



عنوان دوره آموزشی

راهنمای مدیریت خطر زیستی و امنیت زیستی آزمایشگاه

بهار ۱۳۹۸

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

گروه هدف:

تکنسین و کاردان و کارشناس آزمایشگاه تشخیص طبی

اهداف آموزشی:

ارتقا سطح دانش ، آگاهی و نگرش فراگیران در زمینه:

امنیت زیستی آزمایشگاه به عنوان تکمیل کننده ایمنی زیستی آزمایشگاه

مقابله با خطرات زیستی -برنامه امنیت زیستی آزمایشگاه

رویکرد مدیریت خطرات زیستی -مدیریت خطرات زیستی -

روش و نحوه اجرای آموزش

مدت دوره: ۱۰ ساعت

اجرای آموزش: کتابخوانی

نوع آزمون: کتابخوانی

روش آزمون: الکترونیکی - کتبی

فهرست مطالب

۳	فهرست مطالب
۴	فصل اول:
۴	مفاهیم ایمنی آزمایشگاهی
۱۰	فصل دوم:
۱۰	تجهیزات آزمایشگاهی
۲۸	فصل سوم:
۲۸	پوشش و تجهیزات ایمنی شخصی
۳۱	فصل چهارم:
۳۱	مقررات ایمنی کار در آزمایشگاه‌های میکروبیولوژیک
۳۵	فصل پنجم:
۳۵	مقررات ایمنی کار با مایعات بدن، بافت‌ها و مدفوع
۳۷	فصل ششم:
۳۷	مقررات ایمنی کار با نمونه‌های حاوی پرئون
۴۰	فصل هفتم:
۴۰	مقررات ایمنی کار با DNA نو ترکیب
۴۵	فصل هشتم:
۴۵	اقدامات فوریتی
۴۸	فصل نهم:
۴۸	ضد عفونی کردن و استریلیزاسیون
۵۶	فصل دهم:
۵۶	زباله‌ها
۵۹	فصل یازدهم:
۵۹	ایمنی کار با نانومواد

فصل اول:

مفاهیم ایمنی آزمایشگاهی

سازمان بهداشت جهانی WHO مدت مدیدی است که توجه اهمیت ایمنی بویژه ایمنی بیولوژیکی بعنوان یک موضوع بین‌المللی می‌باشد. WHO در اولین چاپ از کتاب راهنمای ایمنی زیستی آزمایشگاهی در سال ۱۹۸۳ کشورها را ترغیب به پذیرش و انجام مفاد اصلی در ایمنی بیولوژیکی و همچنین تهیه و توسعه مقررات ملی جهت برخورد ایمن با میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا در آزمایشگاه‌های هر منطقه می‌نماید. در دومین کتاب WHO که در سال ۱۹۹۳ منتشر شد با تأکید بر ایمنی زیستی و موضوعات امنیتی که در هزاره اخیر با آن روبه‌رو هستیم، اشاره شده و در چاپ سوم بر اهمیت مسئولیت شخصی تأکید می‌نماید. در بخش‌های جدیدی راجع به ارزیابی خطرات استفاده ایمن از فن‌آوری نو ترکیبی DNA و انتقال مواد عفونی اضافه شده است.

"ایمنی آزمایشگاهی" به مجموعه‌ای از قوانین و روش‌های کار در آزمایشگاه گفته می‌شود که با هدف محدود شدن نشت آلودگی و کاهش موارد مواجهه ناخواسته با عوامل پاتوژن، سموم و ترکیبات مضر وضع می‌شوند. شناسایی کامل نمونه‌ها و عوامل آسیب‌رسان 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 می‌گیرند. 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 می‌شوند: سطح ۱ ایمنی ابتدایی، سطح ۲ ایمنی ابتدایی، سطح ۳ ایمنی و بالاترین سطح محدود سازی یا سطح ۴ ایمنی. این سطوح با توجه به ساختار، نحوه طراحی، امکانات و تجهیزات، نوع فرآیندهای قابل انجام روی ارگانیسم‌های مختلف تعیین می‌شوند.

سطح ۱ ایمنی آزمایشگاهی

این آزمایشگاه‌ها برای کار با میکروارگانیسم‌های کاملاً شناخته شده که دارای خطرات بسیار اندک بوده یا کاملاً بی‌خطرند، تجهیز شده‌اند. این آزمایشگاه‌ها دارای مشخصات زیر می‌باشند:

۱- از سایر بخش‌های ساختمان جدا نشده‌اند.

۲- دارای پپیت‌های مکانیکی هستند: کشیدن مایعات با دهان ممنوع است.

۳- اکثر کارها با حفظ استانداردهای اولیه مانند استفاده از روپوش و دستکش، روی میزها انجام می‌شود.

۴- هودهای زیستی برای انجام کار با نمونه‌های عفونت‌زا و کارهایی که سبب تولید آيروسل‌ها می‌شوند مانند

خرد کردن بافت‌ها، شیک کردن، سونیکاسیون و باز کردن ظروفی که فشار درون آنها کمتر است، استفاده می‌شود.

۵- اتوکلاو و سایر وسایل استریل‌سازی موجود می‌باشد.

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 میکروارگانسیم‌های بسیار خطرناک نمی‌شود، اما

برای زنان باردار خطرآفرین است.

سطح ۲ ایمنی آزمایشگاهی

این آزمایشگاه‌ها برای کار با ارگانسیم‌های بیماری‌زایی تجهیز می‌شود که راه‌های درمانی همچون واکسن

جهت پیشگیری از ابتلا به آنها موجود می‌باشد. به عنوان مثال در این آزمایشگاه‌ها می‌توان با بافت‌ها و مایعات بدنی

انسان، آدنووایروس‌ها، استافیلوکوکوس اورئوس، سودوموناس، C و B عوامل عفونت‌زایی مانند ویروس هپاتیت

آیروژینوزا کار کرد.

- اکثر کارها بر روی میزهای آزمایشگاهی انجام می‌گیرد.

- در صورتیکه کار بر روی نمونه سبب ایجاد آيروسل شده یا استریل ماندن نمونه مهم باشد از هودهای زیستی

استفاده می‌شود.

- افراد مشغول به کار در این آزمایشگاه‌ها باید از خطرات کار با ارگانسیم‌های موجود و نحوه کار با آن کاملاً

اطلاع داشته و آموزش‌های 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 می‌شود 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 ۳ ایمنی آزمایشگاهی

این آزمایشگاه‌ها جهت کار با میکروارگانیسم‌های گروه خطر ۳ و یا حجم زیادی از میکروارگانیسم‌های گروه خطر ۲ می‌باشد. میکروارگانیسم‌های بومی و ناشناخته یا عوامل عفونت‌زایی که از راه تنفسی منتقل می‌شوند و ممکنست بیماری‌های کشنده یا بسیار جدی ایجاد نمایند، بایستی در این آزمایشگاه‌ها مورد مطالعه قرار گیرند. به‌عنوان مثال مایکوباکتریوم توبرکلوزیس، کوکسیلابورنتی و ... در این دسته قرار می‌گیرند.

- این آزمایشگاه‌ها از سایر راهروهای ساختمان جدا شده‌اند 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 می‌شوند.

- پنجره‌ها همواره بسته است و منفذی به بیرون ندارد.

- دارای اتوکلاو برای استریل سازی مواد آلوده می‌باشند.

- کلیه کارها زیر هود انجام می‌شود.

- زباله‌ها قبل از خروج، آلودگی‌زدایی می‌شوند.

- شیر دستشویی موجود در این آزمایشگاه‌ها باید به صورت اتوماتیک کنترل شده و نزدیک به درب خروجی باشد.

تمام افراد قبل از شروع کار، آزمون‌های پزشکی کامل را می‌گذرانند و به طور مرتب نیز از نظر سلامت کنترل می‌شوند.

سطح ۴ ایمنی آزمایشگاهی

این آزمایشگاه‌ها بیشترین ایمنی را فراهم می‌کند و خطرات را بسیار محدود می‌سازند. عوامل به شدت عفونت‌زا 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 می‌گیرند. ابولا، ویروس، Sin Nombre عامل تب Rift Valley از جمله این میکروارگانیسم‌ها هستند. علاوه بر مشخصات آزمایشگاه‌های ایمنی سطح ۳ این آزمایشگاه‌ها باید معیارهای زیر را رعایت نمایند:

- این آزمایشگاهها از سایر نقاط ساختمان جدا هستند.
- ورود و خروج افراد کاملاً 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 آزمایشگاههایی 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.
- لباس های کارکنان این آزمایشگاهها با سایرین متفاوت است و از ماسک های 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 بیماری زایی دارند (جدول ۱). 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 ۱) رده بندی میکروارگانیسم های بیماری زا از نظر میزان عفونت زایی

گروه خطر ۱	میکروارگانیسم هایی که برای انسان و حیوانات بیماری زایی ندارند.
گروه خطر ۲	پاتوژن هایی که می توانند سبب بیماری های 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 ۳	پاتوژن هایی که سبب بیماری های شدید و خطرناک در انسان و حیوان می شوند ولی قابل انتقال به سایر افراد نیستند. برای این دسته از ارگانیسم ها نیز راه های درمانی شناخته شده است.
گروه خطر ۴	پاتوژن هایی که نه تنها سبب بروز بیماری های خطرناک انسانی و حیوانی می شوند بلکه به سادگی از یک فرد به سایر افراد منتقل می شوند. معمولاً راه های 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 ۲ می‌باشد، نیازمند آزمایشگاهی با سطح ایمنی ۲ است. اما چنانچه یکی از فرآیندهای کار در آزمایشگاه خطرات احتمالی زیادی به همراه داشته باشد مثلاً حجم زیادی از آبروسل‌های آلوده تولید کند، باید از امکانات آزمایشگاهی با سطح ایمنی ۳ استفاده نمود تا فضای آزمایشگاه آلوده نشود.

فصل دوم:

تجهيزات آزمایشگاهی

۱- هودهای زیستی

هودهای زیستی برای حفاظت کارکنان، محیط آزمایشگاه و ابزار کار از آلوده شدن ذرات آيروسل و قطرات ریزی است که هنگام کار با مواد حاوی عوامل پاتوژن مانند محیط‌های کشت و نمونه‌های تهیه شده از بیماران ممکنست ایجاد شوند. ذرات آيروسل توسط هر فرآیندی که سبب ورود انرژی به مواد محلول یا نیمه محلول می‌شود، تولید می‌گردند. به عنوان مثال شیک کردن، انتقال مایعات از یک ظرف به ظرف دیگر، مخلوط کردن مواد توسط چرخاندن با مگنت و... همگی می‌توانند سبب تولید ذرات آيروسل و قطرات ریز شوند. فعالیت‌های دیگر آزمایشگاهی نظیر کشت باکتری بر روی محیط‌های جامد دارای آگار، تلقیح محیط‌های کشت با پیپت، مخلوط کردن مایعات حاوی عوامل عفونت‌زا با پیپت، هموژنایز کردن (همگن سازی)، ورتکس کردن، سانتریفوژ و اسپین کردن مایعات آلوده همچنین کار با حیوانات زنده می‌تواند آيروسل‌های آلوده کننده ایجاد نماید. آيروسل‌هایی با قطر کمتر از ۵ میکرومتر و قطرات ریز مایع با قطر ۱۰۰-۵ میکرومتر توسط چشم غیر مسلح قابل رویت نیستند. کارکنان یک آزمایشگاه معمولاً از وجود چنین ذراتی که می‌توانند سطوح کار و ابزار آزمایشگاه را آلوده نموده یا مستقیماً توسط کارکنان تنفس شوند، آگاهی ندارند. هودهای زیستی چنانچه درست استفاده شوند، می‌توانند 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 یافته‌اند که یکی از مهمترین این موارد پیدایش فیلترهای HEPA (فیلترهای جذب کننده ذرات هوا با کارایی بالا) بوده است. این فیلترها قادرند ۹۹/۹۷٪ ذرات با قطر ۰/۳ میکرومتر و ۹۹/۹۹٪ ذرات با قطر بیشتر یا کمتر از این حد را جذب نمایند. این فیلترها با کارایی بالا تمام عوامل عفونی که تا کنون شناسایی شده‌اند را جذب کرده و تنها هوای سالم و عاری از هر آلودگی را بیرون می‌دهند.

