظروف تحت فشار

در بیمارستان‌ها، انواع گازها که اغلب در سیلندرهای تحت فشار، کارتریج و قوطی‌های آئروسول ذخیره شده‌اند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. بسیاری از آن‌ها یا خالی شده و یا دیگر مورد استفاده قرار نمی‌گیرند (هرچند هنوز هم حاوی گاز هستند). این ظروف قابل استفاده مجدد هستند، اما بعضی از آن‌ها مثل قوطی آئروسل باید دور انداخته شوند. گاز داخل این ظروف به طور بالقوه خطرناک باشد یا نباشد، درهرحالت باید با احتیاط رفتارشود. ظروف ممکن است آتش گرفته یا سوراخ شود (۱).

پسماند رادیواکتیو

این پسماندها اشاره به عناصرشیمیایی رادیواکتیو دارد و ممکن است دراثر پرتو درمانی یا واحدهای پزشکی هسته‌ای ایجاد شوند. این پسماندها در بیمارستان‌ها دارای سطوح پایینی از رادیواکتیویته به نسبت جرم یا حجم هستند. این پسماندها ممکن است حاوی رادیوایزوتوپ‌هایی مانند H_3، P_{32} و C_{14} باشند یا خطر انتشار تشعشات خطرناک نظیر اشعه گاما و بتا داشته باشند، به همین دلیل جهت جلوگیری از بروز هرگونه خطر بهداشتی و زیست محیطی، اغلب توسط سازمان‌های نظارتی دیگر (به عنوان مثال آژانس انرژی اتمی) نظارت می‌شوند (۳).

ذخیره سازی پسماندهای خطرناک بیمارستانی

اعمال کنترل‌های سخت گیرانه در ذخیره سازی، حمل و نقل و دفع پسماندهای بیمارستانی که بخش جدایی ناپذیری از مدیریت بیمارستان است، در سراسر جهان درحال گسترش می‌باشد. بسیاری ازکشورها جهت حفاظت از بهداشت عمومی و جلوگیری از آلودگی محیط زیست، در ذخیره سازی، حمل و نقل و دفع کنترل شده پسماندهای خطرناک، از کدهای ویژه‌ای استفاده می‌کنند. بدین صورت می‌توان تنها با استفاده ازکد، دستورالعمل مربوط به تمام جنبه‌های ذخیره سازی، حمل و نقل و دفع را به دست آورد (۲). بسته‌بندی گروه‌های مختلف پسماندهای بیمارستانی از نظر رنگ، شکل و اندازه متفاوت است. کدبندی رنگی و نوع ظروف پسماندهای بیمارستانی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- کدبندی رنگی و نوع ظروف پسماندهای بیمارستانی

نوع پسماند	نماد	کدگذاری رنگی	نوع ظرف
غیرخطرناک (خانگی)	-	مشکی	کیسه پلاستیکی
پسماند بسیارعفونی		زرد با برچسب "بسیارعفونی"	محکم، کیسه پلاستیکی ضد نشت و یا قادر به اتوکلاوشدن
سایرپسماندهای عفونی،پسماند آسیب‌شناسی و آناتومی		زرد	ظرف یا کیسه ضد نشت
پسماند نوک تیز	-	زرد با برچسب "نوک تیز"	ظروف مقاوم در برابر سوراخ شدن
پسماند دارویی وشیمیایی	-	قهوه‌ای	ظرف و کیسه پلاستیکی
پسماند رادیواکتیو		-	جعبه سرب، با برچسب نماد رادیواکتیو

[Downloaded from jps.ajaums.ac.ir on 2026-11-26]

محل ذخیره سازی پسماندهای بیمارستانی باید در داخل بیمارستان تعیین شده باشد. کیسه‌ها و ظروف، باید دریک منطقه جداگانه، با توجه به میزان پسماند تولید شده و هم چنین فرکانس تولیدی، ذخیره شود. زمان تاخیر بین تولید و تصفیه پسماند باید به این صورت باشد که در اقلیم معتدل: ۷۲ ساعت در زمستان و ۴۸ ساعت در تابستان و در اقلیم گرم: ۴۸ ساعت در طول فصل سرد و ۲۴ ساعت در طول فصل گرم نگهداری شود. پسماندهای سایتوتوکسیک باید به صورت جداگانه ازسایر پسماندها در یک محل امن ذخیره شوند. پسماندهای رادیواکتیو باید درظروف سربی نگهداری شوند. برای پسماندی که در طول تجزیه رادیواکتیو ذخیره می‌شود، زدن برچسب نوع رادیواکتیویته، تاریخ و جزئیات شرایط ذخیره سازی مورد نیاز است.

انواع روش‌های دفع پسماندهای بیمارستانی

سوزاندن خشک

مزایای روش سوزاندن، آن را به یک روش ارجح برای دفع پسماندهای خطرناک بیمارستانی در سراسر جهان تبدیل کرده است. سوزاندن یک فرایند اکسیداسیون خشک در دمای بالا است که پسماندهای آلی را به مواد معدنی غیرقابل احتراق تبدیل می‌کند و در نتیجه سبب کاهش قابل توجهی درحجم و وزن پسماندها می‌شود (۱). از این روش برای درمان پسماندهای غیرقابل بازیافت استفاده می‌شود. یکی از نگرانی‌های مربوط به سوزاندن پسماندهای بیمارستانی، امکان وجود میکروارگانیسم‌های عفونی درگازهای خارج شده از دودکش زباله سوز و خاکستر باقیمانده است (۵). نتایج مطالعه بلنخارن (Blenkharn) و همکاران درسال ۱۹۸۹ نشان داد که گازهای خروجی از یک زباله سوز بیمارستانی بادمای گاز دودکش در محدوده ۱۸۶–۳۰۵، حاوی باکتری‌های گرم مثبت از قبیل باسیلوس (Bacillus)، استافیلوکوکوس اورئوس (Staphylococcus aureus)، استافیلوکوکوس کواگولاز منفی (Staphylococcus coagulase negative) و تعداد کمی گونه‌های گرم منفی مانند سودوموناس فلورسنس (Pseudomonas fluorescens) بودند (۶).

