คู่มือความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ

องค์การอนามัยโลก

และ

สถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

พ.ศ. 2551

Laboratory biosafety manual 3rd edition
จัดพิมพ์โดยองค์การอนามัยโลก ปี พ.ศ. 2547
© องค์การอนามัยโลก ปี พ.ศ. 2547

ผู้อำนวยการใหญ่องค์การอนามัยโลกมอบลิขสิทธิ์แก่สถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในการแปลและเรียบเรียง Laboratory biosafety manual 3rd edition จากภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทย

การอ้างอิงหนังสือเล่มนี้
สถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ. 2551. คู่มือความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ. กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 201 หน้า.

สถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ กรมปศุสัตว์
50/2 ถนนพหลโยธิน เกษตรกลาง แขวงลาดยาว
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
(โทร. 0-2579-8908 ถึง 14 โทรสาร 0-2579-8918 ถึง 19 อีเมล์ niah@dld.go.th)

สารบัญ

คำนำ	viii
กิตติกรรมประกาศ	ix
1. หลักการทั่วไป	1
บทนำ	1
ภาค 1. คู่มือความปลอดภัยทางชีวภาพ	**5**
2. การประเมินความเสี่ยงทางจุลชีววิทยา	7
ตัวอย่างส่งตรวจที่มีข้อมูลจำกัด	8
การประเมินความเสี่ยงเชื้อดัดแปลงพันธุกรรม	8
3. ห้องปฏิบัติการมูลฐาน — ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1 และ 2	9
หลักเกณฑ์การปฏิบัติงาน	9
การออกแบบห้องปฏิบัติการและสิ่งอำนวยความสะดวก	12
เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ	13
การเฝ้าระวังทางการแพทย์และสาธารณสุข	15
การฝึกอบรม	16
การจัดการของเสีย	16
ความปลอดภัยและอันตรายจากสารเคมี ไฟ ไฟฟ้า รังสี และอุปกรณ์	18
4. ห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อ — ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3	19
หลักเกณฑ์การปฏิบัติงาน	19
การออกแบบห้องปฏิบัติการและสิ่งอำนวยความสะดวก	19
เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ	21
การเฝ้าระวังทางการแพทย์และสาธารณสุข	22
5. ห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อขั้นสุดยอด — ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4	24
หลักเกณฑ์การปฏิบัติงาน	24
การออกแบบห้องปฏิบัติการและสิ่งอำนวยความสะดวก	24
6. ห้องเลี้ยงสัตว์ทดลอง	27
คอกสัตว์ — ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1	28
คอกสัตว์ — ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 2	28
คอกสัตว์ — ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3	29

คอกสัตว์ – ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4 30
สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง 31
7. คู่มือสำหรับคณะกรรมการห้องปฏิบัติการ 32
8. คู่มือการรับรองคุณภาพห้องปฏิบัติการ 34

ภาค 2. ความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ **43**

9. หลักการพื้นฐานด้านความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ 45

ภาค 3. เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ **47**

10. ตู้ปลอดเชื้อ 49
ตู้ปลอดเชื้อคลาส I 50
ตู้ปลอดเชื้อคลาส II 51
ตู้ปลอดเชื้อคลาส III 54
การเชื่อมต่อระบบอากาศของตู้ปลอดเชื้อ 54
การเลือกชนิดตู้ปลอดเชื้อ 54
การใช้งานตู้ปลอดเชื้อ 55
11. เครื่องมือและอุปกรณ์นิรภัย 58
ตู้ปลอดเชื้อชนิด negative-pressure flexible-film isolators 58
เครื่องดูดปล่อยของเหลว 59
เครื่องทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน เครื่องเขย่า เครื่องปั่น และ sonicators 59
ห่วงเพาะเชื้อแบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง 59
ตะเกียงเผาห่วงเพาะเชื้อ (microincinerators) 60
อุปกรณ์และเสื้อผ้าป้องกันอันตรายส่วนบุคคล 61

ภาค 4. เทคนิคทางจุลชีววิทยาที่ดี **65**

12. เทคนิคทางห้องปฏิบัติการ 67
การทำงานกับตัวอย่างส่งตรวจอย่างปลอดภัย 67
การใช้ไปเปตและเครื่องดูดปล่อยของเหลว 67
การหลีกเลี่ยงการฟุ้งกระจายของเชื้อจากวัสดุติดเชื้อ 68
การใช้ตู้ปลอดเชื้อ 68
การหลีกเลี่ยงการติดเชื้อจากการกิน การสัมผัสทางผิวหนังและตา 69

การหลีกเลี่ยงการติดเชื้อจากการถูกทิ่มแทง 69
การแยกซีรัม 70
การใช้เครื่องปั่นเหวี่ยง 70
การใช้เครื่องทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน เครื่องเขย่า เครื่องปั่น และ sonicators 71
การใช้เครื่องบดเนื้อเยื่อ 71
การใช้และการดูแลรักษาตู้เย็นและตู้แช่แข็ง 71
การเปิดกระเปราะบรรจุวัสดุติดเชื้อชนิดดูดแห้ง 72
การเก็บรักษากระเปราะบรรจุวัสดุติดเชื้อ 72
ข้อควรระวังเกี่ยวกับเลือด ของเหลวจากร่างกาย เนื้อเยื่อและสิ่งขับหลั่ง 72
ข้อควรระวังเกี่ยวกับไพรออน (prions) 74
13. แผนเฝ้าระวังและมาตรการฉุกเฉิน 76
แผนเฝ้าระวัง 76
มาตรการฉุกเฉิน 77
14. การฆ่าเชื้อและการทำปราศจากเชื้อ 80
คำนิยาม 80
การทำความสะอาดวัสดุในห้องปฏิบัติการ 80
สารเคมีฆ่าเชื้อ 80
การขจัดสิ่งปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมเฉพาะบริเวณ 86
การขจัดสิ่งปนเปื้อนภายในตู้ปลอดเชื้อ 86
การล้างมือและการขจัดสิ่งปนเปื้อนที่มือ 87
การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนและการทำปราศจากเชื้อ 87
การเผา 90
การกำจัดของเสีย 90
15. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการขนส่งวัสดุติดเชื้อ 91
ข้อกำหนดระหว่างประเทศว่าด้วยการขนส่งวัสดุติดเชื้อ 91
พัสดุภัณฑ์สามชั้น 92
วิธีทำความสะอาดเชื้อหกหล่น 92

ภาค 5. ความรู้ทั่วไปทางเทคโนโลยีชีวภาพ **95**

16. ความปลอดภัยทางชีวภาพและเทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรม 97
ข้อควรคำนึงสำหรับระบบสังเคราะห์ยีนส์ทางชีวภาพ 98
ข้อควรคำนึงเกี่ยวกับพาหะยีนส์ 98

พาหะยีนส์ที่เป็นไวรัสสำหรับการขนถ่ายยีนส์ 98
สัตว์ตัดแต่งพันธุกรรมและสัตว์ที่ถูกกดยีนส์ 98
พืชตัดแต่งพันธุกรรม 99
การประเมินความเสี่ยงสำหรับสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม 99
ข้อควรคำนึงเพิ่มเติม 101

ภาค 6. ความปลอดภัยว่าด้วยสารเคมี ไฟ และไฟฟ้า **103**

17. สารเคมีอันตราย 105
ช่องทางที่สารเคมีเข้าสู่ร่างกาย 105
การเก็บสารเคมี 105
กฎทั่วไปว่าด้วยความเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี 105
พิษของสารเคมี 105
สารเคมีที่ระเบิดได้ 106
การหกหล่นของสารเคมี 106
ก๊าซอัดความดันและก๊าซเหลว 107
18. อันตรายอื่นๆ ในห้องปฏิบัติการ 108
อันตรายจากไฟ 108
อันตรายจากไฟฟ้า 109
เสียงดังและเสียงรบกวน 109
รังสี 110

ภาค 7. การจัดตั้งหน่วยงานด้านความปลอดภัยและการฝึกอบรม **113**

19. เจ้าหน้าที่และคณะกรรมการด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ 115
เจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ 115
คณะกรรมการด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ 116
20. ความปลอดภัยสำหรับเจ้าหน้าที่หน่วยสนับสนุน 117
แผนกช่างและซ่อมบำรุง 117
แผนกรักษาความสะอาด 117
21. โปรแกรมการฝึกอบรม 118

ภาค 8. แบบตรวจติดตามด้านความปลอดภัย **121**

22. แบบตรวจติดตามด้านความปลอดภัย 123
ห้องปฏิบัติการ 123
ห้องเก็บของ 123
การสุขาภิบาลและสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับบุคลากร 124
การทำความร้อนและการถ่ายเทอากาศ 124
การให้แสงสว่าง 124
การบริการ 124
ความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ 125
การป้องกันอัคคีภัย 125
การเก็บของเหลวไวไฟ 126
ก๊าซอัดความดันและก๊าซเหลว 126
อันตรายจากไฟฟ้า 127
การป้องกันอันตรายส่วนบุคคล 127
สุขภาพและความปลอดภัยของพนักงาน 127
เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ 128
วัสดุติดเชื้อ 129
สารเคมีและสารรังสี 129

ภาค 9. เอกสารอ้างอิง ภาคผนวก และดัชนีค้นคำ **131**

เอกสารอ้างอิง 133
ภาคผนวก 1 การปฐมพยาบาล 137
ภาคผนวก 2 การสร้างภูมิคุ้มกันโรค 138
ภาคผนวก 3 ศูนย์ความร่วมมือด้านความปลอดภัยทางชีวภาพแห่งองค์การอนามัยโลก 139
ภาคผนวก 4 ความปลอดภัยว่าด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์ 140
อุปกรณ์ที่อาจก่อให้เกิดอันตราย 140
ภาคผนวก 5 อันตรายจากสารเคมีและการป้องกัน 143
ดัชนีค้นคำ 168

คำนำ

สถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติเป็นองค์กรหลักทางวิชาการด้านสุขภาพสัตว์ในการตรวจวินิจฉัยและชันสูตรโรคติดเชื้อและไม่ติดเชื้อ ตลอดจนสารพิษในสัตว์ รวมทั้งทำการศึกษาค้นคว้าวิจัยด้านสุขศาสตร์ และสุขอนามัยในสัตว์ เพื่อให้ได้ข้อมูล และเครื่องมือสนับสนุนการควบคุมและป้องกันโรค การปฏิบัติงานดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกับเชื้อจุลชีพ สารเคมี และสัตว์ทดลอง จึงมีความเสี่ยงสูงที่ผู้ปฏิบัติงานอาจได้รับอันตรายจากเชื้อจุลชีพหรือสารเคมี หรืออาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม

คู่มือความปลอดภัยทางชีวภาพในห้องปฏิบัติงานฉบับนี้ จัดทำขึ้นโดยคณะกรรมการความปลอดภัยและความมั่นคงทางชีวภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการปฏิบัติงานของบุคลากรในสถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ ศูนย์วิจัยและพัฒนาทางสัตวแพทย์ประจำภูมิภาค และศูนย์อ้างอิงโรคปากและเท้าเปื่อยภูมิภาคตะวันออกเฉียงใต้ เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการปฏิบัติงาน รวมทั้งอัคคีภัย และอุบัติเหตุต่างๆ โดยรวบรวมเนื้อหาจากคู่มือที่มีผู้นิพนธ์ไว้ และจากเอกสารเผยแพร่ทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยนำมาประยุกต์และดัดแปลงให้เหมาะสมกับลักษณะงานในสภาพห้องปฏิบัติงาน อุปกรณ์และเครื่องมือของสถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ ซึ่งสามารถนำไปปฏิบัติได้จริงและมีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับของสากล จึงขอให้ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องศึกษารายละเอียด และปฏิบัติตามคู่มือเล่มนี้อย่างเคร่งครัด

กิตติกรรมประกาศ

คู่มือความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการฉบับนี้แปลและเรียบเรียงจาก Laboratory biosafety manual, 3rd edition. 2004. World Health Organization, Geneva, Switzerland. โดยเจ้าหน้าที่จากสถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ กรมปศุสัตว์ ซึ่งประกอบด้วย

นายสัตวแพทย์ ดร. ทินรัตน์ ศรีสุวรรณ์
สัตวแพทย์หญิง ดร. สุจิรา ปาจริยานนท์
สัตวแพทย์หญิง อารุณี ชัยสิงห์
สัตวแพทย์หญิง สมใจ กมลศิริพิชัยพร
สัตวแพทย์หญิง ตวงทอง ปัจฉิมะศิริ
นายสัตวแพทย์ ดร. รัฐพงษ์ รัตนภุมมะ
สัตวแพทย์หญิง ธวัลรัตน์ เกียรติยิ่งอังศุลี
และ นางสาวละมูล โม้ลี

1. หลักการทั่วไป

บทนำ

คู่มือเล่มนี้ได้จัดเชื้อจุลินทรีย์เป็นกลุ่มเสี่ยง 4 กลุ่ม (กลุ่มเสี่ยงที่ 1, 2, 3 และ 4) ตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 **โดยการจัดกลุ่มนี้ใช้สำหรับห้องปฏิบัติการเท่านั้น**

ตารางที่ 1 การจัดแบ่งเชื้อจุลินทรีย์ตามกลุ่มเสี่ยง

กลุ่มเสี่ยงที่ 1 (ไม่มีหรือมีความเสี่ยงต่ำต่อมนุษย์และชุมชน) ได้แก่ เชื้อที่มักไม่เป็นสาเหตุก่อโรคทั้งในมนุษย์และสัตว์
กลุ่มเสี่ยงที่ 2 (มีความเสี่ยงปานกลางต่อมนุษย์ และมีความเสี่ยงต่ำต่อการเกิดโรคระบาดในชุมชน) ได้แก่ เชื้อที่สามารถเป็นสาเหตุของโรคในมนุษย์และสัตว์ แต่มักไม่เป็นอันตรายต่อบุคลากรในห้องปฏิบัติการ ชุมชน ปศุสัตว์ หรือสิ่งแวดล้อม การได้รับเชื้อในห้องปฏิบัติการอาจทำให้เกิดการติดเชื้อรุนแรง แต่มีวิธีรักษาหรือป้องกันโรคที่มีประสิทธิภาพ และมีความเสี่ยงต่ำในการแพร่กระจายของเชื้อ
กลุ่มเสี่ยงที่ 3 (มีความเสี่ยงสูงต่อมนุษย์ แต่มีความเสี่ยงต่ำต่อการเกิดโรคระบาดในชุมชน) ได้แก่ เชื้อที่มักเป็นสาเหตุของโรครุนแรงในคนและสัตว์ แต่มักไม่ค่อยแพร่จากคนที่ติดเชื้อไปสู่คนอื่น และมีวิธีรักษาหรือป้องกันโรคที่มีประสิทธิภาพ
กลุ่มเสี่ยงที่ 4 (มีความเสี่ยงสูงทั้งต่อมนุษย์และมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดโรคระบาดในชุมชน) ได้แก่ เชื้อที่เป็นสาเหตุของโรครุนแรงในมนุษย์และสัตว์ และสามารถแพร่ได้ง่ายจากคนหนึ่งไปสู่อีกคนหนึ่ง ทั้งทางตรงและทางอ้อม และไม่มีวิธีรักษาหรือป้องกันโรคที่มีประสิทธิภาพ

ห้องปฏิบัติการมูลฐาน ได้แก่ ห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1 และ 2 สำหรับห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อ คือ ห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 และห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อขั้นสุดยอด คือ ห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4 ทั้งนี้การเรียกขานระดับความปลอดภัยทางชีวภาพนั้นขึ้นกับส่วนประกอบและลักษณะต่างๆ ของการออกแบบ การก่อสร้าง การควบคุมเชื้อ อุปกรณ์ และมาตรการต่างๆ ซึ่งจำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานกับเชื้อในกลุ่มเสี่ยงต่างๆ ตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของระดับความปลอดภัยทางชีวภาพกับกลุ่มเสี่ยงของเชื้อทั้ง 4 กลุ่ม **แต่**ไม่ได้แสดงว่าระดับความปลอดภัยทางชีวภาพกับกลุ่มเสี่ยงของเชื้อ**เทียบเท่ากัน**

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มเสี่ยงของเชื้อและระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ มาตรการปฏิบัติและอุปกรณ์

กลุ่มเสี่ยง	ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ	ประเภทของห้องปฏิบัติการ	มาตรการปฏิบัติ	อุปกรณ์นิรภัย
1	มูลฐาน – ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1	เพื่อการเรียนการสอนและการวิจัย	GMT	ไม่มี ใช้การทำงานบนโต๊ะทดลองทั่วไป
2	มูลฐาน – ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 2	เพื่อการบริการสาธารณสุขพื้นฐาน การวินิจฉัยโรค และการวิจัย	GMT ร่วมกับการใส่เสื้อผ้าป้องกัน เครื่องหมายอันตรายทางชีวภาพ	โต๊ะทดลองทั่วไป ร่วมกับ BSC กรณีเกิดละอองของเหลวฟุ้งกระจาย
3	ควบคุมเชื้อ – ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3	เพื่อการวินิจฉัยโรคเฉพาะทาง และการวิจัย	เช่นเดียวกับระดับ 2 ร่วมกับ เสื้อผ้าป้องกันพิเศษ การควบคุมการเข้าออก การควบคุมการไหลของอากาศไปในทิศทางเดียวดัน	BSC และอุปกรณ์พื้นฐานอื่นๆ สำหรับการปฏิบัติงานในทุกกรณี
4	ควบคุมเชื้อขั้นสุดยอด– ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4	หน่วยงานด้านเชื้อโรคอันตรายร้ายแรง	เช่นเดียวกับระดับ 3 ร่วมกับ ทางเข้าแบบ airlock ฝักบัวอาบน้ำที่ทางออก การกำจัดขยะพิเศษ	BSC ระดับ 3 หรือห้องปฏิบัติการชนิด suit laboratory ร่วมกับ หม้อนึ่งฆ่าเชื้อแบบสองประตู (ฝังผนัง) อากาศถูกกรอง

BSC = ตู้ปลอดเชื้อ (biological safety cabinet)

GMT = เทคนิคทางจุลชีววิทยาที่ดี (good microbiological techniques) (ดูภาค 4)

ประเทศหรือภูมิภาคต่างๆ ควรที่จะมีการจัดแบ่งเชื้อตามกลุ่มเสี่ยงโดยควรคำนึงถึงสิ่งต่างๆ ดังนี้

1. พยาธิกำเนิดของเชื้อ
2. วิธีการแพร่กระจายและขอบเขตโฮสท์ (host range) ของเชื้อ ซึ่งอาจขึ้นกับระดับภูมิคุ้มกันของประชาชนในท้องถิ่น ความหนาแน่นและการย้ายถิ่นที่อยู่ของประชากร รวมทั้งพาหะนำโรคและมาตรฐานทางสุขอนามัยสิ่งแวดล้อม
3. มาตรการป้องกันโรคที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งรวมถึงการทำวัคซีน การให้ซีรัม มาตรการทางสุขาภิบาล เช่น สุขอนามัยอาหารและน้ำ การควบคุมสัตว์และแมลงที่เป็นรังโรคหรือพาหะนำโรค
4. มาตรการรักษาโรคที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งได้แก่ การให้ซีรัม การให้วัคซีนหลังเกิดโรค การใช้ยาต้านจุลชีพ ยาต้านไวรัส และเคมีบำบัดอื่นๆ และควรคำนึงถึงโรคที่อาจเกิดจากเชื้อดื้อยาด้วย

การจะจัดเชื้อใดว่าอยู่ในระดับความปลอดภัยทางชีวภาพระดับใดนั้นต้องทำการประเมินความเสี่ยง การประเมินดังกล่าวจะนำกลุ่มเสี่ยงของเชื้อและปัจจัยอื่นๆ มาร่วมพิจารณาเพื่อการจัดระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ ตัวอย่างเช่น เชื้อที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงที่ 2 โดยทั่วไปมักต้องใช้อาคารสถานที่ รวมถึงอุปกรณ์และมาตรการปฏิบัติต่างๆ ในระดับความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 2 อย่างไรก็ตามในกรณีที่ต้องทำการทดลองเฉพาะทาง อาจต้องทำงานในห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 ทั้งนี้เพื่อการควบคุมการฟุ้งกระจายของเชื้อ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าระดับความปลอดภัยทางชีวภาพขึ้นกับการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญเป็นกรณีๆ ไป (ดูบทที่ 2)

ตารางที่ 3 สรุปสิ่งจำเป็นที่ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับต่างๆ

	ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ			
	1	2	3	4
การแยกพื้นที่[ก] ห้องปฏิบัติการจากพื้นที่ส่วนอื่นๆ	ไม่	ไม่	ใช่	ใช่
ห้องปฏิบัติการได้รับการอุดรอยรั่วซึมเพื่อการขจัดสิ่งปนเปื้อน	ไม่	ไม่	ใช่	ใช่
การถ่ายเทอากาศ				
--ระบบอากาศไหลเวียนอยู่ภายใน	ไม่	ควรมี	ใช่	ใช่
--ระบบควบคุมการถ่ายเทของอากาศ	ไม่	ควรมี	ใช่	ใช่
--เครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA filter)	ไม่	ไม่	ใช่/ไม่[ข]	ใช่
ประตูทางเข้า 2 ชั้น	ไม่	ไม่	ใช่	ใช่
Airlock	ไม่	ไม่	ไม่	ใช่
Airlock พร้อมฝักบัวอาบน้ำ	ไม่	ไม่	ไม่	ใช่
ห้องเฉลียงหรือห้องเปลี่ยนเสื้อ	ไม่	ไม่	ใช่	--
ห้องเฉลียงหรือห้องเปลี่ยนเสื้อ พร้อมฝักบัวอาบน้ำ	ไม่	ไม่	ใช่/ไม่[ค]	ไม่
ระบบกำจัดของเสีย	ไม่	ไม่	ใช่/ไม่[ค]	ใช่
หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ				
--ในบริเวณหน่วยงาน	ไม่	ควรมี	ใช่	ใช่
--อยู่ภายในห้องปฏิบัติการ	ไม่	ไม่	ควรมี	ใช่
--แบบ 2 ประตู (double-ended)	ไม่	ไม่	ควรมี	ใช่
ตู้ปลอดเชื้อ	ไม่	ควรมี	ใช่	ใช่
ระบบตรวจติดตามความปลอดภัยของพนักงาน[ง]	ไม่	ไม่	ควรมี	ใช่

[ก] แยกจากทางเดินทั่วไปและบริเวณแวดล้อม

[ข] ขึ้นกับตำแหน่งของท่อระบายอากาศ

[ค] ขึ้นกับเชื้อที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

[ง] เช่น ช่องมองพนักงาน โทรทัศน์วงจรปิด การสื่อสารสองทาง (โทรศัพท์)

ภาค 1

คู่มือความปลอดภัยทางชีวภาพ

2. การประเมินความเสี่ยงทางจุลชีววิทยา

หลักสำคัญที่สุดของความปลอดภัยทางชีวภาพคือ การประเมินความเสี่ยง ถึงแม้จะมีวิธีหรือมาตรการต่างๆ ในการประเมิน แต่ปัจจัยสำคัญที่สุดก็คือ คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญทางวิชาการ ดังนั้นการประเมินความเสี่ยงจึงทำโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ด้านคุณลักษณะของเชื้อ (ที่กำลังพิจารณา) รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ อาคารสถานที่ สัตว์ทดลองและมาตรการอื่นๆ โดยมีผู้อำนวยการห้องปฏิบัติการหรือผู้วิจัยหลักเป็นผู้รับผิดชอบว่าการประเมินความเสี่ยงนั้นเหมาะสมและถูกเวลา การดำเนินงานต้องประสานกับคณะกรรมการด้านความปลอดภัยของหน่วยงาน ทั้งนี้เพื่อให้มั่นใจว่าอุปกรณ์และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ อยู่ในสภาพดีและเหมาะสมกับงาน เพื่อให้การประเมินความเสี่ยงถูกต้องเหมาะสม ควรจะต้องมีการทบทวนแก้ไขให้เหมาะสมอยู่อย่างสม่ำเสมอ โดยใช้ข้อมูลใหม่ๆ ด้านระดับความเสี่ยง และบทความวิทยาศาสตร์มาประกอบการพิจารณา

เครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่งในการดำเนินการประเมินความเสี่ยงคือ บัญชีกลุ่มเสี่ยงของเชื้อ (ดูบทที่ 1) อย่างไรก็ตาม ต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วย ซึ่งได้แก่

1. พยาธิกำเนิดและขนาด (dose) ของเชื้อที่สามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อได้
2. ผลที่อาจเกิดจากการสัมผัสเชื้อ
3. ช่องทางที่เชื้อเข้าสู่ร่างกายตามธรรมชาติ
4. ช่องทางที่เชื้อเข้าสู่ร่างกายทางอื่นจากการทำงานในห้องปฏิบัติการ (ฉีดหรือแทง หายใจ กิน)
5. ความคงทนของเชื้อในสิ่งแวดล้อม
6. ความเข้มข้นและปริมาตรของเชื้อ
7. การมีโฮสท์ที่เหมาะสม (คนหรือสัตว์)
8. ข้อมูลจากการศึกษาในสัตว์และรายงานการติดเชื้อจากห้องปฏิบัติการหรือรายงานทางคลินิก
9. กิจกรรมต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ (เช่น sonication, aerosolization, centrifugation เป็นต้น)
10. การดัดแปลงทางพันธุกรรม ซึ่งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขอบเขตโฮสท์ (host range) ของเชื้อ หรือเปลี่ยนความไวของเชื้อต่อยาหรือวิธีรักษาที่มีประสิทธิภาพที่มีอยู่ (ดูบทที่ 16)
11. มาตรการป้องกันหรือรักษาโรคที่มีประสิทธิภาพ

การจัดระดับความปลอดภัยต้องใช้ข้อมูลทั้งหมดข้างต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้มาระหว่างการประเมินความเสี่ยง สามารถนำไปใช้ประโยชน์กับงานที่วางแผนไว้ หรือประกอบการเลือกอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล หรือใช้ประกอบการพัฒนาวิธีปฏิบัติมาตรฐาน (Standard Operating Procedure, SOP) ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยสูงสุดต่อการทำงาน

ตัวอย่างส่งตรวจที่มีข้อมูลจำกัด

การประเมินความเสี่ยงตามที่กล่าวมาข้างต้นใช้ได้ดีกรณีมีข้อมูลสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม กรณีที่ไม่มีข้อมูลหรือมีข้อมูลไม่เพียงพอ เช่น กรณีที่ทำงานกับตัวอย่างส่งตรวจทางคลินิกหรือตัวอย่างทางระบาดวิทยา กรณีเช่นนี้จำเป็นต้องให้ความระมัดระวังในการจับต้องตัวอย่างนั้นๆ โดยมีหลักทั่วๆ ไป ดังนี้

1. หากได้ตัวอย่างส่งตรวจจากคนไข้หรือจากสัตว์ป่วย ต้องระมัดระวังอย่างมาก โดยต้องใส่ถุงมือ เสื้อกาวน์ แว่นตาป้องกัน เป็นต้น
2. ควรใช้ระดับความปลอดภัยระดับ 2 เป็นอย่างต่ำเมื่อต้องจับต้องตัวอย่างส่งตรวจนั้นๆ
3. หากจะต้องขนส่งหรือขนย้ายตัวอย่างนั้นๆ จะต้องดำเนินการตามกฎและระเบียบระดับชาติหรือกฎข้อบังคับระหว่างประเทศ

ข้อมูลบางชนิดข้างล่างนี้ อาจมีประโยชน์ในการประเมินความเสี่ยง กรณีที่มีการจับต้องตัวอย่างส่งตรวจ

1. ประวัติหรือข้อมูลทางการแพทย์เกี่ยวกับผู้ป่วยหรือสัตว์ป่วย
2. ข้อมูลทางระบาดวิทยา (อัตราป่วย อัตราตาย ช่องทางที่ติดเชื้อเข้าสู่ร่างกาย รวมทั้งประวัติอื่นๆ จากการสอบสวนโรค)
3. ข้อมูลเกี่ยวกับต้นกำเนิดหรือแหล่งที่มาของตัวอย่างส่งตรวจนั้นๆ

ในกรณีที่เกิดการระบาดของโรคที่ไม่รู้สาเหตุของโรค ให้ดำเนินการตามคู่มือหรือแนวทางที่องค์กรระดับชาติหรือองค์การอนามัยโลกแนะนำไว้ เนื่องจากองค์กรเหล่านี้ได้กำหนดระดับความปลอดภัยในการดำเนินการที่เหมาะสมไว้ เช่น กรณีเกิดการระบาดของโรคซาร์ส (Severe Acute Respiratory Syndrome, SARS)

การประเมินความเสี่ยงเชื้อดัดแปลงพันธุกรรม

ดูรายละเอียดในบทที่ 16

3. ห้องปฏิบัติการมูลฐาน –
ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1 และ 2

คำแนะนำในคู่มือเล่มนี้ใช้กับเชื้อในกลุ่มเสี่ยงที่ 1 ถึง 4 สำหรับเชื้อในกลุ่มเสี่ยงที่ 1 แนะนำให้ใช้เทคนิคทางจุลชีววิทยาที่ดี หรือ Good Microbiological Technique (GMT) ถึงแม้ว่าข้อควรระมัดระวังบางอย่างจะไม่จำเป็นสำหรับเชื้อบางเชื้อในกลุ่มเสี่ยงที่ 1

ห้องปฏิบัติการชันสูตรโรคและห้องปฏิบัติการที่ให้บริการ (ทางการแพทย์ การสาธารณสุข ทางคลินิก) หรือห้องปฏิบัติการในโรงพยาบาลต้องถูกจัดอยู่ในระดับความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 2 ขึ้นไป เนื่องจากบุคลากรในห้องปฏิบัติการสามารถติดเชื้อจากการสัมผัสกับตัวอย่างส่งตรวจได้ บางครั้งห้องปฏิบัติการทางคลินิกเหล่านี้อาจจำเป็นต้องได้รับการรับรองคุณภาพด้วย

แนวทางสำหรับห้องปฏิบัติการมูลฐานที่ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1 และ 2 ที่จะกล่าวถึงในบทนี้มีจำเป็นสำหรับห้องปฏิบัติการทุกแห่ง ซึ่งรวมถึงห้องปฏิบัติการที่ความปลอดภัยระดับสูงกว่าด้วย กล่าวคือ แนวทางสำหรับห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อที่ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 และห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อขั้นสุดยอดที่ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4 (บทที่ 4 และ 5) ล้วนแต่เป็นส่วนที่เพิ่มเติมหรือประยุกต์จากแนวทางเบื้องต้นที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ทั้งสิ้น

หลักเกณฑ์การปฏิบัติงาน

หลักเกณฑ์นี้คือ เทคนิคทางจุลชีววิทยาที่ดี หรือ Good Microbiological Technique (GMT) ซึ่งหลักเกณฑ์เหล่านี้สามารถนำไปพัฒนาเป็นแผนดำเนินการสำหรับห้องปฏิบัติการต่างๆ ได้ โดยห้องปฏิบัติการแต่ละแห่งต้องมีคู่มือความปลอดภัยที่จำแนกหรือบ่งชี้อันตรายที่อาจเกิดขึ้น ทั้งนี้เพื่อลดหรือจำกัดอันตรายเหล่านั้น ดังนั้นหลักการ GMT จึงเป็นหลักพื้นฐานด้านความปลอดภัยสำหรับห้องปฏิบัติการ และต้องตระหนักเสมอว่า เครื่องมือหรืออุปกรณ์เฉพาะทางต่างๆ อาจถูกนำมาใช้เสริมการปฏิบัติงานได้ แต่เครื่องมือเหล่านั้นไม่สามารถแทนที่หลักปฏิบัติงานที่เหมาะสมได้ หลักเกณฑ์ที่สำคัญเหล่านี้ ได้แก่

ทางเข้า-ออก

1. เครื่องหมายเตือนอันตรายทางชีวภาพ (รูปที่ 1) จะต้องถูกติดไว้ที่ประตูห้องปฏิบัติการที่มีการทดลองเชื้อในกลุ่มเสี่ยงที่ 2 ขึ้นไป
2. ห้องปฏิบัติการเป็นเขตหวงห้าม โดยอนุญาตการเข้าออกให้แก่เจ้าหน้าที่ที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น
3. ประตูห้องปฏิบัติการควรปิดอยู่เสมอ
4. ห้ามเด็กเข้าห้องปฏิบัติการ

5. การเข้าออกคอกเลี้ยงสัตว์ทดลองต้องได้รับอนุญาตเท่านั้น
6. ห้ามนำสัตว์เข้าห้องปฏิบัติการ ยกเว้นกรณีที่ต้องใช้สัตว์นั้นเพื่อการทดลอง

รูปที่ 1 เครื่องหมายเตือนอันตรายทางชีวภาพ

การป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

1. ผู้ปฏิบัติงานต้องสวมเสื้อกาวน์ทุกครั้งขณะทำงานในห้องปฏิบัติการ
2. ขณะทำงานในห้องปฏิบัติการต้องสวมถุงมือให้เหมาะสมกับงานที่ทำ โดยเฉพาะเมื่อต้องสัมผัสกับเชื้อทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น เมื่อสัมผัสเลือด ของเหลวจากร่างกาย หรือวัสดุติดเชื้อต่างๆ หรือ เมื่อต้องสัมผัสกับสัตว์ติดเชื้อ และหลังใช้ถุงมือจะต้องถอดถุงมือทิ้ง และต้องล้างมือทุกครั้ง
3. ผู้ปฏิบัติงานต้องล้างมือทั้งหลังสัมผัสวัสดุหรือสัตว์ติดเชื้อ และก่อนที่จะออกจากห้องปฏิบัติการ
4. ต้องสวมแว่นตานิรภัยหรือเครื่องบังใบหน้าทุกครั้ง โดยเฉพาะกรณีที่อาจเกิดการกระเด็น หรือเมื่อต้องทำงานกับเครื่องจักร หรือเมื่อต้องทำงานกับแสงอัลตราไวโอเลต
5. ห้ามใส่เสื้อหรืออุปกรณ์ป้องกันออกไปภายนอกห้องปฏิบัติการ เช่น โรงอาหาร ห้องกาแฟ บริเวณสำนักงาน ห้องสมุด ห้องพักพนักงานและห้องสุขา
6. ห้ามใส่รองเท้าเปิดปลายนิ้วในห้องปฏิบัติการ
7. ห้ามกินอาหาร ดื่มเครื่องดื่ม สูบบุหรี่ แต่งเครื่องสำอาง และสวมคอนแทคเลนส์ในห้องปฏิบัติการ

8. ห้ามเก็บอาหารหรือเครื่องดื่มที่มนุษย์บริโภคไว้ภายในห้องปฏิบัติการ
9. ห้ามแขวนหรือเก็บเสื้อกาวน์หรืออุปกรณ์ป้องกันอื่นๆ รวมกับเสื้อผ้าทั่วไป

วิธีปฏิบัติงาน

1. ห้ามดูดสารละลายหรือของเหลวโดยใช้ปาก
2. ห้ามนำวัสดุใดๆ เข้าปาก ห้ามเลียฉลากกาว
3. ต้องป้องกันกิจกรรมใดๆ ที่ทำให้เกิดละอองของเหลวฟุ้งกระจายหรือการเกิดหยดน้ำ
4. ควรจำกัดการใช้เข็มฉีดยาและกระบอกฉีดยาให้น้อยที่สุด และไม่ควรใช้เข็มฉีดยาแทนการดูดของเหลวโดยใช้ไปเปต และควรใช้เข็มฉีดยากรณีจะฉีดยาหรือต้องดูดของเหลวจากร่างกายสัตว์ทดลองเท่านั้น
5. ต้องรายงานหัวหน้าห้องปฏิบัติการ หากเกิดการหกของเชื้อหรือเมื่อสัมผัสกับวัสดุติดเชื้อทุกครั้ง และต้องทำการบันทึกอุบัติเหตุดังกล่าวไว้ทุกครั้ง
6. ต้องสร้างมาตรฐานวิธีปฏิบัติสำหรับการทำความสะอาดกรณีเกิดการหกหล่นของวัสดุติดเชื้อและสารเคมี
7. ของเหลวปนเปื้อนต้องได้รับการฆ่าเชื้อก่อนทิ้ง ซึ่งอาจใช้วิธีทางเคมีหรือทางกายภาพ และต้องมีระบบกำจัดของเสียที่มีประสิทธิภาพ
8. เอกสารที่ต้องทิ้งออกนอกห้องปฏิบัติการ ต้องไม่เป็นเอกสารที่อาจปนเปื้อนหรือสัมผัสเชื้อ

พื้นที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

1. ห้องปฏิบัติการต้องสะอาดเรียบร้อยอยู่เสมอ และไม่เก็บสิ่งของใดๆ ที่ไม่ได้ใช้ในการทำงาน
2. พื้นผิวการทำงานต้องได้รับการทำความสะอาดหลังมีการหกหล่นของวัสดุอันตรายและหลังเลิกใช้งานทุกครั้ง
3. ต้องฆ่าเชื้อวัสดุติดเชื้อ ตัวอย่างส่งตรวจ และเซลล์หรืออาหารเลี้ยงเชื้อทุกครั้งก่อนทิ้งหรือก่อนนำกลับมาใช้ใหม่
4. การบรรจุและการขนส่งวัสดุติดเชื้อต้องเป็นไปตามข้อกำหนดระดับชาติหรือระดับนานาชาติ
5. กรณีที่ต้องเปิดประตูหรือหน้าต่าง ต้องมีมุ้งลวดหรือตาข่ายกันแมลง

การจัดการด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ

1. ผู้อำนวยการห้องปฏิบัติการเป็นผู้รับผิดชอบการวางแผนการจัดการด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ
2. หัวหน้าห้องปฏิบัติการเป็นผู้ให้คำแนะนำต่อผู้อำนวยการหน่วยงานในการจัดการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ ทั้งนี้ควรจัดให้มีการฝึกอบรมอย่างสม่ำเสมอ

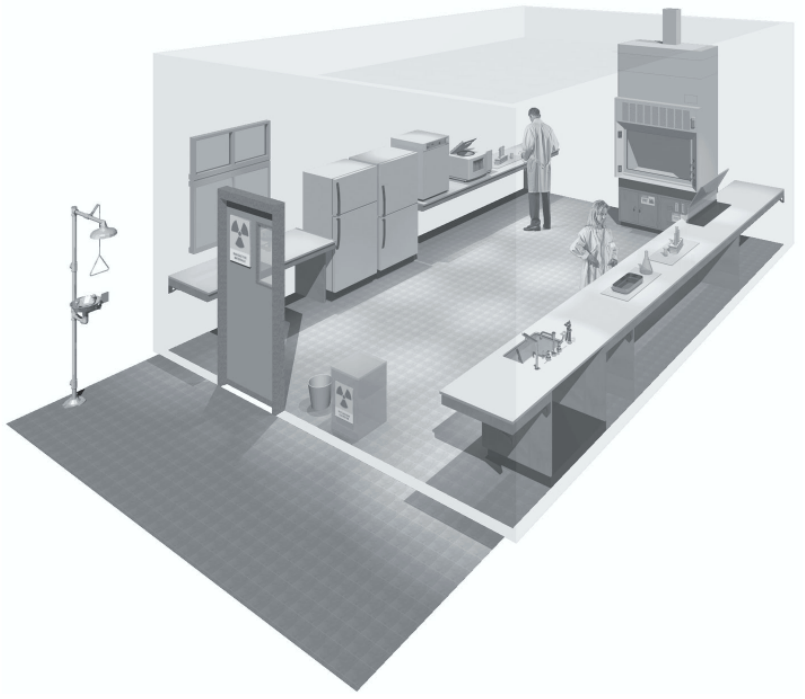
3. บุคลากรในห้องปฏิบัติการต้องได้รับคำแนะนำด้านอันตรายที่อาจเกิดขึ้นขณะปฏิบัติงาน และต้องอ่านทำความเข้าใจและปฏิบัติตามคู่มือความปลอดภัย โดยได้รับคำแนะนำจากที่ปรึกษาห้องปฏิบัติการ และในห้องปฏิบัติการต้องมีเอกสารคู่มือด้านความปลอดภัยวางอยู่
4. ห้องปฏิบัติการควรมีโปรแกรมควบคุมหนูและแมลงรบกวนที่มีประสิทธิภาพ
5. เจ้าหน้าที่ทุกคนควรได้รับการบริการทางการแพทย์ที่ดี และต้องมีการจดบันทึกประวัติสุขภาพที่เหมาะสม

การออกแบบห้องปฏิบัติการและสิ่งอำนวยความสะดวก

ในการออกแบบห้องปฏิบัติการ ต้องคำนึงถึงปัญหาด้านความปลอดภัยที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่

1. การเกิดละอองของเหลวฟุ้งกระจาย
2. การปฏิบัติงานกับเชื้อปริมาณมากหรือเชื้อที่มีความเข้มข้นสูง
3. การมีอุปกรณ์มากหรือหนาแน่นจนเกินไป
4. การเข้าออกของบุคคลอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต
5. ขั้นตอนการทำงานต่างๆ รวมถึงการใช้ตัวอย่างเฉพาะและ reagents ต่างๆ

รูปที่ 2 ห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1



คุณลักษณะต่างๆ ของแบบห้องปฏิบัติการ

1. มีพื้นที่เพียงพอ เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน การทำความสะอาดและการบำรุงรักษา

2. ผนัง เพดาน และพื้นห้องต้องมีผิวเรียบ ง่ายต่อการทำความสะอาด ไม่ลื่นไม่รั่วซึมน้ำ และทนต่อสารเคมีและน้ำยาฆ่าเชื้อที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ
3. พื้นผิวโต๊ะปฏิบัติการต้องทนน้ำ ทนน้ำยาฆ่าเชื้อ กรด ด่าง สารทำละลายอินทรีย์ และความร้อน
4. ต้องมีแสงสว่างเพียงพอ และหลีกเลี่ยงการเกิดแสงสะท้อนหรือแสงที่จ้าเกินไป
5. เฟอร์นิเจอร์ในห้องปฏิบัติการต้องมีความคงทน ควรมีพื้นที่ว่างระหว่างและข้างใต้โต๊ะ ตู้ และอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อการทำความสะอาดที่ทั่วถึง
6. มีพื้นที่เก็บของเพียงพอ ไม่ควรเก็บของบนโต๊ะปฏิบัติการหรือบนทางเดิน ในกรณีที่ต้องเก็บของเป็นเวลานานๆ ควรมีห้องเก็บของเฉพาะแยกออกจากห้องปฏิบัติการ
7. ควรมีพื้นที่เก็บสารละลาย สารกัมมันตรังสี ก๊าซเหลว และก๊าซอัดความดัน
8. มีพื้นที่เก็บเสื้อผ้าและของใช้ส่วนตัวภายนอกห้องปฏิบัติการ
9. ควรจัดหาพื้นที่สำหรับรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือบริเวณพักผ่อน ไว้ภายนอกห้องปฏิบัติงาน
10. ทุกห้องปฏิบัติการควรมีอ่างล้างมือ และมีน้ำประปา โดยเฉพาะตรงประตูทางออก
11. ประตูควรมีช่องมอง ประตูต้องทนไฟ และควรปิดเองได้
12. สำหรับห้องปฏิบัติการความปลอดภัยระดับ 2 ขึ้นไปควรมีหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ
13. ระบบความปลอดภัยควรครอบคุมถึงอันตรายจากอัคคีภัย ไฟฟ้า และควรมีฝักบัวอาบน้ำฉุกเฉินและอ่างล้างตา
14. มีห้องปฐมพยาบาลและอุปกรณ์ที่จำเป็น (ดูภาคผนวก 1)
15. ในการออกแบบอาคารห้องปฏิบัติการแห่งใหม่ ควรคำนึงถึงการจัดหาระบบถ่ายเทอากาศซึ่งไม่นำอากาศมาใช้ใหม่ หากไม่มีระบบดังกล่าว ควรมีหน้าต่างที่เปิดปิดได้และมีมุ้งลวดกันแมลง
16. ควรมีน้ำคุณภาพดีเพียงพอ และไม่มีการปนเปื้อนของน้ำที่ใช้บริโภคกับน้ำที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ และควรมีระบบป้องกันน้ำไหลย้อนกลับเพื่อปกป้องแหล่งน้ำสาธารณะ
17. ควรมีดวงไฟฉุกเฉินที่ทางออกฉุกเฉินและมีระบบจ่ายไฟฟ้าไปยังตู้เพาะเชื้อ ตู้ปลอดเชื้อ ตู้แช่แข็ง ระบบถ่ายเทอากาศในกรงสัตว์ทดลอง และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ
18. มีระบบจ่ายก๊าซและการบำรุงรักษาก๊าซที่มีประสิทธิภาพ
19. ให้ระลึกไว้เสมอว่าห้องปฏิบัติการและห้องเลี้ยงสัตว์ทดลองมักเป็นเป้าหมายของบุคคลผู้ไม่หวังดีที่ชอบทำลายทรัพย์สินสาธารณะของทางราชการ ดังนั้นจึงต้องจัดระบบรักษาความปลอดภัยที่เข้มงวด ซึ่งก็รวมทั้งการป้องกันอัคคีภัย เช่น การมีประตูที่แข็งแรง หน้าต่างที่มีฉากบังตา และการใช้กุญแจเฉพาะ เป็นต้น (ดูบทที่ 9)

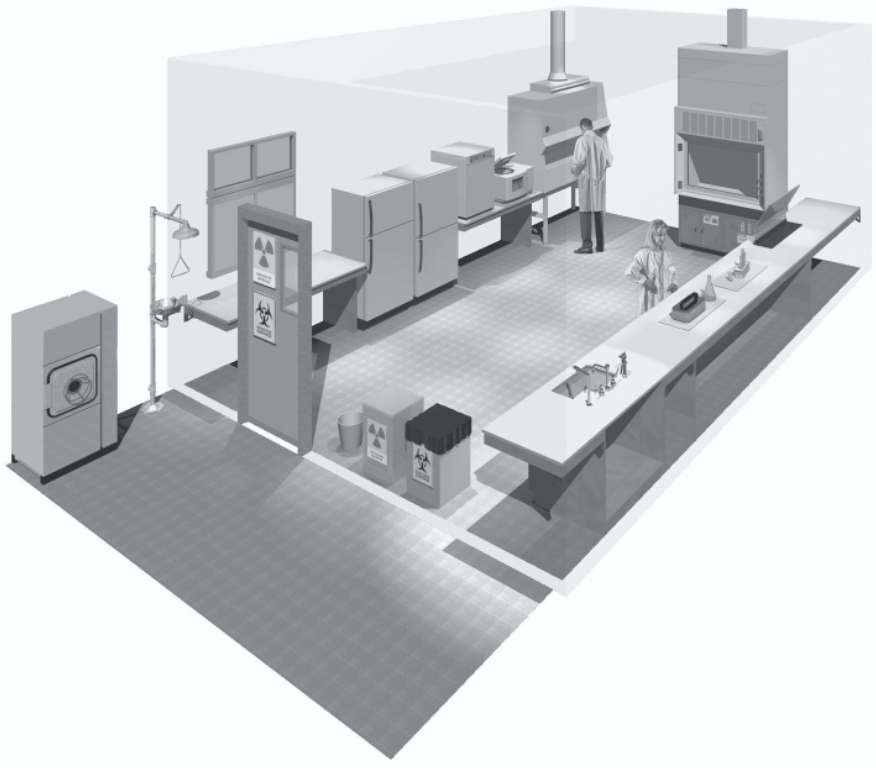
เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

การใช้เครื่องมือที่มีความปลอดภัยจะช่วยลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ และเครื่องมือที่ใช้ควรเหมาะสมกับงาน กล่าวคือ

1. ควรเป็นเครื่องมือที่ป้องกันหรือลดการสัมผัสเชื้อของผู้ปฏิบัติงาน
2. ทนน้ำ ทนต่อการกัดกร่อน
3. ปราศจากส่วนแหลมคม หรือส่วนเคลื่อนที่ได้ซึ่งอาจเป็นอันตราย
4. ใช้งานง่าย ง่ายต่อการดูแลรักษา การทำความสะอาด การขจัดสิ่งปนเปื้อน และได้รับการรับรองคุณภาพ ควรหลีกเลี่ยงการใช้เครื่องแก้วหรือเครื่องมือที่แตกหักง่าย

ควรศึกษาคุณลักษณะของเครื่องมือแต่ละชิ้นด้านความปลอดภัยก่อนซื้อหรือก่อนการใช้งาน (ดูบทที่ 10 และ 11)

รูปที่ 3 ห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 2
ตู้ปลอดเชื้อถูกใช้ในกิจกรรมต่างๆ ที่อาจเกิดละอองฟุ้งกระจาย ประตูถูกปิดเสมอ มีเครื่องหมายเตือนอันตรายทางชีวภาพ และมีการแยกขยะติดเชื้อจากขยะทั่วไป



เครื่องมือที่จำเป็นด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ

1. เครื่องดูดปล่อยของเหลว (pipetting aids) หลีกเลี่ยงการใช้ปากดูดสารละลายหรือของเหลว
2. ตู้ปลอดเชื้อ (biological safety cabinet)

-- ใช้เมื่อต้องทำงานกับวัสดุติดเชื้อ เช่น อาจปั่นเหวี่ยงวัสดุติดเชื้อในตู้นี้เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจาย

-- ใช้เมื่อมีความเสี่ยงต่อการเกิดการติดเชื้อผ่านทางเดินหายใจ

-- ใช้เมื่อขั้นตอนการทดลองมีความเสี่ยงต่อการฟุ้งกระจายของละอองของเหลว เช่น การบด การปั่นเหวี่ยง การผสม การเขย่า การทำให้ละเอียดด้วยเสียงความถี่ต่ำ (sonic disruption) การเปิดภาชนะบรรจุวัสดุติดเชื้อที่มีความดันภายในแตกต่างจากความดันบรรยากาศปกติ การสอดท่อจมูกสัตว์ทดลอง และการเก็บเนื้อเยื่อติดเชื้อจากสัตว์และจากไข่ เป็นต้น