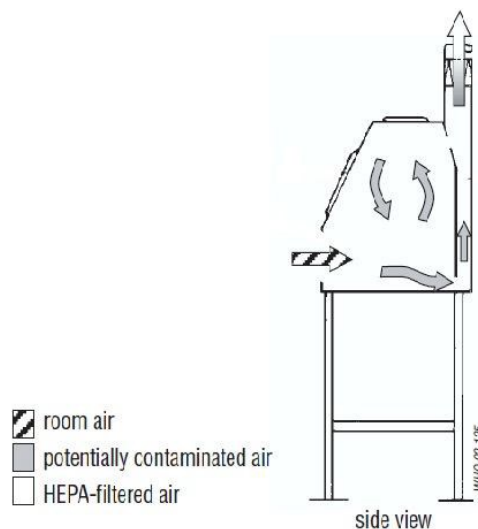
هودها به سه گروه تقسیم می‌شوند و هر کدام قادرند سبب حفاظت نسبت به دسته بخصوصی از پاتوژن‌ها شوند.

جدول زیر این دسته بندی را نشان می دهد.

نوع هود بیولوژیک	نوع ایمنی مورد نیاز
کلاس I، II، III	حفاظت از پرسنل، میکروارگانیسم های گروه خطر ۱، ۲، ۳
کلاس III	حفاظت از پرسنل، میکروارگانیسم های گروه خطر ۴
کلاس II، III	حفاظت از نمونه هنگام کار

کلاس I هودهای زیستی

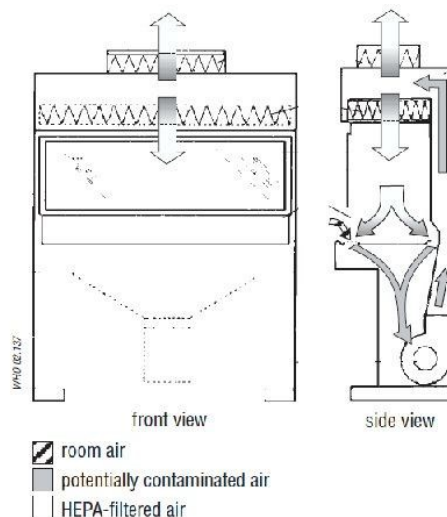
شکل ۱ یک هود کلاس I را نشان می دهد. هوای اتاق از شکاف جلوی هود وارد شده، از سطح کار رد می شود و در نهایت از قسمت فوقانی خارج می گردد. چنانچه هنگام کار با نمونه، ذرات آيروسل یا قطرات آلاینده ایجاد شوند، جریان هوا آنها را به سمت کانال خروجی برده و مانع آلوده شدن فرد هنگام کار می شود. هر فرد می تواند هنگام کار دست های 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 تبخیرپذیری 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 ۱: هود کلاس I زیستی

کلاس II هودهای زیستی

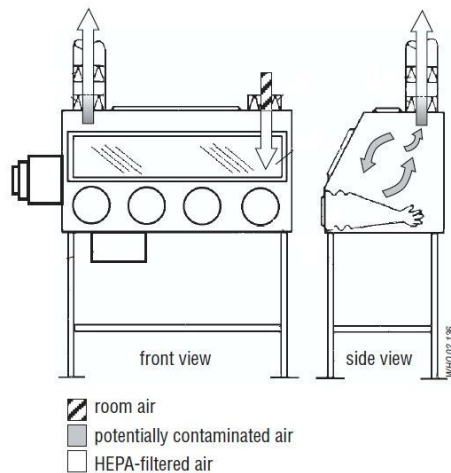
هنگام کار با سلول‌های یوکاریوت یا بافت‌ها، ورود هوای آزمایشگاه به درون کابینت‌های زیستی به هیچ وجه مناسب نه تنها سبب حفاظت II نمی‌باشد زیرا سبب آلوده شدن نمونه با عوامل موجود در محیط می‌گردد. هودهای کلاس کارکنان از آلودگی می‌شوند، بلکه می‌توانند فضای کار و نمونه‌های مورد مطالعه را نیز از آلوده شدن توسط ذرات موجود در هوا حفظ کنند. این هودها خود به ۴ دسته (A1, A2, B1, B2) تقسیم می‌شوند و تنها اجازه می‌دهند هوای استریل (هوایی که از فیلتر HEPA رد شده است) وارد فضای کار شود. از این هودها می‌توان هنگام کار با پاتوژن‌های گروه‌های خطر ۲ و ۳ استفاده نمود. شکل ۲ نمونه‌ای از این هودها را نشان می‌دهد.



شکل ۲: هود کلاس II زیستی

کلاس III هودهای زیستی

شکل ۳ یک هود کلاس III را با بیشترین حفاظت از پرسنل نشان می‌دهد. تمام منافذ این هودها بسته شده است و هیچ تبادلی با هوای محیط به صورت مستقیم انجام نمی‌شود. هوای ورودی از فیلتر هپا رد شده و هوای خروجی از دو فیلتر عبور می‌نماید. افراد هنگام کار از طریق دستکش‌های بسیار ضخیم لاستیکی به فضای داخل هود دسترسی دارند که انتهایشان کاملاً بسته است. از این هودها هنگام کار با عوامل بسیار خطرناک نظیر ویروس HIV و هپاتیت استفاده می‌شود.



شکل ۳: هود کلاس ۳ زیستی

نکات ایمنی جهت کار با هودهای زیستی

- جریان هوای ورودی به داخل هود می‌تواند در اثر حرکات، رفت و آمدهای افراد نزدیک به هود، باز و بسته شدن درها و پنجره‌های 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 ۳۰-۳۵ سانتی‌متر 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 ۱ دقیقه بعد از وارد نمودن دست‌ها آغاز شود تا جریان هوای داخل هود به حالت طبیعی برگردد.
- وسایل و مواد کار از 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 ۷۰٪ ضدعفونی نمود.
- در صورت کار با مایعات آلوده مانند نمونه‌های خون بهتر است سطح زیر هود با لایه‌های جاذب استریل پوشانده شود تا در صورت 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 لایه‌های جاذب آلوده شده را اتوکلاو کرد.
- پس از اتمام کار، تمام وسایل و محیط‌های کشت از محفظه هود خارج شوند. هود محل نگهداری وسایل و مواد بیولوژیک نمی‌باشد.
- قبل و بعد از استفاده از هود، سطح کار با الکل ۷۰٪ تمیز شود.
- در پایان یک روز کاری باید تمام سطوح هود همچنین پشت و جلوی شیشه را با الکل ۷۰٪ یا مایع سفید کننده رقیق شده (۱۰٪) ضد عفونی کرد. چنانچه برای پاکسازی نهایی از مایع سفید کننده استفاده می‌شود، باید سطوح را با یک دستمال جاذب کاملاً خشک نمود.
- لازمست ۵ دقیقه بعد از اتمام کار، هود را روشن بگذارید.
- در صورت آلوده شدن فیلتر، باید آنرا تعویض نمود اما قبل از آن عملیات ضد عفونی 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 می‌شوند، به هیچ عنوان کارکنان یا فضای آزمایشگاه را حفاظت نمی‌کنند. در این نوع هودها جریان پاکیزه‌ای از هوا به صورت افقی (و گاه عمودی) از

داخل به خارج می‌وزد و سبب حفاظت قابل توجه نمونه از آلوده شدن می‌گردد. هنگام کار با این هودها بهتر است به نکات زیر توجه شود:

- از کارکردن با مواد شیمیایی یا زیستی خطرناک خودداری شود.
- آيروسل‌ها و ذرات تولید شده توسط یک نمونه آلوده، مستقیماً به فرد یا محیط آزمایشگاه منتقل می‌گردند.
- ذرات آلرژن و آيروسل‌های عفونت‌زا ایجاد شده توسط کشت‌های سلولی ممکنست سبب آلودگی افراد شوند.

۲- پیپت

از پیپت برای برداشتن مایعات استفاده می‌گردد. 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 آيروسل تولید شده نیز در این حالت تنفس می‌گردند. قرار دادن پنبه یا اجسام جاذب دیگر در نوک پیپت‌ها خطر ورود آلودگی به دهان را کاهش نمی‌دهد. بنابراین لازمست برای جابه‌جا نمودن مایعات از پیپت‌های مکانیکی استفاده شود. جهت برداشتن حجم اندک از مایعات از پیپت‌های 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 می‌شود.
- 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 نمونه‌های حساس بدنه پیپت را با دستمال و الکل ۷۰٪ 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 پیپت‌ها قابل اتوکلاو باشند می‌توان 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 آبروسل‌ها نیز تولید گردند. بنابراین جهت حفظ ایمنی لازمست از جلوگیری 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.

۳- سانتریفوژ

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

- 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.

- لوله‌های مقابل هم باید دارای بالانس وزنی دقیق باشند.

- لوله‌ها باید دارای جدار ضخیم بوده و در برابر فشار ایجاد شده در دوره‌های بالا مقاومت کافی داشته باشند.

- قبل از شروع کار باید جداره لوله‌ها را کنترل نمود و مطمئن شد که هیچ شکافی در آنها وجود ندارد.

- درب لوله‌ها باید محکم و بدون نشت بسته شود. دربهای پیچی از این نظر مناسب ترند.

- لوله‌ها را نباید کاملاً پر کرد و سطح مایع تا لبه ظرف باید از فاصله مناسبی - که معمولاً در کتابچه راهنما گفته شده است- برخوردار باشد.

- چنانچه معادلی برای یک نمونه وجود ندارد باید از آب مقطر یا الکل ۷۰٪ 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 خوردگی بر فلز دارند.
- بعد از هر استفاده باید روتور و فضای داخل دستگاه را با دستمال آغشته به الکل ۷۰٪ تمیز نمود.
- هنگام کار با سانتریفوژ ذرات بسیار ریز آلاینده به اطراف پرتاب می‌شوند. سرعت این ذرات به قدری بالاست که از طریق منافذ سانتریفوژ را ترک کرده و به خارج راه پیدا می‌کنند. بنابراین چنانچه نمونه مورد مطالعه به شدت آلوده است باید سانتریفوژ را در زیر هود قرار داد.

۴- هموژنایز، شیکر و سونیکاتور

هموژنایزر

از این وسیله برای خرد کردن و همگن کردن نمونه‌های زیستی مانند بافت‌ها و نیز لیز کردن سلول‌ها استفاده می‌شود.

این دستگاه‌ها از روش‌های مختلفی جهت خرد کردن و بریدن نمونه استفاده می‌نمایند تا در پایان کار مخلوطی از ذرات با اندازه تقریباً 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 نمونه‌های زیستی مناسب نیستند. به عنوان مثال مخلوط کن (هموژنایزر) خانگی نمی‌تواند وسیله مناسبی در آزمایشگاه باشد زیرا به درستی عایق‌بندی نشده و ذرات ریز و آبروسل‌های فراوانی را به اطراف پرتاب می‌نماید. این در حالیست که وسایل آزمایشگاهی از تولید و انتقال این ذرات به محیط کاملاً جلوگیری کرده یا آنرا بسیار محدود می‌سازند. هنگام استفاده 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 ماده‌ای که قرار است توسط هموژنایزر خرد شود، درون ظروف شیشه‌ای قرار نگیرد.
- چنانچه ظرف حاوی ماده، شیشه‌ای است بهتر است آنرا درون ظرف دیگری قرار داد تا در صورت شکسته شدن ظرف مواد پخش نشود.

