

CẨM NANG AN TOÀN SINH HỌC PHÒNG XÉT NGHIỆM  
ẤN BẢN LẦN THỨ 4

VÀ

CÁC CHUYÊN ĐỀ BỔ SUNG

# KHỬ NHIỄM VÀ QUẢN LÝ CHẤT THẢI



World Health  
Organization

Western Pacific Region



CẨM NANG AN TOÀN SINH HỌC PHÒNG XÉT NGHIỆM  
ẤN BẢN LẦN THỨ 4

VÀ

CÁC CHUYÊN ĐỀ BỔ SUNG

# KHỬ NHIỄM VÀ QUẢN LÝ CHẤT THẢI

Khử nhiễm và quản lí chất thải

(Cẩm nang an toàn sinh học phòng xét nghiệm, ấn bản lần thứ 4 và các chuyên đề bổ sung)

ISBN 978 92 9061 985 7 (bản điện tử)

© Tổ chức Y tế Thế giới 2022

Giữ bản quyền. Tài liệu này sẵn có theo giấy phép Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 IGO (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo>).

Theo các điều khoản của giấy phép, có thể sao chép, phân phối và biên tập lại nội dung tài liệu này cho các mục đích phi thương mại, miễn là có trích dẫn đầy đủ như hướng dẫn bên dưới. Khi sử dụng tài liệu này, WHO không gợi ý bất kì tổ chức, sản phẩm hoặc dịch vụ cụ thể nào. Không được phép sử dụng biểu tượng của WHO. Nếu biên tập lại tài liệu, phải xin giấy phép cho tài liệu chỉnh sửa theo giấy phép Creative Commons hoặc tương đương. Nếu dịch tài liệu này, người dịch cần bổ sung vào bản dịch tuyên bố miễn trừ trách nhiệm như sau: “Bản dịch này không phải do Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) dịch. WHO không chịu trách nhiệm về nội dung hay tính chính xác của bản dịch này. Ấn bản gốc tiếng Anh sẽ là ấn bản ràng buộc và chính thống” cùng với trích dẫn như hướng dẫn.

Mọi cuộc hòa giải liên quan đến các tranh chấp phát sinh về giấy phép này sẽ được tiến hành theo các quy tắc hòa giải của Tổ chức Sở hữu Trí tuệ Thế giới (<http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules/>).

**Gợi ý trích dẫn.** Decontamination and waste management. Manila: World Health Organization Regional Office for the Western Pacific; 2022 (Laboratory biosafety manual, fourth edition and associated monographs). Licence: [CC BY-NC-SA 3.0 IGO](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo).

**Biên mục trong ấn phẩm (CIP).** Dữ liệu CIP có sẵn tại <http://apps.who.int/iris>.

**Bán, quyền và cấp phép.** Để mua các ấn phẩm của WHO, truy cập trang web <http://apps.who.int/bookorders>. Để gửi đi các nhu cầu sử dụng cho mục đích thương mại và câu hỏi về quyền và cấp phép, truy cập trang web <http://www.who.int/about/licensing>.

**Các tài liệu của bên thứ ba.** Nếu muốn sử dụng những tài liệu do bên thứ ba cung cấp trong tài liệu này, ví dụ bảng, hình hoặc hình ảnh, người sử dụng phải có trách nhiệm xác định xem có cần xin phép để sử dụng hay không và nhận sự cho phép từ chủ sở hữu bản quyền. Rủi ro của việc yêu cầu bồi thường do vi phạm bất kì nội dung nào thuộc sở hữu của bên thứ ba hoàn toàn tùy thuộc vào người sử dụng.

**Tuyên bố miễn trừ trách nhiệm chung.** Các chức danh được sử dụng và các tài liệu trong ấn phẩm này không ngụ ý thể hiện bất kì quan điểm nào của WHO liên quan đến tình trạng pháp lí của bất kì quốc gia, vùng lãnh thổ, thành phố hoặc khu vực nào hoặc của các cơ quan có thẩm quyền hoặc liên quan đến việc phân định biên giới hoặc ranh giới. Các đường chấm và nét đứt trên bản đồ thể hiện các đường biên giới gần chính xác mà có thể chưa được thống nhất hoàn toàn.

Việc đề cập đến các công ty cụ thể hoặc sản phẩm của một số nhà sản xuất nhất định không có nghĩa là WHO xác nhận hoặc khuyến nghị các công ty/sản phẩm này thay cho những loại có tính chất tương tự mà không đề cập đến ở đây. Ngoại trừ do lỗi và sơ sót, tên của các sản phẩm độc quyền được phân biệt bằng cách viết hoa các chữ cái đầu tiên.

Tất cả các biện pháp phòng ngừa hợp lí đã được WHO thực hiện để xác minh những thông tin trong ấn phẩm này. Tuy nhiên, ấn phẩm được phân phối mà không có bảo hành dưới bất kì hình thức nào dù theo cách thể hiện hay ngụ ý. Trách nhiệm diễn giải và sử dụng các tài liệu này thuộc về người đọc. Trong mọi trường hợp, WHO sẽ không chịu trách nhiệm về những thiệt hại gây ra do việc sử dụng các tài liệu.

Thiết kế và trình bày do Paul Bloxham thực hiện.

# Mục lục

<b>Lời cảm ơn</b>	<b>iv</b>
<b>Giải thích thuật ngữ</b>	<b>vi</b>
<b>Tóm tắt chung</b>	<b>ix</b>
<b>PHẦN 1 Giới thiệu chung</b>	<b>1</b>
<b>PHẦN 2 Các phương pháp khử trùng</b>	<b>3</b>
2.1 Làm sạch và rửa tay/khử nhiễm tay	5
2.2 Khử trùng bằng hoá chất	6
2.3 Khử trùng bằng khí	14
2.4 Khử trùng bằng nhiệt	16
2.5 Tiệt trùng	21
2.6 Các chỉ thị sinh học và hoá học	21
<b>PHẦN 3 Quản lí chất thải và khử nhiễm chất thải tái sử dụng</b>	<b>25</b>
3.1 Cân nhắc đối với quản lí chất thải	25
3.2 Khử nhiễm chất thải lỏng	32
3.3 Khử nhiễm chất thải rắn	34
<b>PHẦN 4 Các phương pháp bất hoạt</b>	<b>37</b>
4.1 Bất hoạt chủng	37
<b>Tài liệu tham khảo</b>	<b>42</b>
<b>Thông tin bổ sung</b>	<b>46</b>

## Lời cảm ơn

### Điều phối viên chính

Ông Kazunobu Kojima, Tổ chức Y tế Thế giới, Thụy Sĩ

### Chuyên gia kĩ thuật

Ông Allan Bennett (Trưởng nhóm), Y tế Công cộng Anh (Trung tâm hợp tác với WHO về An toàn sinh học ứng dụng và đào tạo), Vương quốc Anh và Bắc Ireland.

Ông Alan Beswick, Phòng xét nghiệm An toàn và Sức khỏe Vương quốc Anh và Bắc Ireland.

Bà Marianne Heisz, Cơ quan Y tế Công cộng của Canada (Trung tâm hợp tác với WHO về An toàn sinh học và An ninh sinh học), Canada.

Ông Peter Hoffman, Y tế Công cộng Anh (Trung tâm hợp tác với WHO về An toàn sinh học Ứng dụng và đào tạo), Vương quốc hiệp Anh và Bắc Ireland

Ông Stéphane Karlen, Viện Vi-rút và Miễn dịch học, Đại học Bern, Thụy Sĩ

Ông Catherine Makison Booth, Phòng xét nghiệm Sức khỏe và An toàn, Vương quốc Anh và Bắc Ireland.

Ông Paul Meechan, Trung tâm Dự phòng và Kiểm soát bệnh tật (Trung tâm Hợp tác của WHO về An toàn sinh học và An ninh sinh học), Hoa Kỳ

Bà Heather Sheeley, Y tế Công cộng Anh (Trung tâm hợp tác với Tổ chức Y tế Thế giới về An toàn sinh học Ứng dụng và đào tạo), Vương quốc Liên hiệp Anh và Bắc Ireland.

Ông Kathrin Summermatter (Phó trưởng nhóm), Viện các bệnh truyền nhiễm, Đại học Bern, Thụy Sĩ.

### Quản lí dự án

Bà Lisa Stevens, Tổ chức Y tế Thế giới, Pháp

Bà Rica Zinsky, Tổ chức Y tế Thế giới, Thụy Sĩ

### Chuyên gia phản biện

Ông David Holmes, Trung tâm Dự phòng và Kiểm soát bệnh tật (Trung tâm Hợp tác của WHO về An toàn sinh học và An ninh sinh học), Hoa Kỳ

**Hiệu đính kỹ thuật**

Bà Fiona Curlet

**Hỗ trợ tài chính**

Việc xây dựng và xuất bản tài liệu này được thực hiện với sự hỗ trợ tài chính của Chương trình Đối tác Toàn cầu, Bộ các vấn đề Toàn cầu Canada, Chương trình Tham gia An ninh sinh học, Bộ Ngoại giao Hoa Kỳ và Cơ quan Giảm thiểu Đe dọa Quốc phòng, Bộ Quốc phòng Hoa Kỳ. Xin trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Ủy ban Châu Âu cho chi phí in ấn phiên bản tiếng Việt của ấn phẩm này.

**Biên dịch**

Ông Nguyễn Thanh Thủy, Viện Vệ sinh dịch tễ Trung ương, Việt Nam

Bà Trần Diệu Linh, Viện Vệ sinh dịch tễ Trung ương, Việt Nam

Bà Trịnh Quỳnh Mai, Viện Vệ sinh dịch tễ Trung ương, Việt Nam

## Giải thích thuật ngữ

**Clo hoạt tính:** Lượng clo có trong hợp chất hypochlorit và các hoá chất khử trùng có sử dụng nguồn clo, khi so sánh với lượng clo nguyên chất ở thể khí.

**Tác nhân sinh học:** Vi sinh vật, vi rút, độc tố sinh học, hạt hoặc vật chất lây nhiễm khác, có nguồn gốc tự nhiên hoặc biến đổi gen có khả năng lây nhiễm, dị ứng, nhiễm độc hoặc tạo ra mối nguy hiểm cho người, động vật hay thực vật.

**Chỉ thị sinh học:** Một phương pháp chứa quần thể vi sinh vật có tính kháng cao và được coi là khó tiêu diệt với một quy trình tiệt trùng cụ thể.

**Tủ an toàn sinh học:** Một không gian làm việc kín, có thông gió được thiết kế để bảo vệ người sử dụng, môi trường phòng xét nghiệm và/hoặc các nguyên vật liệu trong các hoạt động có nguy hiểm về khí dung. Khả năng ngăn chặn có được là nhờ sự tách biệt các hoạt động này khỏi khu vực chính của phòng xét nghiệm và/hoặc thông qua việc sử dụng các cơ chế tạo dòng khí kiểm soát, có định hướng. Khí thải sẽ đi qua bộ lọc không khí hiệu suất cao (HEPA) trước khi tuần hoàn lại phòng xét nghiệm hoặc vào hệ thống điều hòa không khí của tòa nhà. Tủ an toàn sinh học chia thành nhiều cấp khác nhau (I, II và III) tương ứng với các mức độ ngăn chặn khác nhau.

**An toàn sinh học:** Các nguyên tắc, công nghệ và thực hành ngăn chặn, kiểm soát được thực thi nhằm ngăn ngừa việc vô tình phơi nhiễm hoặc phát tán các tác nhân sinh học.

**An ninh sinh học:** Các nguyên tắc, công nghệ và thực hành được thực thi để bảo vệ, kiểm soát và chịu trách nhiệm đối với các vật liệu sinh học và/hoặc các thiết bị, kỹ năng và dữ liệu liên quan đến việc xử lý các vật liệu sinh học. An ninh sinh học hướng tới ngăn ngừa sự tiếp cận trái phép, thất thoát, lấy cắp, sử dụng sai, chuyển mục đích hoặc phát tán các vật liệu sinh học đó.

**Sạch:** Không nhìn thấy bẩn và các chỉ tiêu phân tích dưới ngưỡng cho phép.

**Làm sạch:** Giảm các tác nhân sinh học tới mức an toàn.

**Chất làm sạch:** Những chất hoá học hoặc chất vật lý hoặc dạng kết hợp có hoạt tính làm sạch.

**Nhiễm:** Sự xâm nhập không mong muốn của các tác nhân sinh học vào mô, mẫu hoặc trên các bề mặt.

**Nhiễm chéo:** Quá trình mà các tác nhân sinh học lây nhiễm không chủ ý từ vật này sang vật khác

**Thời gian giảm thiểu thập phân/ Giá trị D/ Giá trị D10:** Thời gian cần thiết để diệt 90% tế bào trên bề mặt hoặc trong một mẫu vật hoặc là thời gian cần thiết để số lượng vi sinh vật giảm 10 lần so với lượng ban đầu trong cùng điều kiện, đó là giảm một logarit.

**Khử nhiễm:** Việc làm giảm lượng tác nhân sinh học sống hoặc các vật liệu nguy hiểm khác trên bề mặt hoặc vật dụng xuống mức quy định bằng các biện pháp vật lý và/hoặc hóa học.

**Biến tính:** Quá trình mà các phân tử phức tạp buộc phải thay đổi cấu trúc của chúng bằng các phương pháp hóa học hoặc vật lý nhưng vẫn giữ nguyên thành phần của chúng. Quá trình này thường đi kèm với sự mất chức năng và có thể đảo ngược hoặc không thể đảo ngược.

**Chất khử trùng:** Các chất có khả năng loại bỏ tác nhân sinh học sống trên bề mặt hoặc trong nước thải. Các chất này có hiệu quả khác nhau tùy thuộc vào tính chất, nồng độ, thời hạn sử dụng và thời gian tiếp xúc với tác nhân.

**Khử trùng:** Một quá trình loại bỏ các tác nhân sinh học sống khỏi các vật dụng hoặc bề mặt để thao tác hoặc sử dụng một cách an toàn.

**Đo liều:** Đánh giá liều bức xạ ion hoá hấp thụ bởi một vật thể.

**Nội bào tử:** Tế bào được hình thành bởi một số vi khuẩn Gram dương trong điều kiện không thuận lợi cho sự phát triển. Nội bào tử có khả năng chịu được nhiệt độ cao và các tác nhân gây hại khác.

**Chất xông hơi:** Hoá chất được sử dụng trong xông hơi; được gọi là chất khử trùng trong không khí.

**Xông hơi:** Sử dụng khí độc hoặc hơi độc để loại bỏ sự nhiễm chéo của tác nhân sinh học từ bề mặt, thiết bị hoặc khu vực.

**Khử trùng bằng nhiệt:** Khử trùng đạt được bằng tác động của nhiệt ẩm hoặc khô.

**Bất hoạt:** Biện pháp loại bỏ khả năng hoạt động của các tác nhân sinh học bằng cách phá hủy hoặc ức chế khả năng nhân lên hoặc hoạt tính của enzyme.

**Tái:** Sản phẩm, thiết bị hoặc vật liệu được xử lý cùng nhau trong một chu trình, ví dụ nổi hấp tiệt trùng.

**Tác nhân gây bệnh:** Một tác nhân sinh học có khả năng gây bệnh ở người, động vật hoặc thực vật.

**Thiết bị chịu áp lực:** Thiết bị được thiết kế và chế tạo để chứa chất lỏng, chịu được áp suất cao, ví dụ: nổi hấp, thiết bị chuẩn bị môi trường

**Thiết bị ngăn chặn thứ nhất:** Một khu vực làm việc được kiểm soát để bảo vệ người thực hiện, môi trường phòng xét nghiệm và/hoặc các nguyên vật liệu trong quá trình thực hiện các thao tác có khả năng tạo khí dung. Việc bảo vệ thực hiện bằng cách tách biệt công việc khỏi khu vực chính của phòng xét nghiệm và/hoặc qua việc sử dụng các cơ chế tạo dòng khí kiểm soát, có định hướng. Các thiết bị ngăn chặn thứ nhất bao gồm tủ an toàn sinh học, tủ cách li, cửa thổi khí tại chỗ và khu vực làm việc có thông khí.

**Độ ẩm tương đối:** Lượng hơi nước trong không khí được biểu thị bằng tỉ lệ phần trăm của lượng hơi nước tối đa không khí có thể chứa ở một nhiệt độ nhất định

**Nguy cơ:** Sự kết hợp giữa khả năng xảy ra một sự cố với mức độ nghiêm trọng của hậu quả (thiệt hại) nếu sự cố đó xảy ra.

**Hơi nước bão hòa:** Hơi nước ở trạng thái cân bằng giữa thể lỏng và thể khí được sử dụng để khử trùng bằng hơi nước.

**Xà phòng:** Một hợp chất làm sạch hòa tan trong nước được sử dụng để làm sạch da và các vật liệu khác. Lưu ý, xà phòng không làm mất hoạt tính của các tác nhân sinh học.

**Bẩn:** Nhiễm những vật liệu sinh học bao gồm các tác nhân sinh học trên thiết bị hoặc bề mặt sau quá trình sử dụng.

**Bào tử:** Xem lại nội bào tử

**Quy trình thực hành chuẩn:** Một tập hợp các hướng dẫn theo từng bước đã được thẩm định và lập thành văn bản để chỉ ra cách thực hiện các quy trình và thực hành trong phòng xét nghiệm theo cách an toàn, kịp thời và đáng tin cậy, trên cơ sở thống nhất với chính sách của cơ sở, thực hành tốt và các quy định quốc gia hoặc quốc tế phù hợp.

**Vô trùng:** Trạng thái hoàn toàn không có tác nhân sinh học sống và bào tử.

**Tiệt trùng:** Quá trình tiêu diệt và/hoặc loại bỏ tất cả các tác nhân sinh học kể cả bào tử.

**Thẩm định:** Sự khẳng định một cách hệ thống, và bằng văn bản thể hiện các tiêu chuẩn cụ thể đủ để đảm bảo kết quả mong muốn. Ví dụ: để chứng minh một vật liệu đã được khử nhiễm, nhân viên phòng xét nghiệm cần thẩm định độ ổn định của phương pháp khử nhiễm bằng cách xác định lượng tác nhân sinh học tồn dư so với giới hạn phát hiện thông qua các chỉ thị sinh học, hóa học hoặc vật lí.

**Xác nhận:** Sự khẳng định một sản phẩm, quy trình hoặc hệ thống đã đáp ứng đầy đủ các yêu cầu cụ thể. Ví dụ cần thực hiện định kì việc xác nhận hoạt động của nồi hấp tiệt trùng đáp ứng các tiêu chuẩn của nhà sản xuất.

