



استریلیزاسیون پسماند های عفونی بیمارستانی با استفاده از تکنولوژی بیم الکترون

طرح پژوهشی در سازمان انرژی اتمی، مرکز پرتو فرآیند یزد

نگین افشار^۱؛ طاهره گراوند^۲؛ جمشید سلطانی نبی پور^۱

^۱دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی کرمان

^۲دانشگاه آزاد واحد تهران مرکزی

چکیده:

پیش از دفن زباله های بیمارستانی، بر طبق قوانین موجود، بی خطر سازی باید صورت گیرد در غیر این صورت این زباله ها تهدیدی جدی برای سلامت انسان و محیط زیست به شمار می روند. در این طرح با استفاده از سامانه بیم الکترون مرکز پرتو فرآیند یزد نمونه های عفونی بیمارستان تحت تابش الکترونی با دز اعمالی بین ۲۵ تا ۳۲ کیلوگری قرار گرفتند که میزان دز جذبی در آن ها توسط فیلم های CTA^۱ مشخص شد. در هر مرحله پرتو دهی تاثیر دز جذبی بر امحاء باکتری های موجود در زباله های عفونی، توسط آزمایشگاه میکروبیولوژی مرکز پرتو فرآیند یزد و در نهایت آزمایشگاه میکروبیولوژی تهران مورد بررسی قرار گرفت. با نتایج بدست آمده محدوده دز مورد نیاز جهت عفونت زدایی کامل میکروارگانیسم های موجود در مواد عفونی بدست آمد.

کلید واژه: مدیریت پسماند - بیم الکترون - میکروارگانیسم - زباله های عفونی - استریلیزاسیون

مقدمه:

میزان زیادی از زباله های بیمارستانی ایران را پسماندهای عفونی خطرناک تشکیل می دهد [۱]. در نتیجه استریلیزاسیون پسماندهای عفونی بدلیل اهمیت اثر آلودگی زباله های عفونی بر اکوسیستم و تاثیر بسیار بر اقتصاد کشور در طولانی مدت از اهمیت ویژه ای برخوردار است. به دلیل محدودیت های اتوکلاو [۲] که روش معمول گندزدایی است، ارجح است این روش به همراه پرتو دهی با بیم الکترون استفاده شود. بیم الکترون در حدود ۵۰ سال است در کل دنیا بدین منظور در حال استفاده است و ۴۰ الی ۵۰ درصد پسماندهای بیمارستانی به این روش ضد عفونی می شوند [۳]. مرکز کاربرد پرتو های یزد مجهز به شتاب دهنده پرتو یابی است که فرایندهای این چنینی را در حجم زیاد ممکن می سازد [۴].

^۱Cellulose Triacetate

جدول ۱: درصد وزنی انواع زباله های بیمارستانی ایران [۱].

ترکیبات زباله های بیمارستان	درصد وزنی در مبداء %	درصد وزنی پس از جداسازی %
عفونی	۸۲,۴	۶۷,۳
پزشکی	۶,۷	۸,۸
بیولوژیکی	۱,۸	۱,۸
متداوب	۹,۱	۲۲,۱
مجموع	۱۰۰	۱۰۰

فرآیند پرتودهی شامل یونیزه کردن برای از بین بردن میکروارگانیسم‌هاست در حالی که فرآیندهای بیولوژیکی از آنزیم‌ها برای تجزیه مواد ارگانیکی استفاده می کند. روشهای عفونت زدایی متداول عبارتند از: عفونت زدایی به روش سوزاندن: در این روش که معمولترین شیوه در ایران است [۵]، با تبدیل مواد ارگانیکی به غیرارگانیکی، دردمای بالا و اکسیداسیون خشک حجم و وزن زباله ها به مقدار زیادی کاهش خواهد یافت [۶]. اما در صورت عدم فیلتر خروجی هوا مونواکسیدکربن، کلر و فلزات سنگین وارد فضا شده و به محیط زیست آسیب جدی وارد خواهند کرد.

عفونت زدایی به روشهای شیمیایی: جهت از بین بردن میکروارگانیسم ها، روی سطوح و از بین بردن پسماند های عفونی مایع استفاده می گردید، اما بدلیل خطرناک بودن مواد شیمیایی مورد استفاده، این روش در اکثر کشورها ممنوع شده است [۲].