- این وسیله هنگام کار آبروسل تولید می‌کند 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 می‌شود و با توجه به نوع فرآیند مورد نظر شکل و طراحی متفاوتی دارد. هم زدن، مخلوط کردن مایعات موجود در فلاسک‌ها، فالكون‌ها و لوله‌های آزمایش را می‌توان به کمک این دستگاه انجام داد. مهمترین استفاده شیکر، کشت باکتری و انواع دیگر میکروارگانیسم است. هیپریدیزاسیون اسیدهای نوکلئیک، هم زدن مایعات، فرمانتاسیون از دیگر کاربردهای این وسیله است. شیکرها سبب می‌شوند شرایط موجود در یک نمونه یکنواخت و یکدست بماند.

- این وسیله هنگام کار آبروسل تولید می‌کند 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 می‌نمایند.

سونیکاتورها دو خطر عمده دارند:

الف) آبروسل‌های فراوانی تولید می‌کنند زیرا حجم زیادی از انرژی وارد مایع می‌شود.

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 آبروسل‌های کمتری در محیط پخش شوند.

- هنگام کار از ماسک‌های صورت استفاده شود.

- چنانچه نوک سونیکاتور به عمق کافی درون مایع فرو رود، مقدار آبروسل‌ها کاهش می‌یابد.

- چنانچه سونیکاتور در یک محفظه مقاوم به صوت قرار ندارد، حتما از گوشی‌های محافظ استفاده گردد.

- در اتاقی که افراد فاقد گوشی محافظ می‌باشند سونیکاسیون انجام نگیرد.

- درب اتاق هنگام سونیکاسیون بسته شود.

- پس از اتمام کار ماسک‌ها و محفظه اطراف سونیکاتور ضد عفونی گردد.

۵- یخچال و فریزر

یخچال‌ها و فریزرها 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 نمونه‌ها 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 محفظه‌های نگهداری یخ خشک باید به طور مرتب یخ‌زدایی و تمیز شوند.

- استفاده از عینک و دستکش‌های ضخیم لاستیکی توصیه می‌شود.

- آمپول‌ها، ظروف شکسته و نمونه‌های 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 شیشه‌ای 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 ذخیره‌سازی باید به دقت و به طور واضح بر روی ظرف درج شود. تمام ظروف و نمونه‌های نامشخص و

ناشناس پس از اتوکلاو شدن، دور ریخته می‌شوند.

- فهرستی از نمونه‌های 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.

۶- اتوکلاو

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

- تمام دریچه‌ها را قبل از روشن کردن اتوکلاو کنترل کنید تا در وضعیت مناسب قرار داشته باشند.
- موادی که بسیار سریع تبخیر شده (اتانول، کلروفرم) و یا قابل اشتعال هستند را نباید اتوکلاو کرد.
- اتوکلاو نمودن مواد خورنده (اسیدها و بازها، فنل)، حلال‌ها و مواد رادیواکتیو ممنوع است.
- موادی که اتوکلاو می‌شوند بایست در ظروفی قرار داده شوند که انتقال بخار و حرارت ممکن باشد.
- چنانچه ظرف حاوی ماده، درب‌دار 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 پیچ‌های 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 ۸۰ درجه سانتیگراد است نباید به هیچ‌وجه درب اتوکلاو را باز نمود.

- بخار اتوکلاو باید به تدریج و به آرامی خارج شود این امر به خصوص زمانیکه مایعات اتوکلاو شده‌اند دارای اهمیت است. حرارت بالا سبب جوشیدن مایعات می‌شود و باز کردن ناگهانی درب یا خارج کردن سریع بخار می‌تواند سبب سرریز شدن مایعات در حال جوش شود.
- هنگام باز کردن اتوکلاو، حتی زمانیکه دمای آن پایین‌تر از ۸۰ 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.

۷- نیتروژن مایع

نیتروژن مایع دارای نقطه جوش ۱۹۶- درجه می‌باشد و در تماس با پوست می‌تواند سبب یخ‌زدگی، سوختگی و حتی زخم‌های ناشی از سرما شود. علیرغم ماهیت غیر سمی و خنثی نیتروژن، تنفس بخار آن می‌تواند سبب کاهش اکسیژن رسانی، سرگیجه، تهوع، استفراغ و در مواجهه شدید سبب مرگ شود. ریختن نیتروژن مایع در یک ظرف گرم‌تر همچنین فرورودن ظروف و ویال‌ها در آن سبب جوشیدن و پاشیدن قطرات نیتروژن می‌شود. 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 می‌تواند 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 بچسبند.

- ظروفی که برای کار در دمای معمول آزمایشگاهی ساخته شده‌اند، ممکنست در دماهای پایین ترک خورده یا بشکنند.

- ظروفی که برای نگهداری در نیتروژن مایع نیز ساخته می‌شوند ممکنست در اثر تغییر دمایی شدید دچار ترک خوردگی شده و گاه بشکنند.

- حتماً از دستکش مخصوص که غیر قابل نفوذ برای نیتروژن است، استفاده گردد.

- دستکش‌ها باید قدری بزرگتر انتخاب شوند تا در اثر ریختن نیتروژن درون آنها به راحتی در آورده شوند.

- حتماً هنگام کار از عینک و ماسک صورت استفاده شود.

۸- ورتکس- اسپین

از این وسیله برای مخلوط کردن شدید مایعات یا جمع کردن ذرات و قطرات مایع در ته یک ویال استفاده می‌شود. 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 ویال‌ها وجود داشته باشد. در صورتیکه تعداد نمونه‌ها 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 حتماً 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 نمونه‌ها خودداری شود.

۹- صفحه گرم کننده (Hot Plate)

از صفحه گرم کننده جهت حرارت دادن مایعات تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد یا بیشتر استفاده می‌شود. هر صفحه گرم کننده جدید که خریداری می‌شود باید مورد واریسی قرار گیرد تا اطمینان حاصل شود که هنگام گرم کردن یا روشن و خاموش کردن جرقه نمی‌زند. هنگام کار با این دستگاه بهتر است به نکات ایمنی زیر توجه شود:

- از تنظیم این دستگاه بر روی دماهای بیشتر از ۱۰۰ 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) جداً خودداری شود.

- از حرارت دادن حجم زیاد مایعات در ظروف درب‌دار خودداری شود. افزایش فشار درون ظرف سبب باز شدن خود به خودی درب ظرف و سر ریز شدن مایع می‌شود. در چنین حالتی باید یا حجم مایع را کاهش داده یا از حرارت دادن زیاد آن خودداری نمود.

۱۰- مایکروویو

از دستگاه مایکروویو جهت حرارت دادن و گرم کردن اجسام و مواد در زمان کوتاه استفاده می‌شود. این دستگاه با استفاده از انرژی امواج رادیویی کوتاه سبب گرم شدن اجسام می‌شود. استفاده از این دستگاه می‌تواند 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 می‌تواند سبب آسیب به دیواره‌های داخلی دستگاه شود.

- به طور مرتب نوارهای لاستیکی دور درب از نظر سالم بودن و تمیزی مورد واریسی 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 می‌شوند.

- 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 کاملاً بسته و بدون منفذ درون دستگاه قرار داده شوند. همچنین اگر جسم یا ماده مورد نظر درون کیسه‌های نایلونی قرار دارد، باید منافذی برای خروج بخار در آن تعبیه شود.
- ظروف فلزی و وسایل دارای اجزا فلزی و حتی فویل‌های آلومینیوم را نباید درون دستگاه قرار داد زیرا سبب جرقه زدن و آسیب به دستگاه می‌شود.
- 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 می‌شود.
- 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.

۱۱- کپسول‌های گاز

کپسول‌های گاز با توجه به نوع محتوای آن می‌تواند سمی، اشتعال‌پذیر، 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 کپسول‌ها باید در نهایت دقت انجام شود.

خطرات

- خفگی: این عارضه ممکنست در اثر آزاد شدن گازهای خنثی ایجاد شود. گازهای خنثی، بی‌رنگ و بی‌بو هستند و نشأت آنها به محیط قابل تشخیص نیست. افزایش حجم این گازها در فضای آزمایشگاه می‌تواند سبب

کاهش میزان اکسیژن شود. بنابراین چنانچه در آزمایشگاهی با فضای بسته از کپسول‌های گاز نگهداری می‌شود بهتر است از تجهیزات سنجش میزان اکسیژن استفاده شود.

- آتش‌سوزی و انفجار: این عارضه در مورد گازهای اشتعال‌پذیر و اکسید کننده مانند اکسیژن رخ می‌دهد. گازهای اشتعال‌پذیر ممکنست در اثر تجمع الکتریسیته ساکن و یا حرارت دیدن (در اثر نزدیکی به یک شعله یا دستگاه گرم کننده) جرقه زده و شعله‌ور شوند. اکسیژن و سایر گازهای اکسید کننده خودشان نمی‌سوزند اما باعث اشتعال مواد آلی می‌شوند. تجمع گازهای اکسید کننده، سوختن مواد دیگر را تسهیل می‌کند. به عبارت دیگر موادی که در شرایط طبیعی اشتعال‌پذیر نیستند در فضای دارای غلظت‌های بالای اکسیژن ممکنست شروع به سوختن نمایند.

- سوختگی: گازهای خورنده می‌توانند سبب از بین رفتن بسیاری از مواد حتی پارچه‌های مقاوم به آتش شوند. برخی از گازها در حالت خالص خود خورنده نیستند ولی در اثر ترکیب با اندکی رطوبت بسیار خطرناک می‌شوند. گازهای خورنده اثرات بسیار شدیدی بر روی پوست، چشم و مخاط بدن می‌گذارند.

- سمیت: این عارضه در مورد گازهای سمی دیده می‌شود. مسمومیت‌های بسیار شدید حتی در غلظت‌های کم این گازها دیده می‌شود. 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 کمر بند ایمنی هستند، استفاده شود.

- هر کپسول دارای کلاهکی است که از دریچه خروج گاز در برابر آسیب‌های وارده محافظت می‌کند.

بنابراین تا زمانی که 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 حتماً یک دستگاه تنظیم کننده فشار گاز (رگولاتور) بر روی دریچه نصب شود.

- دریچه در مواقعی که استفاده نمی‌شود، باید کاملاً بسته بماند.

- چنانچه به صورت طولانی مدت از کپسولی استفاده نمی‌شود، باید کلاhek را مجدداً روی آن قرار داد.
- حتماً 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.
- لوله‌های انتقال گاز باید مرتب وارسی شوند تا از سالم بودن آنها اطمینان حاصل شود.
- کپسول‌هایی که برای مدت زمان بیشتر از ۳۶ ماه ذخیره شده‌اند، نباید مورد استفاده قرار گیرند.
- کپسول‌ها نباید در نزدیکی آسانسورها، دستگاه‌های تهویه هوا و هر منفذی که سبب پخش شدن گاز به سایر مناطق ساختمان می‌شود، قرار داده شوند.
- دریچه خروج گاز باید همیشه به آرامی باز شود و از باز کردن ناگهانی آن پرهیز شود.
- کپسول‌ها در فضاهایی با تهویه مناسب و دمای متعادل قرار داده شوند. همچنین از بالا رفتن دمای این اتاق‌ها باید جلوگیری نمود.
- کپسول‌ها 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 کپسول‌های گازهای خورنده قرار گیرد.

۱۲- میکروتوم

- میکروتوم وسیله‌ای برای تهیه برش‌های بسیار نازک از یک نمونه زیستی است. این دستگاه دارای تیغه‌ای از جنس شیشه، استیل و گاه الماس می‌باشد و برش‌هایی که ایجاد می‌کند به حدی نازک است که می‌توانند نور را از خود عبور دهند. کار با این وسیله نیازمند دقت بسیار است زیرا تیغه تیز آن می‌تواند سبب آسیب‌های جدی در ناحیه دست و انگشت‌ها شود.
- تیغه‌ها 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 جابه‌جا 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 می‌کنید 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 می‌کنید مطمئن شوید کاملاً محکم شده است. اکثر اتفاقات زمانی رخ می‌دهد که تیغه محکم نشده و بر روی دست فرد می‌افتد.