**Vi khuẩn sinh dưỡng:** Tế bào của vi khuẩn hoặc tảo đơn bào đang phát triển mạnh mẽ hơn là hình thành bào tử.

## Tóm tắt

Khử trùng, tiệt trùng và quản lý chất thải là chìa khóa trong việc xử lý an toàn các tác nhân sinh học. Do đó, điều quan trọng là hiểu được các cơ chế cơ bản của các phương pháp khử trùng, tiệt trùng và quản lý chất thải khác nhau để có thể được sử dụng trong phòng xét nghiệm. Các yêu cầu khử nhiễm cụ thể phụ thuộc vào bản chất của các tác nhân sinh học được xử lý. Chuyên đề này miêu tả các phương pháp quản lý và phương pháp xử lý cuối cùng chất thải phòng xét nghiệm được coi là nguy cơ sinh học. Thông tin có thể được sử dụng để phát triển các quy trình tiêu chuẩn và cụ thể hơn về khử nhiễm và quản lý chất thải cho một phòng xét nghiệm cụ thể. Chuyên đề này hướng đến người đọc là người phụ trách thực hiện đánh giá nguy cơ, ví dụ: người quản lý phòng xét nghiệm hoặc cán bộ an toàn sinh học, cũng như nhân viên phòng xét nghiệm và các nhà khoa học có thực hiện khử nhiễm các dụng cụ của phòng xét nghiệm cũng như những người chịu trách nhiệm xử lý chất thải của phòng xét nghiệm.

Thông tin về khử nhiễm và quản lý chất thải trong chuyên đề này được thiết kế để bổ sung và hỗ trợ ấn bản lần thứ 4 của *Cẩm nang an toàn sinh học phòng xét nghiệm* (tài liệu chính) và các chuyên đề bổ sung của Tổ chức Y tế Thế giới. Cẩm nang và các chuyên đề áp dụng cách tiếp cận dựa trên nguy cơ và bằng chứng đối với an toàn sinh học, thay vì cách tiếp cận theo quy định, nhằm đảm bảo các cơ sở vật chất, thiết bị an toàn và thực hành công việc của phòng xét nghiệm là phù hợp, đáp ứng nhu cầu và bền vững. Nhấn mạnh tầm quan trọng của “văn hóa an toàn” bao gồm đánh giá nguy cơ, quy trình và thực hành vi sinh tốt và quy trình thực hành chuẩn, đào tạo nhân viên, báo cáo kịp thời về các sự cố và tai nạn, sau đó điều tra và có hành động khắc phục thích hợp. Cách tiếp cận mới nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho việc thiết kế phòng xét nghiệm và các cách thức thực hiện đảm bảo tính bền vững hơn trong khi vẫn duy trì việc kiểm soát an toàn sinh học đầy đủ và thích hợp.

Các chuyên đề liên quan khác cung cấp thông tin chi tiết và giúp thực hiện các hệ thống và chiến lược theo các chuyên đề sau: đánh giá nguy cơ, thiết kế và bảo dưỡng phòng xét nghiệm, tử an toàn sinh học và các thiết bị ngăn chặn thứ nhất khác, trang bị bảo hộ cá nhân, quản lý chương trình an toàn sinh học, chuẩn bị và ứng phó dịch bệnh, chống dịch và khả năng phục hồi.

Chuyên đề này bao gồm mô tả các phương pháp khử nhiễm được sử dụng trong phòng xét nghiệm vi sinh bao gồm rửa tay và khử trùng bằng hóa chất, khí và nhiệt. Thảo luận về các loại hóa chất khử trùng khác nhau và thành phần, cơ chế hoạt động và ưu nhược điểm của chúng. Liệt kê các yếu tố có thể ảnh hưởng đến hiệu quả của chất khử trùng. Chuyên đề bao gồm tổng quan các phương pháp xông hơi, bất hoạt bằng nhiệt và cách kiểm tra hiệu quả của các phương pháp xử lý này bằng các chỉ thị. Chuyên đề cũng đề cập tới các khía cạnh không thể thiếu của quản lý chất thải như lưu giữ tài liệu và hồ sơ. Mô tả việc loại bỏ chất thải lỏng và chất thải rắn ra khỏi phòng xét nghiệm một cách an toàn cũng như phương pháp bất hoạt mẫu.



PHẦN  
1

## GIỚI THIỆU

Chuyên đề này biên soạn dựa trên thông tin về khử nhiễm và quản lý chất thải được đề cập trong ấn phẩm lần tư của *Cẩm nang an toàn sinh học trong phòng xét nghiệm (1)* (tài liệu chính) của Tổ chức Y tế Thế giới (1). Bao gồm thông tin tiệt trùng, các chỉ thị hóa học và sinh học, quản lý chất thải và bất hoạt mẫu sinh học.

Các chuyên đề liên quan khác cung cấp thông tin chi tiết và giúp thực hiện các hệ thống và chiến lược theo các chuyên đề sau: đánh giá nguy cơ (2), thiết kế và bảo dưỡng phòng xét nghiệm (3), tử an toàn sinh học và thiết bị ngăn chặn thứ nhất khác (4), trang bị bảo hộ cá nhân (5), quản lý chương trình an toàn sinh học (6), chuẩn bị và ứng phó dịch bệnh (7).

Trong phòng xét nghiệm, việc quản lý chất thải có nguy cơ chứa các tác nhân sinh học phải bao gồm các phương pháp khử nhiễm đã được thẩm định, được xác định trong quá trình đánh giá nguy cơ. Quá trình khử nhiễm được thực hiện thường xuyên bằng cách sử dụng kết hợp hóa chất khử trùng và hấp tiệt trùng, trong một số trường hợp, được bổ sung bằng phương pháp đốt. Do đó, các kiến thức cơ bản về làm sạch, khử trùng, tiệt trùng cho nhân viên phòng xét nghiệm là rất quan trọng đối với an toàn sinh học trong phòng xét nghiệm. Các nguyên tắc chung sau đây áp dụng cho tất cả các loại tác nhân sinh học đã biết. Điều quan trọng là đảm bảo bất kì chất khử trùng nào được sử dụng – sử dụng cho bề mặt hoặc chất lỏng – chất khử trùng có tác dụng với các tác nhân sinh học thường sử dụng trong phòng xét nghiệm sử dụng ở nồng độ, nhiệt độ chính xác và thời gian tiếp xúc tối thiểu quy định. Ngoài ra, khi lựa chọn chất khử trùng phù hợp, cần xem xét một số chất khử trùng có thể bị mất hoạt tính bởi chất hữu cơ; chất hữu cơ này có thể bao gồm sinh phẩm trong phòng xét nghiệm như chất bổ sung dinh dưỡng cho môi trường nuôi cấy lỏng.

Điều quan trọng nữa là phải xem xét sự tách biệt (vật liệu sạch và vật liệu bị nhiễm, vật liệu bị nhiễm và nhân viên) và biện pháp ngăn chặn (ví dụ: đóng gói chất thải trong quá trình xử lý và vận chuyển chất thải từ bàn xét nghiệm đến nơi hấp). Trong mục 3.1 của *Cẩm nang an toàn sinh học phòng xét nghiệm (1)*, ấn phẩm lần thứ 4 đã mô tả chi tiết quy trình thực hành vi sinh tốt.

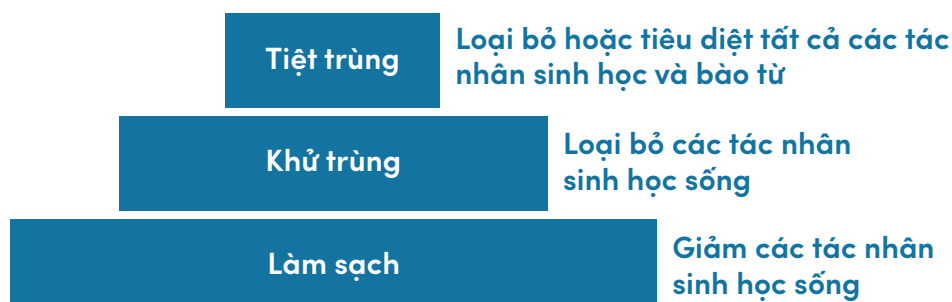
Trong bất kì phòng xét nghiệm nào có thực hiện nhiều xét nghiệm, điều quan trọng là cần phải có một khu vực lưu giữ chất thải có chứa các tác nhân sinh học trong một

thời gian ngắn trước khi xử lý và tiêu hủy. Khu vực này tốt nhất cần được cách biệt với khu vực làm việc/khu vực phân tích của phòng xét nghiệm và cách xa các khu vực lưu giữ hoặc khử trùng các vật liệu sạch, vô trùng. Để biết thêm thông tin về thiết kế phòng xét nghiệm, tham khảo *Chuyên đề: thiết kế và bảo dưỡng phòng xét nghiệm (3)*.

Thông tin chung về khử nhiễm và quản lý chất thải được đưa ra trong chuyên đề này có thể được sử dụng để soạn thảo các quy trình chuẩn và các hướng dẫn cụ thể để xử lý các tác nhân sinh học gây bệnh trong phòng xét nghiệm. Các yêu cầu khử nhiễm cụ thể sẽ phụ thuộc vào loại hoạt động hoặc quy trình trong phòng xét nghiệm và bản chất của các tác nhân sinh học được xử lý. Do đó, phòng xét nghiệm nên xác định các chiến lược quản lý chất thải phù hợp dựa trên kết quả đánh giá nguy cơ và áp dụng theo các nhu cầu và điều kiện của địa phương.

## CÁC PHƯƠNG PHÁP KHỬ NHIỄM

Tùy thuộc vào mức độ khử nhiễm cần đạt được, các quá trình như làm sạch, khử trùng hoặc tiệt trùng có thể được lựa chọn sử dụng (Hình 2.1). Việc lựa chọn và sử dụng phương pháp khử nhiễm, hóa học hoặc vật lý, sẽ tùy thuộc vào việc áp dụng: khử nhiễm chất thải, bề mặt, thiết bị y tế hoặc mẫu bằng các quá trình khử nhiễm như tiếp xúc với hơi nước hoặc xử lý bằng hóa chất. Các ưu điểm và nhược điểm của các phương pháp phải được xem xét để có thể lựa chọn phương pháp khử nhiễm thích hợp nhất. Bảng 2.1 đưa ra các phương pháp khử nhiễm để kiểm soát sự lây nhiễm với các tác



**Hình 2.1** Các mức độ khử nhiễm

nhân sinh học được mô tả trong chuyên đề này.

Đối với phương pháp hóa học, bốn yếu tố phải được xem xét khi lựa chọn chất khử trùng để sử dụng trong quá trình khử nhiễm: hiệu quả khử trùng, tính an toàn, tác động môi trường và khả năng tương thích với vật liệu của bề mặt và/hoặc thiết bị xét nghiệm được khử nhiễm. Chất khử trùng lý tưởng vẫn chưa tồn tại và có lẽ sẽ không bao giờ có vì nó cần có đủ các thông số kỹ thuật sau:

- tác động nhanh chóng và hiệu quả lên các tác nhân sinh học,
- phổ áp dụng rộng,
- hiệu quả ở nồng độ thấp nhất có thể,
- hoạt động ở tất cả nhiệt độ,
- độc tính thấp,

**Bảng 2.1** Các phương pháp khử nhiễm vật lí và hóa học để kiểm soát nhiễm khuẩn

CÁC LOẠI KHỬ NHIỄM			
KHÍ/HƠI	HOÁ HỌC		VẬT LÍ NHIỆT
		LỎNG	
Formaldehyt Hydrogen peroxide Clo dioxit	Phenol Các peroxide Hypoclorit Clo dioxit Axit peracetic Formaldehyt Glutaraldehyt Hợp chất Amoni bạc bốn Rượu	Nồi hấp Thiêu huỷ Lò sấy Đun sôi	

- không bị bất hoạt bởi các chất hữu cơ,
- khả năng tương thích với tất cả vật liệu (ví dụ: không ăn mòn),
- ổn định, và
- có thể phân huỷ và thân thiện với môi trường.

*Trình tự khử trùng đúng: (i) làm sạch để loại bỏ bụi bẩn và chất hữu cơ, (ii) sử dụng chất khử trùng và (iii) sau khoảng thời gian tiếp xúc đã xác định trước, lau sạch bằng nước để loại bỏ dư lượng hóa chất, nếu cần thiết.*

Các mục sau sẽ miêu tả các phương pháp thường được sử dụng trong phòng xét nghiệm để xử lí chất thải lây nhiễm (lỏng hoặc rắn) hoặc để loại bỏ các tác nhân sinh học cho bề mặt, thiết bị và vật liệu đã được thải bỏ khỏi phòng xét nghiệm.

## 2.1 Làm sạch và vệ sinh tay

### 2.1.1 Làm sạch

Làm sạch là việc loại bỏ các vật chất không gắn liền trên vật thể chính. Làm sạch trong ngữ cảnh an toàn sinh học phòng xét nghiệm có hai chức năng: i) giúp loại bỏ bụi bẩn và các vật chất khác làm bất hoạt hóa chất khử nhiễm hoặc cản trở việc tiếp xúc của hoá chất với các tác nhân sinh học vật thể; và ii) loại bỏ phần lớn lượng tác nhân sinh học làm giảm về mức an toàn để việc khử nhiễm bằng các chất hóa học sau đó có thể đảm bảo hiệu quả.

Không nên xem việc làm sạch là quá trình khử nhiễm duy nhất. Nhu cầu làm sạch trước khi khử trùng bằng hóa chất là nhu cầu chủ quan: nếu một vật bề mặt sạch, thì không cần phải làm sạch trước khi khử trùng bằng hóa chất. Khó khăn do không thể nhìn thấy các khu vực, ví dụ: bên trong đường ống bị khuất. Trong những trường hợp này, nên đánh giá nguy cơ về sự cần thiết phải làm sạch trước khi khử trùng.

Việc làm sạch có thể được thực hiện thủ công bằng cách cọ rửa, nếu có thể nên sử dụng nước ấm. Làm sạch bao gồm đánh cọ, hút bụi, lau bụi khô, giặt hoặc lau ẩm bằng nước ấm. Sử dụng máy rửa bát đĩa trong phòng xét nghiệm cũng là một phương pháp làm sạch. Việc bổ sung các chất làm sạch (chất hoạt tính bề mặt làm giảm sức căng bề mặt, chất tẩy rửa) làm tăng hiệu quả làm sạch. Ví dụ các chất làm sạch thông thường bao gồm dung dịch soda (3 kg natri carbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) trong 100 L nước nóng), dung dịch xà phòng (3 kg xà phòng trong 100 L nước nóng) hoặc các chế phẩm thương mại. Việc làm sạch phải được thực hiện sao cho giữ an toàn cho người thực hiện và ngăn ngừa sự lây lan của dịch bệnh hoặc sự phát tán ô nhiễm. Do đó, nhân viên phải được đào tạo và sử dụng BHCN, đúng kĩ thuật và được quan tâm đầy đủ.

### 2.1.2 Vệ sinh tay

Mặc dù găng tay giúp cho người đeo được bảo vệ ở mức cao, nhưng găng tay không bảo vệ được hoàn toàn và phải rửa tay sau khi tháo bỏ. Găng tay có thể bị thủng, một số lỗ có thể quá nhỏ khiến người đeo không thể nhận thấy. Chất lỏng nhiễm bẩn sẽ đi qua các lỗ thủng này thông qua hiện tượng mao dẫn và tiếp xúc trên da của người đeo. Ngay cả với một kĩ thuật tháo bỏ găng tay rất tốt, như được miêu tả trong *Chuyên đề: trang bị bảo hộ cá nhân (5)*, tay có thể bị nhiễm bẩn trong quá trình làm việc. Do đó, phải thực hiện vệ sinh tay sau khi tháo găng. Nếu không đeo găng tay, cần phải rửa tay sau khi làm việc trong phòng xét nghiệm hoặc tiếp xúc với động vật. Nếu bàn tay bị nhiễm các tác nhân sinh học trong phòng xét nghiệm, các tác nhân sẽ ở trên da tay. Do đó, chúng có thể dễ dàng bị loại bỏ bằng cách rửa tay hoặc sử dụng dung dịch khử trùng tay.

Có hai loại vệ sinh tay trong phòng xét nghiệm.

### Rửa tay

Một lần rửa tay ngắn (khoảng 20 giây) nhưng rửa kĩ với xà phòng và dưới dòng nước đang chảy sẽ loại bỏ hiệu quả các nhiễm bẩn trong phòng xét nghiệm. Kỹ thuật để rửa tay đúng cách được thể hiện trong Hình 2.2. Sử dụng xà phòng diệt khuẩn không có nhiều tác dụng vì mục đích của rửa tay là loại bỏ các tác nhân sinh học thay vì bất hoạt hoặc tiêu diệt chúng. Nên rửa tay dưới vòi nước chảy, nên sử dụng vòi pha nước nóng và lạnh để nước có nhiệt độ dễ chịu. Dùng vòi tự động chế độ rửa tay (công tắc hoạt động bằng tia hồng ngoại, hoặc vòi đóng mở bằng chân, đầu gối hoặc khuỷu tay) là một lợi thế. Nếu cần mở và đóng vòi nước bằng tay, nên dùng khăn giấy sạch để đóng vòi nước. Nên lau khô tay bằng khăn giấy dùng một lần và phải thải bỏ khăn đúng cách sau khi sử dụng vào thùng đựng chất thải theo quy định.

### Khử trùng tay bằng cồn

Cồn (etanol, propanol hoặc isopropanol) ở nồng độ từ 60% đến 95% được cho vào lòng bàn tay và chà đến khô có thể có hiệu quả trong việc loại bỏ tác nhân gặp phải trong quá trình làm việc trong phòng xét nghiệm (8,9). Bạn có thể tìm hiểu kỹ thuật sử dụng cồn khử trùng tay đúng cách tại trang web của Tổ chức Y tế Thế giới (10). Khả năng xâm nhập của cồn vào protein hoặc các chất chưa protein kém, nên chúng thường chỉ được sử dụng với bàn tay có cảm quan sạch. Cồn không có hoạt tính chống lại bào tử và hoạt động kém với vi rút không có vỏ bọc; nếu tay bị nhiễm các tác nhân sinh học này, nên rửa tay thay vì khử trùng bằng cồn.

## 2.2 Khử trùng bằng hoá chất

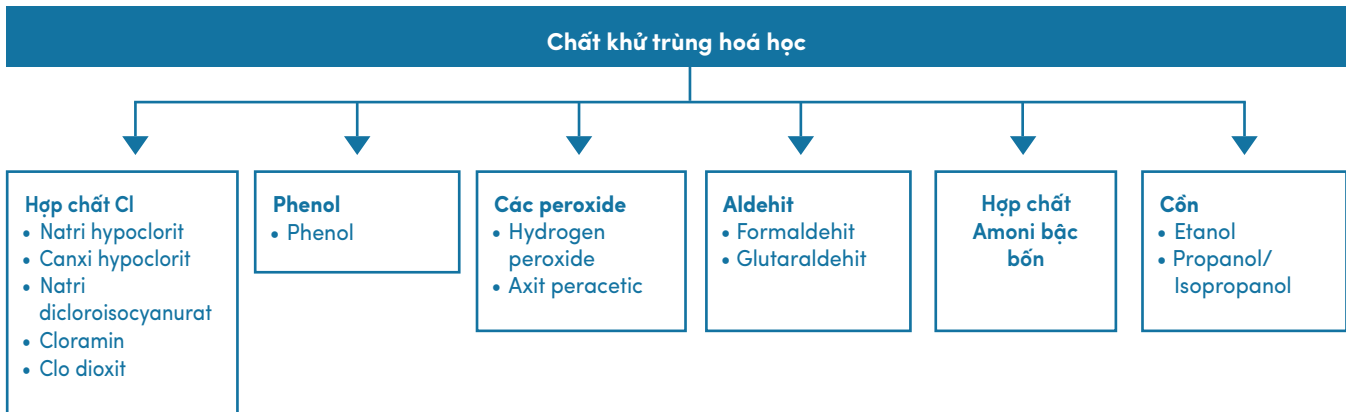
Các tác nhân sinh học có khả năng kháng hoặc nhạy khác nhau với các sản phẩm hóa học tùy thuộc vào sự có hay không có lớp vỏ tế bào, màng lipid, các lớp polysaccharid và peptidoglycan. Nói chung, để bất hoạt bào tử hoặc vi rút có vỏ thì cần sử dụng chất khử trùng có nồng độ cao hơn. Thông thường, dung dịch natri hypoclorit (NaOCl) chứa 1000 ppm (phần triệu) clo hoạt tính thích hợp để khử trùng bề mặt nói chung, nhưng với dung dịch mạnh hơn (ví dụ: 5000 ppm hoặc 10 000 ppm) được khuyến cáo sử dụng khi xử lý các trường hợp nhiễm nặng, có chất hữu cơ hoặc các tác nhân sinh học kháng hoá chất khử trùng.