عفونت زدایی مرطوب (Autoclave): اتوکلاو دستگاهی است که با استفاده از بخار با دمای بالا، حدود 121°C تا 134°C ، با زمانی متناسب با حجم و فشردگی مواد، حدود ۵ الی ۳۰ دقیقه، به استریلیزاسیون محیط می پردازد در حالی که باید عملکرد آن مدام بررسی شده و مورد بازدید قرار گیرد. بعد از بخاردهی چنانچه در سطح خارجی بسته های پیچیده شده قطرات آب و یا رطوبت مشاهده شود وسایل استریل نیستند در این روش تمامی ویروس ها و باکتری ها بجز Prions که عامل بیماری Creutz felt-Jakob است از بین می روند. [۲]

حرارت خشک: در درجه حرارت خشک وسایل به مدت ۶ الی ۱۰ دقیقه در دمای 191°C استریل می شوند. در این روش نفوذپذیری ضعیف است و در موقع خاموشی تا درجه حرارت به زیر 50°C نرسیده نباید دستگاه باز شود زیرا بدلیل اختلاف دما، آلودگی هوای بیرون به وسایل داخل دستگاه سرایت خواهد کرد. [۲]

در این مقاله عملیات پرتو فرآیند تابش الکترون به عنوان یک تکنولوژی جدید، بدلیل امکان اجرا در محیطی خشک، بدون آب و مواد شیمیایی بمنظور حذف آلاینده های میکروبی از زباله های بیمارستانی و ضد عفونی تجهیزات پزشکی و به عنوان روشی با بازدهی بالا معرفی می شود.



روش کار:

انتخاب دوز استریلیزاسیون: فرایند انتخاب دز استریلیزه عبارت است از حداقل دز مورد نیاز برای رسیدن به سطح ایمنی و استاندارد استریلیزه (SAL). این بدان معناست که احتمال وجود میکروارگانیسم‌های زنده در محصول بعد از دزاعمالی یک در میلیون باشد. در این مرحله میزان مورد نیاز جهت عفونت زدایی پسماند ها با توجه به جنس و چگالی آنها ۲۵ کیلوگری مشخص شد و در طی آزمایش این مقدار بمنظور نابودی کامل باکتری‌ها افزایش یافت. دز دریافتی نمونه ها توسط فیلم های CTA که در محل های مختلف روی نمونه ها قرار گرفتند اندازه گیری شد. عمق نفوذ دز برای نمونه های تحقیقاتی با معادله زیر بدست می آید [۳]:

$$(1) \quad \text{میزان نفوذ پرتو} = \frac{0.024 E - 0.1337}{\rho}$$

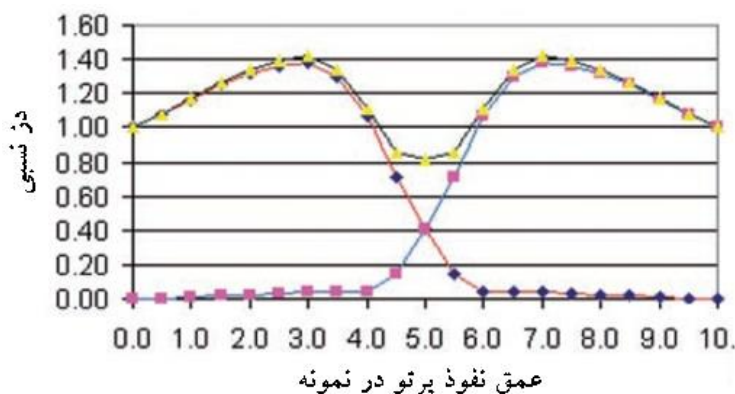
E انرژی بیم به Mev ، ρ چگالی به g/cm^3 . این معادله تنها برای بیم های با انرژی بالاتر از ۱ Mev کاربرد دارد.