فصل سوم:

پوشش و تجهیزات ایمنی شخصی

پوشش مناسب پرسنل هنگام کار می‌تواند به عنوان یک مانع عمل کرده و تا حد زیادی خطر مواجهه افراد با آبروسل‌ها، قطرات پرتاب شونده و عوامل آسیب رسان که ناگهان و اتفاقی آزاد می‌شوند را کاهش دهند. نوع پوشش هنگام کار با توجه به نوع فرآیند در دست انجام، نوع نمونه و خطرات آن تعیین می‌شود. 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 کاملاً شسته شوند.

۱- روپوش‌ها و پیش‌بندهای آزمایشگاهی

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

۲- عینک‌های 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 دیواره‌های جانبی کل فضای چشم را محافظت می‌نماید. با این حال عینک‌ها 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.

۳- ماسک‌های تنفسی

مجاری تنفسی همواره در خطر آلوده شدن با مایعات و گازهای خطرناک هستند به عنوان مثال عملیات پاکسازی مایعات آلوده‌ای که در فضای 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

میکروارگانیزمها حفاظت می‌کند. هنگام کار باید ماسک را به درستی بر روی صورت نصب کرد تا هوا از کناره‌های ماسک وارد مجاری تنفسی نشود. ماسک‌های پارچه‌ای 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.

۴- 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 (دستکش‌های جراحی) به وفور در انواع کارها مانند جابه‌جا نمودن مایعات آلوده به پاتوژن، خون و سایر مایعات بدن استفاده می‌شوند. بعد از اتمام کار با نمونه‌های آلوده و قبل از ترک آزمایشگاه باید دستکش‌ها را خارج کرده و دست‌ها به دقت با مواد شوینده شسته شوند. دستکش‌های مصرف شده همراه با زباله‌های بیولوژیک آلوده دور انداخته می‌شوند تا مورد پاکسازی قرار گیرند.

موارد متعددی از بیماری‌های پوستی، درماتیت و حساسیت‌های شدید در کارکنانی که از دستکش‌های لاتکس (به خصوص لاتکس‌های دارای پودر) استفاده می‌کنند، دیده شده است. بنابراین بهتر است انواع دیگری از دستکش مورد استفاده قرار گیرد. برخی دستکش‌ها دارای شبکه‌ای از استیل ضد زنگ می‌باشند که هنگام کار با وسایل تیز و برنده مانند میکروتوم‌ها پوشیده می‌شوند. 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 می‌کنند. جمع‌آوری، جا به جایی و کار نامناسب با نمونه‌ها خطرات فراوانی برای پرسنل به همراه داشته و آنها را در خطر ابتلا به عوامل عفونی قرار می‌دهد. در مبحث حاضر در مورد روش‌هایی صحبت می‌گردد که سبب کاهش یا حذف مشکلات کار در آزمایشگاه‌های میکروبیولوژی می‌شود.

• ظروف نگهداری نمونه‌ها

نمونه‌ها باید در ظروف شیشه‌ای یا پلاستیکی مناسبی که دارای جداره‌های کاملاً سالمی است، قرار داده شوند تا مایعات به بیرون نشت نکنند. درب این ظروف باید به طور کامل بسته شود. هیچ مایع یا قطره‌ای از آن نباید سطح خارجی ظرف را آلوده کند. مشخصات نمونه و فردی که با آن کار می‌کند بر روی ظروف برجسب‌گذاری شود. چنانچه نمونه دارای یک برگه اطلاعاتی است نباید آنرا مستقیماً به جداره ظرف چسباند. برگه‌های حاوی اطلاعات بایستی در پوشش‌های مقاوم به آب قرار گرفته و جداگانه نگهداری شوند.

• جابه‌جا نمودن نمونه‌ها

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 می‌کنند 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 نمونه‌های میکروبیولوژیک

- هنگام استفاده از لوپ‌های کشت باکتری، لوپ باید قطری معادل ۲-۳ میلی‌متر داشته و حلقه آن کاملاً بسته باشد تا پس از برداشتن نمونه و قبل از کشت دادن آن، قطرات ریزی از آن بر روی سطح نچکد.

- هنگام خشک کردن نمونه‌ها بر روی لام دقت کافی انجام شود تا حداقل میزان آبروسل‌ها تشکیل شود.

- نمونه‌ها یا محیط‌های کشت حاوی باکتری قبل از دور ریختن در ظرف حاوی محلول ساو لن ۱۰٪ برای مدت زمان مناسب ریخته شوند یا قبل از خروج از آزمایشگاه اتوکلاو گردند.

- پس از پایان کار با نمونه‌های میکروبی سطوح کار را با یک ماده ضد عفونی کننده مانند سفید کننده یا ساو لن کاملاً تمیز شوند.

- هرگاه احتمال ریختن قطراتی به روی سطح میز وجود داشته باشد، سطوح با لایه‌هایی از کاغذ جاذب پوشانده شود.

- تیپ‌ها و پیپت‌های آلوده به باکتری قبل از دور انداختن باید به طور کامل در یک ماده ضد عفونی کننده مانند ساو لن ۱۰٪ غوطه‌ور شده، سپس اتوکلاو شوند.

اجتناب از بلع یا آلوده شدن پوست و چشم با نمونه‌های میکروبی

- قطرات و ذرات با قطر بزرگتر از ۵ میکرومتر ممکنست در حین کار با نمونه‌های میکروبی به اطراف پرتاب شوند. این قطرات به سرعت بر روی سطوح کار یا سطح بدن فرد می‌نشینند. بنابراین لازمست هنگام کار از روپوش و دستکش استفاده شود.

- دستکش‌ها باید روی میچ 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 نمی‌باشد.

- کارکنان باید از استفاده از هر گونه مواد آرایشی خودداری نمایند.

- چنانچه احتمالاً پرتاب ذرات به اطراف وجود داشته باشد، حتماً 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 شیشه‌ای وارد بدن شوند. بنابراین بهتر است ابزار شیشه‌ای به تدریج با ابزار مشابه پلاستیکی جایگزین گردند.

- سوزن‌ها، سرنگ‌ها، تیغ، پیپت پاستور و ظروف شیشه‌ای شکسته شده می‌توانند 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 محفظه‌های مخصوصی که برای آنها طراحی شده دور ریخته شوند. این محفظه‌ها بسیار مقاوم هستند و به راحتی شکسته نمی‌شوند.

باز کردن آمپول‌های حاوی نمونه‌های لیوفلیزه

هنگام باز کردن آمپول‌های حاوی نمونه باید دقت کافی به خرج داد زیرا فضای داخلی آمپول‌ها دارای فشار پایین‌تری است و ورود ناگهانی هوا می‌تواند سبب پخش شدن نمونه‌ها 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 ۷۰٪ 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 می‌گردد. بنابراین چنانچه لازمست آمپول حاوی

نمونه میکروبی در دماهای خیلی پایین نگهداری شود می‌توان از فریزرهای ۸۰- 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 می‌توانند منبعی برای انواع عفونت‌های شناخته شده و ناشناخته باشند.

- تمام عملیاتی که بر روی این نمونه انجام می‌گیرد 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.

- لوله‌های حاوی نمونه باید در محفظه‌های 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 نمونه‌ها زیر هودهای بیولوژیک و تنها توسط افراد مجرب انجام گیرد.

- باید توجه کرد که تثبیت (فیکساسیون) و رنگامیزی نمونه‌های خون، خلط و مدفوع باعث کشته شدن تمام

ارگانسیم‌ها و ویروس‌های آنها نمی‌شود. بنابراین هنگام استفاده، نگهداری و جا به جا نمودن آنها رعایت اقدامات ایمنی لازم است.

- بهتر است کار با این نمونه‌ها همیشه در قسمت مشخصی از فضای یک آزمایشگاه یا زیر هود معینی انجام شود.

- قبل از شروع کار، سطح کار با لایه‌ای از پلاستیک و سپس لایه‌ای از کاغذ جاذب پوشانده شود.

- در صورت آلوده شدن سطح کار با نمونه‌ها، باید از محلول هیپوکلریت و یا سایر مواد ضد عفونی کننده قوی

برای ضد عفونی کردن استفاده نمود. محلول هیپوکلریت (حاوی ۵ گرم کلرین در هر لیتر آب) تازه تهیه شده برای نمونه‌های خونی بسیار مناسب است.

- نمونه‌های آلوده و ظروف آلوده باید اتوکلاو شوند.

- افراد در ارتباط با این نمونه‌ها باید واکسینه شده و پیش از شروع کار آموزش‌های لازم را دیده باشند.

فصل ششم:

مقررات ایمنی کار با نمونه‌های حاوی پریون

پریون‌ها یا ویروس‌های آهسته عامل بیماری‌هایی مانند کرتسفلد-ژاکوب، انواع آنسفالوپاتی اسفنجی فرم، جنون گاوی، بیماری کورو در انسان و اسکرایی در گوسفند و بز و... می‌باشند. 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 می‌شود. مطالعات حیوانات بیمار نشان می‌دهد که بافت‌های طحال، تیموس، گره‌های لنفاوی و شش‌ها نیز مقادیر قابل توجهی از این عامل پاتوژن را دارا هستند. به تازگی مشخص شده که ماهیچه‌های اسکلتی نیز احتمالاً دارای این عوامل هستند.

غیرفعال‌سازی کامل این عوامل بسیار مشکل بوده و بهتر است وسایل کار با این عوامل یک بار مصرف بوده حتی سطوح کار با پوشش‌های یکبار مصرف پوشانده شوند.

- از آنجا که پریون‌ها توسط روش‌های معمول استریل کردن و ضد عفونی نمودن کشته نمی‌شوند، هنگام کار باید بسیار با دقت عمل نمود تا سطح پوست به هیچ عنوان با نمونه‌ها آلوده نشود.

- وسایل کار با این نمونه‌ها اختصاصی بوده و به هیچ وجه جهت کار با سایر نمونه‌ها 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 آيروسل‌ها 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 نمونه‌های بافتی پس از ۱ ساعت انکوباسیون در اسید فرمیک ۹۶٪ تا حدی غیر فعال می‌شوند.

- زباله‌های آلوده به پریون‌ها و دستکش‌ها و روپوش‌ها باید در دمای ۱۳۴-۱۳۴ درجه سانتیگراد به مدت ۱۸ دقیقه اتوکلاو شده و سپس سوزانده شوند.

- مایعات آلوده به پریون باید به مدت ۱ ساعت در هیپوکلریت سدیم ۲٪ ضد عفونی گردند.
- بخار پارافرمالدهید و اشعه UV نمی‌توانند 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 ۲٪ ضد عفونی نمایید.
- فیلترهای هپا آلوده به پریون‌ها باید در حداقل دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد سوزانده شود.
- وسایل آزمایشگاهی آلوده شده که قابل دور انداختن نیستند باید به دقت به مدت ۱ ساعت در هیپوکلریت سدیم ۲٪ غوطه‌ور شده، سپس با آب فراوان شسته شده و اتوکلاو گردد.
- لوازمی که قابل اتوکلاو نیستند باید در چند نوبت با هیپوکلریت سدیم ۲٪ و هر بار به مدت ۱ ساعت ضد عفونی شوند و در آخر با آب شسته شوند.