3. ห่วงเพาะเชื้อแบบใช้แล้วทิ้ง (plastic disposable transfer loops) หรืออาจใช้ตะเกียงไฟฟ้าสำหรับเผาห่วงเพาะเชื้อไฟฟ้า ภายในตู้ปลอดเชื้อ เพื่อป้องกันการเกิดละอองฟุ้งกระจาย
4. หลอดและขวดฝาเกลียว
5. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ
6. Pasteur pipettes แบบพลาสติกใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง และหลีกเลี่ยงการใช้ไปเปตแก้ว
7. เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ เช่น หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ตู้ปลอดเชื้อ ควรได้รับการทดสอบความใช้ได้ก่อนใช้งาน และอาจจำเป็นต้องได้รับการรับรอง (ดูบทที่ 7)

การเฝ้าระวังทางการแพทย์และสาธารณสุข

วัตถุประสงค์ของการเฝ้าระวังก็เพื่อตรวจติดตามและสำรวจโรคในหมู่เจ้าหน้าที่ซึ่งอาจเจ็บป่วยจากการปฏิบัติงาน โดยกิจกรรมต่างๆ ที่จะทำให้บรรลุวัตถุประสงค์นี้ ได้แก่

1. การให้วัคซีน (ดูภาคผนวก 2)
2. การตรวจค้นหาโรคที่อาจเกิดจากการปฏิบัติงานแต่เนิ่นๆ
3. การแยกผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อจากงานที่เสี่ยง (เช่น หญิงตั้งครรภ์ ผู้ที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่อง)
4. การจัดหาอุปกรณ์ ตลอดจนมาตรการป้องกันอันตรายให้เพียงพอ

แนวทางการเฝ้าระวังทางการแพทย์แก่บุคลากรในห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1

โดยปกติเชื้อในระดับนี้มักไม่ก่อโรคทั้งในคนและสัตว์ อย่างไรก็ตามเจ้าหน้าที่ทุกคนควรผ่านการตรวจสุขภาพก่อนการทำงาน และต้องเก็บรายงานการเจ็บป่วยและอุบัติเหตุของพนักงานไว้ และเจ้าหน้าที่ทุกคนต้องได้รับความรู้ด้านเทคนิคทางจุลชีววิทยาที่ดี (GMT)

แนวทางการเฝ้าระวังทางการแพทย์แก่บุคลากรในห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 2

1. ต้องตรวจสุขภาพเจ้าหน้าที่ก่อนรับเข้าทำงาน และต้องเก็บประวัติสุขภาพของเจ้าหน้าที่ไว้ โดยเน้นการประเมินการเจ็บป่วยที่อาจเกิดจากการทำงาน
2. ต้องเก็บประวัติการลาป่วย และการขาดงาน
3. เจ้าหน้าที่ที่เป็นสุภาพสตรีที่อยู่ในวัยตั้งครรภ์ต้องได้รับความรู้เกี่ยวกับเชื้อซึ่งอาจทำให้เกิดการแท้งบุตร เช่น ไวรัสโรคหัดเยอรมัน (rubella virus)

การฝึกอบรม

การปฏิบัติงานจากเจ้าหน้าที่อาจเกิดความผิดพลาดได้แม้จะมีการป้องกันที่ดีแล้ว จึงจำเป็นต้องมีการฝึกอบรมเพื่อให้พนักงานตื่นตัวเสมอ การฝึกอบรมด้านความปลอดภัยจึงควรเริ่มทำตั้งแต่ปฐมนิเทศรับพนักงานใหม่ โดยพนักงานใหม่ทุกคนต้องอ่านและทำความเข้าใจคู่มือความปลอดภัย การฝึกอบรมควรครอบคลุมเนื้อหาเกี่ยวกับข้อมูลหรืออันตรายที่สามารถพบได้บ่อยๆ ขณะปฏิบัติงาน ได้แก่

1. อันตรายจากการหายใจ เช่น เมื่อเขี่ยเชื้อ ดูดปล่อยของเหลว ป้ายเชื้อ เพาะเชื้อ ดูดเลือดหรือซีรัม หรือการปั่นเหวี่ยง
2. อันตรายจากการกิน เมื่อต้องทำงานกับเชื้อ ป้ายเชื้อ และเมื่อทำการเพาะเชื้อ
3. อันตรายจากการถูกเข็มฉีดยาทิ่มแทง
4. อันตรายจากการถูกแมลงสัตว์กัดต่อย
5. อันตรายจากการทำงานกับเลือดหรือวัตถุติดเชื้อ
6. การขจัดสิ่งปนเปื้อนวัสดุอุปกรณ์และการกำจัดวัสดุติดเชื้อ

การจัดการของเสีย

ขยะหมายรวมถึงของทุกชนิดที่ต้องทิ้ง ในห้องปฏิบัติการนั้นถือว่าการขจัดสิ่งปนเปื้อนและการกำจัดขยะมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งในแต่ละวันห้องปฏิบัติการต้องกำจัดขยะและทำลายขยะติดเชื้อจำนวนมาก ในขณะที่เครื่องแก้ว อุปกรณ์และเสื้อผ้าที่ใช้ในห้องปฏิบัติการจะถูกทำความสะอาดและนำกลับมาใช้ใหม่ หลักโดยทั่วไปคือ วัสดุติดเชื้อทุกชนิดต้องได้รับการฆ่าเชื้อ นึ่ง หรือเผาในห้องปฏิบัติการ

คำถามที่ควรถามทุกครั้งก่อนที่กำจัดวัสดุติดเชื้อ ได้แก่

1. วัสดุนั้นๆได้รับการฆ่าหรือทำลายเชื้อด้วยวิธีการที่เหมาะสมแล้วหรือยัง
2. จากข้อ (1) หากยัง วัสดุนั้นถูกบรรจุด้วยวิธีการที่เหมาะสมเพื่อการเผาทำลายหรือเพื่อขนย้ายไปเผาที่อื่นแล้วหรือยัง
3. โอกาสที่วัสดุนั้นๆ จะก่อให้เกิดอันตรายแก่บุคคลภายนอกห้องปฏิบัติการที่อาจมาสัมผัสกับวัสดุนั้นโดยบังเอิญมีหรือไม่

การขจัดสิ่งปนเปื้อน

การนึ่งไอน้ำเป็นวิธีการฆ่าเชื้อที่ดีที่ใช้ได้กับการขจัดสิ่งปนเปื้อนทุกกระบวนการ วัสดุที่จะทำการขจัดสิ่งปนเปื้อนควรอยู่ในภาชนะ เช่น ในถุงพลาสติกเฉพาะที่ใช้สำหรับการนึ่งฆ่าเชื้อ อย่างไรก็ตามอาจใช้วิธีการอื่นในการฆ่าเชื้อแทนการนึ่งไอน้ำก็ได้ หากวิธีเหล่านั้นสามารถฆ่าหรือทำลายเชื้อได้

การจัดการและการทิ้งวัสดุปนเปื้อนและของเสีย

ห้องปฏิบัติการทุกแห่งควรมีระบบการจำแนกและการแบ่งขยะ โดยอาจจำแนกขยะได้ดังนี้

1. ขยะไม่ปนเปื้อนหรือขยะไม่ติดเชื้อ อาจนำกลับมาใช้ใหม่หรือทิ้ง แล้วแต่กรณี ได้แก่ขยะตามบ้านเรือนทั่วไป
2. วัสดุมีคมติดเชื้อ เช่น เข็มฉีดยา มีดผ่าตัด ใบมีด แก้วแตก วัสดุเหล่านี้ต้องทิ้งในภาชนะที่เหมาะสม
3. วัสดุติดเชื้อสำหรับการนึ่งฆ่าเชื้อและล้างเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่
4. วัสดุติดเชื้อที่ต้องนึ่งฆ่าเชื้อก่อนนำไปทิ้ง
5. วัสดุติดเชื้อที่ต้องเผาทำลาย

วัสดุมีคม

เข็มฉีดยาที่ใช้แล้วไม่ควรนำกลับไปสวมปลอกอีกครั้ง และไม่ควรถอดเข็มออกจากกระบอกฉีดยา เข็มฉีดยาที่ใช้แล้วต้องทิ้งในภาชนะที่ใช้ทิ้งวัสดุมีคมเฉพาะ เช่นเดียวกับกระบอกฉีดยาทั้งที่ใช้ร่วมกับเข็มหรือใช้เดี่ยวๆ ก็ต้องทิ้งในถังขยะเฉพาะและเผา หรืออาจนึ่งฆ่าเชื้อก่อนเผาหากจำเป็น ถังขยะสำหรับใส่ของมีคมควรหนาพอและไม่ควรทิ้งขยะลงไปจนเต็มถัง เมื่อขยะถึงประมาณสามในสี่ของถังขยะก็ควรนำขยะไปทิ้งหรือเผาทำลาย และห้ามนำขยะเหล่านี้ไปทิ้งในที่ทิ้งขยะสาธารณะ

วัสดุปนเปื้อน (อาจติดเชื้อ) สำหรับการนึ่งฆ่าเชื้อและนำกลับมาใช้ใหม่

ไม่ควรทำความสะอาดวัสดุปนเปื้อน (ซึ่งอาจติดเชื้อ) ที่จะต้องนึ่งฆ่าเชื้อ หากต้องทำความสะอาดหรือซ่อมแซมจะต้องทำหลังจากวัสดุเหล่านั้นได้รับการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วเท่านั้น

วัสดุปนเปื้อน (อาจติดเชื้อ) สำหรับทิ้ง

นอกจากวัสดุมีคมที่ได้กล่าวมาแล้ว วัสดุปนเปื้อน (ซึ่งอาจติดเชื้อ) อื่นๆ ก็ควรได้รับการนึ่งฆ่าเชื้อในภาชนะที่เหมาะสมก่อนนำไปทิ้ง เช่น ในถุงพลาสติกมีสีสำหรับการนึ่งฆ่าเชื้อ และหลังการนึ่งฆ่าเชื้อวัสดุดังกล่าวต้องถูกเคลื่อนย้ายไปเผาที่เตาเผา ไม่ควรนำวัสดุที่มาจากโรงพยาบาลหรือสถานบริการสาธารณสุขไปทิ้งในที่ทิ้งขยะสาธารณะ หากต้องใช้น้ำยาฆ่าเชื้อต้องแน่ใจว่าขยะติดเชื้อนั้นสัมผัสกับน้ำยาโดยตรงในระยะเวลาที่เหมาะสม (ดูบทที่ 14) และต้องทำความสะอาดถังขยะและฆ่าเชื้อก่อนนำมาใช้ใหม่

ความปลอดภัยและอันตรายจากสารเคมี ไฟ ไฟฟ้า รังสี และอุปกรณ์

อุบัติเหตุจากสารเคมี ไฟ (อัคคีภัย) ไฟฟ้า และรังสี อาจทำให้เกิดการรั่วไหลของเชื้อได้ ห้องปฏิบัติการทุกแห่งจึงต้องมีมาตรการรักษาความปลอดภัยที่เหมาะสม ดูภาคผนวก 5 ประกอบ (บทที่ 17 และ 18) สำหรับอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยจะกล่าวในบทที่ 11

4. ห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อ –
ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3

ห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อ--ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 ได้รับการออกแบบเพื่อการทำงานกับเชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 3 รวมทั้งเชื้อกลุ่มที่ 2 ที่มีความเข้มข้นสูงซึ่งอาจทำให้เกิดการแพร่กระจายทางอากาศได้ ห้องปฏิบัติการระดับนี้ต้องมีโปรแกรมการจัดการเฉพาะเพิ่มเติมจากห้องปฏิบัติการมูลฐานที่ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1 และ 2 โดยสิ่งที่เพิ่มเติมเหล่านี้ได้แก่

1. หลักเกณฑ์การปฏิบัติงาน
2. การออกแบบห้องปฏิบัติการและสิ่งอำนวยความสะดวก
3. การบริการทางการแพทย์และสาธารณสุข

หลักเกณฑ์การปฏิบัติงาน

ใช้หลักเกณฑ์เช่นเดียวกับหลักเกณฑ์การจัดการของห้องปฏิบัติการมูลฐาน แต่มีสิ่งที่เพิ่มเติม ได้แก่

1. เครื่องหมายเตือนอันตรายทางชีวภาพ (รูปที่ 1) ติดที่ประตูทางเข้าห้องปฏิบัติการ พร้อมทั้งระบุระดับความปลอดภัยทางชีวภาพและชื่อหัวหน้าห้องปฏิบัติการ
2. เสื้อกาวน์ที่ใช้ต้องเป็นชนิดมีแผ่นแข็งปิดข้างหน้า หรือเป็นชนิดที่คลุมทั่วร่างกาย มีที่คลุมศีรษะ เสื้อไม่ควรมีกระดุมด้านหน้า และควรคลุมตลอดแขนท่อนล่าง ห้ามใส่เสื้อกาวน์หรืออุปกรณ์ป้องกันออกไปเดินภายนอกห้องปฏิบัติการ และต้องฆ่าเชื้อเสื้อกาวน์และอุปกรณ์เหล่านี้ก่อนซักทำความสะอาด และควรใส่ชุดเสื้อกาวน์ทำงานเสมอ หากต้องทำงานกับตัวอย่างบางชนิด เช่น ตัวอย่างทางการเกษตร หรือตัวอย่างโรคสัตว์ติดคน และต้องใส่รองเท้าทุกครั้งขณะปฏิบัติงาน
3. การเปิดภาชนะหรือการทำงานใดที่เกี่ยวข้องกับวัสดุติดเชื้อ ควรทำภายในตู้ปลอดเชื้อเสมอ (ดูบทที่ 10)
4. อาจต้องใส่เครื่องช่วยหายใจเพื่อป้องกันการติดเชื้อทางทางเดินหายใจเมื่อต้องทำงานบางชนิด หรือเมื่อต้องทำงานกับสัตว์ติดเชื้อ (ดูบทที่ 11)

การออกแบบห้องปฏิบัติการและสิ่งอำนวยความสะดวก

ใช้หลักการเช่นเดียวกับหลักการจัดการของห้องปฏิบัติการมูลฐาน แต่มีสิ่งที่เพิ่มเติม ได้แก่

1. ห้องปฏิบัติการต้องแยกจากบริเวณอื่นๆ อาจสร้างห้องปฏิบัติการที่สุดทางเดิน หรือสร้างด้านหลังห้องเปลี่ยนเครื่องแต่งตัว (เช่น มีประตูสองชั้น) ควรมีการควบคุมความดันระหว่างห้องปฏิบัติการและบริเวณโดยรอบ ห้องเปลี่ยนเครื่องแต่งตัวต้องมีพื้นที่สำหรับแยกเสื้อสะอาดและเสื้อสกปรก

2. ประตูห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าควรปิดได้เอง และเป็นแบบ interlocking ซึ่งทำให้ประตูเปิดได้เพียงครั้งละหนึ่งบาน ควรมีตู้เก็บอุปกรณ์จำเป็น เช่น ฆ้อน สำหรับใช้ในสถานการณ์ฉุกเฉิน
3. พื้นผิวของผนัง พื้นห้อง และเพดานควรทำจากวัสดุทนน้ำ และง่ายต่อการทำความสะอาด รอยต่อใดๆ เช่น รอยต่อระหว่างท่อน้ำกับพื้นห้อง ควรได้รับการอุดรอยรั่วซึม เพื่อการขจัดสิ่งปนเปื้อนในห้องที่มีประสิทธิภาพ
4. ห้องปฏิบัติการต้องมีระบบการขจัดสิ่งปนเปื้อนโดยการรมก๊าซหรือรมควัน
5. หน้าต่างต้องปิดเสมอ ไม่มีรอยรั่วซึม และ ทนต่อการกระแทก
6. ห้องปฏิบัติการต้องมีอ่างล้างมือชนิดที่ไม่ต้องใช้มือเปิดก๊อกน้ำติดตั้งอยู่ตรงประตูทางออก
7. ห้องปฏิบัติการต้องมีระบบควบคุมการถ่ายเทอากาศ เพื่อควบคุมทิศทางการไหลของอากาศภายในห้อง และต้องมีอุปกรณ์สังเกตทิศทางลม โดยอาจมีสัญญาณเตือนภัยด้วยก็ได้
8. ระบบถ่ายเทอากาศภายในตัวอาคารต้องถูกสร้าง ไม่ให้อากาศจากภายในห้องปฏิบัติการไหลกลับไปยังบริเวณอื่นๆ ในตัวอาคาร โดยอาจติดตั้งเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (high-efficiency particulate air, HEPA) ภายในห้องปฏิบัติการ ท่อระบายอากาศเสียจากภายในห้องปฏิบัติการต้องอยู่ห่างจากท่อนำอากาศเข้าและห่างจากบริเวณหรือสถานที่อื่นใด อากาศที่ระบายออกอาจถูกกรองผ่านเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงก่อน ระบบควบคุมความร้อน ระบบถ่ายเทอากาศ และระบบปรับอากาศ (heating, ventilation and air-conditioning (HVAC) control system) ควรได้รับการก่อสร้างเพื่อป้องกันการเกิดความกดอากาศที่เป็นบวกภายในห้องปฏิบัติการ และควรสร้างระบบเตือนภัยชนิดเสียงหรือชนิดมองเห็นด้วยตา เพื่อเตือนพนักงานกรณีเกิดความล้มเหลวจากการทำงานของระบบ HVAC
9. เครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงควรได้รับการขจัดสิ่งปนเปื้อนด้วยการรมก๊าซ และมีการทดสอบการใช้งานสม่ำเสมอ
10. ตู้ปลอดเชื้อต้องถูกตั้งในตำแหน่งที่ห่างจากทางเดินและห่างจากประตูและระบบถ่ายเทอากาศ (ดูบทที่ 10)
11. อากาศเสียที่ระบายจากตู้ปลอดเชื้อคลาส I และ II ซึ่งอาจจะผ่านเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงต้องถูกระบายออกในลักษณะที่ไม่รบกวนสมดุลย์ของอากาศภายในตู้หรือไม่รบกวนระบบถ่ายเทอากาศของตัวอาคาร
12. ห้องปฏิบัติการควรมีหม้อนึ่งฆ่าเชื้อสำหรับวัสดุติดเชื้อไว้ใช้ภายในห้องปฏิบัติการ กรณีที่ต้องเคลื่อนย้ายขยะติดเชื้อจากห้องปฏิบัติการเพื่อการขจัดสิ่งปนเปื้อนหรือเพื่อทิ้ง ถังขยะที่บรรจุขยะเหล่านั้นต้องได้รับการอุดรอยรั่วซึม และไม่แตกระหว่างขนส่ง ทั้งนี้ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดหรือระเบียบแห่งชาติหรือระเบียบนานาชาติว่าด้วยการทำลายขยะติดเชื้อ
13. ห้องปฏิบัติการต้องมีระบบหรืออุปกรณ์ป้องกันการไหลย้อนกลับของน้ำติดตั้งไว้ที่ระบบจ่ายน้ำ ท่อสูญญากาศต้องมีเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงและที่ดักเชื้อซึ่งติดตั้งน้ำยาฆ่าเชื้อ หรือ

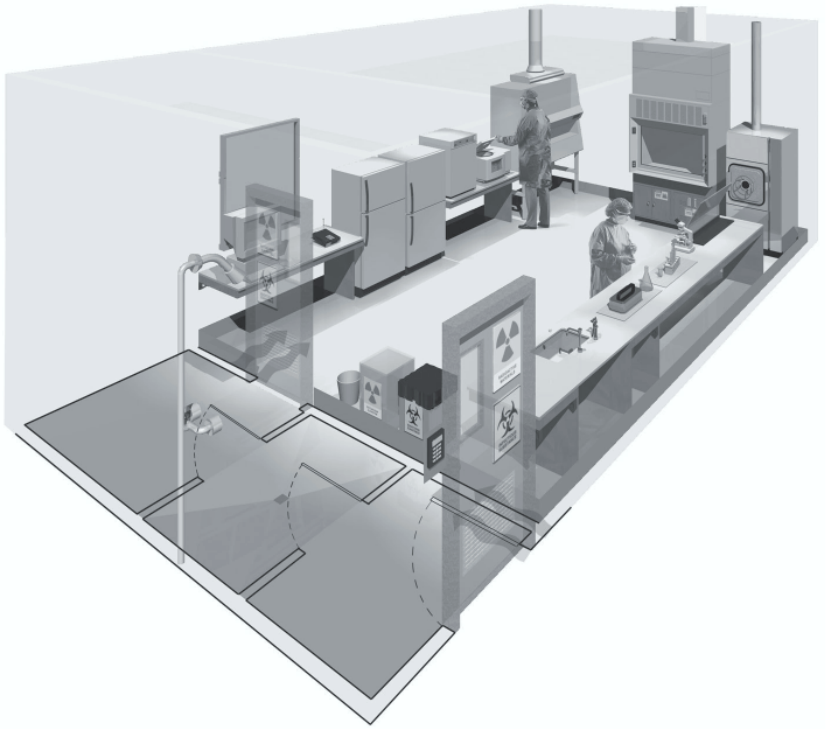
ระบบฆ่าเชื้ออื่นที่เหมาะสม หัวสูบหรือปั๊มก็ติดตั้งเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงและที่ดักเชื้อเช่นกัน

14. ห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อที่ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 ทุกแห่ง ควรมีเอกสารหลักฐานเกี่ยวกับแบบอาคารและวิธีการใช้งานของระบบต่างๆ

เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

หลักการเลือกใช้อุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการ ซึ่งก็รวมถึงตู้ปลอดเชื้อ สำหรับห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อที่ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 นั้น ก็เหมือนที่กล่าวมาแล้วสำหรับห้องปฏิบัติการมูลฐานที่ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 2 อย่างไรก็ตามการทำงานใดๆ ก็ตามที่เกี่ยวข้องกับวัสดุติดเชื้อต้องทำภายในตู้ปลอดเชื้อ หรือด้วยวิธีการที่เหมาะสมอื่นๆ ที่ให้ความปลอดภัยแก่ผู้ปฏิบัติงาน โดยควรให้ความระมัดระวังกับการใช้อุปกรณ์บางชนิด เช่น เครื่องปั่นเหวี่ยง ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงานได้ เครื่องปั่นเหวี่ยงเหล่านี้ รวมทั้งอุปกรณ์คัดเลือกเซลล์ที่ใช้กับเซลล์ติดเชื้อ อาจได้รับการติดตั้งระบบถ่ายเทอากาศที่มีเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงเสริมเข้าไปเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน

รูปที่ 4 ห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3
ห้องปฏิบัติการแยกจากทางเดินทั่วไปและเข้าออกผ่านห้องเฉลียงด้านหน้า (ประตู 2 ชั้น) หรือมี airlock มีหม้อนึ่งฆ่าเชื้ออยู่ภายในห้องปฏิบัติการ มีอ่างล้างมือแบบไม่ใช้มือเปิดปิดก๊อกน้ำ มีระบบควบคุมการไหลเวียนของอากาศไปในทิศทางเดียว และทำการทดลองทุกอย่างภายในตู้ปลอดเชื้อ



การเฝ้าระวังทางการแพทย์และสาธารณสุข

จุดประสงค์ของการเฝ้าระวังทางการแพทย์ในห้องปฏิบัติการควบคุมนั้น ก็เช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้วสำหรับห้องปฏิบัติการมูลฐานที่ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1 และ 2 โดยมีสิ่งที่เพิ่มเติม ดังนี้

1. การตรวจสุขภาพเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการควบคุมเป็นสิ่งบังคับกับเจ้าหน้าที่ทุกคน โดยต้องมีระบบการบันทึกสุขภาพร่างกายของพนักงานและการตรวจร่างกายซึ่งอาจได้อันตรายจากงานที่ทำ
2. หลังการตรวจ ผู้ได้รับการตรวจร่างกายควรได้รับบัตรสุขภาพ (รูปที่ 5) ซึ่งระบุว่าผู้ได้รับการตรวจผ่านการตรวจร่างกายและสามารถปฏิบัติงานได้ในห้องปฏิบัติการควบคุมที่ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 บัตรนี้ควรติดรูปถ่ายหน้าตรงของเจ้าของบัตร มีขนาดเท่ากระเป๋าเงินพกพาได้ และเจ้าของบัตรต้องถือบัตรนี้ติดตัวตลอดเวลา และควรมีชื่อหัวหน้าห้องปฏิบัติการ แพทย์ และ เจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพปรากฏบนบัตรด้วย

รูปที่ 5 บัตรสุขภาพ

ก. ด้านหน้า

ILLNESS SURVEILLANCE NOTICE

Name _____

Card holder's picture

TO THE EMPLOYEE
Keep this card in your possession. In case of unexplained febrile illness, present the card to your physician and notify one of the following in the order listed.

Dr _____ Tel (Work): _____

Tel (Home): _____

Dr _____ Tel (Work): _____

Tel (Home): _____

ข. ด้านหลัง

TO THE PHYSICIAN
The holder of this card works in an area at _____ in which pathogenic viruses, rickettsia, bacteria, protozoa or helminths are present. In the event of an unexplained febrile illness, please call the employer for information on agents to which this employee may have been exposed.

Name of laboratory: _____

Address: _____

_____

_____

_____

Tel: _____

5. ห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อขั้นสุดยอด – ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4

ห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อขั้นสุดยอดที่ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4 ถูกออกแบบเพื่อการทำงานกับเชื้อโรคในกลุ่มเสี่ยงที่ 4 โดยก่อนการลงมือก่อสร้างห้องปฏิบัติการประเภทนี้ควรปรึกษาผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันที่มีประสบการณ์ และห้องปฏิบัติการชนิดนี้ต้องอยู่ในความควบคุมดูแลภายใต้หน่วยงานระดับชาติ ข้อมูลข้างล่างนี้เป็นเพียงข้อมูลพื้นฐาน ผู้สนใจสามารถปรึกษาและหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากองค์การอนามัยโลก (ดู Biosafety programme หน้า 26)

หลักเกณฑ์การปฏิบัติงาน

ให้ใช้หลักเกณฑ์การทำงานเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 โดยเพิ่มเติมดังนี้

1. ใช้กฎการทำงานร่วมกันสองคน ห้ามทำงานตามลำพังคนเดียว
2. เปลี่ยนเสื้อผ้าและรองท้าทุกชิ้นทั้งก่อนเข้าและออกจากห้องปฏิบัติการ
3. เจ้าหน้าที่ต้องได้รับการฝึกอบรมเรื่องการรับมือกรณีฉุกเฉิน เช่นเมื่อได้รับบาดเจ็บหรือเจ็บป่วย
4. ต้องมีระบบสื่อสารระหว่างเจ้าหน้าที่ที่กำลังทำงานในห้องปฏิบัติการระดับ 4 และเจ้าหน้าที่สนับสนุนที่อยู่นอกห้องปฏิบัติการ

การออกแบบห้องปฏิบัติการและสิ่งอำนวยความสะดวก

ห้องปฏิบัติการระดับ 4 มีลักษณะใกล้เคียงกับห้องปฏิบัติการระดับ 3 แต่ลักษณะที่เพิ่มเติมได้แก่

1. **ระบบควบคุมเชื้อขั้นพื้นฐาน** โดยอาจมีลักษณะอย่างหนึ่งอย่างใดข้างล่างนี้หรือมีลักษณะผสม
   - -- *ห้องปฏิบัติการที่มีตู้ปลอดเชื้อคลาส III* ห้องปฏิบัติการที่มีตู้ปลอดเชื้อชนิดนี้ต้องมี 2 ประตู โดยต้องมีห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าพนักงานทั้งก่อนเข้าและก่อนออกจากห้องปฏิบัติการและมีห้องอาบน้ำอยู่กลางระหว่างห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าทั้งสอง วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ไม่ได้ติดตัวเข้ามาจะต้องผ่านหม้อนึ่งฆ่าเชื้อแบบสองประตูหรือช่องรมควัน สำหรับหม้อนึ่งฆ่าเชื้อแบบสองประตูนี้ออกแบบมาให้พนักงานสามารถเปิดประตูภายในเพื่อเอาของออกได้ต่อเมื่อประตูภายนอกปิดสนิทแล้วเท่านั้น ซึ่งเป็นระบบ interlock คือไม่สามารถเปิดออกเมื่อหม้อนึ่งหรือช่องรมควันกำลังทำงาน (ดูบทที่ 10)
   - -- *ห้องปฏิบัติการ suit laboratory* มีการใช้ชุดเสื้อผ้าป้องกันที่มีเครื่องช่วยหายใจ ทำให้ห้องปฏิบัติการประเภทนี้แตกต่างอย่างมากจากห้องปฏิบัติการระดับ 4 ที่มีตู้ปลอดเชื้อระดับ 3 กล่าวคือ พนักงานทุกคนต้องเข้าไปเปลี่ยนเสื้อผ้าและขจัดสิ่งปนเปื้อนตามร่างกายก่อนเข้าสู่

ห้องปฏิบัติการ โดยบริเวณห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าและห้องอาบน้ำก่อนเข้าและก่อนออกจากห้องปฏิบัติการต้องแยกกัน และเจ้าหน้าที่ที่จะเข้าห้องปฏิบัติการต้องสวมชุดทำงาน ซึ่งเป็นชิ้นเดียวกันทั้งชุด เป็นชุดที่มีความดันเป็นบวกและมีเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูง ระบบจ่ายอากาศที่ผ่านเข้าสู่ห้องปฏิบัติการต้องมีประสิทธิภาพสูงและสามารถทำงานได้เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน ทางเข้าห้องปฏิบัติการต้องเป็นระบบ airlock มีประตูปิดสนิท และจะต้องมีระบบเตือนภัยฉุกเฉินสำหรับเจ้าหน้าที่ที่กำลังทำงานในห้องปฏิบัติการ

2. **การควบคุมการเข้า-ออก** ห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4 ต้องตั้งอยู่ในอาคารที่แยกเฉพาะหรือในบริเวณภายในอาคารที่แยกจากบริเวณอื่นๆ อย่างชัดเจน ทางเข้าและทางออกของเจ้าหน้าที่และอุปกรณ์ต้องเป็นระบบ airlock หรือระบบ pass-through โดยเจ้าหน้าที่ต้องอาบน้ำและเปลี่ยนชุดทำงานก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ และต้องอาบน้ำก่อนออกจากห้องปฏิบัติการด้วย

3. **ระบบควบคุมอากาศ** ความดันอากาศภายในห้องปฏิบัติการต้องเป็นลบตลอดเวลา โดยอากาศทั้งที่ผ่านเข้าสู่ห้องและออกจากห้องปฏิบัติการต้องผ่านเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูง ระบบถ่ายเทอากาศระหว่างห้องปฏิบัติการที่มีตู้ปลอดเชื้อคลาส III และห้องปฏิบัติการชนิด suit laboratory มีข้อแตกต่างดังนี้

-- *ห้องปฏิบัติการที่มีตู้ปลอดเชื้อคลาส III* อากาศที่เข้าสู่ตู้ปลอดเชื้ออาจถูกดูดจากอากาศภายในห้องผ่านเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงที่ติดตั้งอยู่ภายในตู้ปลอดเชื้อ ในขณะที่อากาศที่ออกมาจากตู้ปลอดเชื้อต้องผ่านเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงสองชั้นก่อนปล่อยออกสู่ภายนอก ความดันอากาศภายในตู้ปลอดเชื้อต้องเป็นลบตลอดเวลาเมื่อเปรียบเทียบกับความดันอากาศรอบๆ สำหรับระบบถ่ายเทอากาศในห้องปฏิบัติการต้องเป็นชนิดที่ไม่นำอากาศเก่ากลับมาใช้อีก

-- *ห้องปฏิบัติการชนิด suit laboratory* ห้องปฏิบัติการชนิดนี้ต้องมีระบบจ่ายอากาศและระบบถ่ายเทอากาศ ซึ่งทำให้อากาศหมุนเวียนจากบริเวณที่เสี่ยงต่ออันตรายน้อยที่สุดไปยังบริเวณที่เสี่ยงต่ออันตรายมากที่สุด จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพื่อรักษาความดันอากาศให้เป็นลบตลอดเวลา และจะต้องมีการตรวจสอบความดันอากาศทั้งภายในและบริเวณใกล้เคียงกับห้องปฏิบัติการ รวมทั้งต้องมีการตรวจสอบการไหลเวียนของอากาศในระบบจ่ายและระบบถ่ายเทอากาศด้วย นอกจากนี้ต้องมีระบบควบคุมเพื่อป้องกันการเกิดความดันภายในห้องปฏิบัติการ และต้องมีเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงสำหรับระบบจ่ายอากาศเข้าห้องปฏิบัติการ รวมทั้งห้องอาบน้ำฆ่าเชื้อ ช่องส่งของ สำหรับอากาศจากระบบถ่ายเทอากาศเสียก็ต้องผ่านเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงสองชั้นก่อนจะปล่อยอากาศออกสู่ภายนอก หรืออาจนำอากาศที่ผ่านการกรองแล้วนั้นกลับมาใช้ใหม่ภายในห้องปฏิบัติการ แต่ห้ามปล่อยอากาศที่ถึงแม้จะกรองแล้วไปยังบริเวณอื่นๆ นอกจากนี้ยังต้องมี

การพิจารณาถึงการทดลองวิจัยที่จะทำในห้องปฏิบัติการประเภทนี้ รวมทั้งอุปกรณ์ สารเคมี ตลอดจนชนิดของสัตว์ทดลองที่จะใช้ในการวิจัย

สำหรับเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงนั้นจะต้องได้รับการตรวจสอบและได้รับการรับรองทุกปี อาจมีอาคารเฉพาะสำหรับการทำความสะอาดฆ่าเชื้อเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงก่อนทิ้ง หรืออาจทิ้งเครื่องกรองอากาศลงในถุงหรือภาชนะที่ปิดสนิทเพื่อรอการทำลายต่อไป

4. **การขจัดสิ่งปนเปื้อนในของเสีย** ของเสียทุกประเภทจากห้องปฏิบัติการ ห้องขจัดสิ่งปนเปื้อน ห้องอาบน้ำขจัดสิ่งปนเปื้อน หรือจากตู้ปลอดเชื้อคลาส III ต้องได้รับการขจัดสิ่งปนเปื้อนก่อนทิ้ง โดยอาจใช้ความร้อน บางครั้งจะต้องมีการปรับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของของเสียให้เป็นกลางก่อนทิ้ง สำหรับน้ำจากห้องน้ำทั่วไปและโถส้วมอาจทิ้งได้โดยตรงโดยไม่ต้องฆ่าเชื้อ

5. **การทำปราศจากเชื้อในของเสีย** ห้องปฏิบัติการต้องมีหม้อนึ่งฆ่าเชื้อแบบสองประตู และควรมีวิธีการขจัดสิ่งปนเปื้อนแบบอื่นสำหรับอุปกรณ์หรือสิ่งของที่ไม่สามารถทำปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำ

6. **ช่องส่งของชนิด airlock** สำหรับตัวอย่าง วัสดุอุปกรณ์และสัตว์ทดลอง

7. **ระบบไฟสำรองฉุกเฉิน**

8. **ระบบระบายน้ำ** ต้องติดตั้งระบบระบายน้ำเสียที่มีการกักกันเชื้อ

เนื่องจากห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4 มีความซับซ้อนมากจึงควรมีการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานเฉพาะและมีการฝึกอบรมการปฏิบัติงาน นอกจากนี้ต้องมีการจัดทำแผนรับมือเหตุฉุกเฉิน ซึ่งต้องมีเจ้าหน้าที่ตำรวจ เจ้าหน้าที่ดับเพลิง ตลอดจนแพทย์พยาบาลร่วมด้วย

Biosafety programme, Department of Communicable Disease Surveillance and Response, World Health Organization, 20 Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Switzerland (http://www.who.int/csr/).

6. ห้องเลี้ยงสัตว์ทดลอง

สัตว์ทดลองทุกตัวทั้งที่เลี้ยงเพื่อการวินิจฉัยและเพื่อการทดลองต้องได้รับการปฏิบัติอย่างมีมนุษยธรรม เพื่อป้องกันการทารุณสัตว์และเพื่อลดความเจ็บปวดความทรมานให้มากที่สุด โดยสัตว์ทดลองต้องถูกเลี้ยงในสถานที่ที่สะอาด สบาย และมีน้ำ และอาหารพอเพียง ในแง่ความปลอดภัย คอกเลี้ยงสัตว์ควรตั้งอยู่อิสระไม่อยู่ติดกับสถานที่อื่นใด หากคอกสัตว์อยู่ติดกับห้องทดลอง ควรสร้างที่กั้นแยกคอกสัตว์ออกจากบริเวณที่พนักงานในห้องทดลองปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันการติดโรคระหว่างคนและสัตว์และเพื่อการขจัดสิ่งปนเปื้อนและฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 4 ห้องเลี้ยงสัตว์ทดลองแบ่งตามระดับความปลอดภัย และมาตรการและอุปกรณ์ที่จำเป็น

กลุ่มเสี่ยง	ระดับความปลอดภัย	มาตรการและอุปกรณ์
1	ABSL-1	เขตหวงห้าม, เสื้อผ้าและอุปกรณ์ป้องกัน
2	ABSL-2	เช่นเดียวกับ ABSL-1 ร่วมกับ เครื่องหมายเตือน, มี BSC ระดับ 1 หรือ 2 สำหรับกิจกรรมที่อาจเกิดการฟุ้งกระจาย, การฆ่าเชื้อขยะและคอกหลังใช้งาน
3	ABSL-3	เช่นเดียวกับ ABSL-2 ร่วมกับ การควบคุมการเข้าออก, มี BSC และเสื้อผ้าหรืออุปกรณ์ป้องกัน
4	ABSL-4	เช่นเดียวกับ ABSL-3 ร่วมกับ การควบคุมการเข้าออกแบบเข้มงวด, การเปลี่ยนเสื้อก่อนเข้า, มี BSC ระดับ 3 หรือชนิดความดันบวก, การอาบน้ำก่อนออก, การฆ่าเชื้อขยะทุกชนิดก่อนทิ้ง

ABSL = ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพของคอกเลี้ยงสัตว์ (Animal facility Biosafety Level)
BSC = ตู้ปลอดเชื้อ (Biological Safety Cabinet)

คอกสัตว์ต้องได้รับการประเมินความเสี่ยงเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการ และขึ้นกับกลุ่มเสี่ยงของเชื้อที่ทำงานด้วย ดังนั้นจึงแบ่งความปลอดภัยของคอกสัตว์ทดลองเป็นระดับ 1, 2, 3 และ 4

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงเกี่ยวกับเชื้อในคอกสัตว์ ได้แก่

1. ช่องทางที่สามารถติดเชื้อได้ตามสภาวะปกติ
2. ปริมาณและความเข้มข้นของเชื้อ
3. วิธีการนำหรือฉีดเชื้อเข้าสู่ร่างกายสัตว์
4. วิธีหรือช่องทางที่เชื้อถูกขับออกจากร่างกายสัตว์

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงเกี่ยวกับสัตว์ทดลอง ได้แก่

1. ลักษณะอุปนิสัยของสัตว์ เช่น ความก้าวร้าว ความเสี่ยงต่อการโดนกัดหรือข่วน
2. ปรสิตทั้งภายในและภายนอกที่อาจพบในตัวสัตว์
3. โรคติดต่อระหว่างสัตว์และคน ที่สัตว์ไวต่อการติดโรคนั้นๆ
4. การแพร่กระจายของสารก่อภูมิแพ้จากสัตว์ทดลองมายังผู้ปฏิบัติงาน

คอกสัตว์-ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1

คอกเลี้ยงสัตว์ทดลองต้องได้รับการดูแลที่ดีตามหลัก GMT ซึ่งก็รวมถึงการเลี้ยงสัตว์ทดลองภายหลังการกักกันโรค (ยกเว้นสัตว์จำพวกไพรเมทหรือลิง ทั้งนี้ขึ้นกับระเบียบของแต่ละประเทศ) และภายหลังจากการฉีดเชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 1 ในสัตว์ทดลอง หัวหน้าห้องเลี้ยงสัตว์ทดลองอาจจัดทำคู่มือการปฏิบัติการไว้ และควรมีการเฝ้าระวังทางการแพทย์ในหมู่เจ้าหน้าที่

คอกสัตว์-ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 2

ข้อควรคำนึงหรือระมัดระวังในการทำงานกับสัตว์ทดลองที่ได้รับเชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 2 ได้แก่

1. ข้อกำหนดพื้นฐานเช่นเดียวกับห้องเลี้ยงสัตว์ทดลองที่ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1
2. เครื่องหมายเตือนอันตรายทางชีวภาพ (ดูรูปที่ 1) ต้องถูกติดไว้ที่ประตูหรือบริเวณที่เหมาะสม
3. สถานที่เลี้ยงสัตว์ต้องง่ายต่อการดูแลและการทำความสะอาด
4. ประตูต้องเป็นแบบที่เปิดเข้าด้านในและสามารถปิดได้เอง
5. มีความร้อน และแสงสว่างในห้องเลี้ยงสัตว์ทดลองเพียงพอ และมีการถ่ายเทอากาศที่ดี
6. หากใช้เครื่องควบคุมระบบถ่ายเทอากาศ ต้องเป็นเครื่องที่ทำให้เกิดการไหลของลมเข้าสู่ห้องเลี้ยงสัตว์ และช่องระบายลมออกต้องถูกปล่อยออกสู่ภายนอกและไม่เกิดการไหลของอากาศกลับไปสู่บริเวณอื่นใดในตัวอาคาร
7. ห้ามบุคคลภายนอกเข้าห้องเลี้ยงสัตว์ทดลอง
8. ห้ามนำสัตว์อื่นเข้าห้องเลี้ยงสัตว์ทดลอง ยกเว้นสัตว์ที่ใช้เพื่อการทดลองเท่านั้น
9. ควรมีโปรแกรมควบคุมหนูและแมลงรบกวน
10. หน้าต่างต้องแข็งแรง กันแรงกระแทก หากเป็นหน้าต่างที่เปิดได้ และต้องมีมุ้งลวดกันแมลง
11. พื้นผิวปฏิบัติงานต้องได้รับการทำความสะอาด และฆ่าเชื้อด้วยยาฆ่าเชื้อที่เหมาะสมทุกครั้งหลังใช้งาน
12. หากต้องทำงานที่เกิดการฟุ้งกระจาย ต้องมีตู้ปลอดเชื้อหรือกรงแบบ isolator ที่มีเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูง
13. ควรมีหม้อนึ่งฆ่าเชื้อในห้องหรือใกล้กับบริเวณที่เลี้ยงสัตว์ทดลอง
14. วัสดุปูรองพื้นคอกต้องถูกเปลี่ยนทิ้งในลักษณะที่ไม่ทำให้เกิดฝุ่นหรือละอองฟุ้งกระจาย

15. ขยะและของเสียทุกอย่างและวัสดุปูรองคอกสัตว์ต้องได้รับการฆ่าเชื้อก่อนนำไปทิ้ง
16. ควรลดหรือจำกัดการใช้วัสดุมีคมเท่าที่จำเป็น และควรทิ้งวัสดุมีคมลงในถังขยะเฉพาะ โดยขยะเหล่านี้ถือว่าเป็นขยะติดเชื้อ
17. การขนย้ายวัสดุใดๆเ พื่อการนึ่งฆ่าเชื้อและการเผาทำลายต้องทำอย่างระมัดระวัง โดยขนย้ายในภาชนะปิดสนิท
18. คอกสัตว์หรือกรงต้องได้รับการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อทุกครั้งภายหลังการใช้งาน
19. ซากสัตว์ต้องได้รับการเผาทำลาย
20. ห้ามนำเสื้อผ้าและอุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่ใช้ในคอกสัตว์ไปใส่ภายนอก
21. ต้องมีบริเวณสำหรับล้างมือ และพนักงานคอกสัตว์ทุกคนต้องล้างมือก่อนออกจากคอกสัตว์
22. ต้องบันทึกและทำรายงานการบาดเจ็บของพนักงานทุกครั้ง แม้เป็นการบาดเจ็บเล็กน้อย
23. ห้ามบริโภคอาหาร เครื่องดื่ม สูบบุหรี่ แต่งเครื่องสำอาง ภายในห้องเลี้ยงสัตว์ทดลอง
24. พนักงานเจ้าหน้าที่ทุกคนต้องผ่านการฝึกอบรมการทำงานที่เหมาะสมถูกต้อง

คอกสัตว์-ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3

ระบบรวมถึงมาตรการทุกอย่างต้องได้รับการประเมินและต้องได้รับการรับรองทุกปี โดยมีข้อควรคำนึงหรือข้อควรระมัดระวังในการทำงานกับสัตว์ทดลองที่ได้รับเชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 3 ได้แก่

1. ข้อกำหนดพื้นฐานเช่นเดียวกับห้องเลี้ยงสัตว์ทดลองที่ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1 และ 2
2. การเข้าออกห้องเลี้ยงสัตว์ทดลองถูกควบคุมอย่างเข้มงวด
3. ห้องเลี้ยงสัตว์ทดลองต้องแยกจากห้องปฏิบัติการทดลองอื่นๆ และต้องมีห้องเล็กหรือห้องเฉลียงที่มีประตู 2 ชั้นก่อนถึงห้องเลี้ยงสัตว์ทดลอง
4. ต้องมีอ่างล้างมือในห้องเฉลียงหรือห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า
5. ควรมีห้องอาบน้ำหรือฝักบัวอาบน้ำในห้องเฉลียงหรือห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า
6. ต้องมีเครื่องควบคุมการถ่ายเทอากาศเพื่อควบคุมการไหลเวียนของอากาศภายในห้องเลี้ยงสัตว์ อากาศเสียที่จะถูกปล่อยออกต้องผ่านเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA filter) ก่อน และต้องไม่ถูกนำกลับเข้ามาภายในห้องปฏิบัติการ และต้องมีระบบป้องกันการเกิดอากาศไหลย้อนกลับและป้องกันการเกิดความดันบวกภายในห้องเลี้ยงสัตว์
7. ต้องมีหม้อนึ่งฆ่าเชื้อภายในห้องเลี้ยงสัตว์ทดลอง ควรนึ่งฆ่าเชื้อขยะติดเชื้อก่อนเคลื่อนย้ายไปยังสถานที่อื่น
8. ควรมีเตาเผา
9. สัตว์ที่ติดเชื้อกลุ่มที่ 3 ต้องถูกเลี้ยงอยู่ในกรงชนิด isolator หรือในห้องที่มีท่อระบายอากาศติดตั้งอยู่หลังกรง
10. วัสดุปูรองพื้นคอกต้องเป็นชนิดที่ไม่ทำให้เกิดฝุ่น

11. ต้องฆ่าเชื้อเสื้อผ้าและอุปกรณ์ป้องกันทุกชนิดก่อนนำไปซักล้าง
12. หน้าต่างต้องปิดอยู่เสมอ ไม่รั่วซึม และกันแรงกระแทกได้
13. ควรทำวัคซีนหรือสร้างภูมิคุ้มกันโรคให้แก่พนักงานทุกคน

คอกสัตว์-ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4

โดยปกติการทำงานในห้องปฏิบัติการประเภทนี้สัมพันธ์กับการทำงานในห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อขั้นสุดยอด-ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4 และ ต้องใช้กฎและข้อบังคับระดับชาติในการทำงานเสมอ หากต้องทำงานในห้องปฏิบัติการ suit laboratory ต้องมีวิธีปฏิบัติเพิ่มเติมจากวิธีที่จะกล่าวถึงในที่นี้ (ดูบทที่ 5)

1. มีสิ่งจำเป็นสำหรับคอกสัตว์ที่ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1, 2 และ 3 ทุกประการ
2. มีการควบคุมการเข้าออกของเจ้าหน้าที่อย่างเข้มงวด โดยพนักงานที่มีสิทธิ์เข้าออกต้องได้รับอนุญาตจากผู้อำนวยการสถาบันเท่านั้น
3. ห้ามพนักงานทำงานตามลำพัง ต้องใช้กฎการทำงานร่วมกันสองคนเสมอ
4. พนักงานต้องเป็นนักจุลชีววิทยาที่ได้รับการฝึกอบรมขั้นสูง โดยต้องทำงานด้วยความระมัดระวังและรู้จักอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้
5. บริเวณเลี้ยงสัตว์ที่ติดเชื้อในกลุ่มเสี่ยงที่ 4 ต้องมีบรรทัดฐานสำหรับการควบคุมเชื้อตามที่ได้ระบุไว้สำหรับห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อขั้นสุดยอด-ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4
6. การเข้าออกต้องผ่านห้องเฉลียง (anteroom) ที่มีระบบ airlock โดยต้องมีบริเวณเปลี่ยนเสื้อผ้าและฝักบัวอาบน้ำ
7. พนักงานต้องถอดเสื้อผ้าทั่วไปออกเมื่อจะเข้าคอกสัตว์ประเภทนี้ และต้องสวมเสื้อผ้าและอุปกรณ์ป้องกันอันตรายชนิดพิเศษ หลังจากปฏิบัติงานเสร็จ เสื้อผ้าเหล่านั้นต้องถูกถอดออกเพื่อนึ่งฆ่าเชื้อและ พนักงานต้องอาบน้ำก่อนออกทุกครั้ง
8. คอกสัตว์ประเภทนี้ต้องมีเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูง มีความดันอากาศภายในเป็นลบ
9. ระบบถ่ายเทอากาศต้องถูกออกแบบให้สามารถป้องกับการไหลย้อนของอากาศและการเกิดความดันอากาศภายในเป็นบวก
10. มีหม้อนึ่งฆ่าเชื้อชนิด 2 ประตู ติดตั้งระหว่างห้องสะอาดภายนอกกับห้องปฏิบัติการ
11. มีช่องส่งของชนิด pass-through airlock สำหรับส่งของที่นึ่งฆ่าเชื้อไม่ได้ ติดตั้งระหว่างห้องสะอาดภายนอกกับห้องปฏิบัติการ
12. กิจกรรมใดๆ กับสัตว์ติดเชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 4 ต้องเป็นไปตามบรรทัดฐานสำหรับห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อขั้นสุดยอด-ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4
13. สัตว์ทุกตัวต้องถูกเลี้ยงอยู่ใน isolators

14. วัสดุปูรองคอกสัตว์และของเสียทุกประเภทต้องถูกนึ่งฆ่าเชื้อก่อนนำออกมาจากบริเวณที่ใช้เลี้ยง
15. ต้องมีเจ้าหน้าที่ด้านการแพทย์

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

ห้องเลี้ยงสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังก็ต้องได้รับการประเมินความเสี่ยงตามกลุ่มเสี่ยงของเชื้อที่ทำงานด้วยเช่นกัน ข้อควรคำนึงหรือระมัดระวังข้างล่างนี้จำเป็นสำหรับการทำงานกับแมลงบางชนิด โดยเฉพาะแมลงที่บินได้

