طب‌نظامی
بهار ۱۳۸۳، شماره ۶ (۱)
صفحات: ۶۱-۵۳

فوم: یک ضدعفونی‌کننده جدید و رفع‌کننده آلودگی‌های میکروبی، شیمیایی و هسته‌ای

رمضانعلی عطایی .Ph. D و علی مهرابی‌توانا .Ph. D

آدرس مکاتبه: دانشگاه علوم پزشکی بقیه ا...الاعظم - پژوهشکده طب رزمی- مرکز تحقیقات بهداشت نظامی و دانشکده پزشکی - گروه میکروب‌شناسی- تهران- ایران

خلاصه

پس از کشف میکروب‌ها، مواد ضدعفونی و رفع‌کننده آلودگی وارد عرصه‌های مختلف پزشکی گردید و با گذشت زمان نیاز به استفاده از این مواد بیشتر شد. به‌طوری‌که پزشکان، شیمیدان‌ها و دست‌اندرکاران امور بهداشتی درصدد برآمدند؛ ضدعفونی‌کننده‌ای بسازند که با داشتن خاصیت سمیت انتخابی (selective toxicity) قادر باشد، علاوه بر اثر میکروب‌کشی، اسپورکش نیز باشد. همچنین، بتوان از آن هم به‌عنوان ضدعفونی‌کننده و هم آنتی‌سپتیک استفاده نمود. با آن‌که تاکنون مواد شیمیایی مختلف ساخته شده و به‌منظور کنترل آلودگی‌های سطحی به‌کار رفته‌اند. با این حال وقایع سال‌های آخیر ضرورت ساخت ترکیبات جدید ضدعفونی‌کننده و رافع آلودگی‌های شیمیایی، میکروبی و رادیواکتیو را ایجاب کرده است. با توجه به‌این موضوع، هدف این مقاله مروری بررسی و نحوه ساخت و کاربرد مواد ضدعفونی‌کننده جدید می‌باشد.

معروف‌ترین، جدیدترین و مؤثرترین ترکیب ضدعفونی‌کننده جدید فوم (foam) نام‌گذاری شده است. این ترکیب اغلب تشکیل شده است از یک ماده تولیدکننده کف مثل پراکسید هیدروژن و یک ماده پاک‌کننده مانند یک دترجنت که در حالت برهم‌زدن تحت شرایط بازی ساخته شده است.

نتایج بررسی‌ها نشان داده است، فوم به‌عنوان یک ماده میکروب‌کش و نیز یک اسپورکش قابلیت کاربرد به‌عنوان رفع آلودگی در سطوح بی‌جان (سطح اشیاء) و جاندار (سطح بدن جانداران) را دارد. این ترکیب از قدرت ضدعفونی کنندگی بسیار بالایی برخودار بوده و در عرض چند دقیقه اسپورهای باسیلوس آنتراسیس (Bacillus anthracis) را نابود می‌کند. همچنین قادر است، عوامل شیمیایی از جمله: سارین، سومان، تابن و خردل را خنثی نماید. همچنین با ایجاد تغییرات در ترکیب شیمیایی آن می‌توان از آن به‌عنوان رافع آلودگی‌های رادیواکتیو استفاده کرد. علاوه بر این‌ها، پایداری این ترکیب در حد مطلوب گزارش شده است.

در هر حال، فوم از ترکیباتی می‌باشد که قابلیت کاربرد سه‌گانه را دارا می‌باشد. از این‌رو، این مقاله ضمن بررسی ویژگی‌های فوم راه‌کارهای لازم برای تهیه و کاربرد آن را ارایه می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: ضدعفونی‌کننده، فوم، رفع آلودگی و اسپورکش

مقدمه

بعد از کشف باکتری‌ها، ضرورت دست‌یابی به مواد ضدعفونی‌کننده و استفاده از آن‌ها به‌منظور پیشگیری و کنترل عفونت‌ها شروع گردید. جوزف لیستر[۱] از پیشگامان استفاده از فنل (کربولیک

