دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده علوم زیستی

راهنمای ایمنی زیستی

گرد آوری و تدوین:

دکتر مهرنوش فتحی

دکتر مهرداد بهمنش

دکتر خسرو خواجه

دکتر مریم نیکخواه

عنوان	صفحه
فصل اول: مفاهیم ایمنی آزمایشگاهی	3
رده بندی میکروارگانیسم های پاتوژن	7
فصل دوم: تجهیزات آزمایشگاهی- هودهای زیستی	10
پیپت	18
سانتریفوژ	20
هموژنایزر، شیکر، سونیکاتور	21
یخچال و فریزر	23
اتوکلاو	24
نیتروژن مایع	25
ورتکس- اسپین	26
صفحه گرم کننده	27
ماکروویو	28
کپسول گاز	29
میکروتوم	31
فصل سوم: پوشش و تجهیزات ایمنی شخصی	32
فصل چهارم: مقررات ایمنی کار در آزمایشگاههای میکروبیولوژیک	35
فصل پنجم: مقررات ایمنی کار با مایعات بدن، بافتها و مدفوع	39
فصل ششم: مقررات ایمنی کار با نمونه های حاوی پریون	41
فصل هفتم: مقررات ایمنی کار با DNA نوترکیب	44
فصل هشتم: اقدامات فوریتی	49
فصل نهم: ضد عفونی کردن و استریلیزاسیون	52
فصل دهم: زباله ها	61
پیوست: مواد شیمیایی پرخطر	64
منابع	

فصل اول

مفاهیم ایمنی آزمایشگاهی

مقدمه

"ایمنی آزمایشگاهی" به مجموعه ای از قوانین و روشهای کار در آزمایشگاه گفته می شود که با هدف محدود شدن نشت آلودگی و کاهش موارد مواجهه ناخواسته با عوامل پاتوژن، سموم و ترکیبات مضر وضع می شوند. شناسایی کامل نمونه ها و عوامل آسیب رسان موجود در آزمایشگاه، نحوه صحیح کار با آنها، اقدامات ایمنی هنگام کار، گزارش موارد نشت یا مواجهه با آلودگی، راههای حذف آلودگی و اقدامات جبرانی و درمانی پس از مواجهه، همگی در مبحث ایمنی آزمایشگاهی قرار می گیرند. اقدامات ایمنی باید به عنوان یک جز ثابت و همیشگی کار آزمایشگاهی قرار گیرد و اهمیت آن به اندازه سایر مراحل کار است.

سطوح ایمنی آزمایشگاههای زیستی

آزمایشگاههای زیستی از نظر امکانات و تجهیزات به چهار سطح ایمنی تقسیم می شوند: سطح 1 ایمنی ابتدایی، سطح 2 ایمنی ابتدایی، سطح 3 ایمنی و بالاترین سطح محدود سازی یا سطح 4 ایمنی. این سطوح با توجه به ساختار، نحوه طراحی، امکانات و تجهیزات، نوع فرآیندهای قابل انجام روی ارگانیسم های مختلف تعیین می شوند.

سطح 1 ایمنی آزمایشگاهی

این آزمایشگاهها برای کار با میکروارگانیسم های کاملا شناخته شده که دارای خطرات بسیار اندک بوده یا کاملا بی خطرند، تجهیز شده اند. این آزمایشگاهها دارای مشخصات زیر می باشند:

1- از سایر بخش های ساختمان جدا نشده اند.
2- دارای پیپت های مکانیکی هستند: کشیدن مایعات با دهان ممنوع است.
3- اکثر کارها با حفظ استانداردهای اولیه مانند استفاده از روپوش و دستکش، روی میزها انجام می شود.

4- هودهای زیستی برای انجام کار با نمونه های عفونت زا و کارهایی که سبب تولید آیروسل ها می شوند مانند خردکردن بافت ها، شیک کردن، سونیکاسیون و بازکردن ظروفی که فشار درون آنها کمتر است، استفاده می شود.

5- اتوکلاو وسایر وسایل استریل سازی موجود می باشد.

کارکنان اینگونه آزمایشگاهها بهتر است قبل از شروع کار خود آزمایشات کامل پزشکی ارائه دهند و سابقه پزشکی آنها ثبت شود. کار در چنین آزمایشگاههایی گرچه شامل میکروارگانیسم های بسیار خطرناک نمی شود، اما برای زنان باردار خطرآفرین است.

سطح 2 ایمنی آزمایشگاهی

این آزمایشگاهها برای کار با ارگانیسم های بیماریزایی تجهیز می شود که راههای درمانی همچنین واکسن جهت پیشگیری از ابتلا به آنها موجود می باشد. به عنوان مثال در این آزمایشگاهها می توان با بافتها و مایعات بدنی انسان، عوامل عفونت زایی مانند ویروس هپاتیت B و C، آدنوویروس ها، استافیلوکوکوس اورئوس، سودوموناس آیروژینوزا کار کرد.

- اکثر کارها بر روی میزهای آزمایشگاهی انجام می گیرد.
- در صورتیکه کار بر روی نمونه سبب ایجاد آیروسل شده یا استریل ماندن نمونه مهم باشد از هودهای زیستی استفاده می شود.
- افراد مشغول به کار در این آزمایشگاهها باید از خطرات کار با ارگانیسم های موجود و نحوه کار با آن کاملا اطلاع داشته و آموزش های لازم را دیده باشند.
- ورود حیوانات و گیاهانی که در ارتباط با تحقیق در حال انجام نیستند به آزمایشگاه ممنوع است.
- در صورتیکه هنگام کار قطرات آلوده به اطراف پرتاب می شود بایستی از عینک و یا ماسک صورت استفاده نمود.
- کار با وسایل تیز و برنده با حفظ احتیاط بسیار زیاد انجام شود.

- این آزمایشگاهها مجهز به اتوکلاو و دستگاه چشم شور هستند.

سطح 3 ایمنی آزمایشگاهی

این آزمایشگاهها جهت کار با میکروارگانیسم های گروه خطر 3 و یا حجم زیادی از میکروارگانیسم های گروه خطر 2 می باشد. میکروارگانیسم های بومی و ناشناخته یا عوامل عفونت زایی که از راه تنفسی منتقل می شوند و ممکنست بیماریهای کشنده یا بسیار جدی ایجاد نمایند، بایستی در این آزمایشگاهها مورد مطالعه قرار گیرند. به عنوان مثال مایکوباکتریوم توبرکلوزیس، کوکسیلا بورنتی و ... در این دسته قرار می گیرند.

- این آزمایشگاهها از سایر راهروهای ساختمان جداشده اند به طوری که رفت و آمد افراد و جریان هوای کمتری وجود داشته باشد. به عنوان مثال ممکنست در انتهای راهروها قرار داشته یا دارای دو درب ورودی باشند.
- قبل از ورود به فضای اصلی آزمایشگاه باید لباسهای آلوده را با لباسهای تمیز تعویض نمود.
- دیوارها، کف و درها مقاوم به آب هستند و به طور مرتب ضد عفونی می شوند.
- پنجره ها همواره بسته است و منفذی به بیرون ندارد.
- دارای اتوکلاو برای استریل سازی مواد آلوده می باشند.
- کلیه کارها زیر هود انجام می شود.
- زباله ها قبل از خروج، آلودگی زدایی می شوند.
- شیر دستشویی موجود در این آزمایشگاهها باید به صورت اتوماتیک کنترل شده و نزدیک به درب خروجی باشد.

تمام افراد قبل از شروع کار، آزمون های پزشکی کامل را می گذرانند و به طور مرتب نیز از نظر سلامت کنترل می شوند.

سطح 4 ایمنی آزمایشگاهی

این آزمایشگاهها بیشترین ایمنی را فراهم می کند و خطرات را بسیار محدود می سازند. عوامل به شدت عفونت زا و کشنده، عوامل بسیار مهاجم تنفسی، عوامل بیماریزایی که راه انتقالشان شناخته نشده و عواملی که هیچ واکسن و راه درمانی ندارند، در این آزمایشگاهها مورد مطالعه قرار می گیرند. ابولا، ویروس *Sin Nombre*، عامل تب *Rift Valley* از جمله این میکروارگانیسم ها هستند. علاوه برمشخصات آزمایشگاههای ایمنی سطح 3 این آزمایشگاهها باید معیارهای زیر را رعایت نمایند:

- این آزمایشگاهها از سایر نقاط ساختمان جدا هستند.
- ورود و خروج افراد کاملا کنترل می شود.
- قبل از درب اصلی آزمایشگاه حداقل دو درب دیگر وجود دارد و هودهای بیولوژیک در داخل چنین فضایی قرار می گیرند.
- برای کارکنان چنین آزمایشگاه ها یی دوش در نظر گرفته شده که بین درهای ورودی قرار می گیرد.
- اتوکلاو این آزمایشگاهها دارای دو درب می باشد که مواد و وسایل مورد نیاز از خارج آزمایشگاه وارد اتوکلاو می شوند و وقتی که درب خارجی بسته بود، کارکنان درب داخلی را باز کرده و وسایل را بر می دارند.
- لباسهای کارکنان این آزمایشگاهها با سایرین متفاوت است و از ماسکهای تنفسی خاصی استفاده می کنند.
- تمام زباله ها و پساب آزمایشگاهی قبل از خروج، آلوده زدایی می شوند.

رده بندی میکروارگانیسم های پاتوژن

ارگانیسم ها سطوح مختلف خطر آفرینی و بیماریزایی دارند (جدول 1). بنابراین هنگام کار با عوامل زیستی، با توجه به خطرات احتمالی که ممکنست ایجاد کنند، باید آزمایشگاهی با سطح ایمنی مناسب را انتخاب کرد.

جدول 1) رده بندی میکروارگانیسم های بیماریزا از نظر میزان عفونت زایی

گروه خطر 1	میکروارگانیسم هایی که برای انسان و حیوانات بیماریزایی ندارند.
گروه خطر 2	پاتوژن هایی که می توانند سبب بیماریهای انسانی و حیوانی شده ولی خطرات جدی برای کارکنان آزمایشگاه یا محیط زیست ایجاد نمی کنند. مواجهه با این عوامل در آزمایشگاه ممکنست سبب ایجاد عفونت گردد ولی درمان های مناسب و به موقع شناخته شده است و می تواند مانع ابتلا به بیماری یا پخش شدن آلودگی شود.
گروه خطر 3	پاتوژن هایی که سبب بیماریهای شدید و خطرناک در انسان و حیوان می شوند ولی قابل انتقال به سایر افراد نیستند. برای این دسته از ارگانیسم ها نیز راههای درمانی شناخته شده است.
گروه خطر 4	پاتوژن هایی که نه تنها سبب بروز بیماریهای خطرناک انسانی و حیوانی می شوند بلکه به سادگی از یک فرد به سایر افراد منتقل می شوند. معمولا راههای مناسبی برای پیشگیری و درمان این عفونت ها وجود ندارد.

تعیین اینکه چه نوع میکروارگانیسمی باید در کدام سطح از ایمنی آزمایشگاهی قرار گیرد به خصوصیات آن میکروارگانیسم بستگی دارد:

- نوع بیماری مرتبط با ارگانیسم و شدت بیماری
- راه انتقال به میزبان
- تعداد میزبانهای عامل پاتوژن
- وجود راههای پیشگیری از آلودگی مانند پروفیلاکسی از طریق واکسن یا تزریق آنتی سرم

- وجود راههای درمانی مناسب در صورت ابتلا: استفاده از عوامل ضد میکروبی، ضد ویروسی و سایر داروهای شیمیایی

به عنوان مثال پاتوژنی که مربوط به گروه خطر 2 می باشد، نیازمند آزمایشگاهی با سطح ایمنی 2 است. اما چنانچه یکی از فرآیندهای کار در آزمایشگاه خطرات احتمالی زیادی به همراه داشته باشد مثلا حجم زیادی از آیروسل های آلوده تولید کند، باید از امکانات آزمایشگاهی با سطح ایمنی 3 استفاده نمود تا فضای آزمایشگاه آلوده نشود.

فصل دوم

تجهیزات آزمایشگاهی

1- هودهای زیستی

هودهای زیستی برای حفاظت کارکنان، محیط آزمایشگاه و ابزار کار از آلوده شدن توسط ذرات آیروسل و قطرات ریزی است که هنگام کار با مواد حاوی عوامل پاتوژن مانند محیط های کشت و نمونه های تهیه شده از بیماران ممکنست ایجاد شوند. ذرات آیروسل توسط هر فرآیندی که سبب ورود انرژی به مواد محلول یا نیمه محلول می شود، تولید می گردند. به عنوان مثال شیک کردن، انتقال مایعات از یک ظرف به ظرف دیگر، مخلوط کردن مواد توسط چرخاندن با مگنت و... همگی می توانند سبب تولید ذرات آیروسل و قطرات ریز شوند. فعالیتهای دیگر آزمایشگاهی نظیر کشت باکتری بر روی محیط های جامد دارای آگار، تلقیح محیط های کشت با پیپت، مخلوط کردن مایعات حاوی عوامل عفونت زا با پیپت، هموژنایز کردن (همگن سازی)، ورتکس کردن، سانتریفوژ و اسپین کردن مایعات آلوده همچنین کار با حیوانات زنده می تواند آیروسل های آلوده کننده ایجاد نماید.

آیروسلهایی با قطر کمتر از 5 میکرومتر و قطرات ریز مایع با قطر 100-5 میکرومتر توسط چشم غیر مسلح قابل رویت نیستند. کارکنان یک آزمایشگاه معمولا از وجود چنین ذراتی که می توانند سطوح کار و ابزار آزمایشگاه را آلوده نموده یا مستقیما توسط کارکنان تنفس شوند، آگاهی ندارند. هودهای زیستی چنانچه درست استفاده شوند، می توانند تا حد زیادی سبب کاهش موارد ابتلا به عفونتهای آزمایشگاهی و انتقال آلودگی به افراد یا محیط کار شوند.

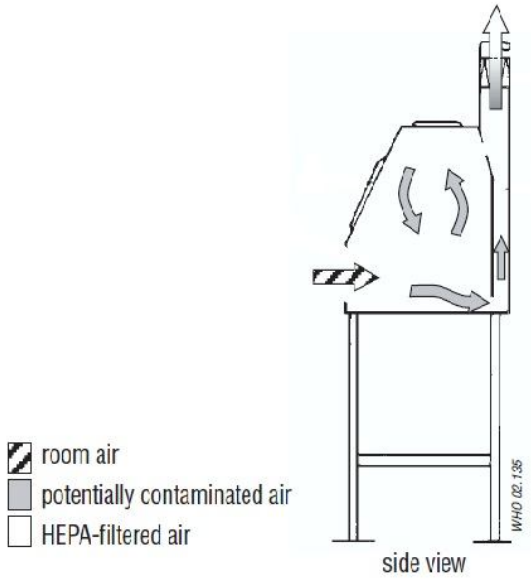
طی سالیان متمادی هودهای زیستی تغییرات تکاملی زیادی یافته اند که یکی از مهمترین این موارد پیدایش فیلترهای HEPA (فیلتر های جذب کننده ذرات هوا با کارایی بالا) بوده است. این فیلترها قادرند 99.97% ذرات با قطر 0.3 میکرومتر و 99.99% ذرات با قطر بیشتر یا کمتر از این حد را جذب نمایند. این فیلترها با کارایی بالا تمام عوامل عفونی که تا کنون شناسایی شده اند را جذب کرده و تنها هوای سالم و عاری از هر آلودگی را بیرون می دهند.

هود ها به سه گروه تقسیم می شوند و هر کدام قادرند سبب حفاظت نسبت به دسته بخصوصی از پاتوژن ها شوند. جدول زیر این دسته بندی را نشان می دهد.

نوع ایمنی مورد نیاز	نوع هود بیولوژیک
حفاظت از پرسنل، میکروارگانیسم های گروه خطر 1، 2، 3	کلاس I، II، III
حفاظت از پرسنل، میکروارگانیسم های گروه خطر 4	کلاس III
حفاظت از نمونه هنگام کار	کلاس II، III

کلاس I هودهای زیستی

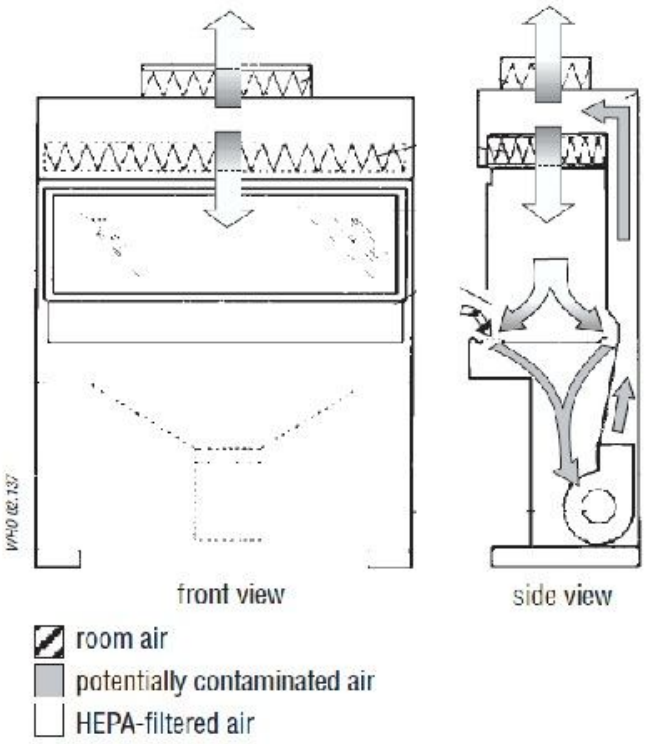
شکل 1 یک هود کلاس I را نشان می دهد. هوای اتاق از شکاف جلوی هود وارد شده، از سطح کار رد می شود و در نهایت از قسمت فوقانی خارج می گردد. چنانچه هنگام کار با نمونه، ذرات آیروسل یا قطرات آلاینده ایجاد شوند، جریان هوا آنها را به سمت کانال خروجی برده و مانع آلوده شدن فرد هنگام کار می شود. هر فرد می تواند هنگام کار دستهای خود را تا آرنج وارد فضای کار کند. هوای خارج شده از هود از فیلتر HEPA رد شده و پاک می باشد. از این هودها می توان هنگام کار با عوامل پاتوژن باکتریایی و مواد شیمیایی سمی با تبخیر پذیری سریع استفاده نمود. اما از آنجا که هوای اتاق به طور مستقیم وارد فضای کار می شود ممکنست نمونه مورد مطالعه آلوده شود. به عبارت دیگر این نوع از هودها تنها سبب حفاظت افراد و فضای کار می شوند.