1. ควรมีห้องแยกเลี้ยงระหว่างแมลงที่ติดเชื้อและแมลงไม่ติดเชื้อ
2. ห้องควรไม่รั่วซึมเพื่อการรมควันหรือรมยาที่มีประสิทธิภาพ
3. ควรมีสเปรย์ฆ่าแมลงไว้ใช้งาน
4. ควรมีอุปกรณ์แช่เย็น (chilling) ไว้ใช้สลบหรือทำให้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังสงบลง
5. การเข้าห้องเลี้ยงควรเดินผ่านห้องเฉลียง ซึ่งมีกับดักแมลงและมีประตูที่มีมุ้งลวดกันแมลง
6. ท่อทุกท่อและหน้าต่างทุกบานต้องมีมุ้งลวดกันแมลง
7. ไม่ควรปล่อยให้กับดักขยะและประตูระบายน้ำแห้ง
8. ขยะทุกชนิดต้องถูกนึ่งฆ่าเชื้อ เนื่องจากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิดไม่ตายเมื่อถูกยาฆ่าเชื้อ
9. ควรจดบันทึกจำนวนแมลงที่ระยะต่างๆ ของการเจริญเติบโต เช่นระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัย
10. ภาชนะใส่เห็บหรือไรควรตั้งอยู่ในถาดน้ำมัน
11. แมลงติดเชื้อต้องถูกเลี้ยงอยู่ในกรงที่มีตาข่าย 2 ชั้น
12. ต้องใช้ตู้ปลอดเชื้อหรือ isolator เมื่อทำงานกับแมลงติดเชื้อ
13. อาจใช้ถาดทำความเย็น (cooling tray) เมื่อทำงานกับแมลงติดเชื้อ

สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาดูเอกสารอ้างอิงที่ 3 ถึง 6

7. คู่มือสำหรับคณะกรรมการห้องปฏิบัติการ

การตั้งกรรมการห้องปฏิบัติการถือได้ว่าเป็นกระบวนการเพื่อเสริมสร้างความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการที่เป็นระบบ โดยมีจุดประสงค์เพื่อตรวจติดตามว่า ระบบและโครงสร้างต่างๆ ในห้องปฏิบัติการถูกติดตั้ง ถูกตรวจสอบ หรืออยู่ในสภาพใช้งานได้ดีหรือไม่ และตรงตามระเบียบหรือมาตรฐานทั้งระดับชาติและระดับนานาชาติหรือไม่ บรรทัดฐานในการตรวจติดตามห้องปฏิบัติการแต่ละระดับแตกต่างกัน เนื่องจากห้องปฏิบัติการแต่ละระดับมีการใช้งาน และมีอุปกรณ์ต่างกัน นอกจากนี้การตรวจติดตามความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการยังเป็นการสร้างความมั่นใจเกี่ยวกับความปลอดภัยให้แก่ชุมชนข้างเคียงด้วย ไม่ว่าจะเป็นความปลอดภัยด้านโครงสร้าง ไฟฟ้า เครื่องจักรกล ระบบระบายของเสีย ระบบการฆ่าเชื้อโรค ระบบรักษาความปลอดภัย ระบบเตือนภัย หรืออื่นๆ การตรวจติดตามควรเริ่มตั้งแต่มีแผนการก่อสร้างอาคารสถานที่ โดยคณะผู้ตรวจติดตามควรมีสถาปนิก วิศวกร และผู้รับเหมาก่อสร้างร่วมอยู่ด้วย ในบางกรณีอาจต้องมีการว่าจ้างผู้เชี่ยวชาญเฉพาะที่มีประสบการณ์ สำหรับการตรวจติดตามความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ (โดยเฉพาะสำหรับห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 หรือ 4)

องค์ประกอบและระบบที่ควรได้รับการตรวจติดตาม ได้แก่

1. เครื่องจักรอัตโนมัติ รวมทั้งระบบสังเกตการณ์และระบบควบคุมทางไกล
2. ระบบเฝ้าระวังและระบบตรวจวัดอิเล็กโทรนิคต่างๆ
3. กุญแจอิเล็กโทรนิคและเครื่องตรวจหาคุณลักษณะของบุคคล
4. ระบบควบคุมความร้อน ระบบถ่ายเทอากาศ และระบบปรับอากาศ (heating, ventilation and air-conditioning (HVAC) control system)
5. ระบบเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (high-efficiency particulate air, HEPA)
6. ระบบการขจัดสิ่งปนเปื้อนในเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูง
7. เครื่องควบคุมระบบ HVAC และเครื่องควบคุมอากาศเสีย
8. ระบบ air-lock
9. ตู้เย็น และ ระบบห้องเย็นของห้องปฏิบัติการ
10. เครื่องต้มน้ำร้อนและเครื่องกำเนิดไอน้ำ
11. ระบบตรวจจับ บรรเทาและเตือนอัคคีภัย
12. เครื่องป้องกันการไหลย้อนกลับของน้ำ
13. ระบบน้ำที่ผ่านกระบวนการทำให้สะอาด เช่น ระบบกลั่นน้ำ
14. การบำบัดของเสีย

15. ระบบระบายของเสีย
16. ระบบฆ่าเชื้อด้วยสารเคมี
17. ระบบก๊าซในห้องปฏิบัติการทางการแพทย์
18. ระบบอากาศหายใจ
19. เครื่องตรวจวัดอากาศ
20. เครื่องตรวจสอบหรือวัดความดัน
21. เครือข่ายคอมพิวเตอร์เฉพาะบริเวณ (Local Area Network, LAN) และระบบข้อมูลคอมพิวเตอร์
22. ระบบจ่ายไฟฟ้า
23. ระบบจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉิน
24. ระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองที่จะทำงานได้ทันทีที่ไฟฟ้าดับ
25. ระบบแสงสว่างฉุกเฉิน
26. การอุดรอยรั่วซึมตามดวงไฟ
27. การอุดรอยรั่วซึมตามสายไฟและเครื่องจักรต่างๆ
28. ระบบโทรศัพท์
29. อุปกรณ์ควบคุมประตูชนิด airlock
30. การอุดรอยรั่วซึมที่ประตู
31. การอุดรอยรั่วซึมที่หน้าต่างและช่องมอง
32. รอยรั่วซึมที่ช่องส่งของ
33. ความมั่นคงของโครงสร้างทั่วๆ ไป เช่น พื้นคอนกรีต ผนัง เพดาน
34. ความคงทนของสีเคลือบ เช่น ที่พื้นห้อง ผนัง เพดาน
35. ระบบควบคุมความดันและการแยกส่วนของห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4
36. ตู้ปลอดเชื้อ
37. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ
38. ถังไนโตรเจนเหลวและระบบเตือนภัย
39. ระบบตรวจสอบระดับน้ำ (กรณีน้ำท่วม)
40. ฝักบัวอาบน้ำและการขจัดสิ่งปนเปื้อนตามร่างกายด้วยสารเคมี
41. การทำความสะอาด และการฆ่าเชื้อคอกสัตว์
42. การจัดการขยะและของเสีย

8. คู่มือการรับรองคุณภาพห้องปฏิบัติการ

ในปัจจุบันห้องปฏิบัติการทางการแพทย์และทางชีววิทยาต้องปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงรอบข้าง เห็นได้ชัดจากการเกิดการระบาดของโรคติดเชื้ออุบัติใหม่และโรคติดเชื้ออุบัติซ้ำที่เกิดขึ้นเป็นระยะๆ การให้การรับรองห้องปฏิบัติการ ก็เพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าห้องปฏิบัติการต่างๆ สามารถปรับตัว และดำเนินการในวิถีทางที่ถูกต้องและเหมาะสม หรืออาจกล่าวได้ว่า การรับรองห้องปฏิบัติการ ทำให้เกิดความมั่นใจว่า

1. ระบบวิศวกรรมถูกออกแบบ และใช้งานอย่างเหมาะสม
2. ห้องปฏิบัติการมีการบริหารงานที่ดี
3. มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายสำหรับพนักงาน
4. ห้องปฏิบัติการมีการฆ่าเชื้อขยะและของเสียที่เหมาะสม
5. ห้องปฏิบัติการมีระบบความปลอดภัย รวมทั้งการใช้ไฟฟ้า และการใช้สารเคมีที่เหมาะสม

การออกใบรับรองคุณภาพห้องปฏิบัติการแตกต่างจากกิจกรรมของคณะกรรมการห้องปฏิบัติการ (บทที่ 7) ในหลายประเด็น กล่าวคือ การออกใบรับรองคุณภาพห้องปฏิบัติการเป็นการตรวจสอบห้องปฏิบัติการอย่างเป็นระบบในทุกๆ ด้าน (งานควบคุมทางวิศวกรรม อุปกรณ์ป้องกันอันตรายสำหรับพนักงาน และการบริหารทั่วๆไป) การรับรองคุณภาพห้องปฏิบัติการเป็นการตรวจสอบคุณภาพและความปลอดภัยที่ควรทำอย่างสม่ำเสมอ ผู้ที่จะทำการรับรองคุณภาพห้องปฏิบัติการอาจเป็นเจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพของสถาบัน หรือ อาจว่าจ้างบุคคลผู้มีความรู้และประสบการณ์มาทำการรับรองคุณภาพห้องปฏิบัติการ ห้องปฏิบัติการต่างๆ อาจพัฒนาเครื่องมือในการรับรองคุณภาพห้องปฏิบัติการ เช่น การใช้แบบตรวจติดตามคุณภาพห้องปฏิบัติการดังแสดงในตารางที่ 5-7 และควรรายงานผลการตรวจติดตามคุณภาพห้องปฏิบัติการให้ผู้บริหารและบุคลากรในห้องปฏิบัติการทราบ และควรออกใบรับรองคุณภาพเมื่อข้อบกพร่องต่างๆได้รับการแก้ไขแล้วเท่านั้น

ห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4 มีความซับซ้อนมากจนไม่อาจเอามารวมในคู่มือฉบับนี้ สำหรับรายละเอียดขอให้ติดต่อ WHO Biosafety programme[1] (ดูภาคผนวก 3)

---

1 WHO Biosafety programme, Department of Comminicable Disease Surveillance and Response, World Health Organization, 20 Avenue Appia, 1211 Geneva, Switzerland (http://www.who.int/csr/).

ตารางที่ 5 แบบตรวจติดตามสำหรับห้องปฏิบัติการมูลฐาน—ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1

สถานที่ _____ วันที่ _____ หัวหน้าห้องปฏิบัติการ _____				
รายการ (ระบุวันที่ที่ตรวจติดตามด้วย)	ใช่	ไม่ใช่	ไม่มีข้อมูล	หมายเหตุ
ห้องปฏิบัติการ				
มีป้ายห้องปฏิบัติการ และระบุงานที่ทำชัดเจน	☐	☐	☐	
มีเครื่องหมายเหมาะสม (อัลตราไวโอเลต เลเซอร์ วัตถุกัมมันตรังสี เป็นต้น)	☐	☐	☐	
มีคู่มือด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ	☐	☐	☐	
บุคลากรอ่าน ทบทวนและปฏิบัติตามคู่มือ	☐	☐	☐	
บุคลากรมีความรู้เกี่ยวกับอันตรายจาก ห้องปฏิบัติการ และได้รับการฝึกอบรม และทราบข้อมูลที่เป็นประโยชน์สม่ำเสมอ	☐	☐	☐	
มีการติดป้ายอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม (วัสดุติดเชื้อ กัมมันตรังสี สารพิษ เป็นต้น)	☐	☐	☐	
การออกแบบห้องปฏิบัติการ				
สามารถทำความสะอาดได้ง่าย	☐	☐	☐	
ห้องมีแสงอัลตราไวโอเลตสำหรับฆ่าเชื้อ	☐	☐	☐	
ตู้เก็บวัสดุอุปกรณ์มีกุญแจหรือสามารถปิดได้	☐	☐	☐	
พื้นผิวโต๊ะปฏิบัติการกันน้ำได้ และทนกรด ด่าง สารทำละลายอินทรีย์ และความร้อน	☐	☐	☐	
มีแสงสว่างเพียงพอ	☐	☐	☐	
มีพื้นที่เก็บของเพียงพอและถูกใช้อย่างเหมาะสม	☐	☐	☐	
ถังก๊าซ				
ถังก๊าซทุกถังถูกเก็บในที่เหมาะสม	☐	☐	☐	
หัวปิดถังก๊าซอยู่ในสภาพดี	☐	☐	☐	
ก๊าซอันตรายถูกใช้ในห้องที่มีการถ่ายเทอากาศดีเท่านั้น	☐	☐	☐	
มีถังก๊าซเปล่า หรือมีจำนวนถังมากเกินไป	☐	☐	☐	

รายการ (ระบุวันที่ที่ตรวจติดตามด้วย)	ใช่	ไม่ใช่	ไม่มีข้อมูล	หมายเหตุ
สารเคมี				
สารเคมีไวไฟถูกเก็บในตู้เก็บสารไวไฟ	☐	☐	☐	
มีการระบุวันที่ได้รับ และวันเปิดใช้	☐	☐	☐	
การจัดกลุ่มสารเคมีถูกต้องและเหมาะสม	☐	☐	☐	
สารเคมีอันตรายถูกเก็บเหนือระดับสายตา	☐	☐	☐	
สารเคมีถูกเก็บบนพื้นห้อง	☐	☐	☐	
ภาชนะเก็บสารเคมีถูกเปิดฝาทิ้งไว้	☐	☐	☐	
ติดป้ายสารเคมีทุกชนิด	☐	☐	☐	
มีการใช้เทอร์โมมิเตอร์ปรอท	☐	☐	☐	
ตู้เย็น ตู้แช่แข็ง ห้องเย็น				
มีการเก็บอาหารสำหรับบริโภค	☐	☐	☐	
เก็บวัตถุไวไฟในภาชนะเหมาะสม	☐	☐	☐	
ติดฉลากวัสดุที่มีสารก่อมะเร็ง กัมมันตรังสี และวัสดุติดเชื้อ	☐	☐	☐	
มีระบบให้ออกจากห้องเย็นได้ กรณีฉุกเฉิน	☐	☐	☐	
ระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้า				
มีระบบไฟฟ้าสำรอง	☐	☐	☐	
มีสายพ่วงไฟหรือสายต่อปลั๊ก	☐	☐	☐	
มีสายดิน	☐	☐	☐	
สายไฟ ปลั๊กไฟ อุปกรณ์ไฟฟ้า อยู่ใกล้น้ำ	☐	☐	☐	
สายไฟ อุปกรณ์ไฟฟ้าชำรุด	☐	☐	☐	
สายไฟถูกตรึงยึดกับผนังหรือเพดาน	☐	☐	☐	
มีฟิวส์ตัดไฟ	☐	☐	☐	
อุปกรณ์ป้องกันอันตรายเฉพาะบุคคล				
การแต่งกายเหมาะสม	☐	☐	☐	
มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายเฉพาะบุคคล เช่น ถุงมือ เสื้อกาวน์ แว่นตากันสารเคมี และการใช้ถังไนโตรเจนเหลวอย่างเพียงพอ	☐	☐	☐	
ไม่นำถุงมือชนิดใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งมาใช้อีก	☐	☐	☐	

รายการ (ระบุวันที่ที่ตรวจติดตามด้วย)	ใช่	ไม่ใช่	ไม่มีข้อมูล	หมายเหตุ
มีการตรวจสอบถุงมือชนิดหนาก่อนใช้ และล้าง สะอาด ผึ่งให้แห้งก่อนนำมาใช้ใหม่	☐	☐	☐	
มีน้ำยาล้างตา และอุปกรณ์ล้างตา	☐	☐	☐	
มีฝักบัวอาบน้ำ / ฝักบัวล้างตากรณีฉุกเฉิน	☐	☐	☐	
ไม่ใส่เสื้อกาวน์ ถุงมือ ออกนอกห้องปฏิบัติการ	☐	☐	☐	
การกำจัดขยะ				
มีหลักฐานว่ามีการกำจัดขยะไม่ถูกต้อง	☐	☐	☐	
มีการแยกขยะ	☐	☐	☐	
ขยะไม่ล้นถัง	☐	☐	☐	
ถังหรือภาชนะบรรจุขยะเคมี มีป้าย วันที่ระบุ และ ถูกปิดไว้เสมอ	☐	☐	☐	
มีการใช้ และการเก็บรักษา ถังขยะกากเคมี เหมาะสม	☐	☐	☐	
มีภาชนะสำหรับใส่เศษวัสดุมีคม	☐	☐	☐	
ไม่มีขยะบนพื้นห้อง	☐	☐	☐	
มีคู่มือการกำจัดขยะ	☐	☐	☐	
อาชีวเวชศาสตร์และโปรแกรมด้านความปลอดภัย				
มีการสื่อสารถ่ายทอดความรู้	☐	☐	☐	
มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากการหายใจ	☐	☐	☐	
มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากการได้ยิน	☐	☐	☐	
มีการตรวจติดตามการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์	☐	☐	☐	
มีการตรวจติดตามการใช้เอทิลีนออกไซด์	☐	☐	☐	
มีการตรวจติดตามการใช้ยาดมสลบ	☐	☐	☐	
งานควบคุมระบบวิศวกรรมทั่วไป				
ความดันอากาศภายในห้องปฏิบัติการเป็นลบเมื่อ เทียบกับบริเวณอื่นๆ	☐	☐	☐	
มีที่ดักน้ำทิ้งใต้อ่างล้างมือ (cup sink)	☐	☐	☐	
มีอ่างล้างมือ	☐	☐	☐	
ท่อสูญญากาศมีหัวกรองและภาชนะดักจับ	☐	☐	☐	

รายการ (ระบุวันที่ที่ตรวจติดตามด้วย)	ใช่	ไม่ใช่	ไม่มีข้อมูล	หมายเหตุ
ระบบน้ำกลั่น มีสภาพดี	☐	☐	☐	
มีระบบป้องกันการไหลย้อนกลับของน้ำที่จ่ายเข้าห้องปฏิบัติการ	☐	☐	☐	
มีโปรแกรมการควบคุมแมลงและหนูที่มีประสิทธิภาพ	☐	☐	☐	
มีแผนงานบำรุงรักษาเครื่องมือและระบบต่าง ๆ ภายในห้องปฏิบัติการ	☐	☐	☐	
มาตรการทั่วๆ ไป				
อาหารที่ใช้บริโภคถูกเก็บอยู่ภายนอกห้องทดลอง	☐	☐	☐	
มีป้าย “ห้ามใช้อุ่นอาหาร” หรือ “ใช้สำหรับการทดลองเท่านั้น” ติดอยู่ที่ตู้ไมโครเวฟ	☐	☐	☐	
มีการบริโภคอาหาร เครื่องดื่ม สูบบุหรี่และใช้เครื่องสำอางในห้องทดลอง	☐	☐	☐	
ห้ามไปเปตสารเคมีโดยใช้ปาก	☐	☐	☐	
มีอุปกรณ์ดูดสารละลาย	☐	☐	☐	
เสื้อผ้าหรืออุปกรณ์ป้องกันถูกเก็บแยกจากเสื้อผ้าทั่วไป	☐	☐	☐	
การดูแลห้องทดลองทั่วๆ ไป				
เครื่องแก้วถูกเก็บไว้บนพื้น	☐	☐	☐	
มีอันตรายจากการลื่นหกล้ม	☐	☐	☐	
มีแผ่นรองซับที่สะอาดบนโต๊ะหรือบนพื้นที่ทดลองในขณะปฏิบัติงาน	☐	☐	☐	
มีมาตรการหรืออุปกรณ์ใช้กำจัดเศษแก้วแตก (แปรง ที่โกยผง ปากคีบ เป็นต้น)	☐	☐	☐	
การป้องกันอัคคีภัย				
มีถังดับเพลิงฉุกเฉิน	☐	☐	☐	
มีหัวพ่นน้ำบนเพดานและไม่อุดตัน	☐	☐	☐	
มีรอยแตกที่ผนัง เพดาน พื้นห้อง	☐	☐	☐	
มีการเดินสายไฟผ่านประตู	☐	☐	☐	

รายการ (ระบุวันที่ที่ตรวจติดตามด้วย)	ใช่	ไม่ใช่	ไม่มีข้อมูล	หมายเหตุ
ทางเดินในห้องปฏิบัติการกว้างอย่างน้อย 1 เมตร	☐	☐	☐	
มีการเก็บของในบริเวณที่มีท่อน้ำหรือท่อไฟ	☐	☐	☐	
มีการเก็บวัตถุไวไฟในห้องทดลองมากเกินไป	☐	☐	☐	

ตารางที่ 6 แบบตรวจติดตามสำหรับห้องปฏิบัติการมูลฐาน—ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 2 แบบฟอร์มนี้ต้องใช้ร่วมกับแบบฟอร์ม Biosafety Level 1 (ตารางที่ 5)

สถานที่ _____ วันที่ _____

หัวหน้าห้องปฏิบัติการ _____

รายการ (ระบุวันที่ที่ตรวจติดตามด้วย)	ใช่	ไม่ใช่	ไม่มีข้อมูล	หมายเหตุ
ตู้ปลอดเชื้อ (Biological safety cabinet, BSC)				
มีการใช้ตู้ปลอดเชื้อในการปฏิบัติงานที่อาจมีการฟุ้งกระจายของเชื้อหรือละอองสารเคมี	☐	☐	☐	
ชนิดและจำนวนของตู้ปลอดเชื้อเหมาะสมกับงาน	☐	☐	☐	
ตู้ได้รับการรับรองภายในหนึ่งปีที่ผ่านมา	☐	☐	☐	
มีบันทึกประวัติของตู้ ยี่ห้อ ชนิด serial number และการบำรุงรักษา	☐	☐	☐	
มีการฆ่าเชื้อบนพื้นผิวในตู้ปลอดเชื้อทั้งก่อนและหลังการทดลองทุกครั้ง	☐	☐	☐	
เปิดการทำงานของตู้อย่างน้อย 5 นาที ก่อนและหลังจากการใช้ตู้	☐	☐	☐	
ตะแกรงลมและแผ่นกรองอากาศไม่อุดตัน	☐	☐	☐	
มีการใช้เปลวไฟภายในตู้	☐	☐	☐	
ท่อสูญญากาศมีตัวกรองและที่ดักฆ่าเชื้อ	☐	☐	☐	
ตู้ปลอดเชื้อวางผิดตำแหน่งหรือถูกกระทบโดยการไหลเวียนของอากาศภายในห้อง	☐	☐	☐	
ห้องปฏิบัติการ				
เข้าได้เฉพาะบุคลากรในห้องปฏิบัติการเท่านั้น	☐	☐	☐	
เข้าได้เฉพาะบุคลากรที่มีความรู้เรื่องอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ในห้องปฏิบัติการ	☐	☐	☐	

รายการ (ระบุวันที่ที่ตรวจติดตามด้วย)	ใช่	ไม่ใช่	ไม่มีข้อมูล	หมายเหตุ
มีเครื่องหมายแสดงอันตรายทางชีวภาพติดอยู่ที่ประตูห้องปฏิบัติการ โดยมีข้อมูลที่ถูกต้องทันสมัย อ่านได้ง่าย และไม่ลอกหลุด	☐	☐	☐	
แยกเป็นห้องปฏิบัติการจำเพาะ ปิดสนิท และควรมีประตู 2 ชั้นก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ	☐	☐	☐	
การขจัดสิ่งปนเปื้อน				
น้ำยาฆ่าเชื้อเหมาะสม และมีความจำเพาะต่อเชื้อ	☐	☐	☐	
รายงานอุบัติเหตุให้หัวหน้าห้องปฏิบัติการทราบ	☐	☐	☐	
ฆ่าเชื้อบนพื้นผิวทันทีที่มีการหกหรือปนเปื้อนเชื้อ	☐	☐	☐	
มีการฆ่าเชื้อพื้นผิวก่อนและหลังการทดลองทุกครั้งและทุกวัน	☐	☐	☐	
การจัดการขยะปนเปื้อน				
มีถังขยะสำหรับขยะติดเชื้อไว้ใช้งาน	☐	☐	☐	
มีการระบุเพื่อแยกชนิดถังขยะและมีฝาปิดมิดชิด	☐	☐	☐	
เชื้อและขยะติดเชื้ออื่นๆได้รับการฆ่าเชื้อก่อนทิ้ง	☐	☐	☐	
การขนย้ายวัสดุติดเชื้อออกนอกห้องปฏิบัติการเพื่อฆ่าเชื้อต้องใช้ภาชนะปิดสนิท คงทน และไม่รั่วซึม	☐	☐	☐	
ขยะปนเปื้อนถูกฆ่าเชื้อก่อนทิ้ง	☐	☐	☐	
การป้องกันภัยบุคลากร				
บุคลากรได้รับการสร้างภูมิคุ้มกัน เช่น วัคซีน และได้รับการทดสอบเกี่ยวกับเชื้อที่ตนปฏิบัติงานด้วย	☐	☐	☐	
มีการตรวจสุขภาพบุคลากรประจำปี	☐	☐	☐	
ใส่ถุงมือทุกครั้งที่สัมผัสวัสดุติดเชื้อหรือเครื่องมือที่ปนเปื้อน	☐	☐	☐	
มีการป้องกันใบหน้าเมื่อต้องทำงานกับวัสดุติดเชื้อภายนอกตู้ปลอดเชื้อ	☐	☐	☐	

รายการ (ระบุวันที่ที่ตรวจติดตามด้วย)	ใช่	ไม่ใช่	ไม่มีข้อมูล	หมายเหตุ
ล้างมือหลังถอดถุงมือทุกครั้ง หลังทำงานกับเชื้อ และก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ	☐	☐	☐	
มีชุดปฐมพยาบาลฉุกเฉินและยาต้านจุลชีพ	☐	☐	☐	
มาตรการอื่นๆ				
ใช้เข็มฉีดยาแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง และแบบที่มีหัวล็อคไว้ใช้งานที่เกี่ยวกับเชื้อ	☐	☐	☐	
เปิดฝาภาชนะที่ใช้ในเครื่องปั่นเหวี่ยงและหัวปั่นเหวี่ยงภายในตู้ปลอดเชื้อเท่านั้น	☐	☐	☐	
ตู้เย็น ตู้แช่แข็งที่ใช้เก็บเชื้อต้องล็อคกุญแจ	☐	☐	☐	
มีการฆ่าเชื้อเสื้อผ้าก่อนซัก	☐	☐	☐	
อาคารสถานที่				
มีอ่างล้างมือใกล้ทางออกห้องปฏิบัติการ	☐	☐	☐	

ตารางที่ 7 แบบตรวจติดตามสำหรับห้องปฏิบัติการควบคุม—ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 แบบฟอร์มนี้ต้องใช้ร่วมกับแบบฟอร์ม Biosafety Level 1 และ 2 (ตารางที่ 5 และ 6)

สถานที่ _____ วันที่ _____

หัวหน้าห้องปฏิบัติการ _____

รายการ (ระบุวันที่ที่ตรวจติดตามด้วย)	ใช่	ไม่ใช่	ไม่มีข้อมูล	หมายเหตุ
อาคารสถานที่				
บริเวณห้องปฏิบัติการแยกจากบริเวณที่มีการสัญจรไปมาภายในตัวอาคาร	☐	☐	☐	
มีระบบควบคุมอุณหภูมิ ความดันอากาศ และเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA-filter)	☐	☐	☐	
มีระบบการไหลเวียนของอากาศในทิศทางเดียว	☐	☐	☐	
ทางเข้าห้องปฏิบัติการมีประตูแบบปิดเองได้ และมีประตู 2 ชั้น	☐	☐	☐	
อุดรอยแตกหรือรอยรั่วต่างๆ เพื่อการขจัดสิ่งปนเปื้อนและป้องกันการหลุดลอดของเชื้อ	☐	☐	☐	

รายการ (ระบุวันที่ที่ตรวจติดตามด้วย)	ใช่	ไม่ใช่	ไม่มีข้อมูล	หมายเหตุ
มีช่องระบายอากาศเสีย โดยอากาศไหลทางเดียว จากบริเวณปฏิบัติงานผ่านระบบกรองอากาศดักฝุ่นละอองประสิทธิภาพสูง (HEPA-filter)	☐	☐	☐	
การป้องกันภัยบุคลากร				
ใช้เสื้อกาวน์ชนิดปิดด้านหน้าของร่างกาย	☐	☐	☐	
อ่างล้างมือ มีก๊อกปิดเปิดน้ำแบบใช้เท้า ข้อศอก หรือแบบอัตโนมัติ	☐	☐	☐	
ใส่ถุงมือสองชั้นขณะจับหรือสัมผัสเชื้อ รวมทั้งวัสดุอุปกรณ์และพื้นผิวที่อาจปนเปื้อน	☐	☐	☐	
ใส่เครื่องป้องกันอันตรายต่อระบบหายใจกรณีเสี่ยงต่อการฟุ้งกระจายของเชื้อหรือสารเคมี	☐	☐	☐	
มาตรการอื่นๆ				
มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ถูกต้องและเหมาะสมกับระดับอันตรายของเชื้อ	☐	☐	☐	
ต้องมีการฆ่าเชื้อเสื้อผ้าก่อนซัก	☐	☐	☐	
มีเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อแบบ 2 ประตู แบบที่ไม่สามารถเปิดพร้อมกันได้ทั้ง 2 ประตู	☐	☐	☐	

ภาค 2

ความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ

9. หลักการพื้นฐานด้านความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ

ในอดีตเมื่อกล่าวถึงความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการมักมุ่งเน้นเรื่องต่างๆ ด้านความปลอดภัย เช่นความปลอดภัยจากการทำงานด้านจุลชีววิทยา การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสม การออกแบบอาคารสถานที่ ตลอดจนระบบการบริหารต่างๆ ในอันที่จะลดอันตรายที่อาจเกิดจากการทำงาน แต่ในปัจจุบันมีการก่อการร้ายเกิดขึ้นอยู่แทบทุกมุมโลก จึงมีความจำเป็นที่ต้องขยายขอบเขตความรู้ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพไปสู่มาตรการต่างๆด้านความมั่นคงทางชีวภาพ ทั้งนี้เพื่อที่จะปกป้องอันตรายจากภัยพิบัติหรือหายนะที่อาจเกิดขึ้นกับห้องปฏิบัติการ รวมทั้งวัสดุอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการนั้นๆ หายนะที่ว่านี้อาจเกิดขึ้นได้ทั้งต่อชีวิต ทรัพย์สิน ตลอดจนอาจก่อความเสียหายต่อภาคการเกษตรกรรม การปศุสัตว์ และสิ่งแวดล้อม โดยขอทำความเข้าใจถึงความแตกต่างระหว่างความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ และความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการก่อนที่จะได้กล่าวถึงความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ

ความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ เป็นคำที่ใช้เรียกหลักการ เทคโนโลยีและมาตรการปฏิบัติในการป้องกันอันตรายจากการสัมผัสกับเชื้อโรคหรือสารพิษแบบไม่ตั้งใจ หรือป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากการรั่วไหลของเชื้อโรคและสารพิษนั้นๆ ส่วนความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ เป็นคำที่ใช้เรียกมาตรการรักษาความปลอดภัยขององค์กร เพื่อป้องกันการสูญหาย การขโมย รวมถึงการปล่อยเชื้อโรคออกสู่สาธารณะและการนำเชื้อไปใช้ที่ผิดวัตถุประสงค์

ความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการถือเป็นรากฐานสำคัญที่สุดของกิจกรรมต่างๆที่เกี่ยวข้องกับความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ ข้อมูลสำคัญต่างๆ เช่น ชนิดของเชื้อโรค สถานที่เก็บหรือปฏิบัติงานกับเชื้อนั้นๆ บุคลากรที่ต้องทำงานกับเชื้อหรือมีส่วนรับผิดชอบกับเชื้อนั้นๆ เป็นสิ่งได้รับจากการประเมินความเสี่ยงทั้งสิ้น ข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลที่ทางสถาบันนำมาใช้วิเคราะห์ได้ว่าเชื้อเหล่านั้นเป็นเชื้อที่เป็นที่ต้องการของบุคคลผู้ไม่ประสงค์ดีหรือไม่ นอกจากในระดับห้องปฏิบัติการแล้ว ประเทศต่างๆควรที่จะพัฒนาแผนการของประเทศ เพื่อหามาตรการควบคุมดูแล และป้องกันอันตรายอันอาจจะเกิดจากการนำเชื้อโรคและสารพิษต่างๆ ไปใช้ผิดวัตถุประสงค์ด้วย

ห้องปฏิบัติการแต่ละแห่งจะต้องจัดทำโปรแกรมด้านความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้โดยขึ้นกับความจำเป็นของแต่ละห้องปฏิบัติการ งานที่รับผิดชอบ และสภาพแวดล้อม เช่น ชุมชน ในขณะเดียวกันการจัดทำโปรแกรมด้านความมั่นคงสำหรับห้องปฏิบัติการจะต้องอาศัยความร่วมมือจากบุคลากรหลายฝ่ายเช่น ผู้อำนวยการสถาบัน หัวหน้า

ห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ พนักงานในห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมดูแล นักบริหาร เจ้าหน้าที่ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และนักกฎหมาย

มาตรการด้านความมั่นคงสำหรับห้องปฏิบัติการควรเป็นโปรแกรมที่มีเนื้อหาครอบคลุมการตรวจสอบเชื้อโรคและสารพิษในด้านต่างๆ เช่น สถานที่เก็บ รายชื่อพนักงานที่ทำงานกับเชื้อโรคและสารพิษนั้น รายละเอียดการใช้ เอกสารการเคลื่อนย้ายทั้งภายในและระหว่างห้องปฏิบัติการ และรวมถึงการทำลายและการทิ้งเชื้อโรคและสารพิษนั้นๆ ในทำนองเดียวกันห้องปฏิบัติการต่างๆ ควรทำแผนด้านความมั่นคงทางชีวภาพ เพื่อการจำแนกประเภท การรายงาน การตรวจสอบ และรวมถึงข้อบกพร่องและการฝ่าฝืนระเบียบต่างๆด้านความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ ในแผนดังกล่าวควรมีรายละเอียดเกี่ยวกับบทบาทและความรับผิดชอบของหน่วยงานด้านความมั่นคงด้วย

การฝึกอบรมด้านความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการนั้นแตกต่างจากการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ ห้องปฏิบัติการต่างๆควรจัดฝึกอบรมด้านความมั่นคงทางชีวภาพให้แก่พนักงานทุกคน ซึ่งจะทำให้พนักงานมีความรู้ความเข้าใจถึงการปกป้องวัสดุหรือเชื้อต่างๆในห้องปฏิบัติการที่อาจก่อให้เกิดหายนะขึ้นได้ และการฝึกอบรมควรกล่าวถึงมาตรการหรือระเบียบระดับชาติหรือระดับนานาชาติว่าด้วยความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ การฝึกอบรมดังกล่าวจะช่วยให้พนักงานเข้าใจถึงบทบาทและความรับผิดชอบต่อองค์กร

โดยสรุป การดูแลด้านความมั่นคงทางชีวภาพควรจะเป็นส่วนหนึ่งของการทำงาน โดยจะต้องไม่กระทบกระเทือนหรือทำให้งานล่าช้าลง เช่นไม่ขัดขวางกระบวนการแลกเปลี่ยนตัวอย่างเชื้ออ้างอิง ตัวอย่างด้านคลินิกหรือด้านระบาดวิทยาระหว่างสถาบันต่างๆ รวมทั้งไม่ขัดขวางการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่เป็นประโยชน์ระหว่างห้องปฏิบัติการ องค์ประกอบสำคัญในการเพิ่มความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการขึ้นกับการประเมินพนักงานด้านการทำงาน การฝึกอบรมพนักงานและมาตรการต่างๆที่จะใช้ป้องกันการรั่วไหลของเชื้ออันตราย

ภาค 3

เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

10. ตู้ปลอดเชื้อ

ตู้ปลอดเชื้อได้รับการออกแบบเพื่อป้องกันอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานจากการสัมผัสกับเชื้อจากการสูดดมหรือจากการกระเด็น ละอองของเหลวที่มีเชื้อปนเปื้อนอาจเกิดจากการเขย่า การเท การกวน การหยด เป็นต้น นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากการเขี่ยเชื้อ การฉีดเชื้อลงเซลล์เพาะเลี้ยงโดยใช้ไปเปต การใช้ไปเปตแบบหลายช่องเพื่อแจกเชื้อลงบนถาดเพาะเลี้ยง การบดเนื้อเยื่อ การปั่นเหวี่ยง หรือการสัมผัสสัตว์ติดเชื้อโดยตรง อนุภาคที่เล็กกว่า 5 ไมครอนและละอองน้ำขนาด 5-100 ไมครอนไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งโดยปกติแล้วพนักงานในห้องปฏิบัติการมักไม่ทันระวังตัวและอาจสูดดมละอองเหล่านี้เข้าไปได้หรืออาจสัมผัสโดยไม่ตั้งใจ การใช้ตู้ปลอดเชื้อจึงช่วยลดความเสี่ยงจากการสูดดมและการสัมผัสเชื้อได้ และตู้ปลอดเชื้อยังช่วยปกป้องสิ่งแวดล้อมด้วย

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ตู้ปลอดเชื้อได้รับการพัฒนาอย่างมาก การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญที่สุดคือการเพิ่มเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (high-efficiency particulate air, HEPA, filter) ในช่องระบายอากาศ เครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงสามารถดักจับอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอนได้ถึง 99.97% และดักจับอนุภาคที่ขนาดใหญ่กว่านี้ได้ถึง 99.99% ด้วยเหตุนี้เครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงจึงดักจับเชื้อโรคได้ทุกชนิดและทำให้มั่นใจได้ว่าอากาศที่ผ่านตู้ออกมาไม่มีเชื้อหลุดลอดออกมา การพัฒนาการที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือการนำเอาเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงมากรองอากาศในพื้นที่ปฏิบัติงาน เพื่อลดโอกาศปนเปื้อน (product protection) หลักการเหล่านี้ทำให้เกิดพัฒนาการตู้ปลอดเชื้อ 3 คลาส อนึ่งสถานีทำความสะอาดอากาศ (horizontal และ vertical outflow cabinets) ไม่ใช่ตู้ปลอดเชื้อ จึงไม่ควรนำมาใช้เป็นตู้ปลอดเชื้อ

ตารางที่ 8 การเลือกใช้ตู้ปลอดเชื้อชนิดต่างๆให้เหมาะสมกับการป้องกัน

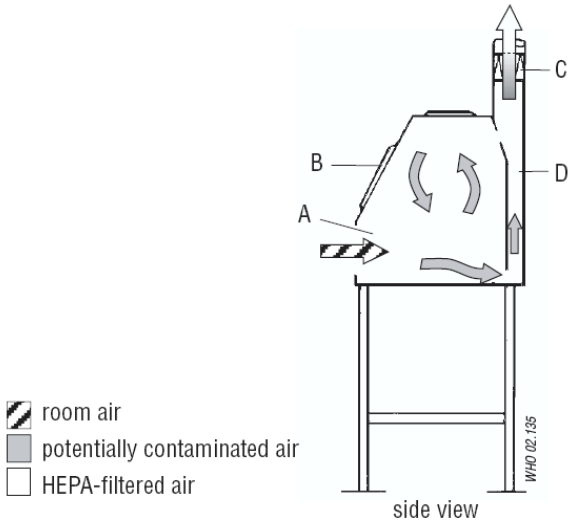
ประเภทของการป้องกัน	ตู้ปลอดเชื้อที่เหมาะสม
การป้องกันอันตรายผู้ปฏิบัติงาน, เชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 1-3	คลาส I, คลาส II, คลาส III
การป้องกันอันตรายผู้ปฏิบัติงาน, เชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 4, ห้องปฏิบัติการชนิด glove-box	คลาส III
การป้องกันอันตรายผู้ปฏิบัติงาน, เชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 1-3, ห้องปฏิบัติการชนิด suit laboratory	คลาส I, คลาส II
การป้องกันการปนเปื้อน	คลาส II, คลาส II ชนิดมี laminar flow
การป้องกันอันตรายจากสารเคมี และสารระเหยจำนวนเล็กน้อย	คลาส II ชนิด B1, คลาส II ชนิด A2 ที่ต่อท่อออกสู่ภายนอก
การป้องกันอันตรายจากสารเคมี และสารระเหย	คลาส I, คลาส II ชนิด B2, คลาส III

ตู้ปลอดเชื้อคลาส I

ตู้ปลอดเชื้อคลาส I แสดงดังรูปที่ 6 อากาศจากห้องจะถูกดูดผ่านช่องเปิดด้านหน้าด้วยความเร็วต่ำสุด 0.38 เมตร/วินาที แล้วผ่านไปยังพื้นที่ปฏิบัติงาน แล้วอากาศจึงถูกปล่อยออกจากตู้ผ่านทางท่อระบายอากาศ การไหลของอากาศไปในทางเดียวจะช่วยลดและจำกัดอนุภาคหรือละอองของเหลวและระบายอนุภาคเหล่านั้นไปทางช่องระบายอากาศ ผู้ปฏิบัติงานสามารถยื่นมือผ่านช่องเปิดด้านหน้าเข้าไปทำงานในพื้นที่ปฏิบัติงานในตู้ได้ และหน้าต่างสามารถเปิดได้เต็มบานเพื่อการทำความสะอาดอย่างทั่วถึง

อากาศจากตู้ปลอดเชื้อถูกระบายผ่านเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูง โดยอาจ (ก) เข้าไปในห้องปฏิบัติการ และออกสู่ภายนอกห้องทางช่องระบายอากาศต่างๆของอาคาร (ข) ออกสู่ภายนอกห้องปฏิบัติการหรือ (ค) ออกสู่ภายนอกอาคารโดยตรง เครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงอาจถูกติดตั้งที่ช่องระบายอากาศของตู้หรือของตัวอาคาร ตู้ปลอดเชื้อชนิดนี้บางตู้มีพัดลมระบายอากาศ ในขณะที่บางชนิดอาศัยพัดลมระบายอากาศของตัวอาคาร

ตู้ปลอดเชื้อคลาส I เป็นตู้ปลอดเชื้อในยุคแรกๆ และยังคงใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยยังสามารถป้องกันอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อมจากสารรังสีและสารพิษระเหยได้ด้วย แต่ตู้ประเภทนี้ไม่อาจป้องกันชิ้นงานจากการเกิดการปนเปื้อนได้



รูปที่ 6 ตู้ปลอดเชื้อคลาส I

A, ช่องเปิดด้านหน้า; B, บานหน้าต่าง; C, เครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงสำหรับอากาศออก; D, ฝาด้านหลัง

ตู้ปลอดเชื้อคลาส II

ปัจจุบันมีการใช้เซลล์และเนื้อเยื่อเพาะเลี้ยงเพื่อการเพิ่มจำนวนไวรัสอย่างแพร่หลาย จึงจำเป็นต้องแน่ใจว่าอากาศที่ไหลเวียนอยู่บริเวณพื้นที่ปฏิบัติการไม่ปนเปื้อน โดยไม่ควรให้อากาศจากห้องที่ไม่สะอาดผ่านไปยังพื้นที่ปฏิบัติการกับเซลล์หรือเนื้อเยื่อ ตู้ปลอดเชื้อคลาส II นี้ นอกจากจะถูกออกแบบมาเพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานแล้ว ยังป้องกันพื้นที่ปฏิบัติงานจากการปนเปื้อนจากอากาศที่ไม่สะอาดภายในห้องปฏิบัติการได้ด้วย ตู้ปลอดเชื้อคลาส II ซึ่งมี 4 ชนิด (A1, A2, B1 และ B2) จึงแตกต่างจากตู้ปลอดเชื้อคลาส I โดยอากาศจะผ่านจากเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงไปยังพื้นที่ปฏิบัติงาน ตู้ปลอดเชื้อคลาส II สามารถใช้กับเชื้อในกลุ่มเสี่ยงที่ 2 และ 3 และสามารถใช้กับเชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 4 เมื่อใช้ในห้องที่มีความดันอากาศเป็นบวก

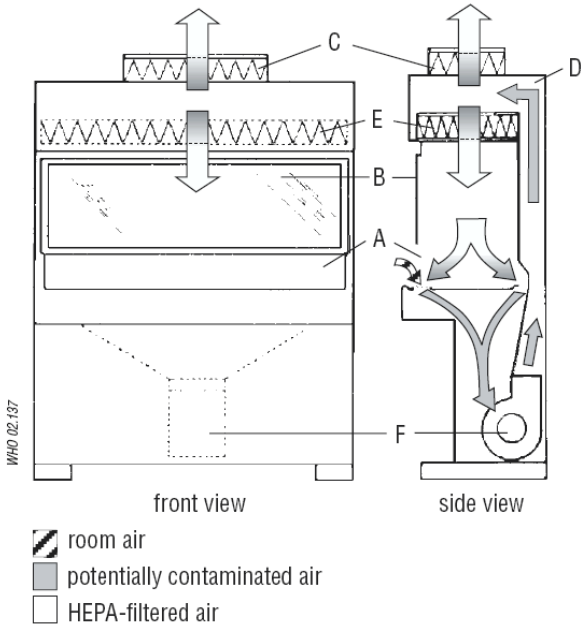
ตู้ปลอดเชื้อคลาส II ชนิด A1

ตู้ปลอดเชื้อคลาส II ชนิด A1 นี้ถูกแสดงในรูปที่ 7 พัดลมภายในตู้จะดูดอากาศจากห้อง (อากาศเข้า) เข้าตู้ผ่านทางช่องเปิดด้านหน้า เข้าไปสู่ตะแกรงด้านหน้า อากาศควรมีความเร็วอย่างน้อย 0.38 เมตร/วินาที จากนั้นอากาศจึงผ่านไปยังเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูง โดยก่อนที่จะไหลไปยังพื้นที่ปฏิบัติงาน กระแสลมจะแยกเป็นสองสายประมาณ 6-18 ซม. สายลมแต่ละสายจะแยกไปเข้าตะแกรงที่อยู่ด้านหน้าและด้านหลัง ดังนั้นหากมีอนุภาคใดก็ตามในอากาศ อนุภาคดังกล่าวจะถูกดูดเข้าไปที่ตะแกรงดังกล่าวทันที จึงเป็นการป้องกันการปนเปื้อนเป็นอย่างดี จากนั้นอากาศจึงถูกปล่อยออกทางฝาด้านหลังไปยังพื้นที่ว่างระหว่างเครื่องกรองอากาศเข้าและเครื่องกรองอากาศออกที่อยู่ด้านบนของตู้ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้อากาศประมาณ 70% ไหลกลับไปยังเครื่องกรองอากาศเข้าอีกครั้ง และอีก 30% ของอากาศที่เหลือถูกกรองด้วยเครื่องกรองอากาศแล้วถูกปล่อยสู่ภายนอก

อากาศจากตู้ปลอดเชื้อคลาส II ชนิด A1 อาจถูกดูดกลับเข้ามาในห้องหรือถูกปล่อยออกผ่านทางท่อระบายอากาศ แต่การใช้อากาศแบบหมุนเวียนทำให้ประหยัดพลังงาน เนื่องจากไม่จำเป็นต้องปรับอุณหภูมิอากาศก่อนปล่อยออกสู่ภายนอก

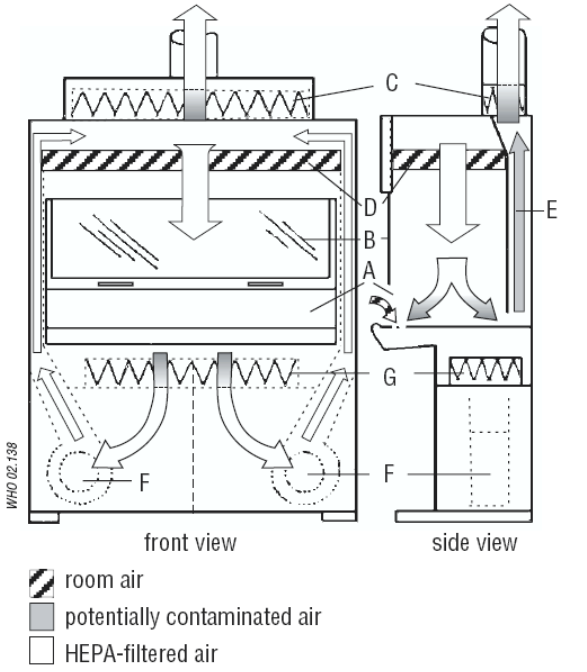
ตู้ปลอดเชื้อคลาส II ชนิด A2 ที่มีท่อสู่ภายนอก, ชนิด B1 และ B2

ตู้ปลอดเชื้อคลาส II ชนิด A2 ที่มีท่อสู่ภายนอก, ชนิด B1 และ B2 ได้รับการพัฒนามาจากตู้ปลอดเชื้อคลาส II ชนิด A1 คุณลักษณะของตู้ชนิดนี้ รวมทั้งคุณลักษณะของตู้ปลอดเชื้อคลาส I และคลาส III ถูกแสดงในตารางที่ 9 ซึ่งทำให้ตู้แต่ละชนิดถูกนำไปใช้ในงานแตกต่างกัน (ดูตารางที่ 8) ตู้แต่ละประเภทแตกต่างกันในหลายๆ ด้าน ได้แก่ ความเร็วของอากาศเข้าที่ผ่านทางช่องด้านหน้า ปริมาณอากาศที่ไหลเวียนกลับไปยังพื้นที่ปฏิบัติงานและที่ถูกปล่อยออกนอกตู้ ระบบถ่ายเทอากาศซึ่งเป็นตัวกำหนดว่าอากาศจะถูกปล่อยกลับมาภายในห้องหรือจะถูกปล่อยออกสู่ภายนอก และระบบความดันอากาศ



รูปที่ 7 ตู้ปลอดเชื้อคลาส II ชนิด A1

A, ช่องเปิดด้านหน้า; B, บานหน้าต่าง; C, เครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงสำหรับอากาศออก; D, ฝาด้านหลัง; E, เครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงสำหรับอากาศเข้า; F, พัดลม