Hình 2.2 Hướng dẫn rửa tay đúng cách

### 2.2.1 Các loại chất khử trùng

Một số loại hóa chất khử trùng sẵn có (Hình 2.3).



**Hình 2.3** Các loại hoá chất khử trùng

#### Hợp chất clo

Hypoclorit là chất khử trùng gốc clo nhưng thành phần hoạt tính là oxy liên kết lỏng lẻo với clo; oxy này dễ dàng bị mất đi để trở thành dạng hoạt động để oxy hóa các hợp chất khác. Các chất khử trùng này là các dung dịch có nhiều thành phần ở trạng thái cân bằng những các loại hóa chất hoạt động mạnh nhất thường là natri hypoclorit ( $\text{NaOCl}$ ), ion hypoclorơ ( $\text{OCl}^-$ ) và axit hypoclorơ ( $\text{HOCl}$ ). Khả năng oxy hóa của các dung dịch hypoclorit được biểu thị bằng phần trăm clo hoạt tính hoặc phần triệu clo hoạt tính (ppm clo hoạt tính). (Đây là sự nhầm lẫn lịch sử và thực tế để cập đến oxy kết hợp với clo).

Hypoclorit bị bất hoạt bởi chất hữu cơ. Ngay cả ở mức độ nhiễm rất thấp (“điều kiện sạch”), vẫn cần dùng nồng độ clo cao và nồng độ cần thiết tăng lên khi lượng chất hữu cơ tăng lên (“điều kiện bẩn”); xem Bảng 2.2.

Các dung dịch hypoclorit có thể được tạo ra từ một số chất gốc khác nhau như dung dịch tẩy rửa. Dung dịch này rẻ và sẵn có. Tuy nhiên, không chắc chắn về lượng clo hoạt tính trong các dung dịch này vì các chất lỏng hypoclorit bị phân hủy khi bảo quản; tốc độ phân huỷ đó phụ thuộc vào điều kiện bảo quản, chủ yếu là nhiệt độ. Dung dịch hypoclorit pha loãng có thời hạn sử dụng giới hạn, khoảng một ngày, tùy thuộc vào việc tiếp xúc với nhiệt và/hoặc ánh sáng mặt trời.

Bột hoặc viên nén canxi hypochlorit  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  thường chứa khoảng 70% clo hoạt tính. Do đó, các dung dịch pha từ bột hoặc viên nén có chứa, ví dụ: dung dịch calcium hypochlorit 1,4 g/L sẽ chứa khoảng 1 g/L clo hoạt tính, tương đương với 1000 ppm clo hoạt tính.

Natri dicloroisocyanurat (NaDCC) là dạng rắn rất bền khi bảo quản khô, ngay cả ở nhiệt độ cao. NaDCC có chứa 60% clo hoạt tính và hình thành trạng thái cân bằng có chứa các loại hypochlorit hoạt tính. Khi ở trong dung dịch, NaDCC không ổn định như các dạng hypochlorit lỏng khác. Natri dicloroisocyanurat ở dạng viên nén sẽ tạo ra nồng độ clo hoạt tính cụ thể khi được hòa tan trong một lượng nước cụ thể.

Các phép tính tương tự có thể được thực hiện với cloramin chứa khoảng 25% clo hoạt tính. Cloramin có khả năng chống lại sự bất hoạt bởi chất hữu cơ nhiều hơn bởi các nguồn hypochlorit khác (11).

Hypochlorit có thể gây ăn mòn kim loại nghiêm trọng và kích ứng da và niêm mạc khi tiếp xúc. Nên tránh sử dụng chúng trên kim loại trừ khi nhà sản xuất khuyến cáo kim loại trong thiết bị của họ phù hợp với nồng độ hypochlorit được sử dụng hoặc không có vấn đề gì nếu kim loại bị ăn mòn, ví dụ: vật dụng đang được khử trùng trước khi thải bỏ.

**Bảng 2.2** Khuyến cáo pha loãng các hoá chất giải phóng clo

NGUỒN HYPOCHLORIT (PHẦN TRĂM CLO HOẠT TÍNH)	ĐIỀU KIỆN SẠCH (CLO HOẠT TÍNH ĐỂ KHỬ TRÙNG: 1 G/L – 0,1% CLO HOẠT TÍNH – 1000 PPM AV CL)	ĐIỀU KIỆN BẦM (CLO HOẠT TÍNH ĐỂ KHỬ TRÙNG: 5 G/L – 0,5% CLO HOẠT TÍNH – 5000 PPM AV CL)
Dung dịch natri hypochlorit (5% clo hoạt tính)	20 mL	100 mL
Canxi hypochlorit (70% clo hoạt tính)	1,4 g/L	7,0 g/L
Bột natri dicloroisocyanurat (60% clo hoạt tính)	1,7 g/L	8,5 g/L
Bột Cloramin (25% clo hoạt tính)	4 g/L	20 g/L

ppm av Cl = 1 phần triệu clo hoạt tính.

<sup>a</sup> Mức nhiễm thấp.

<sup>b</sup> Mức nhiễm cao.

Tần suất thay dung dịch hypochlorit hoạt động phụ thuộc vào nồng độ ban đầu của chúng, tần suất và đặc tính sử dụng (lượng chất hữu cơ được thêm vào) và nhiệt độ môi trường xung quanh. Theo hướng dẫn chung, các dung dịch được sử dụng một số lần trong ngày để khử nhiễm các vật liệu có hàm lượng chất hữu cơ cao nên được thay hàng ngày, trong khi các dung dịch ít sử dụng hơn thì có thể có thể kéo dài đến một tuần. Kiểm tra chất lượng của các dung dịch hypochlorit bằng cách sử dụng giấy thử iot để xác định dung dịch chưa bị bất hoạt. Giấy thử iot xác định điều kiện và độ mạnh tương đối của chất oxy hóa có trong dung dịch.

Hypochlorit tương đối rẻ và có khả năng chống lại hầu hết các loài, bao gồm cả bào tử và prion (12,13). Sử dụng nồng độ và thời gian tiếp xúc hiệu quả là một cách thức đảm bảo khử nhiễm tác nhân sinh học, tăng nồng độ đối với dạng bào tử và prion. Dung dịch natri hypochlorit thường ổn định trong dung dịch kiềm để kéo dài hạn sử dụng và được điều chỉnh tới pH 7 để sử dụng (14) cho các loài kháng hoá chất, ví dụ như bào tử *Bacillus anthracis* (15).

Các yếu tố khác như độ cứng của nước pha loãng, chất vô cơ (ví dụ: muối) hoặc sự hiện diện của một số chất tẩy rửa cũng có thể ảnh hưởng đến hiệu quả của một số chất khử trùng (ví dụ: hợp chất amoni bậc bốn).

Vì các yếu tố này và các yếu tố khó kiểm soát khác, thường khó đảm bảo chất lượng của việc khử trùng bằng hóa chất thường không tốt. Khử trùng bằng hóa chất chỉ nên được sử dụng ở những nơi không thể áp dụng các phương pháp khử nhiễm tốt hơn (ví dụ: hấp tiệt trùng).

Nhiều hoá chất khử trùng hóa học có thể gây hại cho con người và/hoặc môi trường. Cần phải lựa chọn, bảo quản, thao tác, sử dụng và xử lý cẩn thận, tuân thủ theo hướng dẫn của nhà sản xuất và các yêu cầu pháp lí/ quy định của địa phương.

Khi xem xét sử dụng một chất khử trùng, các đặc tính của các thành phần hoạt tính sẽ cho thấy khả năng hoạt động của chúng. Nếu chất khử trùng được bán dưới dạng sản phẩm có tên thương hiệu, người dùng nên xác định (các) thành phần hoạt tính. Điều này đôi khi có thể khó khăn vì tên thương hiệu có thể bao gồm một loạt các sản phẩm khác nhau, mỗi sản phẩm có các thành phần hoặc nồng độ khác nhau. Người sử dụng cần biết chính xác loại hoá chất họ đang sử dụng và hiệu quả của nó như đã được xác định trong đánh giá nguy cơ.

Như đề cập trong mục 2.2.2 Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả của chất khử trùng, dung dịch pha loãng hypochlorit có hạn sử dụng giới hạn trong khoảng một ngày, tùy thuộc vào sự tiếp xúc với nhiệt và/hoặc ánh sáng mặt trời. Hypochlorit là một chất oxy hóa không đặc hiệu và cần thêm lượng hypochlorit nếu có một lượng lớn các hợp chất hữu cơ khác trong dung dịch được khử trùng.

Clo dioxit ( $\text{ClO}_2$ ) có cơ chế diệt vi sinh tương tự như hypochlorit nhưng hiệu quả hơn. Vì hiệu quả hơn, nên có thể được sử dụng ở nồng độ thấp hơn, ít ăn mòn hơn so với hypochlorit. Vì clo dioxit được sử dụng ở nồng độ thấp hơn, chúng dễ bị bất hoạt bởi chất hữu cơ hơn so với dung dịch hypochlorit.

Dung dịch clo dioxit được tạo ra bằng cách trộn hai thành phần ngay trước khi sử dụng. Sau khi các thành phần được trộn trong phòng xét nghiệm, dung dịch có thể được sử dụng trong một khoảng thời gian giới hạn (do nhà sản xuất quy định).

### Phenol

Phenol, còn được gọi là hợp chất phenolic, là một nhóm hợp chất hóa học bao gồm một nhóm hydroxyl ( $-OH$ ) gắn với một nhóm hydrocacbon thơm. Đơn giản nhất của lớp này là phenol ( $C_6H_5OH$ ). Phenol hoạt động đặc biệt trên màng tế bào, làm biến tính protein và bất hoạt các enzyme trong bào tương bằng cách tạo thành các phức hợp không bền. Những phản ứng này dẫn đến việc thoát ra của các thành phần vi khuẩn hoặc chúng gây ra phân giải màng tế bào. Các hợp chất phenolic có độ ổn định cao hơn natri hypoclorit, ít bị ảnh hưởng bởi nồng độ chất hữu cơ cao hơn trong dung dịch và có hiệu quả chống lại vi khuẩn sinh dưỡng, đặc biệt là các loài Gram dương và vi rút có vỏ. Tuy nhiên, chúng không có hiệu quả đối với bào tử và vi rút không có vỏ. Mặc dù vậy, các hợp chất phenolic có thể độc, ăn mòn da và được biết là chất gây kích ứng đường hô hấp. Do những hạn chế lớn này, việc sử dụng các hợp chất phenolic đã giảm trong những năm gần đây, mặc dù các hợp chất phenolic vẫn có thể được tìm thấy trong một số sản phẩm tẩy rửa và khử trùng gia dụng, thường kết hợp với amoni bậc bốn và rượu.

Các chất khử trùng phenol vẫn được sử dụng để diệt vi khuẩn lao. Do các chất này là các phân tử dễ hoà tan trong lipid được giữ lại bởi nhiều phospholipid trên màng tế bào của vi khuẩn myco, từ đó loại bỏ vi khuẩn.

### Các peroxide

Các peroxide là hoá chất diệt khuẩn được sử dụng rộng rãi vì hoạt tính oxy hóa mạnh do có sự xuất hiện của các gốc hydroxyl phản ứng mạnh. Chúng làm biến tính protein và lipid của các tác nhân sinh học, dẫn đến sự phá huỷ cấu trúc màng. Sự trương nở của lớp màng tác nhân sinh học có thể xảy ra do hút nước khi bão hòa với các ion hydro.

**Hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ )** hoạt động như một chất oxy hóa bằng cách tạo ra các gốc tự do hydroxyl tấn công các thành phần quan trọng của tế bào, bao gồm lipid, protein và ADN. Chúng có phổ diệt khuẩn, diệt vi rút và diệt nấm rộng, dù cơ chế chống lại bào tử vi khuẩn và vi khuẩn lao là khác nhau. Tuy nhiên, khả năng sản xuất catalase của vi khuẩn có thể làm tăng khả năng chống chịu với hydrogen peroxide khi sử dụng ở nồng độ thấp (16). Hydrogen peroxide thân thiện với môi trường vì nó có thể nhanh chóng phân hủy thành các sản phẩm vô hại - nước và oxy. Tuy nhiên, chúng có thể gây kích ứng nghiêm trọng cho da, mắt và hệ hô hấp.

**Axit peracetic ( $C_2H_4O_3$ )** là một chất khử trùng mạnh hơn hydrogen peroxide. Axit peracetic làm biến tính protein, cản trở tính thấm của thành tế bào và oxy hóa các liên kết sulfhydryl và lưu huỳnh trong protein, enzyme và các chất chuyển hóa khác.

Kết quả là, axit peracetic có tính diệt bào tử, diệt vi khuẩn, diệt vi rút và diệt nấm ở nồng độ thấp (<0,3%). Axit peracetic cũng phân hủy thành các sản phẩm phụ an toàn (axit axetic và oxy) và có thêm ưu điểm là không bị phân hủy bởi peroxidase, không giống như hydrogen peroxide, và vẫn hoạt động khi có mặt chất hữu cơ (17). Các nhà cung cấp hoá chất thường sẵn có axit peracetic do đó chúng tương đối rẻ, và có thể được pha loãng tại điểm sử dụng. Tuy nhiên, cũng như hydrogen peroxide, axit peracetic là một chất gây kích ứng nghiêm trọng cho da, mắt và hệ hô hấp.

### Andehit

**Formaldehyt (CH<sub>2</sub>O)** có hoạt động dưới dạng formalin, một dung dịch ổn định ở khoảng 37% formaldehyt, hoặc paraformaldehyt, dạng polyme rắn được đun nóng và phản ứng với không khí để tạo ra khí formaldehyt. Formaldehyt gây kích ứng da, mắt, mũi và cổ họng. Tiếp xúc ở mức độ cao có thể gây ra một số loại ung thư (18,19); vì lý do này, một số quốc gia đang xem xét việc hạn chế sử dụng chúng trong tương lai. Khi sử dụng trong phòng xét nghiệm, mọi người không được tiếp xúc với formaldehyt hoặc hơi của chúng. Formaldehyt chỉ nên được sử dụng cho các quá trình cụ thể, ví dụ cố định mô, mà không phải để khử trùng chung. Formaldehyt không nên được sử dụng để lau bề mặt hoặc thiết bị. Chỉ nên sử dụng xông hơi những không gian giới hạn (xem mục 2.3 Khử trùng bằng khí) nếu hơi có thể được giữ lại hoàn toàn, được khử hoạt tính hiệu quả và thải ra ngoài một cách an toàn sau khi khử trùng. Khi sử dụng formaldehyt, các điều kiện phải được kiểm soát, ví dụ như trong phòng hoặc tủ kín, hạn chế sự tiếp xúc của con người theo các yêu cầu về môi trường và an toàn quốc gia.

**Glutaraldehyt (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>)** thường được sử dụng như một dung dịch đệm (hoạt tính) đến pH kiềm ngay trước khi sử dụng. Trước khi có hoạt tính, glutaraldehyt là một dung dịch ổn định nhưng sau khi kích hoạt, nó có thời hạn sử dụng giới hạn. Ưu điểm của glutaraldehyt là phổ diệt vi sinh rộng và độ ăn mòn thấp. Nhược điểm của glutaraldehyt là chất độc và làm tăng nhạy cảm hóa chất (có thể gây ra phản ứng dị ứng sau khi tiếp xúc). Nếu sử dụng, phải sử dụng BHCN thích hợp để hạn chế khả năng tiếp xúc với hoá chất dạng lỏng hoặc dạng hơi.

### Hợp chất amoni bậc bốn

Các hợp chất amoni bậc bốn và các hợp chất tương tự, ví dụ các triamin, là một nhóm phân tử đa dạng, một số có thể được sử dụng làm chất khử trùng. Chúng hoạt động nhờ tính hoạt động bề mặt có thể phá vỡ cấu trúc của các tác nhân sinh học. Các hợp chất amoni bậc bốn bền hơn các hợp chất hypochlorit, ít gây kích ứng đường hô hấp và ít độc hơn các hợp chất phenolic. Tuy nhiên, chúng bị ảnh hưởng bởi lượng vật liệu hữu cơ cao và những vật có diện tích bề mặt lớn có thể kết dính chất khử trùng, ví dụ vải.

Chúng có hoạt tính chống lại vi khuẩn ở dạng không bào tử và vi rút có vỏ bọc (chứa lipid). Chúng có hiệu quả chống lại ít các tác nhân sinh học hơn so với các hợp chất hypochlorit hoặc phenolic, và có hiệu quả hạn chế đối với vi rút không có vỏ bọc, hầu hết các loài vi khuẩn *Mycobacteria* và bào tử. Tuy nhiên, để sử dụng lâu dài cho các dung dịch chứa các vi rút có vỏ, các hợp chất amoni bậc bốn có thể là chất khử trùng tốt nhất.

Chúng không ăn mòn nhưng đắt hơn natri hypoclorit. Nếu cần xem xét để sử dụng trong phòng xét nghiệm, thì khả năng bất hoạt và dải các tác nhân sinh học mà chúng có khả năng chống lại cần phải được xem xét trong đánh giá nguy cơ.

### Cồn

Cồn được sử dụng để khử trùng trong phòng xét nghiệm là dạng etanol (thường bị biến tính bằng cách bổ sung rượu metyl hóa, khiến nó không thích hợp để uống), propanol (propan-1-ol) hoặc isopropanol (propan-2-ol). Nồng độ bình thường để sử dụng là 70%, mặc dù, tùy thuộc vào loại cồn được sử dụng, nồng độ 60% đến 90% có thể có hiệu quả (20). Hoạt động của ba loại cồn là tương tự nhau; chúng có hiệu quả chống lại nhiều loại vi khuẩn ở dạng không bào tử và virus có vỏ bọc (chứa lipid). Chúng có hoạt tính khác nhau chống lại các vi rút không có vỏ bọc và không có hoạt tính chống lại bào tử vi khuẩn. Trong khi cồn không bị bất hoạt bởi các chất hữu cơ, hoạt động của chúng không hiệu quả khi có mặt của protein; chúng có thể làm đông tụ protein, tạo thành một rào cản chống lại sự xâm nhập sâu hơn của chúng vào các lớp bên trong. Cồn bay hơi nhanh chóng nên rất tiện lợi khi sử dụng làm chất khử trùng bề mặt. Tuy nhiên, sự bay hơi nhanh của cồn cũng làm giảm thời gian tiếp xúc và do đó cũng ảnh hưởng tới hiệu quả của chúng.