شکل 1: هود کلاس I زیستی

کلاس II هودهای زیستی

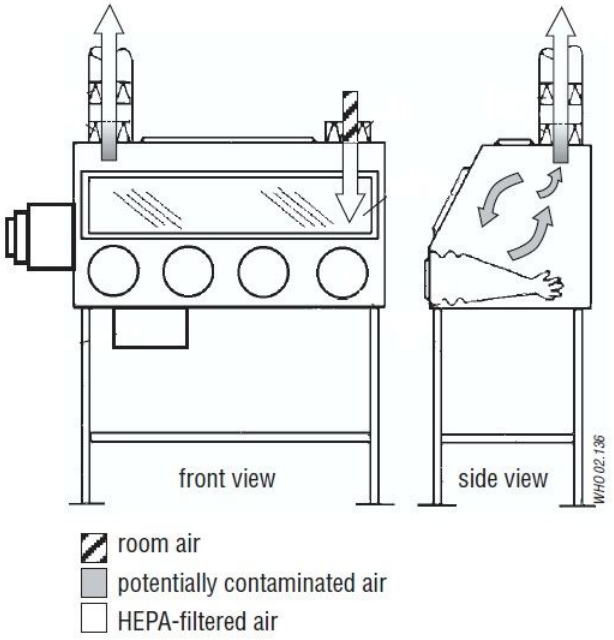
هنگام کار با سلولهای یوکاریوت یا بافتها، ورود هوای آزمایشگاه به درون کابینتهای زیستی به هیچ وجه مناسب نمی باشد زیرا سبب آلوده شدن نمونه با عوامل موجود در محیط می گردد. هودهای کلاس II نه تنها سبب حفاظت کارکنان از آلودگی می شوند، بلکه می توانند فضای کار و نمونه های مورد مطالعه را نیز از آلوده شدن توسط ذرات موجود در هوا حفظ کنند. این هود ها خود به 4 دسته (A1,A2, B1, B2) تقسیم می شوند و تنها اجازه می دهند هوای استریل (هوایی که از فیلتر HEPA رد شده است) وارد فضای کار شود. از این هودها می توان هنگام کار با پاتوژنهای گروه های خطر 2 و 3 استفاده نمود. شکل 2 نمونه ای از این هودها را نشان می دهد.



شکل2: هود کلاس II زیستی

کلاس III هودهای زیستی

شکل 3 یک هود کلاس III را با بیشترین حفاظت از پرسنل نشان می دهد. تمام منافذ این هودها بسته شده است و هیچ تبادلی با هوای محیط به صورت مستقیم انجام نمی شود. هوای ورودی از فیلتر هپا رد شده و هوای خروجی از دو فیلتر عبور می نماید. افراد هنگام کار از طریق دستکش های بسیار ضخیم لاستیکی به فضای داخل هود دسترسی دارند که انتهایشان کاملا بسته است. از این هودها هنگام کار با عوامل بسیار خطرناک نظیر ویروس HIV و هپاتیت استفاده می شود.



شکل 3: هود کلاس 3 زیستی

نکات ایمنی جهت کار با هودهای زیستی

- جریان هوای ورودی به داخل هود می تواند در اثر حرکات، رفت و آمدهای افراد نزدیک به هود، باز و بسته شدن درها و پنجره های باز، مختل شده یا با سرعت بیشتری وارد محفظه کاری شود. بنابراین محل قرارگیری هودها در آزمایشگاه باید در محلی با رفت و آمد اندک و دور از جریانهای شدید هوا باشد.
- اطراف و فضای بالای هود باید به اندازه 30-35 سانتی متر خالی باشد تا جریان هوا به آسانی انجام گیرد.
- هنگام کار با هود، دستها باید تا آرنج در داخل محفظه قرار بگیرد.
- باید دستها را به آرامی به داخل محفظه وارد کرده و به آرامی از آن خارج نمود.
- کار با نمونه باید حدود 1 دقیقه بعد از وارد نمودن دستها آغاز شود تا جریان هوای داخل هود به حالت طبیعی برگردد.
- وسایل و مواد کار ز قبل زیر محفظه هود قرار داده شوند تا پس از شروع دستورزی نمونه، حداقل دفعات ورود و خروج به هود انجام گیرد.
- قبل از وارد کردن وسایل به محفظه هود باید سطح آنها را با الکل 70% ضدعفونی نمود.
- در صورت کار با مایعات آلوده مانند نمونه های خون بهتر است سطح زیر هود با لایه های جاذب استریل پوشانده شود تا درصورت پاشیدن نمونه به اطراف، آلودگی سطوح کاهش یابد.
- بهتر است وسایل، در نقاط دورتر و سمت عقب هود قرار داده شوند تا جریان هوا از شکاف ورودی مختل نشود.
- یک ظرف مخصوص مواد زاید و پسمانهای بیولوژیک باید داخل محفظه قرار بگیرد تا جهت دور ریختن ضایعات ورود و خروج کمتری به داخل هود انجام شود.
- به طور مرتب سطح لامپ UV موجود در هودها با یک دستمال تمیز شود تا غبار و ذرات نشسته بر سطح لامپ مانع تابش مناسب اشعه نشود.
- شدت تابش UV باید به طور مرتب کنترل شود.
- در صورت روشن بودن هود نباید از شعله روشن استفاده کرد زیرا علاوه بر ایجاد اختلال در جریان هوا ممکنست سبب تولید گازهای خطرناک در حضور برخی مواد شیمیایی شود.

- در صورت ریختن مواد آلوده بر سطح هود، بایستی بلافاصله سطح را با یک ضد عفونی کننده مناسب تمیز نمود و سپس وسایل یا لایه های جاذب آلوده شده را اتوکلاو کرد.
- پس از اتمام کار، تمام وسایل و محیط های کشت از محفظه هود خارج شوند. هود محل نگهداری وسایل و مواد بیولوژیک نمی باشد.
- قبل و بعد از استفاده از هود، سطح کار با الکل 70% تمیز شود.
- در پایان یک روز کاری باید تمام سطوح هود همچنین پشت و جلوی شیشه را با الکل 70% یا مایع سفید کننده رقیق شده (10%) ضد عفونی کرد. چنانچه برای پاکسازی نهایی از مایع سفید کننده استفاده می شود، باید سطوح را با یک دستمال جاذب کاملا خشک نمود.
- لازمست 5 دقیقه بعد از اتمام کار، هود را روشن بگذارید.
- در صورت آلوده شدن فیلتر، باید آنرا تعویض نمود اما قبل از آن عملیات ضدعفونی کردن توسط پرسنل مجرب با استفاده از فرمالدهید انجام گیرد.
- هنگام کار با هود روپوش آزمایشگاهی پوشیده شود. در صورت نیاز باید از دستکش نیز استفاده گردد.

هود لامینار:

این نوع هودها که به طور معمول جهت کشت سلولهای یوکاریوت استفاده می شوند، به هیچ عنوان کارکنان یا فضای آزمایشگاه را حفاظت نمی کنند. در این نوع هودها جریان پاکیزه ای از هوا به صورت افقی (و گاه عمودی) از داخل به خارج می وزد و سبب حفاظت قابل توجه نمونه از آلوده شدن می گردد. هنگام کار با این هودها بهتر است به نکات زیر توجه شود:

- از کارکردن با مواد شیمیایی یا زیستی خطرناک خودداری شود.
- آیروسل ها و ذرات تولید شده توسط یک نمونه آلوده، مستقیما به فرد یا محیط آزمایشگاه منتقل می گردند.
- ذرات آلرژن و آیروسل های عفونت زا ایجاد شده توسط کشت های سلولی ممکنست سبب آلودگی افراد شوند.

2- پیپت

از پیپت برای برداشتن مایعات استفاده می گردد. باید توجه کرد که در هیچ حالتی نباید با دهان مایعات را کشید زیرا ممکنست سبب ورود مایعات آلوده و مواد خطرناک به دهان فرد شود. علاوه بر خطر ورود مستقیم مایعات، ذرات آیروسل تولید شده نیز در این حالت تنفس می گردند. قرار دادن پنبه یا اجسام جاذب دیگر در نوک پیپت ها خطر ورود آلودگی به دهان را کاهش نمی دهد. بنابراین لازمست برای جابه جا نمودن مایعات از پیپت های مکانیکی استفاده شود. جهت برداشتن حجم اندک از مایعات از پیپت های دقیق (میکرو پیپت) استفاده نمایید.

نکات ایمنی هنگام کار با میکروپیپت:

- ابتدا یک تیپ را به سر میکروپیپت متصل نمایید و از اتصال درست و محکم آن مطمئن شوید. عدم اتصال درست سبب اشتباه در برداشتن حجم مایعات و همچنین احتمال ریزش نابجای مایعات می شود.
- تنها نوک تیپ را وارد مایع کرده و دقت نمایید بدنه میکروپیپت با قطرات ماده به جا مانده بر روی جداره ظروف آلوده نگردد.
- هنگام خروج پیپت از ظرف، نوک تیپ را به دهانه ظرف بمالید تا مقادیر اضافی از آن ماده منتقل نگردد و دقت کار از بین نرود.
- در صورتیکه ویسکوزیته (چسبندگی) مایع مورد نظر از آب بیشتر است بهتر است هنگام پر کردن تیپ با حوصله و صبر عمل کرده و پس از آزاد کردن پیستون برای چند ثانیه نوک تیپ را در مایع نگه دارید تا حجم درستی از مایعات چسبنده در زمان کافی وارد پیپت شود.
- قبل از شروع کار با نمونه های حساس بدنه پیپت را با دستمال و الکل 70% تمیز کنید.
- در صورتیکه مقداری از مایع آلوده در اثر رها کردن ناگهانی پیستون و یا فروبردن بیش از حد پیپت در نمونه آلوده شد، حتما عملیات ضد عفونی کردن پس از باز کردن پیپت انجام گیرد. چنانچه پیپت ها قابل اتوکلاو باشند می توان آنها را به این طریق استریل نمود. در غیر این صورت با توجه به نوع آلاینده و خصوصیات پیپت از ماده ضد عفونی کننده مناسب استفاده گردد.

- هنگام پر کردن پیپت باید به آرامی پیستون را بالا آورد تا از پرتاب قطرات به درون کانال پیپت و آلوده شدن آن جلوگیری شود.
- هنگام خالی کردن مایعات ممکنست قطرات ریزی به اطراف پرتاب شده و آیروسلها نیز تولید گردند. بنابراین جهت حفظ ایمنی لازمست از جلوبردن بیش از حد سر هنگام انتقال مایعات خودداری شود.
- با توجه به خطرات مایع یا نمونه موارد ایمنی از قبیل پوشیدن دستکش، عینک ایمنی و ماسک صورت رعایت گردد.

3- سانتریفوژ

از سانتریفوژها برای جداسازی اجزا یک نمونه از یکدیگر بر اساس ویژگیهای مولکولی آنها از قبیل وزن، چگالی و ... استفاده می شود.

- قبل از شروع کار باید دفترچه راهنمای دستگاه خوانده شود.
- باید دستگاه را در ارتفاعی قرار داد که کارکنان به آن تسلط کافی داشته و محفظه داخلی را به طور کامل ببینند.
- لوله های مقابل هم باید دارای بالانس وزنی دقیق باشند.
- لوله ها باید دارای جدار ضخیم بوده و در برابر فشار ایجاد شده در دورهای بالا مقاومت کافی داشته باشند.
- قبل از شروع کار باید جداره لوله ها را کنترل نمود و مطمئن شد که هیچ شکافی در آنها وجود ندارد.
- درب لوله ها باید محکم و بدون نشت بسته شود. دربهای پیچی از این نظر مناسب ترند.
- لوله ها را نباید کاملا پر کرد و سطح مایع تا لبه ظرف باید از فاصله مناسبی - که معمولا در کتابچه راهنما گفته شده است- برخوردار باشد.
- چنانچه معادلی برای یک نمونه وجود ندارد باید از آب مقطر یا الکل 70% برای تراز کردن آن استفاده نمود.

- بعد از اتمام هر بار کار با سانتریفوژ باید سطوح داخلی دستگاه از نظر نشت آلودگی کنترل شود و در صورت ریخته شدن مایعات آلوده بلافاصله عملیات ضدعفونی کردن انجام گیرد.
- سطوح داخلی دستگاه را نباید با محلولهای نمکی و هیپوکلریت شستشو داد زیرا اثر خورندگی بر فلز دارند.
- بعد از هر استفاده باید روتور و فضای داخل دستگاه را با دستمال آغشته به الکل 70% تمیز نمود.
- هنگام کار با سانتریفوژ ذرات بسیار ریز آلاینده به اطراف پرتاب می شوند. سرعت این ذرات به قدری بالاست که از طریق منافذ سانتریفوژ را ترک کرده و به خارج راه پیدا می کنند. بنابراین چنانچه نمونه مورد مطالعه به شدت آلوده است باید سانتریفوژ را در زیر هود قرار داد.

4- هموژنایز، شیکر و سونیکاتور

هموژنایزر:

از این وسیله برای خرد کردن و همگن کردن نمونه های زیستی مانند بافتها و نیز لیز کردن سلولها استفاده می شود. این دستگاهها از روشهای مختلفی جهت خرد کردن و بریدن نمونه استفاده می نمایند تا در پایان کار مخلوطی از ذرات با اندازه تقریبا مشابه و یکدست حاصل شود. باید توجه نمود که تنها از وسایل مخصوص کار در آزمایشگاه استفاده شود زیرا ابزار مورد استفاده در سایر اماکن مانند وسایل خانگی برای کار با نمونه های زیستی مناسب نیستند. به عنوان مثال مخلوط کن (هموژنایزر) خانگی نمی تواند وسیله مناسبی در آزمایشگاه باشد زیرا به درستی عایق بندی نشده و ذرات ریز و آیروسلهای فراوانی را به اطراف پرتاب می نماید. این در حالیست که وسایل آزمایشگاهی از تولید و انتقال این ذرات به محیط کاملا جلوگیری کرده یا آنرا بسیار محدود می سازند. هنگاماستفاده از این وسیله بهتر است:

- آنرا در یک محفظه بسته یا هود بیولوژیک قرار داد.
- پس از اتمام کار سطوح محفظه را با دستمال آغشته به مواد ضد عفونی کننده تمیز کرد.
- بهتر است ماده ای که قرار است توسط هموژنایزر خرد شود، درون ظروف شیشه ای قرار نگیرد.

- چنانچه ظرف حاوی ماده، شیشه ای است بهتر است آنرا درون ظرف دیگری قرار داد تا در صورت شکسته شدن ظرف مواد پخش نشود.
- این وسیله هنگام کار آیروسل تولید می کند و بهتر است پس از اتمام کار درب محفظه یا هود به مدت یک الی پنج دقیقه بسته بماند تا این ذرات رسوب کنند.

شیکر:

از این وسیله برای انجام کارهای مختلفی استفاده می شود و با توجه به نوع فرآیند مورد نظر شکل و طراحی متفاوتی دارد. هم زدن، مخلوط کردن مایعات موجود در فلاسک ها، فالکون ها و لوله های آزمایش را می توان به کمک این دستگاه انجام داد. مهمترین استفاده شیکر، کشت باکتری و انواع دیگر میکروارگانیسم است. هیبریدیزاسیون اسیدهای نوکلئیک، هم زدن مایعات، فرمانتاسیون از دیگر کاربردهای این وسیله است. شیکرها سبب می شوند شرایط موجود در یک نمونه یکنواخت و یکدست بماند.

- این وسیله هنگام کار آیروسل تولید می کند و بهتر است پس از اتمام کار درب محفظه به مدت یک الی پنج دقیقه بسته بماند تا این ذرات رسوب کنند.

- پس از اتمام کار بایست سطوح محفظه و دستگاه را دستمال آغشته به مواد ضد عفونی کننده تمیز کرد.

سونیکاتور:

سونیکاتورها ابزاری جهت تولید صوت در فرکانس بالا هستند و سلولها یا اسیدهای نوکلئیک را تخریب می نمایند. سونیکاتورها دو خطر عمده دارند:

الف) آیروسلهای فراوانی تولید می کنند زیرا حجم زیادی از انرژی وارد مایع می شود.

ب) ممکنست صوت ایجاد شده در فرکانس بالا سبب بروز آسیبهای شنوایی شود.

بنابراین هنگام استفاده از یک سونیکاتور بهتر است:

- آنرا داخل یک محفظه بسته یا هود بیولوژیک قرار داد تا آیروسل های کمتری در محیط پخش شوند.
- هنگام کار از ماسکهای صورت استفاده شود.
- چنانچه نوک سونیکاتور به عمق کافی درون مایع فرو رود، مقدار آیروسل ها کاهش می یابد.
- چنانچه سونیکاتور در یک محفظه مقاوم به صوت قرار ندارد، حتما ازگوشیهای محافظ استفاده گردد.
- در اتاقی که افراد فاقد گوشی محافظ می باشند سونیکاسیون انجام نگیرد.
- درب اتاق هنگام سونیکاسیون بسته شود.
- پس از اتمام کار ماسک ها و محفظه اطراف سونیکاتور ضد عفونی گردد.