[۱]- Joseph Lister

اسید) بود. سپس این ماده به‌عنوان یک ضدعفونی‌کننده معرفی گردید. این پزشک جراح، اولین فردی بود که در سال ۱۸۶۷ میلادی با افشاندن فنل در فضا و نیز شستشوی دست‌ها و وسایل جراحی توانست از عفونت‌های بعد از عمل جراحی جلوگیری نماید [۱]. پس از آن، مواد شیمیایی مختلفی به‌عنوان ضدعفونی‌کننده یا آنتی‌سپتیک معرفی شدند که از آن جمله می‌توان: به مشتقات فنل‌ها، الکل‌ها، آلدئیدها، هالوژن‌ها (هیپوکلریت‌ها و کلرآمین‌ها)، دترجنت‌ها (ترکیبات چهار ظرفیتی آمونیوم)، ترکیب فلزات سنگین و استریل‌کننده‌های گازی شکل (اکسید اتیلن و پروپیولاکتون) اشاره نمود. در حال حاضر، هریک از این مواد یا ترکیبی از آن‌ها به‌عنوان ماده ضدعفونی‌کننده یا آنتی‌سپتیک با اثر باکتری‌کشی یا حتی اسپورکشی به‌طور گسترده‌ای به‌کار می‌روند[۲]. امروزه علاوه بر وجود آلودگی‌های میکروبی (اعم از آلودگی‌های طبیعی یا عملیات بیوتروریستی یا بیولوژیکی)، آلودگی‌های شیمیایی ناشی از کاربرد سلاح‌های شیمیایی نیز نگرانی‌های زیادی را ایجاد کرده است[۳]. مثلاً می‌توان به بمباران‌های گسترده سلاح‌های شیمیایی که رژیم سفاک معدوم صدام در عراق علیه نیروهای ایرانی و حتی شهر حلبچه عراق اشاره نمود. علاوه بر آن عملیات تروریستی در متروی ژاپن نیز از مثال‌های بارز دیگر است[۴، ۵]. برخی از مواد ضدعفونی‌کننده از جمله هیپوکلریت‌ها و پر اکسید هیدروژن علاوه بر اثر بیوسایدی (Bioside)، یعنی؛ دارای قابلیت باکتری‌کشی، قارچ‌کشی، ویروس‌کشی و نیز اسپورکشی، اثرات خنثی‌کنندکی برخی گازهای شیمیایی از قبیل گاز خردل و گازهای عصبی را نیز دارند و به این منظور به‌کار رفته‌اند[۵]. بنابراین، مواد شیمیایی مختلف در شرایط آزمایشگاه ممکن است اثرات ضدعفونی کنندگی نشان بدهند و برای رفع آلودگی‌های محیط مناسب باشند[۶]. با این حال، عدم بقاء و پایداری این ترکیبات در محیط کاربرد آن‌ها را محدود کرده است. زیرا، علاوه بر امکان تبخیرشدن، با ترکیبات موجود در محیط نیز واکنش داده و بنابراین غیرفعال می‌گردند. از این‌رو، دست‌یابی به مواد شیمیایی که ضمن حفظ رطوبت کافی برای انجام واکنش‌های شیمیایی، برای مدتی نیز در محیط بقاء داشته باشد، از اهمیت بسزایی برخوردار است. در واقع، دست‌یابی به ترکیب شیمیایی که هم رفع‌کننده آلودگی‌های میکروبی باشد و هم مواد شیمیایی سازنده سلاح‌های جنگی را خنثی نماید و به‌توان آن را در شرایط In vivo و نیز شرایط In vitro به‌کار برد، از ضروریات اجتناب‌ناپذیر شده است[۷]. افزون بر این‌ها، در سال‌های اخیر کاربرد گسترده سلاح‌های اورانیومی باعث ایجاد آلودگی‌های رادیواکتیو در محیط شده است[۸] و نگرانی‌هایی را در خصوص اثرات زیان‌بار مواد رادیواکتیو به‌وجود آورده است. به این ترتیب ضرورت دست‌یابی به مواد رافع آلودگی هسته‌ای نیز ایجاد شده است. لذا، با توجه به گسترش آلودگی‌های هسته‌ای برخی از کشورها اقدام به تهیه و تولید روش‌های رفع آلودگی هسته‌ای نموده‌اند. اساس این روش‌ها بر استفاده از مواد کاهش‌دهنده کشش سطحی به صورت فوم یا محلول‌های شیمیایی است. از جمله این مواد می‌توان به Tributylphosphate و مواد پلیمری دیگر اشاره کرد. این مواد به گونه‌ای طراحی می‌شوند که قادرند درجات مختلفی از خواص آب دوستی یا آب گریزی داشته باشند. این مواد بدون این‌که با مواد موجود در محیط ترکیب شوند، قادرند عناصر رادیواکتیو را جذب نموده و در خود ذخیره نمایند[۹، ۱۰]. در هر حال، حاصل این تلاش‌ها منجر به ساخت و تولید ترکیبی به نام فوم (Foam) شده است که تحت نام‌های مختلف تجارتی وارد بازار مصرف گردید. مثلاً فوم‌هایی با نام‌های تجارتی SNL MF- 200 , و CASCAD به گونه‌ای طراحی شده‌اند که قادرند عوامل شیمیایی و بیولوژیک را رفع آلودگی نمایند. در هر حال، تلاش‌های زیادی در این خصوص انجام شده است[۹، ۸] و فوم با درجات پایداری متفاوت ساخته و عرضه شده است. لذا، واژه فوم از مواد کف مانند ناپایدار گرفته تا فوم‌های اسفنجی را در برمی‌گیرد. به‌عنوان مثال، در سال ۲۰۰۳ میلادی جی کابل و همکاران (Cabal J, et al 2003) کارآیی اثر رفع آلودگی ترکیبات کاتیونی و آنیونی سازنده فوم (کف) را بر مواد شیمیایی ارگانوفسفره در شرایط In vivo و In vitro ارزیابی و مقایسه کردند. آن‌ها نشان دادند پر اکسید هیدروژن که یک ماده آلکیله‌کننده است، بیشترین کارآیی را در خنثی‌کردن ترکیب ارگانوفسفره در سطح بدن دارد. آن‌ها همچنین نشان دادند، مواد کاتیونی (جدول ۱) باعث افزایش فعالیت (واکنش‌گری) پراکسید هیدروژن و نیز کنترل درجه فوم می‌گردد. به‌علاوه مواد پاک‌کننده