## 2.2.2 Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả của chất khử trùng

Có nhiều yếu tố có thể ảnh hưởng đến hiệu quả của việc khử trùng bằng hóa chất. Những yếu tố quan trọng nhất được chỉ ra trong Bảng 2.3. Các yếu tố này cần phải được xem xét trong quá trình đánh giá nguy cơ để lựa chọn loại khử nhiễm tốt nhất.

Các yếu tố khác như độ cứng của nước pha loãng, chất vô cơ (ví dụ: muối) hoặc sự có mặt của một số chất tẩy rửa cũng có thể ảnh hưởng đến hiệu quả của một số chất khử trùng (ví dụ: hợp chất amoni bậc bốn).

Vì các yếu tố này và các yếu tố khó kiểm soát khác thường khó đảm bảo chất lượng của việc khử trùng bằng hóa chất thường không tốt. Khử trùng bằng hóa chất chỉ nên được sử dụng ở những nơi không thể áp dụng các phương pháp khử nhiễm tốt hơn (ví dụ: hấp tiệt trùng).

Nhiều hoá chất khử trùng có thể gây hại cho con người và/hoặc môi trường. Cần phải lựa chọn, bảo quản, thao tác, sử dụng và xử lý cẩn thận, tuân thủ theo hướng dẫn của nhà sản xuất và các yêu cầu pháp lý/quy định của địa phương.

Khi xem xét sử dụng một chất khử trùng, các đặc tính của các thành phần hoạt tính sẽ cho thấy khả năng hoạt động của chúng. Nếu chất khử trùng được bán dưới dạng sản phẩm có tên thương hiệu, người dùng nên xác định (các) thành phần hoạt tính. Điều này đôi khi có thể khó khăn vì tên thương hiệu có thể bao gồm một loạt các sản phẩm khác nhau, mỗi sản phẩm có các thành phần hoặc nồng độ khác nhau. Người sử dụng cần biết chính xác loại hoá chất họ đang sử dụng và hiệu quả của nó như đã được xác định trong đánh giá nguy cơ.

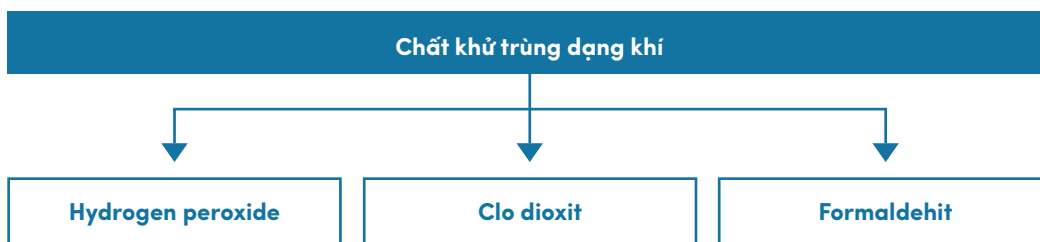
**Bảng 2.3** Các yếu tố có ảnh hưởng đến hiệu quả khử trùng bằng hóa chất

YẾU TỐ	LÍ DO
<b>Nồng độ</b>	Với natri hypoclorit, lượng hợp chất có hoạt tính sẵn trong chất khử trùng rất quan trọng: quá ít hợp chất có hoạt tính và không đạt được khả năng khử nhiễm.
<b>Chất hữu cơ</b>	Chất khử trùng sẽ phản ứng như nhau với các chất hữu cơ sống và chết. Chất hữu cơ có thể bất hoạt chất khử trùng trước khi tất cả các tác nhân sinh học bị loại bỏ. Chất hữu cơ rắn cũng có thể ngăn cản sự xâm nhập của chất khử trùng làm chúng không thể tiếp xúc với tác nhân lây nhiễm. Các vật liệu hữu cơ cụ thể thường được định nghĩa trong các phương pháp tiêu chuẩn để chỉ ra tình trạng “sạch” (mức độ nhiễm thấp) và “bẩn” (mức độ nhiễm cao).
<b>pH</b>	Nhiều tác nhân hóa học sử dụng trong khử nhiễm chỉ hoạt động trong một dải pH cụ thể. Cần phải đọc thông tin của nhà sản xuất để sử dụng đúng.
<b>Thời gian tiếp xúc</b>	Hóa chất khử trùng không tác dụng ngay lập tức. Nói chung, chất khử trùng tiếp xúc với các tác nhân sinh học càng lâu thì khả năng khử nhiễm càng lớn. Khi chất khử trùng khô đi, các phân tử không thể di chuyển vào bên trong các tác nhân sinh học. Sự bay hơi nhanh chóng của chúng khi tiếp xúc với bề mặt cũng ảnh hưởng tới hiệu quả. Thời gian tiếp xúc được sử dụng trong điều kiện thử nghiệm phải phản ánh được thời gian tiếp xúc sử dụng trong thực tế.
<b>Tiếp xúc</b>	Nếu các vật được khử trùng nổi lên trên so với dung dịch khử trùng, nếu bọt khí (ví dụ: trong ống (lumen rỗng)) ngăn cản sự tiếp xúc giữa chất khử trùng và đối tượng được khử trùng, hoặc nếu chất khử trùng không tiếp xúc với toàn bộ bề mặt, hiệu quả khử trùng sẽ không đạt như mong muốn.
<b>Dải diệt khuẩn</b>	Không phải tất cả các chất khử trùng đều tiêu diệt được tất cả các tác nhân sinh học. Vi khuẩn sinh dưỡng, nấm (bao gồm cả bào tử nấm), vi rút có vỏ bọc (chứa lipid hoặc chất nhũ hoá) và động vật nguyên sinh không có vỏ có xu hướng rất dễ nhạy với nhiều loại chất khử trùng. Vi khuẩn <i>Mycobacteria</i> , vi rút không có vỏ và động vật nguyên sinh có vỏ ít nhạy cảm hơn. Bào tử vi khuẩn có khả năng kháng lại một số chất khử trùng và có độ nhạy cảm khác nhau đối với những chất khác.
<b>Nhiệt độ</b>	Nói chung, nhiệt độ càng cao thì hiệu quả khử trùng càng cao, nhiệt độ càng thấp thì tác dụng khử trùng càng kém. Điều này quan trọng trong việc khử trùng phòng xét nghiệm nếu cần xử lý tủ lạnh hoặc phòng lạnh hoặc nơi xử lý nhiệt, ví dụ như máy rửa khử khuẩn dụng cụ được sử dụng trong một số phòng xét nghiệm.
<b>Thời hạn sử dụng/ tính ổn định</b>	Các hợp chất hóa học có thể bị phân hủy theo thời gian, do đó làm giảm hiệu quả của chất khử nhiễm. Tốc độ phân hủy thường tăng nhanh khi chúng tiếp xúc với không khí hoặc khi sản phẩm bị pha loãng. Thông thường, các dung dịch natri hypoclorit pha loãng trở nên nhanh chóng kém hiệu quả và cần sử dụng các dung dịch mới pha loãng mới để đạt được hiệu quả mong muốn.

## 2.3 Khử trùng bằng khí

Trong một số trường hợp - chủ yếu là trong các phòng xét nghiệm có các biện pháp ngăn chặn tối đa - việc đánh giá nguy cơ xác định chất khử trùng dạng khí (Hình 2.4), còn được gọi là chất xông hơi, được yêu cầu để khử nhiễm không gian phòng xét nghiệm, đồ đạc và/hoặc thiết bị.

Trong trường hợp phòng xét nghiệm bị nhiễm lan rộng ở những khu vực khó tiếp cận hoặc những nơi thiết bị cần được đưa ra khỏi khu vực đó hoặc khử trùng trước khi bảo dưỡng, thì có thể cần đến chất khử trùng dạng khí. Phòng và thiết bị có thể được khử nhiễm bằng cách xông hơi formaldehit tạo ra bằng cách đun nóng dung dịch paraformaldehyt hoặc đun sôi dung dịch formalin.



**Hình 2.4** Các loại chất khử trùng dạng khí

Đây là một quá trình nguy hiểm nên đòi hỏi nhân viên được đào tạo và có biện pháp xử lý khi đánh giá nguy cơ kết luận khử trùng bề mặt là không khả thi hoặc không hiệu quả. Tốt nhất, một phòng đã được làm sạch có thể bị kín để xông hơi hoặc ít nhất, tất cả các khe hở trong phòng (cửa sổ, cửa ra vào) phải được bị kín bằng băng dính không thấm nước trước khi tạo khí formaldehyt. Việc khử trùng phải được tiến hành ở nhiệt độ phòng ít nhất là 20°C và độ ẩm tương đối lớn hơn 70%.

Với tất cả các phương pháp khử trùng, khu vực phải được thông gió thích hợp sau khi khử trùng trước khi nhân viên được phép vào. Trong hầu hết các trường hợp, các giới hạn chấp nhận/đo lường đối với việc tiếp xúc tại nơi làm việc với các chất khử trùng dạng khí là thấp. Do đó, trong các tình huống khẩn cấp, bất kì người nào vào phòng trước khi được thông gió đều phải đeo thiết bị bảo vệ hô hấp thích hợp, được kiểm tra độ kín, khí và có bộ lọc phù hợp. Để biết thêm thông tin về trang bị bảo vệ hô hấp, tham khảo *Chuyên đề: trang bị bảo hộ cá nhân (5)*.

Sau một thời gian thông gió, nên sử dụng bộ kiểm tra cầm tay đã hiệu chuẩn hoặc thiết bị tích hợp để kiểm tra mức độ tồn dư chất khử trùng trước khi vào lại phòng. Amoniac, thường là sản phẩm thăng hoa của amoni carbonat, có thể được sử dụng để trung hòa formaldehyt trước khi thông khí. Tuy nhiên, bước này không đảm bảo loại bỏ hoàn toàn khí xông hơi hoặc phủ nhận sự cần thiết phải đeo thiết bị ngăn chặn hô hấp khi vào lại phòng chưa được thông gió đầy đủ; các hóa chất độc hại có thể vẫn tồn tại trong không khí. Sau khi khử trùng bằng formaldehyt, tường và trần của phòng có thể phải được lau sạch bằng amoniac để trung hòa lượng paraformaldehyt còn sót lại.

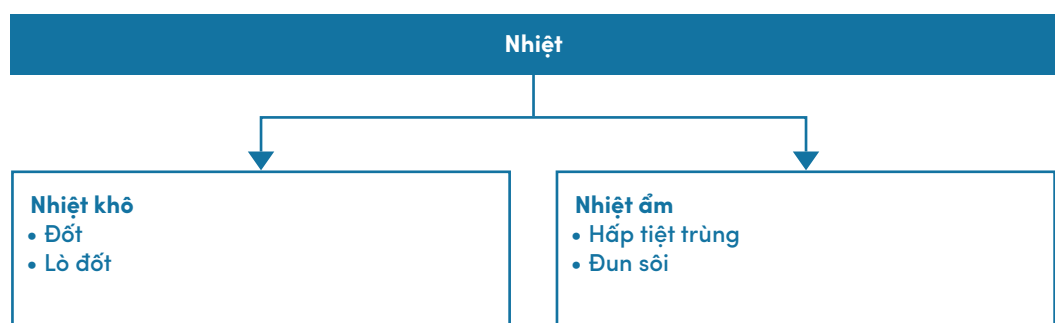
Hệ thống khử trùng thương mại sử dụng hydrogen peroxide hoặc clo dioxit. Các hệ thống này có một số ưu điểm hơn so với formaldehyt về độ an toàn, thân thiện với môi trường, khả năng kiểm soát quá trình và tốc độ khử trùng nhưng chúng đắt hơn. Thông tin về việc sử dụng và hiệu quả của các hệ thống thương mại được công bố rộng rãi trong các tài liệu khoa học.

### 2.3.1 Khử nhiễm tử an toàn sinh học bằng khí

Sử dụng khử nhiễm dạng khí trong những trường hợp như khi tử an toàn sinh học cần được bảo dưỡng (21). Những trường hợp này nên được quy định trong đánh giá nguy cơ và việc khử nhiễm ở dạng khí không nên thực hiện thường xuyên. Để khử nhiễm tử an toàn sinh học, cần có thiết bị tạo và lưu thông khí formaldehit hoặc hydrogen peroxide một cách độc lập. Quy trình này chỉ nên được thực hiện bởi nhân viên đã được đào tạo. Khử nhiễm dạng khí không nên sử dụng trên các tử an toàn sinh học có tuần hoàn không khí vào phòng xét nghiệm. Nên tiến hành khử nhiễm tử an toàn sinh học thường xuyên hơn bằng cách lau bề mặt bằng các chất khử trùng bề mặt cho phép.

## 2.4 Khử trùng bằng nhiệt

Nhiệt là phương pháp vật lý được sử dụng phổ biến nhất để khử nhiễm các tác nhân sinh học. Có thể sử dụng cả nhiệt khô và nhiệt ẩm (Hình 2.5). Sự tiếp xúc của các tác nhân sinh học với nước là điều kiện cần thiết cho quá trình khử trùng bằng hơi nước, như thể hơi nước phải được tiếp xúc với tất cả các bề mặt hoặc vật liệu cần khử trùng hoặc tiệt trùng. Nhiệt ẩm hiệu quả nhất khi được sử dụng trong nồi hấp tiệt trùng. Quá trình hấp tiệt trùng được thực hiện trên các vật đã được làm sạch trước trong nồi hấp được bảo dưỡng với chu trình lập trình đã được xác nhận và các cửa khóa liên động, là tiêu chuẩn vàng để khử trùng chất thải rắn. Tuy nhiên, đối với những vật dụng và tải trọng nhỏ, cũng có thể sử dụng nồi áp suất. Không cần thiết phải sử dụng phương pháp đun sôi để loại bỏ tất cả các tác nhân sinh học, nhưng có thể được sử dụng như một quy trình xử lý tối thiểu để khử trùng khi các phương pháp khác (khử trùng bằng hóa chất hoặc khử nhiễm và hấp tiệt trùng) không được áp dụng hoặc không sẵn có.



**Hình 2.5** Phương pháp khử trùng bằng nhiệt

Mặc dù nhiệt khô có thể được sử dụng để khử trùng, nhưng cần sử dụng ở nhiệt độ cao và thời gian dài hơn. Ví dụ: nhiệt khô trong lò không khí nóng, hoàn toàn không ăn mòn, có thể được sử dụng với các vật chịu nhiệt độ từ 160°C trở lên trong 2–4 giờ. Đốt hoặc thiêu hủy (xem mục 2.4.2 Thiêu hủy) cũng là một dạng nhiệt khô.

### 2.4.1 Hấp tiết trùng

Hơi nước bão hòa dưới áp suất (hấp tiết trùng) là biện pháp hiệu quả và đáng tin cậy nhất để khử nhiễm/ tiết trùng các vật liệu và chất thải trong phòng xét nghiệm. Bởi vì, sau khi được đặt trong nồi hấp, các vật được khử trùng không thể lấy ra cho đến khi hệ thống hoàn thành chu trình, áp suất và nhiệt độ trong nồi trở về mức an toàn.

Nồi hấp có khả năng xử lý nhiều loại vật liệu và các loại tải trọng khác nhau, với các chu trình vận hành khác nhau (ví dụ: xốp, chất lỏng, vật liệu được bọc). Có các chu kỳ khác nhau cho các vật liệu rắn và lỏng. Trong quá trình đánh giá nguy cơ, người sử dụng cần lựa chọn nồi hấp dựa trên các tiêu chí như mục đích sử dụng, loại và lượng chất thải.

Điều cần thiết để khử nhiễm bằng hơi nước hiệu quả là loại bỏ tất cả không khí bên trong các vật liệu trong nồi hấp có đủ thời gian để khử nhiễm và có các biện pháp hiệu quả để hơi nước xâm nhập. Nếu đáp ứng tất cả các điều kiện thì hấp khử trùng là một phương pháp khử nhiễm đáng tin cậy nhất. Có hai cách để loại bỏ không khí, thụ động và chủ động.

**Thụ động:** Hơi nước được tạo ra dưới đáy bên trong buồng hấp hoặc đi vào ở trên cùng của buồng và không khí được đẩy ra khỏi buồng. Đây là phương pháp đơn giản hơn và rẻ, nhưng chỉ thích hợp cho các tải mà việc loại bỏ không khí không bị cản trở bởi vải hoặc đồ thủy tinh.

**Chủ động:** Buồng hấp được thay đổi áp suất nhiều lần để hút không khí ra khỏi buồng. Điều này là bắt buộc đối với các tải như vải, đồ thủy tinh và các thiết bị khác mà không khí bị mắc kẹt không thể loại bỏ một cách hiệu quả bằng các phương pháp thụ động. Không khí càng khó loại bỏ thì càng cần nhiều lần thay đổi áp suất hơn. Phương pháp này thường được lựa chọn để khử nhiễm chất thải phòng xét nghiệm.

Các loại nồi hấp khử trùng khác nhau được mô tả trong Bảng 2.4.

### Chu trình hấp tiết trùng

Quá trình hấp tiết trùng phụ thuộc vào hai yếu tố để khử nhiễm các tác nhân sinh học: thời gian và nhiệt độ/ áp suất. Các yếu tố này có thể được điều chỉnh trong các chu trình khác nhau để khử trùng các loại tải khác nhau, ví dụ: túi, lỏng, lót chuồng nuôi và các vật liệu khác. Tuy nhiên, các yêu cầu của chu trình đối với mọi loại tải có thể khác nhau về cơ bản.

Về nguyên tắc chung, vật liệu cho vào túi không buộc chặt, đặt trong buồng hấp để hơi nước xâm nhập và loại bỏ không khí được dễ dàng. Túi hoặc hộp đựng cần phải mở đủ để hơi nước có thể tiếp cận với đồ bên trong. Chỉ thị sinh học hoặc hóa học (xem mục 2.6 Các chỉ thị sinh học và hóa học) được sử dụng để xác nhận quá trình hấp khử trùng và đảm bảo khử nhiễm hiệu quả với các tác nhân sinh học.