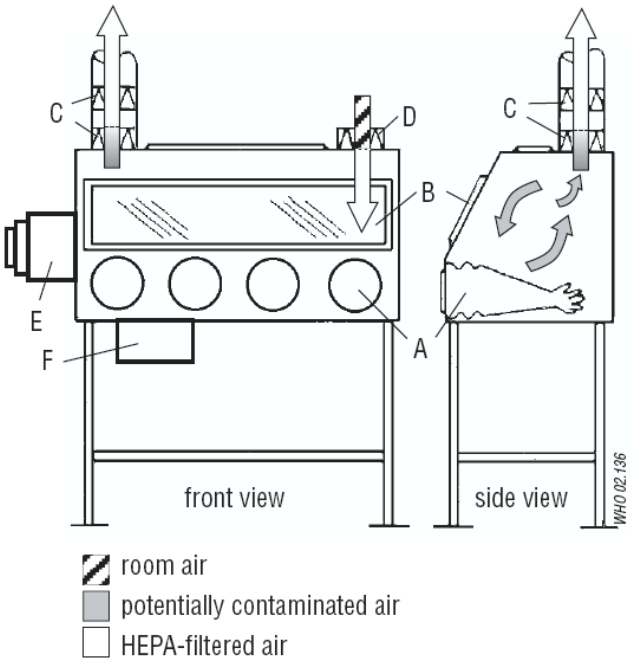
รูปที่ 8 ตู้ปลอดเชื้อคลาส II ชนิด B1

A, ช่องเปิดด้านหน้า; B, บานหน้าต่าง; C, เครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงสำหรับอากาศออก; D, เครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงสำหรับอากาศเข้า; E, ฝาด้านหลังสำหรับระบายอากาศมีความดันเป็นลบ; F, พัดลม; G, เครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงสำหรับอากาศเข้า ระบบถ่ายเทอากาศของตู้ปลอดเชื้อชนิดนี้จำเป็นต้องได้รับการต่อเชื่อมเข้ากับระบบถ่ายเทอากาศของตัวอาคาร

ตารางที่ 9 ความแตกต่างระหว่างตู้ปลอดเชื้อ (Biological Safety Cabinet, BSC) คลาส I, II, และ III

ตู้ปลอดเชื้อ	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	การไหลเวียนของอากาศ (%)		ระบบถ่ายเทอากาศเสีย
		กลับมาใช้	ปล่อยทิ้ง	
คลาส I[ก]	0.36	0	100	ต่อท่อปล่อยนอกอาคาร
คลาส IIA1	0.38–0.51	70	30	ระบายเข้าห้อง หรือ มีท่อสวมทับออกนอกอาคาร
คลาส IIA2 ชนิดต่อท่อสู่ภายนอก[ก]	0.51	70	30	ระบายเข้าห้อง หรือ มีท่อสวมทับออกนอกอาคาร
คลาส IIB1[ก]	0.51	30	70	ต่อท่อปล่อยนอกอาคาร
คลาส IIB2[ก]	0.51	0	100	ต่อท่อปล่อยนอกอาคาร
คลาส III[ก]	ไม่มีลม	0	100	ต่อท่อปล่อยนอกอาคาร

[ก]ท่อซึ่งอาจมีเชื้อทุกท่อมีความดันเป็นลบหรือมีท่อที่ความดันเป็นลบสวมทับ



รูปที่ 9 ตู้ปลอดเชื้อคลาส III

A, ช่องสำหรับถุงมือ; B, บานหน้าต่าง; C, เครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงสองชั้น สำหรับอากาศออก; D, เครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงสำหรับอากาศเข้า; E, หม้อนึ่งฆ่าเชื้อแบบสองประตูหรือช่องส่งของ; F, ถังทิ้งสารเคมี ระบบถ่ายเทอากาศของตู้ปลอดเชื้อชนิดนี้จำเป็นต้องได้รับการต่อเชื่อมเข้ากับระบบถ่ายเทอากาศของตัวอาคาร

ตู้ปลอดเชื้อคลาส III

ตู้ปลอดเชื้อประเภทนี้ (รูปที่ 9) ให้ความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานมากที่สุดและใช้สำหรับเชื้อในกลุ่มเสี่ยงที่ 4 รอยรั่วซึมถูกอุดไม่ให้มีอากาศรั่ว อากาศเข้าผ่านเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูง และอากาศเสียผ่านเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูง 2 ชั้น อากาศภายนอกก็ถูกควบคุมเพื่อรักษาความดันที่เป็นลบภายในตู้ปลอดเชื้อ (ประมาณ 124.5 Pa) หากจะทำงานภายในตู้ผู้ปฏิบัติงานต้องสอดมือผ่านถุงมือหนาๆ ที่ติดกับตู้ ซึ่งอาจมีถุงมือนี้รอบๆ ตู้เพื่อจะได้ทำงานได้โดยรอย ตู้ปลอดเชื้อประเภทนี้ควรมีช่องส่งของซึ่งติดตั้งเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงสำหรับอากาศขาออกและสามารถถูกทำให้ปราศจากเชื้อได้ และอาจต่อหม้อนึ่งแบบ 2 ประตูเข้ากับตู้ ตู้ปลอดเชื้อประเภทนี้เหมาะสำหรับห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 และ 4

การเชื่อมต่อระบบอากาศของตู้ปลอดเชื้อ

กระโจม (thimble หรือ canopy hood) ถูกออกแบบเพื่อใช้สวมทับตู้ปลอดเชื้อคลาส II ชนิด A1 และ A2 ซึ่งต่อท่อออกสู่ภายนอก กระโจมนี้มีขนาดพอดีกับตู้ ซึ่งจะดูดอากาศเสียไปยังท่อระบายอากาศ มีช่องเปิดเล็กๆโดยปกติขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 2.5 ซม. ซึ่งอยู่ระหว่างกระโจมและระบบระบายอากาศของตู้ ช่องเปิดนี้จะดูดอากาศจากห้องเข้าสู่ระบบระบายอากาศของตัวอาคารด้วย ประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศของตัวอาคารต้องดีพอที่จะจับทั้งอากาศในห้องและอากาศเสียที่ระบายจากตู้ กระโจมต้องสามารถเคลื่อนย้ายได้หรืออาจถูกออกแบบมาเพื่อการทดสอบการทำงานของตู้ โดยทั่วๆไปแล้ว สมรรถนะของตู้ที่ต่อกับกระโจมนี้มักไม่ได้รับผลกระทบมากนักจากการขึ้นๆลงๆของอากาศภายในตัวอาคาร

สำหรับตู้ปลอดเชื้อคลาส II ชนิด B1 และ B2 นั้นมีท่อระบายอากาศเสียต่อกับระบบระบายอากาศเสียของตัวอาคาร หรือถ้าจะให้ดีควรมีระบบท่อแยกเฉพาะ ระบบระบายอากาศเสียของตัวอาคารต้องให้อากาศตามความต้องการอากาศเข้าสู่ตู้ ทั้งในด้านปริมาตรและความดันอากาศการให้การรับรองคุณภาพตู้ประเภทนี้ต้องให้เวลามากกว่าตู้ที่ใช้อากาศแบบหมุนเวียน

การเลือกชนิดตู้ปลอดเชื้อ

การเลือกใช้ตู้ปลอดเชื้อชนิดใดให้คำนึงถึงการป้องกันเป็นหลัก ได้แก่ การป้องกันการปนเปื้อน การป้องกันอันตรายจากเชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 1-4 ที่อาจเกิดกับผู้ปฏิบัติงาน และการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดจากอนุภาครังสีและสารเคมีที่เป็นพิษ ตารางที่ 8 แสดงตู้ปลอดเชื้อที่เหมาะสมกับการป้องกันอันตรายประเภทต่างๆ

โดยทั่วไปแล้ว ไม่ควรใช้สารระเหยหรือสารเคมีที่เป็นพิษภายในตู้ปลอดเชื้อชนิดที่ใช้อากาศแบบหมุนเวียนอากาศเสียจากตู้มาสู่ห้องปฏิบัติการ ตู้ประเภทนี้ได้แก่ ตู้ปลอดเชื้อคลาส I ซึ่ง

ไม่ได้ต่อท่อสู่ระบบระบายอากาศเสียของตัวอาคาร หรือ ตู้ปลอดเชื้อคลาส II ชนิด A1 และ A2 สำหรับตู้ปลอดเชื้อคลาส II ชนิด B1 สามารถใช้ทำงานกับสารเคมีหรือสารรังสีปริมาณเล็กน้อยได้ สำหรับตู้ปลอดเชื้อคลาส II ชนิด B2 (บางครั้งเรียกว่า total exhaust cabinet) เป็นตู้ปลอดเชื้อที่เหมาะสมที่สุดเมื่อต้องทำงานกับสารเคมีระเหยได้ที่มีปริมาณมากๆ

การใช้งานตู้ปลอดเชื้อ

ตำแหน่งการวางตู้

ความเร็วของลมที่ผ่านเข้าช่องเปิดด้านหน้าประมาณ 0.45 เมตร/วินาที ความเร็วลมเท่านี้อาจถูกรบกวนได้จากกระแสลมภายนอกที่เกิดจากการเดินไปมาของคนใกล้ๆตู้ การเปิดหน้าต่าง เครื่องจ่ายอากาศเข้า และการเปิดปิดประตู ดังนั้นโดยทั่วไปจึงควรวางตู้ปลอดเชื้อในตำแหน่งที่ห่างจากทางเดินสัญจรไปมา และหากเป็นไปได้ ควรเว้นช่องว่างกว้าง 30 ซม. ด้านหลังและทุกๆ ด้านรอบๆ ตู้ เพื่อการดูแลรักษาที่ทั่วถึง สำหรับด้านบนควรเว้นพื้นที่ไว้ 30-35 ซม. เพื่อการตรวจสอบความเร็วลมที่เครื่องกรองอากาศเสียและเพื่อสะดวกในการเปลี่ยนเครื่องกรองอากาศ

ผู้ใช้

ประโยชน์ของตู้ปลอดเชื้ออาจลดลง หากตู้ถูกใช้ไม่เหมาะสม ผู้ใช้จึงจำเป็นที่จะต้องระมัดระวังเวลาเคลื่อนแขนเข้าและออกทางช่องเปิดด้านหน้าตู้ โดยผู้ใช้ตู้ควรเคลื่อนแขนช้าๆ ในลักษณะตั้งฉากกับช่องเปิด การทำงานควรทำหลังจากสอดแขนเข้าตู้แล้วประมาณ 1 นาที เพื่อที่จะให้กระแสลมภายในตู้นิ่งเสียก่อน และควรลดการเคลื่อนไหวให้น้อยที่สุด โดยอาจจะใส่สิ่งของที่ต้องการไว้ภายในตู้ปลอดเชื้อก่อนที่จะเริ่มการทำงาน

การวางวัสดุอุปกรณ์

ตะแกรงด้านหน้าของตู้ปลอดเชื้อคลาส II จะต้องไม่ถูกกีดขวางด้วยกระดาษ หรืออุปกรณ์ใดๆ และเครื่องมือตลอดจนวัสดุต่างๆ ที่จะวางภายในตู้ต้องผ่านการฆ่าเชื้อด้วยแอลกอฮอล์ 70% เสียก่อน อาจปูพื้นบนโต๊ะด้วยกระดาษซับ ควรวางวัสดุทุกชนิดไว้ให้ลึกที่สุด แต่ต้องไม่กีดขวางตะแกรงลมด้านหลัง อุปกรณ์ที่สามารถทำให้เกิดละอองของเหลว (เช่น เครื่องปั่น เครื่องปั่นเหวี่ยง) ควรถูกวางไว้ลึกที่สุด ส่วนอุปกรณ์ขนาดใหญ่ เช่น ถุงขยะ ควรวางอยู่ชิดด้านข้างด้านใดด้านหนึ่งของตู้ การทำงานควรทำจากบริเวณที่สะอาดไปยังบริเวณที่ปนเปื้อน ไม่ควรวางถุงขยะและถาดใส่ไปเปตที่ใช้แล้วไว้นอกตู้

การใช้งานและการดูแลรักษา

ตู้ปลอดเชื้อส่วนใหญ่ถูกออกแบบให้สามารถเปิดไว้ได้ตลอด 24 ชั่วโมง และจากการวิจัยพบว่าวิธีนี้ช่วยลดและควบคุมฝุ่นและอนุภาคในห้องปฏิบัติการได้ สำหรับตู้ปลอดเชื้อคลาส II ชนิด A1 และ A2 ที่ระบายอากาศเสียสู่ห้องหรือที่ต่อเชื่อมกระโจมเข้ากับท่อระบายอากาศเสียนั้น สามารถปิดได้เมื่อไม่ได้ใช้งาน สำหรับตู้ปลอดเชื้อประเภทอื่นๆ เช่น คลาส II ชนิด B1 และ B2 ซึ่งมีการต่อท่อนั้น จะต้องเปิดเครื่องไว้ตลอดเวลา เพื่อรักษาสมดุลย์ของอากาศภายในห้อง โดยทั่วไปตู้ปลอดเชื้อทุกชนิด ควรเปิดเดินเครื่องไว้ประมาณ 5 นาที ก่อนและหลังปฏิบัติงาน เพื่อการฆ่าเชื้ออากาศที่อาจปนเปื้อนเชื้อ

การซ่อมแซมตู้ปลอดเชื้อต้องทำโดยเจ้าหน้าที่ที่มีความรู้ และควรจดบันทึกและรายงานความผิดปกติทุกครั้ง

แสงอัลตราไวโอเลต

แสงอัลตราไวโอเลตไม่ใช่สิ่งจำเป็นภายในตู้ปลอดเชื้อ แต่หากมีการใช้งาน ควรทำความสะอาดหลอดไฟทุกสัปดาห์ เพื่อกำจัดฝุ่นที่อาจเกาะอยู่ที่หลอด ซึ่งอาจลดประสิทธิภาพของหลอดไฟได้ ควรมีการวัดความเข้มของแสง เพื่อให้แน่ใจว่าแสงที่เปล่งออกมาเพียงพอ เมื่อมีคนอยู่ในห้องจะต้องปิดแสงอัลตราไวโอเลต เพื่อป้องกันตาและผิวหนังจากการสัมผัสกับแสงอัลตราไวโอเลต

การใช้เปลวไฟ

ควรหลีกเลี่ยงการใช้เปลวไฟในตู้ปลอดเชื้อ เนื่องจากเปลวไฟขัดขวางทางเดินของอากาศ และอาจก่อให้เกิดอันตราย หากมีสารระเหย หรือสารไวไฟอยู่ภายในตู้ หากต้องการฆ่าเชื้อที่ห่วงเพาะเชื้อควรใช้ตะเกียงเผาห่วงเพาะเชื้อ หรือใช้เตาเผาไฟฟ้า

การหกหล่น

ห้องปฏิบัติการควรมีคู่มือการจัดการ กรณีมีการหกหล่นของของเหลว ซึ่งเจ้าหน้าที่ทุกคนต้องอ่านและทำความเข้าใจ หากมีการหกหล่นของวัสดุติดเชื้อภายในตู้ปลอดเชื้อ จะต้องทำความสะอาดทันที โดยใช้น้ำยาฆ่าเชื้อที่เหมาะสม และวัสดุอุปกรณ์ที่สัมผัสกับเชื้อที่หกต้องได้รับการฆ่าเชื้อด้วย

การรับรองคุณภาพ

ตู้ปลอดเชื้อแต่ละตู้ควรได้รับการรับรองตามมาตรฐานทั้งในระดับประเทศและระดับนานาชาติ ตั้งแต่เริ่มติดตั้งเครื่อง และได้รับการประเมินคุณภาพอย่างสม่ำเสมอจากเจ้าหน้าที่ที่มีความรู้ โดยควรทดสอบความสมบูรณ์ของเครื่อง การรั่วของเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูง ความเร็วลมที่ตกลงมายังพื้นที่ที่ปฏิบัติงาน ความเร็วลมที่พื้นผิว อัตราการหมุนเวียนอากาศ/ความดันลบ การไหลของอากาศโดยดูจากการไหลของควัน, สัญญาณเตือนภัยและการทำงานของ interlocks นอกจากนี้

ควรตรวจสอบการรั่วของกระแสไฟฟ้า ความเข้มของแสง ความเข้มของแสงอัลตราไวโอเลต ระดับเสียงและการสั่นสะเทือน การตรวจสอบทั้งหมดนี้ต้องทำโดยเจ้าหน้าที่ที่มีความรู้เท่านั้น

การทำความสะอาดและการฆ่าเชื้อ

เครื่องมือและอุปกรณ์ทุกอย่างภายในตู้ปลอดเชื้อต้องได้รับการฆ่าเชื้อที่พื้นผิว และนำออกมาจากตู้ภายหลังใช้งาน อาหารเลี้ยงเชื้อที่ทิ้งไว้อาจเป็นที่เจริญของจุลชีพได้

พื้นผิวด้านในของตู้ปลอดเชื้อต้องได้รับการฆ่าเชื้อทั้งก่อนและหลังการใช้งานแต่ละครั้ง โดยเช็ดถูทุกด้าน รวมทั้งด้านในของหน้าต่าง แล้วเช็ดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อที่เหมาะสม เช่น แอลกอฮอล์ 70% หากใช้น้ำยา bleach ควรเช็ดด้วยน้ำสะอาดที่ฆ่าเชื้อแล้วอีกครั้ง

ตู้ปลอดเชื้อควรเปิดเดินเครื่องไว้ตลอดเวลา หรือมิฉะนั้น ควรเปิดทิ้งไว้ 5 นาที ก่อนทำงาน

การขจัดสิ่งปนเปื้อน

ตู้ปลอดเชื้อต้องได้รับการขจัดสิ่งปนเปื้อนก่อนที่จะเปลี่ยนเครื่องกรองอากาศ ซึ่งปกติใช้วิธีรมควันด้วยก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งต้องทำโดยเจ้าหน้าที่ที่มีความรู้เท่านั้น

อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

ผู้ใช้ตู้ปลอดเชื้อควรสวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่เหมาะสมทุกครั้งที่ใช้ตู้ สำหรับห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1 และ 2 การใส่เสื้อกาวน์ปกติก็เพียงพอ แต่สำหรับห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 และ 4 ควรเสื้อผ้าที่รัดกุมยิ่งขึ้น สำหรับการใส่ถุงมือควรใส่ทับชายแขนเสื้อกาวน์ สำหรับงานบางอย่างอาจจำเป็นต้องสวมหน้ากากและแว่นตาป้องกันอันตราย

สัญญาณเตือนภัย

สำหรับตู้ปลอดเชื้อนั้น เราสามารถติดตั้งเครื่องสัญญาณเตือนภัยได้ เช่น ติดกับบานหน้าต่างของตู้ ซึ่งจะให้สัญญาณเมื่อผู้ใช้เปิดหน้าต่างผิดตำแหน่ง หรืออาจติดตั้งสัญญาณเตือนการไหลของลม ซึ่งจะเกิดสัญญาณเมื่อมีการกีดขวางทางลม ซึ่งเป็นอันตรายทั้งต่อผู้ปฏิบัติงานและต่อชิ้นงานที่ทำ หากเกิดกรณีเช่นนี้จำเป็นต้องหยุดทำงานทันที และต้องรายงานให้หัวหน้าห้องปฏิบัติการทราบโดยด่วน

ข้อมูลเพิ่มเติม

การเลือกใช้ การติดตั้ง การใช้ตู้ปลอดเชื้ออย่างเหมาะสม รวมทั้งการรับรองคุณภาพ เป็นกระบวนการที่ซับซ้อน จึงควรทำโดยเจ้าหน้าที่ที่มีผ่านการฝึกอบรมและมีความรู้และประสบการณ์เท่านั้น ดูรายละเอียดในเอกสารอ้างอิงที่ (5) และ (7-16) และภาค 11

11. เครื่องมือและอุปกรณ์นิรภัย

การทำงานในห้องปฏิบัติการควรระมัดระวังไม่ให้เกิดละอองของเหลว หรือไม่ทำให้ละอองของเหลวเหล่านั้นกระจายออกไป เนื่องจากละอองของเหลวเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการติดเชื้อได้ ละอองของเหลวที่ปนเปื้อนเชื้อสามารถเกิดได้จากกิจกรรมต่างๆ ในห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับวัสดุติดเชื้อ เช่น การกวน การผสม การเขย่า การย่อยด้วยวิธี sonication การปั่นเหวี่ยง แม้ว่าจะใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มีความปลอดภัยแล้วก็ตาม แต่ก็ควรทำกิจกรรมต่างๆ เหล่านี้ในตู้ปลอดเชื้อ ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยสูงสุด ตู้ปลอดเชื้อตลอดจนวิธีใช้งานและการตรวจสอบต่างๆ ได้อธิบายไว้แล้วในบทที่ 10 และให้พึงระลึกไว้เสมอว่าเครื่องมือและอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยนั้นไม่สามารถให้ความปลอดภัยได้เลย หากเครื่องมือและอุปกรณ์เหล่านั้นไม่ถูกใช้โดยเจ้าหน้าที่ที่ได้รับการฝึกฝนมาเป็นอย่างดี นอกจากนี้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ต้องได้รับการตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้งานอยู่อย่างสม่ำเสมอ

ตารางที่ 10 แสดงอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยต่างๆ ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์เหล่านี้อย่างเหมาะสม สามารถอ่านได้ในบทที่ 12

สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือและกิจกรรมที่อาจทำให้เกิดอันตราย สามารถอ่านได้ในภาคผนวก 4

ตู้ปลอดเชื้อชนิด negative flexible-film isolators

ตู้ปลอดเชื้อชนิด negative flexible-film isolators เป็นอุปกรณ์ที่ป้องกันอันตรายได้ดีที่สุดเมื่อต้องทำงานกับวัสดุติดเชื้อ ตู้นี้อาจตั้งอยู่บนฐานหรือล้อที่เคลื่อนที่ได้ ตัวตู้ทำจากพลาสติก polyvinylchloride (PVC) ชนิดโปร่งใส โดยมีโครงเป็นเหล็ก ความดันภายในถูกปรับให้ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ อากาศเข้าจะผ่านเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงหนึ่งชั้น ในขณะที่อากาศเสียที่ออกมาจะผ่านเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงสองชั้น จึงลดปัญหาจากการที่จะต้องต่อท่อระบายอากาศเสียไปภายนอกอาคาร ภายในตู้อาจมีตู้เพาะเชื้อ กล้องจุลทรรศน์ หรืออุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องปั่นเหวี่ยง กรงสัตว์ บล็อกทำความร้อน เป็นต้น โดยอุปกรณ์เหล่านี้ถูกนำเข้าและออกจากตู้ผ่านทางช่องส่งของและช่องส่งตัวอย่าง โดยไม่ทำให้เกิดการนำเชื้อเข้าไปภายในตู้ ผู้ปฏิบัติงานต้องใส่ถุงมือมิดชิดเมื่อทำงานกับตู้ชนิดนี้ และจะต้องติดตั้งเครื่องวัดความดันในตู้ด้วย ตู้ประเภทนี้ใช้กับเชื้อในกลุ่มเสี่ยงที่ 3 และ 4 และเหมาะกับการทำงานในท้องที่ซึ่งไม่เหมาะหรือไม่สะดวกที่จะติดตั้งตู้ปลอดเชื้อแบบธรรมดา

เครื่องดูดปล่อยของเหลว

การดูดสารละลายหรือของเหลวต้องใช้เครื่องดูดปล่อยของเหลวเท่านั้น โดยห้ามดูดของเหลวผ่านไปเปตด้วยปากเด็ดขาด เนื่องจากการดูดของเหลวที่อาจปนเปื้อนเชื้อโรคเป็นสาเหตุทำให้เกิดการติดเชื้อได้ทั้งทางทางเดินหายใจและทางการกิน และเชื้อโรคสามารถผ่านเข้าปากได้หากใช้มือที่มีเชื้อจับที่ปลายไปเปตด้านที่จะใช้ปากดูด สำลีกรองที่ปลายไปเปตไม่สามารถกรองเชื้อโรคได้ที่ความดันเป็นลบหรือเป็นบวก และอนุภาคต่างๆอาจถูกดูดผ่านสำลีกรองนี้ได้ การใช้ปากดูดของเหลวผ่านไปเปตยังอาจทำให้สำลักเอาสำลีกรองนี้เข้าไปภายในทางเดินหายใจได้ ด้วยเหตุที่ว่านี้จึงต้องดูดของเหลวโดยใช้เครื่องดูดปล่อยของเหลว

ละอองของเหลวอาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น จากการที่ของเหลวหยดลงบนพื้นที่ปฏิบัติงาน จากการดูดและจ่ายอาหารเลี้ยงเชื้อ และจากของเหลวหยดสุดท้ายที่ถูกเป่าผ่านไปเปต แต่เราสามารถป้องกันการหายใจเอาเชื้อซึ่งอาจแฝงตัวอยู่ในละอองเหล่านี้ได้ด้วยการทำงานเหล่านี้ในตู้ปลอดเชื้อ

เครื่องดูดปล่อยของเหลวควรถูกเลือกใช้ให้เหมาะกับงาน โดยทั่วไปควรเลือกใช้เครื่องดูดปล่อยของเหลวที่ไม่ทำให้เกิดอันตรายจากการติดเชื้อ และควรเป็นเครื่องที่ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อได้ง่าย สำหรับ pipette tip ชนิดมีสำลีกรองนั้นเหมาะกับการใช้งานกับเชื้อหรือกับอาหารเลี้ยงเซลล์

ไม่ควรใช้เครื่องดูดปล่อยของเหลวที่แตกหรือชำรุด

เครื่องทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน เครื่องเขย่า เครื่องปั่น และ sonicators

เครื่องปั่นอาหารที่ใช้ในงานครัวไม่ได้ถูกอุดรอยรั่วและสามารถทำให้เกิดละอองของเหลวได้ จึงไม่ควรถูกนำมาใช้ในห้องปฏิบัติการ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ควรใช้เครื่องปั่นที่ถูกออกแบบมาสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการโดยเฉพาะ หากจะใช้เครื่องปั่นกับเชื้อในกลุ่มเสี่ยงที่ 3 ควรใส่หรือเทวัสดุติดเชื้อในตู้ปลอดเชื้อเท่านั้น สำหรับเครื่อง sonicator ก็อาจทำให้เกิดละอองของเหลวได้เช่นกัน จึงควรใช้เครื่องนี้ในตู้ปลอดเชื้อเท่านั้น และควรสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันใบหน้าและดวงตาขณะปฏิบัติงาน และต้องทำความสะอาดและฆ่าเชื้อเครื่องมือหลังใช้งานทุกครั้ง

ห่วงเพาะเชื้อชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง

ห่วงเพาะเชื้อชนิดใช้แล้วทิ้งนี้ มีประโยชน์ตรงที่ไม่ต้องนำไปฆ่าเชื้อแล้วนำมาใช้ใหม่ จึงเหมาะที่จะใช้ภายในตู้ปลอดเชื้อ เนื่องจากการใช้ตะเกียงบุนเซน (Bunsen burner) และตะเกียงเผาห่วงเพาะเชื้อ (microincinerator) อาจทำให้กีดขวางทางเดินของลมในตู้ปลอดเชื้อได้ หลังใช้ห่วงเพาะเชื้อต้องแช่ห่วงไว้ในน้ำยาฆ่าเชื้อและทิ้งในถังขยะติดเชื้อ (ดูบทที่ 3)

ตะเกียงเผาห่วงเพาะเชื้อ (microincinerators)

ตะเกียงเผาห่วงเพาะเชื้อ ชนิดใช้แก๊สหรือใช้ไฟฟ้ามีแก้วชนิด borosilicate หรือเป็นเซรามิคซึ่งสามารถลดการเกิดการฟุ้งกระจายของเชื้อได้ เมื่อใช้ฆ่าเชื้อบนห่วงเพาะเชื้อ ตะเกียงประเภทนี้สามารถกีดขวางทางเดินของลมในตู้ปลอดเชื้อได้ จึงควรวางตะเกียงชิดติดฝาผนังด้านหลังตู้

ตารางที่ 10 อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยทางชีวภาพ

อุปกรณ์	อันตรายที่อาจป้องกันได้	คุณลักษณะด้านความปลอดภัย
ตู้ปลอดเชื้อ		
- คลาส I	ละอองของเหลว และการกระเด็น	- กระแสลมภายในต่ำที่สุด (ความเร็วพื้นผิว) การกรองเหมาะสมสำหรับอากาศเสีย - ไม่ป้องกันการปนเปื้อน
- คลาส II	ละอองของเหลว และการกระเด็น	- กระแสลมภายในต่ำที่สุด (ความเร็วพื้นผิว) การกรองเหมาะสมสำหรับอากาศเสีย - ป้องกันการปนเปื้อนได้
- คลาส III	ละอองของเหลว และการกระเด็น	- ประสิทธิภาพสูงสุด - ป้องกันการปนเปื้อนได้ เมื่อใช้กับ laminar flow
negative pressure flexible-film isolator	ละอองของเหลว และการกระเด็น	- ประสิทธิภาพสูงสุด
หน้ากาก/ฉากกันกระเด็น	การกระเด็นของสารเคมี	- กั้นระหว่างผู้ปฏิบัติงานและชิ้นงาน
เครื่องดูดปล่อยของเหลว	อันตรายจากการดูดของเหลวด้วยปาก เช่น การติดเชื้อจากการกิน การหายใจเอาละอองของเหลวเข้าร่างกาย การหยดของของเหลว การปนเปื้อน	- ง่ายต่อการทำงาน - สามารถลดการปนเปื้อน - สามารถถูกทำให้ปราศจากเชื้อได้ - ควบคุมการรั่วที่ pipette tip
ตะเกียงเผาห่วงเพาะเชื้อ (microincinerator)	การกระเด็นจากห่วงเพาะเชื้อ	- ใช้ก๊าซหรือไฟฟ้า
ห่วงเพาะเชื้อแบบใช้แล้วทิ้ง		- ใช้แล้วทิ้ง ไม่ต้องเผา

อุปกรณ์	อันตรายที่อาจป้องกันได้	คุณลักษณะเพื่อความปลอดภัย
ภาชนะสำหรับการเก็บการขนส่งวัสดุติดเชื้อเพื่อทำปราศจากเชื้อภายในสถาบัน	ละอองของเหลว การหก การรั่ว	- มีฝาปิด กันรั่วซึมได้ - แข็งแรง ทนทาน - นึ่งฆ่าเชื้อได้
ถังขยะสำหรับวัสดุมีคม	บาดแผลจากการถูกของมีคม	- นึ่งฆ่าเชื้อได้ - แข็งแรง กันการถูกทิ่มแทงได้
ภาชนะขนส่ง ระหว่างห้องปฏิบัติการ, สถาบัน	การหลุดลอดของเชื้อโรค	- แข็งแรง - มีภาชนะกันน้ำสองชั้น เพื่อป้องกันการหก - มีวัสดุซับน้ำ เพื่อป้องกันการหกหล่น
หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ	อันตรายจากวัสดุติดเชื้อ	- ได้รับการรับรอง - ฆ่าเชื้อด้วยความร้อน
ขวดฝาเกลียว	ละอองของเหลว และการกระเด็น	- เป็นภาชนะที่มีประสิทธิภาพ
การป้องกันสำหรับท่อสูญญากาศ	การปนเปื้อนจากท่อสูญญากาศ ที่อาจเกิดจากละอองของเหลวและของเหลวล้น	- หัวกรองละอองของเหลว (ขนาดอนุภาค 0.45 ไมครอน) - ขวดรูปชมพู่บรรจุน้ำยาฆ่าเชื้อ มีจุกยาง - นึ่งฆ่าเชื้อได้

เสื้อผ้าและอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

อุปกรณ์ป้องกันอันตรายเฉพาะบุคคล และการแต่งกายของเจ้าหน้าที่สามารถลดความเสี่ยงจากการสัมผัสกับเชื้อจากละอองของเหลวที่ฟุ้งกระจาย จากการกระเด็น และจากอุบัติเหตุจากการถูกทิ่มตำได้ การแต่งกายและการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ทำ ผู้ปฏิบัติงานควรสวมใส่เสื้อป้องกันในขณะทำงานในห้องปฏิบัติการเสมอ และต้องถอดเสื้อนั้นก่อนออกจากห้อง และล้างมือทุกครั้ง ตารางที่ 11 สรุปอุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

เสื้อคลุม เสื้อกาวน์ ชุดคลุมทั้งร่างกาย และผ้ากันเปื้อน

เสื้อที่ใช้ในห้องปฏิบัติการควรเป็นแบบมีกระดุม อาจมีแขนยาว กระดุมอยู่ด้านหลัง หรือเป็นแบบสวมคลุมทั้งตัว โดยเฉพาะเมื่อต้องทำงานกับตู้ปลอดเชื้อ บางครั้งอาจต้องสวมผ้าพลาสติกกันเปื้อน

เพื่อป้องกันการกระเด็นของสารเคมีหรือจากวัสดุติดเชื้อต่างๆ เช่น เลือด อาหารเลี้ยงเชื้อ ห้องปฏิบัติการควรอยู่ใกล้ห้องซักรีด

ห้ามนำเสื้อผ้าที่ใช้ในห้องปฏิบัติการไปสวมภายนอกห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 11 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

อุปกรณ์	อันตรายที่อาจป้องกันได้	คุณลักษณะเพื่อความปลอดภัย
เสื้อปฏิบัติการ เสื้อกาวน์ และชุดปฏิบัติการแบบคลุมทั้งร่างกาย	การปนเปื้อนของเชื้อจากเสื้อผ้า	- กระดุมอยู่ด้านหลัง - ปกปิดเสื้อผ้าที่ใส่มาจากบ้าน
แผ่นกันเปื้อนพลาสติก	การปนเปื้อนของเชื้อจากเสื้อผ้า	- กันน้ำได้
รองเท้า	การกระแทกและการกระเด็น	- ปิดปลายเท้า
แว่นตากันลม (goggles)	การกระแทกและการกระเด็น	- เลนส์กันกระแทกได้ (ต้องเป็นเลนส์สายตาหรือต้องใส่อยู่ด้านนอกแว่นสายตา) - ป้องกันด้านข้างของดวงตา
แว่นตานิรภัย (safety spectacles)	การกระแทก	- เลนส์กันกระแทกได้ (ต้องเป็นเลนส์สายตาหรือต้องใส่อยู่ด้านนอกแว่นสายตา) - ป้องกันด้านข้างของดวงตา
อุปกรณ์ป้องกันใบหน้า	การกระแทกและการกระเด็น	- ป้องกันทั้งใบหน้า - ถอดได้ง่ายเมื่อเกิดอุบัติเหตุ
หน้ากากป้องกันสารพิษ	การหายใจเอาละอองที่มีเชื้อ	- มีหลายแบบ เช่น ใช้ครั้งเดียวทิ้ง เต็มใบหน้า ครึ่งใบหน้า
ถุงมือ	การสัมผัสกับเชื้อโดยตรง	- ทำจาก latex, vinyl หรือ nitrile ใช้แล้วทิ้ง - ป้องกันมือ
	การโดนบาดจากของมีคม	- ถุงมือตาข่ายเหล็ก

แว่นตากันลม แว่นตานิรภัย เครื่องบังใบหน้า

ชนิดของอุปกรณ์ป้องกันใบหน้าและดวงตาจากการกระเด็นหรือจากการกระแทกขึ้นกับกิจกรรมที่ทำ อาจใช้เลนส์สายตามาประกอบกับกรอบแว่นพิเศษ เพื่อให้เลนส์ถูกประกอบกับกรอบแว่นจากด้านหน้า และใช้วัสดุที่กันการแตกละเอียด หรือ สวมใส่กับที่ป้องกันใบหน้าด้านข้าง สำหรับ

แว่นตานิรภัย (safety spectacles) ไม่สามารถป้องกันการกระเด็นได้แม้ว่าจะใส่ร่วมกับที่ป้องกันใบหน้าด้านข้าง สำหรับแว่นตากันลม (goggles) นั้นสามารถป้องกันการกระเด็นเข้าตาและป้องกันการกระแทกดวงตาได้ ซึ่งควรสวมใส่แว่นนี้ด้านนอกแว่นสายตาและคอนแทคเลนส์ (ซึ่งไม่สามารถป้องกันดวงตาจากเชื้อโรคหรือจากสารเคมีได้) สำหรับเครื่องป้องกันใบหน้า (face shields หรือ visors) ควรทำจากพลาสติกที่ไม่แตกละเอียด ซึ่งคลุมทั้งใบหน้าและติดกับศีรษะด้วยสายรัดหรือหมวก

ห้ามนำแว่นที่ใช้ในห้องปฏิบัติการไปสวมภายนอกห้องปฏิบัติการ

เครื่องช่วยหายใจ/หน้ากากป้องกันก๊าซพิษ

เครื่องช่วยหายใจหรือหน้ากากป้องกันก๊าซพิษอาจถูกใช้เมื่อต้องทำงานที่มีความเสี่ยงสูง (เช่น การทำความสะอาดเชื้อที่หก) ชนิดของเครื่องช่วยหายใจขึ้นกับอันตรายที่อาจได้รับ เครื่องช่วยหายใจใช้ร่วมกับกระดาษกรองหรือหัวกรอง ซึ่งกรองก๊าซหรือไอพิษ อนุภาคเล็กๆ และเชื้อโรคได้ จึงต้องใช้กระดาษกรองใช้ถูกกับชนิดของเครื่องช่วยหายใจ เครื่องช่วยหายใจควรเข้าได้พอดีกับใบหน้าของผู้สวมใส่ เครื่องช่วยหายใจชนิดที่มีท่อหายใจเข้าให้ความปลอดภัยสูง การเลือกเครื่องช่วยหายใจควรปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ เช่น แพทย์ด้านอาชีวเวชศาสตร์ สำหรับหน้ากากศัลยแพทย์นั้นไม่เหมาะที่นำมาใช้ในห้องปฏิบัติการ เครื่องช่วยหายใจบางชนิด (ISO 13.340.30) ถูกออกแบบมาเฉพาะ เพื่อป้องกันอันตรายจากเชื้อโรค

ห้ามนำเครื่องช่วยหายใจที่ใช้ในห้องปฏิบัติการไปสวมภายนอกห้องปฏิบัติการ

ถุงมือ

การติดเชื้อที่มืออาจเกิดขึ้นได้ขณะทำงานในห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้มือยังเป็นส่วนของร่างกายที่เสี่ยงต่อการบาดเจ็บจากวัสดุมีคม ถุงมือที่ทำจาก latex, vinyl หรือ nitrile แบบใช้แล้วทิ้งเหมาะสำหรับงานในห้องปฏิบัติการทั่วๆ ไป รวมทั้งเมื่อต้องทำงานกับเลือด หรือของเหลวจากร่างกาย ภายหลังเลิกทำงาน ควรถอดถุงมือทิ้ง และล้างมือให้สะอาด รวมทั้งหลังทำงานกับตู้ปลอดเชื้อ และก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ ถุงมือที่ใช้แล้วต้องถูกทิ้งในถังขยะติดเชื้อ การใส่ถุงมือชนิด latex อาจทำให้เกิดภูมิแพ้ เช่น ผิวหนังอักเสบ หรือ การแพ้เฉียบพลันได้ จึงควรมีถุงมือชนิดอื่นๆ ไว้ใช้ในห้องปฏิบัติการด้วย สำหรับถุงมือตาข่ายเหล็กนั้น อาจใส่เมื่อต้องทำงานกับของมีคม เช่น ขณะผ่าซากสัตว์ แต่ถุงมือชนิดนี้ป้องกันเฉพาะการถูกเฉือน แต่ไม่ป้องกันการถูกทิ่มแทง

ห้ามนำถุงมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการไปสวมภายนอกห้องปฏิบัติการ

ดูข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ เอกสารอ้างอิง (12), (17) และ (18)

ภาค 4

เทคนิคทางจุลชีววิทยาที่ดี

12. เทคนิคทางห้องปฏิบัติการ

การบาดเจ็บและการติดเชื้อจากการทำงานในห้องปฏิบัติการ อาจเกิดขึ้นได้จากความผิดพลาดของผู้ปฏิบัติงาน จากเทคนิคในห้องปฏิบัติการที่ไม่ดี หรือจากความผิดพลาดจากการใช้เครื่องมือ ในบทนี้จะได้กล่าวถึงวิธีการหลีกเลี่ยงหรือลดปัญหาต่างๆ ที่อาจเกิดจากการทำงาน

การทำงานกับตัวอย่างส่งตรวจอย่างปลอดภัย

การติดเชื้อในห้องปฏิบัติการอาจเกิดจากการเก็บ การขนส่ง หรือการทำงานกับเชื้อโรคไม่ถูกต้อง

ภาชนะใส่ตัวอย่างส่งตรวจ

ภาชนะใส่ตัวอย่างอาจทำจากแก้วหรือหากเป็นไปได้ควรใช้พลาสติก โดยต้องมีความแข็งแรง ไม่รั่วซึม โดยเฉพาะเมื่อปิดฝา ไม่มีฝุ่นละอองหรือวัสดุใดจับอยู่ภายนอก ภาชนะต้องได้รับการติดฉลากอย่างถูกต้อง ไม่ควรนำเอาแบบฟอร์มส่งตัวอย่างหรือเอกสารใดมาม้วนพันรอบภาชนะ แต่ควรแยกเก็บเอกสารเหล่านั้นในซองที่กันน้ำได้

การขนส่งตัวอย่างภายในหน่วยงาน

ในการขนส่งตัวอย่างภายในหน่วยงาน ควรใช้กล่องรองอีกชั้นเพื่อป้องกันการรั่วซึม สำหรับตะแกรงใส่หลอดทดลอง ต้องอยู่ในแนวตั้ง เพื่อที่สารหรือตัวอย่างที่อยู่ในหลอดจะได้ไม่หกเรอะ กล่องที่ใช้รองอาจเป็นพลาสติกหรือกล่องเหล็ก ทนต่อการกระแทกและน้ำยาฆ่าเชื้อได้ ควรเป็นกล่องที่สามารถนึ่งฆ่าเชื้อได้ และต้องได้รับการทำความสะอาดและฆ่าเชื้ออย่างสม่ำเสมอ

การรับตัวอย่าง

สำหรับห้องปฏิบัติการที่ต้องรับตัวอย่างจำนวนมาก ควรจัดบริเวณเฉพาะเพื่อใช้รับตัวอย่าง

การเปิดพัสดุ

การเปิดพัสดุที่ภายในมีตัวอย่างส่งตรวจ ต้องทำอย่างระมัดระวัง และเจ้าหน้าที่ที่ทำการเปิดควรได้รับความรู้เกี่ยวกับข้อควรระวังต่างๆ หากภาชนะที่บรรจุเสี่ยงต่อการแตกหรือรั่วซึม ควรเปิดภาชนะที่บรรจุเชื้อหรือตัวอย่างภายในตู้ปลอดเชื้อ

การใช้ไปเปตและเครื่องดูดปล่อยของเหลว

1. ห้ามไปเปตโดยใช้ปากดูด และต้องใช้เครื่องดูดปล่อยของเหลวเท่านั้น
2. ไปเปตทุกอันต้องมีสำลีอุดปลาย เพื่อลดหรือป้องกันการปนเปื้อน

3. ห้ามเป่าไปเปตที่มีของเหลวซึ่งอาจมีเชื้อ
4. ไม่ควรผสมเชื้อด้วยวิธีดูดและปล่อยของเหลวขึ้นๆ ลงๆ ด้วยไปเปต
5. ไม่ควรดันของเหลวอย่างรุนแรงออกจากไปเปต
6. การปล่อยของเหลวจากไปเปตควรเป็นไปในลักษณะจากขีดหนึ่งบนไปเปตไปสู่อีกขีดหนึ่ง เนื่องจากการปล่อยของเหลวหยดสุดท้ายที่ค้างอยู่ที่ปลายไปเปต อาจทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของละอองของเหลวได้
7. ไปเปตที่เปื้อนเชื้อต้องถูกแช่ในน้ำยาฆ่าเชื้อที่เหมาะสม ในระยะเวลานานพอสมควรก่อนทิ้ง
8. ภาชนะทิ้งไปเปตต้องตั้งอยู่ภายในตู้ปลอดเชื้อ
9. ห้ามใช้กระบอกและเข็มฉีดยาสำหรับการดูดของเหลว
10. ควรแกะขวดที่มีจุกยางออกก่อน แล้วจึงดูดสารด้วยไปเปต ไม่ควรใช้เข็มฉีดยาดูดสารจากขวด
11. ควรรองพื้นที่ปฏิบัติงานด้วยกระดาษรองซับเพื่อลดการฟุ้งกระจายของของเหลวที่อาจมีเชื้อโรค

การหลีกเลี่ยงการฟุ้งกระจายของเชื้อจากวัสดุติดเชื้อ

1. ห่วงเพาะเชื้อควรมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 มม. และมีด้ามจับยาวไม่เกิน 6 ซม.
2. ไม่ควรใช้ตะเกียง Bunsen burner เนื่องจากอาจทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของเชื้อ แต่ควรใช้ microincinerator ชนิดไฟฟ้าสำหรับการฆ่าเชื้อที่ห่วงเพาะเชื้อ และควรใช้ห่วงเพาะเชื้อชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง
3. ควรระมัดระวังเมื่อทำให้ตัวอย่างเสลดหรือเสมหะแห้ง เพื่อป้องกันการเกิดละอองฟุ้งกระจาย
4. ตัวอย่างและอาหารเพาะเชื้อที่จะทิ้งหรือที่จะนำไปนึ่งฆ่าเชื้อก่อนทิ้ง ต้องอยู่ในภาชนะที่ไม่รั่วซึม อาจใช้ถุง และควรปิดปากถุงก่อนทิ้ง เช่น ใช้เทปที่ใช้สำหรับการนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave tape)
5. ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อพื้นที่ปฏิบัติงานด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อหลังเสร็จงานทุกวัน

ดูข้อมูลเพิ่มเติมจากเอกสารอ้างอิง (12)

การใช้ตู้ปลอดเชื้อ

1. ควรอธิบายการใช้และข้อจำกัดของตู้ปลอดเชื้อให้แก่เจ้าหน้าที่ทุกคน (ดูบทที่ 10) ควรมีคู่มือการทำงานหรือคู่มือการใช้ตู้ปลอดเชื้อสำหรับให้พนักงานอ่าน และควรทำความเข้าใจกับพนักงานว่าตู้ปลอดเชื้อไม่สามารถป้องกันผู้ปฏิบัติงานจากการหก การแตก หรือจากการเทคนิคการปฏิบัติงานที่ไม่ดี
2. ห้ามใช้ตู้ปลอดเชื้อที่ชำรุดหรืออยู่ในสภาพไม่ดี
3. ห้ามเปิดกระจกด้านหน้าตู้ปลอดเชื้อขึ้น ในขณะปฏิบัติงาน
4. ควรเก็บของในตู้ปลอดเชื้อเท่าที่จำเป็น และห้ามวางสิ่งของกีดขวางทางเดินลมที่ฝาด้านหลัง

5. ห้ามใช้ตะเกียง Bunsen burner ในตู้ปลอดเชื้อ เนื่องจากความร้อนที่เกิดจากตะเกียงอาจขัดขวางทางเดินของลมและอาจทำให้เครื่องกรองอากาศเสียหายได้ หากจำเป็นอาจใช้ microincinerator ชนิดไฟฟ้าสำหรับการฆ่าเชื้อที่ห่วงเพาะเชื้อ แต่ควรใช้ห่วงเพาะเชื้อชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง
6. ในการทำงานภายในตู้ปลอดเชื้อ ต้องใช้พื้นที่ช่วงกลางหรือช่วงหลังของตู้ โดยการมองผ่านกระจกด้านหน้า
7. หลีกเลี่ยงการเดินไปมาข้างหลังผู้ปฏิบัติงาน ขณะทำงานกับตู้ปลอดเชื้อ
8. ผู้ปฏิบัติงานกับตู้ปลอดเชื้อ ควรลดหรือจำกัดการยื่นแขนเข้าออกจากตู้
9. ห้ามวางสิ่งของ เช่น กระดาษ ไปเปต กีดขวางตะแกรงลม ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เกิดการปนเปื้อนต่อชิ้นงานและอาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานติดเชื้อได้
10. หลังเสร็จงานทุกครั้งและตอนเย็นของทุกวัน ต้องทำความสะอาดพื้นผิวตู้ปลอดเชื้อ
11. ควรเปิดพัดลมให้ตู้ปลอดเชื้อทำงาน ก่อนและหลังการทำงาน ประมาณ 5 นาที
12. ไม่ควรวางกระดาษภายในตู้ปลอดเชื้อ

ดูข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับตู้ปลอดเชื้อได้จากบทที่ 10

การหลีกเลี่ยงการติดเชื้อจากการกิน การสัมผัสทางผิวหนังและตา

1. หยดน้ำขนาดใหญ่ (เส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 5 ไมครอน) สามารถตกลงโต๊ะทดลองหรือบนมือผู้ปฏิบัติงานได้อย่างรวดเร็ว จึงควรสวมใส่ถุงมือขณะปฏิบัติงาน และหลีกเลี่ยงการสัมผัสปาก ดวงตา และใบหน้าขณะปฏิบัติงาน
2. ห้ามรับประทานหรือเก็บอาหารและดื่มเครื่องดื่มในห้องปฏิบัติการ
3. ขณะปฏิบัติงาน ห้ามนำสิ่งของใดๆ เช่น ปากกา ดินสอ หมากฝรั่ง เข้าปาก
4. ห้ามแต่งหน้าในห้องปฏิบัติการ
5. ควรป้องกันใบหน้า ดวงตา และปากจากการกระเด็นของเชื้อ ขณะปฏิบัติงาน

การหลีกเลี่ยงการติดเชื้อจากการถูกทิ่มแทง

1. ระมัดระวังเศษแก้วแตกทิ่มตำ หากเป็นไปได้ควรใช้อุปกรณ์ที่ทำจากพลาสติก
2. ระมัดระวังการถูกของมีคมบาด เช่น เข็ม ไปเปต หรือเศษแก้ว
3. หลีกเลี่ยงการถูกเข็มทิ่มตำโดย (ก) ลดการใช้กระบอกและเข็มฉีดยา (ข) กรณีจำเป็น ควรใช้กระบอกและเข็มฉีดยาที่มีคุณภาพ
4. ไม่ควรสวมปลอกเข็มฉีดยา เพราะอาจทำให้ถูกทิ่มตำได้ และควรทิ้งเข็มในถังขยะที่มีฝาปิดซึ่งใช้สำหรับทิ้งเข็มโดยเฉพาะ
5. หากเป็นไปได้ควรใช้ไปเปตที่ทำจากพลาสติก