آنیونی باعث پایداری فوم می‌شوند. بر اساس نتایج حاصل از تحقیق این پژوهشگران پراکسید هیدروژن با ترکیب‌شدن با پاک‌کننده آنیونی در pH = ۱۱ به‌عنوان یک بافر عمل می‌نماید. همچنین تحقیقات In vivo این افراد نشان داد، ترکیب ۳ درصد پراکسید هیدروژن با مواد سازنده chloride- Althosan MB 8% و lovasol 2510 2% در pH = ۱۲ کارآیی زیادی در حذف آلودگی گازهای Soman و VX از سطح پوست دارد. بنابراین، آن‌ها مدعی هستند که از این ترکیب می‌توان برای رفع آلودگی گازهای عصبی در مناطق جنگی استفاده نمود[۱۳].

در حال حاضر فوم به‌صورت غیرصنعتی و هم به‌طور صنعتی و در مقادیر زیاد تولید و عرضه شده است.

الف- تهیه فوم به‌روش غیرصنعتی

تهیه فوم به‌صورت غیرصنعتی یا دستی به این ترتیب است که در یک لوله استوانه‌ای به ابعاد ۷ در ۱۵ سانتی‌متر و ضربات دست، فوم تولید شده است. در واقع در داخل استوانه پیستون متحرکی به قطر ۳ سانتی‌متر که دارای ۴۰ سوراخ ریز است برای تولید ۵۰ میلی‌لیتر فوم با حرکت ضربانی پیستون به‌مدت ۱۲ تا ۱۵ دقیقه فوم تولید و در صفحه انتهایی جمع‌آوری می‌گردد[۱۳].

ب- تهیه فوم به‌روش صنعتی

تولید صنعتی فوم در مقادیر کم یا زیاد صورت گرفته است. اساس تولید صنعتی فوم از جمله: Desman OX 34 and 68% ، Benzalkonium به وسایل و تجهیزات متعدد وابسته است. که از مهمترین آن‌ها می‌توان از تانک محتوی محلول‌های ماده ضدعفونی‌کننده و عامل تولیدکننده فوم، یک کمپرسور تولیدکننده فشار و لوله‌های رابط نام برد. مکانیسم تولید به این قرار است که با شروع به‌کار کمپرسور هوای فشرده با محلول‌های فوق ترکیب شده و فوم تولید می‌گردد که از طریق لوله به خارج هدایت می‌شود.

جدول ۱: تعدادی از مواد دترجنت سازنده فوم نشان داده شده است.

کارخانه سازنده	جزء فعال	ماده شیمیایی
آلدریش(Aldrich)	پلی اکسی اتیلن- ۱۰ ایزواکتیل فنیل اتر	Triton X- 100
آلدریش(Aldrich)	پلی اکسی اتیلن- ۴۵ ایزواکتیل فنیل اتر	Triton X- 405
آلدریش(Aldrich)	پلی اکسی اتیلن ۹ - ۱۰ برانچد نانیل فنیل اتر	Triton N- 101
فلوکا (Fluca)	پلی اکسی اتیلن- ۱۰ برانچد نانیل فنیل اتر	Igepal CO 720
آلدریش(Aldrich)	پلی اکسی اتیلن- ۲۳ لاریل اتر	Brij 35
آلدریش(Aldrich)	پلی اکسی اتیلن- ۱۰ الکیل ۱۲- ۲۵ اتر	Slovasol 2510
اسلووکا (Sloveca)	پلی اکسی اتیلن- ۱۰ نانیل فنیل اتر	Slovafol 910
اسلووکا (Sloveca)	الکیل بنزیل دی متیل آمونیوم کلراید.	Althosan MB
کموتکس(Chemotex)	هگزادسیل پیریدنیوم برومید	Cetylpyridiunium bromide
اسلوواکوفارم(Sloveca)	آلکیل ۸ - ۱۸ بنزیل دیمتیل آمونیوم کلراید	Ajatin
اسلوواکوفارم(Sloveca)	ان- ۱ اتوکسی کربنیل پنتا دسیل تری میتل آمونیوم برومید	Septonex
انازپل (Enaspol)	ان، ان بیس ۲ اولیگو اتوکسی ۲ - ۳ااو اتیل - ان اکتادسیل - ان متیل آمونیوم برومید.	Syntegal V7
کموتکس(Chemotex)	ترکیب صنعتی پلی اکسی اتیلن الکیل اتر	Syntegal V20Korynt P
کموتکس(Chemotex)	ترکیب صنعتی پلی اکسی اتیلن الکیل اتر	Korynt P- forte
بیوکم(Biochemies)	ترکیب پاک کننده کاتیونی و غیر آنیونی به همراه هیدروژن پراکسید	Desam OX