**Bảng 2.4** Các loại nồi hấp tiệt trùng

CÁC LOẠI	ĐẶC TÍNH
<b>Nồi hấp đuổi khí bằng trọng lực</b>	Nồi hấp này có bộ phận gia nhiệt ngập hoàn toàn hoặc một phần trong nước ở đáy buồng hấp. Khi nước trong buồng được làm nóng, chúng bắt đầu bay hơi, hình thành hơi nước và nén không khí bên trong khoang. Vì hơi nước nhẹ hơn không khí nên khi buồng chứa đầy hơi nước, phần lớn không khí trong buồng bị đẩy xuống đáy và thoát ra ngoài qua lỗ nối với van cảm ứng nhiệt và van này sẽ đóng lại khi đạt đủ nhiệt độ. Khi van đóng, áp suất sẽ tăng dần bên trong nồi hấp.
<b>Nồi hấp đuổi khí bằng áp suất dương</b>	Nồi hấp này tạo ra hơi nước trong một bộ phận riêng biệt ở bên trong nồi hấp, được gọi là bộ tạo hơi. Khi tạo ra đủ lượng hơi nước cần thiết để đuổi không khí trong buồng, một van sẽ mở và một luồng hơi có áp suất đi vào buồng hấp tiệt trùng. Hệ thống này giúp loại bỏ tỉ lệ không khí từ buồng hấp cao hơn so với nồi hấp đuổi khí bằng trọng lực, làm giảm thời gian của chu trình hấp tiệt trùng.
<b>Nồi hấp đun để tạo áp suất và sinh nhiệt. Nồi hấp đuổi khí lên trên (nồi áp suất)</b>	Chỉ nên sử dụng các thiết bị này nếu không có sẵn nồi hấp đuổi khí bằng trọng lực hoặc nồi hấp có hút chân không. Loại nồi hấp này cho vật liệu vào từ trên xuống và được đốt nóng bằng ga, điện hoặc các loại nhiên liệu khác. Hơi nước được tạo ra bằng cách làm nóng nước trong buồng và không khí được đẩy lên trên thông qua một lỗ thông hơi. Khi tất cả không khí đã được loại bỏ, van trên lỗ thoát khí được đóng lại và giảm cấp nhiệt. Áp suất và nhiệt độ tăng cho đến khi van an toàn hoạt động ở mức cài đặt. Đây là thời gian bắt đầu giữ nhiệt. Vào cuối chu kỳ, nhiệt được tắt và giảm xuống 80°C hoặc thấp hơn trước khi mở nắp.
<b>Nồi hấp có hút chân không. Nồi hấp đuổi khí bằng hút chân không hoặc áp suất âm</b>	Những nồi hấp này có một phận bộ tạo hơi bên trong riêng biệt, cũng như một máy bơm chân không. Sau khi buồng hấp tiệt trùng được đóng lại, bơm chân không hút hết không khí ra khỏi buồng và hơi nước được bơm vào buồng. Nồi hấp này có thể tạo độ vô trùng cao nhất khi không khí được loại bỏ và hơi nước đi vào tất cả các bộ phận của tải, bao gồm các vật liệu rỗng và các vật liệu được bao gói. Mọi chất thải bao gói đều phải có lỗ hở ở một đầu không được buộc chặt để không khí thoát ra và hơi nước đi vào. Không khí được loại bỏ qua một van, dựa trên đánh giá nguy cơ, có thể được lắp bộ lọc HEPA.

HEPA = bộ lọc hạt không khí hiệu suất cao

Sau khi đánh giá nguy cơ, chu trình sau thường sẽ đảm bảo việc tiệt trùng cho những nồi hấp được sắp xếp vật liệu hấp đúng:

- Giữ ở nhiệt độ 134°C trong 3 phút
- Giữ ở nhiệt độ 126°C trong 10 phút
- Giữ ở nhiệt độ 121°C trong 15 phút
- Giữ ở nhiệt độ 115°C trong 25 phút

### Phòng ngừa an toàn

Phải thực hiện các biện pháp phòng ngừa an toàn chung sau đây khi sử dụng nồi hấp hơi nước

- Việc vận hành và bảo dưỡng nồi hấp phải được giao cho nhân viên đã được đào tạo, có năng lực.
- Phải có hướng dẫn vận hành nồi hấp. Phải xác định các chu trình tiệt trùng phù hợp với các loại tải khác nhau (ví dụ: chất rắn, chất lỏng) và các điều kiện thông số duy trì (nhiệt độ, áp suất, thời gian).
- Nên có kế hoạch cho các vật liệu vào nồi hấp (có sẵn các thông tin về các vật cần tiệt trùng, số lượng, thể tích, khối lượng).
- Phải xây dựng kế hoạch bảo dưỡng, bao gồm quan sát kiểm tra buồng hấp, độ kín của cửa, kiểm tra đồng hồ đo và bảng điều khiển, và việc kiểm tra phải được thực hiện bởi người có chuyên môn.
- Phải xây dựng quy trình xác nhận giá trị sử dụng để đảm bảo nồi hấp đang hoạt động như thiết kế, bao gồm việc sử dụng thường xuyên các chất chỉ thị sinh học và, đối với nồi hấp chân không, Thử nghiệm rò rỉ chân không để xác định việc loại bỏ hiệu quả không khí trong các nồi hấp. (xem mục 2.6.2 Chỉ thị hóa học).
- Phải sử dụng nguồn hơi đảm bảo để cung cấp đủ hơi bão hòa. Nguồn hơi nước phải sạch, để đảm bảo vật liệu được vô trùng sau khi hấp và không có hóa chất có thể ảnh hưởng đến chức năng của nồi hấp hoặc có thể làm hỏng đường ống hoặc buồng hơi của nồi hấp.
- Vật được tiệt trùng phải được đặt trong vật chứa đảm bảo dễ dàng cho việc loại bỏ không khí và hơi nước xâm nhập.
- Không được lèn chặt khoang nồi hấp để hơi nước có thể xâm nhập đều.
- Các hóa chất độc hại (ví dụ: chất tẩy rửa, thủy ngân hoặc chất phóng xạ) không bao giờ được xử lý trong nồi hấp.
- Người vận hành phải sử dụng trang bị bảo hộ cá nhân thích hợp bao gồm găng tay phù hợp chống nhiệt, quần áo bảo hộ và trang bị bảo vệ mắt và mặt khi mở nồi hấp, ngay cả khi nhiệt độ đã giảm xuống mức an toàn.
- Nên cẩn cẩn thận để đảm bảo các van xả và đường ống thoát nước của nồi hấp không bị tắc bởi giấy, nhựa hoặc các vật liệu khác có trong chất thải hoặc các vật liệu khử nhiễm.

### 2.4.2 Thiêu hủy

Thiêu hủy là cách hiệu quả để xử lý xác động vật cũng như chất thải trong giải phẫu và chất thải phòng xét nghiệm khác, có thể không cần khử trùng trước (xem Chương 2 Phương pháp khử nhiễm). Đốt các vật liệu lây nhiễm chỉ là một giải pháp thay thế cho phương pháp hấp tiệt trùng nếu quá trình vận chuyển chất thải đến lò đốt được thực hiện có kiểm soát với nhân viên được đào tạo, thùng vận chuyển phù hợp và một quy trình chuẩn xếp chất thải vào thùng vận chuyển. Có sẵn lò đốt di động và có thể vận chuyển đến các cơ sở khẩn cấp và tạm thời. Phải tuân thủ tất cả các quy định quốc gia và môi trường về đốt chất thải.

Thiêu hủy hiệu quả đòi hỏi có phương tiện kiểm soát nhiệt độ và đảm bảo đốt cháy hoàn toàn tất cả các vật liệu có thể cháy. Các loại lò đốt và các phương pháp khác để đốt chất thải, đặc biệt là có một buồng đốt, có thể không phù hợp để xử lý các vật liệu lây nhiễm, xác động vật và nhựa. Những vật liệu như vậy có thể không bị phá hủy hoàn toàn và khí thải từ ống khói có thể gây ô nhiễm không khí với các tác nhân sinh học, hóa chất độc hại và khói (22). Đối với lò đốt có buồng thứ cấp, nhiệt độ trong buồng sơ cấp phải đạt ít nhất phải là 800°C và nhiệt độ trong buồng thứ cấp ít nhất là 1000°C.

Vật liệu để thiêu hủy, ngay cả khi đã khử nhiễm trước đó, vẫn nên được vận chuyển đến lò đốt trong các thùng chứa không bị rò rỉ. Nhân viên thực hiện phải được hướng dẫn đầy đủ đúng cách về sắp xếp, xử lý thủ công và kiểm soát nhiệt độ. Cũng cần lưu ý để lò đốt hoạt động hiệu quả phụ thuộc rất nhiều vào loại vật liệu (ví dụ: vật liệu hữu cơ, nhựa và giấy/ bia cứng) trong chất thải được xử lý. Nếu tái sử dụng chất thải được vận chuyển trong các thùng chứa, việc khử nhiễm các thùng vận chuyển cũng cần được xem xét.

Đang có nhiều lo ngại về những tác động tiêu cực đối với môi trường của các lò đốt hiện có hoặc được đề xuất, và những nỗ lực tiếp tục để làm cho các lò đốt thân thiện với môi trường và tiết kiệm năng lượng hơn.

#### Hố và lò đốt

Hố đốt là cách đốt hủ truyền thống bằng cách sử dụng một chỗ lồi nông được bịt kín bằng đất sét, xi măng hoặc bê tông và các vật liệu để đốt đều bị đốt triệt để thành tro. Lò đốt hoạt động theo cách tương tự và có thể là một phương tiện hiệu quả để đốt nhiều loại chất thải. Những phương pháp này có thể khiến người vận hành tại các hố tiếp xúc với các sản phẩm cháy có hại và nhiệt độ cao.

#### Thải bỏ các sản phẩm đốt (tro)

Quá trình đốt có thể tích tụ các hóa chất độc hại tiềm tàng (ví dụ: kim loại độc hại và phosphat từ xác động vật) và tro đốt phải được xử lý tuân thủ các quy định của quốc gia/địa phương. Chất thải đã hấp khử trùng có thể được thải bỏ tại khu vực thiêu hủy hoặc tại các bãi chôn lấp được cấp phép.

## 2.5 Tiệt trùng

Sử dụng phương pháp tiệt trùng khi cần loại bỏ hoàn toàn bất kỳ các tác nhân sinh học nào, bao gồm cả bào tử và prion; ví dụ: đối với các vật dụng và chất thải y tế theo quy trình đánh giá nguy cơ cho thấy cần phải có các quy trình khử nhiễm rất nghiêm ngặt.

Việc tiệt trùng có thể đạt được bằng cách sử dụng một số phương pháp khử nhiễm như hấp tiệt trùng, sử dụng một số hoá chất khử trùng và khử trùng dạng khí kết hợp với quy trình nghiêm ngặt và phương pháp chiếu xạ. Quan trọng là các phương pháp đã chọn, cần được xác nhận và tuân thủ quy trình để đảm bảo khử nhiễm hiệu quả nhất. Để theo dõi hiệu quả của quá trình tiệt trùng, Sử dụng các chất chỉ thị sinh học (Bảng 2.5).

## 2.6 Chỉ thị sinh học và hoá học

Các chỉ thị thường được sử dụng để kiểm tra và giám sát hiệu quả của các quá trình khử nhiễm (làm sạch, khử trùng hoặc khử trùng). Chúng bao gồm các chỉ thị hóa học, sinh học và đôi khi là cơ học/ vật lí.

### 2.6.1 Chỉ thị sinh học

Các chỉ thị sinh học bao gồm một chủng chuẩn vi sinh vật có khả năng kháng lại một quá trình tiệt trùng cụ thể (Bảng 2.5). Nội bào tử vi khuẩn không gây bệnh thường được sử dụng làm thử nghiệm vì chúng có khả năng kháng các quá trình khử trùng cao và dễ phát hiện khi nuôi cấy. Nếu các bào tử không được khử nhiễm bằng quá trình tiệt trùng, chúng sẽ sinh sôi và phát triển và cuối cùng giải phóng axit adipicolic có thể được phát hiện bằng chỉ thị pH có màu trong môi trường sinh trưởng. Với thời gian ủ lâu hơn, độ đục của môi trường cũng sẽ cho thấy sự phát triển của vi khuẩn. Với các loài hình thành nội bào tử khác nhau sẽ biểu hiện các kiểu kháng khác nhau đối với các quy trình tiệt trùng thông thường. *Geobacillus stearothermophilus* được sử dụng để kiểm tra hiệu quả của phương pháp xử lý xông hơi hoặc hấp tiệt trùng, trong khi *B. subtilis*, *B. atrophaeus* hoặc *B. pumilus* được ưu tiên sử dụng khi đánh giá tính hiệu quả tiệt trùng bằng nhiệt khô hoặc chiếu xạ (Bảng 2.5).

**Bảng 2.5** Quy trình tiệt trùng và các chỉ thị sinh học thích hợp

QUY TRÌNH TIỆT TRÙNG	CHỈ THỊ SINH HỌC
Formaldehyt	<i>Geobacillus stearothermophilus</i>
Hydrogen peroxide	<i>G. stearothermophilus</i>
Nhiệt ẩm	<i>G. stearothermophilus</i>
Nhiệt khô	<i>Bacillus atrophaeus</i> , <i>B. subtilis</i>
Bức xạ ion hóa	<i>B. pumilus</i>

### 2.6.2 Chỉ thị hoá học

Các chỉ thị hóa học được sử dụng rộng rãi vì chúng cho kết quả tức thì. Chúng kiểm tra các thông số trực tiếp cần thiết cho việc khử trùng hoặc tiệt trùng. Các thông số này bao gồm việc xác nhận nồng độ tối thiểu của chất khử trùng được sử dụng hoặc điều kiện cụ thể cần đạt được trong nồi hấp. Các chỉ thị hóa học cũng kiểm tra các chỉ số gián tiếp đối với hiệu quả của quá trình khử nhiễm; ví dụ: thử nghiệm Bowie-Dick xác nhận việc loại bỏ không khí hiệu quả trong nồi hấp chân không.

Có sáu loại chỉ thị hóa học (Bảng 2.6). Tùy thuộc vào các thông số cần được kiểm tra (ví dụ: kiểm soát phơi nhiễm, hoạt động của nồi hấp, kiểm soát đóng gói, giám sát chu trình), một vài chỉ thị có thể được chọn để theo dõi chi tiết quá trình khử nhiễm.

**Bảng 2.6** Sáu loại chỉ thị hóa học cho quá trình khử nhiễm

	LOẠI 1	LOẠI 2	LOẠI 3	LOẠI 4	LOẠI 5	LOẠI 6
<b>Loại chỉ thị</b>	Chỉ thị quá trình, “chỉ thị thông lượng”	Chỉ thị sử dụng trong các thử nghiệm cụ thể, “chỉ thị đặc biệt”	Chỉ thị thông số	Chỉ thị thông số	Chỉ chỉ tích hợp	Chỉ thị đích
<b>Ý nghĩa</b>	Tiếp xúc của vật cần tiệt trùng với điều kiện tiệt trùng tối thiểu: được sử dụng để phân biệt vật đã tiếp xúc và chưa tiếp xúc	Thể hiện đã diễn ra một quá trình cụ thể của quá trình tiệt trùng, ví dụ như loại bỏ không khí từ thiết bị tiệt trùng hơi nước có hút chân không	Sẽ phản ứng với một thông số, ví dụ thời gian, nhiệt độ, nồng độ chất diệt khuẩn	Phản ứng với ít nhất 2 thông số: ví dụ: - thời gian và nhiệt độ tiệt trùng - thời gian và nồng độ etylen oxit	Phản ứng với tất cả các thông số quan trọng cho một quy trình tiệt trùng	Dành riêng cho các chu kỳ tiệt trùng cụ thể  Phản ứng của chất chỉ thị loại 6 không nhất thiết phải tương quan với một chất chỉ thị sinh học
<b>Sử dụng</b>	Kiểm soát tiếp xúc	Hoạt động của thiết bị tiệt trùng	Kiểm tra đóng gói/sắp xếp Kiểm soát tiếp xúc	Kiểm tra đóng gói	Kiểm tra/sắp xếp đóng gói Công cụ kiểm tra chu trình	Kiểm tra/sắp xếp đóng gói
<b>Ví dụ</b>	Băng keo chỉ thị nhiệt	Giấy thử Bowie-Dick test, ví dụ Dart® kiểm tra loại bỏ không khí hằng ngày	Ống nhiệt với viên hoa chất nóng chảy ở nhiệt độ nhất định	Băng giấy chỉ thị hoá học		

Có các chỉ thị riêng để kiểm tra sự tiếp xúc với các hoá chất khử trùng (formaldehyt, hydrogen peroxide và clo dioxit), nhiệt (hơi nước và nhiệt khô) hoặc để theo dõi thay đổi áp suất.



# QUẢN LÝ CHẤT THẢI VÀ KHỬ NHIỄM CHẤT THẢI TÁI SỬ DỤNG

## 3.1 Các cân nhắc trong quản lý chất thải

Các hoạt động của phòng xét nghiệm sẽ phát sinh vật liệu và chất lỏng lây nhiễm (Bảng 3.1). Một số vật liệu như đồ thủy tinh, thiết bị, dụng cụ hoặc quần áo thí nghiệm có thể được tái sử dụng hoặc tái chế. Tuy nhiên, một phần lớn trong số đó sẽ được xử lý như chất thải. Nguyên tắc quan trọng là tất cả các vật liệu hoặc chất lỏng lây nhiễm khi ra khỏi phòng xét nghiệm phải được xử lý tại chỗ để tiếp tục xử lý an toàn ở các bước tiếp theo hoặc đóng gói và vận chuyển an toàn đến địa điểm xử lý khác. Việc khử nhiễm có thể được thực hiện bằng phương pháp hóa học, hấp khử trùng hoặc thiêu hủy, nhưng phương pháp và quy trình phải dựa trên đánh giá nguy cơ và đã được xác nhận.

Khử nhiễm và thải bỏ có mối quan hệ chặt chẽ với nhau. Quy trình khử nhiễm và quản lý chất thải là một phần của đánh giá nguy cơ. Thông tin chi tiết hơn và các biểu mẫu liên quan có thể được tìm thấy trong *Chuyên đề: đánh giá nguy cơ (2)*.

**Bảng 3.1** Ví dụ về chất thải phát sinh trong phòng xét nghiệm

VẬT SẮC NHỌN	CHẤT THẢI LÂY NHIỄM	CHẤT THẢI HOÁ HỌC	CHẤT THẢI THÔNG THƯỜNG – KHÔNG NGUY HẠI
Kim tiêm, kính vỡ, đĩa Petri, lam kính và kính đậy, pipet vỡ, ống tiêm, dao mổ	Máu và dịch cơ thể, nuôi cấy vi sinh và lưu chủng, mô, xác động vật bị nhiễm bệnh, ống tuýp bị nhiễm máu hoặc dịch cơ thể, nước thải	Chất định hình, formaldehit, xylen, toluen, metanol, metylen clorua và các dung môi khác, nhiệt kế PXN bị hỏng	Bao bì, giấy, hộp nhựa không nhiễm bẩn

Các yếu tố sau đây cần được xem xét khi thực hiện đánh giá nguy cơ để quản lý chất thải:

- sự có sẵn cơ sở vật chất tiện nghi và phương pháp khử nhiễm,
- loại và số lượng chất thải (đồ vật, vật liệu, chất lỏng),
- phương pháp khử nhiễm,
- phân loại riêng (không lây nhiễm, vật sắc nhọn, thủy tinh),
- đóng gói, dán nhãn và vận chuyển,
- sự có mặt của chất phóng xạ,
- sự có mặt của hóa chất, và
- yêu cầu tái chế và tái sử dụng.

Tất cả nhân viên xử lý chất thải lây nhiễm cần được đào tạo và phải sử dụng trang bị bảo hộ cá nhân thích hợp.

### 3.1.1 Chất thải lây nhiễm được xử lý tại chỗ: phân loại và lưu giữ

Các vật liệu lây nhiễm và được khử nhiễm cần phải được phân biệt rõ ràng, được dán nhãn (bằng cách sử dụng các hệ thống mã hóa màu khác nhau hoặc sử dụng ký hiệu nguy hiểm sinh học) và được lưu giữ hoặc xử lý riêng.