5- یخچال و فریزر

یخچال ها و فریزر ها محل نگهداری طولانی مدت مواد در دماهای پایین هستند و باید به طور مرتب مورد بررسی قرار گیرند. چنانچه قطعات یا محلولهای آلوده این دستگاهها را آلوده نموده و پاک نشوند، فضای آزمایشگاه و افراد در معرض انتقال آلودگی قرار خواهند گرفت. همچنین ممکنست سایر نمونه ها آلوده شوند. لازم به ذکر است که یخچالهای خانگی برای مصرف آزمایشگاهی مناسب نیستند. یخچالهای مخصوص آزمایشگاه دارای طراحی متفاوتی هستند، بدنه آنها در برابر مواد خورنده مقاوم بوده و احتمال آتش گرفتن در آنها به مراتب کاهش داده شده است.

- یخچالها، فریزرها و محفظه های نگهداری یخ خشک باید به طور مرتب یخ زدایی و تمیز شوند.
- استفاده از عینک و دستکشهای ضخیم لاستیکی توصیه می شود.
- آمپولها، ظروف شکسته و نمونه های آلوده شده را باید دور ریخت.
- بعد از اتمام تمیز کردن، تمام سطوح داخلی ضد عفونی شوند.
- برای کاهش موارد شکسته شدن و پخش آلودگی بهتر است ظروف شیشه ای کوچک درون ظرفهای بزرگتر از جنس پلاستیک و ... قرار گیرند.

- تمام ظروف موجود در یخچالها و فریزرها باید دارای برچسب مشخصات باشند. نام و مشخصات نمونه، نام فرد، تاریخ ذخیره سازی باید به دقت و به طور واضح بر روی ظرف درج شود. تمام ظروف و نمونه های نامشخص و ناشناس پس از اتوکلاو شدن، دور ریخته می شوند.
- فهرستی از نمونه های موجود در یخچال و فریزر و محل دقیق قرارگیری آنها تهیه شود.
- محلولهای اشتعال پذیر نباید درون یخچال قرار داده شوند مگر آنکه اقدامات ایمنی لازم صورت بگیرد و علائم هشدار دهنده روی درب یخچال نصب شود.

6- اتوکلاو

اتوکلاو وسیله ای برای ضدعفونی کردن وسایل و مواد است که در دما و فشار بالا کار می کند. چنانچه اصول ایمنی کار با این وسیله رعایت نگردد، ممکنست خطرآفرین باشد.

- تمام دریچه ها را قبل از روشن کردن اتوکلاو کنترل کنید تا در وضعیت مناسب قرار داشته باشند.
- موادی که بسیارسریع تبخیر شده (اتانول، کلروفرم) ویا قابل اشتعال هستند را نباید اتوکلاو کرد.
- اتوکلاو نمودن مواد خورنده (اسیدها و بازها، فنل)، حلال ها و مواد رادیواکتیو ممنوع است.
- موادی که اتوکلاو می شوند بایست در ظروفی قرار داده شوند که انتقال بخار و حرارت ممکن باشد.
- چنانچه ظرف حاوی ماده، درب دار است درب آن شل بسته شود.
- بین وسایل به قدر کافی فضا وجود داشته باشد تا تبادل بخار به خوبی رخ دهد.
- درب اتوکلاو به کمک پیچ های موجود سفت و محکم شود اما نباید آنها را بیش از حد محکم نمود.
- پس از اتمام اتوکلاو تا زمانیکه فشار بالاست و یا دما بالاتر از 80 درجه سانتیگراد است نباید به هیچ وجه درب اتوکلاو را باز نمود.
- بخار اتوکلاو باید به تدریج و به آرامی خارج شود این امر به خصوص زمانیکه مایعات اتوکلاو شده اند دارای اهمیت است. حرارت بالا سبب جوشیدن مایعات می شود و باز کردن ناگهانی درب یا خارج کردن سریع بخار می تواند سبب سرریز شدن مایعات در حال جوش شود.

- هنگام باز کردن اتوکلاو، حتی زمانیکه دمای آن پایین تر از 80 درجه سانتیگراد است باید از دستکش و عینک مناسب استفاده نمود.
- صحت کار اتوکلاو و قدرت ضدعفونی کردن آن باید به طور مرتب کنترل شود.

7- نیتروژن مایع

نیتروژن مایع دارای نقطه جوش 196- درجه می باشد و در تماس با پوست می تواند سبب یخ زدگی، سوختگی و حتی زخمهای ناشی از سرما شود. علیرغم ماهیت غیر سمی و خنثی نیتروژن، تنفس بخار آن می تواند سبب کاهش اکسیژن رسانی، سرگیجه، تهوع، استفراغ و در مواجهه شدید سبب مرگ شود. ریختن نیتروژن مایع دریک ظرف گرمتر همچنین فروبردن ظروف و ویال ها در آن سبب جوشیدن و پاشیدن قطرات نیتروژن می شود. برای کاهش پراکنده شدن این قطرات بهتر است در کمال آرامش و بدون شتاب زدگی با این ماده کار شود و سر را تا حد ممکن از آن دور نگهداشت. باید توجه داشت که گازهای متصاعد از این ماده نیز بسیار سرد بوده و می تواند سبب سوختگی شود.

- هنگام کار با نیتروژن مایع سر را تا حد ممکن دور نگهدارید.
- نواحی پوشیده نشده بدن نباید در تماس مستقیم با نیتروژن یا ظروف دارای آن باشد زیرا ممکن است دچار یخ زدگی شده یا به بدنه ظرف بچسبد.
- ظروفی که برای کار در دمای معمول آزمایشگاهی ساخته شده اند، ممکنست در دماهای پایین ترک خورده یا بشکنند.
- ظروفی که برای نگهداری در نیتروژن مایع نیز ساخته می شوند ممکنست در اثر تغییر دمایی شدید دچار ترک خوردگی شده و گاه بشکنند.
- حتما از دستکش مخصوص که غیر قابل نفوذ برای نیتروژن است، استفاده گردد.
- دستکش ها باید قدری بزرگتر انتخاب شوند تا در اثر ریختن نیتروژن درون آنها به راحتی در آورده شوند.
- حتما هنگام کار از عینک و ماسک صورت استفاده شود.

8- ورتکس- اسپین

از این وسیله برای مخلوط کردن شدید مایعات یا جمع کردن ذرات و قطرات مایع در ته یک ویال استفاده می شود. هنگام کار با این دستگاه باید بهتر است به نکات زیر توجه شود:

- قبل از شروع کار از محکم بودن محور چرخنده آن اطمینان حاصل شود.
- برای اسپین کردن بهتر است تعادل بین ویال ها وجود داشته باشد. در صورتیکه تعداد نمونه ها کافی نیست از آب مقطر یا الکل برای تراز کردن استفاده نمایید.
- از سالم بودن بدنه ویالها قبل از ورتکس نمودن اطمینان حاصل شود.
- درب ویالها حتما بسته باشد تا نشت مواد به بیرون انجام نگیرد.
- بدنه خارجی ویالها خشک بوده و قطرات ماده بر روی آن وجود نداشته باشد.
- قبل از توقف کامل دستگاه از برداشتن نمونه ها خودداری شود.

9- صفحه گرم کننده (Hot Plate)

از صفحه گرم کننده جهت حرارت دادن مایعات تا 100 درجه سانتیگراد یا بیشتر استفاده می شود. هر صفحه گرم کننده جدید که خریداری می شود باید مورد وارسی قرار گیرد تا اطمینان حاصل شود که هنگام گرم کردن یا روشن و خاموش کردن جرقه نمی زند. هنگام کار با این دستگاه بهتر است به نکات ایمنی زیر توجه شود:

- از تنظیم این دستگاه بر روی دماهای بیشتر از 100 درجه سانتیگراد خودداری شود، هرچند که رسیدن به دماهای بالاتر ممکن باشد.
- از ذخیره سازی و نگهداری مواد تبخیر شونده و قابل اشتعال در نزدیکی این وسیله خودداری شود.
- پس از اتمام کار و خاموش نمودن دستگاه تا زمانیکه دمای آن پایین نیامده است، علامت یا یادداشت خطر در کنار دستگاه قرار داده شود تا سایرین دچار سوختگی نشوند.

- از پایین آوردن دمای دستگاه به صورت ناگهانی (با ریختن آب سرد یا قرار دادن یخ بر روی آن) جددا" خودداری شود.
- از حرارت دادن حجم زیاد مایعات در ظروف درب دار خودداری شود. افزایش فشار درون ظرف سبب باز شدن خود به خودی درب ظرف و سر ریز شدن مایع می شود. در چنین حالتی باید یا حجم مایع را کاهش داده یا از حرارت دادن زیاد آن خودداری نمود.

10- مایکروویو

از دستگاه مایکروویو جهت حرارت دادن و گرم کردن اجسام و مواد در زمان کوتاه استفاده می شود. این دستگاه با استفاده از انرژی امواج رادیویی کوتاه سبب گرم شدن اجسام می شود. استفاده از این دستگاه می تواند خطرات زیادی به همراه داشته باشد بنابراین بهتر است قبل از کار با این وسیله دستورالعمل آن مطالعه شود.

- هیچگاه دستگاه را در حالیکه خالیست نباید روشن نمود زیرا امواج مایکروویو می تواند سبب آسیب به دیواره های داخلی دستگاه شود.
- به طور مرتب نوارهای لاستیکی دور درب از نظر سالم بودن و تمیزی مورد وارسی قرار بگیرد.
- به هیچ وجه نباید از دستگاهی که درب یا نوارهای لاستیکی دور آن آسیب دیده استفاده نمود. چنین دستگاهی سبب پراکنش امواج خطرناک رادیویی در محیط می شوند.
- هیچگاه و به هیچ وجه با فشار دادن ضامن درب، نباید دستگاه را با درب باز روشن نمود.
- هنگام روشن بودن دستگاه بهتر است از نزدیک شدن زیاد به آن خودداری نموده و فاصله ایمنی با آن رعایت شود.
- چنانچه ماده درون دستگاه شروع به جرقه زدن نموده و شعله ور شود، باید به سرعت دستگاه را خاموش نموده و کابل آن را از برق کشید. بهتر است درب آن نیز برای مدتی بسته نگهداشته شود.
- نباید ظروف با درب کاملا بسته و بدون منفذ درون دستگاه قرار داده شوند. همچنین اگر جسم یا ماده مورد نظر درون کیسه های نایلونی قرار دارد، باید منافذی برای خروج بخار در آن تعبیه شود.

- ظروف فلزی و وسایل دارای اجزا فلزی و حتی فویل های آلومینیوم را نباید درون دستگاه قرار داد زیرا سبب جرقه زدن و آسیب به دستگاه می شود.
- نباید در زمانهای طولانی به مایعات یا سایر مواد حرارت داد. این کار سبب سوختگی مواد و گاه پرتاب شدن قطرات و ذرات آن به اطراف می شود.
- برای خروج وسایل باید از دستکش استفاده نمود.
- چنانچه پس از خروج ظرف، مایع درون آن در حال جوشش باشد بهتر است قبل از برداشتن درب ظرف چند دقیقه صبر نمود تا مایع از جوشش افتاده و به تعادل برسد.

11-کپسول های گاز

کپسول های گاز با توجه به نوع محتوای آن می تواند سمی، اشتعال پذیر، خورنده، اکسید کننده، خنثی و گاهی دارای چند نوع خطر همزمان باشد. علاوه بر خطرات شیمیایی، حجم زیاد گاز فشرده شده در کپسول دارای فشار بسیار بالایی است و این قابلیت را دارد که مانند یک موشک عمل کرده و پرتاب شود. بنابراین جا به جا نمودن و نگهداری این کپسول ها باید در نهایت دقت انجام شود.

خطرات:

- **خفگی**: این عارضه ممکنست در اثر آزاد شدن گازهای خنثی ایجاد شود. گازهای خنثی، بی رنگ و بی بو هستند و نشت آنها به محیط قابل تشخیص نیست. افزایش حجم این گازها در فضای آزمایشگاه می تواند سبب کاهش میزان اکسیژن شود. بنابراین چنانچه در آزمایشگاهی با فضای بسته از کپسولهای گاز نگهداری می شود بهتر است از تجهیزات سنجش میزان اکسیژن استفاده شود.
- **آتش سوزی و انفجار:** این عارضه در مورد گازهای اشتعال پذیر و اکسید کننده مانند اکسیژن رخ می دهد. گازهای اشتعال پذیر ممکنست در اثر تجمع الکتریسیته ساکن و یا حرارت دیدن (در اثر نزدیکی به یک شعله یا دستگاه گرم کننده) جرقه زده و شعله ور شوند. اکسیژن و سایر گازهای اکسید کننده خودشان نمی سوزند اما باعث اشتعال مواد آلی می شوند. تجمع گازهای اکسید کننده، سوختن مواد دیگر را تسهیل

می کند. به عبارت دیگر موادی که در شرایط طبیعی اشتعال پذیر نیستند در فضای دارای غلظت های بالای اکسیژن ممکنست شروع به سوختن نمایند.

- **سوختگی**: گازهای خورنده می توانند سبب از بین رفتن بسیاری از مواد حتی پارچه های مقاوم به آتش شوند. برخی از گازها در حالت خالص خود خورنده نیستند ولی در اثر ترکیب با اندکی رطوبت بسیار خطرناک می شوند. گازهای خورنده اثرات بسیار شدیدی بر روی پوست، چشم و مخاط بدن می گذارند.
- **سمیت**: این عارضه در مورد گازهای سمی دیده می شود. مسمومیت های بسیار شدید حتی در غلظت های کم این گازها دیده می شود. ممکنست این اثرات با تاخیر دیده شوند.

جهت پیشگیری از خطرات فراوان کپسولهای دارای گاز بهتر است به نکات ایمنی زیر توجه شود:

- از افتادن کپسولها بر روی یکدیگر و روی زمین به شدت اجتناب نمایید.
- جهت حمل و نقل کپسولها از کشیدن آنها بر روی زمین، هل دادن و غلطان آنها صرف نظر کرده و از وسایل مخصوص جا به جا کردن کپسول که دارای کمربند ایمنی هستند، استفاده شود.
- هر کپسول دارای کلاهکی است که از دریچه خروج گاز در برابر آسیب های وارده محافظت می کند. بنابراین تا زمانیکه کپسول در جایگاه امن و مناسب خود قرار نگرفته و به دیوار یا یک میز زنجیر نشده است، از برداشتن کلاهک خودداری شود.
- هر کپسول باید به صورت جداگانه و در حالت ایستاده به یک سطح محکم و ثابت، زنجیر شود.
- قبل از استفاده از یک کپسول حتما یک دستگاه تنظیم کننده فشار گاز (رگولاتور) بر روی دریچه نصب شود.
- دریچه در مواقعی که استفاده نمی شود، باید کاملا بسته بماند.
- چنانچه به صورت طولانی مدت از کپسولی استفاده نمی شود، باید کلاهک را مجددا" روی آن قرار داد.
- حتما با برچسب زدن روی هر کپسول، گاز درون مشخص شود.
- به طور مرتب با استفاده از کف و صابون نشت گاز از دریچه کپسول کنترل گردد.
- لوله های انتقال گاز باید مرتب وارسی شوند تا از سالم بودن آنها اطمینان حاصل شود.
- کپسولهایی که برای مدت زمان بیشتر از 36 ماه ذخیره شده اند، نباید مورد استفاده قرار گیرند.

- کپسول ها نباید در نزدیکی آسانسورها، دستگاههای تهویه هوا و هر منفذی که سبب پخش شدن گاز به سایر مناطق ساختمان می شود، قرار داده شوند.
- دریچه خروج گاز باید همیشه به آرامی باز شود و از باز کردن ناگهانی آن پرهیز شود.
- کپسول ها در فضاهایی با تهویه مناسب و دمای متعادل قرار داده شوند. همچنین از بالا رفتن دمای این اتاقها باید جلوگیری نمود.
- کپسول ها نباید در فضاهای خیس و پر رطوبت قرار گیرند.
- شعله و وسایل گرم کننده از اطراف کپسول دور نگهداشته شوند.
- کپسول دارای گاز اکسیژن و سایر گازهای اکسید کننده با فاصله مناسب از کپسول های گازهای خورنده قرار گیرد.

12- میکروتوم

میکروتوم وسیله ای برای تهیه برشهای بسیار نازک از یک نمونه زیستی است. این دستگاه دارای تیغه ای از جنس شیشه، استیل و گاه الماس می باشد و برشهایی که ایجاد می کند به حدی نازک است که می توانند نور را از خود عبور دهند. کار با این وسیله نیازمند دقت بسیار است زیرا تیغه تیز آن می تواند سبب آسیب های جدی در ناحیه دست و انگشت ها شود.

- تیغه ها با احتیاط بسیار تعویض یا جا به جا شوند.
- در صورت افتادن یک تیغه بر روی زمین ممکنست کفشها بریده شده و پاها آسیب ببینند. بنابراین هنگام جا به جا کردن تیغه و قرار دادن آن در دستگاه مراقب باشید که پاها کمی دورتر قرار بگیرند.
- هیچگاه یک تیغه بدون محافظ در فضای آزمایشگاه رها نشود.
- هنگام شروع کار ابتدا نمونه و سپس تیغه را جاسازی کرده و هیچگاه این ترتیب را جا به جا نکنید.
- هرگاه که میکروتوم را حتی برای چند لحظه رها می کنید از قرار گرفتن محافظ بر روی تیغه مطمئن شوید.

- چنانچه نمونه زیستی آلوده به پریون است، طی مراحل آماده سازی آلودگی از بین نخواهد رفت بنابراین هنگام کار لازمست دستکش پوشیده و سایر اقدامات ایمنی نیز رعایت شوند.
- هنگامیکه از دکمه نگهدارنده (brake) استفاده می کنید مطمئن شوید کاملا محکم شده است. اکثر اتفاقات زمانی رخ می دهد که تیغه محکم نشده و بر روی دست فرد می افتد.