فصل هفتم:

مقررات ایمنی کار با DNA نو ترکیب

تکنولوژی DNA نو ترکیب 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 نگرانی‌هایی در مورد خصوصیات نامطلوب و غیرقابل پیش‌بینی چنین ارگانیسم‌هایی به خصوص در صورت آزاد شدن ناگهانی آنها در طبیعت وجود دارد. از تکنولوژی DNA نو ترکیب برای کلون نمودن ژن‌ها درون میزبان‌های بیان پروتئین، مهندسی متابولیک، تولید گیاهان و جانوران ترانسژنیک و جانداران Knock-out استفاده می‌شود. ماهیت ارگانیسم دست‌ساز شده، ماهیت قطعه ژنی منتقل شده، خصوصیات و شرایط نگهداری و کار با ارگانیسم جدید بسیار مهم می‌باشد. دست‌ساز ژنتیکی ممکنست خصوصیات جدید و ناشناخته‌ای را به ارگانیسم میزبان بدهد. بنابراین رعایت اصول ایمنی در تمام مراحل دست‌ساز ژنتیکی ضروری است تا اثرات منفی این مطالعات به حداقل برسد.

- کار با سیستم‌های بیانی جهت تولید پروتئین نو ترکیب

سیستم‌های بیانی شامل یک ارگانیسم میزبان و یک وکتور یا ناقل است. ژن‌های مورد نظر در ناقل کلون شده و وارد میزبان می‌شود E coli یکی از معمول‌ترین باکتری‌هایی است که به عنوان میزبان بیانی استفاده می‌شود. این باکتری غیرپاتوژن بوده و نمی‌تواند برای انسان‌ها و حیوانات سالم بیماری‌زا باشد. بعد از انجام دست‌سازهای مهندسی ژنتیک، لازمست اصول ایمنی رعایت شود.

- چنانچه ژن ورودی از یک باکتری یا ارگانیسم دیگر پاتوژن، جداسازی شده باشد، ممکنست باعث افزایش حالت تهجمی 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 می‌شود.

- 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 آدنوویروس‌ها، لنتی ویروس‌ها و... برای انتقال ژن به سلول‌ها بسیار به کار گرفته می‌شوند. چنین ویروس‌هایی فاقد برخی ژن‌های دخیل در تکثیر و همانندسازی می‌باشند و در سلول‌هایی که این

نقص را جبران می‌کنند، قابل تکثیر هستند. چنین ویروس‌هایی ممکنست در اثر نوترکیبی با سایر ویروس‌ها 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 کاملاً 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 نمی‌شوند.

به عنوان مثال جانوران ترانسژنی تولید شده‌اند که رسپتور ویروس‌هایی را که به طور طبیعی قادر به آلوده سازی آنگونه نبودند، بیان می‌کنند. 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 می‌کنند. 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 نمی‌شوند. به نظر نمی‌رسد فرار چنین موش‌هایی از آزمایشگاه سبب ایجاد مخزن جدیدی از ویروس پولیو شود.

بنابراین با توجه به مثال‌های فوق باید ذکر کرد که تصمیم‌گیری 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 آلوده‌سازی 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 می‌کنند، نگرانی‌های بسیاری را به دنبال آورده‌اند. میزان ایمنی غذاهای تهیه شده از این گیاهان، تبعات اکولوژیک این گیاهان در دراز مدت، خطر

انتقال این ژن‌ها به حشرات و سایر گونه‌های گیاهی از طریق پراکنده شدن دانه‌های گرده و ... از جمله مباحث نگران کننده تولید این گیاهان است.

همچنین گیاهان ترانسژنی تولید شده‌اند که ژن‌هایی با منشا انسانی یا حیوانی را بیان کرده و محصول آنها در صنایع 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 ارگانسیم‌های تغییر یافته ژنتیکی

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

۱- خطراتی که مستقیماً از ژن ورودی (ارگانسیم دهنده) ایجاد می‌شود.

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

- سموم
- سیتوکین‌ها
- هورمون‌ها
- تنظیم کننده‌های بیان ژن
- فاکتورهای ویروالانس و تهاجم
- انکوژن‌ها
- ژن‌های مقاومت به آنتی بیوتیک
- آلرژن‌ها

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

۲- خطراتی که از ارگانسیم گیرنده (میزبان) ایجاد می‌شود.

- میزان آسیب پذیری میزبان

- میزان بیماری‌زایی گونه میزبان شامل ویرولانسی، عفونت‌زایی و تولید سموم
- میزان تغییر ایجاد شده در میزبان
- وضعیت سیستم ایمنی میزبان
- تبعات مواجهه با GMO ایجاد شده

۳- خطراتی که از تغییر صفات بیماری‌زایی میزبان حاصل می‌شود.

گاهی محصول یک ژن به تنهایی آسیب رسان نیست ولی اثرات منفی آن زمانی ایجاد می‌شود که خصوصیات بیماری‌زایی میزبان را تغییر می‌دهند. 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 عفونت‌زایی 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 ارگانسیم دهنده بوده است؟
- اگر ژن ورودی مسوول بیماری‌زایی در ارگانسیم دهنده بوده، آیا همچنان می‌تواند در میزبان سبب بیماری‌زایی شود؟
- آیا ابتلا به این عفونت، درمانی هم دارد؟
- آیا حساسیت ارگانسیم میزبان نسبت به آنتی بیوتیک‌ها تغییر کرده است؟
- آیا راهی برای نابودی و ریشه کنی ارگانسیم تغییر یافته وجود دارد؟

فصل هشتم:

اقدامات فوریتی

در تمام آزمایشگاه‌هایی که با نمونه‌های زیستی اعم از میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، حیوانات آزمایشگاهی یا نمونه‌های بافتی و مایعات بدن انسان و حیوانات و... انجام می‌شود، 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 پوشش‌های 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 آئروسول‌ها از مایعات آلوده

تمام پرسنل باید سریعاً فضای آلوده شده را ترک نموده و افرادی که در معرض آلودگی بوده‌اند به مراکز درمانی مراجعه کنند. هیچکس تا یک ساعت پس از آزاد شدن آئروسول‌های آلوده حق ورود به اتاق را ندارد تا ذرات بسیار ریز در فضا پراکنده شده و تراکشان کاهش یافته و ذرات بزرگتر و سنگین‌تر بر روی سطوح رسوب نمایند. اگر اتاق آلوده شده فاقد سیستم تهویه مرکزی است ورود به اتاق باید با تاخیر بسیار طولانی‌تر (۲۴ 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 نمونه‌های 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 حوله‌های کاغذی پوشاند. مواد ضد عفونی کننده باید بر روی این لایه‌ها ریخته شوند و

برای مدت زمان کافی باقی بمانند. پس از گذشت زمان کافی می‌توان قطعات ظروف شکسته و لایه‌های جاذب را جمع‌آوری نمود. سطح آلوده را باید مجدداً با مواد ضدعفونی‌کننده شستشو داد. وسایلی که حین فرآیند پاکسازی آلوده شده‌اند باید ابتدا توسط مواد مربوطه ضدعفونی شده و در آخر اتوکلاو شوند. در تمام مراحل پوشیدن دستکش ضروری است.

- شکسته شدن لوله‌های حاوی نمونه‌های آلوده هنگام سانتریفوژ نمودن

چنانچه حین حرکت سانتریفوژ یکی از لوله‌ها شکسته یا حتی احتمال می‌رود 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 لوله‌ها واقعاً شکسته شده باید درب سانتریفوژ را برای مدت نیم ساعت دیگر بسته نگه داشت.

برای عملیات پاکسازی بهتر است از دستکش‌های ضخیم لاستیکی که بر روی آنها دستکش‌های یکبار مصرف پوشیده شده است، استفاده شود. به کمک پنس و پنبه قطعات لوله شکسته شده و مایعات ریخته درون سانتریفوژ را جمع‌آوری گردد. قطعات لوله‌های شکسته شده، روتور و درب آن و سایر اجزا متحرک دستگاه در مایع ضد عفونی‌کننده قرار داده شود. سایر لوله‌های سالم نیز به طور جداگانه (در ظرف دیگری) در همان ماده ضد عفونی‌کننده قرار داده می‌شوند. سطح داخلی دستگاه باید با دستمال آغشته به ماده ضد عفونی‌کننده 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 میکروارگانیسمها را بکشد یا رشد و تکثیرشان را محدود نماید.

Antiseptic : ماده‌ای که می‌تواند جلوی رشد و تکثیر میکروارگانیسمها را بگیرد اما لزوماً آنها را نمی‌کشد.

این مواد برای ضدعفونی کردن سطح بدن استفاده می‌شوند.

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

Chemical germicide : یک ماده شیمیایی یا ترکیبی از مواد شیمیایی که می‌توانند میکروارگانیسمها را

از بین ببرند.

Decontamination : هر فرآیندی که سبب حذف یا از بین رفتن میکروارگانیسمها می‌شود. از همین واژه

برای فرآیندهایی که سبب حذف یا خنثی سازی مواد شیمیایی خطرناک یا رادیواکتیو می‌شوند نیز استفاده می‌شود.

Disinfectant : یک ماده شیمیایی یا ترکیبی از مواد شیمیایی که می‌توانند میکروارگانیسمها را از بین

ببرند ولی لزوماً تأثیری بر اسپوره‌های آنها نمی‌گذارد.

Disinfection : یک روش فیزیکی یا شیمیایی که سبب کشته شدن ارگانیسمها می‌شود ولی اثری بر روی

اسپورها ندارد.

Microbicide : یک ماده شیمیایی یا ترکیبی از مواد شیمیایی که سبب کشته شدن میکروارگانیسمها می‌شود.

این لغت معادل **Biocide**، **Chemical germicide** و **Antimicrobial** است.

Sporocide : یک ماده شیمیایی یا ترکیبی از مواد شیمیایی که سبب کشته شدن میکروارگانیسمها و

اسپورهایشان می‌شود.

Sterilization : فرآیندی که طی آن تمام انواع میکروارگانیسمها و اسپورهایشان از بین رفته و حذف

می‌شوند.

راه‌های استریل سازی

برای جلوگیری از انتقال آلودگی‌های آزمایشگاهی لازمست تعداد میکروارگانیسم‌ها در فضای آزمایشگاه کاهش داده شود. سه مکانیزم عمومی برای کاهش تعداد میکروارگانیسم‌ها وجود دارد: حرارت، مواد شیمیایی و پرتودهی. از حرارت برای استریل‌سازی و تخریب تمام میکروارگانیسم‌ها و اسپوره‌هایشان استفاده می‌شود. مواد شیمیایی و پرتودهی تنها عوامل و میکروارگانیسم‌های زنده را از بین برده و اثری روی اسپورها ندارند.

۱- حرارت

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

- حرارت مرطوب (بخار): حرارت مرطوب اثر قوی‌تری برای حذف آلودگی نسبت به حرارت خشک دارد و در اتوکلاوها از آن استفاده می‌شود.

اتوکلاو

در اتوکلاو بخار فراوان و فشار زیاد همزمان وجود دارند و می‌توانند به طور مناسبی سبب استریل شدن مواد و وسایل شوند. به طور کلی اتوکلاوهای آزمایشگاهی در دمای ۱۲۱ درجه سانتیگراد (۲۵۰ درجه فارنهایت) و فشار ۱۵ psi عمل می‌کنند. زمان این نوع استریلیزاسیون با توجه به نوع ماده، مقدار و خصوصیات فیزیکی آن تعیین می‌شود. فشار زیاد و بخار شدید می‌تواند 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 استریل‌سازی سطوح سخت و لوازم آزمایشگاهی شیشه‌ای استفاده می‌شود. استریل‌سازی در دمای ۱۶۰-۱۷۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۲ الی ۴ ساعت رخ می‌دهد. 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 اسپوره‌های باسیلوس استئاروترموفیلوس برای کنترل مناسب بودن زمان و دمای استریل‌سازی می‌توان استفاده کرد.