Các yếu tố sau đây cần được xem xét để phân loại riêng và lưu giữ:

- đặc tính của chất thải, ví dụ: chất lỏng, chất rắn, chất thải thông thường, chất thải lây nhiễm, chất thải hóa học, vật sắc nhọn (lây nhiễm hoặc không) và dễ hỏng;
- số lượng chất thải cần xử lý;
- nơi khử nhiễm chất thải (ví dụ: trong phòng xét nghiệm, tại cơ sở, bên ngoài cơ sở);
- những yêu cầu cần thiết để lưu giữ chất thải trước khi xử lý khử nhiễm;
- loại và dạng bao bì chứa chất thải (ví dụ: túi, hộp, thùng, xô; chống rò rỉ, kháng thủng, chịu nhiệt, chịu hóa chất, đậy kín được);

- sử dụng một hệ thống nhận dạng nhất quán và phù hợp:
  - mã màu cho các loại chất thải khác nhau
  - nhãn thông tin rõ ràng
  - các ký hiệu nguy hiểm thích hợp (ví dụ: nguy hiểm sinh học, phóng xạ, dễ cháy);
- những khó khăn liên quan với việc chuyển vật liệu trong nội bộ và vận chuyển ra bên ngoài;
- tiếp cận tới khu vực lưu giữ hạn chế trước khi vận chuyển ra bên ngoài;
- thời gian và điều kiện lưu giữ (ví dụ: bảo quản ngắn hạn hoặc dài hạn, yêu cầu kiểm soát nhiệt độ và thông gió);
- khả năng làm sạch và khử trùng thường xuyên khu vực bảo quản.

Các túi chất thải nguy hiểm mang ra khỏi phòng xét nghiệm phải được vận chuyển và lưu giữ an toàn, bằng cách sử dụng vật chứa thứ cấp hoặc xe đẩy hoặc bất kì phương tiện nào khác để ngăn chặn sự nhiễm bẩn sàn và tường của nơi bảo quản. Các phương pháp đóng gói phù hợp đảm bảo an toàn cho tất cả nhân viên, từ những người ở phòng xét nghiệm đến những người ở nơi khử nhiễm, ngay cả khi sự cố xảy ra trong quá trình vận chuyển. Ví dụ: các vật sắc nhọn nên được thu gom trong các thùng chứa kháng thủng và không thấm nước, khó vỡ ra sau khi đóng. Cần có một bộ sơ cứu và phải dễ dàng tiếp cận. Tùy thuộc vào nhiệt độ và thời gian lưu giữ chất thải, có thể cần phải bảo quản lạnh trước khi xử lý hoặc tiêu hủy.

Sau khi xử lý khử nhiễm, tất cả nhân viên xử lý chất thải phải nhận biết được các vật dụng (ví dụ: thùng, túi, thùng chứa) đã qua quá trình khử nhiễm không còn nguy cơ lây nhiễm nữa. Ví dụ: ký hiệu nguy hiểm sinh học phải được gạch bỏ, loại bỏ hoặc ẩn đi (túi hấp tiệt trùng có thể được cho vào túi thứ 2 không trong suốt). Thông thường, chất thải đã được khử nhiễm được coi là chất thải thông thường và được vận chuyển và xử lý tương tự như chất thải thông thường. Tuy nhiên, vật sắc nhọn và các chất thải đặc biệt khác (hóa chất, phóng xạ) phải được xử lý như chất thải đặc biệt trong các thùng chứa chất thải được quy định.

### 3.1.2 Chất thải lây nhiễm được xử lý bên ngoài cơ sở: xử lý và vận chuyển

Trong nhiều phòng xét nghiệm, chất thải lây nhiễm không thể được khử nhiễm ngay nơi chúng được tạo ra. Do đó, chúng phải được thu gom và vận chuyển đến cơ sở bên ngoài để xử lý và thải bỏ. Việc xử lý bên ngoài cơ sở cũng có thể cần thiết khi lượng chất thải lây nhiễm nhiều bất thường (ví dụ: sau một sự cố kĩ thuật lớn trong hệ thống khử nhiễm tại chỗ hoặc một đợt bùng phát dịch bệnh) hoặc khi một nguồn lây nhiễm bất ngờ được phát hiện và vật liệu cần được khử nhiễm trước khi thải bỏ.

Tốt nhất, chất thải nên được đóng trong các thùng chứa được Liên hợp quốc (LHQ) chứng nhận và vận chuyển bởi một nhà thầu được cấp phép. Cần kiểm tra sự tuân thủ của nhà thầu với các quy định và hướng dẫn hiện hành (như một phần của quá trình đánh giá nguy cơ). Những thông tin sau đây phải có sẵn cho những người vận chuyển chất thải lây nhiễm:

- Phân loại loại chất thải,
- Nơi tạo ra chất thải (ví dụ: viện nghiên cứu, phòng xét nghiệm),
- Ngày thu gom,
- Điểm đến,
- Tên người lái xe và giấy phép,
- Số thùng chứa và số lượng ước tính, và
- Giấy biên nhận của người có trách nhiệm tại nơi nhận chất thải.

Khi chất thải được khử nhiễm bên ngoài cơ sở, chất thải đó phải được đóng gói, dán nhãn và vận chuyển theo các quy định của quốc gia và quốc tế. Xem mục 3.1.4 những xem xét về pháp luật, quy định và chính sách để biết thêm về các quy định hiện hành. Các thùng, hộp chứa chất thải rắn phải chịu được độ rơi tối thiểu là một mét mà không bị vỡ. Lí tưởng nhất là chất lỏng nên được giữ trong các thùng chứa nhỏ (tối đa 10 L) vì điều này làm giảm thiểu thể tích chất lỏng lan ra xung quanh trong trường hợp rò rỉ, và các thùng chứa nhỏ dễ xử lý hơn. Phải sử dụng các dụng cụ chứa chất lỏng thứ cấp (khay, bể chứa hoặc hộp lớn). Phương tiện vận chuyển phải được trang bị để chở chất thải trong thùng kín hoặc có nắp đậy được gắn chặt vào phương tiện vận chuyển. Người lái xe phải được hướng dẫn quy trình khi gặp tai nạn, sự cố trong quá trình vận chuyển trên đường. Nên có trong xe một bộ dụng cụ xử lý tràn đổ có chứa vật liệu thấm hút, chất khử trùng hiệu quả, găng tay tái sử dụng chuyên dụng, khẩu trang, tạp dề, kính bảo hộ và thùng xử lý chất thải chống rò rỉ.

### 3.1.3 Hồ sơ quản lý chất thải

Lưu hồ sơ rõ ràng các chất thải được lưu giữ, các phương pháp xử lý và ngày xử lý rất quan trọng để đảm bảo kiểm soát tốt việc quản lý chất thải. Cần lưu giữ các tài liệu, hồ sơ sau đây:

- danh sách nhân viên được giao xử lý chất thải bao gồm hồ sơ đào tạo của họ,
- quy trình xử lý chất thải (bao gồm vận chuyển nội bộ, lưu giữ ngắn hạn và khử nhiễm),
- hồ sơ xác nhận để khử nhiễm
- hồ sơ vận chuyển bên ngoài cơ sở và hồ sơ xử lý cuối cùng,

- cơ sở dữ liệu (bản giấy hoặc điện tử) về các bảng dữ liệu an toàn vật liệu liên quan, và
- kế hoạch dự phòng, bao gồm cả các quy trình xử lý khẩn cấp về quản lý sự cố tràn đổ.

Trong trường hợp khẩn cấp, cần cung cấp một số thông tin nhất định.

- CÁI GÌ được xử lý (ví dụ: đầu pipet, chai lọ, hóa chất, động vật)?
- những nhu cầu đặc biệt NÀO phải được xem xét?
- các chất thải khác nhau được lưu trữ Ở ĐÂU/ NHƯ THẾ NÀO (ví dụ: nhiệt độ phòng)?
- Ai sẽ xử lý chất thải và ai là người đào tạo nhân viên?
- thực hiện đào tạo KHI NÀO (ví dụ: tần suất - theo yêu cầu, liên tục)?
- Ai chịu trách nhiệm trong trường hợp khẩn cấp?

Việc khử nhiễm những chất thải tái sử dụng bên ngoài cơ sở cũng sử dụng các phương pháp hóa học và vật lý được mô tả trong mục trước. Việc kiểm soát nghiêm ngặt các điều kiện phải dựa trên đánh giá nguy cơ, nhưng mục tiêu cuối cùng là khử nhiễm, chứ không phải khử trùng nghiêm ngặt. Các phương pháp khác nhau được sử dụng cho các chất thải lỏng và chất rắn (xem mục 3.2 Khử nhiễm chất thải lỏng và mục 3.3 Khử nhiễm chất thải rắn).

### 3.1.4 Những xem xét về pháp luật, quy định, và chính sách

Việc khử nhiễm chất thải nguy hiểm sinh học có chứa các tác nhân sinh học gây bệnh phát sinh trong phòng xét nghiệm có thể tiến hành trong phòng xét nghiệm (ví dụ: xử lý nuôi cấy vi khuẩn bằng dung dịch tẩy rửa, hấp tiệt trùng), trong khu vực khử nhiễm được chỉ định ở bên ngoài phòng xét nghiệm (ví dụ: khu vực hấp tiệt trùng tập trung của cơ sở), hoặc trong một cơ sở của bên thứ ba cung cấp dịch vụ quản lý hoặc xử lý chất thải nguy hiểm sinh học (ví dụ: thiêu hủy, hấp khử trùng). Cá nhân hoặc phòng xét nghiệm nơi chất thải được tạo ra cần có trách nhiệm đảm bảo rằng chất thải đó được khử nhiễm một cách an toàn và hiệu quả trước khi thải hoặc loại bỏ ra ngoài phòng xét nghiệm, hoặc chất thải được vận chuyển một cách an toàn để khử nhiễm ngoài cơ sở.

Chất thải xét nghiệm nguy hiểm sinh học, máu và chất lỏng cơ thể không được coi là nguy hiểm sinh học khi chúng đã được khử nhiễm hiệu quả. Tuy nhiên, chúng vẫn có thể được coi là chất thải nguy hại nếu chúng chứa các mối nguy khác ngoài tác nhân sinh học (ví dụ: hóa chất, vật sắc nhọn, chất phóng xạ). Có các tiêu chuẩn quốc tế (ví dụ: ISO 23907-1 Bảo vệ chống thương tích do vật sắc nhọn) áp dụng cho chất thải sắc nhọn cần được để cập trong chương trình quản lý chất thải (ví dụ: quy trình phân loại các vật liệu khác nhau). Ngoài ra, mặc dù chất thải giải phẫu của người đã được khử nhiễm hiệu quả không còn là nguy hiểm sinh học nữa, nhưng các quy tắc và đạo đức xã hội, tôn giáo và thẩm mỹ thường ảnh hưởng đến quy định xử lý chúng.

Các xem xét hoặc yêu cầu bổ sung về quản lý chất thải và xử lý chất thải có thể được cơ quan quản lý và tổ chức quốc tế, quốc gia, tỉnh hoặc địa phương quy định cụ thể và cần được tham khảo khi thiết lập và thực hiện chương trình quản lý chất thải (23,24). Luật, quy định, chính sách và hướng dẫn khử nhiễm và xử lý chất thải trong một khu vực nhất định phản ánh sự khác biệt giữa các vùng, sự khác biệt về năng lực và điều kiện kinh tế xã hội của địa phương. Các hướng dẫn và cẩm nang, quy tắc ứng xử nghề nghiệp và lời khuyên được chia sẻ giữa các nhân viên có kinh nghiệm cũng có thể có sẵn thông qua các tổ chức hoặc cơ quan để bổ sung các yêu cầu bắt buộc.

Những đặc điểm của chương trình quản lý chất thải được xây dựng dựa trên các yêu cầu trong nước và quốc tế bao gồm:

- định nghĩa về chất thải nguy hại sinh học,
- các phân loại chất thải,
- nghĩa vụ pháp lý của nơi tạo ra chất thải nguy hại sinh học đối với việc xử lý và tiêu hủy an toàn,
- các yêu cầu về hồ sơ và báo cáo, và
- yêu cầu về cho phép (ví dụ: giấy phép) các hệ thống quản lý và xử lý chất thải.

#### **Xem xét các quy định/hướng dẫn quốc tế**

*Quản lý an toàn chất thải từ các hoạt động chăm sóc sức khỏe của WHO: hướng dẫn thực hành*, ấn bản thứ hai, cung cấp các khuyến nghị về xử lý chất thải nguy hại có thể được xem xét trong chương trình quản lý chất thải (25).

Hiện có các tiêu chuẩn quốc tế về phương pháp khử nhiễm chất thải. Ví dụ: trong khi không có tiêu chuẩn vi sinh đối với khí thải (khói) từ lò thiêu, lò thiêu phải tuân thủ các yêu cầu quốc tế về môi trường, ví dụ: Công ước Stockholm về các chất lây nhiễm hữu cơ khó phân hủy (26). Có các yêu cầu nghiêm ngặt của quốc tế, và đôi khi trong nước, về hiệu quả của các quá trình tiêu hủy và thải bỏ cũng như nồng độ của các chất có thể thải vào không khí. Việc tuân thủ các yêu cầu này phải được chứng minh đối với lò đốt chất thải nguy hại được sử dụng. Nếu sử dụng dịch vụ quản lý hoặc xử lý chất thải nguy hại sinh học của bên thứ ba, thì phòng xét nghiệm phát sinh chất thải đó có thể yêu cầu họ ký hợp đồng xử lý để chứng minh quy trình của họ tuân thủ các quy định quốc tế.

### Xem xét các quy định hướng dẫn trong nước

Ngoài các yêu cầu quốc tế, chương trình quản lý chất thải phải xem xét các luật, quy định, chính sách và hướng dẫn hiện hành của địa phương. Ở một số quốc gia, cơ quan quản lý địa phương có một số yêu cầu cụ thể về địa điểm đối với việc lưu giữ chất thải để ngăn ngừa cộng đồng phơi nhiễm với chất thải nguy hại. Ví dụ: để ngăn chặn sự tiếp cận của những người nhặt rác và sinh vật gây hại, chính quyền địa phương có thể yêu cầu các thùng chứa chất thải nguy hại sinh học phải được lưu giữ ở một vị trí an toàn cho đến khi vận chuyển để xử lý.

Các quy định về chất thải nguy hại sinh học có thể khác nhau nhiều giữa các vùng. Ví dụ: chất thải nguy hại sinh học đi vào hệ thống xử lý chất thải chung không được phép ở một số quốc gia, ngay cả khi chất thải đã được khử nhiễm triệt để và hiệu quả (ví dụ: bằng khử trùng hoặc hấp tiệt trùng). Trong những trường hợp như vậy, chất thải có thể phải trải qua quá trình khử nhiễm để xử lý các mối nguy còn lại (ví dụ: hóa chất, chất phóng xạ, vật sắc nhọn, chất thải giải phẫu).

Cần tuân thủ các hướng dẫn địa phương phản ánh sự khác biệt giữa các vùng, sự khác biệt về năng lực của địa phương và điều kiện kinh tế xã hội. Ví dụ: điều quan trọng đối với chương trình quản lý chất thải là xem xét khí hậu địa phương có yêu cầu các quy trình bổ sung để lưu giữ chất thải hay không (ví dụ: lưu trữ chất thải ở vị trí mát mẻ hoặc trên nền cao nếu có nguy cơ lũ lụt, hoặc khử nhiễm chất thải ngay khi phát sinh tránh nhu cầu lưu giữ).

### Vận chuyển chất thải

Khi chất thải được khử nhiễm tại chỗ, chất thải đó phải được đóng gói, dán nhãn và vận chuyển theo các quy định của quốc gia và quốc tế. Cho dù được vận chuyển trong một khu vực hoặc được đưa ra ngoài để khử nhiễm hoặc tiêu hủy ở một quốc gia khác, việc vận chuyển chất thải nguy hại sinh học được điều chỉnh bởi các yêu cầu trong nước và quốc tế thường dựa trên các khuyến nghị của Liên hợp quốc về vận chuyển hàng nguy hiểm: các quy định mẫu (27).

Ở những nơi không có quy định quốc gia, cơ quan có trách nhiệm của địa phương có thể tham khảo các khuyến nghị của Liên hợp quốc. Việc vận chuyển chất thải nguy hại sinh học bằng đường hàng không phải tuân thủ Hướng dẫn kỹ thuật của Tổ chức Hàng không Dân dụng Quốc tế về vận chuyển an toàn hàng nguy hiểm bằng đường hàng không và các quy định về hàng nguy hiểm của Hiệp hội Vận tải Hàng không Quốc tế (IATA), cả hai đều dựa trên các khuyến nghị của Liên hợp quốc (28, 29). Bên cạnh các Công ước và hiệp định quốc tế, việc di chuyển chất thải nguy hại qua biên giới quốc tế có thể phải tuân thủ quy định của nước đến, nước đi hoặc cả hai (30–32).

## 3.2 Khử nhiễm chất thải lỏng

Xử lý chất thải lỏng là một vấn đề quan trọng đối với các cơ sở nghiên cứu. Với các phương pháp có sẵn, tất cả đều có ưu điểm và nhược điểm cần được đánh giá trong đánh giá nguy cơ. Việc lựa chọn phương pháp phụ thuộc vào thành phần hóa học của chất thải, các tác nhân sinh học cần khử nhiễm và chi phí ban đầu và liên tục của mỗi phương pháp. Các phương pháp khử nhiễm chất thải lỏng được trình bày trong các phần sau đây.

### 3.2.1 Hệ thống nước thải

Dựa trên đánh giá nguy cơ, đối với các mẫu xét nghiệm có nguy cơ thấp được xử lý trong cơ sở nghiên cứu hoặc cơ sở y tế gắn với hệ thống ống thải đô thị công nghệ tiên tiến, việc đổ trực tiếp các thùng chứa chất thải lỏng vào ống thải vệ sinh có thể là một phương pháp xử lý thích hợp. Mặc dù về mặt kỹ thuật không phải là quy trình khử nhiễm, nhưng hệ thống ống thải đổ vào nhà máy xử lý chất thải sẽ khử trùng đầy đủ chất thải lỏng trước khi thải ra môi trường. Đối với các tác nhân sinh học hoặc quy trình phòng xét nghiệm cần các biện pháp kiểm soát cao hơn hoặc các biện pháp ngăn chặn tối đa (như được xác định bởi đánh giá nguy cơ), việc thải trực tiếp như trên không phải là một lựa chọn được chấp nhận. Trên thực tế, ngay cả đối với các tác nhân sinh học ít nguy hiểm hơn, phương pháp này có thể không được phép theo quy định của địa phương hoặc quốc gia. Đồ chất thải sinh học dạng lỏng vào hệ thống nước thải trộn với hóa chất (ví dụ: etanol, formaldehit hoặc guanidin hydroclorit) cũng có thể bị cấm. Trong mọi trường hợp, cần tuân thủ nghiêm ngặt các quy định của địa phương và quốc gia.

### 3.2.2 Khử trùng bằng hóa chất

Hầu hết các phòng thí nghiệm nghiên cứu đều cấm việc thải bỏ trực tiếp các tác nhân sinh học mà không qua bất kỳ xử lý nào; do đó, khử trùng bằng hóa chất đã trở thành một phương tiện tiêu chuẩn để khử nhiễm các dung dịch trước khi thải bỏ. Đánh giá nguy cơ giúp xác định phương pháp thích hợp nhất để khử trùng chất thải lỏng bằng hóa chất.