شـکل۱ـ دسـتگاه تولیدکنـنده فوم و قابل حمل توسط انسان نشان داده شده است. در قسمت الف: دستگاه تولیدکننده فوم و قسمت ب: کاربرد و حمل آن را نشان می‌دهد.

بـر ایـن اسـاس مـی‌توان دستگاه‌های تولیدکننده فوم را به‌صورت قابل حمل توسط انسان (شکل ۱) طراحی کرد. همچنین در مقادیر صـنعتی و تولـید انبوه، دستگاه تولیدکننده فوم را روی ماشین‌های سـبگ یـا سـنگین نصـب کـرده (شکل ۲) و به تولید و پخش آن مـبادرت می‌نمایند. ویژگی‌های فوم با استفاده از توده جمع شده بر حسـب حجم آن در استوانه تعیین می‌گردد. به‌این ترتیب که خارج قسمت حاصل از توده فوم بر حجم ظرف محاسبه می‌گردد.

ویژگی‌های فوم

ویژگی‌های متعددی برای فوم ذکر شده است که مهمترین آن‌ها عبارتند از:

۱- بـرای خنثـی کـردن عوامل شیمیایی و بیولوژیک قابل استفاده می‌باشد

۲- قابلیـت تأثیر در محیط برای رفع آلودگی انسان و سایر اشیاء را دارد

۳- فـوم را مـی‌تـوان بـا استفاده از تمام مواد کاهش‌دهنده کشش سطحی ساخت

۴- بـه اشـکال مختلف و با تجهیزات متعدد می‌توان از آن استفاده کرد

۵- فوم به‌عنوان رفع‌کننده آلودگی هسته‌ای ذکر شده است

۶- فـوم‌های ساخته شده با فرمول منحصر بفرد برای رفع آلودگی عوامـل شـیمیایی و بـیولوژی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند که نتایج رضایت‌بخشی را نشان داده‌اند (جدول ۲).

جـدول۳: نسـبت بیـن مقـدار فوم و مسـاحتی که لازم است رفـع آلودگی انجـام گردد.

مقدار فوم	مساحت مورد نظر
۵ گالن (۱۹ لیتر)	۳۸ مترمربع
۲۵ گالن (۹۵ لیتر)	۱۹۰ مترمربع
۱۰۰ گالن (/۳۷۸ لیتر)	۷۶۰ مترمربع
۲۰۰ گالن (۷۵۷ لیتر)	۱۵۲۰ مترمربع

جدول ۲: اثر رفع آلودگی فوم بر عوامل شیمیایی و بیولوژیک در زمان‌های مختلف

عامل شیمیایی یا بیولوژیک	درصد رفع آلودگی		
	۱ دقیقه	۱۵ دقیقه	۶۰ دقیقه
گاز خردل	۹۵	۱۰۰	۱۰۰
گاز VX	۶۰	۹۸	۱۰۰
گاز از سری G	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
باسیلوس گلوبلژی	نامشخص	۱۰۰	۱۰۰
آفلاتوکسین	نامشخص	۱۰۰	۱۰۰
باسیلوس آنتراسیس سویه Ames	نامشخص	۷ لگاریتم در مبنای ۱۰	۷ لگاریتم در مبنای ۱۰
باسیلوس سوبتیلیس	نامشخص	نامشخص	۷ لگاریتم در مبنای ۱۰
باسیلوس آنتراسیس سویه ANR-1	نامشخص	۷ لگاریتم در مبنای ۱۰	۷ لگاریتم در مبنای ۱۰
پرسینیا پستیس	نامشخص	۷ لگاریتم در مبنای ۱۰	۷ لگاریتم در مبنای ۱۰

در هـر حال، از ویژگی‌های مهم فوم وجود یک ماده اکسیدکننده و یـک پایدارکـنـنده است. همچنین، با دستگاه‌های متعددی از جمله دسـتگاه قـابل حمـل انفـرادی یا دستگاه‌هایی که به‌وسیله ماشین حمـل مـی‌گـردند، مـی‌تـوان از فوم استفاده کرد[۱۸]. بررسی‌های متعدد، مقدار فوم لازم برای رفع آلودگی سطح را تعیین نموده است (جدول ۳).

بـه‌مـنظور سـاخت فـوم و انـتخاب عـامل ضـدعفونی مؤثر و ماده رفـع‌کـنـنده آلودگـی‌هـای شیمیایی، ترکیبات زیر مورد بررسی قرار گرفته است.