احتراق ترکیبات آلی سبب انتشارات گازی همچون بخار آب، دی اکسیدکربن، اکسیدهای نیتروژن و برخی مواد (مثل فلزات و اسیدهای هالوژنه) و ذرات معلق و نیز باقی مانده‌های جامد به شکل خاکستر می‌شود. اگرشرایط احتراق کنترل شده نباشد، مونوکسیدکربن نیز تولید خواهد شد. خاکستر و فاضلاب تولید شده حاصل ازاین فرایند نیز سمی هستند. به منظور جلوگیری از اثرات نا مطلوب بر سلامت و محیط زیست، باید تصفیه شوند. برخی از پسماندهای بیمارستانی مانند بافت‌های بدن انسان نیاز به محفظه ثانویه دارند که در آن، مواد حداقل زمان لازم برای حذف بو را داشته باشند (۷). اگر زباله سوزها درست کار کنند، پاتوژن‌ها را از بین می‌برند و حجم و وزن پسماندها را کاهش می‌دهند. به هرحال، انواع خاصی از پسماندهای بیمارستانی مانند پسماند دارویی و شیمیایی، برای نابودی کامل، نیاز به دماهای بالاتری دارند. در این مورد سه نوع تکنولوژی سوزاندن پایه برای از بین بردن پسماندهای بیمارستانی وجود دارد:

زباله سوز دومحفظه‌ای

قابل اطمینان‌ترین و معمول‌ترین روش سوزاندن پسماندهای بیمارستانی، سوزاندن به روش پیرولیزیس (Pyrolysi) است که سوزاندن با هوای کنترل شده یا سوزاندن دو محفظه‌ای نیز نامیده می‌شود. زباله سوز پرولیز شامل یک محفظه پرولیز و یک محفظه احتراق سریع است. در محفظه پیرولیز، پسماندها در اثرحرارت از طریق فرایند احتراق دردمای متوسط (۸۰۰–۹۰۰ درجه سانتیگراد) در نبود یا مقدار کم اکسیژن، سوزانده شده و گاز و خاکستر تولید می‌کنند. برای کاهش دود و بو، گازهای تولید شده دراین فرایند توسط مشعل سوخت در دمای بالا (۹۰۰–۱۲۰۰درجه سانتی گراد) سوزانده می‌شوند. این زباله سوز نیازی به تمیز کردن دودکش خروجی و یا سایر تجهیزات ندارد، خاکستر تولید شده توسط آن‌ها حاوی کمتر از ۱٪ مواد سوخته نشده است که می‌تواند در محل دفن ضایعات (لندفیل‌ها (Landfill)) دفن شود. با این حال، برای جلوگیری از تولید دیوکسین، بهتر است کیسه‌های پلاستیکی داخل زباله سوز ریخته نشود؛ بنابراین نمی‌توان برای بسته‌بندی پسماندها قبل از سوزاندن از پلاستیک استفاده کرد.

کوره تک محفظه‌ای

درکوره‌های تک محفظه‌ای، عملیات بارگذاری پسماند به داخل کوره به صورت دستی با استفاده از میل‌های آهنی انجام می‌گیرد.

[Downloaded from jps.ajaums.ac.ir on 2026-11-26]

در این کوره‌ها میل‌های آهنی باید تنها زمانی مورد استفاده قرار بگیرد که زباله‌های پیرولیز مقرون به صرفه نیستند. درکوره‌های تک محفظه‌ای، احتراق با اضافه کردن سوخت شروع شده و در ادامه بدون اضافه کردن مستمر سوخت، ادامه می‌یابد. اساس کار این کوره، بر پایه تهویه طبیعی به صورت جریان هوا از دهانه کوره به دودکش است؛ درصورتی که جریان هوا ناکافی باشد، توسط تهویه مکانیکی حمایت می‌شود. حذف منظم دوده و سرباره ضروری است. دمای مورد استفاده در این نوع زباله سوزها ۳۰۰–۴۰۰ درجه سانتیگراد است.

کوره دوار

کوره‌های دوار (سانتریفیوژ) زباله سوزهایی هستند که در دمای بالا، قادر به تجزیه مواد ژنوتوکسیک و مواد شیمیایی مقاوم در برابر حرارت می‌باشند. این کوره‌ها به طورکلی شامل دو محفظه احتراق و تجهیزات کنترل آلودگی هوا هستند. پسماندها به‌طور مستقیم به کوره وارد می‌شوند. نرخ جریان پسماند به کوره، تابعی از سرعت کوره می‌باشد که این میزان متغیر است. برای کمک به فرایند سوزاندن اغلب هوا بیش از نیاز استوکیومتری به کوره ارائه می‌شود. پسماندها درکوره به دلیل حرکت چرخشی کوره، به صورت آشفته هستند؛ چرخه کوره اغلب درحدود ۱–۳ rpm است. این تلاطم پسماندها، به تماس آن‌ها با هوا و در نتیجه احتراق کمک کرده و از طرفی هم بار ذرات خروجی از دودکش زباله سوز را هم افزایش می‌دهند. بنابراین این گروه نیاز به کنترل آلودگی هوا دارد (۱۲). در این نوع کوره‌های زباله سوز، برای سوزاندن پسماندهای بیمارستانی درجه حرارتی بین ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد به کارگرفته می‌شود.

ضد عفونی شیمیایی

ضد عفونی شیمیایی به طور مداوم در مراکز بهداشتی برای از بین بردن میکروارگانیسم‌ها در تجهیزات پزشکی و در دیوارها و کف استفاده می‌شود. درحال حاضر ضد عفونی کننده‌های شیمیایی برای ضد عفونی کردن پسماندهای بیمارستانی بسیار توسعه یافته‌اند. مواد شیمیایی به منظور از بین بردن و غیرفعال کردن پاتوژن‌ها، به پسماندها اضافه می‌شوند. ضدعفونی شیمیایی مناسب‌ترین روش برای ضدعفونی کردن پسماندهای مایع مانند خون، ادرار، مدفوع و فاضلاب بیمارستان است. از جمله محدودیت‌هایی که در فرایند ضدعفونی کردن پسماندهای بیمارستانی جامد و خطرناک همچون کشت‌های میکروبیولوژی و مواد نوک تیز وجود دارد، این است که ضدعفونی کننده‌های قوی مورد نیاز است که خود ممکن است خطرناک باشند و باید توسط افراد آموزش دیده مورد استفاده قرار گیرند و لازم است شرایط محافظت از پرسنل فراهم شود. از دیگر محدودیت‌هایی که می‌توان به آن اشاره کرد این است که ضدعفونی کننده‌های شیمیایی فقط سطح پسماندهای جامد را ضد عفونی می‌کنند. بخش‌های بدن انسان و لاشه حیوانات اغلب نباید ضدعفونی شیمیایی شود. در برنامه ریزی استفاده از ضد عفونی شیمیایی، الزامات برای دفع نهایی باید درنظرگرفته شود؛ زیرا دفع نامناسب می‌تواند منجر به مشکلات جدی زیست محیطی شود. بررسی سازمان بهداشت جهانی بر روی مقاومت میکروارگانیسم‌ها در برابر ضدعفونی کننده‌های شیمیایی نشان داده است که اسپورهای باکتری، مایکوباکتریوم‌ها (Mycobacterium)، ویروس‌های آب دوست، ویروس‌های چربی دوست، قارچ‌های رویشی، اسپورهای قارچی، باکتری‌های رویشی، انگل‌ها مانند ژیاردیا (Giardia) و کریپتوسپریدیوم (Cryptosporidium) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقاومت هستند. درحال حاضر، استفاده از ضدعفونی کننده‌های شیمیایی برای ضدعفونی کردن پسماندهای بیمارستانی درکشورهای صنعتی محدودیت دارند. ولی درکشورهای درحال توسعه بیشتر برای تصفیه نمونه‌های بالینی خطرناک مانند مدفوع گرفته شده از بیمار مبتلا به وبا، استفاده می‌شوند. پسماندهای ضدعفونی شده با مواد شیمیایی خطری ایجاد نمی‌کنند ولی مواد شیمیایی ضدعفونی کننده ممکن است در اثر نشت بعد از دفع، مشکلات بعدی زیست محیطی را ایجاد کنند.