- سوزاندن

سوزاندن نوعی حرارت خشک است و روش مناسبی برای دفع زباله‌های بیولوژیک مانند لاشه حیوانات، نمونه‌های بافتی و ... می‌باشد. در این روش نه تنها زباله‌های بیولوژیک از بین می‌روند بلکه حجم آنها به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. گاه عوامل عفونی موجود در چنین نمونه‌هایی به طور کامل از بین نمی‌روند و خاکستر حاصل ممکنست همچنان آلوده باشد. کوره‌های مخصوص چنین عملیاتی بین ۸۰۰-۱۰۰۰ درجه حرارت دارند

- جوشاندن

جوشاندن نیز یک راه کاهش تعداد میکروارگانیسم‌هاست ولی الزاماً تمام میکروارگانیسم‌ها و یا پاتوژن‌ها را نمی‌کشد. در عدم حضور وسایل دیگر (مانند مواد شیمیایی مناسب یا اتوکلاو) می‌توان از این روش استفاده نمود.

۲- پرتودهی

اشعه ماورا بنفش (UV) می‌تواند جهت غیر فعال نمودن میکروارگانیسم‌های هوا و سطوح (مانند هودهای زیستی) مورد استفاده قرار گیرد. طول موج مورد استفاده برای چنین مصارفی ۲۱۰-۳۱۰ نانومتر می‌باشد. اگرچه این پرتو علیه بسیاری از میکروب‌ها موثر است، اما دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشد. نفوذپذیری این اشعه محدود بوده و تنها علیه میکروب‌های موجود در سطوح باز و هوا اثر می‌کند. اشعه UV نمی‌تواند 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.

۳- مواد شیمیایی

تعداد زیادی از مواد شیمیایی وجود دارند که می‌توان از آنها برای رفع آلودگی میکروبی استفاده نمود. این مواد می‌توانند به صورت مایع و یا گاز (بخار) مورد استفاده قرار گیرند. فعالیت بسیاری از این مواد در دماهای بالاتر، بهتر و سریعتر انجام می‌گیرد. اگرچه افزایش دما سبب تبخیر سریعتر و تجزیه شدن آنها نیز می‌گردد. بسیاری از مواد کشنده میکروارگانیسم‌ها بر انسان و محیط زیست اثرات منفی می‌گذارند. بنابراین انتخاب، ذخیره‌سازی، 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 معمول‌ترین مواد شیمیایی ضد عفونی کننده اشاره شده است. لطفاً 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 می‌شود. مایع سفید کننده خانگی یک کلرین یا به طور دقیق‌تر فرم محلول سدیم هیپوکلریت می‌باشد. این مایع را می‌توان با آب رقیق کرده و با غلظت‌های متفاوت برای ضد عفونی کردن استفاده نمود.

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

برای کارهای معمول آزمایشگاهی و استفاده روزمره از این ماده می‌توان غلظت ۰/۱٪ 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 ۰/۵٪ کلرین تهیه شود. مایع سفید کننده خانگی دارای کلرین ۰/۵٪ است بنابراین کفایت این مایع را ۱:۵۰ یا ۱:۱۰ رقیق نموده تا به غلظت مطلوب ۰/۱٪ و ۰/۵٪ برسیم.

استفاده از مایع سفید کننده به عنوان یک عامل ضد میکروبی در آزمایشگاه توصیه نمی‌شود بلکه می‌توان از آن به عنوان یک ضد عفونی کننده عمومی برای نظافت آزمایشگاه و دستگاه‌ها یا وسایل فاقد قطعات فلزی استفاده نمود. کلرین همچنین برای رفع آلودگی آب‌های آشامیدنی در غلظت‌های بسیار کمتر (۱ میلی‌گرم/لیتر) در مواقع ضروری به کار می‌رود. 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 میکروارگانیسم‌ها و اسپوره‌ایشان را در دماهای بالاتر از ۲۰ درجه می‌کشد. اما نمی‌تواند سبب از بین رفتن پریون‌ها شود. فرمالدهید کند عمل می‌کند و نیاز به رطوبت حدود ۷۰٪ دارد. این ماده به فرم جامد و گاه به صورت قرص به فروش می‌رسد. محلول گاز در مایع آن (۳۷٪) نیز موجود است. برای استفاده از این ماده آنرا حرارت می‌دهند تا گاز آن متصاعد شود. فرمالدهید برای ضد عفونی کردن

فضاها با حجم‌های محدود مانند هودهای بیولوژیک آلوده و یا اتاق‌ها به کار می‌رود. برای فرمالدهید اثرات کارسینوژنی نیز گزارش شده است. این ماده بسیار خطرناک بوده و تحریک کننده است. استشمام گازهای آن سبب التهاب شدید مخاط‌های تنفسی و چشم‌ها می‌گردد.

• Glutaraldehyde

گلوئارآلدهید ($\text{OHC}(\text{CH}_2)_3\text{CHO}$) مانند فرمالدهید می‌تواند سبب از بین رفتن عوامل پاتوژن فعال مانند باکتری‌ها و حتی اسپوره‌هایشان، قارچ‌ها و ویروس‌های لیپیدی و غیر لیپیدی شود. این ماده خورنده نیست و سریعتر از فرمالدهید اثر می‌کند. اما برای از بین بردن اسپورها چند ساعت زمان لازم است. گلوئارآلدهید معمولا به صورت محلول ۲٪ موجود است و برخی از آنها را باید قبل از مصرف با افزودن یک قلیا مانند بی‌کربنات فعال نمود. محلول فعال را برای مدت ۱-۴ هفته می‌توان استفاده کرد. در صورت کدر شدن باید کل محلول را دور ریخت. گلوئارآلدهید سمی است و باعث التهاب پوست و غشاهای موکوسی می‌شود، بنابراین باید از تماس مستقیم با آن پرهیز نمود.

• Alcohols

اتانول ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) و ۲- پروپانول ($(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$) اثرات ضد میکروبی مشابهی دارند. الکل‌ها را می‌توان علیه باکتری‌ها، قارچ‌ها و ویروس‌های لیپیدی استفاده کرد اما اثری بر اسپورها ندارد. اثر الکل‌ها بر ویروس‌های غیر لیپیدی متغیر است. بیشترین اثر مهاری این مواد در غلظت ۷۰٪ در آب دیده می‌شود و غلظت‌های بالاتر و پایین‌تر آنها اثر کشندگی بر میکروب‌ها ندارد. مهمترین فایده الکل‌ها آنست که محلول‌های آبی آنها باقیمانده یا رسوبی بر روی سطوح باقی نمی‌گذارد. ترکیب سایر مواد ضد عفونی کننده با الکل بسیار کارا تر خواهد بود. به عنوان مثال با افزودن فرمالدهید ۱۰٪ به الکل ۷۰٪ و یا الکل حاوی کلرین ۰/۲٪ پاک کننده‌هایی بسیار کارا تولید می‌شود.

از محلول ۷۰٪ اتانول می‌توان برای تمیز کردن سطح پوست، سطوح میز آزمایشگاهی، هودهای بیولوژیک همچنین وسایل کار استفاده نمود. باید توجه داشت که اتانول برای از بین بردن اسپورها و ویروس‌های غیر لیپیدی اصلا مناسب نمی‌باشد. الکل‌ها سریع تبخیر می‌شوند 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 می‌گذارند. از آنجا که ید سبب رنگ گرفتن پارچه‌ها و سطوح می‌شود استفاده از آن به عنوان یک ماده ضدعفونی کننده غیرمعمول و نامناسب است. این ماده سمی است و باید در ۱۰-۴ 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 می‌توانند غبار را از سطح دستگاه‌ها و وسایل پاک کند. گرد و خاک و چرک جمع شده می‌تواند مانند لایه‌ای، از میکروارگانیسم‌ها در برابر مواد ضدعفونی کننده حفاظت نماید. پس از مرحله غبار روبی می‌توان از ماده ضدعفونی کننده مناسب مطابق دستورالعمل ذکر شده بر روی آن استفاده نمود.

ضدعفونی کردن محیط و فضای آزمایشگاه

ضدعفونی کردن فضای آزمایشگاه، میزها و صندلی‌ها و تجهیزات نیاز به مخلوطی از مواد ضدعفونی کننده مایع و گازی شکل دارد. سطوح را می‌توان با محلول هیپوکلریت سدیم (NaOCl) که حاوی ۱ 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 می‌سازد، بهتر است از محلول ۵ گرم/لیتر آن استفاده نمود. فضای اتاق و سایر تجهیزات را می‌توان 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. درب‌ها و پنجره‌ها را باید قبل از تولید بخار کاملاً پوشاند. دمای ۲۱ درجه سانتیگراد و رطوبت ۷۰٪ 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 می‌شود تا راه‌های خروجی را باز نماید، باید از ماسک‌های فیلتر دار مناسب استفاده کند. همچنین می‌توان از گاز بی‌کربنات امونیوم برای خنثی‌سازی 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 ۰/۸٪ در هوا) را در یک ظرف فلزی زیر هود قرار داده و آنرا روی یک hot plate قرار می‌دهند. بخار پارافرمالدهید برای مدت ۶ ساعت باید زیر هود تولید شود و در تمام این مدت هود خاموش می‌باشد. سپس ظرف فلزی دیگری حاوی بیکربنات آمونیوم ۱۰٪ 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 ۲ ثانیه روشن نمایید تا بخار بیکربنات وارد فیلتر هود شود. سپس هود را برای مدت ۳۰ 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 حتماً 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 کفایست ولی در شرایط خطرناک لازمست از صابون‌های آنتی میکروبیال استفاده شود. دست‌ها را باید با مقادیر کافی از صابون حداقل برای مدت ۱۰ 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 مجدداً آلوده نشوند. در صورت نبود شوینده مناسب می‌توان از الکل برای تمیز کردن دست‌ها استفاده نمود.

فصل دهم:

زباله‌ها

زباله (Waste) به هر چیزی گفته می‌شود که باید دور ریخته شود. ضدعفونی کردن زباله‌ها قبل از خارج کردن آنها از فضای آزمایشگاه بسیار اهمیت دارد. بسیاری از وسایل شیشه‌ای، ابزارها و پوشش‌های آزمایشگاهی مرتباً استفاده می‌شوند و دور ریختنی نیستند. مواد دور ریختنی باید قبل از دفع به کمک اتوکلاو کردن یا تحریق ضدعفونی گردند.

قبل از تصمیم‌گیری در مورد مراحل آلوده زدایی باید زباله‌ها را تفکیک نمود:

۱- زباله‌های غیرآلوده (فاقد قدرت عفونت‌زایی): این زباله‌ها را می‌توان مجدداً استفاده کرد و در صورت عدم نیاز همراه با زباله‌های "خانگی" خارج نمود.

۲- زباله‌های آلوده (عفونت‌زا) تیز و برنده: سوزن‌ها، تیغ‌های اسکالپل، چاقو و قطعات شکسته شده شیشه. این زباله‌ها باید در ظرف‌های اختصاصی تهیه شده برای اجسام تیز و برنده جمع‌آوری شوند و قبل از دور ریختن با اتوکلاو ضدعفونی گردند.

۳- مواد آلوده‌ای که اتوکلاو شده و دور ریخته می‌شوند.

۴- مواد آلوده‌ای که پس از تیمار با مواد ضدعفونی کننده شیمیایی دور ریخته می‌شوند.

۵- مواد آلوده‌ای که پس از انجام اتوکلاو مجدداً استفاده می‌شوند.

• اجسام تیز و برنده

سوزن‌ها پس از استفاده دوباره با در پوشانده می‌شوند و در محفظه اختصاصی وسایل تیز و برنده جمع‌آوری می‌گردند. این محفظه‌ها در برابر بریدگی و فشار بسیار مقاومند. زمانیکه $\frac{3}{4}$ آنها پر شد، باید با سایر زباله‌های بدون مصرف اتوکلاو شوند. به هیچ وجه چنین زباله‌هایی نباید با سایر زباله‌ها به ویژه زباله‌های خانگی دور ریخته شوند.