هیدرواکسید سدیم

پراکسید هیدروژن

پربورات سدیم

هیپوکلریت سدیم

هیپوکلریت کلسیم

ایـن مـواد در دمـای ۲۵ درجـه سـانتی گراد و pH =۱۲ بیشترین فعالیـت را نشـان داده‌انـد. بـه‌دلیل عدم محلولیت مناسب پربورات سـدیم بـرای سـاخت فـوم مناسـب نیسـت. اما پراکسید هیدروژن بـه‌عـنوان یـک نوکلئوفـیل مـاده‌ای بسیار مناسب است. تحقیقات نشـان داده اسـت کـه فوم ساخته شده از این ماده نه‌تنها با عوامل شیمیایی Fenitrothion و Soman واکنش داده و آن‌ها را خنثی می‌نماید، بلکه دارای خاصیت اسپورکشی نیز می‌باشد. البته هرچند بـرای کاربـردهای ضـدعفونی کنندگـی غلظت ۳ درصد پر اکسید هـیدروژن توصـیه شـده اسـت امـا در مـواردی غلظت ۰/۵ مولار مناسـب تـر است. افزون بر این، تحقیقات مختلف نشان داده است کـه پـاک‌کننده‌های کاتیونی هم عوامل هیدرولیتیک هستند و هم قـدرت پـاک‌کنندکـی زیـادی دارنـد. از این‌رو، ترکیبات کاتیونی و آنیونـی متعددی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. از جمله این ترکیبات می‌توان به عوامل زیر اشاره کرد.

الف

ب

ج

د

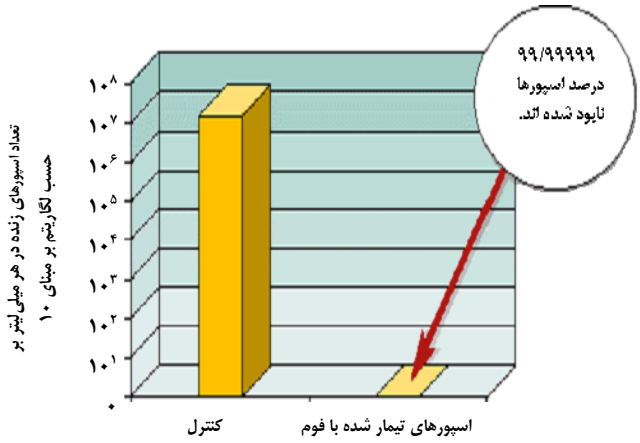
شکل ۲ـ تولید و کاربرد فوم به‌منظور ضدعفونی‌کننده و نیز خنثی‌کننده عوامل شیمیایی و میکروبی در مناطق مسکونی یا وسایل و تجهیزات نظامی نشان داده شده است.

الف) استفاده از فوم در فضای بسته

ب) استفاده از فوم در زمین

ج) استفاده از فوم در فضای باز

د) استفاده از فوم از طریق هوا



شکل۳ـ اثر اسپور کشی فوم بر اسپور باسیلوس آنتراسیس نشان داده شده است.

– پلی اکسی‌اتیلن آلکیل اتر
(Polyoxyethylene alkyl ether)
– پلی اکسی‌اتیلن آلکیل فنیل اتر
(Polyoxyethylene alkyl phenyl - ether)
– بلوک‌های کوپلیمراکسی اتیلن و اکسی پروپیلن
(block coPolymer of ox ethylene and ox propylene)،
همچنین ترکیباتی از قبیل: پلی اکسی‌اتیلن سوربیتان آلکیل کربوکسیلات و سوربیتان کربوکسیلات
(Polyoxyethylene sorbitan alkyl caboxylate and sorbitane carboxylate)
در برخی از فوم‌ها به‌کار رفته است.
در این ترکیب می‌توان از سوربیتول نیز استفاده نمود. برخی از یافته‌ها مؤید آن است که برای کاهش اثر هیدرولیتیک فوم می‌توان از پاک‌کننده‌های کاتیونی استفاده کرد. در هر حال، ترکیب اصلی سازنده فوم عبارت است از پراکسید هیدروژن ۳ درصد در pH =۱۲ و یا یک بیوساید دیگر نظیر هیپوکلریت کلسیم و غلظت ۱۰ در صد از مخلوط پاکننده‌های کاتیونی و آنیونی.
در هرحال، بررسی‌ها نشان داده است که پاک‌کننده‌های کاتیونی باعث افزایش میزان اثر (Expansion ratio) و پاک‌کننده‌های آنیونی باعث پایداری فوم می‌گردند. افزون براین، پاک‌کننده‌هایی که به‌صورت تجارتی تولید می‌شوند و به‌عنوان ضدعفونی‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرند، را می‌توان با کمی تغییر در ترکیب سازنده آن‌ها به‌عنوان یک ماده رفع‌کننده آلودگی شیمیایی و بیولوژیک (باکتریایی، ویروسی) نیز به‌کار برد[۱۵، ۱۴].