انواع ضدعفونی کننده شیمیایی

برخی از مواد ضدعفونی کننده در از بین بردن و غیرفعال کردن گروه خاصی از میکروارگانیسم‌ها و برخی در برابر تمام انواع آن‌ها مؤثر هستند. بنابراین شناخت ماهیت میکروارگانیسم هدف، به منظور نابودی، ضروری است. انتخاب ضد عفونی کننده نه تنها به تاثیر آن، بلکه به خورندگی و سایرخطرات آن هم بستگی

[Downloaded from jps.ajaums.ac.ir on 2026-11-26]

دارد. انواع مواد شیمیایی مورد استفاده برای ضدعفونی پسماندهای بیمارستانی عبارتند از: آلدئیدها، ترکیبات کلر، نمک‌های آمونیوم، ترکیبات فنول و غیره. ویژگی‌های برخی از این مواد در جدول ۲ به صورت خلاصه، ارائه شده است.

استفاده از اکسید اتیلن، به دلیل خطرات مرتبط با مدیریت، برای ضدعفونی توصیه نمی‌شود. با این حال، هنوز در برخی مکان‌ها از آن استفاده می‌کنند. بسیاری ازمواد ضد عفونی کننده پس از بازکردن ظرف، حداقل به مدت پنج سال و یا ترکیب شیمیایی همچون سدیم هیپوکلریت به مدت ۶-۱۲ ماه مؤثر باقی می‌مانند. ضدعفونی کننده‌های قوی اغلب برای پوست و غشاهای مخاطی، خطرناک و سمی هستند. بنابراین کاربران باید از لباس‌های محافظ ازجمله عینک و دستکش استفاده کنند (۲).

ضدعفونی حرارتی مرطوب (اتوکلاو)

اساس کار ضدعفونی حرارتی مرطوب (بخار) وابسته به میزان تماس پسماندهای عفونی خرد شده با دمای بالا و فشار بخار بالا است. این روش درصورت زمان تماس و درجه حرارت کافی، بیشتر میکروارگانیسم‌ها را غیرفعال می‌کند. برای باکتری‌های اسپور شده حداقل درجه حرارت ۱۲۱ درجه سانتی گراد مورد نیاز است. در این فرایند، قبل از تصفیه نیاز است پسماندها خرد شوند. این روش برای تصفیه پسماندهای آناتومیک و لاشه حیوانات، نامناسب است و همچنین در تصفیه پسماندهای دارویی و شیمیایی نیز موثر نمی‌باشد. با این حال هزینه‌های عملیاتی کم و تاثیرات زیست محیطی پایین، از مزایای این روش به حساب می‌آید. مخزن واکنش برای فرایند حرارتی مرطوب، ممکن است یک استوانه فولادی متصل به یک ژنراتور بخار باشد که می‌توانند در برابر فشار (۶۰۰kPa / ۶ bar) و دمای ۱۶۰ درجه سانتیگراد مقاوم باشد. این سیستم هم چنین شامل پمپ خلاء و تامین برق است. درطول فرایند، فشار و دما کنترل می‌شوند و عملکرد این سیستم ممکن است به صورت خودکار باشد. فرایندهای حرارتی مرطوب اغلب سیستم‌های ناپیوسته و

جدول ۲- ویژگی‌های پرکاربردترین مواد ضدعفونی کننده شیمیایی پسماندهای عفونی

ماده ضد عفونی کننده	کاربرد	خواص فیزیکی و شیمیایی	توضیحات
فرمالدهید ($HCHO$)	درترکیب با بخار در ۸۰°C به مدت ۴۵ دقیقه	واکنش‌پذیر در دمای محیط، پلیمریزاسیون دردمای کمتر از ۸۰ درجه، فرمالین یک محلول ۳۷٪ فرمالدهید است. آستانه بو: ۱-۰/۱ ppm	-
اکسید اتیلن (CH_2OCH_2)	درترکیب با بخار در ۳۵-۵۵ درجه، درطوبت ۶۰-۸۰٪ و به مدت ۴ -۱۲ ساعت	واکنش پذیر در دمای محیط، پلیمریزاسیون در دمای کمتراز ۸۰ درجه، محلول درآب و بسیاری از حلال‌های آبی. آستانه بو: ۳۲۰-۷۰۰ ppm	استفاده ازاکسید اتیلن به دلیل خطرات مرتبط با سلامتی قابل توجه، توصیه نمی‌شود.
گلوتارالدهید ۳-CHO-(CH_2)-CHO	فعال در برابر باکتری‌ها و تخم انگل‌ها. ۵ دقیقه برای ضدعفونی تجهیزات پزشکی ۱۰ ساعت برای از بین بردن اسپورها	مایع، بسیار واکنش پذیر و غیرقابل اشتعال. متانول به مدت طولانی از آن حفاظت می‌کند.	احتمال اشتعال پسماند آن در فاضلاب در اثر مخلوط شدن با حلال‌های اشتعال‌پذیر، وجود دارد.
هیپوکلریت سدیم ($NaOCl$)	غیرموثر برای ضدعفونی مایعات با محتوای آلی بالا مانند خون یا مدفوع	محلول‌ها باید از نور محافظت شوند تا زود تجزیه نشوند؛ با اسید واکنش می‌دهند گازکلرخطرناک تولید می کند.	به دلیل خطرات بهداشتی، خیلی کم مورد استفاده قرار می‌گیرد. خنثی‌سازی توسط اسید قبل از تصفیه فاضلاب
دی اکسید کلر (ClO_2)	به طورگسترده مورد استفاده قرارمی‌گیرد مثلا درآماده‌سازی آب آشامیدنی و تصفیه پسآب.	با آب یا بخار واکنش داده و گازهای خورنده ازجمله هیدروکلریک اسید، تولید می‌کند.	