فصل سوم

پوشش و تجهیزات ایمنی شخصی

پوشش مناسب پرسنل هنگام کار می تواند به عنوان یک مانع عمل کرده و تا حد زیادی خطر مواجهه افراد با آیروسلها، قطرات پرتاب شونده و عوامل آسیب رسان که ناگهان و اتفاقی آزاد می شوند را کاهش دهند. نوع پوشش هنگام کار با توجه به نوع فرآیند در دست انجام، نوع نمونه و خطرات آن تعیین می شود. لازم به ذکر است که پوششهای حفاظتی باید تنها در فضای آزمایشگاه استفاده شوند. به عبارت دیگر قبل خروج از فضای کار لازمست پوششها را در آورده و دستها کاملا شسته شوند.

1- روپوشها و پیش بندهای آزمایشگاهی

روپوشها باید در جلو دارای یک ردیف کامل دکمه باشند و حتما هنگام کار دکمه ها بسته شوند. آستینها حتما بلند انتخاب شوند. روپوشهای جلو بسته پوشش بهتری هستند. چنانچه با نمونه های خطرناکی مانند خون یا کشتهای آلوده به پاتوژنهای خطرناک و یا مواد شیمیایی خاصی کار می کنید، بهتر است علاوه بر روپوش از پیش بندهای آزمایشگاهی نیز استفاده نمایید. روپوشها باید به طور مرتب شسته و ضدعفونی شوند و به هیچ وجه در فضاهای غیر آزمایشگاهی استفاده نگردند.

2- عینک های ایمنی و ماسکهای صورت

با توجه به نوع کار باید از چشمها و صورت در برابر قطرات ریز پرتاب شونده و اجسام تیز و برنده حفاظت شود. بهتر است از عینکهایی استفاده شود که علاوه بر پوشش چشم از جلو، با داشتن دیواره های جانبی کل فضای چشم را محافظت می نماید. با این حال عینک ها برای حفاظت در برابر حجم زیاد مایعات آلاینده مناسب نیستند و در صورت نیاز باید علاوه بر عینک ایمنی از ماسکهای صورت نیز استفاده نمود. لازمست قبل از خروج از آزمایشگاه عینک و ماسک حفاظتی کنار گذاشته شوند.

3- ماسکهای تنفسی

مجاری تنفسی همواره در خطر آلوده شدن با مایعات و گازهای خطرناک هستند به عنوان مثال عملیات پاکسازی مایعات آلوده ای که درفضای آزمایشگاه را ریخته شده است با خطر آلودگی تنفسی زیادی همراه است. برخی ماسکها تنفسی دارای فیلترهای قابل تعویض هستند که فرد را در برابر گازها، بخارها، ذرات ریز و میکروارگانیسم ها

حفاظت می کند. هنگام کار باید ماسک را به درستی بر روی صورت نصب کرد تا هوا از کناره های ماسک وارد مجاری تنفسی نشود. ماسکهای پارچه ای قادر به حفاظت سیستم تنفسی نیستند. قبل از خروج از آزمایشگاه باید ماسکهای تنفسی را در آورده و از انتقال آنها به سایر فضاها جلوگیری نمود.

4- دستکش

آلودگی دستها در فرآیندهای آزمایشگاهی بسیار شایع است. همچنین دستها در مواجهه با خطر بریده شدن با اجسام تیز و برنده قرار دارند. دستکشهای لاتکس، وینیل و نیتریل (دستکش های جراحی) به وفور در انواع کارها مانند جا به جا نمودن مایعات آلوده به پاتوژن، خون و سایر مایعات بدن استفاده می شوند. بعد از اتمام کار با نمونه های آلوده و قبل از ترک آزمایشگاه باید دستکشها را خارج کرده و دست ها به دقت با مواد شوینده شسته شوند. دستکش های مصرف شده همراه با زباله های بیولوژیک آلوده دور انداخته می شوند تا مورد پاکسازی قرار گیرند.

موارد متعددی از بیماریهای پوستی، درماتیت و حساسیتهای شدید در کارکنانی که از دستکشهای لاتکس (به خصوص لاتکس های دارای پودر) استفاده می کنند، دیده شده است. بنابراین بهتر است انواع دیگری از دستکش مورد استفاده قرار گیرد. برخی دستکش ها دارای شبکه ای از استیل ضد زنگ می باشند که هنگام کار با وسایل تیز و برنده مانند میکروتوم ها پوشیده می شوند. به هیچ عنوان با دستکشهای آلوده و استفاده شده نباید فضای آزمایشگاه را ترک نمود.

فصل چهارم

مقررات ایمنی کار در آزمایشگاههای میکروبیولوژیک

اشتباهات فردی، روشهای نامناسب آزمایشگاهی و استفاده نادرست از وسایل عامل اصلی اکثر مشکلات و عفونتهایی است که هنگام کار به پرسنل سرایت می کنند. جمع آوری، جا به جایی و کار نامناسب با نمونه ها خطرات فراوانی برای پرسنل به همراه داشته و آنها را در خطر ابتلا به عوامل عفونی قرار می دهد. در مبحث حاضر در مورد روشهایی صحبت می گردد که سبب کاهش یا حذف مشکلات کار در آزمایشگاههای میکروبیولوژی می شود.

.

- **ظروف نگهداری نمونه ها**

نمونه ها باید در ظروف شیشه ای یا پلاستیکی مناسبی که دارای جداره های کاملا سالمی است، قرار داده شوند تا مایعات به بیرون نشت نکنند. درب این ظروف باید به طور کامل بسته شود. هیچ مایع یا قطره ای از آن نباید سطح خارجی ظرف را آلوده کند. مشخصات نمونه و فردی که با آن کار می کند بر روی ظروف برچسب گذاری شود. چنانچه نمونه دارای یک برگه اطلاعاتی است نباید آنرا مستقیما به جداره ظرف چسباند. برگه های حاوی اطلاعات بایستی در پوششهای مقاوم به آب قرار گرفته و جداگانه نگهداری شوند.

- **جا به جا نمودن نمونه ها**

برای جلوگیری از ریختن یا برخورد تصادفی بهتر است ظرف حاوی نمونه درون یک ظرف یا محفظه دوم مانند جعبه قرار بگیرد. ظرف اول را درون محفظه دوم به نحوی تثبیت می کنند که صاف قرار گرفته و در اثر کج شدن واژگون نشود. محفظه دوم بهتر است پلاستیکی یا فلزی بوده و قابل اتوکلاو و مقاوم در برابر ترکیبهای شیمیایی باشد.

کار با نمونه های میکروبیولوژیک

- هنگام استفاده از لوپهای کشت باکتری، لوپ باید قطری معادل 2-3 میلی متر داشته و حلقه آن کاملا" بسته باشد تا پس از برداشتن نمونه و قبل از کشت دادن آن، قطرات ریزی از آن بر روی سطح نچکد.
- هنگام خشک کردن نمونه ها بر روی لام دقت کافی انجام شود تا حداقل میزان آیروسل ها تشکیل شود.

- نمونه ها یا محیط های کشت حاوی باکتری قبل از دور ریختن در ظرف حاوی محلول ساولن 10% برای مدت زمان مناسب ریخته شوند یا قبل از خروج از آزمایشگاه اتوکلاو گردند.
- پس از پایان کار با نمونه های میکروبی سطوح کار را با یک ماده ضد عفونی کننده مانند سفید کننده یا ساولن کاملا تمیز شوند.
- هرگاه احتمال ریختن قطراتی به روی سطح میز وجود داشته باشد، سطوح با لایه هایی از کاغذ جاذب پوشانده شود.
- تیپها و پیپت های آلوده به باکتری قبل از دور انداختن باید به طور کامل در یک ماده ضد عفونی کننده مانند ساولن 10% غوطه ور شده، سپس اتوکلاو شوند.

اجتناب از بلع یا آلوده شدن پوست و چشم با نمونه های میکروبی

- قطرات و ذرات با قطر بزرگتر از 5 میکرومتر ممکنست در حین کار با نمونه های میکروبی به اطراف پرتاب شوند. این قطرات به سرعت بر روی سطوح کار یا سطح بدن فرد می نشینند. بنابراین لازمست هنگام کار از روپوش و دستکش استفاده شود.
- دستکش ها باید روی مچ آستین روپوش قرار بگیرند نه زیر آن.
- هنگام کار از تماس دستها به دهان، چشم و صورت اجتناب نمایید.
- مواد غذایی و نوشیدنی به هیچ عنوان نباید در فضای آزمایشگاه مصرف شوند.
- فضای آزمایشگاه جای مناسبی برای نگهداری ظروف غذاخوری و مواد غذایی نمی باشد.
- کارکنان باید از استفاده از هر گونه مواد آرایشی خودداری نمایند.
- چنانچه احتمال پرتاب ذرات به اطراف وجود داشته باشد،حتما از عینک و ماسک صورت استفاده کنید.

جلوگیری از تزریق شدن مواد آلوده به بدن

- ممکنست به طور اتفاقی مقداری از نمونه میکروبی از طریق زخمهای پوستی یا بریده شدن پوست با اجسام برنده و وسایل شیشه ای وارد بدن شوند. بنابراین بهتر است ابزار شیشه ای به تدریج با ابزار مشابه پلاستیکی جایگزین گردند.
- سوزن ها، سرنگها، تیغ، پیپت پاستور و ظروف شیشه ای شکسته شده می توانند سبب انتقال آلودگی گردند، بنابراین هنگام کار با آنها باید حوصله و دقت کافی به خرج داد.
- بهتر است تا حد امکان مصرف سوزنها و سرنگ را کاهش داد و تنها در مواقع ضروری از آنها استفاده نمود.
- تمام اجسام تیز و برنده باید در محفظه های مخصوصی که برای آنها طراحی شده دور ریخته شوند. این محفظه ها بسیار مقاوم هستند و به راحتی شکسته نمی شوند.

باز کردن آمپولهای حاوی نمونه های لیوفلیزه

هنگام باز کردن آمپولهای حاوی نمونه باید دقت کافی به خرج داد زیرا فضای داخلی آمپولها دارای فشار پایین تری است و ورود ناگهانی هوا می تواند سبب پخش شدن نمونه ها به فضای اطراف شود.

- آمپولها داخل هودهای بیولوژیک باز شوند.
- سطح خارجی آنها را باید ضد عفونی کرد.
- آمپول را باید در وسط یک دستمال آغشته به الکل 70% قرار داد تا دستها محافظت شوند.
- درب ظرف را به آرامی شکسته و با یک حلال یا محیط کشت مناسب آنرا به آرامی حل کنید.
- هیچگاه آمپول حاوی نمونه میکروبی را نباید در نیتروژن مایع قرار داد زیرا در صورت وجود کوچکترین نشت یا درست بسته نبودن درب، به هنگام خروج از نیتروژن منفجر می گردد. بنابراین چنانچه لازمست آمپول حاوی نمونه میکروبی در دماهای خیلی پایین نگهداری شود می توان از فریزرهای 80- درجه سانتیگراد یا یخ خشک استفاده نمود.

فصل پنجم

مقررات ایمنی کار با مایعات بدن، بافتها و مدفوع

مایعات بدن شامل خون، سرم، سایر مایعات، انواع بافتها، مدفوع و ادرار افراد می توانند منبعی برای انواع عفونتهای شناخته شده و ناشناخته باشند.

- تمام عملیاتی که بر روی این نمونه انجام می گیرد باید با پوشش مناسب به خصوص دستکش، عینک و گاه ماسک صورت همراه باشد.
- بهتر است علاوه بر روپوش از پیش بند نیز استفاده گردد.
- لوله های حاوی نمونه باید در محفظه های دیگری که عایق هستند، قرار گیرند.
- مشخصات نمونه و علائم هشدار دهنده باید بر روی محفظه نصب شود.
- بهتر است باز کردن و کار با این نمونه ها زیر هودهای بیولوژیک و تنها توسط افراد مجرب انجام گیرد.
- باید توجه کرد که تثبیت (فیکساسیون) و رنگامیزی نمونه های خون، خلط و مدفوع باعث کشته شدن تمام ارگانسیمها و ویروسهای آنها نمی شود. بنابراین هنگام استفاده، نگهداری و جا به جا نمودن آنها رعایت اقدامات ایمنی لازم است..
- بهتر است کار با این نمونه ها همیشه در قسمت مشخصی از فضای یک آزمایشگاه یا زیر هود معینی انجام شود.
- قبل از شروع کار، سطح کار با لایه ای از پلاستیک و سپس لایه ای از کاغذ جاذب پوشانده شود.
- در صورت آلوده شدن سطح کار با نمونه ها، باید از محلول هیپوکلریت و یا سایر مواد ضد عفونی کننده قوی برای ضد عفونی کردن استفاده نمود. محلول هیپوکلریت (حاوی 5 گرم کلرین در هر لیتر آب) تازه تهیه شده برای نمونه های خونی بسیار مناسب است.
- نمونه های آلوده و ظروف آلوده باید اتوکلاو شوند.
- افراد در ارتباط با این نمونه ها باید واکسینه شده و پیش از شروع کار آموزشهای لازم را دیده باشند.

فصل ششم

مقررات ایمنی کار با نمونه های حاوی پریون

پریون ها یا ویروسهای آهسته عامل بیماریهایی مانند کرتسفلد- ژاکوب، انواع آنسفالوپاتی اسفنجی فرم، جنون گاوی، بیماری کورو در انسان و اسکراپی در گوسفند و بز و... می باشند. با اینکه تا کنون موارد ابتلای آزمایشگاهی به این بیماریها گزارش نشده است اما لازمست هنگام کار با چنین عوامل خطرناکی اقدامات پیشگیرانه و ایمنی انجام شود.

بیشترین میزان پریونها در بافتهای عصبی دیده می شود. مطالعات حیوانات بیمار نشان می دهد که بافتهای طحال، تیموس، گره های لنفاوی و ششها نیز مقادیر قابل توجهی از این عامل پاتوژن را دارا هستند. به تازگی مشخص شده که ماهیچه های اسکلتی نیز احتمالا دارای این عوامل هستند.

غیرفعال سازی کامل این عوامل بسیار مشکل بوده و بهتر است وسایل کار با این عوامل یک بار مصرف بوده حتی سطوح کار با پوشش های یکبار مصرف پوشانده شوند.

- از آنجا که پریونها توسط روشهای معمول استریل کردن و ضد عفونی نمودن کشته نمی شوند، هنگام کار باید بسیار با دقت عمل نمود تا سطح پوست به هیچ عنوان با نمونه ها آلوده نشود.
- وسایل کار با این نمونه ها اختصاصی بوده و به هیچ وجه جهت کار با سایر نمونه ها یا توسط سایر پرسنل مورد استفاده قرار نگیرند.
- بهتر است بر روی روپوش آزمایشگاهی، از پوششهای یکبار مصرف (روپوش یا پیش بند) استفاده نمود. پوشیدن دستکش نیز ضروری است.
- وسایل کار باید تا حد امکان پلاستیکی و یکبار مصرف باشند.
- تمام مراحل کار باید زیر هودهای بیولوژیک انجام شود.
- مراحل کار باید با آرامش کامل انجام گیرد تا حداقل میزان آیروسلها تولید شده و خطر بریده شدن پوست یا پرتاب شدن ذرات آلوده به سمت کارکنان کاهش یابد.
- بافتهای فیکس شده با فرمالین همچنان آلوده هستند و باید با حفظ اصول ایمنی نگهداری شوند.
- پریونهای موجود در نمونه های بافتی پس از 1 ساعت انکوباسیون در اسید فرمیک 96% تا حدی غیر فعال می شوند.

- زباله های آلوده به پریونها و دستکشها و روپوش ها باید در دمای 134-134 درجه سانتیگراد به مدت 18 دقیقه اتوکلاو شده و سپس سوزانده شوند.
- مایعات آلوده به پریون باید به مدت 1 ساعت در هیپوکلریت سدیم 2% ضد عفونی گردند.
- بخار پارافرمالدهید و اشعه UV نمی توانند پریونها را غیر فعال کنند با اینحال هودهای بیولوژیک را با این روشها از وجود سایر عوامل پاتوژن پاک نموده، سپس پریونها را با هیپوکلریت سدیم 2% ضد عفونی نمایید.
- فیلترهای هپا آلوده به پریونها باید در حداقل دمای 1000 درجه سانتیگراد سوزانده شود.
- وسایل آزمایشگاهی آلوده شده که قابل دور انداختن نیستند باید به دقت به مدت 1 ساعت در هیپوکلریت سدیم 2% غوطه ور شده، سپس با آب فراوان شسته شده و اتوکلاو گردد.
- لوازمی که قابل اتوکلاو نیستند باید در چند نوبت با هیپوکلریت سدیم 2% و هر بار به مدت 1 ساعت ضد عفونی شوند و در آخر با آب شسته شوند.

فصل هفتم

مقررات ایمنی کار با DNA نوترکیب

تکنولوژی DNA نوترکیب شامل تلفیق ماده ژنتیکی از منابع مختلف و ایجاد یک ارگانیسم تغییر یافته ژنتیکی (GMO) است که تا کنون در طبیعت وجود نداشته است. همواره نگرانی هایی در مورد خصوصیات نامطلوب و غیر قابل پیش بینی چنین ارگانیسم هایی به خصوص در صورت آزاد شدن ناگهانی آنها در طبیعت وجود دارد. از تکنولوژی DNA نوترکیب برای کلون نمودن ژنها درون میزبانهای بیان پروتئین، مهندسی متابولیک، تولید گیاهان و جانوران ترانسژنیک و جانداران Knock-out استفاده می شود. ماهیت ارگانیسم دستورزی شونده، ماهیت قطعه ژنی منتقل شده، خصوصیات و شرایط نگهداری و کار با ارگانیسم جدید بسیار مهم می باشد. دستورزی ژنتیکی ممکنست خصوصیات جدید و ناشناخته ای را به ارگانیسم میزبان بدهد. بنابراین رعایت اصول ایمنی در تمام مراحل دستورزی ژنتیکی ضروری است تا اثرات منفی این مطالعات به حداقل برسد.