การแยกซีรัม

1. การแยกซีรัมควรทำโดยเจ้าหน้าที่ที่ได้รับการฝึกฝนมาโดยเฉพาะ
2. ควรสวมถุงมือ แว่นตาป้องกัน ในขณะทำงาน
3. เทคนิคทางห้องปฏิบัติการที่ดีสามารถช่วยลดการกระเด็นและการฟุ้งกระจายของละอองของเหลวได้ ควรดูดเลือดและซีรัมโดยใช้ด้วยความระมัดระวัง ห้ามเท และห้ามดูดของเหลวผ่านไปเปตด้วยปาก
4. ไปเปตต้องถูกแช่ในน้ำยาฆ่าเชื้อหลังใช้งานในระยะเวลานานพอสมควรก่อนนำไปทิ้ง หรือล้างแล้วผ่ากระบวนการทำปราศจากเชื้อเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่
5. หลอดตัวอย่างส่งตรวจที่มีก้อนเลือด รวมทั้งฝาปิด ต้องถูกทิ้งในภาชนะที่ไม่รั่วซึม เพื่อการนึ่งฆ่าเชื้อ และ/หรือ เผา
6. ควรเตรียมน้ำยาฆ่าเชื้อไว้ให้พร้อมใช้งาน สำหรับการทำความสะอาด กรณีเกิดการหกหรือกระเด็น (ดูบทที่ 14)

การใช้เครื่องปั่นเหวี่ยง

1. เทคนิคการทำงานที่ดีเป็นพื้นฐานที่สำคัญที่สุดที่ทำให้การใช้งานเครื่องปั่นเหวี่ยงมีความปลอดภัย
2. ควรศึกษาคู่มือการใช้เครื่องปั่นเหวี่ยงแต่ละเครื่อง
3. ควรตั้งเครื่องปั่นเหวี่ยงอยู่ในระดับที่สามารถมองเห็นภายในได้ เพื่อที่จะได้ใส่อุปกรณ์ต่างๆได้อย่างถูกต้อง
4. หลอดที่ใช้กับเครื่องปั่นเหวี่ยงควรทำจากแก้วที่มีความหนาหรือ หากเป็นไปได้ควรทำจากพลาสติก และควรตรวจสอบความชำรุดก่อนใช้
5. หลอดต้องมีฝาปิดสนิท (ควรเป็นฝาเกลียว)
6. การบรรจุหลอด การชั่งสมดุลย์ การปิดและเปิด bucket สำหรับใส่หลอด ต้องทำในตู้ปลอดเชื้อ
7. ชั่งหลอดพร้อมของเหลวภายในเป็นคู่ๆ เพื่อให้น้ำหนักได้สมดุลย์กันในขณะปั่นเหวี่ยง
8. ศึกษาคู่มือการใช้งานเกี่ยวกับขนาดของช่องว่างระหว่างของเหลวและขอบของหลอด
9. สำหรับช่องใน bucket ที่ว่าง ควรใส่หลอดบรรจุน้ำกลั่นหรือแอลกอฮอล์ (propanol, 70%) เพื่อให้น้ำหนักได้ดุลย์กัน ไม่ควรใช้น้ำเกลือหรือ hypochlorite เนื่องจากสารเหล่านี้กัดกร่อน
10. สำหรับการปั่นเหวี่ยงเชื้อโรคในกลุ่มเสี่ยงที่ 3 และ 4 ต้องใช้ bucket ชนิดไม่รั่วซึม
11. หากใช้ rotor ชนิดวางหลอดเอียง ต้องระมัดระวัง ไม่ให้ของเหลวล้น เพราะอาจรั่วหรือหกได้
12. ควรตรวจดูภายในเครื่องปั่นเหวี่ยงทุกๆวัน เพื่อตรวจดูว่ามีเศษวัสดุหรือรอยขีดข่วนภายในหรือไม่ หากพบควรทำการแก้ไขทันที

13. ตรวจดู rotor และ bucket ทุกๆ วันว่ามีการสึกกร่อนหรือรอยร้าวหรือรอยแตกหรือไม่
14. ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ bucket, rotor และเครื่องปั่นเหวี่ยงทุกครั้งหลังใช้งาน
15. หลังใช้งาน ให้คว่ำ bucket เพื่อให้แห้ง
16. เชื้อหรืออนุภาคสามารถถูกขับดันออกมาจากเครื่องปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูงมาก และไม่อาจถูกจับได้หากใช้ตู้ปลอดเชื้อคลาส I หรือ II ในกรณีนี้ให้ใช้ตู้ปลอดเชื้อคลาส III และทำงานด้วยความระมัดระวังและต้องปิดฝาหลอดเสมอ

การใช้เครื่องทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน เครื่องเขย่า เครื่องปั่น และ sonicators

1. ไม่ควรใช้เครื่องทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenizer) ที่ใช้ในครัวเรือน กับงานในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากเครื่องเหล่านั้นอาจรั่วซึมและทำให้เกิดละอองของเหลวฟุ้งกระจายได้
2. ฝาและอุปกรณ์ใดๆต้องอยู่ในสภาพดี ไม่มีตำหนิหรือชำรุด โดยฝาต้องปิดได้พอดี
3. ในขณะใช้เครื่องมือเหล่านี้จะเกิดความดันภายใน ละอองของเหลวซึ่งอาจมีเชื้อโรคปนเปื้อนอาจหลุดลอดออกมาได้โดยเฉพาะจากบริเวณฝาและตัวเครื่อง ตัวเครื่องควรทำจากพลาสติกโดยเฉพาะประเภท polytetrafluoroethylene (PTFE) เนื่องจากวัสดุที่ทำจากแก้ว อาจแตกได้ทำให้บาดมือหรือปลดปล่อยเชื้อออกมา
4. ขณะปฏิบัติงาน ควรเดินเครื่องมือเหล่านี้ภายในตู้พลาสติกใส ซึ่งจะต้องทำความสะอาดและฆ่าเชื้อตู้พลาสติกนี้หลังใช้งานทุกครั้ง หากเป็นไปได้ควรเดินเครื่องภายในตู้ปลอดเชื้อ
5. ควรเปิดฝาเครื่องภายในตู้ปลอดเชื้อ
6. ผู้ปฏิบัติงานควรสวมเครื่องป้องกันหูจากเสียงดัง

การใช้เครื่องบดเนื้อเยื่อ

1. เครื่องบดเนื้อเยื่อที่ทำจากแก้วควรวางอยู่บนกระดาษดูดซับ หากเป็นไปได้ควรใช้เครื่องที่ทำจากพลาสติก PTFE
2. ควรเปิดและเดินเครื่องบดเนื้อเยื่อในตู้ปลอดเชื้อ

การใช้และการดูแลรักษาตู้เย็นและตู้แช่แข็ง

1. ควรทำความสะอาดและละลายน้ำแข็งในตู้เย็น ตู้แช่แข็งและกล่องบรรจุน้ำแข็งแห้งอย่างสม่ำเสมอ สำหรับวัสดุหรือหลอดที่แตกให้นำไปทิ้ง และควรใส่ถุงมือและเครื่องป้องกันใบหน้าขณะทำความสะอาด ภายหลังทำความสะอาดตู้ ควรเช็ดภายในตู้ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ
2. ภาชนะที่อยู่ในตู้เย็นหรือตู้แช่แข็งต้องติดฉลากอย่างถูกต้อง โดยระบุชื่อวิทยาศาสตร์ของของที่บรรจุอยู่ วันที่และชื่อผู้จดบันทึก วัสดุใดๆที่ติดฉลากไม่เหมาะสมหรือไม่ได้ใช้แล้ว ให้นำไปนึ่งฆ่าเชื้อแล้วทิ้ง
3. ต้องจัดทำรายการบันทึกสิ่งของที่อยู่ในตู้เย็นหรือตู้แช่แข็ง

4. ห้ามเก็บวัสดุไวไฟในตู้เย็น ยกเว้นตู้นั้นสามารถป้องกันการระเบิดได้ และต้องทำสัญลักษณ์ไว้หน้าตู้หากมีวัสดุไวไฟอยู่ภายใน

การเปิดกระเปราะบรรจุวัสดุติดเชื้อชนิดดูดแห้ง

การเปิดกระเปราะชนิดดูดแห้งด้วยความเย็นต้องทำด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากความดันภายในอาจจะต่ำกว่าความดันบรรยากาศ และทำให้เกิดการฟุ้งกระจายได้ เพื่อความปลอดภัยจึงควรเปิดกระเปราะภายในตู้ปลอดเชื้อ สำหรับขั้นตอนในการเปิดกระเปราะอย่างปลอดภัยมีดังนี้

1. เช็ดทำความสะอาดขวดด้วยแอลกอฮอล์
2. หากกระเปราะมีสำลีบรรจุอยู่ภายใน ให้ทำเครื่องหมายตำแหน่งของสำลีไว้
3. จับกระเปราะด้วยสำลีชุบแอลกอฮอล์ เพื่อป้องกันกระเปราะแตกบาดมือ
4. หักกระเปราะอย่างระมัดระวัง
5. หากยังมีสำลีค้างอยู่ในกระเปราะ ให้ดึงออกด้วยปากคีบที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อแล้ว
6. เติมสารละลายช้าๆ อย่างระมัดระวัง เพื่อไม่ให้เกิดฟองฟู่

การเก็บรักษากระเปราะบรรจุวัสดุติดเชื้อ

ไม่ควรเก็บกระเปราะบรรจุเชื้อในถังไนโตรเจนเหลว เนื่องจากอาจทำให้กระเปราะแตกหรือระเบิดได้ แต่หากจำเป็น อาจเก็บกระเปราะบรรจุเชื้อในส่วนที่เป็นก๊าซเหนือไนโตรเจนเหลวภายในถัง หรือไม่ก็เก็บในกล่องบรรจุน้ำแข็งแห้ง สำหรับผู้ปฏิบัติงานต้องสวมถุงมือและแว่นป้องกันดวงตาขณะปฏิบัติงานโดยเฉพาะขณะนำกระเปราะออกจากถังความเย็น และทำความสะอาดและเช็ดภายนอกกระเปราะด้วยแอลกอฮอล์ เมื่อนำกระเปราะออกมาจากถัง

ข้อควรระวังเกี่ยวกับเลือด ของเหลวจากร่างกาย เนื้อเยื่อ และสิ่งขับหลั่ง

ข้อควรระวังเหล่านี้ถูกกำหนดเพื่อลดการแพร่กระจายของเชื้อ

การเก็บ การติดฉลาก และการขนส่งตัวอย่าง

1. ดูข้อควรระวังทั่วไปได้จากเอกสารอ้างอิง (2) และใส่ถุงมือทุกครั้งขณะปฏิบัติงาน
2. การเก็บเลือดจากผู้ป่วยหรือสัตว์ป่วย ต้องทำโดยเจ้าหน้าที่ที่มีความรู้ความชำนาญ
3. ควรใช้อุปกรณ์เจาะเลือด เช่น เข็มและกระบอกฉีดยา แบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง อาจใช้อุปกรณ์เก็บเลือดชนิดสูญญากาศ ซึ่งสามารถเก็บเลือดเข้าถุงหรือหลอดเพาะเชื้อโดยตรง
4. วางหลอดในกล่องเพื่อขนส่งไปยังห้องปฏิบัติการ (ดูบทที่ 5) เก็บเอกสารที่เกี่ยวข้องกับตัวอย่างในถุงหรือซองที่กันน้ำได้
5. เจ้าหน้าที่รับตัวอย่างไม่ควรเปิดถุงนี้

การเปิดหลอดบรรจุตัวอย่าง

1. ควรเปิดหลอดบรรจุตัวอย่างในตู้ปลอดเชื้อ
2. สวมถุงมือ แว่นตาป้องกัน ขณะปฏิบัติงาน
3. สวมเสื้อกาวน์และผ้าพลาสติกกันเปื้อนขณะปฏิบัติงาน
4. เก็บเศษแก้วทิ้ง ระวังการกระเด็น

แก้วและวัสดุมีคม

1. ควรใช้วัสดุที่ทำจากพลาสติก หากจำเป็นต้องใช้แก้วควรเลือกใช้แก้วชนิด borosilicate ควรทิ้งวัสดุที่ทำจากแก้วที่ร้าวหรือแตก
2. ห้ามใช้เข็มฉีดยาแทนการใช้ไปเปตในการดูดปล่อยของเหลว

การป้ายสไลด์และการทำฟิล์มเลือดบางเพื่อการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์

การเตรียมตัวอย่าง เช่น เลือด เสมหะ อุจจาระเพื่อการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ เช่นการเตรียมสไลด์ การย้อม ไม่ได้ฆ่าเชื้อโรคหรือไวรัสได้ในทุกกรณี จึงควรจับตัวอย่างด้วยปากคีบ และเก็บอย่างเหมาะสม หากจะทิ้งให้นึ่งฆ่าเชื้อเสียก่อน

เครื่องมือที่ทำงานอัตโนมัติ (sonicators, vortex mixer)

1. เครื่องมือเหล่านี้ควรปิดฝาได้ เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจาย
2. ควรเก็บของเหลวที่ได้ในภาชนะปิดสนิท หากจะทิ้งต้องนึ่งฆ่าเชื้อเสียก่อน
3. ทำความสะอาดเครื่องมือทุกครั้งหลังใช้งาน

เนื้อเยื่อ

1. ควรใช้ฟอร์มาลีนในการถนอมตัวอย่าง
2. หลีกเลี่ยงการทำ frozen sectioning หากจำเป็นควรมีที่บังเครื่อง cryostat และผู้ปฏิบัติงานควรสวมที่ป้องกันใบหน้า สำหรับการขจัดสิ่งปนเปื้อนเครื่องมือเหล่านี้ ควรเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอย่างน้อย 20°C

การขจัดสิ่งปนเปื้อน

ควรใช้น้ำยาไฮโปรคลอไรท์ (hypochlorite) หรือน้ำยาฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูงในการขจัดสิ่งปนเปื้อนหรือการฆ่าเชื้อ สำหรับการใช้งานทั่วไปน้ำยาไฮโปรคลอไรท์ที่เตรียมใหม่ๆ ควรมีคลอรีนในความเข้มข้น 1 กรัม/ลิตร แต่ถ้าเช็ดคราบเลือดที่เกิดจากการหกหล่นควรมีความเข้มข้น 5 กรัม/ลิตร สารกลูตารัลดีไฮด์ (glutaraldehyde) อาจใช้สำหรับการขจัดสิ่งปนเปื้อนที่พื้นผิวได้ (ดูบทที่ 14)

ข้อควรระวังเกี่ยวกับไพรออน (prion)

ไพรออนเป็นสาเหตุของโรคในกลุ่ม Transmissible Spongiform Encephalopathies (TSEs) ได้แก่โรค Creutzfeldt-Jakob disease (CJD), Gerstmann-Sträussler-Scheinker syndrome, fata familial insomnia, โรค kuru ในมนุษย์, โรค scrapie ในแพะแกะ, โรค bovine spongiform encephalopathy (BSE) ในวัว และโรค transmissible encephalopathies ชนิดอื่นๆ ในกวาง กวางเอลค์ (elk) และมิงค์ (mink) แม้ว่าจะพบโรค CJD ในมนุษย์ แต่ยังไม่พบรายงานว่ามีผู้ติดเชื้อจากการทำงานในห้องปฏิบัติการ อย่างไรก็ตามจะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษหากต้องทำงานวัสดุที่มีไพรออน

ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับเชื้อ TSEs ขึ้นกับชนิดของเชื้อและตัวอย่างมี่ศึกษา พบว่าอวัยวะที่มีไพรออนมากที่สุดคือ ระบบประสาทส่วนกลาง อย่างไรก็ตามอาจพบไพรออนได้ที่อวัยวะอื่นๆ เช่น ม้าม ไทมัส ต่อมน้ำเหลือง และปอด จากรายงานล่าสุดพบว่า ไพรออนที่กล้ามเนื้อลิ้นและกล้ามเนื้อลายอาจทำให้เกิดการติดเชื้อได้ (เอกสารอ้างอิงที่ 20-23)

การทำงานกับไพรออน ควรใช้อุปกรณ์ที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง เนื่องจากยังไม่ทราบวิธีทำลายไพรออนอย่างสมบูรณ์ ไม่ว่าจะใช้น้ำยาฆ่าเชื้อหรือการทำให้ปราศจากเชื้อ และต้องระมัดระวังไม่ให้ไพรออนเข้าปากหรือไม่ให้ถูกทิ่มตำขณะปฏิบัติงาน ข้อควรระวังเมื่อต้องทำงานกับไพรออนได้แก่

1. ไม่ควรใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือปะปนกับการทำงานอื่น
2. ขณะปฏิบัติงาน ต้องสวมเสื้อกาวน์และผ้าพลาสติกกันเปื้อน และถุงมือ (สำหรับนักพยาธิวิทยาควรสวมถุงมือเหล็กระหว่างถุงมือยาง)
3. ใช้อุปกรณที่ทำจากพลาสติก แบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง โดยทิ้งในถังขยะแห้ง
4. ไม่ควรใช้เครื่องบดปั่นเนื้อเยื่อ เนื่องจากจะมีปัญหาในการฆ่าเชื้อ
5. ทำงานในตู้ปลอดเชื้อ
6. ระวังการเกิดละอองของเหลว การกิน การถูกบาดหรือทิ่งแทงที่ผิวหนัง
7. พึงระลึกเสมอว่าเนื้อเยื่อที่ถูกถนอมด้วยฟอร์มาลีนยังสามารถทำให้ติดเชื้อได้ แม้จะเก็บไว้นาน
8. สำหรับตัวอย่างทางจุลพยาธิวิทยา ควรถูกทำลายเชื้อด้วยกรดฟอร์มิก (formic acid) 96% นาน 1 ชั่วโมง (เอกสารอ้างอิงที่ 24, 25)
9. ขยะทุกชนิด ซึ่งรวมถึงถุงมือ เสื้อกาวน์ ผ้ากันเปื้อน ต้องถูกนึ่งฆ่าเชื้อที่ 134-137°C นาน 18 นาที หนึ่งรอบ หรือรอบละ 3 นาที 6 รอบต่อเนื่องกัน แล้วตามด้วยการเผาทำลาย
10. อุปกรณ์ที่ต้องนำกลับมาใช้อีก เช่น ถุงมือเหล็ก ต้องทำความสะอาดและขจัดสิ่งปนเปื้อนเสียก่อน
11. ขยะเหลวติดเชื้อที่ปนเปื้อนไพรออน ต้องถูกฆ่าเชื้อด้วย sodium hypochlorite ที่มีคลอรีน 20 กรัม/ลิตร นาน 1 ชั่วโมง

12. ไพรออนไม่ถูกทำลายโดยการรมควันด้วย paraformaldehyde และทนทานต่อแสงอัลตราไวโอเลต อย่างไรก็ตามต้องฆ่าเชื้อตู้ปลอดเชื้อด้วยวิธีมาตรฐานต่างๆ (ได้แก่ ก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์) เพื่อฆ่าเชื้อชนิดอื่นๆ
13. ตู้ปลอดเชื้อหรืออุปกรณ์อื่นๆ ที่ปนเปื้อนเชื้อไพรออน สามารถใช้ sodium hypochlorite ที่มีคลอรีน 20 กรัม/ลิตร (2%) นาน 1 ชั่วโมง ในการฆ่าเชื้อได้
14. เครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงต้องถูกเผาทำลายที่อุณหภูมิขั้นต่ำ 1000°C ภายหลังถอดออก สำหรับขั้นตอนก่อนการเผาทำลาย มีดังนี้
    ก. สเปรย์เครื่องกรองอากาศด้วยน้ำยาเคลือบเงาผม
    ข. คลุมเครื่องกรองอากาศด้วยถุง
    ค. ถอดเครื่องกรองอากาศออก ระวังไม่ให้ฝาด้านหลังปนเปื้อน
15. เครื่องมือต่างๆต้องถูกแช่ใน sodium hypochlorite ที่มีคลอรีน 20 กรัม/ลิตร (2%) นาน 1 ชั่วโมง และล้างด้วยน้ำสะอาดก่อนการนึ่งฆ่าเชื้อ
16. เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ไม่สามารถนึ่งฆ่าเชื้อได้ ต้องถูกล้างหลายๆครั้งด้วย sodium hypochlorite ที่มีคลอรีน 20 กรัม/ลิตร (2%) นาน 1 ชั่วโมง และล้างด้วยน้ำสะอาด

ดูข้อมูลเพิ่มเติมจากเอกสารอ้างอิง (12) (26) และ (27)

13. แผนเฝ้าระวังและมาตรการฉุกเฉิน

ห้องปฏิบัติการทุกแห่งที่ทำงานกับเชื้อโรคควรทำแผนหรือมาตรการในการทำงานกับเชื้อหรือกับสัตว์ที่มีเชื้อโรคเหล่านั้น แผนเฝ้าระวังเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับห้องปฏิบัติการและสถานที่เลี้ยงสัตว์ทดลองที่ทำงานหรือเก็บเชื้อโรคในกลุ่มเสี่ยงที่ 3 หรือ 4

แผนเฝ้าระวัง

แผนเฝ้าระวังควรมีมาตรการการปฏิบัติสำหรับสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

1. ภัยพิบัติหรือภัยธรรมชาติ เช่น ไฟไหม้ น้ำท่วม แผ่นดินไหว การระเบิด
2. การประเมินความเสี่ยงทางชีวภาพ
3. การจัดการเมื่อเกิดอุบัติเหตุจากการสัมผัสเชื้อและวิธีการขจัดสิ่งปนเปื้อน
4. การอพยพคนและสัตว์ฉุกเฉิน
5. การรักษาผู้ป่วยฉุกเฉิน
6. การสำรวจโรค
7. การจัดการผู้ติดเชื้อ
8. การสอบสวนทางระบาดวิทยา
9. มาตรการต่อเนื่องหลังเกิดอุบัติเหตุ

การพัฒนาแผนควรคำนึงถึงสิ่งต่างๆต่อไปนี้

1. การจัดจำแนกเชื้อโรคกลุ่มเสี่ยง
2. บริเวณเสี่ยง เช่น ห้องปฏิบัติการ ห้องเก็บของ คอกสัตว์
3. การจัดจำแนกเจ้าหน้าที่กลุ่มเสี่ยง
4. การจัดจำแนกบุคลากรและงานที่รับผิดชอบ เช่น เจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ แพทย์ นักจุลชีววิทยา สัตวแพทย์ นักระบาดวิทยา พนักงานดับเพลิง
5. บัญชีรายชื่อสถานพยาบาลที่สามารถรับผู้ป่วยกรณีที่ติดเชื้อหรือเกิดเหตุฉุกเฉิน
6. การเคลื่อนย้ายผู้ป่วยหรือผู้ติดเชื้อ
7. บัญชีรายชื่อซีรัม วัคซีน ยา และอุปกรณ์พิเศษอื่นๆ
8. อุปกรณ์ฉุกเฉิน เช่น เสื้อป้องกันอันตราย น้ำยาฆ่าเชื้อ ชุดทำความสะอาดสารเคมีหรือเชื้อโรคที่หก และอื่นๆ

มาตรการฉุกเฉิน

บาดแผลถูกบาด แทง หรือแผลถลอก

ผู้ป่วยควรถอดเสื้อป้องกันอันตรายออก แล้วล้างมือ และส่วนของร่างกายที่บาดเจ็บ แล้วทายาฆ่าเชื้อ และปรึกษาแพทย์ ควรรายงานสาเหตุของแผลหรือเชื้อที่สัมผัสให้แพทย์ทราบด้วย

การติดเชื้อโรคจากการกิน

ผู้ป่วยควรถอดเสื้อป้องกันอันตรายออก ไปพบแพทย์ พร้อมรายงานสิ่งที่กินเข้าไปให้แพทย์ทราบ

การฟุ้งกระจายของละอองของเหลวติดเชื้อ (ภายนอกตู้ปลอดเชื้อ)

ต้องอพยพเจ้าหน้าที่ทุกคนจากสถานที่เกิดเหตุโดยด่วน และนำผู้ป่วยไปพบแพทย์ ห้ามผู้ใดเข้าสถานที่เกิดเหตุ (ประมาณ 1-24 ชั่วโมง) เพื่อให้เชื้อโรคที่อยู่ในอากาศถูกระบายออกไป และติดป้ายห้ามเข้า ควรใช้น้ำยาฆ่าเชื้อหรือวิธีการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม

อุบัติเหตุจากเชื้อหกหล่นหรือภาชนะบรรจุเชื้อแตก

ปิดหรือคลุมบริเวณที่เชื้อหกด้วยกระดาษซับ และเทน้ำยาฆ่าเชื้อแล้วทิ้งไว้ระยะหนึ่ง แล้วจึงทำความสะอาดบริเวณที่เชื้อโรคหก หากมีเศษแก้วแตกต้องใช้ปากคีบหยิบออก แล้วเช็ดบริเวณที่เชื้อหกด้วยน้ำยาฆ่าเชื้ออีกครั้ง หากใช้ที่ตักผงในการเก็บเศษแก้ว ต้องนึ่งฆ่าเชื้อและแช่ที่ตักผงนั้นในน้ำยาฆ่าเชื้อด้วย กระดาษซับหรือผ้าที่ใช้เช็ดเชื้อโรคต้องถูกทิ้งในถังขยะติดเชื้อ และต้องใส่ถุงมือขณะทำความสะอาด

หากเชื้อโรคหกใส่เอกสาร ต้องคัดลอกข้อมูลใส่เอกสารใหม่แล้วทำลายเอกสารชุดเดิม

อุบัติเหตุจากหลอดทดลองบรรจุเชื้อโรคแตกในเครื่องปั่นเหวี่ยง

หากเกิดอุบัติเหตุจากหลอดทดลองบรรจุเชื้อโรคแตกในเครื่องปั่นเหวี่ยงในขณะเครื่องทำงาน ให้ปิดเครื่องทันทีและปิดฝาไว้ก่อน (ประมาณ 30 นาที) หากหลอดแตกหลังปิดการทำงานของเครื่องแล้ว ให้ปิดฝาไว้ทันที และปิดฝาทิ้งไว้ (30 นาที) ควรสวมถุงมือยางหนาๆอีกชั้นหนึ่งภายนอกถุงมือยางธรรมดาขณะความสะอาด และใช้ปากคีบหยิบเศษแก้วแตก และแช่เศษแก้วแตก รวมทั้ง bucket และ rotor ในน้ำยาฆ่าเชื้อที่เหมาะสม (ดูบทที่ 14) อาจแยกหลอดที่ยังไม่แตกและจุกหรือฝาไว้อีกที่ สำหรับภายในเครื่องปั่นเหวี่ยง ให้เช็ดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 2 ครั้ง และเช็ดด้วยน้ำสะอาดแล้วปล่อยทิ้งไว้ให้แห้ง ทิ้งวัสดุทุกชนิดในถังขยะติดเชื้อ

อุบัติเหตุจากหลอดทดลองบรรจุเชื้อโรคแตกในเครื่องปั่นเหวี่ยงชนิดไม่รั่วซึม

การบรรจุหลอดทดลองและการเอาหลอดออกจากเครื่องปั่นเหวี่ยงควรทำในตู้ปลอดเชื้อ หากมีอุบัติเหตุหลอดทดลองแตก ให้นึ่งฆ่าเชื้อชิ้นส่วนของเครื่องหรืออาจแช่ในน้ำยาฆ่าเชื้อ

ไฟไหม้และภัยธรรมชาติ

แผนกดับเพลิงควรมีส่วนร่วมในการพัฒนาแผนฉุกเฉิน และควรแจ้งแผนกอัคคีภัยทราบว่าห้องใดมีหรือเก็บเชื้อโรค เจ้าหน้าที่ในแผนกอัคคีภัยควรคุ้นเคยกับผังห้องและอุปกรณ์ภายในห้องต่างๆ หากเกิดภัยธรรมชาติ ควรแจ้งหน่วยงานราชการให้ทราบว่ามีเชื้อโรคเก็บอยู่ในห้องปฏิบัติการ เชื้อเหล่านี้ต้องถูกเก็บในกล่องหรือภาชนะไม่รั่วซึม

แผนกฉุกเฉิน

ควรมีเบอร์โทรศัพท์และที่อยู่ข้างล่างนี้แสดงไว้อย่างชัดเจน

1. เบอร์และที่อยู่ของหน่วยงานเอง
2. ผู้อำนวยการสถาบัน
3. หัวหน้าห้องปฏิบัติการ
4. เจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ
5. แผนกดับเพลิง
6. โรงพยาบาล รถพยาบาล และแพทย์ (ชื่อ และแผนก)
7. ตำรวจ
8. เจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ของสถาบัน
9. ช่างเทคนิคที่เกี่ยวข้อง
10. แผนกน้ำ ก๊าซ และไฟฟ้า

อุปกรณ์ฉุกเฉิน

1. ชุดปฐมพยาบาล
2. ถังดับเพลิง และอุปกรณ์ดับเพลิงต่างๆ

สำหรับอุปกรณ์ข้างล่างนี้อาจเตรียมไว้

1. ชุดป้องกันอันตรายชนิดคลุมทั้งตัว ถุงมือ หมวก
2. เครื่องช่วยหายใจ พร้อมหน้ากากกรองสารพิษ
3. น้ำยาฆ่าเชื้อ เช่น ชนิดสเปรย์ ฟอร์มัลดีไฮด์
4. เปลหามผู้ป่วย
5. อุปกรณ์ต่างๆ เช่น ฆ้อน ขวาน ประแจ สว่าน กระได เชือก

6. ป้ายหรือเทปกั้นสำหรับบริเวณห้ามเข้า

ดูข้อมูลเพิ่มเติมที่เอกสารอ้างอิง (12) และ (28)

14. การฆ่าเชื้อและการทำปราศจากเชื้อ

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการฆ่าเชื้อและการทำปราศจากเชื้อมีความจำเป็นต่อความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ วัสดุหรืออุปกรณ์ที่ปนเปื้อนจำเป็นต้องถูกทำความสะอาดขั้นต้นก่อนฆ่าเชื้อหรือทำปราศจากเชื้อ ขั้นตอนข้างล่างสามารถใช้กับการฆ่าเชื้อทั่วๆ ไป

คำนิยาม

Antimicrobial-สารเคมีที่ฆ่าหรือยับยั้งการเจิญของเชื้อ

Antiseptic-สารเคมีที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อโดยไม่จำเป็นต้องฆ่าเชื้อนั้น โดยทั่วไปใช้กับผิวหนังภายนอกร่างกาย

Biocide-สารหรือสิ่งใดก็ตามที่ฆ่าเชื้อ

Chemical germicide-สารเคมีที่ฆ่าเชื้อ

Decontamination-การขจัดสิ่งปนเปื้อน กระบวนการลดหรือฆ่าเชื้อ นอกจากนี้ยังหมายถึงกระบวนการลดหรือทำให้สารเคมีและสารรังสีอ่อนกำลังลง

Disinfectant-สารเคมีที่ฆ่าเชื้อ แต่ไม่ทำลายสปอร์ ส่วนใหญ่ใช้กับพื้นผิววัสดุ

Disinfection-การฆ่าเชื้อ วิธีทางกายภาพหรือเคมีในการฆ่าเชื้อ แต่ไม่ทำลายสปอร์

Microbicide-สารเคมีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ โดยทั่วไปใช้คำนี้แทนคำว่า biocide, chemical germicide หรือ antimicrobial

Sporocide-สารเคมีที่ใช้ฆ่าเชื้อและสปอร์

Sterilization-การทำปราศจากเชื้อ กระบวนการฆ่า และ/หรือ ทำลายเชื้อและสปอร์ทุกชนิด

การทำความสะอาดวัสดุในห้องปฏิบัติการ

การทำความสะอาด คือการกำจัดสิ่งสกปรก คราบและสารอินทรีย์ ได้แก่ การขัดด้วยแปรง การดูดฝุ่น การซัก การถูพื้นด้วยน้ำผสมสบู่หรือผงซักฟอก สารอินทรีย์ ดินและฝุ่นสามารถยับยั้งการสัมผัสเชื้อของน้ำยาฆ่าเชื้อได้ ดังนั้นการทำความสะอาดขั้นต้นก่อนที่จะทำการฆ่าเชื้อหรือการทำปราศจากเชื้อจึงมีความจำเป็น แต่ต้องระมัดระวังไม่ให้ร่างกายสัมผัสกับเชื้อโรคในขณะทำความสะอาด

สารเคมีฆ่าเชื้อ

สารเคมีหลายชนิดถูกนำมาใช้เป็น disinfectant และ/หรือ antiseptic ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพิจารณาเลือกสารเคมีให้ถูกต้องกับความต้องการ โดยปกติสารเคมีเหล่านี้จะออกฤทธิ์ที่อุณหภูมิสูง แต่ในขณะเดียวกันอุณหภูมิที่สูงก็เร่งการระเหยและทำลายสารเคมีเหล่านี้ การใช้รวมถึงการเก็บสารเคมี

เหล่านี้จึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ นอกจากนี้สารเคมีหลายชนิดก็มีพิษทั้งต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม จึงต้องใช้ เก็บ และกำจัดสารเคมีเหล่านี้อย่างระมัดระวังเช่นกัน โดยต้องสวมถุงมือ ผ้าพลาสติกกันเปื้อน และแว่นตาขณะทำงาน โดยปกติไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีเหล่านี้ในการฆ่าเชื้อที่พื้น ผนัง และอุปกรณ์ ยกเว้นกรณีเพื่อควบคุมโรคระบาด อย่างไรก็ตามควรใช้สารเคมีเหล่านี้เท่าที่จำเป็น เพื่อการประหยัดและรักษาสภาพแวดล้อม ความเข้มข้นสารเคมีข้างล่างนี้ คือ น้ำหนัก/ปริมาตร (w/v) ตารางที่ 12 สรุปความเข้มข้นของสารประกอบคลอรีนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจุลชีพ

ตารางที่ 12 ความเข้มข้นของสารประกอบคลอรีนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจุลชีพ

	ในสภาพสะอาด[ก]	ในสภาพสกปรก[ข]
ปริมาณคลอรีนที่ต้องการ	0.1% (1 กรัม/ลิตร)	0.5% (5 กรัม/ลิตร)
สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (มีคลอรีน 5%)	20 มิลลิลิตร/ลิตร	100 มิลลิลิตร/ลิตร
สารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ (มีคลอรีน 7%)	1.4 กรัม/ลิตร	7.0 กรัม/ลิตร
ผงโซเดียมไดคลอโรไอโซไซยานูเรต (มีคลอรีน 60%)	1.7 กรัม/ลิตร	8.5 กรัม/ลิตร
โซเดียมไดคลอโรไอโซไซยานูเรตชนิดเม็ด (มีคลอรีน 1.5 กรัม/เม็ด)	1 เม็ด/ลิตร	4 เม็ด/ลิตร
คลอรามีน (มีคลอรีน 25%)[ก]	20 กรัม/ลิตร	20 กรัม/ลิตร

[ก]หลังการทำความสะอาดขั้นต้น

[ข]สำหรับฉีดให้ท่วม เช่น บนเลือด หรือหลังการทำความสะอาดขั้นต้น

[ก]ดูในเนื้อหา

คลอรีน (chlorine) โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (sodium hypochlorite)

คลอรีนเป็นสารออกซิแดนซ์ออกฤทธิ์เร็วที่ใช้อย่างกว้างขวางในการฆ่าเชื้อจุลชีพ ส่วนใหญ่จำหน่ายในรูปที่เรียกว่า bleach ซึ่งก็คือสารละลายของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) ซึ่งสามารถนำมาละลายให้ได้ความเข้นข้นที่ต้องการ

คลอรีนโดยเฉพาะในรูป bleach นี้มีความเป็นด่างมากและสามารถกัดกร่อนโลหะได้ การออกฤทธิ์สามารถถูกยับยั้งได้โดยสารอินทรีย์ (โปรตีน) การเก็บหรือการละลาย bleach ในภาชนะเปิดโดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง ทำให้ก๊าซคลอรีนถูกปลดปล่อยออกมา ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อลดลง โดยปกติควรเปลี่ยนสารละลายคลอรีนใหม่ทุกวันหากมีสารอินทรีย์จำนวนมากลงไปปนเปื้อน แต่หากมีสารอินทรีย์เล็กน้อยก็สามารถใช้สารละลายคลอรีนนั้นได้ประมาณหนึ่งสัปดาห์

ความเข้มข้นของสารละลายคลอรีนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจุลชีพในห้องปฏิบัติการ ควรมีปริมาณ

คลอรีน 1 กรัม/ลิตร หากใช้ในการทำความสะอาดเชื้อโรคอันตรายที่หก ควรมีความเข้มข้น 5 กรัม/ลิตร หรือใช้เมื่อมีสารอินทรีย์ปริมาณมาก ดังนั้นสำหรับ bleach หรือโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ซึ่งมีคลอรีน 50 กรัม/ลิตร ต้องถูกเจือจาง 1:50 หรือ 1:10 เพื่อให้ได้ความเข้มข้น 1 กรัม/ลิตร หรือ 5 กรัม/ลิตร ตามลำดับ สำหรับ bleach ที่ใช้ในอุตสาหกรรมซึ่งมีความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 120 กรัม/ลิตร ต้องถูกเจือจางมากขึ้น เพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ

แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ ($Ca(ClO)_2$) ชนิดแกรนูลหรือเม็ด โดยปกติมีคลอรีน 70% ดังนั้น สารละลายที่เตรียมจากแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ทั้งชนิดแกรนูลหรือเม็ด ที่ 1.4 กรัม/ลิตร และ 7.0 กรัม/ลิตร จึงมีคลอรีน 1 กรัม/ลิตร และ 5 กรัม/ลิตร ตามลำดับ

ไม่แนะนำให้ใช้ bleach เป็น antiseptic แต่อาจใช้เป็น disinfectant และใช้ราดบนวัสดุที่ปราศจากโลหะ ในกรณีฉุกเฉินสามารถใช้ bleach ที่ความเข้มข้นคลอรีน 1-2 มิลลิกรัม/ลิตร ในการฆ่าเชื้อในน้ำดื่ม

ก๊าซคลอรีนมีความเป็นพิษสูง ดังนั้นจึงต้องใช้และเก็บ bleach ในสถานที่ที่อากาศถ่ายเทสะดวก และห้ามผสมกรดลงใน bleach เพื่อยับยั้งการปล่อยก๊าซคลอรีน คลอรีนมีพิษทั้งต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงควรลดการใช้เท่าที่จำเป็น

โซเดียมไดคลอโรไอโซไซยานูเรต (sodium dichloroisocyanurate)

โซเดียมไดคลอโรไอโซไซยานูเรต (NaDCC) ในรูปผงมีคลอรีน 60% ดังนั้นสารละลายที่เตรียมจาก NaDCC ที่ 1.7 กรัม/ลิตร และ 8.5 กรัม/ลิตร จึงมีคลอรีน 1 กรัม/ลิตรและ 5 กรัม/ลิตร ตามลำดับ สำหรับ NaDCC ชนิดเม็ดมีคลอรีน 1.5 กรัมต่อเม็ด ดังนั้นหากใช้หนึ่งหรือสี่เม็ดละลายน้ำ 1 ลิตรจะให้ความเข้มข้น 1 กรัม/ลิตรและ 5 กรัม/ลิตร ตามลำดับ NaDCC ทั้งในรูปเม็ดและผงใช้ง่ายและง่ายต่อการเก็บรักษา สำหรับเลือดหรือเชื้ออันตรายที่หกบนพื้นสามารถราดด้วย NaDCC แล้วทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาทีก่อนล้างออก แล้วจึงทำความสะอาดตามปกติอีกครั้ง

คลอรามีน (chloramine)

คลอรามีนอยู่ในรูปผงมีคลอรีน 25% คลอรามีนปลดปล่อยคลอรีนช้ากว่าไฮโปคลอไรท์ ดังนั้นจึงต้องใช้ความเข้มข้นมากกว่าไฮโปคลอไรท์ แต่ในทางตรงกันข้าม คลอรามีนไม่ถูกทำให้อ่อนแรงโดยสารอินทรีย์ และแนะนำให้ใช้ความเข้มข้น 20 กรัม/ลิตร ทั้งในสภาพสะอาดและสกปรก

คลอรามีนไม่มีกลิ่น อย่างไรก็ตามต้องล้างวัสดุที่ราดด้วยคลอรามีนให้สะอาดเพื่อขจัดสารตกค้างในผงคลอรามีนที (sodium tosylchloramine)

คลอรีนไดออกไซด์ (chlorine dioxide)

คลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) เป็นยาฆ่าเชื้อที่เป็น oxidizer ที่ออกฤทธิ์เร็วและรุนแรง ส่วนใหญ่ใช้ความเข้มข้นต่ำกว่า bleach คลอรีนไดออกไซด์ไม่เสถียรในสภาพก๊าซและแตกตัวให้ก๊าซคลอรีน

(Cl_2) ก๊าซออกซิเจน (O_2) และความร้อน อย่างไรก็ตามคลอรีนไดออกไซด์ละลายน้ำและเสถียรในรูปสารละลาย วิธีเตรียมคลอรีนไดออกไซด์ทำได้สองวิธี (1) โดยผสมกรดไฮโดรคลอริก (HCl) กับโซเดียมคลอไรท์ ($NaClO_2$) และ (2) สั่งซื้อในรูปที่เสถียร

คลอรีนไดออกไซด์เป็นออกซิแดนซ์ที่ใช้มากที่สุด สำหรับโอโซนและคลอรีนเกิดปฏิกิริยาต่อสารต่างๆมากกว่าคลอรีนไดออกไซด์และถูกทำให้อ่อนแรงโดยสารอินทรีย์ อย่างไรก็ตามคลอรีนไดออกไซด์เกิดปฏิกิริยากับสารประกอบกำมะถัน กับเอมีนชนิดทุติยภูมิและตติยภูมิและกับสารประกอบอินทรีย์บางชนิด ดังนั้นจึงเกิดสารตกค้างที่เสถียรเมื่อใช้คลอรีนไดออกไซด์แม้ที่ปริมาณน้อยๆ เมื่อเปรียบเทียบกับคลอรีนหรือโอโซน ในสภาพที่มีสารอินทรีย์คลอรีนไดออกไซด์จึงมีประสิทธิภาพดีกว่าโอโซนและคลอรีน

ฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde)

ฟอร์มัลดีไฮด์ (HCHO) เป็นก๊าซที่ฆ่าเชื้อจุลชีพและสปอร์ได้ทุกชนิดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส แต่ไม่มีฤทธิ์ต่อไพรออน

ฟอร์มัลดีไฮด์ออกฤทธิ์ช้าๆ และต้องการความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70% ในท้องตลาดอยู่ในรูปโพลีเมอร์ที่เป็นของแข็งที่เป็นเกร็ดหรือเม็ด ซึ่งก็คือ พาราฟอร์มัลดีไฮด์ หรือในรูปฟอร์มาลีน ซึ่งเป็นสารละลายของก๊าซในน้ำที่ความเข้มข้นประมาณ 370 กรัม/ลิตร (37%) ซึ่งมีเมทานอล (100 มิลลิลิตร/ลิตร) เป็นสารรักษาความเสถียร ทั้งสองรูปเมื่อให้ความร้อนจะปลดปล่อยก๊าซ ซึ่งมีฤทธิ์ทั้งการขจัดสิ่งปนเปื้อนและการฆ่าเชื้อในห้องหรือภาชนะปิด เช่น ตู้ปลอดเชื้อ อาจใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ (5% ฟอร์มาลีนในน้ำ) ในการฆ่าเชื้อก็ได้

ฟอร์มัลดีไฮด์อาจทำให้เกิดมะเร็ง เป็นก๊าซที่ระคายเคืองต่อตาและเยื่อเมือก เป็นอันตราย และมีกลิ่นรุนแรง จึงต้องถูกเก็บและใช้ในตู้ดูดควันหรือในที่อากาศถ่ายเท และการใช้จะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยทางสารเคมีระดับชาติอย่างเคร่งครัด

กลูตารัลดีไฮด์ (glutaraldehyde)

กลูตารัลดีไฮด์ ($OHC(CH_2)_3CHO$) เหมือนฟอร์มัลดีไฮด์ กล่าวคือ ออกฤทธิ์ต่อแบคทีเรียสปอร์ เชื้อรา และไวรัสทั้งชนิดที่มีและไม่มีไขมัน กลูตารัลดีไฮด์ไม่กัดกร่อน และออกฤทธิ์เร็วกว่าฟอร์มัลดีไฮด์ อย่างไรก็ตามต้องใช้เวลาหลายชั่วโมงในการฆ่าสปอร์ของแบคทีเรีย

โดยปกติกลูตารัลดีไฮด์อยู่ในรูปสารละลายที่ความเข้นข้นประมาณ 20 กรัม/ลิตร (2%) และบางผลิตภัณฑ์ต้องถูกกระตุ้น (ทำให้เป็นด่าง) ก่อนการใช้ โดยการเติมสารประกอบไบคาร์บอเนต สารละลายที่ถูกกระตุ้นแล้วนี้สามารถใช้และนำกลับมาใช้ใหม่ได้ 1-4 สัปดาห์ขึ้นกับสูตร ชนิดและความถี่ของการใช้ บางผลิตภัณฑ์มีแต่ข้อบ่งชี้หยาบๆเกี่ยวกับระดับของกลูตารัลดีไฮด์ในสารละลายและกลูตารัลดีไฮด์ควรถูกทิ้งหากขุ่น

กลูตารัลดีไฮด์เป็นพิษและระคายเคืองต่อผิวหนังและเยื่อเมือก ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการสัมผัส และต้องใช้ในตู้ดูดควันหรือในสถานที่ที่อากาศถ่ายเทดี ไม่แนะนำให้ใช้สเปรย์หรือสารละลาย สำหรับการ decomtamination พื้นผิวของสิ่งแวดล้อม และการใช้จะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนด ด้านความปลอดภัยทางสารเคมีระดับชาติอย่างเคร่งครัด

สารประกอบฟีนอล (phenolic compounds)

สารประกอบฟีนอลเป็นสารเคมีกลุ่มใหญ่ และเป็นสารฆ่าเชื้อในยุคแรกๆ อย่างไรก็ตามปัจจุบันถูก จำกัดการใช้ลงเนื่องจากปัญหาเรื่องความปลอดภัย ฟีนอลออกฤทธิ์ต่อแบคทีเรีย และไวรัสชนิดที่มี ไขมัน และที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมสามารถออกฤทธิ์ต่อ mycobacteria ด้วย แต่ไม่ออกฤทธิ์ต่อ สปอร์และมีผลไม่แน่นอนต่อไวรัสชนิดไม่มีไขมัน ผลิตภัณฑ์ฟีนอลหลายชนิดใช้ในการ decontamination พื้นผิวของสิ่งแวดล้อม และบางชนิด เช่นไตรโคลซาน (triclosan) และคลอ รอกซีลีนอล (chloroxylenol) ใช้เป็น antiseptic

ไตรโคลซานเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการล้างมือ มีฤทธิ์ต่อแบคทีเรีย และปลอดภัยต่อผิวหนังและ เยื่อเมือก อย่างไรก็ตามจากการศึกษาทางห้องปฏิบัติการ พบว่า แบคทีเรียที่ทนต่อไตรโคลซานที่ ความเข้มข้นต่ำจะทนต่อยาปฏิชีวนะบางชนิดด้วย แต่ยังไม่ทราบความสำคัญของการค้นพบนี้ใน ท้องที่

สารประกอบฟีนอลบางชนิดไวและสามารถถูกทำให้อ่อนกำลังโดยความกระด้างของน้ำ ดังนั้น จึงต้องถูกเจือจางด้วยน้ำกลั่นหรือน้ำที่ปราศจากไอออน

ไม่แนะนำให้ใช้สารประกอบฟีนอลกับพื้นผิวที่จะสัมผัสกับอาหารหรือในสถานที่ที่มีเด็กเล็ก สารเหล่านี้อาจถูกดูดซับโดยยางและสามารถแทรกซึมผ่านผิวหนังได้ และการใช้จะต้องปฏิบัติตาม ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยทางสารเคมีระดับชาติอย่างเคร่งครัด

สารประกอบควอเตอนารีแอมโนเนียม

สารประกอบควอเตอนารีแอมโนเนียม (quaternary ammonium compounds) มีหลายชนิด อยู่ ในรูปสารผสมและมักใช้ในการฆ่าเชื้อร่วมกับยาฆ่าเชื้อชนิดอื่น โดยออกฤทธิ์ดีต่อแบคทีเรียและ ไวรัสชนิดมีไขมัน และบางชนิด เช่น เบนซาโกเนียมคลอไรด์ (benzakonium chloride) ถูกใช้ เป็น antiseptic

การออกฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อของสารประกอบควอเตอนารีแอมโมเนียมบางชนิดลดลงอย่างมาก โดยสารอินทรีย์ ความกระด้างของน้ำและ anionic detergents ดังนั้นจึงต้องเลือกสารเคมีที่เข้ากัน ได้ในการทำความสะอาดขั้นแรก เมื่อจะใช้สารประกอบควอเตอนารีแอมโมเนียมในการ disinfect-tion แบคทีเรียที่เป็นอันตรายสามารถเจริญเติบโตได้ในสารละลายของสารประกอบควอเตอนารี แอมโมเนียม และสารเคมีชนิดนี้อาจสะสมในสิ่งแวดล้อมเนื่องจากถูกย่อยสลายได้ช้า

แอลกอฮอล์

เอทานอล (ethanol หรือ ethyl alcohol, C_2H_5OH) และ 2-propanol (isopropyl alcohol, $(CH_3)_2CHOH$) มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันในการเป็น disinfectant ซึ่งออกฤทธิ์ต่อแบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัสชนิดมีไขมัน แต่ไม่ออกฤทธิ์ต่อสปอร์ และให้ผลการออกฤทธิ์ไม่แน่นอนต่อไวรัสชนิดไม่มีไขมัน ควรใช้แอลกอฮอล์ที่ความเข้นข้นประมาณ 70% (v/v) ในน้ำเพื่อประสิทธิภาพสูงสุด ที่ความเข้นข้นสูงหรือต่ำกว่านี้อาจไม่มีผลในการฆ่าเชื้อ ข้อดีอย่างหนึ่งของแอลกอฮอล์คือไม่มีสารตกค้างอยู่บนวัสดุที่ใช้

สารผสมหลายชนิดมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้แอลกอฮอล์เพียงอย่างเดียว เช่น 70% (v/v) แอลกอฮอล์ ผสมกับ ฟอร์มัลดีไฮด์ 100 กรัม/ลิตร และแอลกอฮอล์ผสมคลอรีนในปริมาณ 2 กรัม/ลิตร สำหรับสารละลายเอทานอล 70% (v/v) สามารถใช้ได้กับผิวหนัง พื้นผิวบนโต๊ะในห้องปฏิบัติการและในตู้ปลอดเชื้อ และใช้แช่อุปกรณ์ผ่าตัดได้ ปกติเอทานอลจะมี emollients ผสมอยู่เนื่องจากเอทานอลทำให้ผิวหนังแห้ง สำหรับการขัดถูมือแนะนำให้ใช้น้ำยาที่ผสมแอลกอฮอล์ อย่างไรก็ตามควรจำไว้ว่าเอทานอลไม่มีผลต่อสปอร์และไม่สามารถฆ่าไวรัสชนิดไม่มีไขมันได้

แอลกอฮอล์ระเหยได้และไวไฟ จึงต้องไม่ใช้ใกล้เปลวไฟ จึงควรเก็บสารละลายพร้อมใช้งานในภาชนะปิดสนิทเพื่อป้องกันการระเหย แอลกอฮอล์อาจทำให้ยางแข็งขึ้น และละลายกาวบางชนิดได้ การทำบัญชีรายชื่อและการเก็บเอทานอลในห้องปฏิบัติการที่เหมาะสมมีความสำคัญมาก เพื่อป้องกันการใช้ไปในวัตถุประสงค์อื่นนอกจาก disinfection และขวดที่บรรจุแอลกอฮอล์ต้องมีฉลากชัดเจนเพื่อป้องกันการถูกนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ

ไอโอดีนและไอโอโดฟอร์ (iodine และ iodophors)

การออกฤทธิ์ของ disinfectants ชนิดนี้คล้ายๆ กับคลอรีน แม้ว่ามันถูกทำให้อ่อนกำลังด้วยสารอินทรีย์ได้น้อยกว่าคลอรีน ไอโอดีนมีสีจึงทำให้ผ้าและพื้นผิวต่างๆ เปอะเปื้อนได้ โดยปกติจึงไม่เหมาะสมในการใช้เป็น disinfectant ในทางตรงข้ามไอโอโดฟอร์และทิงเจอร์ไอโอดีนเป็น antiseptic ที่ดี สำหรับโพลีวิโดนไอโอดีนมีความปลอดภัยและใช้ในการขัดมือและทำความสะอาดผิวหนังก่อนผ่าตัด ไม่ควรใช้ไอโอดีนกับอุปกรณ์ทางการแพทย์และทางทันตกรรม และไม่ควรใช้ไอโอดีบนอะลูมิเนียมและทองแดง

ไอโอดีนมีพิษ ผลิตภัณฑ์ที่มีไอโอดีนต้องถูกเก็บที่ 4-10 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่เป็นอันตราย

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเปอร์แอซิด

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2) และเปอร์แอซิด (peracids) เป็นออกซิแดนซ์อย่างแรงและฆ่าเชื้อวงกว้าง และปลอดภัยต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมมากกว่าคลอรีน

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อยู่ในรูปพร้อมใช้งานคือมีเป็นสารละลาย 3% หรือในรูปสารละลาย 30% ซึ่งต้องถูกเจือจาง 5-10 เท่าด้วยน้ำปราศจากเชื้อ อย่างไรก็ตาม สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3-6% อย่างเดียวมีปฏิกิริยาช้าและฆ่าเชื้อได้จำกัด ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ในปัจจุบันจึงมีส่วนประกอบอื่น ซึ่งทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เสถียรขึ้น เร่งปฏิกิริยาในการฆ่าเชื้อและลดการกัดกร่อน

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถใช้ในการขจัดสิ่งปนเปื้อนบนโต๊ะปฏิบัติการและตู้ปลอดเชื้อ และสารละลายที่เข้มข้นขึ้นสามารถใช้ในการฆ่าเชื้ออุปกรณ์ทางการแพทย์และทางทันตกรรมที่ไม่ทนความร้อน สำหรับการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ชนิดระเหยได้หรือกรดเปอร์อะซิติก (CH_3COOOH) ในการฆ่าเชื้ออุปกรณ์ทางการแพทย์และทางทันตกรรมที่ไม่ทนความร้อนนั้น ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเปอร์แอซิดกัดกร่อนโลหะ เช่น อะลูมิเนียม ทองแดง ทองเหลือง และสังกะสีได้ และยังกัดสีผ้า ผม ผิวหนังและเยื่อเมือก วัสดุที่ใช้สารเหล่านี้จึงต้องถูกล้างให้สะอาดก่อนที่จะมาสัมผัสกับดวงตาหรือเยื่อเมือก และควรเก็บให้ห่างจากความร้อนและแสง

การขจัดสิ่งปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมเฉพาะบริเวณ

การขจัดสิ่งปนเปื้อนในห้องปฏิบัติการ เฟอร์นิเจอร์และอุปกรณ์ต่างๆ ต้องใช้ยาฆ่าเชื้อชนิดน้ำและก๊าซร่วมกัน บริเวณพื้นผิวสามารถฆ่าเชื้อได้โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) ซึ่งมีคลอรีน 1 กรัม/ลิตร แต่หากใช้ความเข้มข้นสูงขึ้นเป็น 5 กรัม/ลิตรในสถานการณ์เสี่ยง สำหรับการฆ่าเชื้อในสิ่งแวดล้อม อาจใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) แทนสารละลาย bleach

การฆ่าเชื้อในห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์สามารถใช้การรมควัน (fumigation) ด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งได้จากการให้ความร้อนแก่พาราฟอร์มัลดีไฮด์หรือการต้มฟอร์มาลีน ซึ่งวิธีการดังกล่าวต้องทำโดยเจ้าหน้าที่ที่มีความรู้เท่านั้น ช่องต่างๆ เช่น หน้าต่าง ประตู ควรถูกอุดรอยรั่วซึมด้วยเทปก่อนการรมก๊าซ โดยควรทำการรมก๊าซที่อุณหภูมิปกติคือ 21 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ 70% (ดูการฆ่าเชื้อตู้ปลอดเชื้อในบทนี้ประกอบ)

ภายหลังการรมก๊าซ ต้องจัดให้อากาศมีการถ่ายเทที่ดีก่อนที่จะให้เจ้าหน้าที่เข้าไป หากต้องเข้าไปในสถานที่ที่มีการรมก๊าซ ต้องสวมใส่เครื่องช่วยหายใจ อาจใช้แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต (ammonium bicarbonate) ชนิดก๊าซ เพื่อทำให้ฟอร์มัลดีไฮด์มีฤทธิ์ลดลง

สำหรับการรมก๊าซที่พื้นที่เล็กๆ ด้วยไอของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ

การขจัดสิ่งปนเปื้อนภายในตู้ปลอดเชื้อ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง การไหลเวียน และการทำให้ฟอร์มัลดีไฮด์อ่อนฤทธิ์ลงสำหรับการฆ่าเชื้อในตู้ปลอดเชื้อคลาส I และ II นั้นสามารถหาได้ทั่วไป อีกวิธีหนึ่งคือการใช้พาราฟอร์มัลดีไฮด์ใน

ปริมาณที่เหมาะสม (ความเข้มข้นของพาราฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศเท่ากับ 0.8%) โดยการตั้งพาราฟอร์มัลดีไฮด์ในกะทะร้อนหรือกะทะไฟฟ้า โดยอีกกะทะให้ตั้งแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต (ammonium bicarbonate) ในปริมาณมากกว่าพาราฟอร์มัลดีไฮด์ 10% ภายในตู้ปลอดเชื้อตู้เดียวกัน ปลั๊กสำหรับกะทะต้องอยู่นอกตู้ปลอดเชื้อ เพื่อจะได้ถอดหรือเสียบปลั๊กได้สะดวก หากความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 70% ควรวางภาชนะใส่น้ำเปิดฝาไว้ภายในตู้ แล้วจึงปิดกระโปรงหน้าของตู้ แล้วอุดรอยรั่วซึมด้วยเทป สำหรับช่องด้านหน้าและท่ออากาศเสียให้อุดด้วยพลาสติกใสอย่างหนาและอุดรอยรั่วที่สายไฟด้วยเทปเช่นเดียวกัน

กะทะที่บรรจุพาราฟอร์มัลดีไฮด์จะถูกเสียบปลั๊ก และถอดปลั๊กเมื่อพาราฟอร์มัลดีไฮด์ระเหยหมด แล้วอบตู้ทิ้งไว้อย่างน้อย 6 ชั่วโมง จากนั้นจึงเสียบปลั๊กกะทะที่มีแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตบรรจุอยู่จนกระทั่งระเหยหมด แล้วถอดปลั๊กกะทะที่สองออก แล้วเปิดสวิทซ์เดินไฟเข้าตู้ปลอดเชื้อ 2 จังหวะๆ ละ 2 วินาที เพื่อให้ก๊าซแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตไหลเวียนให้ทั่วตู้ แล้วปล่อยตู้ทิ้งไว้ 30 นาที ก่อนที่จะยกฝากระโปรงหน้าตู้ขึ้น แล้วดึงเทปออก ก่อนใช้ตู้ควรเช็ดพื้นผิวตู้ เพื่อกำจัดสิ่งตกค้าง

การล้างมือและการขจัดสิ่งปนเปื้อนที่มือ

ควรสวมถุงมือทุกครั้งเมื่อสัมผัสกับเชื้อที่เป็นอันตราย อย่างไรก็ตามไม่ได้หมายความว่าไม่จำเป็นต้องล้างมือ กล่าวคือ เจ้าหน้าที่ทุกคนที่ทำงานกับเชื้อหรือวัสดุอันตราย หรือทำงานกับสัตว์จะต้องล้างมือทุกครั้งก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ

โดยทั่วไป การล้างมือด้วยน้ำและสบู่ธรรมดาก็เพียงพอที่จะฆ่าเชื้อโรคได้ แต่ในกรณีที่มีความเสี่ยงในการติดเชื้อ แนะนำให้ใช้สบู่ที่ผสมน้ำยาฆ่าเชื้อร่วมด้วย โดยฟอกมือด้วยสบู่ก่อนอย่างน้อย 10 วินาที แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วเช็ดให้แห้งด้วยผ้าหรือกระดาษ (หรืออาจเป่ามือให้แห้งด้วยเครื่องเป่าลม)

ควรใช้ก๊อกชนิดเปิดปิดด้วยเท้าหรือข้อศอก หากไม่มีควรใช้กระดาษเช็ดมือจับที่หัวก๊อก เพื่อป้องกันการสัมผัสกับเชื้อซ้ำ

ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว หากไม่สามารถล้างมือได้ตามข้างต้น ก็อาจใช้น้ำยาขัดมือชนิดผสมแอลกอฮอล์ เพื่อฆ่าเชื้อบนมือที่ไม่เปื้อนมากได้

การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนและการทำปราศจากเชื้อ

ความร้อนเป็นวิธีทางกายภาพที่ใช้ในการฆ่าเชื้อมากที่สุด ความร้อนแบบห้อง เช่น การเผา ซึ่งไม่กัดกร่อน ถูกใช้ในขบวนการฆ่าเชื้อในอุปกรณ์ที่สามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า เป็นเวลา 2-4 ชั่วโมง สำหรับความร้อนแบบชื้นมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อใช้ในลักษณะการนึ่งฆ่าเชื้อโรค (autoclaving)

สำหรับการต้มไม่ได้ฆ่าเชื้อจุลชีพและเชื้อโรคทุกชนิด แต่อาจใช้ได้เมื่อไม่สามารถฆ่าเชื้อได้ด้วยวิธีอื่น เช่น การใช้สารเคมี หรือการนึ่งฆ่าเชื้อ

สำหรับอุปกรณ์ที่ผ่านการทำลายเชื้อแล้วจะต้องเก็บและถูกใช้อย่างระมัดระวัง เพื่อคงสภาพปลอดเชื้อ

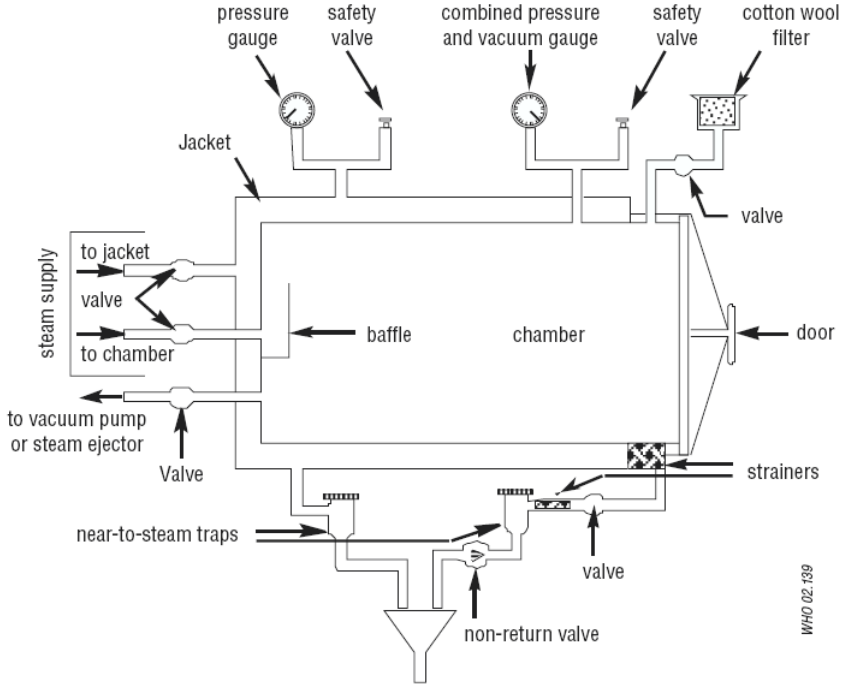
การนึ่งฆ่าเชื้อ

การใช้ไอน้ำที่อิ่มตัวภายใต้ความดัน เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือที่สุดในการฆ่าเชื้ออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ วิธีข้างล่างนี้เหมาะสมสำหรับการฆ่าเชื้อเพื่อจุดประสงค์ต่างๆ

1. 3 นาที ที่ 134 องศาเซลเซียส
2. 10 นาที ที่ 126 องศาเซลเซียส
3. 15 นาที ที่ 121 องศาเซลเซียส
4. 25 นาที ที่ 115 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างการนึ่งฆ่าเชื้อ

หม้อนึ่งฆ่าเชื้อชนิดไอน้ำแทนที่ตามแรงโน้มถ่วง (gravity displacement autoclaves) รูปที่ 10 แสดงโครงสร้างของหม้อนึ่งฆ่าเชื้อชนิดแทนที่ตามแรงโน้มถ่วง การทำงานเกิดจากไอน้ำผ่านเข้าไปในหม้อนึ่งภายใต้ความดันและแทนที่อากาศซึ่งหนักกว่า และดันอากาศนั้นผ่านลิ้นที่ช่องระบาย ซึ่งมีเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูง



รูปที่ 10 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อชนิดไอน้ำแทนที่ตามแรงโน้มถ่วง (gravity displacement autoclaves)

หม้อนึ่งฆ่าเชื้อชนิดสร้างสภาวะสูญญากาศก่อน (pre-vacuum autoclaves) หม้อนึ่งฆ่าเชื้อชนิดนี้จะดึงอากาศออกจากหม้อก่อนที่จะให้ไอน้ำผ่านเข้าไป โดยอากาศที่ออกมาจะผ่านลิ้นซึ่งมีเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูง ภายหลังเสร็จสิ้นการทำงานไอน้ำจะถูกระบายออกไป โดยหม้อชนิดนี้ทำงานที่อุณหภูมิ 134 องศาเซลเซียส การฆ่าเชื้อจึงใช้เวลาเพียง 3 นาที หม้อนึ่งฆ่าเชื้อชนิดนี้ใช้ได้ดีกับวัสดุที่มีรู แต่ไม่สามารถใช้นึ่งฆ่าเชื้อของเหลวได้ เนื่องจากการเกิดสภาวะสูญญากาศ

หม้อนึ่งฆ่าเชื้อชนิดนึ่งความดัน (fuel-heated pressure cooker autoclaves) ควรใช้หม้อนึ่งชนิดนี้เฉพาะในกรณีที่ไม่มีหม้อนึ่งฆ่าเชื้อชนิดไอน้ำแทนที่ตามแรงโน้มถ่วง วัสดุที่จะถูกนึ่งจะถูกวางจากด้านบน และสร้างความร้อนโดยใช้ก๊าซ ไฟฟ้า หรือเชื้อเพลิงชนิดอื่น ไอน้ำถูกสร้างจากการต้มน้ำ ซึ่งอยู่ที่ฐานด้านล่าง และอากาศจะถูกดันแทนที่ขึ้นข้างบนผ่านรูระบาย เมื่ออากาศถูกแทนที่ทั้งหมด ลิ้นที่รูระบายจะปิด และการให้ความร้อนจะลดลง ความดันและอุณหภูมิจะสูงขึ้นจนกระทั่งลิ้น (valve) ทำงานที่อุณหภูมิที่ตั้งไว้ ณ จุดนี้เป็นการเริ่มต้นเวลาในการนึ่งฆ่าเชื้อ และเมื่อเสร็จสิ้นการทำงาน การให้ความร้อนจะหยุดลง และอุณหภูมิค่อยตกลงมาจนถึง 80 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า จึงเปิดฝาด้านบนได้

การบรรจุวัสดุลงในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ

ควรวางวัสดุที่จะทำการนึ่งฆ่าเชื้อแบบหลวมๆ เพื่อให้ไอน้ำสามารถแทรกซึมได้ทั่วถึง และเพื่อให้อากาศถูกดึงออก หากใช้ถุงต้องใช้ชนิดนี้ที่ไอน้ำสามารถผ่านเข้าไปสัมผัสกับสิ่งของภายในได้

ข้อควรระวังในการใช้หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ

1. ควรมอบหมายเจ้าหน้าที่ที่ได้รับการฝึกฝนมาแล้ว ให้ดูแลการทำงานและการรักษาเครื่อง
2. โปรแกรมการดูแลรักษาเครื่องโดยเจ้าหน้าที่ที่มีความรู้ โดยต้องประกอบด้วยการตรวจอย่างสม่ำเสมอภายในหม้อนึ่ง การปิดสนิทของฝาหรือประตูตลอดจนของช่องระบายทุกช่อง รวมทั้งการควบคุมเหล่านั้น
3. ไอน้ำควรถูกทำให้อิ่มตัวและปราศจากสารเคมีใดๆ (เช่น สารที่ทำให้เกิดการกัดกร่อน) ซึ่งอาจปนเปื้อนวัสดุที่จะทำการฆ่าเชื้อได้
4. วัสดุทุกชิ้นที่จะทำการนึ่งฆ่าเชื้อควรถูกวางอยู่ในภาชนะอย่างหลวมๆ เพื่อปล่อยให้อากาศถูกดูดออก พร้อมทั้งให้ความร้อนแทรกซึมได้อย่างทั่วถึง
5. สำหรับหม้อนึ่งฆ่าเชื้อที่ไม่มีอุปกรณ์ล็อกเพื่อความปลอดภัย ซึ่งป้องกันไม่ให้ฝาถูกเปิดออกขณะมีความดันภายในสูง ลิ้นไอน้ำของหม้อนึ่งชนิดนี้ควรถูกปิดและอุณหภูมิควรตกลงต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส ก่อนที่ฝาจะถูกเปิดขึ้น

6. สำหรับการนึ่งฆ่าเชื้อวัสดุที่เป็นของเหลว ควรตั้งให้อากาศระบายออกช้าๆ เพื่อป้องกันไม่ให้ของเหลวถูกต้มจนเดือด
7. ผู้ปฏิบัติงานควรสวมถุงมือ และแว่นตาป้องกันอันตราย ขณะใช้หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ แม้ในขณะที่อุณหภูมิต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส แล้วก็ตาม
8. ควรใส่ตัวชี้วัดทางชีววิทยา (biological indicators) หรือ thermocouples ที่จุดกึ่งกลางของถังภายในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ สำหรับการตรวจติดตามประสิทธิภาพของหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ
9. ควรเปลี่ยนหัวกรอง (ถ้ามี) ทุกวัน
10. ห้ามวางวัสดุใดๆ เช่น กระดาษ บังลิ้นระบายความดัน

การเผา

การเผา (incineration) ใช้ในการทำลายซากสัตว์ ชิ้นส่วนอวัยวะ และขยะชนิดอื่นๆ จากห้องปฏิบัติการ หากมีเตาเผาในห้องปฏิบัติการอาจทำการฆ่าเชื้อ (decontamination) ก่อน (ดูบทที่ 3) การเผาวัสดุติดเชื้อก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งนอกจากการนึ่งฆ่าเชื้อ

การเผาที่ถูกต้องจำเป็นต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและมีช่องเผาสองช่อง เตาเผาหลายชนิดโดยเฉพาะชนิดที่มีช่องเผาเพียงช่องเดียวไม่เหมาะสมสำหรับการเผาทำลายวัสดุติดเชื้อ ซากสัตว์ และพลาสติก เนื่องจากวัสดุเหล่านี้อาจถูกทำลายได้ไม่สมบูรณ์และควันจากปล่องควันซึ่งอาจมีเชื้อโรค สารเคมีที่เป็นพิษและฝุ่นละออง อาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิภายในช่องเผาช่องแรกควรอยู่ที่ 800 องศาเซลเซียสเป็นอย่างต่ำ ส่วนอุณหภูมิภายในช่องเผาช่องที่สองอย่างต่ำควรอยู่ที่ 1000 องศาเซลเซียส

ควรเคลื่อนย้ายวัสดุที่จะทำการเผาทำลายโดยการใส่ถุง แม้ว่าวัสดุนั้นจะได้รับการฆ่าเชื้อแล้ว เจ้าหน้าที่ควบคุมเตาเผาควรได้รับความรู้เกี่ยวการบรรจุวัสดุลงเตาเผาและการควบคุมอุณหภูมิ และควรผสมขยะในเตาเผาให้เข้ากันดี ซึ่งจะทำให้เผาได้ง่าย

การกำจัดของเสีย

การกำจัดของเสียในห้องปฏิบัติการต้องเป็นไปตามข้อบังคับทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับชาติ และระดับนานาชาติ โดยทั่วไปเถ้าถ่านจากเตาเผาสามารถกำจัดได้ด้วยวิธีเช่นเดียวกับขยะทั่วๆ ไปจากครัวเรือน สำหรับขยะที่นึ่งฆ่าเชื้ออาจถูกนำไปเผาอีกครั้งภายนอกสถาบันหรือนำไปทิ้งในสถานที่ที่ทางการอนุญาต (บทที่ 3)

ดูข้อมูลเพิ่มเติมในเอกสารอ้างอิง (13) และ (29-39)

15. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการขนส่งวัสดุติดเชื้อ

การขนส่งวัสดุติดเชื้อ ได้แก่การบรรจุวัสดุลงหีบห่อ และการส่งวัสดุนั้น ซึ่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนดทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ โดยการปฏิบัติตามกฎจะมีผลดีดังนี้

1. ลดโอกาสที่พัสดุภัณฑ์จะแตกหรือได้รับความเสียหาย
2. ลดโอกาสในการติดเชื้อ
3. ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการส่งพัสดุ

ข้อกำหนดระหว่างประเทศว่าด้วยการขนส่งวัสดุติดเชื้อ

ข้อกำหนดระหว่างประเทศว่าด้วยการขนส่งวัสดุติดเชื้อ (ไม่ว่าโดยวิธีใด) ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของสหประชาชาติว่าด้วยการขนส่งสินค้าอันตราย (Model Regulations on the Transport of Dangerous Goods) (40) ซึ่งจัดทำโดยคณะผู้เชี่ยวชาญแห่งสหประชาชาติว่าด้วยการขนส่งสินค้าอันตราย (United Nations Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods, UNCETDG) เพื่อให้เกิดผลทางกฎหมาย ข้อกำหนดนี้ต้องถูกยอมรับโดยองค์กรหรือหน่วยงานต่างๆ เช่น Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air (41) ซึ่งจัดทำโดยองค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (International Civil Aviation Organization, ICAO) และ European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR) (42)

สมาพันธ์การขนส่งทางอากาศระหว่างประเทศ (International Air Transport Association, IATA) ได้จัดทำเอกสารเรื่อง แนวทางการขนส่งวัสดุติดเชื้อ (Infectious Substances Shipping Guidelines) เป็นประจำทุกปี แนวทางที่ว่านี้ใช้ ICAO’s Technical Instructions เป็นบรรทัดฐาน แต่อาจมีข้อบังคับเพิ่มเติมจากที่กำหนดไว้โดย ICAO โดยกำหนดให้ผู้ที่จะขนส่งวัสดุติดเชื้อต้องปฏิบัติตามแนวทางดังกล่าว หากต้องการขนส่งวัสดุติดเชื้อผ่านทางสมาชิกของ IATA

องค์การอนามัยโลกอยู่ในคณะที่ปรึกษาของ UNCETDG ด้วย ข้อแก้ไขเกี่ยวกับการขนส่งวัสดุติดเชื้อได้ถูกรวบรวมได้ใน UN Model Regulations (4) ฉบับที่ 13 ซึ่งหาได้จากเอกสารขององค์การอนามัยโลก (44)

ข้อกำหนดระหว่างประเทศเหล่านี้ไม่ได้มีความมุ่งหมายที่จะแทนที่ข้อกำหนดระดับท้องถิ่นหรือระดับชาติ อย่างไรก็ตาม หากไม่มีข้อกำหนดระดับชาติ ก็ควรปฏิบัติตามข้อกำหนดระหว่างประเทศ

การขนส่งวัสดุติดเชื้อต้องเป็นไปตามข้อกำหนดระดับชาติด้านการนำเข้าและส่งออกเช่นกัน

พัสดุภัณฑ์สามชั้น (The basic triple packaging system)

พัสดุภัณฑ์สามชั้นใช้สำหรับบรรจุวัสดุติดเชื้อเพื่อการขนส่ง ดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 11 ซึ่งประกอบด้วยภาชนะรองรับชั้นในสุด ห่อชั้นกลาง และห่อชั้นนอก

ภาชนะรองรับชั้นในซึ่งบรรจุตัวอย่างที่จะถูกส่งต้องมีน้ำหนักเบา ไม่รั่วซึมและติดฉลากชัดเจน แล้วพันหรือห่อภาชนะนี้ด้วยวัสดุดูดซับ เพื่อซับของเหลวในกรณีที่ภาชนะแตกหรือรั่ว

ห่อชั้นกลางต้องกันน้ำ มีไว้เพื่อปกปิดและป้องกันภาชนะชั้นแรก อาจบรรจุภาชนะรองรับชั้นในหลายๆอันก็ได้ และมีเอกสารระบุน้ำหนักหรือปริมาตรของวัสดุติดเชื้อ

ห่อชั้นนอก ปกป้องชั้นที่ 2 จากอันตรายทางกายภาพขณะเคลื่อนย้าย มีแบบฟอร์มข้อมูลตัวอย่าง จดหมาย และข้อมูลอื่นๆที่ระบุหรืออธิบายตัวอย่างและระบุผู้ส่งและผู้รับ และเอกสารอื่นๆต้องจัดเตรียมตามที่ข้อกำหนดระบุไว้

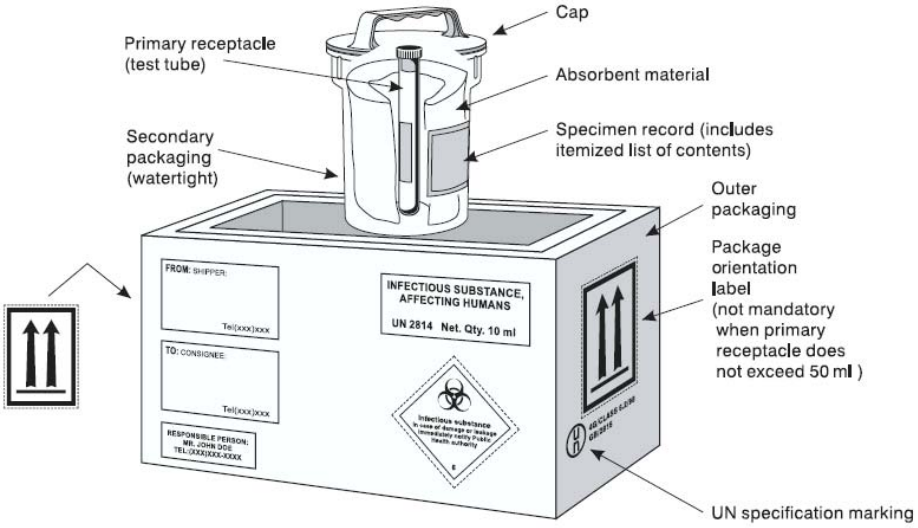
พัสดุภัณฑ์สามชั้นนี้ใช้ในการขนส่งวัสดุติดเชื้อ อย่างไรก็ตามเชื้อที่มีความเสี่ยงสูงต้องขนส่งตามข้อกำหนดที่เข้มงวดมากกว่า สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้หีบห่อที่แตกต่างออกไปตามชนิดของวัสดุที่ถูกขนส่งให้ดูข้อกำหนดของประเทศนั้นๆ หรือข้อกำหนดนานาชาติ

วิธีทำความสะอาดเชื้อหกหล่น

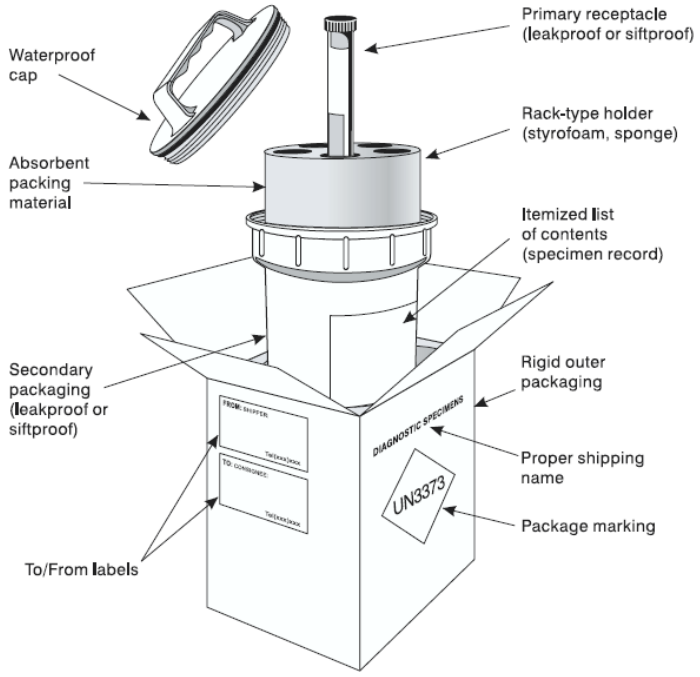
ในกรณีที่วัสดุติดเชื้อหกหล่น ควรทำความสะอาดตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. สวมถุงมือ และเสื้อป้องกัน รวมทั้งอุปกรณ์ป้องกันใบหน้าและดวงตา
2. ซับสารที่หกด้วยผ้า หรือกระดาษชำระ
3. รินน้ำยาฆ่าเชื้อที่เหมาะสมกับเชื้อนั้นๆบนกระดาษชำระและบริเวณรอบๆทันที (โดยทั่วไปใช้ 5% bleach solution ก็เพียงพอ แต่ในกรณีที่หกบนเครื่องบินควรใช้สารประกอบควอเตอนารีแอมโมเนียม
4. เช็ดบริเวณที่หกเริ่มจากขอบด้านนอกเข้ามาตรงกลาง
5. หลังจากนั้นทิ้งไว้นานพอสมควร (ประมาณ 30 นาที) ให้ดึงวัสดุติดเชื้อออก ถ้ามีของเศษแก้วหรือวัสดุมีคมปะปนให้ใช้ที่โกยผงหรือแผ่นบอร์ดในการเก็บและใส่ในถังขยะสำหรับใส่เศษแก้ว
6. ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อบริเวณที่หก (ถ้าจำเป็นให้ทำขั้นตอนที่ 2-5 ซ้ำอีกครั้ง)
7. ทิ้งวัสดุติดเชื้อลงในถังที่ไม่รั่วซึม
8. หลังจากฆ่าเชื้อแล้ว แจ้งเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบว่าบริเวณดังกล่าวได้ฆ่าเชื้อเรียบร้อยแล้ว

การบรรจุหีบห่อและการติดฉลากวัสดุติดเชื้อประเภท A



การบรรจุหีบห่อและการติดฉลากวัสดุติดเชื้อประเภท B



รูปที่ 11 ตัวอย่างพัสดุภัณฑ์สามชั้น

ภาค 5

ความรู้ทั่วไปทางเทคโนโลยีชีวภาพ

16. ความปลอดภัยทางชีวภาพและเทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรม

เทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรม หมายถึง การผสมสารพันธุกรรมจากแหล่งที่มาต่างกัน เพื่อสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม (genetically modified organisms, GMOs) ซึ่งไม่มีในธรรมชาติ แรกเริ่มนักชีววิทยาโมเลกุลกังวลว่า สิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะมีคุณลักษณะที่ไม่สามารถทำนายหรือควบคุมได้ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ถ้าสิ่งมีชีวิตเหล่านี้เล็ดลอดออกไปจากห้องปฏิบัติการ ความกังวลดังกล่าวได้กลายเป็นจุดสนใจในการประชุมทางวิทยาศาสตร์ที่เมือง Asilomar ประเทศสหรัฐอเมริกาเมื่อปี ค.ศ. 1975 โดยในการประชุมครั้งนั้นประเด็นด้านความปลอดภัยได้ถูกหยิบยกขึ้นมาอภิปรายและจัดทำเป็นคู่มือฉบับแรกด้านเทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรม และในช่วง 25 ปีที่ผ่านมานี้การวิจัยได้แสดงให้เห็นแล้วว่าสามารถทำการทดลองทางพันธุวิศวกรรมที่ปลอดภัยได้เมื่อมีการประเมินความเสี่ยงและความปลอดภัยที่ถูกต้องและเหมาะสม

เทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรมได้เริ่มจากใช้การโคลนนิ่งชิ้นส่วนดีเอ็นเอในโฮสต์ที่เป็นแบคทีเรีย เพื่อที่จะสร้างผลิตภัณฑ์ของดีเอ็นเอส่วนนั้นสำหรับใช้ในการศึกษาต่อไป นอกจากนี้โมเลกุลดีเอ็นเอที่ได้จากการตัดแต่งทางพันธุกรรมได้ถูกนำมาใช้ในการสร้างสิ่งมีชีวิต GMO ที่ได้จากการเปลี่ยนถ่ายหน่วยพันธุกรรม เช่น สัตว์และพืชที่ถูกตัดแต่งพันธุกรรม

เทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรมได้กลายเป็นพื้นฐานสำคัญของชีววิทยาและการแพทย์และมีความเป็นไปได้ที่จะมีอิทธิพลอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากการมีการเรียงรหัสพันธุกรรมของมนุษย์สำเร็จแล้ว คาดว่าสิบส่วนพันของยีนส์ที่ไม่รู้หน้าที่จะถูกทำการศึกษาด้วยวิธีการด้านเทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรมนี้ ทำให้การรักษาโรคด้วยยีนส์อาจจะกลายเป็นการรักษาหลักสำหรับโรคต่างๆ และมีแนวโน้มว่าจะมีการสร้างพาหะตัวใหม่ๆ สำหรับการขนถ่ายยีนส์ที่ต้องการโดยใช้เทคโนโลยีพันธุวิศวกรรม นอกจากนี้พืชที่ได้รับการตัดแต่งพันธุกรรมอาจจะมีความสำคัญมากขึ้นต่อการเกษตรแผนใหม่

การทดลองเกี่ยวกับการสร้างหรือใช้สิ่งมีชีวิต GMO นั้นควรทำภายหลังหลังจากได้ดำเนินการประเมินความเสี่ยงความปลอดภัยทางชีวภาพแล้ว เชื้อก่อโรคและอะไรก็ตามเป็นชีวภัยอันตรายเมื่อรวมตัวกับจุลชีพอาจจะทำให้เกิดเป็นสิ่งมีชีวิตใหม่ที่ไม่เคยรู้จัก จึงควรมีการประเมินคุณสมบัติของเชื้อจุลชีพตัวให้ (donor organism) คุณสมบัติของจุลชีพตัวรับ (recipient organism) ลักษณะการจัดลำดับดีเอ็นเอซึ่งจะถูกขนส่ง (transfer) และคุณสมบัติของสิ่งแวดล้อม ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการช่วยในการตัดสินเกี่ยวกับระดับความปลอดภัยทางชีวภาพซึ่งจำเป็นสำหรับการทำงานเกี่ยวกับ GMO

ข้อควรคำนึงสำหรับระบบสังเคราะห์ยีนส์ทางชีวภาพ

ระบบสังเคราะห์ยีนส์ทางชีวภาพประกอบด้วยพาหะยีนส์ (vector) และโฮสท์เซลล์ และจะต้องปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ที่กำหนดจึงจะมีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างของการสังเคราะห์ยีนส์ทางชีวภาพ ได้แก่ การสังเคราะห์ยีนส์ด้วยการใช้พลาสมิด pUC18 ซึ่งมักใช้ร่วมกับ *Escherichia coli* K12 cells นอกจากนี้ยีนส์ที่ใส่ลงในพลาสมิด pUC18 ยังสามารถนำมาหาลำดับพันธุกรรมได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังมีการใช้พลาสมิด *pBR322* สำหรับ *E. coli* K12 เป็นแบคทีเรียที่ไม่ก่อโรคและไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ในลำไส้ของคนหรือสัตว์ ห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1 สามารถใช้ในการทดลองทางพันธุวิศวกรรมที่ใช้ *E. coli* K12/ pUC18 ได้ การเตรียมยีนส์โดยใช้พลาสมิดจึงไม่จำเป็นต้องใช้ห้องปฏิบัติการที่มีความปลอดภัยทางชีวภาพสูง

ข้อควรคำนึงเกี่ยวกับพาหะยีนส์

อาจจะต้องการระดับความปลอดภัยทางชีวภาพที่สูงขึ้นเมื่อ

1. มีการสังเคราะห์สารจากดีเอ็นเอของเชื้อจุลชีพก่อโรคที่ซึ่งอาจจะเพิ่มความรุนแรงได้ในสิ่งมีชีวิต GMO
2. ชิ้นส่วนดีเอ็นเอยังไม่เคยถูกศึกษาคุณลักษณะพิเศษ เช่น ระหว่างการสร้าง genomic DNA libaries จากเชื้อจุลชีพก่อโรค
3. ผลิตภัณฑ์จากยีนส์มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา
4. ผลิตภัณฑ์จากยีนส์เป็นสารพิษ

พาหะยีนส์ที่เป็นไวรัสสำหรับการขนถ่ายยีนส์

พาหะไวรัส เช่น ชนิดที่เป็น Adenovirus ได้ถูกใช้สำหรับการขนถ่ายยีนส์เข้าสู่เซลล์อื่น พาหะเหล่านี้ไม่มียีนส์ที่จำเป็นสำหรับการเพิ่มจำนวน จึงต้องเพิ่มจำนวนในเซลล์

การเก็บสำรองพาหะเหล่านี้อาจจะมีการปนเปื้อนด้วยไวรัสที่ยังคงสามารถแพร่พันธุ์ได้ ซึ่งอาจจะเกิดจากกระบวนการ spontaneous recombination ในเซลล์เพาะเลี้ยงหรืออาจจะได้มาจากการทำให้บริสุทธิ์ที่ไม่ดีพอ ดังนั้นจึงควรที่เก็บพาหะเหล่านี้ในที่มีความปลอดภัยทางชีวภาพระดับเดียวกับการเก็บไวรัสต้นแบบ

สัตว์ตัดแต่งพันธุกรรมและสัตว์ที่ถูกกดยีนส์

สัตว์ที่มีการตัดแต่งพันธุกรรมแปลกปลอมเข้าไป (transgenic animals) ควรได้รับการดูแลที่เหมาะสม โดยปกติสัตว์ที่ถูกตัดส่วนของยีนส์ที่เฉพาะออกไปหรือสัตว์ที่ถูกกดยีนส์ (knock-out animals) ไม่ก่อให้เกิดอันตรายแต่อย่างใด

ตัวอย่างของ transgenic animals รวมไปถึงสัตว์ที่มียีนส์ซึ่งสร้าง receptor ต่อเชื้อไวรัส ซึ่งโดยปกติไม่สามารถที่จะติดเชื้อในสปีชีส์นี้ได้ ถ้าสัตว์พวกนี้หลุดเล็ดลอดออกไปจากห้องปฏิบัติการและนำเอายีนส์ที่ได้รับการตัดแต่งพันธุกรรมไปถ่ายทอดกับสัตว์ตามธรรมชาติ สัตว์ที่เกิดขึ้นอาจจะเป็นตัวอมโรคไวรัสชนิดนั้นได้

ความน่าจะเป็นเหล่านี้ได้มีการอภิปรายสำหรับเชื้อไวรัสโปลิโอ โดยเฉพาะในบริบทของการกำจัดโรคนี้ หนูที่ตัดแต่งพันธุกรรมที่สังเคราะห์ receptor ที่สามารถทำให้ติดเชื้อไวรัสโปลิโอได้โดยการฉีดเชื้อเข้าทางปาก ซึ่งผลที่ออกมาคือสัตว์สามารถแสดงอาการทางคลีนิกและจุลพยาธิวิทยาที่เหมือนกับคนที่ติดเชื้อไวรัสโปลิโอ อย่างไรก็ตามหนูแตกต่างจากคนตรงที่ไวรัสที่ฉีดเข้าทางปากไม่สามารถเพิ่มจำนวนหรือเพิ่มจำนวนได้ไม่ดีในทางเดินอาหาร ดังนั้นจึงแทบจะเป็นไปไม่ได้ที่จะเกิดหนูสายพันธุ์ใหม่ที่สามารถเป็นตัวอมโรคของไวรัสโปลิโอได้ หากมีการหลุดลอดของหนูที่ตัดแต่งพันธุกรรมเหล่านี้ไปยังธรรมชาติ แต่อย่างไรก็ตามตัวอย่างดังกล่าวบ่งชี้ว่า ในแต่ละสายพันธุ์ใหม่ของสัตว์ที่มีการตัดแต่งพันธุกรรมสัตว์ควรมีการศึกษาช่องทางที่เชื้อเข้าไปในร่างกายสัตว์เหล่านั้นที่ทำให้สัตว์ติดเชื้อ ปริมาณเชื้อที่ใส่เข้าไปในสัตว์ และระยะเวลาในการปล่อยเชื้อจากสัตว์ที่ติดเชื้อ นอกจากนี้การทดลองต่างๆก็เพื่อแสดงว่าสัตว์เหล่านี้ปลอดภัย

พืชตัดแต่งพันธุกรรม

พืชตัดแต่งพันธุกรรมซึ่งสามารถสังเคราะห์ยีนส์ที่สามารถทนทานต่อยาฆ่าแมลงและแมลงกัดกินกำลังตกเป็นประเด็นในการอภิปรายทั่วโลก ซึ่งก็มุ่งไปที่ความปลอดภัยจากการบริโภคพืชเหล่านั้น รวมทั้งผลกระทบทางนิเวศวิทยาในระยะยาวเมื่อมีการปลูกพืชตัดแต่งพันธุกรรม

พืชตัดแต่งพันธุกรรมซึ่งสามารถสังเคราะห์ยีนส์จากสัตว์หรือมนุษย์ถูกใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พืชสมุนไพรเพื่อสุขภาพ การประเมินความเสี่ยงควรมีการกำหนดความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับการผลิตพืชเหล่านี้

การประเมินความเสี่ยงสำหรับสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม

การประเมินความเสี่ยงสำหรับงาน GMO ควรพิจารณาในคุณลักษณะของผู้ให้และผู้รับ/จุลชีพเจ้าบ้าน

ตัวอย่างของคุณลักษณะที่จะต้องได้รับการพิจารณามีดังต่อไปนี้

ความอันตรายที่บังเกิดขึ้นจากยีนส์ที่ใส่เข้าไป (จุลชีพผู้ให้)

การประเมินมีความจำเป็นในกรณีที่ยีนส์ที่ใส่เข้าไปนั้นมีคุณสมบัติทางด้านชีววิทยาและเภสัชวิทยา ตัวอย่างเช่น

1. สารพิษ

2. ไซโตคายน์ (cytokines)
3. ฮอร์โมน
4. สารควบคุมการแสดงออกของยีนส์ (gene expression regulators)
5. ยีนส์หรือสารควบคุมความรุนแรงของเชื้อ (virulence factors หรือ enhancers)
6. ยีนส์ก่อมะเร็ง
7. ยีนส์ต่อต้านยาปฏิชีวนะ
8. สารก่อภูมิแพ้

การพิจารณาสถานการณ์เหล่านี้ควรจะรวมไปถึงการประเมินระดับของการแสดงปฏิกิริยาทางชีววิทยาและเภสัชวิทยาด้วย

อันตรายที่เกี่ยวกับตัวรับและโฮสท์

1. ความไวของโฮสท์
2. ลักษณะการเกิดโรคของโฮสท์ รวมไปถึงความรุนแรง การติดเชื้อ และ การสร้างสารพิษ
3. การเปลี่ยนแปลงของขอบเขตโฮสท์ (host range)
4. สถานภาพภูมิคุ้มกันของตัวรับ
5. ผลตามมาของการสัมผัสเชื้อ

อันตรายที่เกิดจากการดัดแปลงเชื้อก่อโรค

โดยธรรมชาติยีนส์อาจไม่ได้สร้างสารที่เป็นอันตราย แต่หากถูกดัดแปลง อาจก่อโรคได้ ข้อควรคำนึงในการจำแนกอันตรายเหล่านี้ (ไม่ได้กล่าวถึงทั้งหมด) ได้แก่

1. มีการติดเชื้อหรือก่อให้เกิดโรคเพิ่มหรือไม่
2. มีการเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมในตัวผู้รับใดบ้าง ที่เป็นผลจากการใส่ยีนส์แปลกปลอมลงไป
3. ยีนส์แปลกปลอมเป็นตัวก่อให้เกิดโรคจากจุลชีพตัวอื่นหรือไม่
4. ถ้ายีนส์แปลกปลอมเป็นส่วนที่ก่อให้เกิดโรค จะมีคาดการณ์หรือไม่ว่า ยีนส์นี้จะสามารถก่อให้เกิดโรคในสิ่งมีชีวิตพันธุกรรม
5. มีวิธีการรักษา กรณีเกิดการติดเชื้อหรือไม่
6. ความไวของสิ่งมีชีวิตที่ตัดแต่งพันธุกรรมต่อยาปฏิชีวนะหรือการรักษาอื่นๆ อาจจะมีผลกระทบภายหลังจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมหรือไม่
7. การทำลายสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมเป็นไปได้หรือไม่

ข้อควรคำนึงเพิ่มเติม

การใช้สัตว์หรือพืชเพื่อการทดลองควรมีการพิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วน ผู้ทดลองวิจัยจะต้องทำตามข้อกำหนดสำหรับการทดลองที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตที่ตัดแต่งพันธุกรรมของประเทศหรือสถาบันอย่างเคร่งครัด

ประเทศต่างๆ อาจมีหน่วยงานระดับชาติซึ่งอาจมีการจัดทำคู่มือสำหรับการทำงานกับสิ่งมีชีวิตที่ตัดแต่งพันธุกรรม และอาจจะช่วยนักวิทยาศาสตร์ในการจำแนกลักษณะให้เหมาะกับระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ ในบางกรณีการจำแนกนี้อาจจะแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ หรือแต่ละประเทศอาจตัดสินใจในการจำแนกลักษณะของงานให้ต่ำกว่าหรือสูงกว่าได้ เมื่อมีข้อมูลใหม่ๆ ของพาหะและโฮสท์

การประเมินความเสี่ยงเป็นกระบวนการพลวัตที่จะต้องมีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลาให้ทันกับความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ การประเมินความเสี่ยงที่มีความเหมาะสมจะทำให้มั่นใจว่าเทคโนโลยีการตัดแต่งพันธุกรรมจะสามารถก่อให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษยชาติในอนาคตหรือไม่

ดูข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่เอกสารอ้างอิง (17) และ (46-48)

ภาค 6

ความปลอดภัยว่าด้วย

สารเคมี ไฟ และไฟฟ้า

17. สารเคมีอันตราย

เจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยาไม่เพียงแต่จะมีโอกาสสัมผัสกับเชื้อ แต่ยังมีโอกาสสัมผัสกับสารเคมีที่เป็นอันตรายด้วย จึงมีความสำคัญที่เจ้าหน้าที่จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับความเป็นพิษของสารเคมีเหล่านั้น รวมไปถึงทางที่ร่างกายจะสัมผัสกับสารเคมี และอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้จากการหยิบจับและการเก็บสารเคมี (ดูภาคผนวก 5) ข้อมูลเกี่ยวกับความปลอดภัยและอันตรายของสารเคมีเหล่านี้ สามารถสอบถามหรือหาได้จากผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายสารเคมี ซึ่งควรจัดหาที่สำหรับเก็บเอกสารข้อมูลเหล่านี้ไว้ภายในห้องปฏิบัติการ เช่น เก็บไว้ร่วมกับคู่มือการใช้สารเคมีเหล่านั้น

ช่องทางที่สารเคมีเข้าสู่ร่างกาย

ร่างกายมีโอกาสสัมผัสกับสารเคมีอันตรายได้หลายทาง ได้แก่

1. การหายใจ
2. การสัมผัสโดยตรง
3. การรับประทาน
4. การถูกเข็มฉีดยาทิ่มแทง
5. การสัมผัสผ่านแผลหรือรอยถลอกที่ผิวหนัง

การเก็บสารเคมี

ในห้องปฏิบัติการควรเก็บสารเคมีไว้ในปริมาณเท่าที่จำเป็นจะต้องใช้ในแต่ละวันเท่านั้น สำหรับสารเคมีที่มีปริมาณมากๆ นั้น ควรนำไปเก็บในห้องหรืออาคารเฉพาะ