[Downloaded from jps.ajaums.ac.ir on 2026-11-26]

گاهی به‌صورت پیوسته هستند. از اتوکلاو برای درمان پسماندهای نوک تیز، اقلام آلوده به خون و باقی مانده از یک عمل جراحی، باند، پارچه، لباس و دیگر موارد مشابه استفاده می‌شود. اتوکلاو دارای درجه حرارت ۲۵۰-۵۰ درجه سانتی گراد است اما ۱۶۰ درجه، به عنوان درجه حرارت مطلوب برای از بین بردن باکتری‌ها می‌باشد (۱). اتوکلاو پسماندهای بیمارستانی یک فرایند جایگزین زباله سوز در نظرگرفته شده است؛ اما پر هزینه‌تر از سوزاندن می‌باشد. به این دلیل که در روش ضدعفونی با اتوکلاو، نیاز به یک روش دیگر برای دفع نهایی وجود دارد. به علاوه اتوکلاو نمی‌تواند پسماندهای شیمیایی و مواد خطرناک مانند پسماند حاصل از شیمی درمانی، جیوه، پسماند آلی فرار و غیرفرار و رادیواکتیو را از بین ببرد. به طورکلی این روش، روش کاملی نیست (۴).

مایکروویو

امواج مایکروویو، امواج الکترومغناطیسی با فرکانس بین امواج رادیویی و مادون قرمز هستند (۹). بسیاری از میکروارگانیسم‌ها توسط مایکروویو با امواج ۲۴/۱۲ cm و طول موج ۲۴۵۰ MHz، از بین می‌روند. آب موجود در پسماند به سرعت توسط مایکروویو گرم می‌شود و اجزای عفونی توسط هدایت گرمایی از بین می‌روند. در واحد تصفیه مایکروویو، پسماندها به قطعات کوچک خرد می‌شوند، سپس پسماند مرطوب شده و به محفظه تابش که توسط یک سری ژنراتور مایکروویو مجهز شده است انتقال داده می‌شود و به مدت ۲۰ دقیقه تحت تابش قرارمی گیرد. مایکروویو کردن پسماندهای بیمارستانی با سوزاندن، از لحاظ اقتصادی، نزدیک به هم هستند (۴). با این حال تکنولوژی مایکروویو در مقیاس بزرگ برای مدیریت پسماند مناسب نیست (۱۰).

دفع در زمین

اگرشهرداری یا مسئولین بیمارستان، در واقع فاقد وسیله‌ای برای تصفیه پسماندها قبل از دفع باشند، استفاده از محل‌های دفع پسماند به عنوان مسیر دفع، قابل قبول است؛ زیرا تجمع پسماندها در بیمارستان یا جای دیگر، به منزله یک خطر بزرگتر و به مراتب بالاتر از انتقال عفونت از طریق دفع در محل‌های دفع پسماند شهری می‌باشد. مکان‌های دفع زباله را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد که عبارتند از:

۱) رها کردن پسماند در زمین باز

از آن جایی که در این روش هیچ گونه کنترلی وجود ندارد و پسماندها پراکنده هستند، منجر به بروز مشکلاتی ازجمله آلودگی هوا، آتش سوزی، انتقال بیماری‌ها و دسترسی آزاد رفتگران و حیوانات، می‌شود. در مطالعه‌ای که توسط بلنخارن (۲۰۰۶)، بر روی شیرابه محل دفن پسماند بیمارستانی انجام شد، وجود باکتری استافیلوکوکوس اورئوس، سالمونلا (Salmonella)، انتروکوکوس (Enterococcus) و دیگر انتروباکتریاسه‌ها (Enterobacteriaceae) پس از گذشت چندین هفته در شیرابه گزارش شده است (۱۱). در مطالعه دیگری هیل بوت و همکاران (۲۰۰۱) ۴۳ گونه مختلف از باکتری‌ها و مخمرها در شیرابه محل‌های دفع زباله شناسایی کردند که برخی از آن‌ها با عفونت‌های انسانی در ارتباط بودند (۹). پسماندهای بیمارستانی نباید درمحل‌های باز ریخته شوند، زیرا خطر تماس انسان‌ها و حیوانات با پاتوژن‌های عفونی و انتقال بیماری، چه از طریق زخم، استنشاق و بلع و یا به طور غیرمستقیم از طریق زنجیره غذایی یا یک گونه پاتوژن، وجود دارد (۱).

۲) محل‌های دفن نیمه کنترل شده

در این روش، پسماند به صورت فشرده در محل‌های دفن ریخته می‌شود و به وسیله پوشش خاک روزانه پوشانده می‌شود. انواع پسماند شهری، صنعتی و بیمارستانی بدون جداسازی در محل‌های دفن تخلیه می‌شوند. این نوع دفن پسماند نیازی به مهندسی مدیریت گاز و شیرابه ندارد (۱۲).

۳) محل دفن بهداشتی

این روش نسبت به مناطق دفع باز، مزیت‌های بیشتری دارد از جمله جداسازی زمین شناسی پسماند از محیط زیست، مهندسی آماده سازی مناسب سایت برای پذیرش پسماند، حضور کارکنان در مکان برای کنترل عملیات و سازماندهی کردن تخلیه و پوشش روزانه پسماند. به طورکلی، دفن یک روش آسان وکم هزینه برای دفع پسماند است؛ اما اگر محل‌های دفن پسماند به درستی مدیریت نشوند، خطر بیماری و آلودگی محیط زیست افزایش می‌یابد. ضایعات تولیدی از محل دفن پسماند در طول فرایند تخریب پسماند، در سه فاز جامد (پسماند تخریب شده)، مایع (شیرابه) و

[Downloaded from jps.ajaums.ac.ir on 2026-11-26]

گاز (اغلب به عنوان گاز محل دفن زباله اشاره می‌شود، مانند متان وکربن دی اکسید) می‌باشد (۱۳). شیرابه تولید شده درمحل دفن پسماند، شامل: طیف گسترده‌ای از نمک‌ها، ترکیبات آلی هالوژنه، فلزات کمیاب و اسیدهای آلی است که می‌تواند خاک یا آب اطراف خود را آلوده کند. بنابراین، محل دفن یک راه حل ایمن برای دفع پسماندهای بیمارستانی محسوب نمی‌شود (۱).