• کار با سیستم های بیانی جهت تولید پروتئین نوترکیب

سیستم های بیانی شامل یک ارگانیسم میزبان و یک وکتور یا ناقل است. ژنهای مورد نظر در ناقل کلون شده و وارد میزبان می شود. *E. coli* یکی از معمول ترین باکتریهایی است که به عنوان میزبان بیانی استفاده می شود. این باکتری غیر پاتوژن بوده و نمی تواند برای انسانها و حیوانات سالم بیماریزا باشد. بعد از انجام دستورزی های مهندسی ژنتیک، لازمست اصول ایمنی رعایت شود.

- چنانچه ژن ورودی از یک باکتری یا ارگانیسم دیگر پاتوژن، جداسازی شده باشد، ممکنست باعث افزایش حالت تهاجمی و بیماریزایی در باکتری میزبان شود.
- چنانچه اطلاعات دقیق و درستی از قطعه DNA ورودی وجود نداشته باشد باید در نهایت دقت و احتیاط با آن کار کرد. به عنوان مثال زمانیکه کتابخانه ژنتیکی از ژنوم یک ارگانیسم پاتوژن ساخته می شود.
- چنانچه محصول ژن ورودی سمی است و یا اثرات دارویی و درمانی دارد باید احتیاطهای بیشتری در نظر گرفته شود.

- **کار با وکتورهای ویروسی جهت انتقال ژن**

وکتورهای ویروسی مانند آدنوویروس ها، لنتی ویروس ها و... برای انتقال ژن به سلول ها بسیار به کار گرفته می شوند. چنین ویروسهایی فاقد برخی ژنهای دخیل در تکثیر و همانندسازی می باشند و در سلولهایی که این نقص را جبران می کنند، قابل تکثیر هستند. چنین ویروس هایی ممکنست در اثر نوترکیبی با سایر ویروس ها یا سلولهای میزبان توانایی از دست رفته خود را بازیابند. بنابراین لازمست همواره تمام اصول ایمنی کار با ویروسهای کامل رعایت شود.

- **جانوران ترانسژن و Knock-out**

جانورانی که حاوی یک ژن خارجی هستند (ترانسژن) باید کاملا محافظت شوند. با توجه به نوع ژن ورودی و محصول آن اقدامات ایمنی متفاوت خواهد بود. حیواناتی که یک ژن در آنها حذف شده است (Knock-out) از نظر ایمنی، خطرناک محسوب نمی شوند.

به عنوان مثال جانوران ترانسژنی تولید شده اند که رسپتور ویروسهایی را که به طور طبیعی قادر به آلوده سازی آن گونه نبودند، بیان می کنند. چنانچه چنین جانورانی از آزمایشگاه فرار کنند و ژن خارجی خود را به حیوانات وحشی منتقل کنند، ممکنست جمعیت جدیدی از حیوانات وحشی میزبان آن ویروس به وجود بیایند.

مثال دیگر از جانوران ترانسژن تولید موشهایی است که رسپتور ویروس پولیو انسانی را بیان می کنند. این موشها برای انجام مطالعات بافت شناسی و پاتولوژیک بیماری فلج اطفال انسانی تولید شدند. اما موشهای مدل برخلاف انسان در اثر ورود ویروس از راه دهان به این بیماری مبتلا نمی شوند. به نظر نمی رسد فرار چنین موشهایی از آزمایشگاه سبب ایجاد مخزن جدیدی از ویروس پولیو شود.

بنابراین با توجه به مثالهای فوق باید ذکر کرد که تصمیم گیری در مورد هر رده از جانوران ترانسژن تازه تولید شده نیازمند مطالعات مستقل جهت ارزیابی خطرات احتمالی آنست. راههای ایجاد عفونت در حیوان ترانسژن، میزانی از

عامل پاتوژن که برای آلوده سازی حیوان لازمست و میزانی از ویروس که توسط حیوان ترانسژن ممکنست به محیط و سایر حیوانات منتقل شود، باید مورد بررسی دقیق و اختصاصی قرار بگیرد.

- **گیاهان ترانسژن**

گیاهان ترانسژنی که ژن مقاومت به علف کش یا مقاومت به حشرات را بیان می کنند، نگرانی های بسیاری را به دنبال آورده اند. میزان ایمنی غذاهای تهیه شده از این گیاهان، تبعات اکولوژیک این گیاهان در دراز مدت، خطر انتقال این ژنها به حشرات و سایر گونه های گیاهی از طریق پراکنده شدن دانه های گرده و ... از جمله مباحث نگران کننده تولید این گیاهان است.

همچنین گیاهان ترانسژنی تولید شده اند که ژنهایی با منشا انسانی یا حیوانی را بیان کرده و محصول آنها درصنایع غذایی و پزشکی دارای اهمیت فراوانی است. ریسک تولید و تکثیر چنین گیاهانی با توجه به نوع ژن انتقال یافته باید به صورت جداگانه برای هر گیاه مورد سنجش قرار بگیرد.

سنجش خطر ارگانیسم های تغییر یافته ژنتیکی

ریسک هر ارگانیسم GMO بستگی به خصوصیات ارگانیسم دهنده ژن و ارگانیسم میزبان دارد. در زیر مثالهایی ذکر شده است:

1- خطراتی که مستقیما از ژن ورودی (ارگانیسم دهنده) ایجاد می شود.

گاه ژن ورودی محصولی تولید می کند که از نظر بیولوژیک یا دارویی فعال است و ممکنست سبب آسیب شود. به عنوان مثال می توان به ژن مولد:

- سموم
- سیتوکین ها

- هورمون ها
- تنظیم کننده های بیان ژن
- فاکتورهای ویرولانس و تهاجم
- انکوژن ها
- ژن های مقاومت به آنتی بیوتیک
- آلرژن ها

باید توجه کرد که میزان بیان ژن ورودی در فعالیت بیولوژیک یا دارویی آن دخیل است.

2- خطراتی که از ارگانیسم گیرنده (میزبان) ایجاد می شود.

- میزان آسیب پذیری میزبان
- میزان بیماریزایی گونه میزبان شامل ویرولانس، عفونت زایی و تولید سموم
- میزان تغییر ایجاد شده در میزبان
- وضعیت سیستم ایمنی میزبان
- تبعات مواجهه با GMO ایجاد شده

3- خطراتی که از تغییر صفات بیماریزایی میزبان حاصل می شود.

گاهی محصول یک ژن به تنهایی آسیب رسان نیست ولی اثرات منفی آن زمانی ایجاد می شود که خصوصیات بیماریزایی میزبان را تغییر می دهند. به عبارت دیگر ممکنست ورود یک ژن طبیعی سبب افزایش بیماریزایی میزبان گردد. برای سنجش چنین خطراتی باید به نکات زیر توجه نمود:

- آیا تغییری در عفونت زایی و ایجاد بیماری توسط میزبان به وجود آمده است؟
- آیا ممکنست ورود ژن جدید سبب بازگشت یک موتاسیون ناتوان کننده (جهش معکوس) شده باشد؟
- آیا ژن ورودی کدکننده یک فاکتور بیماریزایی در ارگانیسم دهنده بوده است؟

- اگر ژن ورودی مسوول بیماریزایی در ارگانیسم دهنده بوده، آیا همچنان می تواند در میزبان سبب بیماریزایی شود؟
- آیا ابتلا به این عفونت، درمانی هم دارد؟
- آیا حساسیت ارگانیسم میزبان نسبت به آنتی بیوتیک ها تغییر کرده است؟
- آیا راهی برای نابودی و ریشه کنی ارگانیسم تغییر یافته وجود دارد؟

فصل هشتم

اقدامات فوریتی

در تمام آزمایشگاههایی که با نمونه های زیستی اعم از میکروارگانیسم های بیماریزا، حیوانات آزمایشگاهی یا نمونه های بافتی و مایعات بدن انسان و حیوانات و... انجام می شود، ممکنست مواردی از انتقال آلودگی به کارکنان به وجود بیاید. درچنین مواقعی لازمست اقدامات کمک رسان به صورت صحیح و به موقع انجام بگیرد تا تبعات مواجهه با عوامل پاتوژن به حداقل برسد.

- **زخمهای باز، بریده شدن پوست و خراشهای سطحی**

ابتدا لباس یا پوشش ناحیه آسیب دیده خارج شده سپس سطح زخم را با محلول ضد عفونی کننده مناسب شستشو دهید. فرد آسیب دیده را باید به سرعت به مراکز درمانی انتقال داده و اطلاعات کامل نحوه بروز آسیب و نوع عامل پاتوژن موجود در نمونه به پزشک گزارش شود.

- **بلع مواد آلوده به پاتوژن**

روپوش و سایر پوشش های ایمنی از بدن فرد آسیب دیده خارج گردد. نوع ماده بلعیده شده و تبعات آلودگی با عامل پاتوژن موجود در آن ضمن انتقال بیمار به مراکز درمانی، گزارش داده شود.

- **آزاد شدن آیروسلها از مایعات آلوده**

تمام پرسنل باید سریعا فضای آلوده شده را ترک نموده و افرادی که در معرض آلودگی بوده اند به مراکز درمانی مراجعه کنند. هیچکس تا یک ساعت پس از آزاد شدن آیروسلهای آلوده حق ورود به اتاق را ندارد تا ذرات بسیار ریز در فضا پراکنده شده و تراکمشان کاهش یافته و ذرات بزرگتر و سنگین تر بر روی سطوح رسوب نمایند. اگر اتاق آلوده شده فاقد سیستم تهویه مرکزی است ورود به اتاق باید با تاخیر بسیار طولانی تر

(24 ساعت) انجام گیرد. در این حال لازمست علائم هشدار دهنده بر روی درب اتاق نصب شود. پس از اتمام این زمان عملیات ضد عفونی کردن با پوشش مناسب و با استفاده از ماسکهای تنفسی صورت گیرد.

- **شکسته شدن ظروف و پخش شدن نمونه های آلوده**

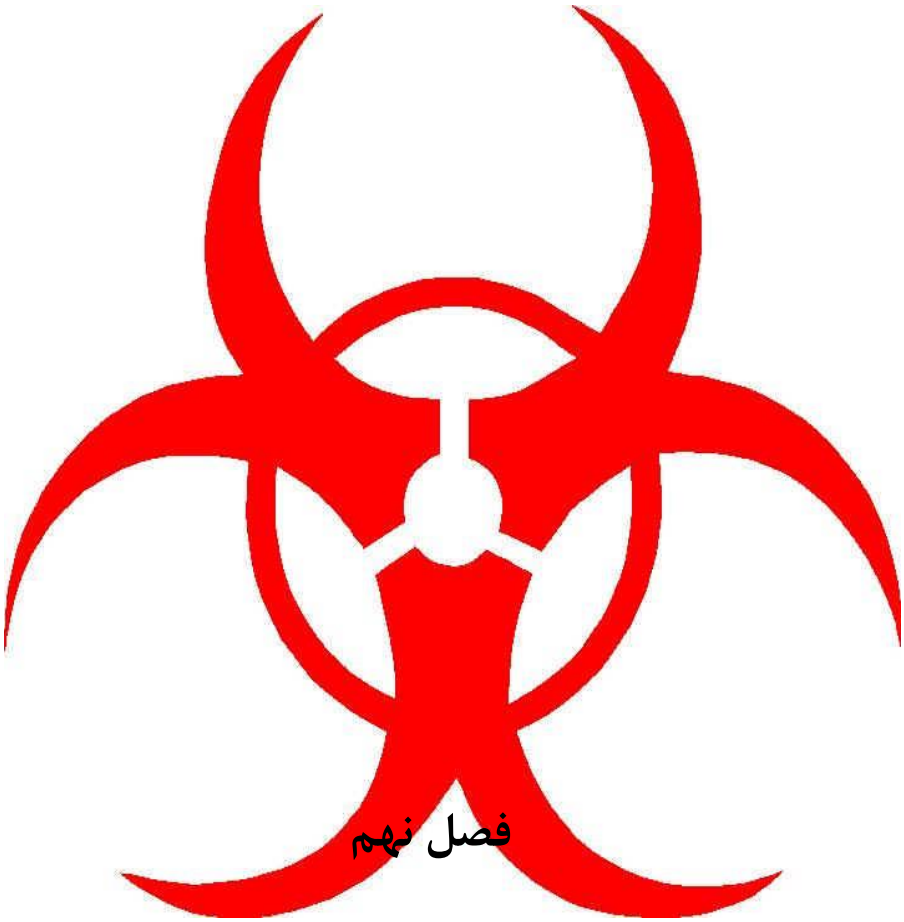
در صورت شکسته شدن ظرف حاوی مواد آلوده یا پاتوژن و پخش شدن آن بر روی سطوح باید بلافاصله سطح مایعات آلوده را با پارچه یا حوله های کاغذی پوشاند. مواد ضد عفونی کننده باید بر روی این لایه ها ریخته شوند و برای مدت زمان کافی باقی بمانند. پس از گذشت زمان کافی می توان قطعات ظروف شکسته و لایه های جاذب را جمع آوری نمود. سطح آلوده را باید مجددا با مواد ضدعفونی کننده شستشو داد. وسایلی که حین فرآیند پاکسازی آلوده شده اند باید ابتدا توسط مواد مربوطه ضدعفونی شده و در آخر اتوکلاو شوند. در تمام مراحل پوشیدن دستکش ضروری است.

- **شکسته شدن لوله های حاوی نمونه های آلوده هنگام سانتریفوژ نمودن**

چنانچه حین حرکت سانتریفوژ یکی از لوله ها شکسته یا حتی احتمال می رود چنین اتفاقی افتاده باشد، باید بلافاصله دستگاه را خاموش نمود و درب آنرا حداقل به مدت نیم ساعت بسته نگه داشت تا ذرات معلق رسوب نمایند. چنانچه بعد از باز نمودن درب مشخص شد یکی از لوله ها واقعا" شکسته شده باید درب سانتریفوژ را برای مدت نیم ساعت دیگر بسته نگه داشت.

برای عملیات پاکسازی بهتر است از دستکش های ضخیم لاستیکی که بر روی آنها دستکش های یکبار مصرف پوشیده شده است، استفاده شود. به کمک پنس و پنبه قطعات لوله شکسته شده و مایعات ریخته درون سانتریفوژ را جمع آوری گردد. قطعات لوله های شکسته شده، روتور و درب آن و سایر اجزا متحرک دستگاه در مایع ضد عفونی کننده قرار داده شود. سایر لوله های سالم نیز به طور جداگانه (در ظرف دیگری) در همان

ماده ضد عفونی کننده قرار داده می شوند. سطح داخلی دستگاه باید با دستمال آغشته به ماده ضد عفونی کننده با غلظت مناسب شسته شود. سپس با آب پاک شده و در آخر خشک شود.



فصل نهم

ضد عفونی کردن و استریلیزاسیون

در هر آزمایشگاهی لازمست اصول اولیه ضدعفونی کردن و استریل سازی رعایت شود. با توجه به نوع آزمایش و ماهیت عامل عفونت زا، راه رفع آلودگی متفاوت است.

تعاریف:

Antimicrobial: عاملی که بتواند میکروارگانیسم ها را بکشد یا رشد و تکثیرشان را محدود نماید.

Antiseptic: ماده ای که می تواند جلوی رشد و تکثیر میکروارگانیسم ها را بگیرد اما لزوما آنها را نمی کشد. این مواد برای ضدعفونی کردن سطح بدن استفاده می شوند.

Biocide: یک واژه عمومی است و برای هر ترکیبی که می تواند ارگانیسمی را از بین ببرد، به کار می رود.

Chemical germicide: یک ماده شیمیایی یا ترکیبی از مواد شیمیایی که می توانند میکروارگانیسم ها را از بین ببرند.

Decontamination: هر فرآیندی که سبب حذف یا از بین رفتن میکروارگانیسم ها می شود. از همین واژه برای فرآیندهایی که سبب حذف یا خنثی سازی مواد شیمیایی خطرناک یا رادیواکتیو می شوند نیز استفاده می شود.

Disinfectant: یک ماده شیمیایی یا ترکیبی از مواد شیمیایی که می توانند میکروارگانیسم ها را از بین ببرند ولی لزوما تاثیری بر اسپورهای آنها نمی گذارد.

Disinfection: یک روش فیزیکی یا شیمیایی که سبب کشته شدن ارگانیزم ها می شود ولی اثری بر روی اسپورها ندارد.

Microbicide: یک ماده شیمیایی یا ترکیبی از مواد شیمیایی که سبب کشته شدن میکروارگانیسم ها می شود. این لغت معادل Biocide، Chemical germicide و Antimicrobial است.

Sporocide: یک ماده شیمیایی یا ترکیبی از مواد شیمیایی که سبب کشته شدن میکروارگانیسم ها و اسپورهایشان می شود.

Sterilization: فرآیندی که طی آن تمام انواع میکروارگانیسم ها و اسپورهایشان از بین رفته و حذف می شوند.

راه های استریل سازی

برای جلوگیری از انتقال آلودگی های آزمایشگاهی لازمست تعداد میکروارگانیسم ها در فضای آزمایشگاه کاهش داده شود. سه مکانیزم عمومی برای کاهش تعداد میکروارگانیسم ها وجود دارد: حرارت، مواد شیمیایی و پرتودهی. از حرارت برای استریل سازی و تخریب تمام میکروارگانیسم ها و اسپورهایشان استفاده می شود. مواد شیمیایی و پرتودهی تنها عوامل و میکروارگانیسم های زنده را از بین برده و اثری روی اسپورها ندارند.

1- حرارت

حرارت یک عامل فیزیکی است که می توان از آن برای از بین بردن عوامل پاتوژن استفاده کرد. حرارت می تواند به دو صورت خشک و مرطوب باعث رفع آلودگی شود.

- **حرارت مرطوب (بخار):** حرارت مرطوب اثر قوی تری برای حذف آلودگی نسبت به حرارت خشک دارد و در اتوکلاوها از آن استفاده می شود.