ไม่ควรเก็บสารเคมีเรียงตามลำดับอักษร

กฎทั่วไปว่าด้วยความเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี

เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการเกิดอัคคีภัย และ/หรือ การระเบิด จึงไม่ควรเก็บหรือนำสารเคมีที่อยู่ในช่องซ้ายมือของตารางที่ 13 ไว้ใกล้กับสารเคมีที่อยู่ในช่องขวามือของตาราง

พิษของสารเคมี

สารเคมีบางชนิดก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ หากสัมผัสหรือสูดดมเข้าไป และเป็นที่รู้กันดีว่าสารเคมีมีพิษได้หลายอย่าง เช่น พิษต่อระบบหายใจ เลือด ปอด ตับ ไต ทางเดินอาหาร และอวัยวะอื่นๆ นอกจากนี้สารเคมีบางชนิดยังอาจก่อให้เกิดมะร็งหรือทำให้เกิดความผิดปกติต่อทารกในครรภ์

ตารางที่ 13 กฎทั่วไปว่าด้วยความเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี

ประเภทของสารเคมี	สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้
โลหะด่าง (alkali metals) เช่น โซเดียม โปแตสเซียม ซีเซียม และ ลิเทียม	คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอนเข้าคลอรีน (chlorinated hydrocarbons) น้ำ
ก๊าซเฉื่อย (halogens)	แอมโมเนีย อะเซทิลีน (acetylene) ไฮโดรคาร์บอน
กรดน้ำส้ม ก๊าซไข่เน่า อะนิลีน (aniline) ไฮโดรคาร์บอน กรดซัลฟูริค	สารออกซิไดซ์ เช่น กรดโครมิค กรดไนตริก เปอร์ออกไซด์ เปอร์มังกาเนต

ไอระเหยของสารเคมีบางชนิดเป็นพิษต่อร่างกายเมื่อสูดดมเข้าไป นอกจากผลเสียตามที่ได้กล่าวข้างต้น การสัมผัสกับสารเคมียังอาจทำให้ร่างกายเกิดความผิดปกติหรือเกิดอาการเฉียบพลันต่างๆ เช่น เดินไม่ตรง ง่วงซึม ซึ่งอาจทำให้ได้รับอุบัติเหตุได้ง่าย

การสัมผัสกับตัวทำละลายอินทรีย์บางชนิดเป็นระยะเวลานานๆ หรือบ่อยครั้งอาจทำให้เกิดความผิดปกติที่ผิวหนัง ซึ่งอาจเกิดจากไขมันในผิวหนังละลายออกไป หรืออาจเกิดภูมิแพ้หรือเกิดผื่นคันและการอักเสบตามเนื้อเยื่อต่างๆ

ดูรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับพิษของสารเคมีได้ในภาคผนวก 5

สารเคมีที่ระเบิดได้

สารอะไซด์ (azides) ซึ่งปกติให้เป็นสารต้านแบคทีเรีย ต้องไม่สัมผัสกับทองแดงหรือตะกั่ว (เช่น ในถังขยะและท่อระบายน้ำทิ้ง) เนื่องจากอาจเกิดการระเบิดรุนแรงได้

อีเทอร์ (ether) ซึ่งเก็บไว้เป็นเวลานานและแห้งจนตกผลึก ไม่เสถียรอย่างมาก และระเบิดได้

กรดเปอร์คลอริก (perchloric acid) หากถูกปล่อยให้แห้งบนเนื้อไม้ อิฐ หรือผ้า อาจระเบิดและทำให้เกิดไฟไหม้ได้

กรดไพคริก (picric acid) และไพเครท (picrates) ระเบิดได้เมื่อได้รับความร้อนหรือถูกกระแทก

การหกหล่นของสารเคมี

ผู้ผลิตสารเคมีส่วนใหญ่ได้จัดทำแผนภูมิอธิบายวิธีการปฏิบัติเมื่อเกิดการหกหล่นของสารเคมี นอกจากนี้ยังมีชุดสำเร็จรูปสำหรับการทำความสะอาดสารเคมีหกหล่นขายอยู่ทั่วไป ห้องปฏิบัติการจึงควรจัดแสดงแผนภูมิดังกล่าวไว้ในสถานที่ที่มองเห็นได้ง่ายและจัดเตรียมอุปกรณ์ข้างล่างนี้ไว้

1. ชุดสำเร็จรูปสำหรับการทำความสะอาดสารเคมีหกหล่น
2. เสื้อผ้าและอุปกรณ์ป้องกัน เช่น ถุงมือชนิดหนา รองเท้าบูท หน้ากากหรือเครื่องช่วยหายใจ
3. ที่ตักผง
4. ปากคีบ สำหรับหยิบเศษแก้ว

5. ไม้ถูพื้น กระดาษหรือผ้าซับ
6. ถังน้ำ
7. โซดาไฟหรือโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) หรือโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) สำหรับทำให้กรดและสารเคมีที่กัดกร่อนมีฤทธิ์ลดลง
8. ทราย สำหรับโรยบนสารเคมีที่เป็นด่าง
9. น้ำยาหรือผงซักฟอกที่ไม่ไวไฟ

เมื่อสารเคมีหกหล่น ควรปฏิบัติดังนี้

1. แจ้งให้เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลความปลอดภัยทราบ
2. อพยพเจ้าหน้าที่ที่ไม่เกี่ยวข้องออกจากบริเวณที่เกิดเหตุ
3. ให้การรักษาพยาบาลและเฝ้าดูอาการของผู้ป่วย (ถ้ามี)
4. หากสารเคมีที่หกหล่นเป็นสารไวไฟ ต้องดับเปลวไฟที่ลุกอยู่ทั้งหมด พร้อมทั้งปิดหัวก๊าซในห้องนั้นและบริเวณใกล้เคียง เปิดหน้าต่าง (หากเป็นไปได้) และปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า
5. หลีกเลี่ยงการสูดดมไอระเหยของสารเคมีที่หกหล่น
6. เปิดช่องทางระบายอากาศ เช่น หน้าต่าง
7. จัดอุปกรณ์ที่จำเป็น เพื่อการทำความสะอาดสารเคมีที่หกหล่น (ดูข้างบน)

ก๊าซอัดความดันและก๊าซเหลว

สามารถดูข้อมูลเกี่ยวกับการเก็บก๊าซเหลวและก๊าซอัดความดันได้จากตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การเก็บก๊าซเหลวและก๊าซอัดความดัน

ภาชนะ	การเก็บ
ถังก๊าซเหลวและก๊าซอัดความดัน[ก, ข]	- ควรติดแน่นกับผนัง หรือโต๊ะ - ขณะเคลื่อนย้ายต้องมีหัวถังปิดอยู่เรียบร้อย และใช้รถเข็นในการเคลื่อนย้าย - ถูกเก็บไว้ในสถานที่ที่ไม่ใกล้หรือไกลจากห้องปฏิบัติการ และควรมีกุญแจล็อคและมีป้ายที่เหมาะสมชัดเจน - ไม่ควรเก็บไว้ใกล้กับแหล่งกำเนิดรังสีหรือเปลวไฟ แหล่งกำเนิดความร้อนอื่นๆ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่สามารถทำให้เกิดประกายไฟได้ ไม่ควรโดนแสงแดดโดยตรง
ถังก๊าซขนาดเล็ก ชนิดใช้ครั้งเดียว	- ห้ามเผา

[ก] ปิดลิ้นควบคุมแรงดันเมื่อไม่ได้ใช้งาน และเมื่อไม่มีผู้ปฏิบัติงานอยู่ภายในห้อง

[ข] มีป้ายแสดงหน้าห้องหรือที่ประตูห้องว่าขณะนี้กำลังใช้ก๊าซไวไฟได้อยู่

ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จากเอกสารที่ (1) และ (49-51) และภาคผนวก 5

18. อันตรายอื่นๆ ในห้องปฏิบัติการ

เจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการอาจได้รับอันตรายจากสาเหตุต่างๆ เช่น ไฟ ไฟฟ้า เสียง และรังสี

อันตรายจากไฟ

ความร่วมมือประสานงานในการทำงานระหว่างเจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยและพนักงานดับเพลิงถือว่ามีความจำเป็นมาก ในการเกิดไฟไหม้เชื้อหรือวัตถุติดเชื้อนั้น บางครั้งจำเป็นต้องมีการตัดสินใจว่าจะดับไฟหรือจะปล่อยให้ไฟไหม้เชื้อนั้นไป

ในการฝึกเจ้าหน้าที่ในการรับมือกับอัคคีภัยนั้น จำเป็นต้องได้รับคำแนะนำจากเจ้าหน้าที่ดับเพลิงในท้องถิ่น เกี่ยวกับมาตรการป้องกัน ตลอดจนการใช้อุปกรณ์และถังดับเพลิงอย่างถูกต้อง

สัญญาณเตือนอัคคีภัย คำแนะนำ และป้ายบอกทางหนีไฟ ควรถูกจัดแสดงไว้อย่างชัดเจนในแต่ละห้อง และที่ระเบียงและในทางเดินกลาง

ไฟไหม้ในห้องปฏิบัติการ มักมีสาเหตุมาจาก

1. การใช้ไฟฟ้ามากเกินไป
2. การดูแลรักษาอุปกรณ์ไฟไฟ้าไม่ดี เช่น สายไฟผุเก่า หมดอายุ
3. ท่อส่งก๊าซหรือสายไฟยาวเกินไป
4. เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าทิ้งไว้
5. การนำเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ไม่ได้ถูกออกแบบสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการมาใช้
6. เปลวไฟ
7. ท่อส่งก๊าซเสื่อมหรือหมดอายุ
8. การจัดการและการเก็บวัตถุไวไฟและวัตถุระเบิดผิดหรือไม่เหมาะสม
9. การแยกเก็บสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ไม่เหมาะสม
10. การเกิดประกายไฟใกล้วัตถุไวไฟและไอระเหยไวไฟ
11. การระบายอากาศไม่ดี

อุปกรณ์ดับเพลิงควรตั้งอยู่ที่ใกล้ประตูห้องและที่เฉลียงและทางเดินกลาง อุปกรณ์เหล่านี้ได้แก่ สายยาง ถังน้ำ (สำหรับตักน้ำหรือทราย) และถังดับเพลิง สำหรับถังดับเพลิงต้องไม่รับการดูแลรักษาและตรวจอย่างสม่ำเสมอ และตรวจว่าหมดอายุแล้วหรือไม่ สามารถดูชนิดและการใช้งานวัตถุดับเพลิงได้จากตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ชนิดและการใช้งานอุปกรณ์ดับเพลิง

ชนิด	ใช้กับ	ห้ามใช้กับ
น้ำ	กระดาษ ไม้ ผ้า	เปลวไฟจากไฟไฟ้า ของเหลวไวไฟ โลหะที่กำลังถูกเผา
คาร์บอนไดออกไซด์จากถังดับเพลิง	ของเหลวและก๊าซไวไฟ เปลวไฟจากไฟฟ้า	โลหะด่าง (alkali metals) กระดาษ
ผงแห้ง (dry powder)	ของเหลวและก๊าซไวไฟ โลหะด่าง เปลวไฟจากไฟฟ้า	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เนื่องจากสารตกค้างล้างหรือกำจัดออกได้ยาก
โฟม (foam)	ของเหลวไวไฟ	เปลวไฟจากไฟฟ้า

ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จากเอกสารอ้างอิงที่ (49)

อันตรายจากไฟฟ้า

การติดตั้งไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้า รวมไปถึงสายดิน ต้องได้รับการตรวจสอบและตรวจติดตามอย่างสม่ำเสมอ

อุปกรณ์ตัดไฟฟ้าและอุปกรณ์สายดินควรถูกติดตั้งในวงจรไฟฟ้าของห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ตัดไฟฟ้าไม่ได้ป้องกันอันตรายแก่คน แต่ป้องกันสายไฟจากกระแสไฟที่มากเกินไป ดังนั้นจึงป้องกันไฟไหม้ได้ ส่วนสายดินป้องกันคนจากการถูกไฟฟ้าช็อต

อุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการทุกชิ้นควรมีสายดิน โดยควรติดตั้งผ่านทางปลั๊กสามตา

อุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการทุกชิ้นและสายไฟควรผ่านมาตรฐานด้านความปลอดภัยในการใช้ไฟฟ้าระดับชาติ

เสียงดังและเสียงรบกวน

เสียงที่ดังเกินไปมีผลเสียต่อสุขภาพในระยะยาว อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการบางชนิด เช่น ระบบเลเซอร์บางชนิด และห้องสัตว์ทดลอง สามารถก่อเสียงรบกวนได้ การตรวจวัดระดับเสียงสามารถทำได้เพื่อหาอันตรายจากเสียง บางครั้งอาจต้องสร้างเครื่องมือพิเศษ เช่น ตู้ครอบเครื่องมือที่มีเสียงดัง หรือเครื่องกั้นเสียงระหว่างบริเวณที่เสียงดัง สำหรับบางสถานที่ที่ไม่สามารถลดเสียงลงได้ ต้องมีการอบรมพนักงาน รวมถึงการอบรมการใช้เครื่องป้องกันเสียงดังขณะทำงาน และควรให้แพทย์ตรวจการได้ยินของเจ้าหน้าที่อย่างสม่ำเสมอ

รังสี

ผลกระทบจากอันตรายของรังสีต่อสุขภาพมนุษย์ แบ่งได้เป็น

1. ผลทางร่างกาย ทำให้เกิดอาการหรือความผิดปกติต่างๆ ซึ่งก็รวมถึงมะเร็งของเนื้อเยื่อต่างๆ เช่น เม็ดเลือดขาว กระดูก ผิวหนัง อาการอาจเกิดขึ้นหลังได้รับรังสีแล้วเป็นเวลาหลายปี รวมทั้งอาจเกิดความผิดปกติอื่นๆ เช่น ความผิดปกติที่ผิวหนัง ผมร่วง ความผิดปกติของเลือด ระบบทางเดินอาหาร และต้อกระจก
2. ผลทางกรรมพันธุ์ ทำให้เกิดความผิดปกติกับทารกในครรภ์ รังสีอาจมีผลต่ออัณฑะหรือรังไข่ เช่น ความผิดปกติของโครโมโซม การผ่าเหล่า (gene mutation) อาจเกิดการตายของเซลล์สืบพันธุ์ที่ได้รับปริมาณรังสีมากๆ ซึ่งทำให้เกิดเป็นหมันทั้งในเพศชายและเพศหญิง หรือมีการเปลี่ยนแปลงของประจำเดือนในสตรี สำหรับทารกในครรภ์ โดยเฉพาะช่วงสัปดาห์ที่ 8-15 ของการตั้งครรภ์ การสัมผัสกับรังสีอาจทำให้เกิดความผิดปกติที่เป็นมาแต่กำเนิด ความผิดปกติทางจิต หรืออาจทำให้เกิดมะร็งเมื่อทารกมีอายุมากขึ้นได้

หลักการป้องกันอันตรายจากรังสี

การใช้รังสีไอโซโทปต้องเป็นไปตามมาตรฐานระดับชาติ เพื่อลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้น หลักการการป้องกันอันตรายจากรังสี ได้แก่

1. ลดระยะเวลาการสัมผัสกับรังสี
2. เพิ่มระยะห่างจากแหล่งกำเนิดรังสี
3. กั้นหรือกำบังรังสี
4. ใช้เทคนิคอื่นแทนวิธีการใช้รังสี

การป้องกัน อาจทำได้ดังนี้

1. *เวลา* ระยะเวลาในการสัมผัสกับรังสีสามารถลดลงได้ ดังนี้

-- ฝึกเทคนิคใหม่หรือเทคนิคที่ไม่คุ้นเคย โดยที่ไม่ใช้สารรังสี จนกระทั่งคุ้นเคยดีแล้วจึงใช้สารรังสี

-- ทำงานกับสารรังสีอย่างระมัดระวัง โดยไม่รีบร้อนทำจนเกินไป

-- เก็บสารรังสีใส่ในภาชนะเก็บที่เหมาะสมทันทีภายหลังใช้งาน

-- ทิ้งหรือกำจัดขยะรังสีออกจากห้องปฏิบัติการในช่วงเวลาที่เหมาะสมสม่ำเสมอ

-- ใช้เวลาอยู่ในบริเวณที่มีรังสีให้น้อยที่สุด

-- บริหารเวลาและวางแผนการทำงานกับสารรังสีอย่างมีประสิทธิภาพ

โดยหลักแล้ว ยิ่งใช้เวลาในพื้นที่รังสีน้อยเท่าใด ก็มีโอกาสรับปริมาณรังสีน้อยเท่านั้น ตามสูตรข้างล่างนี้

$$\text{Dose} = \text{Dose rate} \times \text{time}$$

2. *ระยะห่าง* ปริมาณรังสีที่ได้รับ (Dose rate) สำหรับรังสีชนิด γ และ X-radiation ส่วนมากแปรผกผันกับระยะทางจากจุดกำเนิดกำลังสอง

$$\text{Dose rate} = \text{Constant} \times 1/\text{Distance}^2$$

หากระยะทางจากแหล่งกำเนิดรังสีเพิ่มขึ้นสองเท่าจะทำให้ปริมาณรังสีที่ได้รับลดลงเหลือเพียงหนึ่งในสี่ที่ช่วงเวลาเท่าเดิม ดังนั้นจึงมีเครื่องมือและอุปกรณ์หลายชนิดที่ถูกใช้เพื่อเพิ่มระยะทางระหว่างผู้ปฏิบัติงานกับแหล่งกำเนิดรังสี เช่น ไม้คีบด้ามยาว (long-handled tongs) ปากคีบ (forceps) คีมหนีบ (clamps) และ เครื่องดูดปล่อยของเหลวชนิดควบคุมทางไกล (remote pipetting aids) ขอให้สังเกตว่าระยะทางที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยสามารถลดปริมาณรังสีได้มาก

3. *การกำบัง* เครื่องกำบังหรือฉากกั้นที่ดูดซับรังสีหรือทำให้รังสีอ่อนกำลังที่วางระหว่างแหล่งกำเนิดรังสีและผู้ปฏิบัติงานสามารถลดการโอกาสที่จะสัมผัสกับรังสีได้ ชนิดและความหนาของฉากขึ้นกับความสามารถทะลุทะลวงของรังสี ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับชนิดและพลังงานของรังสี ฉากที่ทำจากอะครีลิค (acrylic) ไม้ หรือโลหะน้ำหนักเบา ที่มีความหนา 1.3-1.5 เซนติเมตร สามารถกั้นรังสีชนิด high-energy β particles ได้ ในขณะที่รังสีชนิด high-energy γ และ X-radiation จำเป็นต้องใช้ตะกั่วหนาเป็นฉากกั้น

4. *การใช้วิธีการอื่นทดแทน* ไม่ควรใช้อนุภาครังสีหากมีวิธีการอื่นที่สามารถใช้ทดแทนกันได้

การทำงานกับรังสีอย่างปลอดภัย

ข้อควรคำนึงและกฎสำหรับการทำงานกับวัสดุรังสี ได้แก่

1. พื้นที่แผ่/รับรังสี
   -- ใช้วัสดุรังสีในพื้นที่ที่กำหนดไว้เท่านั้น
   -- ห้ามบุคคลภายนอกเข้า
   -- ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เช่น เสื้อคลุม แว่นตานิรภัย ถุงมือ
   -- ตรวจวัดปริมาณรังสีที่พนักงานได้รับ

   ห้องปฏิบัติการที่ใช้รังสีต้องทำความสะอาดและสามารถขจัดสิ่งปนเปื้อนได้ง่าย พื้นที่ที่ทำงานกับรังสีควรแยกออกจากพื้นที่สำหรับทำกิจกรรมอื่น และต้องมีสัญลักษณ์ติดไว้บริเวณประตูทางเข้า (รูปที่ 12)

2. พื้นที่บนโต๊ะปฏิบัติงาน
   -- ใช้ถาดรองวัสดุรังสีที่มีวัสดุดูดซับปูรอง
   -- จำกัดปริมาณรังสีที่จะใช้
   -- มีฉากกั้นพื้นที่รังสี พื้นที่ปฏิบัติงาน และ พื้นที่กำจัดขยะรังสี

-- ปิดฉลากภาชนะบรรจุรังสี ด้วยสัญลักษณ์รังสี พร้อมระบุชนิดของรังสี กิจกรรม และวันที่ทดสอบ

-- ใช้เครื่องวัดปริมาณรังสี เพื่อตรวจวัดปริมาณรังสีในพื้นที่รังสี เสื้อผ้าป้องกันและมือ ภายหลังปฏิบัติงาน

-- ใช้ภาชนะขนส่งที่เหมาะสม

3. พื้นที่กำจัดกากรังสี

--ทิ้งหรือกำจัดกากรังสีจากพื้นที่ปฏิบัติงานอย่างสม่ำเสมอ

-- มีการจดบันทึกที่ชัดเจนสำหรับการใช้และการทิ้งสารรังสี

-- ตรวจหาวัตถุรังสีที่มีปริมาณรังสีเกินกำหนด

-- มีแผนฉุกเฉิน

-- ขณะเกิดเหตุฉุกเฉิน ให้ช่วยผู้ป่วยก่อน

-- ทำความสะอาดพื้นที่ปนเปื้อน

-- ขอความช่วยเหลือจากเจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัย หากจำเป็น

-- เขียนและเก็บบันทึกอุบัติเหตุไว้ทุกครั้ง

4. มีการจดบันทึกและมีแผนฉุกเฉิน

รูปที่ 12 เครื่องหมายสากลเตือนอันตรายจากรังสี

ภาค 7

การจัดตั้งหน่วยงานด้านความปลอดภัย และการฝึกอบรม

19. เจ้าหน้าที่และคณะกรรมการด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ

สถาบันหรือห้องปฏิบัติการแต่ละแห่งควรมีนโยบายด้านความปลอดภัย รวมถึงจัดทำคู่มือความปลอดภัย และโปรแกรมสนับสนุนเพื่อการปฏิบัติที่สัมฤทธิ์ผล ผู้อำนวยการสถาบันอาจมอบหมายหน้าที่เหล่านี้ให้เจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ

หัวหน้าห้องปฏิบัติการ ผู้บริหารและพนักงานทุกคนมีความรับผิดชอบต่อความปลอดภัยของตนเองและต่อผู้ร่วมงานในห้องปฏิบัติการ โดยเจ้าหน้าที่ทุกคนต้องทำงานอย่างระมัดระวังและต้องรายงานการกระทำใดๆ ที่ไม่ปลอดภัยให้ผู้บังคับบัญชาทราบ และมีความจำเป็นที่จะต้องทำการตรวจติดตามจากหน่วยงานทั้งภายในและภายนอกเป็นระยะๆ

เจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ

เจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพมีหน้าที่ตรวจสอบว่าบุคลากรในห้องปฏิบัติการปฏิบัติตามนโยบายและโปรแกรมด้านความปลอดภัยทางชีวภาพหรือไม่ โดยเป็นการปฏิบัติหน้าที่แทนในฐานะผู้อำนวยการสถาบัน ในหน่วยงานเล็กๆ เจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพอาจจะเป็นนักจุลชีววิทยาหรือเจ้าหน้าที่ทางเทคนิค ซึ่งอาจจะทำหน้าที่เหล่านี้ไม่เต็มเวลา แต่ต้องมีความรู้ความสามารถที่จะให้คำแนะนำ ทบทวน และอนุมัติกิจกรรมพิเศษต่างๆ ว่าเหมาะสมหรือไม่ เจ้าหน้าที่ควรศึกษาและใช้กฎ ข้อบังคับ และคู่มือทั้งในระดับชาติและนานาชาติในการปฏิบัติงาน และควรสนับสนุนให้ห้องปฏิบัติการต่างๆ จัดทำคู่มือมาตรฐานในการปฏิบัติงาน เจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพต้องมีพื้นฐานด้านจุลชีววิทยา ชีวเคมีและวิทยาศาสตร์กายภาพและชีวภาพ และควรมีความรู้ด้านคลินิกและหลักการทางวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ การใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องมือและอาคารสถานที่ และจะต้องสามารถสื่อสารกับผู้บริหาร นักเทคนิคและเจ้าหน้าที่ในหน่วยสนับสนุนได้

ภาระหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ ได้แก่

1. การให้คำปรึกษาด้านความปลอดภัยและความมั่นคงทางชีวภาพ
2. การตรวจติดตามเกี่ยวกับวิธี และมาตรการต่างๆ รวมทั้งตรวจติดตามเชื้อ เครื่องมือและอุปกรณ์
3. การให้คำแนะนำกรณีมีการละเมิดกฎหรือมาตรการต่างๆ
4. การจัดหาการฝึกอบรมให้แก่พนักงานทุกคน
5. การสนับสนุนการศึกษาต่อเนื่องด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ
6. การสอบสวนอุบัติเหตุเกี่ยวกับการหลุดลอดของเชื้อหรือวัตถุมีพิษ และรายงานสิ่งที่พบให้หัวหน้าห้องปฏิบัติการและคณะกรรมการด้านความปลอดภัยทางชีวภาพทราบ
7. การให้ความร่วมมือกับเจ้าหน้าที่แพทย์เกี่ยวกับการติดเชื้อจากห้องปฏิบัติการ

8. การตรวจสอบการฆ่าเชื้อภายหลังการหกหล่นหรืออุบัติเหตุอื่นๆ ที่เกี่ยวกับวัตถุติดเชื้อ
9. การตรวจสอบการจัดการขยะ
10. การตรวจสอบการฆ่าเชื้ออุปกรณ์หรือเครื่องมือก่อนซ่อมหรือก่อนใช้งาน
11. การดูแลความตื่นตัวของทัศนคติของชุมชนต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม
12. การจัดทำมาตรการการนำเข้าและส่งออกวัตถุติดเชื้อเข้าหรือออกจากห้องปฏิบัติการ ตามข้อกำหนดแห่งชาติ
13. การทบทวนด้านความปลอดภัยทางชีวภาพของแผน วิธีและมาตรการปฏิบัติต่างๆ เพื่อการวิจัยเกี่ยวกับเชื้อโรค ก่อนที่จะมีการนำแผนเหล่านั้นไปปฏิบัติ
14. การจัดทำระบบปฏิบัติกรณีฉุกเฉิน

คณะกรรมการด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ

คณะกรรมการด้านความปลอดภัยทางชีวภาพถูกจัดตั้งขึ้นเพื่อพัฒนานโยบายด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ และมาตรการปฏิบัติ คณะกรรมการดังกล่าวควรทบทวนวิธีการทำงานที่เกี่ยวข้องกับเชื้อ การใช้สัตว์ ดีเอ็นเอตัดแต่งพันธุกรรม และวัสดุดัดแปลงพันธุกรรมต่างๆ นอกจากนี้คณะกรรมการควรมีหน้าที่ประเมินความเสี่ยง จัดทำนโยบายด้านความปลอดภัย ไกล่เกลี่ยกรณีเกิดความขัดแย้งหรือโต้เถียงเกี่ยวกับประเด็นด้านความปลอดภัย

สมาชิกของคณะกรรมการด้านความปลอดภัยทางชีวภาพควรมาจากหลากหลายวิชาชีพภายในองค์กร ซึ่งอาจประกอบด้วย

1. เจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ
2. นักวิทยาศาสตร์
3. บุคลากรทางการแพทย์
4. สัตวแพทย์ (หากมีการใช้สัตว์)
5. ผู้แทนเจ้าหน้าที่เทคนิค
6. ผู้แทนคณะผู้บริหารห้องปฏิบัติการ

คณะกรรมการด้านความปลอดภัยทางชีวภาพควรได้รับคำแนะนำจากเจ้าหน้าที่และผู้เชี่ยวชาญจากแผนกต่างๆ (ที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะ เช่น ด้านการป้องกันอันตรายจากรังสี ความปลอดภัยอุตสาหกรรม การป้องกันอัคคีภัย เป็นต้น) และในบางครั้งอาจต้องได้รับความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญอิสระจากสาขาต่างๆ องค์กรท้องถิ่น และหน่วยงานควบคุมดูแลระดับชาติ สมาชิกชุมชนอาจเข้ามามีส่วนร่วมที่เป็นประโยชน์ โดยเฉพาะเมื่อมีการวิพากษ์ระเบียบหรือมาตรการบางอย่างที่มีความอ่อนไหวหรือมีประเด็นที่อาจก่อให้เกิดความไม่เข้าใจกับสาธารณะ

20. ความปลอดภัยสำหรับเจ้าหน้าที่สนับสนุน

ความปลอดภัยสำหรับห้องปฏิบัติการควรครอบคลุมไปถึงเจ้าหน้าที่สนับสนุน โดยเจ้าหน้าที่เหล่านี้ต้องได้รับการฝึกอบรมที่เหมาะสม

แผนกช่างและซ่อมบำรุง

วิศวกรและช่างที่มีหน้าที่ดูแลและซ่อมบำรุงโครงสร้าง อาคารสถานที่ และเครื่องมือต่างๆ ควรมีความรู้เกี่ยวกับงานต่างๆ ภายในห้องปฏิบัติการ และเข้าใจกฎและมาตรการด้านความปลอดภัย

การตรวจสอบอุปกรณ์หลังการใช้งาน เช่น การตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของตู้ปลอดเชื้อหลังการเปลี่ยนหัวกรองอากาศ อาจต้องอยู่ภายใต้การดูแลของเจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ

ห้องปฏิบัติการหรือสถาบันที่ไม่มีแผนกช่างควรหาช่างจากภายนอก และให้ความรู้ความเข้าใจกับบุคคลเหล่านั้นเกี่ยวกับอุปกรณ์และงานต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ

หากเจ้าหน้าที่แผนกช่างและบำรุงจะเข้าไปภายในห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 หรือ 4 ต้องได้รับอนุญาตและอยู่ในความดูแลของเจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพหรือหัวหน้าห้องปฏิบัติการ

แผนกรักษาความสะอาด

ห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 หรือ 4 ควรได้รับการทำความสะอาดโดยเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ หากเจ้าหน้าที่ทำความสะอาดจะเข้าไปภายในห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 หรือ 4 ต้องได้รับอนุญาตและอยู่ในความดูแลของเจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพหรือหัวหน้าห้องปฏิบัติการ

21. โปรแกรมการฝึกอบรม

โปรแกรมการฝึกอบรมต่อเนื่องมีจุดประสงค์เพื่อสร้างความตื่นตัวของเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและเจ้าหน้าที่หน่วยสนับสนุน ซึ่งจัดโดยเจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพและผู้ทรงคุณวุฒิ ความสัมฤทธิ์ผลของการฝึกอบรมขึ้นกับการจัดการ การสร้างแรงจูงใจ การฝึกอบรมที่เกี่ยวข้องและเหมาะสมกับงาน การสื่อสารที่ดี และเป้าหมายขององค์กร องค์ประกอบสำคัญของโปรแกรมการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ ได้แก่

1. **การประเมินความต้องการ** ประกอบด้วย การให้คำนิยามงานที่เกี่ยวข้อง การจัดลำดับความสำคัญ (ในแง่ความถี่ ความอันตราย ความซับซ้อน) และรายละเอียดต่างๆ ของขั้นตอนที่จำเป็นเพื่อการบรรลุสิ่งเหล่านั้น
2. **การตั้งจุดมุ่งหมายของการฝึกอบรม** คือ การสังเกตหรือคาดการณ์ว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมคาดหวังสิ่งใดเกี่ยวกับงานภายหลังการฝึกอบรม จุดม่งหมายเหล่านี้อาจกล่าวถึงเงื่อนไขของกิจกรรมและระดับของความรู้ความสามารถที่ต้องการ
3. **การกำหนดเนื้อหาและสื่อของการฝึกอบรม** เนื้อหาคือองค์ความรู้หรือทักษะ ซึ่งผู้เข้ารับการฝึกอบรมต้องได้รับเพื่อการบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ส่วนใหญ่ผู้ซึ่งมีความรู้ดีที่สุดเกี่ยวกับงานจะเป็นผู้กำหนดเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ วิธีการอื่นๆ ที่ใช้อาจจะมุ่งไปสู่แบบฝึกหัดการแก้ไขปัญหาหรือการออกแบบวิธีการเรียนรู้ เพื่อแก้ไขความผิดพลาดซึ่งเกิดจากการใช้ทักษะของคน ไม่แน่ว่าวิธีการสอนอย่างหนึ่ง เช่น การบรรยาย การสอนทางโทรทัศน์ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน การใช้วิดีโอชนิดปฏิสัมพันธ์ ฯลฯ จะดีกว่าวิธีอื่นๆ โดยปัจจัยเหล่านี้ขึ้นกับความต้องการเฉพาะของการฝึกอบรม การสร้างกลุ่มผู้รับการฝึกอบรม เป็นต้น
4. **การประสานความแตกต่างด้านการเรียนรู้ของบุคคล** การฝึกอบรมที่มีประสิทธิภาพต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรมด้วย เพราะคนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มอาจมีความแตกต่างด้านความรู้ ความชำนาญ การใช้ภาษาพูดและทักษะในการทำงาน การที่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมองโปรแกรมการฝึกอบรมว่าสามารถมีส่วนในการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานและความปลอดภัยส่วนบุคคลอย่างไรนั้นอาจเป็นตัวกำหนดถึงวิธีการที่จะใช้ บางคนเรียนรู้จากการเห็นหรือการปฏิบัติ ในขณะที่บางคนเรียนรู้ได้ดีจากการอ่าน ความต้องการพิเศษของเจ้าหน้าที่ก็ต้องถูกพิจารณาเช่นกัน เช่น การปรับเปลี่ยนหลักสูตรสำหรับผู้ที่มีความพิการทางการได้ยิน เป็นต้น นอกจากที่กล่าวมาแล้วนี้ แนะนำว่าผู้พัฒนาโปรแกรมการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยควรสร้างความคุ้นเคยกับหลักการด้านการเรียนรู้ของผู้ใหญ่ด้วย

5. **การสร้างเงื่อนไขของการเรียนรู้** วัสดุการสอน เช่น หลักสูตรการฝึกอบรม วิดีโอเทป เอกสารการสอน ฯลฯ ไม่ควรจะขัดแย้ง ขัดขวาง หรือไม่เกี่ยวข้องกับทักษะความเชี่ยวชาญหรือหัวข้อที่กำลังสอน ตัวอย่างเช่น หากการสอนมีจุดมุ่งหมายของเพื่อพัฒนาศักยภาพเทคนิคในการแก้ปัญหา วิธีการสอนควรเน้นไปที่วิธีคิดหรือการให้เหตุผลมากกว่าเน้นการจดจำ การสอนควรได้รับการตอบสนองที่เหมาะสม (เป็นไปในทางบวก/แม่นยำ/น่าเชื่อถือ) นอกจากนี้วัสดุการสอนที่ให้โอกาสเพื่อการฝึกฝนภายใต้สภาวะที่คล้ายคลึงกับงานจะช่วยถ่ายทอดทักษะเหล่านั้นไปสู่งานที่แท้จริง
6. **การประเมินการฝึกอบรม** เป็นการหาข้อมูล ซึ่งช่วยกำหนดว่าการสอนบรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้หรือไม่ โดยทั่วไปการประเมินการฝึกอบรมมี 4 แบบ ได้แก่
   -- การวัดการตอบสนองของผู้เข้ารับการฝึกอบรมต่อการสอน
   -- การวัดความจำ และ/หรือ ประสิทธิภาพของผู้เข้ารับการฝึกอบรม
   -- การประเมินการเปลี่ยนแปลงทางพฤติกรรมการทำงาน
   --การวัดผลที่จับต้องได้ ที่เกี่ยวกับเป้าหมายขององค์กร
   การประเมินที่สมบูรณ์ของการฝึกอบรมควรประกอบด้วยการประเมินทั้ง 4 แบบ วิธีการประเมินที่ไร้ประสิทธิภาพที่สุดคือการพิเคราะห์เฉพาะการตอบสนองของผู้เข้ารับการฝึกอบรมต่อการสอนซึ่งอาจมีความสัมพันธ์เพียงเล็กน้อยกับการเรียนรู้ที่แท้จริง จึงไม่ควรใช้เพื่อวัดประสิทธิภาพการฝึกอบรม
7. **การทบทวนการฝึกอบรม** น้อยครั้งที่การประเมินการฝึกอบรมจะบอกได้ว่าการฝึกอบรมประสบผลสำเร็จหรือล้มเหลว เนื่องจากต้องใช้บรรทัดฐานหลายประการในการวัดผล โดยมากแล้วข้อมูลนี้บ่งชี้ถึงความเข้าใจที่ดีขึ้น การรักษาและการประยุกต์บางส่วนของเนื้อหาหลักสูตรเปรียบเทียบกับส่วนอื่นๆ ความแตกต่างหรือช่องว่างของความรู้หรือศักยภาพที่เป็นผลจากการฝึกอบรมอาจสะท้อนถึงความจำเป็นที่บ่งชี้ว่าต้องมีจัดการฝึกอบรมให้มากขึ้น หรือการใช้เทคนิคการสอนอื่นๆ หรือการเลือกผู้สอนที่มีความสามารถมากขึ้น

ภาค 8

แบบตรวจติดตามด้านความปลอดภัย

22. แบบตรวจติดตามด้านความปลอดภัย

แบบตรวจติดตามนี้มีความมุ่งหมาย เพื่อช่วยประเมินความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการทางจุล-ชีววิทยา และสถานะความมั่นคงของห้องปฏิบัติการด้านชีววิทยาและการแพทย์

ห้องปฏิบัติการ

1. คู่มือการตั้งกรรมการและการให้ใบรับรองได้ถูกนำมาพิจารณาใช้ในการก่อสร้างและการประเมินหลังการก่อสร้างห้องปฏิบัติการหรือไม่
2. ห้องปฏิบัติการถูกระเบียบการก่อสร้างแห่งชาติและท้องถิ่น รวมทั้งข้อกำหนดด้านการป้องกันภัยธรรมชาติหรือไม่
3. สถานที่ไม่มีของวางเกะกะหรือกีดขวางหรือไม่
4. สถานที่สะอาดหรือไม่
5. พื้นมีความผิดปกติทางโครงสร้างหรือไม่
6. พื้นและบันไดเป็นเนื้อเดียวกันและไม่ลื่นหรือไม่
7. พื้นที่ทำงานพอเพียงหรือไม่
8. พื้นที่บริเวณทางเดินและเฉลียงพอเพียงสำหรับการเดินและการเคลื่อนย้ายวัสดุชิ้นใหญ่หรือไม่
9. โต๊ะ เฟอร์นิเจอร์และชิ้นส่วนต่างๆ อยู่ในสภาพดีหรือไม่
10. พื้นผิวโต๊ะทนตัวทำละลายและสารเคมีกัดกร่อนได้หรือไม่
11. แต่ละห้องมีอ่างล้างมือหรือไม่
12. สถานที่ถูกสร้างและรักษาเพื่อป้องกันการเข้ามาอยู่อาศัยและการทำรังของหนูหรือแมลงหรือไม่
13. ท่อไอน้ำหรือท่อน้ำร้อนมีฉนวนหุ้มหรือถูกกั้นไว้เพื่อป้องกันอันตรายต่อเจ้าหน้าที่หรือไม่
14. มีหน่วยจ่ายไฟฟ้าสำรองกรณีไฟตกหรือไม่
15. สถานที่สามารถจำกัด หรือห้ามการเข้ามาของบุคคลภายนอกได้หรือไม่
16. มีการประเมินความเสี่ยง เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์และสถานที่ว่าเหมาะต่อการทำงานหรือไม่

ห้องเก็บของ

1. ห้องเก็บของ ชั้นวางของ และอื่นๆ มีความมั่นคง ไม่ล้ม หล่น หรือเลื่อนหรือไม่
2. ห้องเก็บของ หรือชั้นวางของปราศจากฝุ่นละออง และสิ่งของไม่จำเป็น ซึ่งอาจทำให้สะดุดล้ม ไฟไหม้ ระเบิด และเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์รบกวนหรือไม่
3. ตู้แช่แข็งและบริเวณเก็บของสามารถล็อคกุญแจได้หรือไม่

การสุขาภิบาลและสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับบุคลากร

1. สถานที่ได้รับการดูแลรักษาความสะอาด มีระเบียบและถูกหลักสุขาภิบาลหรือไม่
2. มีน้ำดื่มหรือไม่
3. มีห้องน้ำสะอาดและเพียงพอแยกสำหรับชายและหญิงหรือไม่
4. มีน้ำร้อน น้ำเย็น สบู่ และกระดาษชำระหรือไม่
5. มีห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าแยกสำหรับชายและหญิงหรือไม่
6. มีสถานที่ (เช่น ตู้ล็อกเกอร์) สำหรับเปลี่ยนชุดหรือไม่
7. มีห้องรับประทานอาหารกลางวันสำหรับพนักงานหรือไม่
8. เสียงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้หรือไม่
9. มีการจัดการการเก็บรวบรวมและการกำจัดขยะทั่วไปในครัวเรือนที่ดีหรือไม่

การทำความร้อนและการระบายอากาศ

1. อุณหภูมิสบายเหมาะสำหรับการทำงานหรือไม่
2. ม่านบังตามีขนาดพอดีกับหน้าต่างเมื่อได้รับแสงแดดเต็มที่หรือไม่
3. การระบายอากาศพอเพียงหรือไม่ เช่น มีการระบายอย่างน้อย 6 ครั้งต่อชั่วโมง โดยเฉพาะในห้องที่มีเครื่องระบายอากาศ
4. ระบบระบายอากาศมีเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูงหรือไม่
5. การระบายอากาศจากเครื่องระบายอากาศทำให้เกิดการขัดขวางการไหลเวียนของอากาศในหรือรอบๆ ตู้ปลอดเชื้อ และตู้ดูดควันหรือไม่

การให้แสงสว่าง

1. แสงสว่างเพียงพอหรือไม่
2. มีดวงไฟที่โต๊ะทำงานหรือไม่
3. ทุกบริเวณสว่าง ไม่มีมุมมืดในห้องหรือตามทางเดินหรือไม่
4. หลอดไฟฟลูออเรสเซนท์ขนานกับโต๊ะทำงานหรือไม่
5. ระดับความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนท์สม่ำเสมอหรือไม่

การบริการ

1. ในแต่ละห้องมีอ่างล้างหน้า น้ำ ไฟฟ้า และปลั๊กไฟ สำหรับการทำงานอย่างปลอดภัยหรือไม่
2. มีโปรแกรมการตรวจสอบและการดูแลรักษาฟิวส์ หลอดไฟ สายไฟ ท่อน้ำ และอื่นๆ หรือไม่
3. การชำรุดได้รับการแก้ไขภายในเวลาที่เหมาะสมหรือไม่

4. มีแผนกบริการบำรุงรักษาและวิศวกรรมภายในซึ่งมีช่างหรือวิศวกรที่มีทักษะและความรู้ความชำนาญเบื้องต้นเกี่ยวกับงานในห้องปฏิบัติการหรือไม่
5. มีการควบคุมและจดบันทึกการเข้าออกห้องปฏิบัติการของเจ้าหน้าที่แผนกซ่อมบำรุงหรือไม่
6. หากไม่มีแผนกซ่อมบำรุง ได้มีการติดต่อช่างหรือวิศวกรจากภายนอกที่มีความคุ้นเคยกับงานและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการหรือไม่
7. มีแผนกทำความสะอาดหรือไม่
8. มีการควบคุมและจดบันทึกการเข้าออกห้องปฏิบัติการของเจ้าหน้าที่ทำความสะอาดหรือไม่
9. มีแผนกสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพหรือไม่

ความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ

1. มีการประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพซึ่งระบุความเสี่ยงที่ควรมีระบบความมั่นคงหรือไม่
2. มีการให้คำนิยามความเสี่ยงที่ยอมรับได้และพารามิเตอร์สำหรับแผนการรับมืออุบัติเหตุหรือไม่
3. อาคารถูกปิดล็อคขณะไม่มีคนทำงานหรือไม่
4. ประตูและหน้าต่างสามารถกันแตกได้หรือไม่
5. ห้องที่บรรจุวัตถุอันตรายและอุปกรณ์ราคาแพงถูกปิดล็อคขณะไม่มีคนทำงานหรือไม่
6. มีการควบคุมและบันทึกการเข้าออกและการใช้งานห้องที่บรรจุวัตถุอันตรายและอุปกรณ์ราคาแพงหรือไม่

การป้องกันอัคคีภัย

1. มีระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้หรือไม่
2. ประตูหนีไฟอยู่ในสภาพดีหรือไม่
3. ระบบตรวจจับไฟไหม้อยู่ในสภาพดีและถูกตรวจสอบสม่ำเสมอหรือไม่
4. สามารถเข้าถึงตู้สัญญาณเตือนไฟไหม้ได้ง่ายหรือไม่
5. ทางออกทุกทางมีป้ายเหมาะสมและป้ายมีไฟสว่างภายใน
6. เส้นทางไปสู่ทางออกชัดเจนหรือไม่ โดยเฉพาะเมื่อเส้นทางไม่สามารถเห็นได้ในทันทีทันใด
7. ทางออกไม่ถูกกีดขวางด้วยเฟอร์นิเจอร์ และอุปกรณ์ต่างๆ หรือไม่ และทางออกไม่ถูกปิดล็อคเมื่อมีคนทำงานภายในอาคารหรือไม่
8. การเดินไปทางออกนั้นไม่ต้องผ่านบริเวณอันตรายสูงหรือไม่
9. ทางออกทุกทางเปิดไปสู่บริเวณกว้างว่างเปล่าหรือไม่
10. ระเบียงและทางเดินไม่ถูกกีดขวางการเดินและการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ดับเพลิงหรือไม่
11. มีการจำแนกอุปกรณ์ดับเพลิงด้วยสีที่เหมาะสมหรือไม่

12. เครื่องดับเพลิงที่เคลื่อนย้ายได้ถูกเติมไฟเต็มหรือไม่ และอยู่สภาพใช้งานและถูกเก็บในที่ที่เหมาะสมตลอดเวลาหรือไม่
13. ห้องปฏิบัติการที่เสี่ยงต่อไฟไหม้มีถังดับเพลิง และ/หรือ ผ้าดับไฟ สำหรับใช้ในกรณีฉุกเฉินหรือไม่
14. หากมีการใช้ของเหลวและก๊าซไวไฟในห้อง มีการติดตั้งระบบระบายอากาศเพื่อกำจัดไอระเหยไม่ให้ไอนั้นขึ้นถึงระดับที่เป็นอันตรายหรือไม่
15. มีการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ให้รับมือกับอัคคีภัยหรือไม่

การเก็บของเหลวไวไฟ

1. มีอาคารเก็บของเหลวไวไฟในปริมาณมากๆ แยกจากอาคารหลักหรือไม่
2. มีป้ายบอกบริเวณเสี่ยงต่อการเกิดไฟไหม้หรือไม่
3. มีระบบระบายอากาศแยกจากระบบหลักของตัวอาคารหรือไม่
4. สวิทซ์หลอดไฟถูกปิดอุดไว้หรือถูกติดตั้งไว้ภายนอกอาคารหรือไม่
5. หลอดไฟที่อยู่ภายในถูกปกป้องไว้เพื่อกันการจุดประกายไฟโดยไอระเหยหรือไม่
6. ของเหลวไวไฟอยู่ในภาชนะที่เหมาะสมและภาชนะทำจากวัสดุที่ไม่ติดไฟหรือไม่
7. มีฉลากบนภาชนะระบุสิ่งที่บรรจุอยู่ภายในถูกต้องหรือไม่
8. ถังดับเพลิงและ/หรือผ้าดับเพลิงถูกวางไว้ภายนอกแต่ใกล้กับห้องเก็บของเหลวไวไฟหรือไม่
9. มีป้าย ‘‘ห้ามสูบบุหรี่’’ แสดงไว้ทั้งภายในและนอกห้องเก็บของเหลวไวไฟหรือไม่
10. ห้องปฏิบัติการมีการเก็บของเหลวไวไฟในปริมาณเล็กน้อยเท่านั้นหรือไม่
11. ของเหลวเหล่านั้นถูกเก็บในตู้ที่เหมาะสมหรือไม่
12. ตู้เหล่านั้นมีป้าย ‘‘ระวังไฟไหม้-ของเหลวไวไฟ’’ หรือไม่
13. เจ้าหน้าที่ได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการใช้และการเคลื่อนย้ายของเหลวไวไฟหรือไม่

ก๊าซอัดความดันและก๊าซเหลว

1. มีการระบุสิ่งที่บรรจุอยู่ภายในถังก๊าซที่เคลื่อนย้ายได้หรือไม่และการระบุด้วยสีถูกต้องหรือไม่
2. ถังก๊าซอัดความดันและลิ้นควบคุมความดันถูกตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอหรือไม่
3. ลิ้นระบายความดันถูกบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอหรือไม่
4. มีอุปกรณ์ลดแรงดันต่อกับถังขณะใช้งานหรือไม่
5. มีฝาปิดถังขณะไม่ใช้งานหรือขณะเคลื่อนย้ายหรือไม่
6. ถังมีความมั่นคง ไม่ล้ม โดยเฉพาะกรณีเกิดภัยธรรมชาติ หรือไม่
7. ถังก๊าซและถังก๊าซหุงต้มถูกเก็บห่างจากความร้อนหรือไม่
8. มีการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่เกี่ยวกับการใช้งานและการเคลื่อนย้ายก๊าซเหลวหรือไม่

อันตรายจากไฟฟ้า

1. การติดตั้งไฟฟ้า การทดแทน การปรับปรุง หรือการซ่อมแซมเป็นไปตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยเกี่ยวกับไฟฟ้าแห่งชาติหรือไม่
2. มีการต่อสายดินหรือไม่ (เป็นต้นว่า ระบบปลั๊กไฟสามตา)
3. มีอุปกรณ์ตัดไฟและอุปกรณ์ต่อสายดินในวงจรไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการทุกห้องหรือไม่
4. เครื่องไฟฟ้าได้รับการรับรองให้ใช้ภายในห้องปฏิบัติการหรือไม่
5. สายไฟของอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกเครื่องสั้นที่สุดเพื่อการใช้งาน อยู่ในสภาพดี ไม่ยุ่ย ชำรุดหรือหักหรือไม่
6. ปลั๊กไฟหนึ่งปลั๊กถูกใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าหนึ่งเครื่องหรือไม่ (ไม่มีการใช้เครื่องปรับไฟ)