مایع فوق بحرانی دی اکسید کربن

روش اتوکلاو کردن، اکسید اتیلن و مایکروویو تکنولوژی‌های معمول ضدعفونی می‌باشند (۱۴). اگرچه تمام این روش‌ها اطمینان رضایت بخشی درغیرفعال کردن میکروب‌ها به دست می‌دهند، اما دارای محدودیت نیز هستند. تمام این تکنیک‌ها بسیارگران بوده و مدیریت و کنترل آن‌ها سخت می‌باشد، زیرا دما و فشار بالا مورد نیاز است (۱۵). بنابراین بیشتر روش‌های ضد عفونی برای ضد عفونی کردن پسماندهای بیمارستانی نا مناسب هستند زیرا ممکن است پسماندهای قابل استفاده مجدد و حساس به گرما، در اثر افزایش دما از بین بروند. از این رو، تکنولوژی ضدعفونی سیال فوق بحرانی (SCF: Super Critical Fluid) به عنوان یک تکنولوژی ضدعفونی دردمای پایین، برای ضدعفونی کردن پسماندهای بیمارستانی بسیار امیدوارکننده است (۱).

هرگونه ترکیب در یک دما و فشار بیشتر از حد بحرانی را، سیال فوق بحرانی گویند. فشار بحرانی، فشار بخارگاز، در دمای بحرانی است. درمحیط فوق بحرانی فقط یک فاز وجود دارد. با اینکه مایع نامیده می‌شود ولی نه مایع است و نه گاز، بلکه به عنوان حد واسط این دو شرح داده می‌شود. این فاز قدرت حلالیت مایعات و همچنین قدرت انتقال گازها را دارد و همینطور ویسکوزیته کمتر و نفوذ بالاتری نسبت به مایع دارد (۱۶).

استفاده از سیال فوق بحرانی دی اکسیدکربن شایع‌ترین نوع سیال فوق بحرانی است. سیال فوق بحرانی دی اکسیدکربن به دلیل داشتن مزایایی از جمله موثر در برابر میکروارگانیسم‌ها، پارامترهای بحرانی کم (۳۱/۱ درجه سانتیگراد و ۸/۷۳ bar)، هزینه کم و غیرسمی، غیرقابل اشتعال، به وفور در دسترس، قابل بازیافت و سازگار بودن با محیط زیست، به طورگسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۷). علاوه بر این، قدرت حلالیت و نفوذ بالا و ویسکوزیته کم، موثر در غیرفعال کردن میکروب‌ها، باعث شده است که از آن به عنوان یک تکنولوژی ضد عفونی استفاده کنند. اگرچه در برخی موارد، مواد افزودنی مانند پروکسیدهیدروژن و پراستیک اسید نیز استفاده می‌شود (۱). ضدعفونی میکروارگانیسم‌های مختلف با استفاده از سیال فوق بحرانی دی اکسیدکربن در شرایط مختلف آزمایشگاهی در جدول ۳ نشان داده شده است (۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱).

با توجه به تاثیر این تکنولوژی بر میکروارگانیسم‌ها، برنامه‌های بازیافت و استفاده مجدد از پسماندهای بیمارستانی می‌تواند بدون هیچگونه خطرعفونی، انجام گیرد. بدیهی است پسماند جامد بیمارستانی از جمله ابزار و تجهیزات پزشکی ساخته شده از فلز یا قطعات پلاستیکی، کاغذ، مقوا و غیره را می‌توان پس از ضدعفونی کردن توسط سیال فوق بحرانی دی اکسیدکربن مورد استفاده مجدد قرار داده یا بازیافت کرد. بنابراین اتخاذ تکنولوژی ضدعفونی سیال فوق بحرانی دی اکسیدکربن درمدیریت پسماندهای جامد

جدول ۳- مطالعات انجام شده در زمینه ضدعفونی میکروارگانیسم‌ها توسط سیال فوق بحرانی دی اکسیدکربن درشرایط مختلف

میکروارگانیسم	افزودنی	زمان (min)	دما (°C)	فشار(bar)
Salmonella enterica	–	۳۰–۱۵	۵۵–۳۵	۲۵۰–۸۰
B.megaterium & B. subtilis	–	۳۰	۴۰	۳۰۰
Bacillus pumilus	H_2O_2	۲۴۰	۶۰	۲۷۵
biological pathogens	H_2O_2 , H_2O	۳۰	۵۰	۸۰/۸
Bacillus pumilus	H_2O_2	۴۵	۵۰	۱۰۱
Alicyclobacillus acidoterrestris	H_2O_2	۲۴۰	۴۰	۲۷۵
Bacillus subtilis	–	۱۲۰	۷۵–۳۶	۱۵۰–۷۰

[Downloaded from jps.ajaums.ac.ir on 2026-11-26]

بیمارستانی، می‌تواند تماس با پسماندهای عفونی، نیروی کار و هزینه‌ها را کاهش دهد. براین اساس بیمارستان‌ها می‌توانند یک محیط ایمن برای کارکنان و بیماران مهیا کنند. روش سیال فوق بحرانی دی اکسیدکربن بسیار سازگار با محیط زیست نیز می‌باشد.

روش‌های دفع پسماندهای خطرناک بیمارستانی براساس گروه‌های خاص مواد زائد

پسماندهای بیمارستانی، پسماندهای خطرناکی هستند؛ اما اگر به درستی دفع شوند، می‌توان آسیب را به حداقل رساند. روشی که برای دفع پسماند بیمارستانی انتخاب می‌شود باید مقرون به صرفه و قابل اجرا بوده و هم چنین سازگار با محیط زیست باشد (۱).