در گذشته برخی از کشورهای جهان از محلول رفع آلودگی (decontamination solution 2 = DS2) استفاده کرده‌اند. این ماده از ۲ درصد هیدرواکسید سدیم، ۲۸ درصد اتیلن گلیکول منومتیل اتر و ۷۰ درصد دی اتیلن تری نیتریل آمین تشکیل شده است و به‌خوبی گازهای شیمیایی اعصاب را غیر فعال می‌نماید اما به‌شدت سمی، آتش‌زا، سوزاننده و دارای آثار زیان آور زیست محیطی است[۱۳]. از این رو، توجه به تحقیق در زمینه شناسایی آنزیم‌های باکتریایی که با اثر کاتالیتیک بتواند عامل شیمیایی جنگی را غیر فعال نماید مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است. لذا، حاصل پژوهش‌ها منجر به شناسایی آنزیم ارگانوفسفوروس اسید هیدرولاز گونه‌های آلتروموناس (باکتری گرم منفی) شده است[۱۷]. همچنین، پس از آن‌که در سال ۱۹۴۶ میلادی آبرام مازور (Abram Mazur) نشان داد که آنزیمی در بافت‌های خرگوش وجود دارد که قادر است دی ایزوپروپیل‌فلوروفسفات را هیدرولیز نماید؛ تحقیق در خصوص کارآیی آنزیم‌ها در رفع آلودگی و خنثی‌سازی سلاح‌های شیمیایی مورد توجه قرار گرفته است و تعداد زیادی آنزیم هیدرولیزکننده در سلول‌های یوکاریوت شناسایی و معرفی شده‌اند. این آنزیم‌ها را تحت نام ارگانوفسفوروس اسید هیدرولاز طبقه‌بندی کرده‌اند. زیرا، قادر به تجزیه و خنثی‌نمودن عوامل سازنده سلاح‌های شیمیایی از جمله: سومان۲، سارین۳ و سیانید حاوی تابون٤ هستند. در هر حال، توجه به آنزیم‌های میکروبی برای تجزیه مواد ارگانوفسفوره باعث شد از باکتری‌های Pseudomonas dimunita ، گونه‌هایی از Flavobacterium و گونه‌هایی از Alteromonas (Altermonas haloplanktis)، این آنزیم‌ها استخراج و مورد بررسی قرار گیرند[۱۸، ۱۹].
هدف این گونه تحقیقات ارایه تکنولوژی لازم برای دستیابی به مواد رفع‌کننده آلودگی شیمیایی و بیولوژیک مؤثر، بی‌خطر (غیرسمی و غیرسوزانده) و سریع‌الاثر می‌باشد. حاصل تلاش‌ها منجر به ظهور تکنولوژی تولید فوم شده است. این تکنولوژی هم کاربرد نظامی و هم کاربرد غیرنظامی دارد. در هر حال:

۲- GD; O- pinacolylmethylphosphonofoluoridate
۳- GB; O- isopropylmethylphosphonofoluoridate
٤- GA; ethyl N. N- demethylphosphonofoluoridate

۱- فوم کاربرد سه‌گانه دارد، به عبارت دیگر از یک ماده برای خنثی‌کردن یا رفع آلودگی عوامل شیمیایی، بیولوژیک و نیز رادیواکتیو استفاده می‌شود.

۲- استفاده از این تکنولوژی ساده است.

۳- از این تکنولوژی می‌توان به‌صورت توده، آئروسل و یا بخار نیز استفاده کرد.

۴- نیاز به کمترین تجهیزات دارد.

۵- به کمترین مقدار آب نیاز دارد و بقاء آن در محیط زیاد است.

۶- سمی نیست و اثرات سوء بر جای نمی‌گذارد.

۷- با توجه به طیف اثر گسترده آن تولید و کاربرد آن منطقی به‌نظر می‌رسد.

۸- با توجه به پایداری آن می‌توان زمان تماس این ماده را با عوامل بیولوژیک و شیمیایی تنظیم نمود[۲۰].

مکانیسم‌های رفع آلودگی

در ابتداء مکانیسم‌های رفع آلودگی بر خنثی‌کردن عوامل شیمیایی از جمله: سارین، سومان و عوامل تاول‌زا متمرکز شد و مشخص گردید که واکنش‌های رفع آلودگی این مواد با اکسیداسیون یا جانشین‌کردن گروه‌های فعال در ملکول سازنده عوامل شیمیایی است. رفع آلودگی از عوامل بیولوژیک بر کشتن اسپور باکتری‌ها از جمله اسپور باسیلوس آنتراسیس متمرکز شد (شکل ۳). مکانیسم‌های رفع آلودگی شامل یکی از واکنش‌های زیر است.