$$(2) \quad \text{پرتو دهی از یک سمت} \quad E = 2.63dp + 0.32$$

$$\text{پرتو دهی از دو سمت} \quad E = 1.19dp + 0.32$$

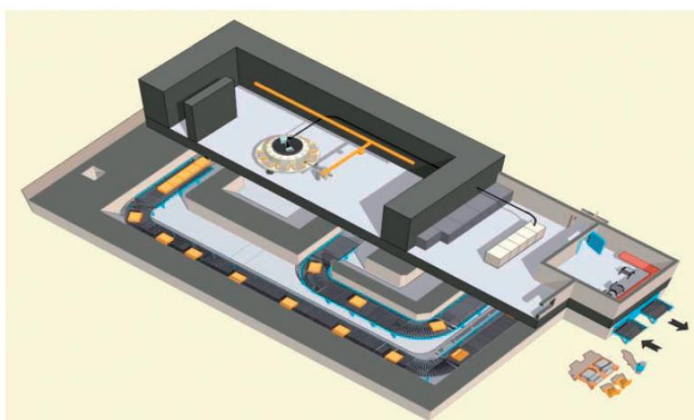
رابطه ضخامت و عمق نفوذ

استفاده از شتابدهنده‌های بیم الکترون برای استریلیزاسیون: ملاحظاتی که باید در زمینه پرتو دهی محصولات مد نظر قرار داد عبارتند از: ۱- ماکزیمم انرژی مورد نیاز پرتو ۲- تولید دز یکنواخت تابشی روی محصول ۳- تضمین ایمنی و استفاده آسان [۷]. انرژی منتقل شده توسط بیم الکترون در فرایند پرتو دهی باعث تغییرات فیزیکی و شیمیایی در جسم مورد تابش و در نهایت منجر به پلیمریزاسیون (اصلاح ساختمان ملکولی مواد پلیمری)، استریلیزاسیون (حذف کامل میکروارگانیسم‌های زنده و غیر زنده حتی اسپورباکتری‌ها) و پاستوریزاسیون (در مواد غذایی) می‌گردد. این پرتوها از نوع پرتوهای یونیزان می‌باشند و نفوذ آنها در ماده باعث تحریک ملکولهای ماده و یونیزه شدن آن می‌شود بدون آنکه بتواند در هسته اتم تغییراتی را بوجود آورد. فرایند پرتو دهی با الکترون در بالابردن کیفیت برخی محصولات که به حرارت حساس هستند، نقش مهمی دارد. با یک شتاب دهنده الکترون دز مورد نظر به سرعت در حد ثانیه اعمال می‌گردد اما فرایند اعمال همان دز مشخص با استفاده از پرتو گاما ممکن است ساعتها به طول بیانجامد [۸]. ذکر این نکته ضروری است که دز رسیده به محصول باید یکنواخت باشد که می‌توان این دز را با تابش از جهات مختلف به جسم و یا با چرخش آن بدست آورد.



شکل ۱: دز کل تابیده شده توسط بیم الکترون با انرژی ۱۰ MeV از دو سمت با منحنی زرد رنگ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود دز کل بمقدار زیادی یکنواخت تر از پرتوهای تابیده شده از یک سمت است. [۳]

غیرفعال سازی میکروبی: شایع ترین باکتری‌های موجود در پسماندهای عفونی استافیلوکوک‌ها، استافیلوکوکوس اورئوس و استافیلوکوکوس اپیدرمیدس است [۹]. با تست DNAase جهت استاف اورئوس و کشت میکروبی نیترات پس از ۴۸ ساعت میزان حضور باکتری در نمونه‌ها بدست آمد. این باکتری نسبت به دیگر نمونه‌های مورد بررسی نسبت به پرتوها مقاوم تر می‌باشند. آنالیز نتایج نشان داد که سودوموناس آئروژینوزا که اصولاً باکتری یک پاتوژن بیمارستانی است در محدوده دز بالاتر ۳۰ کیلوگری به کلی نابود گردید. قارچ کاندیدا آلبیکنز به روش کشت در هر مرحله حضور آن تشخیص داده شد و باکتری کوآگولاز منفی در محدوده دز بالاتر از ۲۷ کیلوگری به کلی نابود گردید. این باکتری بیشتر در کشت‌های خونی یافت می‌شود که توسط بررسی مستقیم میکروسکوپی تشخیص داده شد. باکتری‌های ای کولای یا اشیریشیا کولای در محدوده دز ۵ کیلوگری و سالمونلا در محدوده دز ۱,۵ کیلوگری کاملاً از بین می‌روند. لذا باکتری‌های ضعیف‌تر نیاز به بررسی نداشتند.

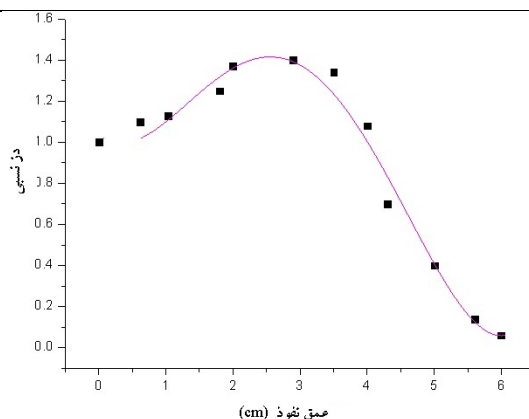


شکل ۲: نمای شتاب دهنده بیم الکترون Rhodotron. تمامی مراحل عملیات از اتاق کنترل تحت نظر است. [۳]

نتایج:

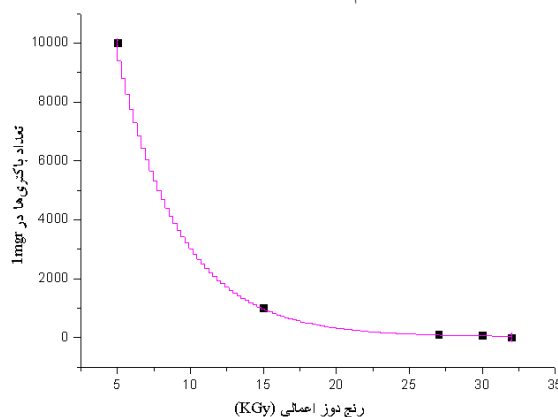
درجه مقاومت باکتری ها نسبت به پرتوگیری به توانایی شان در ترمیم و بازسازی آسیب وارد آمده به DNA آنها بستگی دارد. سلول های میکروبی بسته به دز اعمالی به یکباره نابود نمی شوند بلکه توانایی ساخت دوباره آنها آسیب می بیند. باکتری های شناخته شده توسط آزمایشگاه میکروبیولوژی یزد در مراحل آزمایش در جدول ۲ به همراه رنج دز مورد نیاز جهت امحاء کامل آنها نشان داده شده است:
جدول ۲: نتایج آزمایشگاه میکروبیولوژی قبل و بعد از پرتودهی نمونه ها.

دز دریافتی (K Gy)	استافیلوکوک	سودوموناس آئروژینوزا	کواگولاز منفی	کاندیدا آلبیکنز	ای کولای
۰	✓	✓	✓	✓	✓
۵	✓	✓	✓	✓	✗
۲۷	✓	✓	✓	✗	✗
۳۰	✓	✓	✗	✗	✗
۳۲	✗	✗	✗	✗	✗



شکل ۳: منحنی عمق نفوذ پرتو در نمونه ها با استفاده از داده های تجربی از دز جذبی. منحنی فیت شده بر داده ها با استفاده از

نرم افزار Origin⁸.



شکل ۴: درصد امحاء باکتری های موجود در پسماند های عفونی با توجه به دز اعمالی .

بحث و نتیجه گیری:

با توجه به مزایای بیم الکترون از جمله اینکه هیچ گونه انتشار مواد سمی و فاضلاب مایع ندارد، (غیر از مقدار کمی ازن که به فرایند استریلیزاسیون کمک می‌کند)، هیچ پرتو دهی بعد از خاموش شدن دستگاه وجود ندارد و در ضمن یک فرایند تمام اتوماتیک با دمای اتاق است که موادی از جمله آب، بخار، هوای گرم و مواد شیمیایی به ضایعات اضافه نمی‌شود. با توجه به اینکه این تکنولوژی در زمان کوتاهی انجام می‌گیرد، بی‌صداست و هزینه اجرایی آن نیز کم است، می‌توان گفت بهترین روش ممکن برای عفونت زدایی پسماندهای بیمارستانی است.

سپاسگذاری:

بدین وسیله از تمامی مسئولین سازمان انرژی اتمی و آزمایشگاه میکروبیولوژی مرکز یزد که نهایت همکاری را داشتند و همچنین مسئولین دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی کرمان، علی‌الخصوص جناب آقای دکتر جمشید سلطانی نبی‌پور برای راهنمایی‌هایشان، تشکر و قدردانی می‌گردد.

مراجع:

1. M. Reza Sabour, A. Mahamedifard, H. Kamalan. "A Mathematical Model to Predict the Composition and Generation of Hospital Wastes in Iran", Waste Management Journal, Volume ۲۷, Page ۵۸۴-۵۸۷, ۲۰۰۷.
2. L.F. Diaz, G.M. Savage, L.L. Eggerth. "Alternatives for the Treatment and Disposal of Healthcare Wastes in Developing Countries", Waste Management Journal, Volume ۲۵, Page ۶۲۶-۶۳۷, ۲۰۰۷.
3. IAEA. "Trends in radiation sterilization of healthcare products", International Atomic Energy Agency, Vienna, Page ۱-۲, ۲۰۰۸.
4. بروشور مرکز پرتو فرایند یزد، صفحات ۶ و ۸، سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، ۱۳۷۸.
5. M. Askarian, M. Vakili, G. Kabir, "Results of a Hospital Waste Survey in Private Hospitals in Fars Province, Iran", Waste Management Journal, Volume ۲۴, Page ۳۴۷-۳۵۲, ۲۰۰۴.
6. A. Rajor, M. Xaxa, R. Mehta, Kunal. " An Overview on Characterization and Leachate Analysis of Biomedical Waste Incinerator Ash". International Journal of Environmental Management, Volume ۱۰۸, Page ۴۱, ۲۰۱۲.
7. Burns, et al., "The measurement, control and validation of critical parameters in an electron beam sterilization facility", Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B ۱۱۳, Page ۹۶-۹۸, ۱۹۹۶.
8. Mehner, R., "Review of industrial application of electron accelerators", Nucl. Instr. And Meth. in Phys. Res. B ۱۱۳, Page ۸۱-۸۷, ۱۹۹۶.
9. Md. Sohrab Hossain, A. Santhanam, N.A. Nik Norulaini, A.K. Mohd Omar. "Clinical Solid Waste Management Practices and its Impact on Human Health and Environment – A Review", International Journal of Waste Management, Volume ۳۱, Page ۷۶۳, ۲۰۱۱.