در زیر نمونه‌هایی از روش‌های تصفیه درکشورهای کم درآمد و کشورهای با درآمد متوسط، که برای ترکیبات خاص مواد زائد مراقبت‌های بهداشتی به کار می‌برند، ذکرشده است که عبارتند از:

مواد زائد تیز و برنده

دفع نامناسب مواد زائد تیز و برنده با خطر بالای انتقال بیماری در بین کارگران مراقبت‌های بهداشتی، کارگران مواد زائد و عموم مردم همراه می‌باشند. در هند مواد زائد تیز اغلب درجعبه‌های ایمن (Safety Box) مقوایی جمع‌آوری و در زباله سوزهای کوچک سوزانده می‌شوند.

به طورکلی روش‌ها شامل مراحل زیر هستند:

۱- استفاده از برش دهنده‌های مکانیکی سوزن در محل یا نابود کننده‌های الکتریکی سوزن.

۲- خرد نمودن ذرات پلاستیکی تصفیه شده.

۳- دفع تکه‌های فلزی در چاهک‌های مواد زائد تیز و برنده.

۴- ذوب مجدد پلاستیک‌ها برای بازیافت.

از طرف دیگر، مواد تیز و برنده را می‌توان اتوکلاو و خرد و سپس در بلوک‌های سیمانی کپسوله نمود که بعدها به وسیله‌های مفیدی مانند نیمکت‌های بیمارستانی تبدیل شوند (۲۲).

مواد زائد آناتومی و پاتولوژی، جفت جنین و لاشه‌های حیوانی آلوده

تصفیه مواد زائد آناتومی، پاتولوژی و جفت جنین ممکن است با توجه به فرهنگ اجتماعی، مذهبی و ملاحظات اخلاقی محدود شود. دراین مورد دوگزینه قدیمی ارائه شده است:

۱- خاکسپاری (دفن) درگورستان یا محل‌های دفع خاص

۲- سوزاندن درگورستان یا زباله سوزهای طراحی شده ویژه

۳- هضم قلیائی

هضم قلیایی یکی ازروش‌های نوین دردفع بافت‌های آلوده به ویژه برای بافت‌های آلوده و لاشه‌های حیوانات است. دربرخی کشورها، مواد زائد جفت به کود کمپوست تبدیل می‌شوند یا در چاهک‌های جفت که به این منظور طراحی شده‌اند دفن می‌شوند تا فرایند بیولوژیکی تجزیه طبیعی را تسهیل نمایند.

مواد زائد دارویی

برای دفع مواد داروئی با مقادیرکم از روش‌های زیر می‌توان استفاده کرد:

۱- ارجاع داروهای منقضی شده به تولیدکننده یا کارخانه داروسازی

۲- کپسول سازی و دفن در محل‌های بهداشتی دفن زباله

۳- تجزیه شیمیایی مطابق با توصیه تولیدکنندگان در صورتی که کارشناس شیمی و کارشناس مواد حضور داشته باشند.

۴- رقیق سازی درحجم بالای آب و تخلیه در فاضلاب برای مقادیر متوسط مایعات ملایم و داروهای نیمه مایع مانند محلول‌های حاوی ویتامین‌ها، شربت‌های سرفه، محلول‌های داخل وریدی و محلول‌های چشم.

۵- داروهای آنتی بیوتیک و سایتوتوکسیک را نباید درفاضلاب‌های شهری یا رودخانه‌ها تخلیه نمود.

برای دفع مواد داروئی با مقادیر زیاد از روش‌های زیر می‌توان استفاده کرد:

۱- کپسول سازی و دفن در محل‌های بهداشتی دفن زباله

۲- سوزاندن درکوره‌های مجهز به ابزارهای کنترل آلودگی که برای مواد زائد صنعتی طراحی شده‌اند و در دماهای بالا بهره برداری می‌شوند.

۳- رقیق‌سازی و تخلیه درفاضلاب برای مایعات بی‌ضرر مانند محلول‌های وریدی (نمک‌ها، آمینواسیدها، گلوکز).

برخی فناوری‌های نو ظهور مانند اوزون زنی در مقیاس بالا و تجزیه با استفاده ازکاتالیز ایزوپروپوکساید لیگاند (Isopropoxide Ligands)،

[Downloaded from jps.ajaums.ac.ir on 2026-11-26]

آهن- ترا امیدوماکروسیکلیک (Iron (III) - (TAMLs: Tetra-amido ((macrocyclic ligands نیز وجود دارد. اما استفاده از این فناوری‌ها را باید به دقت ارزیابی نمود زیرا که بسیاری از آن‌ها ثبت سازمانی تصفیه مواد زائد دارویی مربوط به مراقبت‌های بهداشتی را ندارند.

مواد زائد سایتوتوکسیک

مواد زائد سایتوتوکسیک بسیارخطرناک هستند و هرگز نباید آن‌ها را در محل دفن زباله دفن یا در شبکه جمع‌آوری فاضلاب تخلیه نمود. گزینه‌های دفع مواد زائد سایتوتوکسیک عبارتند از:

۱- ارجاع به تهیه کننده اصلی

۲- سوزاندن دردماهای بالا

۳- تجزیه شیمیایی مطابق با دستورالعمل‌های سازنده

انهدام و تجزیه کامل مواد زائد سایتوتوکسیک به دمای بالای ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد در زباله سوز و حداقل زمان ماندگاری یعنی دو ثانیه در محفظه ثانویه است. زباله سوز باید به تجهیزات پاک سازی گاز مجهز باشد. زباله سوز با دمای پایین منجر به رها سازی بخارهای خطرناک سایتوتوکسیک به اتمسفر می‌شود. سوزاندن درکوره‌های زباله سوزی شهری، زباله سوزهای تک محفظه‌ای یا سوزاندن در هوای باز برای دفع مواد سایتوتوکسیک روش‌های نامناسبی هستند (۲۳).

مواد زائد شیمیایی

جایی که قوانین محلی اجازه می‌دهد، مواد زائد شیمیایی معمولی و غیرقابل بازیافت مثل شکرها، آمینواسیدها و نمک‌های خاص را می‌توان با مواد زائد شهری دفع یا درفاضلاب‌های شهری تخلیه نمود. با این حال، مجوز رسمی مقامات ذی صلاح نیاز است تا محدودیت‌های انواع و میزان موادی که می‌توان درفاضلاب‌ها تخلیه نمود مشخص کنند. به طورکلی روش‌های تخلیه شامل محدودیت‌های غلظت‌های آلاینده، محتوای جامدات معلق، دما و PH و در برخی موارد نرخ تخلیه می‌باشند (۲۴).