Hoạt tính tiêu diệt tác nhân sinh học được xử lý trong phòng xét nghiệm là yếu tố đầu tiên cần xem xét khi lựa chọn hoá chất khử trùng. Nói chung, các tác nhân sinh học xác định trước sẽ được sử dụng để nghiên cứu, nhưng có thể tìm thấy nhiều loại tác nhân sinh học trong các bệnh phẩm lâm sàng. Bào tử và prion yêu cầu một quy trình khử nhiễm nghiêm ngặt hơn trước khi thải bỏ. Tải trọng hữu cơ (lượng chất hữu cơ trộn lẫn với các tác nhân sinh học) phải được xem xét vì hầu hết các hoá chất khử trùng, bao gồm cả hypoclorit, đều bị bất hoạt bởi chất hữu cơ.

Điều quan trọng khi sử dụng các chất khử trùng pha sẵn là cần xem xét đến tính ổn định vì ảnh hưởng đến tần suất phải thay đổi chất khử trùng. Cũng nên xem xét độc tính và tính ăn mòn của chất khử trùng và các chất gây kích ứng trong đó. Ngoài ra, có thể cần tính đến chi phí và thời hạn sử dụng để sử dụng lâu dài.

Các hóa chất phổ biến nhất được sử dụng để khử nhiễm chất thải lỏng là natri hypoclorit, phenol và các hợp chất amoni bậc bốn.

Trước khi khử trùng bằng hóa chất, các hóa chất khác trong chất lỏng phải được xem xét để tránh tác động xấu của việc pha trộn các hóa chất không tương thích. Guanidin thiocyanat là chất hình thành tác nhân hỗn loạn (chaotropic) phổ biến (có thể phá vỡ liên kết hydro) và được sử dụng để làm biến tính tế bào trước khi phân lập và giải trình tự axit nucleic hoặc phản ứng chuỗi polymerase. Việc trộn dung dịch chứa guanidin thiocyanat và natri hypoclorit sẽ tạo ra hỗn hợp khí độc gồm axit clohydric và hydro xyanua. Sự kết hợp của dung dịch formaldehit và natri hypoclorit tạo ra một hỗn hợp khí độc, bao gồm axit clohydric, clo và axit fomic. Sự kết hợp của etanol và các dung dịch chứa natri hypoclorit tạo ra cloroform.

### 3.2.3 Hấp tiết trùng

Hấp chất thải lỏng là một phương pháp tiết trùng được ưu tiên sử dụng vì chất lỏng đã qua xử lý nói chung sau đó có thể được thải vào hệ thống nước thải mà không phải lo lắng về việc làm ô nhiễm môi trường bởi các chất khử trùng hóa học hoặc các sản phẩm phụ của chúng. Như đã đề cập trong mục 2.4.1 Hấp tiết trùng, hơi nước phải tiếp xúc trực tiếp với dung dịch cần khử trùng, do đó không nên đậy kín các thùng chứa chất thải lỏng. Các thùng chứa chất thải nên đặt trong một thùng chứa thứ cấp, nhưng thùng này không được cao hơn thùng chứa chất thải để cho phép thay thế không khí bằng hơi nước. Có thể sử dụng chu trình đuổi khí bằng trọng lực hoặc chu trình hút chân không, nhưng nổi hấp nên có chu trình chất lỏng cụ thể làm giảm nhiệt độ và áp suất từ từ sau khi hoàn thành chu trình để cho phép chất thải lỏng nguội từ từ. Việc sử dụng chu trình dành cho các loại vật liệu khô sẽ dẫn đến sự sôi nhanh chóng của chất thải lỏng khi nhiệt độ của chúng vượt quá điểm sôi đối với áp suất còn lại trong nổi hấp. Điều này sẽ dẫn đến tràn các thùng chứa chất thải và chất lỏng tràn vào ngăn chứa thứ cấp hoặc lên sàn của nổi hấp.

Chất lỏng trong nổi hấp đã được xử lý trước đó bằng chất khử trùng hóa học cũng có thể nguy hiểm. Dung dịch chứa một lượng đáng kể hypoclorit, etanol hoặc formaldehit không nên hấp tiết trùng vì chúng dễ bay hơi và nồng độ của chúng có thể vượt quá mức chấp nhận được trong không khí trong nổi hấp khi mở ra. Chất rắn/đặc có thể bị hoá lỏng khi bị hấp ở nhiệt độ cao (ví dụ: thạch) cần được xử lý cẩn thận. Nếu không hoàn toàn trong khay thứ cấp, những vật liệu này sau khi hóa lỏng có thể thoát ra từ các túi đựng, đọng lại ở khay thứ cấp và hệ thống thải nước, và làm tắc ống hoàn toàn khi nổi hấp nguội, làm cho việc sửa chữa khó khăn và tốn kém.

### 3.3 Khử nhiễm chất thải rắn

Để xử lý chất thải rắn có khả năng lây nhiễm, khử trùng bằng hóa chất hiếm khi được ưu tiên lựa chọn vì việc đảm bảo hóa chất tiếp xúc với tất cả các bề mặt là rất khó, nếu không muốn nói là không thể. Đối với hầu hết các chất rắn, hấp hoặc đốt là phương pháp được ưu tiên. Đối với xác động vật lớn, có thể thiêu hủy hoặc phân hủy bằng kiềm, có tách mỡ (xem mục 3.3.4 Tách mỡ). Trên thị trường có sẵn loại kết hợp gia nhiệt, cắt nhỏ hoặc trộn và/hoặc phân hủy bằng kiềm.

#### 3.3.1 Hấp tiệt trùng

Hấp tiệt trùng chất thải rắn, như đã nêu trong mục 2.4.1 Hấp tiệt trùng, là một cách hiệu quả tiêu diệt hoàn toàn các tác nhân sinh học trong chất thải rắn. Tuy nhiên, quan trọng là cần phải đảm bảo rằng tất cả các phần của chất thải được tiếp xúc với hơi nước; túi có chứa không khí hoạt động như vật liệu cách nhiệt và có thể làm chất thải vẫn có khả năng lây nhiễm. Việc đảm bảo sự tiếp xúc này khó khăn hơn với việc đóng gói vật liệu thải không đúng quy cách và nếu chất thải rắn có chứa chất lỏng. Các vật dụng khô hoàn toàn như găng tay và khăn trải giường có thể có các túi không khí khô và do đó việc khử trùng sẽ không đạt được hiệu quả. Do đó, chất thải hoặc vật liệu được đặt trong nôi hấp phải ở trong các thùng chứa dễ dàng loại bỏ không khí và cho phép hơi nước/nhiệt xâm nhập tốt. Điều cần thiết là phải xác nhận các điều kiện vận hành thông qua việc sử dụng các mẫu thử của chất thải khô và đặt các chất chỉ thị sinh học vào chất thải thử nghiệm này. Nhu cầu bổ sung nước trong chất thải rắn phải được xác định bằng thực nghiệm; một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng việc bổ sung nhiều nước hơn có thể hỗ trợ khử trùng trong các điều kiện cụ thể (33). Để đạt được nhiệt độ khử trùng trong toàn bộ chất thải rắn, để đảm bảo qua trình khử trùng thành công đòi hỏi chu kỳ dài hơn so với chu trình thông thường được sử dụng để tiệt trùng. Phải tránh vật liệu lớn và cổng kênh, xác động vật lớn, thùng kín chịu nhiệt và các chất thải khác cản trở sự truyền nhiệt.

Khử nhiễm xác động vật trong nôi hấp tiệt trùng là một thách thức đặc biệt. Xác động vật có thể được bảo quản đông lạnh đến khi đủ số lượng để khử nhiễm. Dù với phương pháp rã đông nào, thời gian bổ sung cần thiết để rã đông hoàn toàn tất cả các vật liệu phải được thêm vào chu kỳ hoặc thời gian xử lý.

Hơn nữa, việc xác nhận thử nghiệm phải được thực hiện trước và thường xuyên để chứng minh rằng thiết bị đạt được nhiệt độ thích hợp (thường là 121°C) ở toàn bộ xác động vật (34). Cần kiểm soát liên tục khả năng khử nhiễm: Việc khử nhiễm thành công có thể được xác nhận bằng cách đặt các chỉ thị sinh học vào các vị trí phù hợp của mẫu chất thải thử nghiệm đặt xen kẽ trong các thùng chứa chất thải thực tế; hoặc bằng cách sử dụng các chỉ thị gắn vào các thanh có thể được đưa vào và lấy ra mà không làm ảnh hưởng đến các vật liệu trong thùng chứa chất thải.

### 3.3.2 Thiêu hủy

Thiêu hủy là một phương pháp để loại bỏ tất cả các tác nhân sinh học đã biết trong chất thải rắn, bao gồm cả bào tử và prion; lý tưởng nhất là việc thiêu hủy được thực hiện trong một lò đốt công nghệ tiên tiến. Như đã đề cập trong mục 2.4.2 Thiêu hủy, nhiệt độ và thời gian phù hợp trong buồng sơ cấp là điều cần thiết để đảm bảo đốt cháy hoàn toàn chất thải rắn và khử nhiễm bất kỳ tác nhân sinh học nào. Ngoài ra, người vận hành lò đốt cần được đào tạo về cách xử lý an toàn chất thải trước khi đưa vào lò đốt. Nếu các thùng chứa tái sử dụng, cần phải có các biện pháp khử trùng các thùng chứa này trước khi bắt đầu đốt.

Ngoài tác nhân sinh học, thêm hai vật liệu cần được xem xét khi đốt chất thải rắn: nhựa và thủy tinh. Hầu hết nhựa được sử dụng trong các phòng thí nghiệm nghiên cứu đều cháy toả ra nhiệt cao hơn chất thải giấy và có thể làm lò đốt quá nóng nếu số lượng cho vào lò đốt nhiều hơn mức khuyến nghị của nhà sản xuất lò đốt. Thủy tinh nóng chảy ở khoảng 550°C và phủ lên gạch chịu nhiệt và làm giảm tuổi thọ của gạch; do đó, giảm thiểu lượng của thủy tinh trong chất thải rắn là rất quan trọng. Tro từ quá trình đốt thủy tinh đòi hỏi phải xử lý và thải bỏ đặc biệt vì nó có thể được làm giàu kim loại nặng và phosphat.

### 3.3.3 Phân huỷ bằng kiềm

Quá trình phân huỷ bằng kiềm sử dụng nhiệt độ và áp suất cao với sự có mặt của kiềm (1N trở lên) để phá vỡ các vật liệu của tế bào trong xác động vật thành các dạng hòa tan. Quá trình này biến xác động vật thành các thành phần hòa tan và cặn rắn giàu canxi. Quá trình phân huỷ bằng kiềm có hiệu quả trong việc khử nhiễm gần như tất cả các tác nhân sinh học đã biết. Quá trình phân huỷ ở 150°C với sự có mặt của natri hydroxit 1N (NaOH) hoặc kali hydroxit (KOH) cho thấy có thể làm prion trở nên không lây nhiễm (35). Quá trình này đòi hỏi một lượng năng lượng và thời gian đáng kể (vài giờ) và chỉ nên được sử dụng trong các cơ sở có số lượng lớn xác động vật (vài kg một tuần).

### 3.3.4 Đun áp suất cao

Đun áp suất cao là một phương pháp khác để khử nhiễm xác động vật, sử dụng hơi nước ở nhiệt độ khoảng 130°C trong thiết bị chịu áp lực để phân huỷ xác động vật thành chất béo, protein và xương. Phương pháp này thường được sử dụng với các động vật lớn và có hiệu quả trong việc loại bỏ hầu hết các tác nhân sinh học. Tuy nhiên, không có hiệu quả đối với prion và không được sử dụng cho động vật bị nhiễm prion.



# CÁC PHƯƠNG PHÁP BẮT HOẠT

Quy trình khử nhiễm được thiết kế để làm cho chất thải an toàn để thải bỏ hoặc tiêu diệt các tác nhân sinh học trên bề mặt phòng xét nghiệm. Các quy trình bắt hoạt được sử dụng trong phòng xét nghiệm để làm các vật liệu chứa các tác nhân sinh học trở nên an toàn để có thể xử lý trong phòng xét nghiệm mà không cần kiểm soát nghiêm ngặt. Thông thường, các vật liệu bị bắt hoạt có chứa nồng độ cao của các tác nhân sinh học và cần một phương pháp xử lý hiệu quả để đảm bảo bắt hoạt hoàn toàn. Các quy trình cũng có thể cần thiết để giữ cho protein, axit nucleic và các hợp chất và cấu trúc sinh hóa khác ổn định cho các phân tích sau này. Do đó, các quy trình như vậy cần được xác nhận giá trị sử dụng. Có một số lý do để loại bỏ vật liệu lây nhiễm khỏi khu vực áp dụng biện pháp kiểm soát nguy cơ cao hơn cho các quá trình xử lý sau. Lý do phổ biến nhất là tách chiết axit nucleic cho các kỹ thuật khuếch đại axit nucleic như phản ứng chuỗi Polymerase PCR. Đối với an toàn sinh học phòng xét nghiệm, việc bắt hoạt các tác nhân sinh học làm giảm nguy cơ cho công việc sau này và có thể tiến hành các hoạt động trong PXN đáp ứng các yêu cầu cốt lõi trong hầu hết các trường hợp. Những ưu điểm của việc làm việc trong PXN đáp ứng các yêu cầu cốt lõi bao gồm: quy trình làm việc nhanh hơn, không cần khử nhiễm các thiết bị bị ảnh hưởng bởi hóa chất khử trùng và chi phí bảo dưỡng không gian làm việc rẻ hơn. Tùy thuộc vào việc đánh giá nguy cơ, có thể cần hai phương pháp bắt hoạt khác nhau để bắt hoạt tác nhân sinh học.

Việc sử dụng các chất kiểm soát hoặc sử dụng chỉ thị sinh học được khuyến cáo với các phương pháp bắt hoạt. Tuy nhiên, việc xác nhận phương pháp bắt hoạt thường chỉ được thực hiện với tác nhân sinh học thực tế và các biện pháp kiểm soát được sử dụng để theo dõi hiệu quả của các quá trình khác kết hợp với phương pháp bắt hoạt, ví dụ tách chiết axit nucleic hoặc mẫu bị nhiễm chéo.

## 4.1 Bắt hoạt mẫu

Bắt hoạt mẫu là quá trình xử lý trước khi phân tích để loại bỏ bắt hoạt các tác nhân sinh học. Ngoài ra còn có các lý do khác để làm bắt hoạt một mẫu ví dụ các phản ứng cố định và ngừng phản ứng. Do đó, việc lựa chọn phương pháp bắt hoạt phụ thuộc vào việc đánh giá nguy cơ và các bước xét nghiệm sau này sẽ được thực hiện.

Trong đánh giá nguy cơ, môi trường lỏng không liên quan đến mẫu cần được xem xét vì việc khử nhiễm thường khác với môi trường được sử dụng để bắt hoạt mẫu.

Nếu chất khử trùng được sử dụng cho mục đích khử nhiễm (sự cố đổ tràn), thì việc sử dụng chứng dương trong thí nghiệm có thể đảm bảo rằng các mẫu vật không tiếp xúc với chất khử trùng. Đối với hầu hết các quy trình bất hoạt thường, không thực hiện kiểm soát hiệu quả của việc bất hoạt tác nhân sinh học, nhưng phải kiểm soát trong quá trình xác nhận giá trị sử dụng ban đầu của quy trình bất hoạt để chứng minh tính hiệu quả của phương pháp đã được lựa chọn.

#### 4.1.1 Tách chiết axit nucleic

Khi sử dụng các kĩ thuật di truyền, bước tách chiết axit nucleic thường được yêu cầu để giải phóng axit nucleic từ tế bào hoặc virus để có axit nucleic để khuếch đại. Việc chiết tách hiệu quả là cần thiết để ước tính chính xác lượng tác nhân sinh học. Tuy nhiên, có thể cần bất hoạt hoàn toàn vì mục đích an toàn sinh học và an ninh sinh học. Việc bất hoạt tác nhân sinh học sẽ đặc biệt quan trọng nếu tác nhân lây bệnh có liều lây nhiễm thấp. Đối với mục đích của phản ứng PCR, việc bất hoạt thường được thực hiện bằng cách sử dụng các dung dịch lytic có chứa chất biến tính protein như muối guanidin, hoặc sử dụng nhiệt trực tiếp, hoặc cả hai.

#### 4.1.2 Bất hoạt lam kính bằng nhiệt

Các lam kính hiển vi thường được đốt nóng trong các phòng xét nghiệm lâm sàng để kết dính hoặc cố định mẫu vào kính trước khi nhuộm. Đối với các mẫu mô đúc khối parafin cố định bằng formalin, việc hơi nóng này để loại bỏ parafin thừa. Xử lý nhiệt không phải là một quá trình bất hoạt, các tác nhân sinh học đã được bất hoạt bởi việc cố định bằng formalin. Chỉ những phần mô có thể chứa prion mới được coi là có khả năng lây nhiễm ngay cả khi được xử lý thêm trên máy sấy lam kính hoặc thiết bị gia nhiệt tương tự.

Đối với một số quy trình trong lâm sàng, bao gồm nhuộm Gram cho các loại vi khuẩn và chuẩn bị mẫu đờm từ những bệnh nhân có khả năng nhiễm vi khuẩn *M. tuberculosis* nhuộm Ziehl-Neelsen, bước quan trọng là làm khô mẫu bệnh phẩm trên lam kính bằng máy sấy lam kính. Tuy nhiên, xử lý nhiệt có thể không làm bất hoạt hoàn toàn *M. tuberculosis* trừ khi bổ sung thêm 5% phenol vào vết phết (36).

Mặc dù việc khử hoạt tính bằng nhiệt có khả năng làm giảm số lượng các tác nhân sinh học trên lam kính, nhưng không nên cho rằng làm nóng đến khô là đủ để bất hoạt tất cả các tác nhân sinh học trên lam kính. Có thể bất hoạt tất cả các tác nhân sinh học nếu: hệ thống gia nhiệt đã được kiểm chứng bằng thực nghiệm; bề mặt gia nhiệt đã được đánh giá để đảm bảo rằng gia nhiệt áp dụng đồng đều trên bề mặt làm việc; và một phương tiện để xác nhận nhiệt độ có sẵn.

#### 4.1.3 Xử lý mô tế bào bằng formaldehit

Formaldehyt được sử dụng rộng rãi để cố định các mẫu bệnh phẩm và mẫu giải phẫu. Mặc dù việc xử lý này chủ yếu là để lưu giữ các đặc điểm của mô, formaldehyt làm bất hoạt một cách đáng tin cậy các tác nhân sinh học (như đã đề cập trong mục 2.2.1 Các loại chất khử trùng và 2.3 Khử trùng bằng khí).

Formaldehyt được sử dụng để cố định mô dưới dạng formalin, thường là dung dịch đậm formalin với 4% formaldehyt. Formaldehyt xâm nhập vào mô với tốc độ khoảng 1 mm mỗi giờ (37); do đó, thời gian ủ mô trong formalin phụ thuộc vào độ dày của mẫu. Thông thường, không có biện pháp kiểm soát nào được sử dụng cho quá trình cố định formaldehyt vì không khả thi và việc sử dụng nó dựa trên việc xác nhận của quy trình.