مواد آلوده‌ای که اتوکلاو شده و مجدداً استفاده می‌شوند

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

مواد آلوده‌ای که اتوکلاو شده و دور ریخته می‌شوند

تمام مواد آلوده که قرار است اتوکلاو شده و دور ریخته شوند باید درون محفظه‌های بسته مانند کیسه‌های پلاستیکی سالم و بدون سوراخ قرار گیرند. محیط‌های کشت آلوده یا پلیت‌های جامد کشت باکتری‌ها جز این دسته از زباله‌ها محسوب می‌شوند. چنین زباله‌هایی بهتر است پس از اتوکلاو شدن سوزانده شوند.

فصل یازدهم :

ایمنی کار با نانومواد

در طی ۲۰ سال گذشته نانومواد مواد توسط جامعه علمی مورد استقبال فراوانی قرار گرفته است. نانومواد، موادی هستند که حداقل یک بعد آنها در محدوده ۱-۱۰۰ nm (و یا حتی در حد ساب میکرون) واقع شود. دلیل استقبال فراوان از این مواد ویژگی‌های منحصر به فرد آنها است. این ویژگی‌ها عبارتند از: اندازه ذرات، شکل، بزرگی سطح، بار، ویژگی‌های شیمیایی، حلالیت، توانایی تولید اکسیدانت‌ها و میزان آگلومرشدن. این ویژگی‌ها در نحوه میانکنش آنها با سیستم‌های بیولوژیک نیز تعیین کننده است.

اگرچه مطالعات و تحقیقات نشان می‌دهد که نانومواد می‌توانند خطرناک باشند ولی خطرات آنها هنوز کاملاً شناخته شده نیست. علی‌رغم حجم عظیم سرمایه‌گذاری در حوزه نانو تکنولوژی، 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 وجود آوردن نانومواد جدید و تغییر یافته با ویژگی‌های برهمکنشی جدید با سلول و بافت‌های زنده از سوی دیگر، شرایط را سخت‌تر و جدی‌تر می‌کند.

علاوه بر این بخش عمده مطالعات و تحقیقات ایمنی نانومواد، متمرکز بر مطالعات سمیت کوتاه مدت آنها بر کشت‌های سلولی است و مطالعات معدودی درباره 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 می‌کنند. نانوذرات مهندسی شده ذراتی هستند که به طور عمدی و با منظور خاصی سنتز شده‌اند، مثلاً نقاط کوانتومی (Quantum dots) و دندریمرها (Dendrimers) ذراتی هستند که به منظور بهره‌گیری از ویژگی‌های وابسته به سایز آنها (مانند رسانایی، ویژگی‌های طیفی، توزیع در بافت‌های زنده و ...) تولید شده‌اند. نانوذرات عارضی، نانوذراتی هستند که در طی انجام فرآیند دیگری و به عنوان محصول جانبی تولید شده‌اند، مثلاً نانوذرات تولید شده در اثر احتراق سوخت در موتورهای دیزل و یا در اثر آتش سوزی جنگل. برخی از نانوذرات مانند نانولوله‌های کربنی و فولرن‌ها، هم به صورت عارضی و هم به صورت مهندسی شده تولید می‌شوند.

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 می‌شود:

نانوماده

به ماده‌ای گفته می‌شود که یک، دو و یا سه بعد خارجی در محدوده $1-100 \text{ nm}$ داشته باشد. زیرگروه‌های آن شامل موارد زیر می‌شود:

- ۱- نانوصفحه (Nanoplate) که دارای یک بعد خارجی در محدوده نانو است.
- ۲- نانو فیبر (Nanofiber) که دارای دو بعد خارجی در محدوده نانو می‌باشد.
- ۳- نانوذره (Nanoparticle) که دارای سه بعد خارجی در محدوده نانو است.

Nanoaerosol

به مجموعه‌ای از نانوذرات که در یک گاز معلق شده‌اند نانوائروسول گفته می‌شود.

Agglomerate

به گروهی از نانوذرات گفته می‌شود که توسط نیروهای نسبتاً ضعیف مانند نیروهای واندروالسی، الکترواستاتیک و ... در کنار هم نگه داشته شده‌اند.

عوامل موثر در میزان تماس با نانومواد

عواملی که در میزان در معرض قرار گرفتن فرد با نانومواد مؤثرند عبارتند از: مقدار ماده‌ای که مورد استفاده قرار می‌گیرد، اینکه آیا این ماده به راحتی پراکنده می‌شود (در مورد پودرها) و یا به راحتی تشکیل قطرات کوچک قابل حمل با جریان هوا را می‌دهد (در مورد سوسپانسیون‌ها) و نیز زمان کار با آن ماده.

بسته به سایز ذرات، و سرعت تنفس، $30-90\%$ نانوذراتی که به داخل سیستم تنفسی وارد می‌شوند احتمالاً در سیستم تنفسی باقی می‌مانند. تا 50% نانوذرات در محدوده سایز $1-100 \text{ nm}$ در ناحیه کیسه‌های هوایی، ذخیره می‌شوند درحالیکه نانوذرات کوچکتر از 10 nm در ناحیه سر و توراسیک باقی می‌مانند.

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

- ۱- کار با نانومواد در حالت مایع بدون استفاده از لوازم حفاظت شخصی مناسب (مثلاً دستکش)
- ۲- کار با نانومواد در حالت مایع و در طی ریختن، مخلوط کردن یا هنگام لرزش و تکان‌های شدید مایع حاوی

نانومواد

۳- تولید نانومواد در فاز گازی در سیستم‌های غیربسته

- ۴- دست ورزی (مانند وزن کردن، مخلوط کردن، اسپری کردن) پودرها
- ۵- تعمیر و نگهداری دستگاه‌هایی که برای تولید نانومواد استفاده می‌شوند
- ۶- پاک کردن و نظافت فضاهای کار با نانومواد و نیز دفع زباله‌ها
- ۷- انجام فعالیت‌های مکانیکی بر روی نانومواد که باعث تولید اثر و سل‌های نانو مواد می‌شود.

سلسله مراتب کنترل میزان تماس با نانو مواد

از آن جاییکه خطرات نانو مواد برای سلامتی انسان‌ها 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:

- ۱- حذف خطر نانومواد از طریق تغییر در طراحی آن نانوماده
- ۲- جایگزین کردن نانوماده خطرناک با ماده مشابه با خطرات کمتر
- ۳- کنترل مهندسی مانند جداسازی منبع تولید از کاربر، سیستم‌های تهویه با توانایی حذف نانومواد قابل حمل توسط هوا و ...

۴- روش‌های مدیریتی شامل اجرایی کردن سیاست‌ها و شیوه‌های صحیح کار، سیاست‌ها و طراحی شیفت‌های کاری کارکنان

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

در زیر خلاصه‌ای از راه‌های ورود نانومواد به سیستم‌های 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.

راه‌های 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 زباله‌های آنها باشد.

ورود نانومواد از طریق تنفس

یک راه اصلی برای ورود نانوذرات به بدن، تنفس می‌باشد. چراکه نانوذرات می‌توانند به کمک حرکت‌های براونی مسافت‌های طولانی را طی کنند. این ذرات به راحتی به داخل ریه‌ها کشیده می‌شوند و در داخل کیسه‌های هوایی ذخیره می‌شوند. به طور طبیعی پس از ورود ذرات به داخل سیستم تنفسی، این سیستم تلاش می‌کند تا ذرات را پاکسازی نماید. مکانیزم‌های پاکسازی در ریه شامل بیرون راندن عامل خارجی به کمک مژک‌ها و موکوس (Mucociliary escalator) و نیز انجام فاکوسیتوز توسط ماکروفاژهای کیسه‌های هوایی (Alveolar Macrophages) می‌باشد

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 می‌باشد. در بین تمام نانومواد که تاکنون استفاده شده‌اند، شاید شناخته شده‌ترین آنها نانولوله‌های کربنی (CNT) باشد. نانولوله‌های 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 شده‌اند. فیبرهای باریک و طویل آزبست از نظر شکل و سایز بسیار به CNT شبیه است.

آزبست باعث آسیب‌های غیرقابل ترمیم در بافت ریه می‌گردد و در درازمدت می‌تواند مانع از عملکرد ریه شود. اگرچه نتایج مختلف و متنوع است ولی اکنون مشخص است که CNTs و بسیاری از نانومواد دیگر می‌توانند خطرانی برای ریه و یا کلاً سلول‌ها داشته باشند. از آنجائیکه نانومواد اکثراً به فرم خشک تهیه می‌شوند احتمال ورود آنها به فضای کار و سیستم تنفسی وجود دارد. البته به طور طبیعی ریه باید بتواند ذراتی که وارد آن شده‌اند را به گونه‌ای حذف نماید ولی متأسفانه CNTs و فولرن‌ها (C₆₀) مانع از عملکرد ماکروفاژهای الوئولار که اولین مکانیزم دفاعی بر علیه ذرات است می‌شود و این در حالیست که به نظر می‌رسد سایر نانوذرات که به طور کامل از مکانیزم‌های دفاعی ریه عبور می‌کند. CNT برای ماکروفاژهای الوئولار حتی در غلظت‌های پایین سمی هستند و باعث ممانعت از عملکرد فاگوسیتی آنها می‌شوند به طوری که این ماکروفاژها نخواهند توانست که ذرات خارجی را ببلعند.

علاوه بر نگرانی‌هایی 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 ارگان‌ها است. مطالعات بسیاری

کمی در مورد سمیت سیستمیک نانو مواد وجود دارد. در اکثر این مطالعات، ارگان هدف مشخص نشده است و حتی ویژگی‌های 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 کیسه‌های هوایی و انتقال به بافت‌های زیرین (بافت‌های حمایت کننده ریه) را دارند. احتمال می‌رود 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 بیماری‌های سیستمیک مانند بیماری قلبی - عروقی پیشنهاد می‌کند. به عنوان مثال نشان داده شده است که نانولوله‌های کربنی می‌توانند در شرایط invitro باعث اگریگه شدن پلاکت و در vivo باعث بروز ترومبوز شوند.

همچنین مطالعاتی نیز در موش صحرایی (Rat) وجود دارد که نشان دهنده انتقال نانوذرات تنفس شده به سیستم عصبی است. اگرچه اثبات ورود نانوذرات تنفس شده به سیستم عصبی در انسان نیاز به تحقیقات وسیع‌تری دارد ولی این فرضیه وجود دارد که نانوذرات عارضی موجود در آلودگی‌های هوا می‌توانند در بروز برخی بیماری‌های سیستم عصبی دخیل باشند. البته در هیچ یک از این مطالعات اثر نانوذرات آلوده کننده 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 شده پلی تترافلورواتیلن (PTFE) که در دمای 425°C تولید می‌شود، شدیداً برای ریه سمی است. این ماده در موش صحرایی باعث ورم خونریزی دهنده ریه و نهایتاً مرگ می‌شود. بخار مانده PTFE سمیت کمتری دارد و منجر به مرگ حیوانات آزمایشگاهی نمی‌شود 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، نشان‌دهنده تورم ریه و یک مورد مرگ نیز می‌باشد. نانوذرات TiO_2 نیز در موش صحرایی می‌تواند باعث التهاب و تکثیر سلولی در ریه شود.

در مورد نانولوله‌های کربن (MWCNT و SWCNT) نشان داده شده است که این مواد می‌توانند منجر به بروز گرانولوما در ریه موش و موش صحرائی شوند. لازم به ذکر است که این اثرات در اثر تماس با کربن سیاه بسیار ریز (Ultrafine) دیده نمی‌شود. ممکن است سمیت CNT به دلیل وجود کاتالیست‌های فلزی باشد که در ساخت آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد، به طوریکه این کاتالیست‌ها هستند که باعث سمیت آنها می‌شوند و یا خود CNTs ساختاری دارند که باعث رشد فیبروبلاست‌ها می‌شود.