مواد زائد حاوی فلزات سنگین

مواد زائد حاوی جیوه یا کادمیوم را نباید سوزاند یا در زباله سوز انداخت. کادمیوم و جیوه در دماهای نسبتا پایین بخار و باعث آلودگی هوا می‌شوند. دربرخی کشورها مواد حاوی جیوه و کادمیوم را می‌توان به تسهیلاتی ارسال نمود که خاص بازیابی فلزات سنگین هستند. هم چنین امکان ارجاع مواد زائد به عرضه کننده‌های تجهیزات اصلی و با هدف بازیابی مجدد یا دفع نهایی وجود دارد. صادرات مواد زائد به کشورهای با نیروی متخصص و تسهیلاتی برای تصفیه مناسب را نیز باید مورد توجه قرارداد و صرفا باید تحت قوانین کنوانسیون بازل (Bazel Convention) قرارگیرد. اگر هیچ یک از این گزینه‌ها امکان پذیر نیست مواد زائد را باید به محل‌هایی که برای ذخیره سازی یا دفع مواد زائد صنعتی طراحی شده‌اند، انتقال داد.

مواد زائد رادیواکتیو

در مدیریت مواد زائد رادیواکتیو، برنامه ریزی باید در جهت کاهش دادن مواد زائد باشد. سه روش دفع برای مواد زائد رادیواکتیو سطح پایین امکان پذیراست:

۱- «تجزیه در انبار» که ذخیره ایمن مواد زائد رادیواکتیو است تا زمانی که سطح تابش از تابش زمینه غیرقابل تشخیص باشد.

۲- ارجاع به تولیدکننده

۳- ذخیره طولانی مدت درمحل مناسب دفع مواد زائد رادیواکتیو.

مواد زائد عفونی باید قبل ازتصفیه و دفع، گند زدایی و تجزیه شوند. علاوه بر موارد فوق، برای کاهش میزان مواد زائد رادیواکتیو و انجام مراقبت‌های بهداشتی اقدامات زیر نیز قابل انجام است؛

گند زدایی مواد جامد رادیواکتیو توسط روش‌های حرارت مرطوب یا مایکروویو مناسب نمی‌باشد. مواد زائد رادیواکتیو جامد مثل بطری‌ها، شیشه‌ها و ظرف‌ها را باید قبل از دفع تخریب نمود تا از استفاده مجدد آن‌ها توسط عموم مردم پیشگیری شود. مواد زائد رادیواکتیو با سطح بالا نیمه عمر نسبتا کوتاه (مثلا ید-۱۳۱) و مایعاتی که با آب مخلوط نمی‌شوند مثل باقی مانده‌های کانتر سنتیلاسیون (Scintillation Counter) و روغن آلوده را باید برای تجزیه درظرف‌های علامت گذاری شده، زیر حفاظ سربی تا زمانی که اکتیویته به سطوح ترخیص مناسب برسند، ذخیره نمود (۲۵).

بحث و نتیجه‌گیری

هرکدام ازروش‌های پیشنهاد شده برای دفع پسماندهای بیمارستانی، دارای مزایا و معایبی هستند و همین امر بیشتر باعث متنوع شدن این

[Downloaded from jps.ajaums.ac.ir on 2026-11-26]

روش‌ها گردیده است. روش‌های مورد استفاده در دفع پسماندهای بیمارستانی شاید نتایج قابل قبولی داشته باشند، اما در مقایسه با شرایط ایده‌آل، بیشتر این تکنیک‌ها گران و هزینه بر هستند و به دلیل نیاز به دما و فشار بسیاربالا، مدیریت وکنترل آن‌ها بسیار سخت می‌باشد. از میان روش‌های گفته شده در دفع پسماندهای بیمارستانی، روش سوزاندن یکی از شایع‌ترین روش‌هایی است که مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش درکنار داشتن مزایایی همچون کاهش دادن حجم زیادی از پسماندها، دفع مواد پلاستیکی و تولید انرژی، دارای معایبی مانند ایجاد بو، دود و آلودگی هوا، داشتن سرمایه گذاری و هزینه اولیه زیاد و سنگین بودن هزینه تاسیسات مورد نیاز برای سوزاندن پسماند، نیز می‌باشد. روش اتوکلاو از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست، حوزه دانش و سطح علمی در این زمینه ناچیز است، بیشتر بیمارستان‌ها و مراکز پزشکی به دلیل کمبود جا امکان نصب این دستگاه را ندارند و هم چنین تمام زباله‌های پزشکی و بیمارستانی قابلیت از بین برده شدن با اتوکلاو را ندارند. روش دفن پسماند در زمین دارای مزایایی است از قبیل داشتن هزینه بهره برداری کمتر نسبت به بقیه روش‌ها، ضروری نبودن جداسازی مواد و استفاده ازمحل دفن برای ایجاد فضای سبز، پارک و... پس از پرشدن. ولی دراین روش علی رغم وجود این مزایا، معایبی نیز دیده می‌شود ازجمله اینکه دراین روش به دلیل نبود فضای مناسب و دور از جوامع پر تراکم، بعضی وقت‌ها دفن پسماند در زمین خودش تبدیل به یک بحران زیست محیطی می‌شود. گاهی اوقات به دنبال بی‌توجهی مسئولین، زباله‌ها در محیط به صورت تلنبار جمع می‌شوند، تولید گاز متان و دی اکسید کربن و نشت شیرابه به آب‌های زیرزمینی، منجر به آلودگی و سخت شدن آب‌های زیر زمینی می‌گردد. بنابراین با این شرایط روش دفن پسماند در زمین، نمی‌تواند یک روش مطلوب محسوب شود. مواد شیمیایی هرچند در دفع پسماندهای بیمارستانی بسیار موثرعمل می‌کنند و باعث نابودی اکثر پاتوژن‌های بیمارستانی می‌گردند، ولی خطرگسترش مقاومت‌های میکروبی در برابر این عوامل، ماندگاری بالای این گونه مواد درطبیعت و آلودگی‌های زیست محیطی ناشی ازآن‌ها و هم چنین خطرات ناشی از مواد شیمیایی برای کارکنان و پرسنل بیمارستانی، باعث شده کشورهای صنعتی رغبتی به استفاده از مواد شیمیایی جهت دفع پسماندهای بیمارستانی نداشته باشند و به دنبال روشی جایگزین و درعین حال موثرتر، ایمن‌تر و ارزان‌تر باشند. روش سیال فوق بحرانی دی اکسید کربن درمقایسه با سایر روش‌ها از مزایای بیشتری برخوردار است. از مزیت‌های این روش می‌توان به موثر بودن آن در برابر میکروارگانیسم‌ها، داشتن پارامترهای بحرانی پایین (۳۱/۱ درجه سانتیگراد و ۸/۷۳ bar)، برخورداری از هزینه کم، غیر سمی بودن، غیر قابل اشتعال بودن، دسترسی آسان، قابل بازیافت بودن، سازگار بودن با محیط زیست، داشتن قدرت حلالیت و نفوذپذیری بالا و دارا بودن ویسکوزیته پایین، روش بسیار موثر و جایگزین دردفع پسماند قلمداد شده است. با داشتن یک برنامه‌ریزی منظم و مدیریت صحیح و استفاده از روش مناسب دفع با توجه به نوع پسماند تولید شده و هم چنین ارائه آموزش‌های لازم برای مردم و مسئولان بیمارستان‌ها، می‌توان ازخطرات این پسماندها جلوگیری کرد. به طورکلی انجام مطالعات آزمایشگاهی و تحقیقاتی بیشتر، جهت انتخاب روش مطلوب و سازگار با کشور ایران از نظراقتصادی-اجتماعی و هم چنین محیط زیستی ضروری به نظر می‌رسد.