Sau thời gian ủ dự tính, một vết cắt thận trọng vào mẫu vật có thể chỉ ra, bằng cách quan sát màu sắc của mô, cần ủ lâu hơn trước khi xử lý mẫu an toàn. Sau đó, mô được xử lý thành mẫu mô phủ parafin cố định bằng formalin cho các phương pháp phân tích phân tử và kính hiển vi. Formaldehyt gây ra liên kết chéo giữa các nhóm amin của protein và axit nucleic, gây tác dụng phụ của formalin ví dụ như protein bị biến tính và ADN bị gãy hỏng. Do đó, các phân tích sau này bị hạn chế và cần có các quy trình đặc biệt (ví dụ truy xuất kháng nguyên đối với các phương pháp phát hiện dựa trên kháng thể) (38).

Formaldehyt là một chất gây kích ứng và gây ung thư (18,19) và việc sử dụng nó cho các mục đích phân tích và y tế (như một chất cố định cho mô học hoặc để ướp xác người) đang được đánh giá.

#### 4.1.4 Bức xạ ion hoá

Bức xạ ion hóa như một tác nhân tiệt trùng có những ưu điểm đáng kể: bức xạ này có khả năng bất hoạt các tác nhân sinh học qua một gói kín - không cần tiếp xúc vật lý trực tiếp với tác nhân sinh học - và nó bất hoạt mà không để lại bất kì dư lượng nào (ví dụ hóa chất) từ quá trình. Vì bức xạ ion hóa dễ dàng xuyên qua mọi vật chất, nên nó có khả năng bất hoạt bất kì loại tác nhân sinh học nào, kể cả bào tử. Tuy nhiên, nó thường đắt tiền, đòi hỏi các phương tiện chuyên dụng và mất nhiều thời gian hơn so với hầu hết các phương pháp khác.

Việc sử dụng bức xạ ion hóa bị hạn chế ở hai vai trò: (i) bất hoạt một lượng nhỏ các tác nhân sinh học cho các phân tích cấu trúc hoặc miễn dịch học sau này hoặc để sử dụng như một loại vắc xin; hoặc (ii) tiệt trùng các vật dụng vật liệu có kích thước lớn, thường là các vật tư hoặc thiết bị y tế có thể bị hỏng do tiếp xúc với hơi nước hoặc hóa chất khử trùng.

Ba sản phẩm thương mại về bức xạ ion hóa có sẵn: máy chiếu xạ gamma, máy X-quang và máy gia tốc chùm tia điện tử, còn được gọi là e-beams. Tất cả chúng đều bất hoạt các tác nhân sinh học bằng cách tạo ra các gốc tự do khi bức xạ tương tác với vật chất. Các gốc tự do này tạo ra các đứt gãy và các sản phẩm bổ sung axit nucleic, thường được coi là những yếu tố gây mất hoạt tính nghiêm trọng. Nói chung, độ nhạy với bức xạ liên quan trực tiếp đến kích thước của vật liệu di truyền, với giá trị D10 nằm trong khoảng từ 0,2 kilogray (kGy) đối với *S. Typhimurium* đến 13,0 kGy đối với vi rút tay, chân, miệng (39).

### Máy chiếu xạ gamma

Máy chiếu xạ gamma tạo ra các photon năng lượng cao thông qua sự phân rã của các nguyên tố phóng xạ; cobalt-60 ( $^{60}\text{Co}$ ) hoặc caesi-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) là những nguồn bức xạ gamma điển hình. Máy chiếu xạ coban có chu kỳ bán rã ngắn hơn (5,3 năm so với 30 năm đối với  $^{137}\text{C}$ ) và do đó cần được nạp lại năng lượng bằng coban mới thường xuyên hơn. Tuy nhiên, các máy chiếu xạ coban cung cấp photon gamma mạnh hơn (hai tia gamma 1,17 và 1,33 mega electron volt (MeV) so với một photon 660 kilo electron volt (keV) cho  $^{137}\text{Cs}$ ), cho phép khử nhiễm một khối lượng lớn hơn.

Chu kỳ bán rã của nguyên tố phóng xạ phải được xem xét để đảm bảo tiếp xúc với vật liệu bị bất hoạt. Hơn nữa, các nguồn coban là kim loại và, đối với máy chiếu xạ thương mại kích cỡ phòng được sử dụng để khử trùng số lượng lớn, có thể được đặt chìm trong bể nước để che chắn; Các nguồn caesi thường được cung cấp dưới dạng muối điện, vì vậy chúng không thể được sử dụng xung quanh nước.

Việc đánh cắp các nguồn bức xạ gamma đang là mối quan tâm của các cơ quan quản lý quốc gia vì chúng có thể được sử dụng để phát tán ô nhiễm phóng xạ. Việc có được một máy chiếu tia gamma đã trở nên khó khăn và nhiều cơ quan quản lý quốc gia đang cố gắng thay thế chúng bằng máy X-quang.

### Máy X-quang

Máy X-quang tạo ra bức xạ ion hóa bằng gia tốc các electron vào kim loại đã xác định. Kết quả là tương tác giữa các điện tử và mục tiêu, làm bật ra các điện tử quỹ đạo hoặc làm thay đổi hướng của các điện tử được gia tốc X-quang, dẫn đến việc tạo ra các photon tia X. Không giống như máy chiếu xạ gamma, máy có thể tắt và do đó thiết bị an toàn hơn. Tuy nhiên, năng lượng photon từ máy nói chung thấp hơn nhiều so với máy chiếu xạ gamma. Năng lượng thấp hơn có thể dẫn đến tỉ lệ liều thấp hơn, có nghĩa là cần thời gian tiếp xúc với máy X-quang lâu hơn so với máy chiếu tia gamma.

Khả năng xuyên qua của các photon tia X hoặc gamma đòi hỏi phải được che chắn - thường là bê tông hoặc thép - xung quanh thiết bị và vật liệu được chiếu xạ. Cần thiết phải che chắn để giảm mức phơi nhiễm bức xạ tiềm tàng xuống dưới bất kỳ giới hạn quy định nào do cơ quan quản lý quốc gia đặt ra. Cơ quan quản lý quốc gia cũng có thể đặt giới hạn phơi nhiễm cho nhân viên làm việc với máy chiếu xạ gamma hoặc máy X-quang để đảm bảo rằng họ không bị phơi nhiễm bức xạ quá mức, và có thể yêu cầu sử dụng máy đo liều bức xạ cá nhân để theo dõi mức độ phơi nhiễm của nhân viên.

### Máy gia tốc chùm tia điện tử

Máy gia tốc chùm tia điện tử có năng lượng lên đến 10 MeV được bán trên thị trường. Tương tự như máy X-quang, việc loại bỏ nguồn điện sẽ ngừng sản xuất các electron, điều này làm cho chúng an toàn hơn so với máy chiếu tia gamma. Ngoài chi phí đáng kể, nhược điểm chính của chùm tia điện tử là sự xâm nhập tương đối ngắn của các điện tử trong nước hoặc trong các vật liệu có mật độ tương tự (khoảng 4 cm đối với chùm tia 6 MeV) (40). Các điện tử tương tác trực tiếp với vật chất trong mục tiêu để phá vỡ liên kết nguyên tử và tạo ra các hạt ion hóa thứ cấp, dẫn đến bất hoạt mục tiêu tới hạn (thường là axit nucleic). Ngoài ra, các vật liệu có số nguyên tử cao, ví dụ như kim loại, phải được đặt ngoài chùm tia để ngăn chặn sự hình thành tia X năng lượng cao. Chỉ sử dụng hộp đựng bằng thủy tinh hoặc nhựa được tuân thủ nghiêm ngặt, thiết bị chùm tia điện tử có thể hoạt động khép kín và có thể không cần che chắn bổ sung ngoài vật liệu được nhà sản xuất cung cấp.

Đối với mỗi loại thiết bị chiếu xạ, khả năng xuyên qua của bức xạ phải được tính toán cẩn thận (liều bức xạ trên phút trên mỗi cm vật liệu) và vẽ biểu đồ phân tích sống còn sống sót cho sinh vật ở trạng thái vật lý giống như thường được sử dụng thường xuyên (ví dụ: chất lỏng, đông lạnh, đông khô). Đối với vi khuẩn sinh dưỡng, tình trạng oxy có thể ảnh hưởng đáng kể đến khả năng sống sót và tình trạng oxy phải tương tự trong các nghiên cứu xác nhận và sử dụng thường xuyên.

Đo liều thích hợp (đánh giá liều bức xạ ion hóa được hấp thụ bởi một vật thể) cũng rất cần thiết khi sử dụng bức xạ làm phương pháp bất hoạt. Thử nghiệm có thể là một thách thức bởi vì, ví dụ: liều lượng mà ở đó có một phần triệu cơ hội sống sót của một hạt vi rút trong dung dịch chứa  $10^6$  hạt vi rút Ebola/mL có thể theo thứ tự 30 kGy (41), cao hơn phạm vi của hầu hết các liều kế hóa học hoặc chất chỉ thị sinh học, ví dụ bào tử *B. pumilus*. Phải sử dụng các máy đo liều chuyên dụng, sử dụng các kỹ thuật như máy đo liều lượng gốc tự do alanin (42) hoặc máy đo liều lượng màng huỳnh quang (43).

Việc không duy trì được liều lượng ở khoảng giới hạn đã thiết lập trong các nghiên cứu xác nhận về tổng thể tích, nồng độ oxy, nồng độ tác nhân sinh học cần bất hoạt, trạng thái vật lý của vật liệu (rắn, lỏng) và trạng thái của sinh vật (sinh dưỡng so với bào tử) có thể dẫn đến việc các sinh vật vẫn sống sót sau quá trình bức xạ ion hóa, gây nên khả năng phát tán các vật liệu lây nhiễm.

## Tài liệu tham khảo

1. Laboratory biosafety manual, fourth edition. Geneva: World Health Organization; 2020 (Laboratory biosafety manual, fourth edition and associated monographs).
2. Risk assessment. Geneva: World Health Organization; 2020 (Laboratory biosafety manual, fourth edition and associated monographs).
3. Laboratory design and maintenance. Geneva: World Health Organization; 2020 (Laboratory biosafety manual, fourth edition and associated monographs).
4. Biological safety cabinets and other primary containment devices. Geneva: World Health Organization; 2020 (Laboratory biosafety manual, fourth edition and associated monographs).
5. Personal protective equipment. Geneva: World Health Organization; 2020 (Laboratory biosafety manual, fourth edition and associated monographs).
6. Biosafety programme management. Geneva: World Health Organization; 2020 (Laboratory biosafety manual, fourth edition and associated monographs).
7. Outbreak preparedness and resilience. Geneva: World Health Organization; 2020 (Laboratory biosafety manual, fourth edition and associated monographs).
8. Gold NA, Avva U. Alcohol sanitizer. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2019 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK513254/>, accessed 6 September 2019).
9. Meneguetti MG, Laus AM, Ciol MA, Auxiliadora-Martins M, Basile-Filho A, Gir E, et al. Glycerol content within the WHO ethanol-based handrub formulation: balancing tolerability with antimicrobial efficacy. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2019;8:109. doi: 10.1186/s13756-019-0553-z
10. How to handrub? Geneva: World Health Organization; 2006 (<http://www.who.int/gpsc/tools/GPSC-HandRub-Wash.pdf>, accessed 3 September 2019).
11. Rodríguez Ferri EF, Martínez S, Frandoloso R, Yubero S, Gutiérrez Martín CB. Comparative efficacy of several disinfectants in suspension and carrier tests against *Haemophilus parasuis* serovars 1 and 5. *Res Vet Sci*. 2010;88(3):385–9. doi: 10.1016/j.rvsc.2009.12.001
12. WHO infection control guidelines for transmissible spongiform encephalopathies. Report of a WHO consultation, Geneva: Switzerland, 23–26 March 1999. Geneva: World Health Organization; 2000 (<https://www.who.int/csr/resources/publications/bse/whocdscsrph2003.pdf?ua=1>, accessed 2 September 2019).

13. Bistaffa E, Rossi M, De Luca, Chiara MG, Moda F. Biosafety of prions. *Prog Mol Biol Transl Sci.* 2017;150:455–85. doi: 10.1016/bs.pmbts.2017.06.017
14. Sagripanti JL, Bonifacino A. Comparative sporicidal effects of liquid chemical agents. *Appl Environ Microbiol.* 1996;62(2):545–51. doi: 10.1016/S0196-6553(96)90024-3
15. Spotts Whitney EA, Beatty ME, Taylor TH, Weyant R, Sobel J, Arduino MJ, et al. Inactivation of *Bacillus anthracis* spores. *Emerg Infect Dis.* 2003;9(6):623–7. doi: 10.3201/eid0906.020377
16. Khakimova M, Ahlgren HG, Harrison JJ, English AM, Nguyen D. The stringent response controls catalases in *Pseudomonas aeruginosa* and is required for hydrogen peroxide and antibiotic tolerance. *J Bacteriol.* 2013;195(9):2011–20. doi: 10.1128/JB.02061-12
17. Lemmer K, Howaldt S, Heinrich R, Roder A, Pauli G, Dorner BG, et al. Test methods for estimating the efficacy of the fast-acting disinfectant peracetic acid on surfaces of personal protective equipment. *J Appl Microbiol.* 2017;123(5):1168–83. doi: 10.1111/jam.13575
18. Facts about formaldehyde. United States Environmental Protection Agency (<https://www.epa.gov/formaldehyde/facts-about-formaldehyde>, accessed 12 March 2019).
19. Formaldehyde, 2-butoxyethanol and 1-tert-butoxypropan-2-ol. Lyon: WHO International Agency for Research on Cancer; 2006 (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 88) (<http://publications.iarc.fr/106>, accessed 27 May 2019).
20. Morton HE. The relationship of concentration and germicidal efficiency of ethyl alcohol. *Ann N Y Acad Sci.* 1950;53(1):191–6. doi: 10.1111/j.1749-6632.1950.tb31944.x
21. Fey G, Klassen S, Theriault S, Krishnan J. Decontamination of a worst-case scenario class II biosafety cabinet using vaporous hydrogen peroxide. *Appl Biosaf.* 2010;15(3):142–50. doi: 10.1177/153567601001500307
22. Batterman S. Findings of an assessment of small-scale incinerators for health-care waste. Geneva: World Health Organization; 2004 (<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/68775/a85187.pdf>, accessed 3 September 2019)
23. ISO 14001:2015(en): Environmental Management systems – Requirements with guidance for use [website]. International Standards Organization; 2015 (<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:en>, accessed 21 October 2019).
24. International Solid Waste Association (ISWA) [website] (<https://www.iswa.org/>, accessed 3 September 2019).

25. Chartier Y, Emmanuel J, Pieper U, Prüss A, Rushbrook P, Stringer R, et al, editors. Safe management of wastes from health-care activities: a practical guide. Second edition. Geneva: World Health Organization; 2014 ([https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/85349/9789241548564\\_eng.pdf?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/85349/9789241548564_eng.pdf?sequence=1), accessed 6 September 2019).
26. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants [website] (<http://www.pops.int/>, accessed 3 September 2019).
27. United Nations. Recommendations on the transport of dangerous goods: model regulations, 20th revised edition. New York, Geneva: United Nations; 2017 ([http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/unrec/rev20/Rev20e\\_Vol1.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/unrec/rev20/Rev20e_Vol1.pdf), accessed 3 September 2019)
28. Technical instructions for the safe transport of dangerous goods by air, 2017–2018 edition. Montreal: International Civil Aviation Organization; 2014 (Doc 9284).
29. IATA dangerous goods regulations, 60th edition. Montreal: International Air Transport Association; 2019.
30. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal [website] (<http://www.basel.int/TheConvention/Overview/tabid/1271/Default.aspx>, accessed 3 September 2019).
31. Decision of the Council Concerning the Revision of Decision C(92)39/Final on the Control of Transboundary Movements of Wastes Destined for Recovery Operations. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD); 2004 (<https://www.sbb-mbh.de/fileadmin/media/recht/europa/oecd-c-2001-107-20040315-en.pdf>, accessed 3 September 2019).
32. Bamako Convention on the Import into Africa and the Control of Trans-Boundary Movement and Management of Hazardous Wastes within Africa [webpage] (<https://www.unenvironment.org/explore-topics/environmental-rights-and-governance/what-we-do/meeting-international-environmental>, accessed 3 September 2019).
33. Lauer JL, Battles DR, Vesley D. Decontaminating infectious laboratory waste by autoclaving. *Appl Environ Microbiol.* 1982;44(3):690–4.
34. Bearss JJ, Honnold SP, Picado ES, Davis NM, Lackemeyer JR. Validation and verification of steam sterilization procedures for the decontamination of biological waste in a biocontainment laboratory. *Appl Biosaf.* 2017;22(1):33–7. doi: 10.1177/1535676017694147
35. Taylor DM, Woodgate SL. Rendering practices and inactivation of transmissible spongiform encephalopathy agents. *Rev Sci Tech.* 2003;22(1):297–310. doi: 10.20506/rst.22.1.1400

36. Forbes BA, Hall GS, Miller MB, Novak SM, Rowlinson MC, Salfinger M, et al. Practice guidelines for clinical microbiology laboratories: mycobacteria. *Clin Microbiol Rev.* 2018;31(2). doi: 10.1128/CMR.00038-17
37. Howat WJ, Wilson BA. Tissue fixation and the effect of molecular fixatives on downstream staining procedures. *Methods.* 2014;70(1):12–9. doi: 10.1016/j.ymeth.2014.01.022
38. Werner M, Chott A, Fabiano A, Battifora H. Effect of formalin tissue fixation and processing on immunohistochemistry. *Am J Surg Pathol.* 2000;24(7):1016–9. doi: 10.1097/00000478-200007000-00014
39. Block SS, editor. *Disinfection, sterilization, and preservation.* Philadelphia (PA): Lippincott Williams & Wilkins; 2001.
40. *Radiation oncology physics: a handbook for teachers and students.* Vienna: International Atomic Energy Agency; 2005.
41. Hume AJ, Ames J, Rennick LJ, Duprex WP, Marzi A, Tonkiss J, et al. Inactivation of RNA viruses by gamma irradiation: a study on mitigating factors. *Viruses.* 2016;8(7). doi: 10.3390/v8070204
42. Ciesielski B, Reinstein LE, Meek AG, Wielopolski L. Energy response of agar-alanine free radical dosimetry to therapeutic electron beams. *Med Phys.* 1993;20(5):1453–5. doi: 10.1118/1.597130
43. Twardoski B, Feldmann H, Bloom ME, Ward J. Modern dosimetric tools for (60)Co irradiation at high containment laboratories. *Int J Radiat Biol.* 2011;87(10):1039–44. doi: 10.3109/09553002.2011.598210

## Thông tin thêm

Pathogen safety data sheets. Government of Canada [website] (<https://www.canada.ca/en/public-health/services/laboratory-biosafety-biosecurity/pathogen-safety-data-sheets-risk-assessment.html>), accessed 28 October 2019).









**World Health  
Organization**

**Western Pacific Region**

WHO Western Pacific Region  
PUBLICATION



9 786043 817737