الف – واکنش هیدرولیز گروه‌های استخلافی

عوامل شیمیایی را می‌توان در آب، یون‌های هیدروکسیل و یا عوامل هسته دوست (nucleophiles) هیدرولیز نمود. میزان هیدرولیز عواملی مثل خردل به‌مقدار انحلال آن در آب و نیز به‌محصولات حاصل از واکنش بستگی دارد. مثلاً خردل ابتدا به کاتیون سولفونیوم حلقوی تبدیل می‌شود که با عوامل هسته‌دوست واکنش می‌دهد و ممکن است تیودی گلیکول به‌وجود آید که خودش با یون‌های سولفونیوم واکنش می‌دهد.

هیدرولیز سومان و سارین در شرایط بازی به سرعت رخ داده و ترکیبی به‌نام o- الکیل متیل فسفونیک اسید ایجاد می‌شود. هیدرولیز این عوامل با یون‌های هیدروکسیل بسیار پیچیده است.

ب- واکنش‌های اکسیداسیون

روش‌های رفع آلودگی مبتنی بر واکنش‌های اکسیداسیون برای خنثی‌کردن عوامل شیمیایی از قبیل گاز خردل و VX بسیار مفید هستند. در گذشته از پرمنگنات پتاسیم استفاده می‌شد. امروزه عوامل اکسیدکننده عبارتند از: اکسان که ترکیبی از (KHSO5, KHSO4 and K2SO4) تعدادی از ترکیبات پراکسیژنی نیز عوامل شیمیایی را اکسید و غیرفعال نموده‌اند، که عبارتند از: پربورات، پراستیک اسید، m- کلروپراکسی بنزوئیک اسید، منیزیم پراکسی‌فتالات و بنزیل پراسید. اخیراً هیدروژن پراکسید و پلی اکسی متالات نیز بر گروه اکسیدکننده‌ها نیز اضافه شده است[۲۱].

مواد نابودکننده عوامل بیولوژیک

برخی عقیده دارند که عوامل بیولوژیک خطرناک‌تر از عوامل شیمیایی هستند. زیرا، سمیت آن‌ها بسیار زیاد است، تولید و کاربرد آن‌ها آسان است و به‌راحتی تشخیص داده نمی‌شوند. عوامل بیولوژیک را به چند گروه تقسیم کرده‌اند که عبارتند از:

- باکتری‌های تولیدکننده اسپور مثل باسیلوس آنتراسیس
- باکتری‌های رویشی مثل یرسینیا پستیس و ویبریو کلرآ
- ویروس‌ها مثل ویروس آبله و ویروس تب زرد
- توکسین‌ها مثل توکسین بوتولیسم، راسین و مایکوتوکسین‌ها

از آنجایی‌که اسپورها به عوامل مختلف فیزیکی و شیمیایی بسیار مقاوم می‌باشند، اکثر تحقیقات مربوط به مواد رافع آلودگی‌های بیولوژیکی با اسپورها انجام شده است. زیرا عقیده بر آن است که ماده‌ای که قادر به نابودی اسپورها باشد راحت‌تر می‌تواند باکتری‌ها را بکشد. از این‌رو، مواد زیر به‌عنوان اسپورکش معرفی شده‌اند.

۱- گلوتارآلدئید

۲- فرم‌آلدئید

۳- ترکیبات هالوژنه از جمله ایودین و کلرین

۴- پر اکسی اسیدها

۵- اکسید اتیلن

با آن‌که می‌توان از هر یک از این ترکیبات، فوم با کاربردهای دوگانه تولید نمود. باید توجه داشت که همه این مواد سمی هستند و استفاده از آن‌ها محدودیت دارد.

مکانیسم‌هایی که عموماً برای کشتن اسپور به‌کار می‌روند

– مواد شیمیایی ابتدا لایه خارجی اسپور را تخریب نموده و پس از آن به لایه‌های داخلی رسیده و پروتئین‌های غنی از پیوندهای دی سولفیدی را اکسید می‌نمایند.

– لایه پپتیدوگلیکان با پیوندهای عرضی و خاصیت الکترونگاتیوی

– کورتکس اسپور را تشکیل می‌دهد که در واکنش با مواد ضدعفونی‌کننده چروک خورده و مقاومت اسپور کاهش می‌یابد.

– تخریب ملکول‌های اسیددی‌پیکولینیک متشکل از ریبیتول و گلیسیرول پیوند شده با فسفات باعث افزایش حساسیت اسپور می‌گردد.

برخی از مواد کاهش‌دهنده کشش سطحی با مرطوب کردن لایه کوت اسپور (Spore coat) باعث افزایش نفوذ مواد ضدعفونی به داخل اسپور می‌گردند.