البته ذکر این نکته ضروری است که اکثر مطالعات در مورد سمیت تنفسی نانوذرات تاکنون در موش صحرائی انجام شده است و ممکن است که نتایج به طور کامل قابل تعمیم به انسان نباشد و علاوه بر این در این آزمایشات عمدتاً دوز به کار برده شده بسیار بالا بوده است به طوری که شرایط Lung Overload رخ داده است. در این حالت مکانیزم‌های طبیعی پاکسازی ریه عملاً اشباع شده‌اند و بنابراین ذخیره نانوذرات در کیسه‌های هوایی مشاهده می‌شود که متعاقباً منجر به بروز عوارض ریوی می‌شود.

نانوذرات در مقایسه با ذرات بزرگتر در دوز پایین‌تری باعث مشاهده Lung Overload می‌شوند، چرا که به خوبی نمی‌توانند توسط ماکروفاژها پاکسازی شوند. به نظر می‌رسد که نانوذرات عملکرد ماکروفاژها را تضعیف می‌کنند. در نانولوله‌های کربنی طول لوله پارامتر مهمی در توانایی ماکروفاژها در پاکسازی این نانولوله‌ها از ریه است. نانولوله‌های کربنی در صورت باقی ماندن در کیسه‌های هوایی می‌توانند 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 نمی‌شود.

- درباره 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 کوانتومی نیز بسیار محدود است. باید در نظر داشت که پوست آسیب دیده طبیعتاً سد ضعیف‌تری در برابر نفوذ نانوذرات فراهم می‌کند.

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 می‌دهد که جذب نانوذرات از طریق سیستم گوارشی تابع سایز و ویژگی‌های سطحی این مواد می‌باشد. به طوری که ذرات کوچکتر، با ماهیت هیدروفوبیک خنثی از لحاظ بار الکتریکی، جذب بالاتری دارند. اصولاً در ارزیابی خطرات نانوذرات ویژگی‌های آنها شامل سایز، شکل، وضعیت آگلومره شدن میزان محلول بودن و ویژگی‌های سطح (مانند اندازه سطح، بار سطح و ...) باید در نظر گرفته شود.

مشاهدات حاصل از مطالعات اپیدمیولوژیک

مطالعات اپیدمیولوژیک در افراد در معرض ائروسول‌های 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 می‌باشد. اینکه آیا این مشاهدات قابل تعمیم به نانوذرات مهندسی می‌باشد یا نه، نامشخص است. علاوه بر این مطالعات اپیدمیولوژیک در جمعیت‌های مختلف نشان دهنده ارتباطی بین میزان آلودگی هوا و افزایش مرگ و میر در اثر بیماری‌های 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 می‌دهند. این مواد به خاطر اندازه، شیمی و ترکیبات زیست تجزیه ناپذیری که دارند، و اینکه بسیاری از آنها به گونه‌ای طراحی و مهندسی شده‌اند تا پایدار و واکنش ناپذیر باشند به سرعت می‌توانند در طبیعت پخش شده و در موجودات زنده تجمع یابند و باعث اختلال در اکوسیستم‌ها شوند. در حقیقت غلظت نانومواد در این موجودات چندین برابر غلظت آن ماده در محیط اطراف می‌باشد که به نوبه خود می‌تواند اثرات سمی نانومواد را تشدید کند. و لذا بررسی احتمال و راه‌های ورود این مواد به طبیعت بسیار حائز اهمیت است. نتایج برخی آزمایشات نشان می‌دهد که فولرن‌ها برای باکتری‌ها، آبزیان سمی هستند. البته ممکن است بقایای

حلال‌های آلی قطبی که برای سنتز فولرن‌ها استفاده می‌شود، عامل اصلی این سمیت باشد. در حقیقت ما نیازمند مطالعات بیشتری هستیم تا بتوانیم دربارهٔ سرنوشت نانومواد در طبیعت اظهار نظر نماییم.

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

در مجموع می‌توان گفت در حال حاضر، مطالعات محدود تجربی و حرفه‌ای (مطالعهٔ افراد در معرض نانومواد به دلیل نوع شغل) پیشنهاد می‌کند که ریه، سیستم گوارش و پوست سدهای مهمی در برابر نفوذ نانو مواد و انتقال سیستمیک آن به سایر اندام‌ها 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 می‌توان تغییر داد. در بسیاری از مطالعات انجام شده تاکنون، رابطه‌ای بین ویژگی‌های نانوماده و نوع اثرات و خطرات آن مشاهده شده است و لذا این قابلیت تنظیم می‌تواند 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 می‌شود.

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

- طراحی محیط کار باید به گونه‌ای باشد که نانومواد توسط لباس کاربر یا سایر وسایل به خارج از فضای کار آورده نشود مثلاً با به کارگیری پادری‌های ویژه، فضای بافر (فضایی که در بین آزمایشگاه و محیط خارج واقع می‌شود 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 می‌شوند باید در فضایی انجام شود که نسبت به فضایی که کاربرد آن تنفس می‌کند در وضعیت فشار منفی باشد. فیلترهای HEPA می‌تواند ذراتی به کوچکی تا ۲nm را به خوبی از هوا حذف نمایند ولی در مورد ذرات کوچکتر از این حد عملکرد این فیلترها به شدت کاهش می‌یابد.

- از پخش و منتشر کردن نانوذرات در محیط پرهیز نمایید. تمام دست ورزی‌ها را در زیر هودهای شیمیایی و یا سایر سیستم‌های تهویه مناسب انجام دهید. در صورت 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 می‌کنید 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 سیستم‌های 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.
- جابه‌جایی 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 محل‌های ورودی مکان‌های 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 جعبه‌های دستکش‌دار باشد.
- ظروف حاوی نانوذرات را حتماً با تأکید بر ماهیت نانوذره‌ای بودن آن برچسب بزنید مثلاً «نانوذرات اکسید روی» به جای «اکسید روی».
- کاربر باید از خطرات نانوماده‌ای که با آن کار می‌کند و حتی پیش‌سازهای 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 کفش‌های جلو بسته که از مواد نفوذناپذیر ساخته شده است استفاده کنید.
- ممکن است لازم باشد از پوشش‌های یکبار مصرف کفش استفاده نمایید تا نانومواد را با کفش به خارج از آزمایشگاه نبرید.

- روپوش آزمایشگاه آستین بلند بپوشید و از دستکش‌های 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 می‌باشد.
 - دستکش‌ها را مرتباً تعویض نمایید تا احتمال تماس با نانوذرات را به حداقل برسانید.
 - دستکش‌های آلوده را تا زمان دفع در یک کیسه پلاستیکی و در زیر هود نگهداری کنید.
 - پس از پایان کار دست‌ها را تا بازو شست و شو دهید.
 - برحسب نوع نانوماده موردنظر از وسایل حفاظت شخصی مناسب برای حفاظت از چشم‌ها 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:

پوشش‌های حفاظت شخصی

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

در هر صورت، اگرچه نانوذرات می‌توانند 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 می‌کنند افراد از روپوش و دستکش استفاده می‌کنند، این کار اصولاً بر اثر مقررات کلی بهداشت کار در آزمایشگاه است و نه براساس یافته‌های علمی ویژه کار با نانومواد.

ماسک‌های تنفسی

شواهد علمی نشان می‌دهد که نانوذرات می‌توانند از لحاظ بیولوژیک به مراتب فعال‌تر از ذرات بزرگتر از همان جنس باشند و بنابراین احتمال تهدید سلامتی توسط آنها جدی‌تر است.

در حال حاضر انواعی از ماسک‌های تنفسی وجود دارد که سطوح مختلف حفاظت را فراهم می‌آورند. این ماسک‌ها در جدول ۱ لیست شده‌اند.

جدول ۱- انواع ماسک‌های تنفسی تصفیه کننده هوا برای کار با نانومواد (مرکز ملی ایمنی و سلامت حرفه‌ای در

آمریکا: NIOSH)

Respirator type	NIOSH assigned protection factor	Advantages	Disadvantages
Filtering facepiece (disposable)	10	<ul style="list-style-type: none"> - Lightweight - No maintenance or cleaning needed - No effect on mobility 	<ul style="list-style-type: none"> - 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)			<ul style="list-style-type: none"> - Fit testing required to select proper facepiece size - Some eyewear may interfere with the fit
Elastomeric half-facepiece	10	<ul style="list-style-type: none"> - Low maintenance - Reusable facepiece and replaceable filters and cartridges - No effect on mobility 	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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 	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> -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 	<ul style="list-style-type: none"> -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 ۲۰۰۷ تحقیق جامعی به منظور بررسی سیاست‌های اماکن تولید کننده نانومواد یا مراکزی که به نوعی از این نانومواد استفاده یا آنها را دستورزی می‌کنند انجام شد. افراد پاسخ دهنده به پرسشنامه‌های مذکور از کشورهای آسیایی، اروپایی و آمریکای شمالی بودند. از بین سازمان‌هایی که به این پرسشنامه پاسخ دادند ۷۰٪ برنامه‌های ایمنی و زیست محیطی مدون داشتند که در آن به تفصیل سیاست‌های نانو - ویژه شرح داده شده بود. در بین سازمان‌های آمریکایی ۸۸٪ واجد چنین برنامه‌هایی بودند. با این وجود اکثر این سازمان‌ها، زباله‌های حاوی نانومواد را مانند سایر زباله‌های آسیب رسان دفع می‌کند و تفاوتی قائل نیستند و این در حالیست که در بسیاری از مراکز تحقیقاتی و تولیدی (به ویژه در کشورهای آسیایی) این زباله‌ها حتی به عنوان زباله آسیب رسان هم تلقی نمی‌شوند. ذکر این نکته ضروری است که همانگونه که نانومواد می‌تواند برای انسان بسیار خطرناک باشند، احتمالاً اثرات مشابهی بر گیاهان و سایر موجودات خواهند داشت. از آنجا نیکه راه‌های فروانی برای ورود این نانومواد به

سیستم‌های زنده وجود دارد بهترین راه برای جلوگیری از بروز خطرات بالقوه، ممانعت از ورود آنها به محیط زیست است.

تمیز کردن فضای کار و دفع زباله‌های حاوی نانومواد

هیچ دستورالعمل ویژه‌ای در حال حاضر برای تمیز کردن آلودگی‌های محیط با نانومواد و دفع زباله‌ها وجود ندارد. روش‌هایی که اکنون استفاده می‌شود همان روش‌هایی است که در سایر موارد آلودگی‌ها به طور کلی به کار گرفته می‌شود. در حال حاضر روش‌های استاندارد برای پاک کردن آلودگی‌های پودری، شامل استفاده از دستگاه‌های مکنده مجهز به فیلترهای HEPA و یا پاک کردن سطح با دستمال‌های مرطوب و یا مرطوب کردن پودر قبل از جمع‌آوری با ماشین مکنده است. دستمال‌های 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 هیچ‌وجه مناسب نمی‌باشد.

لازم به ذکر است در مورد نانوذرات دارای بار الکتریکی، چنانچه بار نانوذره مشابه با بار الکتریکی ورودی (برس) دستگاه مکنده باشد (کشیدن برس دستگاه بر روی سطوح می‌تواند بر روی آن ایجاد بار الکتریکی نماید) در اثر دافعه الکترواستاتیک نمی‌تواند به داخل دستگاه کشیده شود و یا حتی ممکن است باعث پراکنده‌تر شدن آن شود.

- 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://wwwgroup.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.
- 5- Laboratory Biosafety Manual, 3rd edition, World Health Organization, 2004.
- 6- Undergraduate Safety Manual, Queen's University, Canada, 2007.
- 7- Safe work practices and procedures, Princeton University, New Jersey, USA
- 8- Biosafety Manual, McGill University, Canada.
- 9- Biological Laboratory Safety Manual, University of Cincinnati, USA.
- 10- Laboratory Waste Management Guide, as part of Local Hazardous Waste Management Program, King County, Washington, USA.
- 11- Risk Assessment for Hazardous Chemicals, Imperial College of London, 2008.
- 12- Biological safety Manual, Eastern Virginia Medical School, 2008

۱۳- راهنمای ایمنی زیستی آزمایشگاه معاونت پژوهشی انیستیتو پاستور ایران