References

1- Mousavi S.A, Atashkar Sh, Almasi A, Shokoohizadeh M.J, Amini M, Sobhani Z. A Survey on Knowledge, Attitude and Practice of Personnel Regarding Hospital Waste Management in Imam Hossein Educational Hospital of Kermanshah. Journal of Health. 2020; 2: 214-220 [In Persian].

2- Agbere S, Melila M, Dorkenoo A, Kpemissi M, Ouro-Sama K, Tanouayi G, et al. State of the art of the Management of medical and biological laboratory solid wastes in Togo. Heliyon. 2021; 7: 1-7.

3- Ahmed Khan B, Cheng L, Khan A.A, Ahmed H. Healthcare waste management in Asian developing Countries: A mini review. Waste Management & Research. 2019; 37(9): 863-875.

4- Mugivhisa L.L, Dlamini N, Oluwole Olowoyo J. Adherence to safety practices and risks associated with Health care waste management at an academic hospital, Pretoria, South Africa. African Health Sciences. 2020; 1: 453-467.

5- Mohiuddin A. Medical Waste: A Nobody's Responsibility after Disposal. Int J Environ Sci Nat Res. 2018; 15(2): 1-7.

[Downloaded from jps.ajaums.ac.ir on 2026-11-26]

6- Blenkharn J, Oakland D. Emission of viable bacteria in the exhaust flue gases from a hospital incinerator. Journal of Hospital Infection. 1989; 14(1): 73-78.
7- Rupani PF, Delarestaghi RM, Abbaspour M, Rupani MM, El-Mesery HS, Shao W. Current status and future perspectives of solid waste management in Iran: a critical overview of Iranian metropolitan cities. Environmental Science and Pollution Research. 2019 Nov; 26(32):32777-89.
8- Fahimi Hamid Abad E, Alighadri M, Rahmani K. Assessment of Medical Waste Management (A Case Study Of Hospitals in Ardabil). Journal of Health. 2019; 2: 205-215 [In Persian].
9- Hale Boothe D.D, Mith Matthew C.S, Gattie D.K, Das K.C. Characterization of microbial populations in landfill leachate and bulk samples during aerobic bio reduction. Advances in Environmental Research. 2001; 5(3): 285-294.
10- Singh T, Ghimire TR, Agrawal SK. Awareness of biomedical waste management in dental students in different dental colleges in Nepal. BioMed research international. 2018 Dec 9; 2018.
11- Blenkharn JI. A backward step: landfill disposal of clinical wastes. Journal of Hospital Infection. 2006; 63(1) 105-106.
12- Ouyang L, Zhu Y, Zheng W, Yan L. An information fusion FMEA method to assess the risk of healthcare Waste. Journal of Management Science and Engineering. 2021; 1-14.
13- Bakiu R, Durmishaj S. Medical Waste Effects and Management: Overview and Future Directions. SF Journal of Environmental and Earth Science. 2018; 1(2): 3-12.
14- Olaniyi FC, Ogola JS, Tshitangano T.G. A Review of Medical Waste Management in South Africa. Open Environmental Sciences. 2018; 10: 4-6.
15- Abdel-Shafy HI, Mona S.M Mansour. Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and Valorization. Egyptian Journal of Petroleum. 2018; 27: 1276-1288.
16- Som U, Md. Shameem Hossain. Medical Waste Management is Vital for Safe Town Development: An Incident Study in Jessore Town, Bangladesh. European Journal of Sustainable Development. 2018; 2(3): 4-8.
17- World Health Organization. Overview of technologies for the treatment of infectious and sharp waste from Health care facilities. World Health Organization. 2019; 3: 1-32.
18- Lufeng Xu, Dong K, Zhang Y, Haixiang Li. Comparison and analysis of several medical waste treatment Technologies. Earth and Environmental Science. 2020; 615: 1-7.
19- Zizovic I. Supercritical Fluid Applications in the Design of Novel Antimicrobial Materials. Molecules. 2020; 25(11): 24-91.
20- Xiao K, Abbt-Braun G, Horn H. Changes in the characteristics of dissolved organic matter during Sludge treatment: A critical review. Water Research. 2020; 187: 1-23.
21- Sharma K.D, Jain S. Overview of Municipal Solid Waste Generation Composition, and Management in India. American Society of Civil Engineers. 2019; 145(3): 1-15.
22- Ferronato N, Gorritty Portillo MA, Guisbert Lizarazu EG, Torretta V, Bezzi M, Ragazzi M. The municipal solid waste management of La Paz (Bolivia): Challenges and opportunities for a sustainable development. Waste Management & Research. 2018 Mar; 36(3):288-99.
23- Panta G, Richardson A.K, Shaw I.C. Effectiveness of autoclaving in sterilizing reusable medical devices in Healthcare facilities. J Infect Dev Ctries. 2019; 13(10): 858-864.
24- AL Afghani M.M, Paramita D. Regulatory Challenges in the Phasing-Out of Persistent Organic Pollutants in Indonesia. ICRL. 2018; 1: 12-27.
25- Alejandro Molina R, Catan I. Solid Waste Management Awareness and Practices among Senior High School Students in a State College in Zamboanga City, Philippines. AQUADEMIA. 2021; 5(1): 1-8.

[Downloaded from jps.ajaums.ac.ir on 2026-11-26]