اتوکلاو

در اتوکلاو بخار فراوان و فشار زیاد همزمان وجود دارند و می توانند به طور مناسبی سبب استریل شدن مواد و وسایل شوند. به طور کلی اتوکلاوهای آزمایشگاهی در دمای 121 درجه سانتیگراد (250 درجه فارنهایت) و فشار 15 psi عمل می کنند. زمان این نوع استریلیزاسیون با توجه به نوع ماده، مقدار و خصوصیات فیزیکی آن تعیین می شود. فشار زیاد و بخار شدید می تواند بسیار خطرناک باشد بنابراین باید در استفاده از این روش دقت کافی به خرج داد.

- **حرارت خشک**

این نوع حرارت اثرات خورنده نداشته و از آن برای استریل سازی سطوح سخت و لوازم آزمایشگاهی شیشه ای استفاده می شود. استریل سازی در دمای 160-170 درجه سانتیگراد و به مدت 2 الی 4 ساعت رخ می دهد. اما از آنجا که در هر بار استریل نمودن مقدار و نوع وسایل یا مواد آلوده متفاوت است، زمان حرارت دادن نیز تغییر

خواهد کرد. از اسپورهای باسیلوس استئاروترموفیلوس برای کنترل مناسب بودن زمان و دمای استریل سازی می توان استفاده کرد.

- **سوزاندن**

سوزاندن نوعی حرارت خشک است و روش مناسبی برای دفع زباله های بیولوژیک مانند لاشه حیوانات، نمونه های بافتی و ... می باشد. در این روش نه تنها زباله های بیولوژیک از بین می روند بلکه حجم آنها به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. گاه عوامل عفونی موجود در چنین نمونه هایی به طور کامل از بین نمی روند و خاکستر حاصل ممکنست همچنان آلوده باشد. کوره های مخصوص چنین عملیاتی بین 800- 1000 درجه حرارت دارند

- **جوشاندن:**

جوشاندن نیز یک راه کاهش تعداد میکروارگانیسم هاست ولی الزاما" تمام میکروارگانیسم ها و یا پاتوژن ها را نمی کشد. در عدم حضور وسایل دیگر (مانند مواد شیمیایی مناسب یا اتوکلاو) می توان از این روش استفاده نمود.

2- پرتودهی

اشعه ماورا بنفش (UV) می تواند جهت غیر فعال نمودن میکروارگانیسم های هوا و سطوح (مانند هودهای زیستی) مورد استفاده قرار گیرد. طول موج مورد استفاده برای چنین مصارفی 310-210 نانومتر می باشد. اگرچه این پرتو علیه بسیاری از میکروبها موثر است، اما دارای محدودیت هایی نیز می باشد. نفوذ پذیری این اشعه محدود بوده و تنها علیه میکروبهای موجود در سطوح باز و هوا اثر می کند. اشعه UV نمی تواند عوامل موجود در خاک و غبار غلیظ را غیرفعال کند. میزان تاثیر اشعه به فاصله از منبع آن بستگی دارد. هر چه از منبع اشعه دورتر شویم، با توجه به کاهش شدت اثر آن لازمست زمان پرتودهی افزایش یابد. همچنین گرد و غبار روی

لامپ UV به شدت بر روی کارایی پرتو آن موثر است. لامپهای UV را باید به طور مرتب با دستمال نرم گردگیری کرد.

3- مواد شیمیایی

تعداد زیادی از مواد شیمیایی وجود دارند که می توان از آنها برای رفع آلودگی میکروبی استفاده نمود. این مواد می توانند به صورت مایع و یا گاز (بخار) مورد استفاده قرار گیرند. فعالیت بسیاری از این مواد در دماهای بالاتر، بهتر و سریعتر انجام می گیرد. اگرچه افزایش دما سبب تبخیر سریعتر و تجزیه شدن آنها نیز می گردد. بسیاری از مواد کشنده میکروارگانیسم ها بر انسان و محیط زیست اثرات منفی می گذارند. بنابراین انتخاب، ذخیره سازی، نحوه کار با آنها، دور ریختن مقادیر اضافی باید با دقت و طبق دستورالعمل درج شده بر روی ظروف آنها باشد. هنگام کار پرسنل باید مجهز به پوشش ایمنی، دستکش، پیش بند و عینک ایمنی باشند. در زیر به تعدادی از معمول ترین مواد شیمیایی ضد عفونی کننده اشاره شده است. لطفا به رقتهای اشاره شده برای هر ترکیب دقت نمایید.

- ***Chlorin (Sodium hypochlorite):***

کلرین یک اکسید کننده بسیار سریع است که به وفور برای عملیات ضد عفونی کردن استفاده می شود. مایع سفید کننده خانگی یک کلرین یا به طور دقیق تر فرم محلول سدیم هیپوکلریت می باشد. این مایع را می توان با آب رقیق کرده و با غلظت های متفاوت برای ضد عفونی کردن استفاده نمود.

کلرین و به خصوص سفید کننده خانگی بسیار قلیایی است و برای فلزات اثر خورندگی دارد. فعالیت این ماده در حضور مواد آلی مانند پروتئین ها محدود می شود. ذخیره سازی طولانی مدت یا در دمای بالای این مواد سبب می شود بخشی از کلرین موجود در آنها به صورت گاز متصاعد شده و اثرات ضدمیکروبی ماده را کاهش دهد.

برای کارهای معمول آزمایشگاهی و استفاده روزمره از این ماده می توان غلظت 0.1% کلرین را تهیه نمود. چنانچه حجم زیادی از ماده آلاینده بر روی سطوح پخش شده باشد یا نمونه آلوده دارای پروتئین زیادی باشد،

بهتر است غلظت 0.5% کلرین تهیه شود. مایع سفید کننده خانگی دارای کلرین 5% است بنابراین کافیست این مایع را 1:50 یا 1:10 رقیق نموده تابه غلظت مطلوب 0.1% و 0.5% برسیم.

استفاده از مایع سفید کننده به عنوان یک عامل ضد میکروبی در آزمایشگاه توصیه نمی شود بلکه می توان از آن به عنوان یک ضدعفونی کننده عمومی برای نظافت آزمایشگاه و دستگاهها یا وسایل فاقد قطعات فلزی استفاده نمود. کلرین همچنین برای رفع آلودگی آبهای آشامیدنی در غلظت های بسیار کمتر (1 میلی گرم/لیتر) در مواقع ضروری به کار می رود. توجه داشته باشید که گاز کلرین بسیار سمی است، به همین دلیل بایستی مایع سفید کننده را در فضاهایی با تهویه مناسب قرار داد. هیچگاه نباید مایع سفید کننده را با اسیدها مخلوط نمود.

- ***Formaldehyde*:**

فرمالدهید (HCHO) گازی است که تمام میکروارگانیسم ها و اسپورهایشان را در دماهای بالاتر از 20 درجه می کشد. اما نمی تواند سبب از بین رفتن پریون ها شود. فرمالدهید کند عمل می کند و نیاز به رطوبت حدود 70% دارد. این ماده به فرم جامد و گاه به صورت قرص به فروش می رسد. محلول گاز در مایع آن (37%) نیز موجود است. برای استفاده از این ماده آنرا حرارت می دهند تا گاز آن متصاعد شود. فرمالدهید برای ضد عفونی کردن فضاها با حجم های محدود مانند هودهای بیولوژیک آلوده و یا اتاق ها به کار می رود. برای فرمالدهید اثرات کارسینوژنی نیزگزارش شده است. این ماده بسیار خطرناک بوده و تحریک کننده است. استشمام گازهای آن سبب التهاب شدید مخاطهای تنفسی و چشمها می گردد.

- ***Glutaraldehyde*:**

گلوتارآلدهید (OHC(CH2)3CHO) مانند فرمالدهیدمی تواند سبب از بین رفتن عوامل پاتوژن فعال مانند باکتری ها و حتی اسپورهایشان، قارچ ها و ویروسهای لیپیدی و غیر لیپیدی شود. این ماده خورنده نیست و سریعتر از فرمالدهید اثر می کند. اما برای از بین بردن اسپورها چند ساعت زمان لازم است. گلوتارآلدهید معمولا به صورت محلول 2% موجود است و برخی از آنها را باید قبل از مصرف با افزودن یک قلیا مانند بیکربنات فعال نمود. محلول فعال را برای مدت 1-4 هفته می توان استفاده کرد. در صورت کدر شدن باید کل

محلول را دور ریخت. گلوتارآلدهید سمی است و باعث التهاب پوست و غشاهای موکوسی می شود، بنابراین باید از تماس مستقیم با آن پرهیز نمود.

- ***Alcohols:***

اتانول (C2H5OH) و 2-پروپانول ((CH3)2CHOH) اثرات ضد میکروبی مشابهی دارند. الکل ها را می توان علیه باکتری ها، قارچ ها و ویروسهای لیپیدی استفاده کرد اما اثری بر اسپورها ندارد. اثر الکل ها بر ویروسهای غیر لیپیدی متغیر است. بیشترین اثر مهاری این مواد در غلظت 70% در آب دیده می شود و غلظت های بالاتر و پایین تر آنها اثر کشندگی بر میکروبها ندارد. مهمترین فایده الکل ها آنست که محلولهای آبی آنها باقیمانده یا رسوبی بر روی سطوح باقی نمی گذارد. ترکیب سایر مواد ضد عفونی کننده با الکل بسیار کاراتر خواهد بود. به عنوان مثال با افزودن فرمالدهید 10% به الکل 70% و یا الکل حاوی کلرین 0.2% پاک کننده هایی بسیار کارا تولید می شود.

از محلول 70% اتانول می توان برای تمیز کردن سطح پوست، سطوح میز ازمایشگاهی، هودهای بیولوژیک همچنین وسایل کار استفاده نمود. باید توجه داشت که اتانول برای از بین بردن اسپورها و ویروسهای غیر لیپیدی اصلا مناسب نمی باشد. الکل ها سریع تبخیر می شوند و اشتعال پذیرند و نباید در کنار شعله مورد استفاده قرار بگیرند.

- ***Iodine and iodophors:***

عمل این مواد مشابه اثر کلرین هاست با این تفاوت که ترکیبات آلی اثر مهاری کمتری بر آنها می گذارند. از آنجا که ید سبب رنگ گرفتن پارچه ها و سطوح می شود استفاده از آن به عنوان یک ماده ضدعفونی کننده غیرمعمول و نامناسب است. این ماده سمی است و باید در 10-4 درجه سانتیگراد نگهداری شود تا باکتریهای مقاوم و خطرناک در آن رشد نکنند.

تمیز کردن وسایل آزمایشگاهی:

برای تمیز کردن وسایل و ابزار موجود در آزمایشگاه لازمست ابتدا گرد و خاک نشسته بر سطوح جمع آوری گردد. بنابراین در مرحله اول جارو کردن، دستمال کشیدن، شستشو با آب یا استفاده از دستمالهای مرطوب شده با آب و صابون یا هر شوینده دیگری می توانند غبار را از سطح دستگاهها و وسایل پاک کند. گرد و خاک و چرک جمع شده می تواند مانند لایه ای، از میکروارگانیسم ها در برابر مواد ضدعفونی کننده حفاظت نماید. پس از مرحله غبار روبی می توان از ماده ضدعفونی کننده مناسب مطابق دستورالعمل ذکر شده بر روی آن استفاده نمود.

ضدعفونی کردن محیط و فضای آزمایشگاه

ضدعفونی کردن فضای آزمایشگاه، میز ها و صندلی ها و تجهیزات نیاز به مخلوطی از مواد ضدعفونی کننده مایع و گازی شکل دارد.. سطوح را می توان با محلول هیپوکلریت سدیم (NaOCl) که حاوی 1 گرم کلرین در هر لیتر آب است، ضدعفونی کرد. ولی در شرایط پرخطر مانند زمانیکه یک ظرف حاوی محیط کشت آلوده شکسته و فضا را آلوده می سازد، بهتر است از محلول 5گرم/لیتر آن استفاده نمود. فضای اتاق و سایر تجهیزات را می توان با بخار فرمالدهید ضد عفونی نمود. برای تولید این بخار یا باید پارافرمالدهید را حرارت داده یا فرمالین را جوشاند. تولید گاز فرمالدهید بسیار خطرناک است و باید توسط افراد مجرب انجام شود. درب ها و پنجره ها را باید قبل از تولید بخار کاملا پوشاند. دمای 21 درجه سانتیگراد و رطوبت 70% برای ضدعفونی کردن با این بخار مناسب است. پس از اتمام زمان ضدعفونی کردن و قبل از ورود پرسنل، باید هوای اتاق به طور کامل تهویه شود. فردی که برای اولین بار وارد اتاق می شود تا راههای خروجی را باز نماید، باید از ماسکهای فیلتر دار مناسب استفاده کند. همچنین می توان از گاز بیکربنات امونیوم برای خنثی سازی فرمالدهید استفاده کرد.

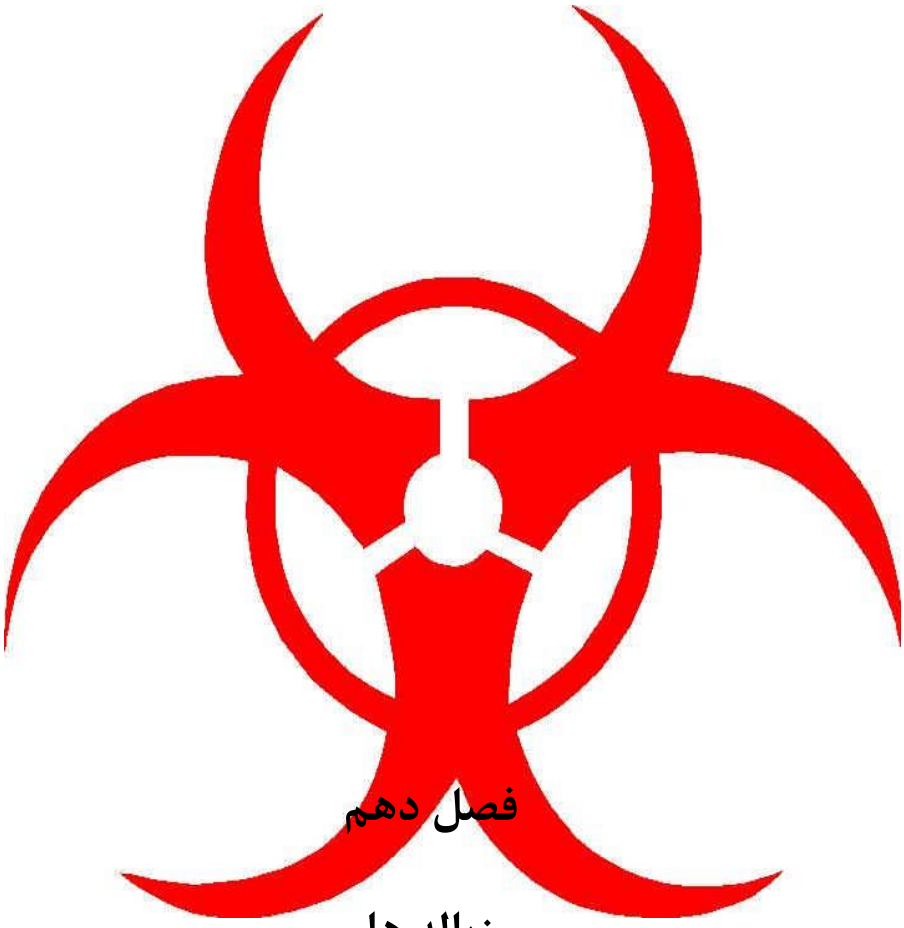
ضد عفونی کردن هودهای بیولوژیک

برای ضدعفونی کردن هودهای کلاس I و II بیولوژیک باید از بخار پارافرمالدهید استفاده نمود. میزان کافی از پارافرمالدهید (با غلظت نهایی 0.8% در هوا) را در یک ظرف فلزی زیر هود قرار داده و آنرا روی یک hot

plate قرار می دهند. بخار پارافرمالدهید برای مدت 6 ساعت باید زیر هود تولید شود و در تمام این مدت هود خاموش می باشد. سپس ظرف فلزی دیگری حاوی بیکربنات آمونیوم 10% را بر روی hot plate قرار داده تا بخار شود. پس از اتمام تبخیر شدن بیکربنات آمونیوم، هود را دو بار و هر بار برای مدت بسیار اندک 2 ثانیه روشن نمایید تا بخار بیکربنات وارد فیلتر هود شود. سپس هود را برای مدت 30 دقیقه خاموش نگهدارید تا فرمالدهید را غیر فعال نماید. در آخر سطح هود را از باقیمانده مواد شیمیایی پاک کنید.

ضد عفونی کردن دستها:

لازمست هنگام کار با مواد آلوده حتما از دستکش مناسب استفاده شود. پوشیدن دستکش به معنی تمیز ماندن دائمی دستها نیست و لازمست به طور مرتب دستها شسته شوند. بعد از اتمام کار و قبل از ترک آزمایشگاه شستن دستها الزامی است. در اکثر مواقع شستشوی دستها با آب و صابون معمولی کافیست ولی در شرایط خطرناک لازمست از صابونهای آنتی میکروبیال استفاده شود. دستها را باید با مقادیر کافی از صابون حداقل برای مدت 10 ثانیه شستشو داد، سپس با آب تمیز و کافی شست و در آخر با دستمالهای یک بار مصرف خشک نمود. بهتر است شیرهای آب طوری باشند که با آرنج یا پا کنترل شوند تا دستهای شسته شده در اثر تماس با شیرهای آب مجددا آلوده نشوند. در صورت نبود شوینده مناسب می توان از الکل برای تمیز کردن دستها استفاده نمود.



فصل دهم

زباله ها

زباله (Waste) به هر چیزی گفته می شود که باید دور ریخته شود. ضدعفونی کردن زباله ها قبل از خارج کردن آنها از فضای آزمایشگاه بسیار اهمیت دارد. بسیاری از وسایل شیشه ای، ابزارها و پوشش های آزمایشگاهی مرتبا" استفاده می شوند و دور ریختنی نیستند. مواد دور ریختنی باید قبل از دفع به کمک اتوکلاو کردن یا تحریق ضدعفونی گردند.