با توجه به مکانیسم‌های فوق برای نابودی اسپور باکتری‌ها ابتدا به لایه‌های خارجی آسیب وارد نموده و پس از آن اسپور حساس شده متلاشی می‌گردد[۲۱]. با توجه به مطالب فوق، فوم ماده مناسبی برای نابودی اسپورها به‌ویژه باسیلوس آنتراسیس وکلستریدیوم بوتولینوم و نیز خنثی‌سازی عوامل شیمیایی و آلودگی‌های هسته‌ای به شمار می‌رود.

منابع

1- Ronald M Atlas. Microbilogy fundamentals and application. Second Edition. Maxwell Macmillan International Editions. Macmillan Publishing Company. 1989; P: 614.

2- Mohan RC, Manuselis G. Text book of diagnostic microbiology. Second Edition. W B Saunders Company. 2000; P: 25- 50.

۳ – عطایی رمضانعلی و مهرابی توانا علی. آلودگی‌های میکروبی و مواد ضدعفونی‌کننده جدید، خلاصه مقالات سومین کنگره سراسری طب‌نظامی، سال ۱۳۸۲، صفحه: ۸۹.

4- Genetic engineering and biological weapons. Genewatch. Briefing. 1999; 6: 1 – 4.

۵– سید عباس فروتن . یاداشت‌های پزشکی از جنگ شیمیایی. مجله پزشکی کوثر، جلد۲، شماره‌های ۳، ۵ و ۶، سال ۱۳۷۶، صفحات: ۸۱ـ ۶۹، ۱۵۱– ۱۴۱، ۳۰۱ ـ ۲۸۹.

۶– عطایی رمضانعلی. بررسی اثرات اسپور کشی عوامل مختلف شیمیایی و فیزیکی روی بقاء اسپور باسیلوس سابتیلیس. پایان نامه کارشناسی، رشته میکروبیولوژی.دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم، بخش میکروبیولوژی، سال ۱۳۶۷، صفحات: ۲۶ الی ۴۲.

7- Brian Kalamanka. Sandia-developed formulation among products selected to help rid U.S. facilities of anthrax Science News; 160(20): 317. Available FROM access at 2001. http://www.sandia.gov/media/NewsRel/NR2001/dcnfoam.htm.

8- Jérémy C, Sylvain F, Serge L, Nicole S, Stanilas P and Lindheimer M. New surfactants for optimised solublisation of tributyphosphate: application for nuclear decontamination. Abstract book of 14Th Surfactants in Solution Symposium. 2002; P: 292.

9- Jérémy C, Serge L, Sylvain F, Nicole S, Bruno F, Marc L. A solubilization of tributylphosphate by micellar solution of amphiphilic triblock coloymers and gemini surfectants. Abstract

10- Boissier CL, froth1 JE, Nydén1 M. Charactrization of the solution and adsorbtion behavior of the nonionic surfactant polyoxyethylene(100) Nonylphenol ether. Abstract book of 14Th Surfactants in Solution Symposium. 2002; P: 101.

11- Fournel B, Faure S, Pouvreau J, Dame C and poulain S, CEA(france). Foam decontamiation a brief review of 10 years french experince- 4526. The 9th international conference on envirunmental remediation and radioactive waste management, P: 53.

12- John German. Sandia decontamination formulation used in Colorado emergency response, foam sales hit the roof. SANDIA LAB NEWS. 2001; P: 4.

13- Cabal J, Sevra J, and Kassa J. The foam as the carriers of the agents for primary decontamination of the person. Purkyne Military Medical Academy. 2003:42 - 49.

14- Cabal J, Kassa J , and Severa J. A comparison of the decontamination efficacy of foam- making blends based on cationic and nonionic tensides against organophosphororus compounds determind in vitro and in vivo. Hum Exp Toxicol 2003; 22: 507 - 514.

15- Sattar SA, and Ansari SA. The fingerpad protocol to assess hygienic hand antiseptics against viruses. Journal of Virological Methods. 2002; 103: 171 – 181.

16- Richardson GA. Development of package decontamination system; EACR- 1310-17, U S Army Contract DAAA15- 17-C-0508; 1972.

17- Tu-chen C, Calomiris JJ. A cloned bacterial enzyme for nerve agent decontamination. Enzyme Microbial Technology. 1996; 18: 597 - 601.

18- Tu-chen C, Joseph J. DeFrank Vipin K. Rastogi. Alteromonas prolidase for organophosphorus G-agent decontamination.

Chemico-Biological Interactions. 1999; 119 – 120 and 455 – 462.

19- Gordon RK, Feaster SR, Russell AJ. Organophosphate skin decontamination using immobilized enzymes. Chemico-Biological Interactions. 1999: 119–120 and 463 – 470.

20- Modec Inc (2003). Formulations for the Decontamination and Mitigation of CB Warfare agents toxic hazardous material, viruses bacteria and bacterial spore. Technical report, Mod 2003- 1012, P: 1- 21.

21- Droguip P, Elmaleh S, Rumea M. Oxidising and disinfecting by hydrogen peroxid produced in a two- electrode cell. Wat. Res; 2001. 35(13): 3235 – 3241.