قبل از تصمیم گیری در مورد مراحل آلوده زدایی باید زباله ها را تفکیک نمود:

1- زباله های غیرآلوده (فاقد قدرت عفونت زایی): این زباله ها را می توان مجددا استفاده کرد و در صورت عدم نیاز همراه با زباله های "خانگی" خارج نمود.
2- زباله های آلوده (عفونت زا) تیز و برنده: سوزن ها، تیغ های اسکالپل، چاقو و قطعات شکسته شده شیشه. این زباله ها باید در ظرفهای اختصاصی تهیه شده برای اجسام تیز و برنده جمع آوری شوند و قبل از دور ریختن با اتوکلاو ضدعفونی گردند.
3- مواد آلوده ای که اتوکلاو شده و دور ریخته می شوند.
4- مواد آلوده ای که پس از تیمار با مواد ضدعفونی کننده شیمیایی دور ریخته می شوند.
5- مواد آلوده ای که پس از انجام اتوکلاو مجددا استفاده می شوند.

- **اجسام تیز و برنده**

سوزن ها پس از استفاده دوباره با در پوشانده می شوند و در محفظه اختصاصی وسایل تیز و برنده جمع آوری می گردند. این محفظه ها در برابر بریدگی و فشار بسیار مقاومند. زمانیکه ¾ آنها پر شد، باید با سایر زباله های بدون مصرف اتوکلاو شوند. به هیچ وجه چنین زباله هایی نباید با سایر زباله ها به ویژه زباله های خانگی دور ریخته شوند.

- **مواد آلوده ای که اتوکلاو شده ومجددا استفاده می شوند**

به هیچ وجه قبل از اتوکلاو کردن نباید در تماس با افراد قرار گیرند. در اولین مرحله ضدعفونی کردن اتوکلاو انجام می شود و در صورت نیاز سایر مراحل آلوده زدایی نیز اعمال می گردد.

- **مواد آلوده ای که اتوکلاو شده و دور ریخته می شوند**

تمام مواد آلوده که قرار است اتوکلاو شده و دور ریخته شوند باید درون محفظه های بسته مانند کیسه های پلاستیکی سالم و بدون سوراخ قرار گیرند. محیط های کشت آلوده یا پلیت های جامد کشت باکتری ها جز این دسته از زباله ها محسوب می شوند. چنین زباله هایی بهتر است پس از اتوکلاو شدن سوزانده شوند.

پیوست

مواد شیمیایی پرخطر

منابع:

1- Laboratory Biosafety Manual, 3rd edition, World Health Organization, 2004.
2- Undergraduate Safety Manual, Queen's University, Canada, 2007.
3- Safe work practices and procedures, Princeton University, New Jersy, USA
4- Biosafety Manual, Mcgill University, Canada.
5- Biological Laboratory Safety Manual, University of Cincinnati, USA.
6- Laboratory Waste Management Guide, as part of Local Hazardous Waste Management Program, King County, Washingtone, USA.
7- Risk Assessent for Hazaradous Chemicals, Imperial Colledge of London, 2008.
8- Biological safety Manual, Eastern Virginia Medical School, 2008.

ایمنی کار با نانومواد

در طی 20 سال گذشته نانومواد مواد توسط جامعهٔ علمی مورد استقبال فراوانی قرار گرفته است. نانومواد، موادی هستند که حداقل یک بعد آنها در محدودهٔ 1-100nm (و یا حتی در حد ساب میکرون) واقع شود. دلیل استقبال فراوان از این مواد ویژگی های منحصر به فرد آنها است. این ویژگی ها عبارتند از: اندازهٔ ذرات، شکل، بزرگی سطح، بار، ویژگی های شیمیایی، حلالیت، توانایی تولید اکسیدانت ها و میزان آگلومرشدن. این ویژگی ها در نحوهٔ میانکنش آنها با سیستم های بیولوژیک نیز تعیین کننده است.

اگرچه مطالعات و تحقیقات نشان می دهد که نانومواد می توانند خطرناک باشند ولی خطرات آنها هنوز کاملاً شناخته شده نیست. علی رغم حجم عظیم سرمایه گذاری در حوزهٔ نانوتکنولوژی، تاکنون فقط بخش کوچکی به مطالعات سمیت نانومواد اختصاص داده شده است. فقدان اطلاعات کافی از یک سو و افزایش میزان تولید نانومواد و همچنین توسعه تنوع نانومواد و به وجودآوردن نانومواد جدید و تغییریافته با ویژگی های برهمکنشی جدید با سلول و بافت های زنده از سوی دیگر، شرایط را سخت تر و جدی تر می کند.

علاوه بر این بخش عمدهٔ مطالعات و تحقیقات ایمنی نانومواد، متمرکز بر مطالعات سمیت کوتاه مدت آنها بر کشت های سلولی است و مطالعات معدودی دربارهٔ اثرات درازمدت نانومواد بر موجودات زنده و محیط زیست وجود دارد.

نانوذرات را بسته به منشأ آنها به دو گروه مهندسی شده و عارضی (Incidental) تقسیم می کنند. نانوذرات مهندسی شده ذراتی هستند که به طور عمدی و با منظور خاصی سنتز شده اند، مثلا نقاط کوانتمی (Quantum dots) و دندریمر ها (Dendrimers) ذراتی هستند که به منظور بهره گیری از ویژگی های وابسته به سایز آنها

(مانند رسانایی، ویژگی های طیفی، توزیع در بافت های زنده و...) تولید شده اند. نانوذرات عارضی، نانوذراتی هستند که در طی انجام فرآیند دیگری و به عنوان محصول جانبی تولید شده اند، مثلاً نانوذرات تولید شده در اثر احتراق سوخت در موتورهای دیزل و یا در اثر آتش سوزی جنگل. برخی از نانوذرات مانند نانولوله های کربنی و فولرن ها، هم به صورت عارضی و هم به صورت مهندسی شده تولید می شوند.

در این بخش به نتایج برخی آزمایشات درباره خطرات نانومواد و نیز برخی راهکارها برای کاهش احتمال در معرض قرارگیری با این مواد اشاره شده است. در ابتدا به برخی تعاریف در این رابطه اشاره می شود:

نانوماده

به ماده ای گفته می شود که یک، دو و یا سه بعد خارجی در محدودهٔ 1-100nm داشته باشد. زیرگروههای آن شامل موارد زیر می شود:

1- نانوصفحه (Nanoplate) که دارای یک بعد خارجی در محدودهٔ نانو است.

2- نانو فیبر(Nanofiber) که دارای دو بعد خارجی در محدودهٔ نانو می باشد.

3- نانوذره (Nanoparticle) که دارای سه بعد خارجی در محدودهٔ نانو است.

Nanoaerosol

به مجموعه ای از نانوذرات که در یک گاز معلق شده اند نانوائروسل گفته می شود.

Agglomerate

به گروهی از نانوذرات گفته می شود که توسط نیروهای نسبتاً ضعیف مانند نیروهای واندروالسی، الکترواستاتیک و ... در کنار هم نگه داشته شده اند.

عوامل موثر در میزان تماس با نانومواد

عواملی که در میزان در معرض قرار گرفتن فرد با نانومواد مؤثرند عبارتند از: مقدار ماده ای که مورد استفاده قرار می گیرد، اینکه آیا این ماده به راحتی پراکنده می شود (در مورد پودرها) و یا به راحتی تشکیل قطرات کوچک قابل حمل با جریان هوا را می دهد (در مورد سوسپانسیون ها) و نیز زمان کار با آن ماده.

بسته به سایز ذرات، وسرعت تنفس، 30-90% نانوذراتی که به داخل سیستم تنفسی وارد می شوند احتمالاً در سیستم تنفسی باقی می مانند. تا 50% نانوذرات در محدودهٔ سایز 10-100nm در ناحیهٔ کیسه های هوایی، ذخیره می شوند درحالیکه نانوذرات کوچکتر از 10nm در ناحیهٔ سر و توراسیک باقی می مانند.

برخی عواملی که می تواند فرد را در معرض نانومواد قرار دهد عبارتند از:

1- کار با نانومواد در حالت مایع بدون استفاده از لوازم حفاظت شخصی مناسب (مثلاً دستکش)

2- کار با نانومواد در حالت مایع و در طی ریختن، مخلوط کردن یا هنگام لرزش و تکان های شدید مایع حاوی نانومواد

3- تولید نانومواد در فاز گازی در سیستم های غیربسته

4- دست ورزی (مانند وزن کردن، مخلوط کردن، اسپری کردن) پودرها

5- تعمیر و نگهداری دستگاههایی که برای تولید نانومواد استفاده می شوند

6- پاک کردن و نظافت فضاهای کار با نانومواد ونیز دفع زباله ها

7- انجام فعالیت های مکانیکی بر روی نانومواد که باعث تولید ائرو سل های نانو مواد می شود.

سلسله مراتب کنترل میزان تماس با نانو مواد

از آن جائیکه خطرات نانو مواد برای سلامتی انسان ها هنوز کاملاً شناخته شده نیست، باید اقدامات لازم جهت پیشگیری از تماس فرد با این مواد انجام شود.

سلسله مراتب کنترل تماس افراد با نانو مواد به قرار زیر است:

1- حذف خطر نانومواد از طریق تغییر در طراحی آن نانوماده

2- جایگزین کردن نانومادۀ خطرناک با مادۀ مشابه با خطرات کمتر

3-کنترل مهندسی مانند جداسازی منبع تولید از کاربر، سیستم های تهویه با توانایی حذف نانومواد قابل حمل توسط هوا و ...

4- روشهای مدیریتی شامل اجرایی کردن سیاست ها و شیوه های صحیح کار، سیاست ها و طراحی شیفت های کاری کارکنان

5- استفاده از وسایل حفاظت شخصی مانند لباس مناسب، دستکش،عینک و ...

در زیر خلاصه ای ازراه های ورود نانومواد به سیستم های زنده، خطرات ناشی از آنها و نکات مهم ایمنی در کار با نانومواد و اقداماتی که در این رابطه باید انجام شود آورده شده است.

راه های ورود نانومواد

راههای ورود نانوذرات شامل تنفس، تماس پوستی، بلع، و در مورد کاربردهای پزشکی، به صورت تزریقی است. تماس با نانومواد ممکن است در طی تولید و ساخت، استفاده ، و یا دفع زباله های آنها باشد.

ورود نانومواد از طریق تنفس

یک راه اصلی برای ورود نانوذرات به بدن، تنفس می باشد. چراکه نانوذرات می توانند به کمک حرکت های براونی مسافت های طولانی را طی کنند. این ذرات به راحتی به داخل ریه ها کشیده می شوند و در داخل کیسه های هوایی ذخیره می شوند. به طور طبیعی پس از ورود ذرات به داخل سیستم تنفسی، این سیستم تلاش می کند تا ذرات را پاکسازی نماید. مکانیزم های پاکسازی در ریه شامل بیرون راندن عامل خارجی به کمک مژکها و موکوس

(Mucocilliary escalator) و نیز انجام فاکوسیتوز توسط ماکروفاژهای کیسه های هوایی (Alveolar Macrophages) می باشد

در مورد نانوذرات مهندسی شده، مطالعات کمی دربارهٔ اثرات ورود آنها به داخل بدن از طریق هوا انجام شده است، و اکثر اطلاعات دربارهٔ اثرات تنفسی نانوذرات حاصل از مطالعات بر روی ذرات عارضی می باشد. در بین تمام نانومواد‌ی که تاکنون استفاده شده اند، شاید شناخته شده ترین آنها نانولوله های کربنی (CNT) باشد. نانولوله های کربنی کاربرد وسیعی دارند از تحقیقات سرطان گرفته تا علوم و صنایع غذایی. متأسفانه این مواد اخیراً به خاطر شباهتشان با آزبست (Asbestos) باعث نگرانی شده اند. فیبرهای باریک و طویل آزبست از نظر شکل و سایز بسیار به CNT شبیه است.

آزبست باعث آسیب های غیرقابل ترمیم در بافت ریه می گردد و در درازمدت می تواند مانع از عملکرد ریه شود. اگرچه نتایج مختلف و متنوع است ولی اکنون مشخص است که CNTs و بسیاری از نانومواد دیگر می توانند خطراتی برای ریه و یا کلاً سلول ها داشته باشند. از آنجائیکه نانومواد اکثراً به فرم خشک تهیه می شوند احتمال ورود آنها به فضای کار و سیستم تنفسی وجود دارد. البته به طور طبیعی ریه باید بتواند ذراتی که وارد آن شده اند را به گونه ای حذف نماید ولی متأسفانه CNTs و فولرن ها (C_{60}) مانع از عملکرد ماکروفاژهای الوئولار که اولین مکانیزم دفاعی بر علیه ذرات است می شود و این در حالیست که به نظر می رسد سایر نانوذرات که به طور کامل از مکانیزم های دفاعی ریه عبور می کند. CNT برای ماکروفاژهای الوئولار حتی در غلظت های پایین سمی هستند و باعث ممانعت از عملکرد فاگوسیتی آنها می شوند به طوریکه این ماکروفاژها نخواهند توانست که ذرات خارجی را ببلعند.

علاوه بر نگرانی هایی که در مورد سیستم تنفسی در اثر تماس با نانومواد وجود دارد، نگرانی دیگر به دلیل خطر بالقوهٔ عبور این مواد از ریه و ورود آنها به جریان خون و در نتیجه آسیب به سایر ارگان ها است. مطالعات بسیاری کمی در مورد سمیت سیستمیک نانو مواد وجود دارد. در اکثر این مطالعات، ارگان هدف مشخص نشده است وحتی ویژگی های نانومواد مورد بررسی در بسیاری از موارد مشخص نشده است و لذا در این مورد اطلاعات کافی وجود ندارد.

مطالعات فراوانی در جوندگان نشان داده است که نانوذرات توانایی عبور از کیسه های هوایی و انتقال به بافت های زیرین (بافت های حمایت کنندهٔ ریه) را دارند. احتمال می رود در انسان هم بخشی از نانوذرات وارد شده به ریه بتوانند از آن عبور کنند و این مسئله بسیار حائز اهمیت است چرا که نتایج برخی مطالعات نقش مستقیم نانوذرات وارد شده از طریق ریه را در برخی بیماری های سیستمیک مانند بیماری قلبی – عروقی پیشنهاد می کند. به عنوان مثال نشان داده شده است که نانولوله های کربنی می توانند در شرایط invitro باعث اگریگه شدن پلاکت و در invivo باعث بروز ترومبوز شوند.

همچنین مطالعاتی نیز در موش صحرایی (Rat) وجود دارد که نشان دهندهٔ انتقال نانوذرات تنفس شده به سیستم عصبی است. اگرچه اثبات ورود نانوذرات تنفس شده به سیستم عصبی در انسان نیاز به تحقیقات وسیع تری دارد ولی این فرضیه وجود دارد که نانوذرات عارضی موجود در آلودگی های هوا می توانند در بروز برخی بیماری های سیستم عصبی دخیل باشند. البته در هیچ یک از این مطالعات اثر نانوذرات آلوده کنندهٔ هوا به طور ویژه و جداگانه مورد بررسی قرار نگرفته است و بنابراین ممکن است اثرات مشاهده شده ناشی از ذرات بزرگتر باشند.

تأثیرات نانومواد در حیوانات آزمایشگاهی

مطالعات آزمایشگاهی در موش صحرایی نشان داده است که نانوذرات نسبت به ذرات بزرگتر از همان جنس در ایجاد التهاب تنفسی، آسیب بافت و ایجاد تومورهای ریه مؤثرترند. در بین این ذرات، بخار تازه تهیه شدهٔ پلی تترافلورواتیلن (PTFE) که در دمای 425 °C تولید می شود، شدیداً برای ریه سمی است. این ماده در موش صحرایی باعث ورم خونریزی دهندهٔ ریه و نهایتاً مرگ می شود. بخار ماندهٔ PTFE سمیت کمتری دارد و منجر به مرگ حیوانات آزمایشگاهی نمی شود که این کاهش سمیت به دلیل بزرگ شدن سایز ذرات و نیز تغییر در شیمی سطح است. مطالعات انسانی در مورد کارکنان در معرض بخار PTFE، نشاندهندهٔ تورم ریه و یک مورد مرگ نیز می باشد. نانوذرات TiO_2 نیز در موش صحرایی می تواند باعث التهاب و تکثیر سلولی در ریه شود.

در مورد نانولوله های کربن (SWCNT و MWCNT) نشان داده شده است که این مواد می توانند منجر به بروز گرانولوما در ریه موش و موش صحرایی شوند. لازم به ذکر است که این اثرات در اثر تماس با کربن سیاه بسیارریز (Ultrafine) دیده نمی شود. ممکن است سمیت CNT به دلیل وجود کاتالیست های فلزی باشد که در ساخت آنها مورد استفاده قرار می گیرد، به طوریکه این کاتالیست ها هستند که باعث سمیت آنها می شوند و یا خود CNTs ساختاری دارند که باعث رشد فیبروبلاست ها می شود.

البته ذکر این نکته ضروری است که اکثر مطالعات در مورد سمیت تنفسی نانوذرات تاکنون در موش صحرایی انجام شده است و ممکن است که نتایج به طور کامل قابل تعمیم به انسان نباشد و علاوه بر این در این آزمایشات عمدتا دوز به کاربرده شده بسیار بالا بوده است به طوری که شرایط Lung Overload رخ داده است. در این حالت مکانیزم های طبیعی پاکسازی ریه عملاً اشباع شده اند و بنابراین ذخیرهٔ نانوذرات در کیسه های هوایی مشاهده می شود که متعاقباً منجر به بروز عوارض ریوی می شود.

نانوذرات در مقایسه با ذرات بزرگتر در دوز پایین تری باعث مشاهدهٔ Lung Overload می شوند، چرا که به خوبی نمی توانند توسط ماکروفاژها پاکسازی شوند. به نظر می رسد که نانوذرات عملکرد ماکروفاژها را تضعیف می کنند. در نانولوله های کربنی طول لوله پارامتر مهمی در توانایی ماکروفاژها در پاکسازی این نانولوله ها از ریه است. نانولوله های کربنی در صورت باقی ماندن در کیسه های هوایی می توانند باعث بروز التهاب، گرانولوما، فیبروز در ریه و حتی مرگ شوند.

اثرات پوستی تماس با نانومواد

. اثرات پوستی نانوذرات در جوندگان در برخی موارد مؤید، آسیب جزئی و ملایم است و در اکثر موارد آسیب خاصی مشاهده نمی شود.

- دربارهٔ تماس پوستی نانوذرات، مطالعات بر روی نانوذرات TiO_2 در انسان و جانوران آزمایشگاهی نشان داده است که این نانوذرات توانایی عبور از Stratum corneum در اپیدرمیس را ندارند اگرچه در مواردی تجمع این نانوذرات در فولیکولهای مو مشاهده شده است. نفوذ پوستی نقاط کوآنتمی نیز بسیار محدود است. باید در نظر داشت که پوست آسیب دیده طبیعتاً سد ضعیف تری در برابر نفوذ نانوذرات فراهم می کند.

ورود نانوذرات از طریق دهان

ورود نانومواد از طریق دهان ناشی از خوردن غذاها و آب آلوده، بلعیدن نانوذرات پراکنده شده در هوا و نیز انتقال از دست آلوده به دهان است. مطالعات موجود (عمدتاً در جوندگان) نشان می دهد که جذب نانوذرات از طریق سیستم گوارشی تابع سایز و ویژگی های سطحی این مواد می باشد. به طوری که ذرات کوچکتر، با ماهیت هیدروفوبیک خنثی از لحاظ بار الکتریکی، جذب بالاتری دارند. اصولا در ارزیابی خطرات نانوذرات ویژگی های

آنها شامل سایز، شکل، وضعیت اگلومره شدن میزان محلول بودن و ویژگی های سطح (مانند اندازهٔ سطح، بار سطح و ...) باید در نظر گرفته شود.

مشاهدات حاصل از مطالعات اپیدمیولوژیک

مطالعات اپیدمیولوژیک در افراد در معرض ائروسل های حاوی نانوذرات معرف وجود کاهش عملکرد ریه، مشکلات مزمن تنفسی، و فیبروز است. علاوه بر این شواهدی دال بر افزایش بروز سرطان ریه، مشکلات نورولوژیک در افراد در معرض نانوذرات مانند ذرات ناشی از احتراق سوخت در موتورهای دیزل یا بخارات جوشکاری) می باشد. اینکه آیا این مشاهدات قابل تعمیم به نانوذرات مهندسی می باشد یا نه، نامشخص است.

علاوه بر این مطالعات اپیدمیولوژیک در جمعیت های مختلف نشان دهندهٔ ارتباطی بین میزان آلودگی هوا و افزایش مرگ و میر در اثر بیماری های قلبی و تنفسی است.

اثرات زیست محیطی

در طی چرخه عمر نانومواد، از تولید اولیه تا به کارگیری و دفع نهایی، مواقعی وجود دارد که نانومواد به طبیعت وارد و با آن میانکنش می دهند. این مواد به خاطر اندازه، شیمی و ترکیبات زیست تجزیه ناپذیری که دارند، و اینکه بسیاری از آنها به گونه ای طراحی و مهندسی شده اند تا پایدار و واکنش ناپذیر باشند به سرعت می توانند در طبیعت پخش شده و در موجودات زنده تجمع یابند و باعث اختلال در اکوسیستم ها شوند. در حقیقت غلظت نانومواد در این موجودات چندین برابر غلظت آن ماده در محیط اطراف می باشد که به نوبه خود می تواند اثرات سمی نانومواد را تشدید کند. و لذا بررسی احتمال و راه های ورود این مواد به طبیعت بسیار حائز اهمیت است. نتایج برخی آزمایشات نشان می دهد که فولرن ها برای باکتری ها، آبزیان سمی هستند. البته ممکن است بقایای حلال های آلی

قطبی که برای سنتز فولرن ها استفاده می شود، عامل اصلی این سمیت باشد. در حقیقت ما نیازمند مطالعات بیشتری هستیم تا بتوانیم دربارهٔ سرنوشت نانومواد در طبیعت اظهارنظر نماییم.

مسئله دیگر، توانایی محدود ما در تشخیص نانومواد وارد شده به طبیعت است. هنگامی که نانومواد وارد طبیعت می شود، توان ما در تشخیص آن به شدت محدود می شود . تشخیص نانومواد در نمونه های خاک، آب و یا هوا بسیار مشکل است. به ویژه تشخیص نانوذرات برپایهٔ کربن، بسیار مشکل است، زیرا تشخیص یک نوع کربن از سایر انواع آن تقریباً غیرممکن است.

در مجموع می توان گفت در حال حاضر، مطالعات محدود تجربی و حرفه ای (مطالعهٔ افراد در معرض نانومواد به دلیل نوع شغل) پیشنهاد می کند که ریه، سیستم گوارش و پوست سدهای مهمی در برابر نفوذ نانو مواد و انتقال سیستمیک آن به سایر اندام ها هستند. اگرچه نیاز به مطالعات و تحقیقات بیشتر دربارهٔ مسیرهای ورود و انتقال نانومواد وجود دارد. نکتهٔ مهم دربارهٔ نانومواد این است که میزان خطرات نانومواد را می توان تغییر داد. در بسیاری از مطالعات انجام شده تاکنون، رابطه ای بین ویژگی های نانوماده و نوع اثرات و خطرات آن مشاهده شده است و لذا این قابلیت تنظیم می تواند در راستای زیست سازگار و ایمن بودن نانومواد مهندسی شونده به کار برده شود. با این وجود به منظور کنترل تماس با نانومواد باید مواردی را در سطوح مختلف رعایت کرد که به اختصار به آن اشاره می شود.

نکات و اقدامات مهم ایمنی در کار با نانومواد:کنترل مهندسی و حفاظت شخصی

- طراحی محیط کار باید به گونه ای باشد که نانومواد توسط لباس کاربر یا سایر وسایل به خارج از فضای کار آورده نشود مثلاً با به کارگیری پادری های ویژه، فضای بافر(فضایی که در بین آزمایشگاه و محیط خارج واقع می

شود به طوریکه برای ورود به آزمایشگاه و خروج از آن باید از این فضا عبور کرد) و نیز فراهم آوردن وسایل و امکانات آلوده زدایی برای کارکنان (مانند امکانات شستشوی بدن و تعویض لباس)

- کلیهٔ کارهایی که باعث تولید نانوذرات می شوند باید در فضایی انجام شود که نسبت به فضایی که کاربردر آن تنفس می کند در وضعیت فشار منفی باشد. فیلترهای HEPA می تواند ذراتی به کوچکی تا 2nm را به خوبی از هوا حذف نمایند ولی در مورد ذرات کوچکتر از این حد عملکرد این فیلترها به شدت کاهش می یابد.

- از پخش و منتشرکردن نانوذرات در محیط پرهیز نمایید. تمام دست ورزی ها را در زیر هودهای شیمیایی و یا سایر سیستم های تهویهٔ مناسب انجام دهید. درصورت امکان این نانوذرات را از هوای خروجی سیستم تهویه نیز (قبل از ورود آنها به محیط خارج) پاک کنید.

- برای کار از هودهای لامینار افقی استفاده نکنید در این هودها جریان هوای فیلتر شده (توسط HEPA) به سمت صورت کاربر است.

چنانچه از هودهای بیولوژیک نوع II برای کار با نانومواد استفاده می کنید اگزوز این هودها را مستقیماً به فضای خارج متصل نمایید حتی هوای فیلترشده با HEPA نباید در آزمایشگاه چرخش داشته باشد.

- به طور منظم کارایی فیلترهای HEPA و سیستم های تهویه را کنترل نمایید.

-پاک کردن فضای کار در پایان هر شیفت کاری با استفاده از دستگاههای مکنده مجهز به فیلترهای HEPA و یا با روش پاک کردن با دستمالهای مرطوب ضروری است.

- نانومواد پخش شونده را داخل ظرفهای کاملاً در بسته نگهداری کنید.

- جابه جایی نانومواد بین پایگاههای مختلف کاری (مثلاً بین هود و کوره و یا ...) باید در ظروف در بسته انجام شود.

- علائم هشداردهنده شامل خطرات، لوازم حفاظت شخصی مورد نیاز، کنترل مدیریتی مورد نیاز در محل های ورودی مکان های کار با نانومواد قابل انتشار باید نصب شود. مکان مختص کار با نانومواد ممکن است کل یک آزمایشگاه یا یک هود و یا یک فضای کوچک مثل جعبه های دستکش دار باشد.

- ظروف حاوی نانوذرات را حتماً با تأکید بر ماهیت نانوذره ای بودن آن برچسب بزنید مثلاً «نانوذرات اکسید روی» به جای «اکسید روی» .

- کاربر باید از خطرات نانوماده ای که با آن کار می کند و حتی پیش سازهای آن و محصولات نهایی حاصل از واکنش با آن به طور کامل آگاه باشد.

- با پوشیدن لوازم حفاظت شخصی، تماس پوستی با این مواد را به حداقل برسانید.

- در هنگام کار با نانومواد از کفش های جلو بسته که از مواد نفوذناپذیر ساخته شده است استفاده کنید.

- ممکن است لازم باشد از پوشش های یکبار مصرف کفش استفاده نمایید تا نانومواد را با کفش به خارج از آزمایشگاه نبرید.

- روپوش آزمایشگاه آستین بلند بپوشید و از دستکش های نیتریل استفاده کنید. قبل از کار مطمئن شوید که دستکش مورد استفاده در برابر نانوذرات و مایعی که نانوذرات در آن معلق شده است مقاوم می باشد.

- دستکش ها را مرتباً تعویض نمایید تا احتمال تماس با نانوذرات را به حداقل برسانید.

- دستکشهای آلوده را تا زمان دفع در یک کیسهٔ پلاستیکی و در زیر هود نگهداری کنید.

- پس از پایان کار دست ها را تا بازو شست و شو دهید.

- برحسب نوع نانوماده موردنظر از وسایل حفاظت شخصی مناسب برای حفاظت از چشم ها استفاده نمایید.

- از ذخیره سازی و مصرف مواد غذایی و آشامیدنی در محل کار پرهیز کنید .

در اینجا ذکر چند نکته درباره لوازم حفاظت شخصی ضروری است:

پوشش های حفاظت شخصی

در حال حاضر هیچ خطوط راهنمایی براساس داده های علمی که مورد پذیرش عمومی قرار گرفته باشد در مورد پوشش های محافظ در برابر نانومواد وجود ندارد و این به علت فقدان اطلاعات کافی دربارهٔ کارایی پوشش های حفاظتی موجود در محافظت از فرد در برابر تماس با نانومواد است. مطالعات نشان می دهد که نانوذرات توانایی عبور از لباس را دارند. میزان عبور نانوذرات بستگی به جنس الیاف و نیز اندازهٔ نانوذرات دارد.

در هر صورت، اگرچه نانوذرات می توانند از اپیدرم عبور کنند. شواهد بسیار کمی دال بر بیماریزایی نانوذرات نفوذ کننده به داخل پوست وجود دارد. با وجودیکه در اکثر مراکز تولید ذرات و آزمایشگاههایی که با نانومواد کار می کنند افراد از روپوش و دستکش استفاده می کنند، این کار اصولاً بر اثر مقررات کلی بهداشت کار در آزمایشگاه است و نه براساس یافته های علمی ویژهٔ کار با نانومواد.

ماسکهای تنفسی

شواهد علمی نشان می دهد که نانوذرات می توانند از لحاظ بیولوژیک به مراتب فعال تر از ذرات بزرگتر از همان جنس باشند و بنابراین احتمال تهدید سلامتی توسط آنها جدی تر است.

در حال حاضرانواعی از ماسکهای تنفسی وجود دارد که سطوح مختلف حفاظت را فراهم می آورند. این ماسکها در جدول 1 لیست شده اند.

جدول1-انواع ماسکهای تنفسی تصفیه کننده هوا برای کار با نانومواد (مرکز ملی ایمنی و سلامت حرفه ای در آمریکا : NIOSH)

Respirator type	NIOSH assigned protection factor	Advantages	Disadvantages
Filtering facepiece (disposable)	10	– Lightweight – No maintenance or cleaning needed – No effect on mobility	– Provides no eye protection – Can add to heat burden – Inward leakage at gaps in face seal – Some do not have adjustable head straps – Difficult for a user to do a seal check – Level of protection varies greatly among models – Communication may be difficult

Filtering facepiece (disposable) (continued)			– Fit testing required to select proper facepiece size – Some eyewear may interfere with the fit
Elastomeric half-facepiece	10	– Low maintenance – Reusable facepiece and replaceable filters and cartridges – No effect on mobility	– Provides no eye protection – Can add to heat burden – Inward leakage at gaps in face seal – Communication may be difficult – Fit testing required to select proper facepiece size – Some eyewear may interfere with the fit
Powered with loose-fitting facepiece	25	– Provides eye protection – Offers protection for people with beards, missing dentures or facial scars – Low breathing resistance – Flowing air creates cooling effect – Face seal leakage is generally outward – Fit testing is not required – Prescription glasses can be worn – Communication easier than with elastomeric half-facepiece or full-facepiece respirators – Reusable components and replaceable filters	– Added weight of battery and blower – Awkward for some tasks – Battery requires charging – Air flow must be tested with flow device before use

Elastomeric full facepiece with N-100, R-100, or P-100 filters	50	Provides eye protection – Low maintenance – Reusable facepiece and replaceable filters and cartridges – No effect on mobility – More effective face seal than that of filtering facepiece or elastomeric half facepiece respirators	Can add to heat burden – Diminished field-of-vision compared to half facepiece –Inward leakage at gaps in face seal –Fit testing required to select proper facepiece size –Facepiece lens can fog without nose cup or lens treatment –Spectacle kit needed for people who wear corrective glasses
Powered with tight-fitting half-facepiece or full facepiece	50	–Provides eye protection with full-facepiece –Low breathing resistance –Face seal leakage is generally outward –Flowing air creates cooling effect –Reusable components and replaceable filters	–Added weight of battery and blower –Awkward for some tasks –No eye protection with half-facepiece –Fit testing required to select proper facepiece size –Battery requires charging –Communication may be difficult –Spectacle kit needed for people who wear corrective glasses with full face-piece respirators –Air flow must be tested with flow device before use

ایمنی محیط

دفع نانومواد

در سال 2007 تحقیق جامعی به منظور بررسی سیاست های اماکن تولید کنندهٔ نانومواد یا مراکزی که به نوعی از این نانومواد استفاده یا آنها را دستورزی می کنند انجام شد. افراد پاسخ دهنده به پرسشنامه های مذکور از کشورهای آسیایی، اروپایی و آمریکای شمالی بودند. از بین سازمان هایی که به این پرسشنامه پاسخ دادند 70% برنامه های ایمنی و زیست محیطی مدون داشتند که در آن به تفصیل سیاست های نانو – ویژه شرح داده شده بود. در بین سازمان های آمریکایی 88% واجد چنین برنامه هایی بودند. با این وجود اکثر این سازمان ها، زباله های حاوی نانومواد را مانند سایر زباله های آسیب رسان دفع می کند و تفاوتی قائل نیستند و این در حالیست که در بسیاری از مراکز تحقیقاتی و تولیدی (به ویژه در کشورهای آسیایی) این زباله ها حتی به عنوان زبالهٔ آسیب رسان هم تلقی نمی شوند. ذکر این نکته ضروری است که همانگونه که نانومواد می تواند برای انسان بسیار خطرناک باشند، احتمالاً اثرات مشابهی بر گیاهان و سایر موجودات خواهند داشت. از آنجا ئیکه راههای فروانی برای ورود این نانومواد به سیستم های زنده وجود دارد بهترین راه برای جلوگیری از بروز خطرات بالقوه، ممانعت از ورود آنها به محیط زیست است.

تمیزکردن فضای کار و دفع زباله های حاوی نانومواد

هیچ دستورالعمل ویژه ای در حال حاضر برای تمیزکردن آلودگی های محیط با نانومواد و دفع زباله ها وجود ندارد. روشهایی که اکنون استفاده می شود همان روشهایی است که در سایر موارد آلودگی ها به طور کلی به کار گرفته

می شود.در حال حاضر روشهای استاندارد برای پاک کردن آلودگی های پودری، شامل استفاده از دستگاههای مکنده مجهز به فیلترهای HEPA و یا پاک کردن سطح با دستمال های مرطوب و یا مرطوب کردن پودر قبل از جمع آوری با ماشین مکنده است. دستمال های استفاده شده باید به طور صحیح دفع شوند. پاک کردن به صورت خشک و یا با استفاده از جریان هوای فشرده به دلیل پراکنده کردن نانوذرات به هیچ وجه مناسب نمی باشد.

لازم به ذکر است در مورد نانوذرات دارای بار الکتریکی، چنانچه بار نانوذره مشابه با بار الکتریکی ورودی (بُرس) دستگاه مکنده باشد (کشیدن برس دستگاه بر روی سطوح می تواند بر روی آن ایجاد بار الکتریکی نماید) در اثر دافعهٔ الکترواستاتیک نمی تواند به داخل دستگاه کشیده شود و یا حتی ممکن است باعث پراکنده تر شدن آن شود.

منابع

1- Approaches to Safe Nanotechnology, Managing the Health and Safety Concerns Associated with Engineered Nanomaterials, 2009, DHHS (NIOSH) Publication No. 2009–125.

2- Nanomaterial safety plan, 2010, http://www-group.slac.stanford.edu/esh/eshmanual/references/hazmatPlanNano.pdf

3- Nanotechnology Safety Concerns Revisited, Stephan T. Stern1 and Scott E. McNeil, TOXICOLOGICAL SCIENCES 101(1), 4–21,2008.

4- A Review of Nanomaterial Safety Concerns , Joseph H. Lavoie, Process Safety Progress, 29(3), 2010