การป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

1. มีเสื้อและอุปกรณ์ป้องกันอันตราย เช่น เสื้อกาวน์ ชุดสวมทั้งตัว ผ้ากันเปื้อน ถุงมือ ที่ได้รับการอนุมัติด้านแบบและเส้นใยสำหรับเจ้าหน้าที่ทุกคนหรือไม่
2. มีเสื้อและอุปกรณ์ป้องกัน สำหรับการทำงานกับสารเคมีอันตราย สารรังสี และสารก่อมะเร็ง เช่น ผ้าและถุงมือยางกันเปื้อน สำหรับการทำงานกับสารเคมีและการทำความสะอาดสารเคมีหกหล่น และถุงมือกันความร้อนสำหรับการนำอุปกรณ์ออกจากหม้อนึ่งฆ่าเชื้อและเตาอบ
3. มีแว่นตาและหน้ากากป้องกันอันตรายหรือไม่
4. มีจุดหรือสถานที่ล้างตาหรือไม่
5. มีฝักบัวอาบน้ำฉุกเฉินหรือไม่
6. การป้องกันรังสีเป็นไปตามมาตรฐานแห่งชาติและนานาชาติ รวมทั้งมีการใช้เครื่องวัดปริมาณรังสีหรือไม่
7. มีหน้ากากหรือเครื่องช่วยหายใจหรือไม่ และอุปกรณ์เหล่านั้นถูกทำความสะอาด ฆ่าเชื้อ ตรวจสอบและเก็บในสถานที่สะอาดและถูกสุขลักษณะหรือไม่
8. มีการใช้กระดาษกรองที่เหมาะสมกับหน้ากากหรือเครื่องช่วยหายใจแต่ละชนิดหรือไม่ เช่น หัวกรองประสิทธิภาพสูง สำหรับเชื้อโรค หรือหัวกรองที่เหมาะสมกับก๊าซหรือฝุ่นละออง
9. มีการตรวจสอบว่าหน้ากากหรือเครื่องช่วยหายใจเหมาะกับขนาดและรูปร่างใบหน้าหรือไม่

สุขภาพและความปลอดภัยของพนักงาน

1. มีแผนกบริการสุขภาพหรือไม่
2. มีกล่องปฐมพยาบาลหรือไม่
3. มีผู้ทำการปฐมพยาบาลที่มีความรู้หรือไม่

4. ผู้ทำการปฐมพยาบาลได้รับการฝึกฝนให้รับมือกับเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือไม่ เช่น การสัมผัสกับสารเคมีกัดกร่อน อุบัติเหตุจากการกินสารพิษและเชื้อโรค
5. เจ้าหน้าที่ที่ไม่ได้ทำงานในห้องปฏิบัติการ เช่น เจ้าหน้าที่ธุรการ ได้รับความรู้เกี่ยวกับอันตรายที่อาจได้รับจากห้องปฏิบัติการหรือไม่
6. มีป้ายบอกชื่อผู้ปฐมพยาบาล เบอร์โทรศัพท์ และอื่นๆ สำหรับกรณีฉุกเฉินหรือไม่
7. หญิงที่อยู่ในอายุที่ตั้งครรภ์ได้ได้รับการเตือนถึงผลจากการทำงานกับเชื้อโรค สารก่อมะเร็ง สารก่อการกลายพันธุ์ และสารก่อสภาวะวิรูปในทารก หรือไม่
8. หญิงที่อยู่ในอายุที่ตั้งครรภ์ได้ได้รับการบอกให้ทราบหรือไม่ว่าหากกำลังหรือสงสัยว่ากำลังจะตั้งครรภ์ หญิงเหล่านั้นควรแจ้งให้เจ้าหน้าที่ด้านการแพทย์ทราบ เพื่อที่จะจัดงานที่เหมาะสมให้
9. มีโปรแกรมการฉีดวัคซีนต่อต้านเชื้อโรคที่ทำงานในห้องปฏิบัติการหรือไม่
10. มีการทดสอบทางผิวหนัง และ/หรือ แผนกรังสีวิทยา สำหรับเจ้าหน้าที่ที่ทำงานกับเชื้อวัณโรคหรือไม่
11. มีการจดบันทึกการเจ็บป่วยและอุบัติเหตุของพนักงานหรือไม่
12. มีป้ายเตือนอันตรายหรืออุบัติเหตุหรือไม่
13. มีการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ให้ปฏิบัติตามมาตรการด้านความปลอดภัยหรือไม่
14. พนักงานได้รับการกระตุ้นเตือนให้แจ้งหรือรายงานอุบัติเหตุจากการสัมผัสเชื้อหรือไม่

เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

1. เครื่องมือทุกชิ้นได้รับการรับรองว่าปลอดภัยในการใช้งานหรือไม่
2. มีมาตรการการฆ่าเชื้อเครื่องมือก่อนการซ่อมบำรุงหรือไม่
3. ตู้ปลอดเชื้อและตู้ดูดควันได้รับการตรวจสอบและซ่อมบำรุงสม่ำเสมอหรือไม่
4. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อและถังความดันต่างๆ ได้รับการตรวจสอบสม่ำเสมอหรือไม่
5. เครื่องปั่นเหวี่ยงและหัวปั่นได้รับการตรวจสอบสม่ำเสมอหรือไม่
6. มีการเปลี่ยนหัวกรองอากาศประสิทธิภาพสูงสม่ำเสมอหรือไม่
7. มีการใช้ไปเปตในการดูดของเหลวแทนที่จะใช้เข็มและกระบอกฉีดยาหรือไม่
8. เครื่องแก้วที่มีรอยร้าวและแตกถูกกำจัดและไม่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่หรือไม่
9. มีถังขยะสำหรับแก้วทั้งที่แตกและไม่แตกหรือไม่
10. มีการใช้เครื่องมือพลาสติกแทนที่จะใช้เครื่องแก้วเท่าที่จะทำได้หรือไม่
11. มีถังขยะสำหรับของมีคมหรือไม่

วัสดุติดเชื้อ

1. ตัวอย่างที่ได้รับจากการจัดส่งอยู่ในสภาพดีหรือไม่
2. มีการจดบันทึกวัสดุที่รับเข้ามาหรือไม่
3. ตัวอย่างถูกแกะเปิดห่อในตู้ปลอดเชื้อด้วยความระมัดระวัง ไม่ให้แตกและรั่วซึมหรือไม่
4. มีการสวมถุงมือและเสื้อผ้าป้องกันขณะแกะเปิดห่อตัวอย่างหรือไม่
5. มีการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ในการส่งตัวอย่างติดเชื้อ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดแห่งชาติหรือนานาชาติหรือไม่
6. โต๊ะทำงานสะอาดและเป็นระเบียบหรือไม่
7. มีการกำจัดวัสดุติดเชื้อที่ทิ้งแล้วอย่างปลอดภัย ทุกวัน วันละครั้งหรือบ่อยกว่านั้น หรือไม่
8. เจ้าหน้าที่ทุกคนทราบวิธีการปฏิบัติกรณีเกิดการแตก การหกหล่นของเชื้อและวัสดุติดเชื้อหรือไม่
9. มีการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือสำหรับทำให้ปราศจากเชื้อ โดยการใช้ตัวชี้วัดทางเคมีกายภาพ และชีวภาพที่เหมาะสมหรือไม่
10. มีมาตรการการฆ่าเชื้อเครื่องปั่นเหวี่ยงอย่างสม่ำเสมอหรือไม่
11. มีกระป๋องหรือถังที่ปิดสนิทสำหรับใช้กับเครื่องปั่นเหวี่ยงหรือไม่
12. มีการใช้น้ำยาฆ่าเชื้อที่ถูกต้องและเหมาะสมหรือไม่
13. มีการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ที่ทำงานในห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 และระดับ 4 หรือไม่

สารเคมีและสารรังสี

1. สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ถูกเก็บและใช้แยกกันหรือไม่
2. มีการปิดฉลากชื่อสารเคมีทุกชนิดและคำเตือนหรือไม่
3. มีแผนภูมิเตือนอันตรายจากสารเคมีติดไว้ชัดเจนหรือไม่
4. มีชุดสำเร็จรูปสำหรับการทำความสะอาดสารเคมีหรือเชื้อหกหล่นหรือไม่
5. มีการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ในการปฏิบัติเมื่อมีการหกหล่นหรือไม่
6. สารหรือวัตถุไวไฟถูกเก็บไว้อย่างถูกต้องและปลอดภัยในปริมาณที่น้อยที่สุดที่ต้องการใช้ในตู้เก็บที่ได้รับการรับรองหรือไม่
7. มีรถเข็นขวดหรือไม่
8. มีเจ้าหน้าที่ด้านรังสีและคู่มืออ้างอิงหรือไม่
9. มีการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ให้ทำงานกับรังสีอย่างปลอดภัยหรือไม่
10. มีการบันทึกปริมาณสารรังสีที่เก็บไว้และที่ถูกใช้ไปหรือไม่
11. มีแผ่นป้องกันอันตรายจากรังสีหรือไม่
12. มีการตรวจวัดปริมาณรังสีที่พนักงานได้รับหรือไม่

ภาค 9

เอกสารอ้างอิง ภาคผนวก

และ ดัชนีค้นคำ

เอกสารอ้างอิง

1. Safety in health-care laboratories. Geneva, World Health Organization, 1997 (http://whqlibdoc.who.int/hq/1997/WHO_LAB_97.1.pdf).
2. Garner JS, Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. Guideline for isolation precautions in hospitals. American Journal of Infection Control, 1996, 24:24-52 (http://www.cdc.gov/ncidod/hip/isolat.htm).
3. Hunt GJ, Tabachnick WJ. Handling small arbovirus vectors safely during biosafety level 3 containment: Culicoides variipennis sonorensis (Diptera: Ceratopogonidae) and exotic bluetongue viruses. Journal of Medical Entomology, 1996, 33:271-277.
4. National Research Council. Occupational health and safety in the care and use of research animals. Washington DC, National Academy Press, 1997.
5. Richmond JY, Quimby F. Considerations for working safely with infections disease agents in research animals. In: Zak O, Sande MA, eds. Handbook of animal models of infection. London, Academic Press, 1999:69-74.
6. Biosafety in microbiological and biomedical laboratories, 4th ed. Washington DC, United States Department of Health and Human Services/Centers for Disease Control and Prevention/National Institutes of Health, 1999.
7. Class II (laminar flow) biohazard cabinetry. Ann Arbor, MI, National Sanitation Foundation, 2002 (NSF/ANSI 49-2002).
8. Richmond JY, McKinney RW. Primary containment for biohazard: selection, installation and use of biological safety cabinets, 2nd ed. Washington DC, United States Department of Health and Human Services/Centers for Disease Control and Prevention/National Institutes of Health, 2000.
9. Microbiological safety cabinets. Recommendations for information to be exchanged between purchaser, vendor and installer and recommendations for installation. London, British Standards Institution, 1992 (Standard BS 5726-2:1992).
10. Microbiological safety cabinets. Recommendations for selection, use and maintenance. London, British Standards Institution, 1992 (Standard BS 5726-4:1992).
11. Biological containment cabinets (Class I and II): installation and field testing. Toronto, Canadian Standards Association, 1995 (Standard Z316.3-95 (R2000)).
12. Collins CH, Kennedy DA. Laboratory acquired infections: history, incidence, causes and prevention, 4th ed. Oxford, Butterworth-Heinemann, 1999.
13. Health Canada. Laboratory biosafety manual, 2nd ed. Ottawa, Minister of Supply and Services Canada, 1996.
14. Biological safety cabinets – biological safety cabinets (Class I) for personnel and environment protection. Sydney, Standards Australia International, 1994 (Standard AS 2252.1-1994).
15. Biological safety cabinets – laminar flow biological safety cabinets (Class II) for personnel, environment and product protection. Sydney, Standards Australia International, 1994 (Standard AS 2252.2-1994).
16. Standards Australia/Standards New Zealand. Biological safety cabinets – installation and use. Sydney, Standards Australia International, 2000 (Standard AS/NZS 2647:2000).

17. Advisory Committee on Dangerous Pathogens. Guidance on the use, testing and maintenance of laboratory and animal flexible film isolators. London, Health and Safety Executive, 1990.
18. Standards Australia/Standards New Zealand. Safety in laboratories – microbiological aspects and containment facilities. Sydney, Standards Australia Intertional, 2002 (Standard AS/NZS 2243.3:2002).
19. Centers for Disease Control and Prevention. Recommendations for prevention of HIV transmission in health-care settings. Morbidity and Mortality Weekly Report, 1987, 36 (Suppl. 2):1S-18S.
20. Bosque PJ et al. Prions in skeletal muscle. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2002, 99:3812-3817.
21. Bartz JC, Kincaid AE, Bessen RA. Rapid prion neuroinvasion following tongue infection. Journal of Virology, 2003, 77:583-591.
22. Thomzig A et al. Widespread PrPSc accumulation in muscles of hamsters orally infected with scrapie. EMBO Reports, 2003, 4:530-533.
23. Glatzel M et al. Extraneural pathologic prion protein in sporadic Creutzfeld-Jakob disease. New England Journal of Medicine, 2003, 349:1812-1820.
24. Brown P, Wolff A, Gajdusek DC. A simple and effective method for inactivating virus infectivity in formalin-fixed tissue samples from patients with Creutzfeld-Jakob disease. Neurology, 1990, 40:887-890.
25. Taylor DM et al. The effect for formic acid on BSE and scrapie infectivity in fixed and unfixed brain-tissue. Veterinary Microbiology, 1997, 58:167-174.
26. Safar J et al. Prions. In: Richmond JY, McKinney RW, eds. Biosafety in microbiological and biomedical laboratories, 4th ed. Washington, DC, United States Department of Health and Human Services, 1999:134-143.
27. Bellinger-Kawahara C et al. Purified scrapie prions resist inactivation by UV irradiation. Journal of Virology, 1987, 61:159-166.
28. Health Services Advisory Committee. Safe working and the prevention of infection in clinical laboratories. London, HSE Books, 1999.
29. Russell AD, Hugo WB, Ayliffe GAJ. Disinfection, preservation and sterilization, 3rd ed. Oxford, Blackwell Scientific, 1999.
30. Ascenzi JM. Handbook of disinfectants and antiseptics. New York, NY, Marcel Dekker, 1996.
31. Block SS. Disinfection, sterilization & prevention, 5th ed. Philadelphia, PA, Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
32. Rutala WA. APIC guidelines for selection and use of disinfectants. 1994, 1995, and 1996 APIC Guidelines Committee. Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology, INC. American Journal for Infection Control, 1996, 24:313-342.
33. Sattar SA, Springthorpe VS, Rochon M. A product based on accelerated and stabilized hydrogen peroxide: evidence for broad-spectrum germicidal activity. Canadian Journal of Infection Control, 1998, 13:123-130.
34. Schneider PM. Emerging low temperature sterilization technologies. In: Rutala WA, eds. Disinfection & sterilization in health care. Champlain, NY, Polyscience, 1997:79-92.
35. Springthrope VS. New chemical germicide. In: Rutala WA, eds. Disinfection & sterilization in health care. Champlain, NY, Polyscience, 1997:273-280.
36. Steelman VM. Activity of sterilization processes and disinfectants against prions. Disinfection & sterilization in health care. Champlain, NY, Polyscience, 1997:255-271.

37. Taylor DM. Transmissible degenerative encephalopathies: inactivation of the unconventional causal agents. In: Russell AD, Hugo WB, Ayliffe GAJ, eds. Disinfection, preservation and sterilization, 3rd ed. Oxford, Blackwell Scientific, 1999:222-236.
38. Infection control guidelines for hand washing, cleaning, disinfection and sterilization in health care, 2nd ed. Ottawa, Laboratory Center for Disease Control, Health Canada, 1998.
39. Springthorpe VS, Sattar SA. Chemical disinfection for virus-contaminated surfaces. CRC Critical Reviews in Enviromental Control, 1990, 20:169-229.
40. Recommendations on the transport of dangerous goods, 13th revised edition, New York and Geneva, United Nations, 2003 (http://www.unece.org/trans/danger /publi/unrec/rev13/13files_e.html).
41. Technical instructions for the safe transport of dangerous goods by air, 2003-2004 Edition. Montreal, International Civil Aviation Organization, 2002.
42. Economic Commission for Europe Inland Transport Committee. Restructured ADR applicable as from 1 January 2003. New York and Geneva, United Nations, 2002 (http://www.unece.org/trans/danger/publi/adr/adr2003/ContentsE.html).
43. Infectious substances shipping guidelines. Montreal, International Air Transport Association, 2003 (http://www.iata.org/ads/issg.htm).
44. Transport of Infectious Substances. Geneva, World Health Organization, 2004 (http://www.who.int/csr/resources/publications/WHO_CDS_CSR_LYO_2004_9/en /).
45. Berg P et al. Asilomar conference on recombinant DNA molecules. Science, 1975, 188:991-994.
46. European Council. Council Directive 98/81/EC of 26 October 1998 amending Directive 90/219/EEC on the contained use of genetically modified microorganisms. Official Journal, 1998, L330:13-31.
47. O'Malley BW Jr et al. Limitation of adenovirus-mediate interleukin-2 gene therapy for oral cancer. Laryngoscope, 1999, 109:389-395.
48. World Health Organization. Maintenance and distribution of transgenic mice susceptible to human viruses: memorandum from a WHO meeting. Bulletin of the World Health Organization, 1993, 71:497-502.
49. Furr AK. CRC handbook of laboratory safety, 5th ed. Boca Raton, FL, CRC Press, 2000.
50. Lenga RE. The Sigma-Aldrich Library of Chemical Safety Data, 2nd ed. Milwaukee. WI, Aldrich Chemical Company, 1988.
51. Lewis RJ. Sax's dangerous properties of industrial materials, 10th ed. Toronto, John Wiley and Sons, 1999.

ภาคผนวก 1
การปฐมพยาบาล

การปฐมพยาบาลเป็นการประยุกต์หลักการรักษาทางการแพทย์ให้เข้ากับเวลาและสถานการณ์ขณะเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งเป็นวิธีการที่ได้รับการรับรองในการรักษาผู้ป่วยจนกว่าผู้ป่วยจะอยู่ในความดูแลของแพทย์

อุปกรณ์ปฐมพยาบาลเบื้องต้น ประกอบด้วย กล่องปฐมพยาบาล เสื้อผ้าและอุปกรณ์ป้องกันการติดเชื้อ และอุปกรณ์ล้างตา

กล่องปฐมพยาบาล

กล่องปฐมพยาบาลควรทำจากวัสดุที่ไม่เก็บฝุ่นและความชื้น ควรวางในสถานที่ที่สังเกตได้ง่าย โดยสากลแล้วกล่องปฐมพยาบาลมีสีเขียวและมีเครื่องหมายกาชาดสีขาวปรากฏอยู่ และประกอบด้วย

1. คำแนะนำการใช้ทั่วๆ ไป
2. ผ้าก๊อซขนาดต่างๆ
3. แผ่นปิดตา
4. ผ้าสามเหลี่ยม
5. พลาสเตอร์ยาปิดแผล
6. เข็มกลัด
7. ผ้าทำแผลฆ่าเชื้อชนิดไม่มีตัวยา
8. คู่มือการปฐมพยาบาล

อุปกรณ์ป้องกันอันตรายสำหรับผู้ทำการปฐมพยาบาล ประกอบด้วย

1. อุปกรณ์ช่วยชีวิตโดยการเป่าปาก
2. ถุงมือและอื่นๆ เพื่อป้องกันการสัมผัสเลือด และ
3. ชุดทำความสะอาดเลือด (ดูบทที่ 14)

และควรมีอุปกรณ์ล้างตาด้วย

ภาคผนวก 2
การสร้างภูมิคุ้มกันโรค

ควรทำความเข้าใจกับบุคลากรทุกคนให้ทราบถึงความเสี่ยงจากการทำงานกับเชื้อโรคต่างๆ และควรมีการประเมินประสิทธิภาพของวัคซีนหรือยารักษาโรค (เช่น ยาปฏิชีวนะ) กับเชื้อก่อนการใช้วัคซีนหรือยานั้น เจ้าหน้าที่บางคนอาจมีภูมิคุ้มกันก่อนที่จะได้รับวัคซีนหรือก่อนการติดเชื้อ

ภาคผนวก 3

ศูนย์ความร่วมมือด้านความปลอดภัยทางชีวภาพแห่งองค์การอนามัยโลก

หากสนใจข้อมูลการฝึกอบรมรวมทั้งวัสดุการสอน สามารถเขียนไปขอได้ที่

- Biosafety programme, Department of Communicable Disease Surveillance and Response, World Health Organization, 20 Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Switzerland (http://www.who.int/csr/).
- WHO Collaborating Center for Biosafety, Swedish Institute for Infectious Disease Control, Nobels Väg 18, S-171 82 Solna, Sweden (http://www.smittskyddsinstitutet.se/English/english.htm).
- WHO Collaborating Center on Biosafety Technology and Consultative Services, Office of Laboratory Security, Health Canada, 100 Colonnade Road, Loc.: 6201A, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0K9 (http://www.hc-sc.gc.ca/pphb-dgspsp/ols-bsl).
- WHO Collaborating Center for Applied Biosafety Programmes and Training, Office of Health and Safety, Centers for Deisease Control and Prevention, 1600 Clifton Road, Mailstop F05, Atlanta, GA 30333, USA (http://www.cdc.gov/).
- WHO Collaborating Center for Applied Biosafety Programmes and Research, Division of Occupational Health and Safety, Office of Research Services, National Institutes of Health, Department of Health and Human Services, 13/3K04 13 South Drive MSC 5760, Bethesda, MD 20892-5760, USA (http://www.nih.gov/).
- WHO Collaborating Center for Biosafety, Victorian Infectious Diseases Reference Laboratory, 10 Wreckyn St, Nth Melbourne, Victoria 3051, Australia. Postal address: Locked Bag 815, PO Carlton Sth, Victoria 3053, Australia (http://www.vidrl.org.au/).

ภาคผนวก 4
ความปลอดภัยว่าด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์

อุปกรณ์บางชิ้นอาจทำให้เกิดอันตรายได้ ในขณะที่อุปกรณ์บางชิ้นถูกออกแบบเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการ (ดูบทที่ 11)

อุปกรณ์ที่อาจก่อให้เกิดอันตราย

ตารางที่ ก4-1 แสดงรายชื่ออุปกรณ์และการใช้งานที่อาจเกิดอันตรายและคำแนะนำในการจำกัดหรือลดอันตรายดังกล่าว

ตารางที่ ก4-1 อุปกรณ์และการใช้งานที่อาจก่อให้เกิดอันตราย

อุปกรณ์	อันตราย	การจำกัดหรือลดอันตราย
เข็มฉีดยา	การถูกทิ่มแทง การเกิดละอองฟุ้งกระจาย หรือ การหกหล่นของเชื้อหรือของเหลว	• ห้ามสวมปลอกเข็ม • ใช้กระบอกฉีดยาชนิดหัวล็อค เพื่อป้องกันหัวเข็มหลุด หรือใช้กระบอกและเข็มฉีดยาชนิดใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง • ใช้เทคนิคที่ดีทางห้องปฏิบัติการ เช่น - ดูดสารเข้ากระบอกฉีดยาช้าๆ อย่างระมัดระวัง เพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศฟู่ของของเหลวภายในกระบอก - หลีกเลี่ยงการใช้กระบอกและเข็มฉีดยาเพื่อผสมของเหลวติดเชื้อ หากจำเป็นต้องทำต้องแน่ใจว่าปลายเข็มอยู่ใต้พื้นผิวของของเหลวในขวดและหลีกเลี่ยงการออกแรงบังคับ - ห่อเข็มฉีดยาและปลอกด้วยสำลีชุบน้ำยาฆ่าเชื้อก่อนที่จะดึงเข็มออกจากจุกยางของขวด - ปล่อยของเหลวส่วนเกินและฟองอากาศจากกระบอกฉีดยาตามแนวตั้งลงบนสำลีชุบน้ำยาฆ่าเชื้อหรือลงบนขวดเล็กๆที่ภายในบรรจุสำลี • ทำงานที่เกี่ยวข้องกับเชื้อภายในตู้ปลอดเชื้อ • บังคับสัตว์ขณะฉีดยา ใช้เข็มชนิดปลายมนหรือท่อสอดจมูกหรือปาก ใช้ตู้ปลอดเชื้อ

อุปกรณ์	อันตราย	การจำกัดหรือลดอันตราย
		• นึ่งฆ่าเชื้อหลังใช้งานและทิ้งอย่างเหมาะสม ห้ามถอดกระบอกและเข็มฉีดยาออกจากกัน หากใช้กระบอกและเข็มชนิดใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง
เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuges)	การเกิดละอองฟุ้งกระจาย หรือการกระเด็นของเชื้อหรือของเหลวหลอดแตก	• ใช้ถังหรือหัวปั่นชนิดป้องกันการรั่วซึม เปิดถังหรือหัวปั่นในตู้ปลอดเชื้อหรือภายหลังจากที่ละอองตกสู่พื้นแล้ว (30 นาที)
เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง (ultra-centrifuges)	การเกิดละอองฟุ้งกระจาย หรือการกระเด็นของเชื้อหรือของเหลวหลอดแตก	• ติดตั้งหัวกรอง HEPA ระหว่างเครื่องปั่นเหวี่ยงและปั๊มสูญญากาศ • มีสมุดบันทึกชั่วโมงการใช้งานสำหรับหัวปั่นแต่ละอัน และบำรุงรักษาเครื่อง • นำสิ่งของใส่และออกจากถังหรือหัวปั่นภายในตู้ปลอดเชื้อ
โถสูญญากาศ (anaerobic jars)	การระเบิด การกระจายของเชื้อ	• ต้องแน่ใจว่าแคปซูลที่ทำจากลวดรอบๆ คะตะ-ลิสท์แน่น
โถดูดความชื้น	การระเบิด การแตกของชิ้นส่วนที่เป็นแก้วและการกระจายของเชื้อ	• วางในกรงลวดที่แข็งแรง
เครื่องทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenizer) เครื่องบดเนื้อเยื่อ (tissue grinders)	การเกิดละอองฟุ้งกระจาย การรั่ว การแตกของภาชนะ	• ทำงานในตู้ปลอดเชื้อ • ใช้เครื่องที่ถูกออกแบบมาเฉพาะ ไม่รั่ว • รอ 30 นาทีก่อนเปิดฝา เพื่อให้ละอองอากาศตกลงไม่ฟุ้งกระจาย อาจแช่เย็นเพื่อให้ละอองหนาแน่นขึ้น • จับหลอดด้วยวัสดุดูดซับหากใช้เครื่องปั่นเนื้อเยื่อชนิดควบคุมด้วยมือ
เครื่อง sonicators เครื่อง ultrasonic cleaners	การเกิดละอองอากาศฟุ้งกระจาย ความผิดปกติทางการได้ยิน ผิวหนังอักเสบ	• ทำงานในตู้ปลอดเชื้อ • มีฉนวนหุ้มป้องกันเสียงที่ไม่สามารถได้ยิน • ใส่ถุงมือป้องกันผิวหนังจากน้ำยาเคมี
เครื่อง culture stirrers เครื่องเขย่า (shakers) เครื่อง agitators	การเกิดละอองอากาศฟุ้งกระจาย การกระเด็น การหกหล่นของเชื้อหรือของเหลว	• ทำงานในตู้ปลอดเชื้อ • ใช้ขวดรูปชมพู่ชนิดใช้สำหรับงานหนัก มีฝาเกลียว มีหัวกรองอากาศ (หากจำเป็น) และถูกยึดติดไว้อย่างแน่นหนา
เครื่อง freeze-dryers (lyophilizers)	การเกิดละอองอากาศฟุ้งกระจาย การปนเปื้อนจากการสัมผัสโดยตรง	• ใช้ O-ring connectors เพื่อป้องกันการรั่วซึม • ใช้หัวกรองอากาศในสายสูญญากาศ • ใช้วิธีฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพ เช่น สารเคมี

อุปกรณ์	อันตราย	การจำกัดหรือลดอันตราย
อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water baths)	การมีเชื้อโรคเจริญในอ่างน้ำ การเกิดวัตถุระเบิดจากโซเดียมอะไซด์ (sodium azides) เนื่องจากโลหะบางชนิด	• ใช้ฝาโลหะกันชื้นและเครื่องควบแน่นไอ • ตรวจดูขวดแก้วอย่างละเอียด เพื่อหารอยร้าวและขวดแก้วที่ถูกออกแบบมาเพื่องานสูญญากาศเท่านั้น • ทำความสะอาดและฆ่าเชื้ออย่างสม่ำเสมอ • ห้ามใช้โซเดียมอะไซด์ (sodium azides) เพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อ

นอกจากอันตรายจากเชื้อโรคแล้ว ควรจะระวังอันตรายจากการใช้เครื่องมือด้วย ตารางที่ ก4-2 แสดงตัวอย่างสาเหตุของอุบัติเหตุ

ตารางที่ ก4-2 สาเหตุทั่วไปๆ ของอุบัติเหตุจากการใช้เครื่องมือ

อุบัติเหตุ	สาเหตุ	การจำกัดหรือลดอันตราย
การออกแบบไม่ดี		
ไฟจากไฟฟ้าในตู้อบเชื้อ (incubators)	ไม่มีตัวตัดอุณหภูมิเกิน	ใช้เครื่องไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานระดับชาติ
ไฟช๊อต	ไม่มีสายดิน	
การใช้งานไม่เหมาะสม		
อุบัติเหตุจากเครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge)	น้ำหนักในหัวปั่นไม่สมดุลย์	ฝึกอบรมและดูแลเจ้าหน้าที่
การระเบิดของ anaerobic incubator		ฝึกอบรมและดูแลเจ้าหน้าที่
การดัดแปลงไม่เหมาะสม		
การระเบิดของขวดรูปชมพู่สูญญากาศ	การเคลื่อนย้ายไนโตรเจนเหลวไม่เหมาะสม	ใช้อุปกรณ์ที่ออกแบบเฉพาะ
ตู้เย็นระเบิด	ไม่เก็บสารเคมีอันตรายในกล่องหรือภาชนะกันระเบิด/ประกายไฟ เช่น จุกเก็บ diethyl ether รั่ว	เก็บตัวทำละลายหรือตัวสกัดสารที่มีจุดระเบิดต่ำในตู้หรือตู้เย็นกันระเบิด/ประกายไฟ
การบำรุงรักษาไม่เหมาะสม		
ไฟไหม้ใน flame photometer	การประกอบในขณะซ่อมบำรุงไม่ถูกต้อง	ฝึกอบรมและดูแลเจ้าหน้าที่

ภาคผนวก 5

อันตรายจากสารเคมีและการป้องกัน

ภาคผนวกนี้แสดงบัญชีรายชื่อสารเคมีและอันตรายจากการใช้งาน รวมทั้งข้อมูลต่างๆ เพื่อการป้องกันอันตรายเหล่านั้น อย่างไรก็ตามไม่ได้หมายความว่าสารเคมีที่ไม่ได้จัดอยู่ในบัญชีนี้ไม่เป็นอันตราย

ตารางที่ ก5-1 อันตรายจากการใช้สารเคมีและการป้องกัน

สารเคมี	คุณสมบัติทางกายภาพ	อันตรายต่อสุขภาพ	อันตรายจากไฟไหม้	ข้อควรระวัง	สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้	อันตรายอื่นๆ
Acetaldehyde CH_3CHO	ของเหลวไม่มีสี หรือก๊าซ กลิ่นคล้ายผลไม้ฉุน m.p. –121°C b.p. 21°C	ระคายเคืองเล็กน้อยต่อตาและทางเดินหายใจ มีผลต่อระบบประสาท ทางเดินหายใจ และไต อาจเป็นสารก่อมะเร็ง	ไวไฟ ไอระเหยระเบิดได้ จุดวาบไฟที่ –39°C ช่วงขีดจำกัดความไวไฟ 4–57%	ห้ามวางใกล้เปลวไฟ ประกายไฟ ห้ามสูบบุหรี่ ห้ามสัมผัสความร้อน เก็บในภาชนะปิดสนิทในบริเวณแยกจาก oxidizers ใช้ในตู้ดูดควันหรือสถานที่ที่อากาศถ่ายเทสะดวก สวมถุงมือยาง ใส่แว่นและหน้ากากป้องกัน	สามารถก่อสาร peroxides ที่ระเบิดได้หากสัมผัสอากาศ อาจเกิดโพลีเมอร์จากกรด ด่าง เมื่อมีโลหะในปริมาณเล็กน้อย เป็น reducing agent อย่างแรงที่ทำปฏิกิริยากับ oxidants (รุนแรง) สารอินทรีย์หลายชนิด ก๊าซเฉื่อย กรดซัลฟูริคและเอมีน	
Acetic acid CH_3CO_2H	ของเหลวไม่มีสี กลิ่นแรง m.p. 17°C b.p. 118°C ละลายน้ำได้	กัดกร่อน ทำให้เกิดแผลพุพอง ไอระเหยทำให้ระคายเคือง อาจมีผลต่อสุขภาพในระยะยาว	ติดไฟได้ จุดวาบไฟที่ 40°C ช่วงขีดจำกัดความไวไฟ 5.4–16%	ห้ามสูดดมไอระเหย หากเข้าตาต้องล้างตาทันทีด้วยน้ำสะอาดและไปพบแพทย์ สวมถุงมือ nitrile และแว่นป้องกัน	ทำปฏิกิริยารุนแรงกับ oxidizers และระเบิด	
Acetic anhydride $(CH_3CO)_2O$	ของเหลวไม่มีสี กลิ่นแรง คล้ายน้ำส้มสายชู m.p. -73°C b.p. 139°C	ระคายเคืองตาและทางเดินหายใจอย่างรุนแรง กัดกร่อน อาจมีผลต่อสุขภาพในระยะยาว	ติดไฟได้ ระคายเคืองและเกิดไอพิษมากขึ้นในไฟ จุดวาบไฟที่ 49°C ขีดจำกัดการระเบิด 2.7–10.3%	ห้ามวางใกล้เปลวไฟ ประกายไฟ ห้ามสูบบุหรี่ ป้องกันการสัมผัสผิวหนังและตา	ทำปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำเดือด ไอน้ำ สาร oxidants ชนิดแรง แอลกอฮอล์ เอมีน ด่างแก่ และสารประกอบอื่นหลายชนิด ทำปฏิกิริยารุนแรงกับโลหะหลายชนิดเมื่อมีน้ำ	

Acetone CH_3COCH_3	ของเหลวระเหยได้ ไม่มีสี กลิ่นหวาน m.p. –95°C b.p. 56°C ละลายน้ำได้	ระคายเคืองตา จมูก คอ เล็กน้อย หากสูดดม อาจมึนงง เสพติด และโคม่า	ไวไฟ จุดวาบไฟที่ –18°C ขีดจำกัดการระเบิด 2.2–12.8%	เก็บภาชนะบรรจุในที่อากาศถ่ายเทสะดวก ห้ามวางใกล้ไฟ ห้ามสูดดม สวมหน้ากากและแว่นป้องกัน	ทำปฏิกิริยารุนแรงกับ oxidizers (เช่น chromic acid และ nitric acid) และคลอโรฟอร์มเมื่อมีด่าง เข้ากันไม่ได้กับสารผสมเข้มข้นระหว่างกรดซัลฟูริคและกรดไนตริก	ต่อสายดินสำหรับภาชนะขนาดใหญ่เพื่อป้องกันการเกิดไฟฟ้าสถิตย์
Acetonitrile CH_3CN	ของเหลวไม่มีสี กลิ่นหอม m.p. –46°C b.p. 82°C	ระคายเคืองทางเดินหายใจ ตา ผิวหนัง อาจทำให้ชัก หมดสติ เกิดพิษจากไซยาไนด์	ไวไฟ จุดวาบไฟที่ 12.8°C ขีดจำกัดการระเบิด 3.0–16%	ห้ามวางใกล้เปลวไฟ ประกายไฟ ห้ามสูบบุหรี่ ห้ามสัมผัสกับ oxidants ใช้ในสถานที่ปราศจากแหล่งกำเนิดไฟเท่านั้น เก็บในภาชนะปิดสนิทในบริเวณแยกจาก oxidizers ใช้งานในสถานที่ที่ดูดควัน หลีกเลี่ยงการสัมผัสผิวหนัง ตา เยื่อเมือก สวมหน้ากากหายใจและถุงมือยาง	ทำปฏิกิริยารุนแรงกับสารละลายกรดและด่างแล้วทำให้เกิดไอพิษ ทำปฏิกิริยากับ oxidants ชนิดรุนแรง ทำปฏิกิริยารุนแรงกับพลาสติกบางชนิด ยางและเสื้อผ้าย่อยสลายเมื่อถูกเผาแล้วให้ hydrogen cyanide และ nitrogen oxides	
Acetylene $HC{\equiv}CH$	ก๊าซไม่มีสี กลิ่นคล้ายอีเทอร์จางๆ หรือคล้ายกระเทียม บรรจุส่งโดยอัดความดัน ละลายใน acetone m.p. –81°C b.p. –84°C	ทำให้เกิดหอบหืด กัดผิวหนังหากสัมผัส	ไวไฟ ช่วงขีดจำกัดความไวไฟ 2.5–100%	สวมถุงมือกันความเย็น แว่นและหน้ากาก ห้ามใกล้เปลวไฟ ประกายไฟ ห้ามสูบบุหรี่ ใช้ในที่อากาศถ่ายเทสะดวก ใช้กับเครื่องไฟฟ้าที่กันระเบิด ห้ามใช้เมื่อมีฟ้าผ่า	Reducing agent อย่างแรง ทำปฏิกิริยารุนแรงกับ oxidants และกับฟลูออรีนหรือคลอรีนเมื่อมีแสง ทำปฏิกิริยากับทองแดง เงิน ปรอทหรือเกลือของธาตุเหล่านี้แล้วทำให้เกิดสารที่ทำให้ช็อคได้	

สารเคมี	คุณสมบัติทางกายภาพ	อันตรายต่อสุขภาพ	อันตรายจากไฟไหม้	ข้อควรระวัง	สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้	อันตรายอื่นๆ
Acrolein $CH_2 \equiv CHCHO$	ของเหลวไม่มีสีหรือสีเหลือง กลิ่นแสบจมูก m.p. –87°C b.p. 53°C	น้ำตาไหล ระคายเคืองทางเดินหายใจ ปอดบวมหากสูดดมมากๆ อาจมีผลระยะยาว	ไวไฟ จุดวาบไฟที่ –26°C ขีดจำกัดการระเบิด 2.8–31%	ป้องกันการสัมผัสทางผิวหนังและตา ทำงานในตู้ดูดควันหรือที่อากาศถ่ายเทสะดวก	Oxidizers กรด ด่าง แอมโมเนีย เอมีน เกิดโพลีเมอร์อย่างช้าๆ เมื่อมี hydroquinone หากเก็บไว้นานอาจทำให้เกิด peroxides ซึ่งทำให้ช็อคได้	
Ammonia solutions	ของเหลวไม่มีสี กลิ่นแรง สำหรับก๊าซ: m.p. –78°C b.p. –33°C; สำหรับสารละลาย 25%: m.p. –58°C, b.p. 38°C ละลายน้ำ	ระคายเคืองตา ทางเดินหายใจและผิวหนังเมื่อกิน ปอดบวมหากสูดดมมากๆ	สำหรับก๊าซ แอมโมเนีย; ช่วงขีดจำกัดความไวไฟ 15–28%	เก็บในภาชนะปิดสนิท หากเข้าตา ล้างทันทีด้วยน้ำสะอาดและไปพบแพทย์ ทำงานในตู้ดูดควัน สวมถุงมือยางหรือพลาสติก และสวมแว่นตาที่ใช้สำหรับงานสารเคมี	ทำปฏิกิริยารุนแรงกับโลหะหนัก เช่น ปรอท และเกลือของธาตุเหล่านั้น แล้วทำให้เกิดวัตถุระเบิด	
Aniline $C_6H_5NH_2$	ของเหลวมันๆ ไม่มีสีจนถึงสีน้ำตาล กลิ่นหอมคล้ายเอมีน m.p. –6°C b.p. 185°C	เกิดภาวะขาดออกซิเจนเนื่องจาก methaemoglobinaemia ระคายเคืองตาและผิวหนัง อาจซึมผ่านผิวหนังหากสัมผัสเป็นเวลานานๆ หรือหลายครั้งอาจทำให้ไวต่อสิ่งกระตุ้น	ติดไฟได้ จุดวาบไฟที่ 70°C ช่วงระเบิด 1.2–11%	เก็บในภาชนะปิดสนิทห่างจาก oxidizers ระวังเข้าตาหรือถูกผิวหนัง ทำงานในที่อากาศถ่ายเทสะดวกหรือสวมเครื่องช่วยหายใจ ถุงมือ เสื้อป้องกัน หน้ากาก	Oxidizers ชนิดแรง กรดแก่	

Auramine 4,4'-Carbono-imidoylbis (N,N-dimethyl-benzenamine)	เกร็ดหรือผงสีเหลือง m.p. 136°C ไม่ละลายน้ำ	อันตรายหากกิน สูดดมหรือสัมผัสผิวหนัง อาจระคายเคืองตาหรือผิวหนัง อาจเป็นสารก่อมะเร็ง		หลีกเลี่ยงสัมผัสผิวหนังหรือสูดดมฝุ่น สวมถุงมือยางหรือพลาสติกและแว่นตาที่ใช้สำหรับงานเคมี ทำงานในตู้ดูดควันหรือเครื่องช่วยหายใจกรองฝุ่น	Oxidizing agents ชนิดแรง	
Benzene C_6H_6	ของเหลวระเหยได้ ไม่มีสี กลิ่นหอมเฉพาะตัว m.p. 6°C b.p. 80°C	หากสูดดมที่ความเข้มข้นสูงทำให้วิงเวียนศีรษะ ปวดศีรษะ หมดสติ ตาย หากสัมผัสนานๆ ทำให้เสี่ยงต่อโลหิตจาง ลูคีเมีย โรคตับ อาจซึมผ่านผิวหนัง	ไวไฟสูง จุดวาบไฟที่ –11°C ช่วงขีดจำกัดความไวไฟ 1.3–8%	เก็บภาชนะในที่อากาศถ่ายเทและห่างไฟ ทำงานในตู้ดูดควัน สวมแว่นตา ถุงมือ nitrile หรือ PVC ป้องกันการเกิดประจุไฟฟ้าโดยต่อสายดิน	สามารถเกิดปฏิกิริยารุนแรงกับ oxidizers รวมทั้ง chromic acid, ด่างทับทิม และออกซิเจนเหลว	
Benzidine 1,1'-Biphenyl-4,4'-diamine	ผงสีเหลืองอ่อน m.p. 128°C b.p. 400°C ละลายน้ำเล็กน้อย แต่ละลายได้ดีในกรดและสารทำละลายอินทรีย์	อาจซึมผ่านผิวหนัง อาจทำให้เกิดมะเร็ง กระเพาะปัสสาวะ หลีกเลี่ยงการสัมผัส	ติดไฟ เกิดไอพิษเมื่อได้รับความร้อน	หลีกเลี่ยงการสัมผัส สวมแว่นป้องกันและถุงมือ ทำงานในตู้ดูดควัน	ห้ามใช้ในหลายประเทศ	

สารเคมี	คุณสมบัติทางกายภาพ	อันตรายต่อสุขภาพ	อันตรายจากไฟไหม้	ข้อควรระวัง	สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้	อันตรายอื่นๆ
Bromine Br_2	ของเหลวระเหยได้ มีน้ำตาลแดงเข้ม กลิ่นแรง m.p. –7.2°C b.p. 58.8°C	กัดกร่อน ไอกัดตาและทางเดินหายใจมาก หากสูดดมอาจเกิดปอดบวมและผลต่อระบบประสาท หากเข้าตาอาจทำให้ตาพล่า ตาแดง เจ็บตา และไหม้พุพองรุนแรง	ไม่ติดไฟ แต่ช่วยสารอื่นติดไฟ ปฏิกิริยาหลายอย่างอาจทำให้ไฟไหม้หรือระเบิด การทำให้ร้อนทำให้ความดันเพิ่มและเสี่ยงไฟไหม้	ใช้ในระบบปิดที่อากาศถ่ายเท สวมถุงมือ เสื้อ แว่นและหน้ากากป้องกัน หรือเครื่องช่วยหายใจที่มีแว่นตาด้วย	Oxidant ชนิดแรง ทำปฏิกิริยารุนแรงกับวัตถุไวไฟและ reducing materials ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียเหลว, oxidants, โลหะ สารประกอบอินทรีย์และฟอสฟอรัส	กัดพลาสติก ยางและเสื้อผ้า
Carbon dioxide (น้ำแข็งแห้ง) CO_2	ของแข็งขาวขุ่นที่ –79°C กลายเป็นไอที่อุณหภูมิห้อง	เสี่ยงต่อการเกิดหอบหืดในที่อากาศถ่ายเทไม่ดี กัดผิวหนังหากสัมผัส		สวมถุงมือกันเย็น เก็บในห้องที่อากาศถ่ายเท	Alkali metals ด่างแก่	
Carbon tetra-chloride CCl_4	ของเหลวไม่มีสี กลิ่นเฉพาะตัวคล้ายอีเทอร์	อาจซึมผ่านผิวหนัง อาจเกิดผิวหนังอักเสบหากสัมผัสนานๆ ระคายเคืองตา ตับไตเสียหายและปวดหัว คลื่นไส้ ดีซ่าน เล็กน้อย ไม่อยากอาหารและเสพติด ก่อมะเร็งในสัตว์	ไม่ติดไฟ เกิดไอพิษระคายเคืองเมื่อได้รับความร้อน	หลีกเลี่ยงการสัมผัสทุกทาง ทำงานในที่อากาศถ่ายเทหรือใช้เครื่องช่วยหายใจ สวมถุงมือ nitrile เสื้อป้องกัน หน้ากากแว่นตาป้องกัน	หากสัมผัสความร้อนหรือไฟจะย่อยแล้วเกิดไอพิษกัดกร่อน (hydrogen chloride, chlorine, phosgene) ทำปฏิกิริยากับโลหะหลายชนิด เช่น อะลูมิเนียม แมกนีเซียม สังกะสี	

Chlorine Cl_2	ก๊าซสีเหลืองเขียว กลิ่นแรง m.p. –101°C b.p. –34°C	กัดตา ผิวหนัง ทางเดินหายใจ ปอด อักเสบ ปอดบวมหากสูดดมและเกิด reactive airways dysfunction syndrome (RADS) อาจเกิดเนื้อตายเพราะเย็นจัดหากระเหยเป็นไออย่างรวดเร็ว อาจตาย อาจมีผลในระยะยาว ต้องอยู่ในความดูแลของแพทย์	ไม่ติดไฟ แต่ช่วยให้สารอื่นติดไฟ	ทำงานในระบบปิดที่มีระบบถ่ายเทอากาศ สวมถุงมือกันความเย็น แว่นหรือเครื่องช่วยหายใจที่มีแว่นในตัว	ละลายน้ำให้กรดแก่ ทำปฏิกิริยารุนแรงกับด่าง สารประกอบอินทรีย์หลายชนิด, acetylene, butadiene, benzene, petroleum fractions อื่นๆ, แอมโมเนีย, ไฮโดรเจน, sodium carbide, turpentine และโลหะทำให้เกิดไฟไหม้และระเบิด	กัดโลหะเมื่อมีน้ำ กัดพลาสติก ยาง และเสื้อผ้า
Chlorine dioxide ClO_2	ก๊าซสีเหลือง-แดง หรือของเหลวสีน้ำตาล-แดง m.p. –59°C b.p. 10°C	ระคายเคืองตา ผิวหนัง ทางเดินหายใจ หากสูดดมทำให้เกิดปอดบวม อาจมีผลในระยะยาว ควรอยู่ในความดูแลของแพทย์	ไม่ติดไฟแต่ช่วยให้สารอื่นติดไฟ อาจระเบิดเมื่อโดนความร้อน จากความร้อนหรือประกายไฟ	ทำงานในระบบปิดที่มีระบบระบายอากาศ สวมถุงมือ เสื้อผ้าและแว่นตาป้องกัน หรือเครื่องช่วยหายใจที่มีแว่นตาในตัว	Oxidant อย่างแรง ทำปฏิกิริยารุนแรงกับวัตถุไวไฟและ reducing materials และฟอสฟอรัส, potassium hydroxide, กำมะถัน แอมโมเนีย มีเทน, phosphine และ hydrogen sulfide	
Chloroform $CHCl_3$	ของเหลวระเหยได้ไม่มีสี กลิ่นเฉพาะตัว m.p. –63°C b.p. 61°C ละลายน้ำเล็กน้อย	อันตรายหากกิน สูดดมและโดนผิวหนัง อาจมีผลต่อตับ ไตและระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ปวดศีรษะ คลื่นไส้ ดีซ่านเล็กน้อย ไม่อยากอาหาร เสพติด ในสัตว์เกิดมะเร็งหากสัมผัสนานๆ อาจเป็นสารก่อมะเร็งในคน		สวมเสื้อและแว่นป้องกัน ถุงมือ nitrile ทำงานในตู้ดูดควัน	ด่างแก่ โลหะบางชนิด เช่น อะลูมิเนียมหรือแมกนีเซียม ผงสังกะสี Oxidizers ชนิดแรง	ย่อยสลายเป็นก๊าซ phosgene เมื่อได้รับความร้อน กัดพลาสติก ยาง

สารเคมี	คุณสมบัติทางกายภาพ	อันตรายต่อสุขภาพ	อันตรายจากไฟไหม้	ข้อควรระวัง	สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้	อันตรายอื่นๆ
Chromic acid CrO_3 Chromium VI oxide	เกร็ดหรือผงไม่มีกลิ่นสีแดงเข้ม มักใช้ในรูปสารละลาย m.p. 197°C	ระคายเคืองตา ผิวหนังและทางเดินหายใจ หากถูกผิวหนังหลายครั้งหรือเป็นเวลานานทำให้ผิวหนังอักเสบ แผลหลุมและผิวหนังไวต่อสิ่งกระตุ้น หากสูดดมทำให้เกิดอาการคล้ายหอบหืด อาจทำให้ผนังจมูกเป็นแผลหลุม เป็นสารก่อมะเร็ง	ย่อยสลายที่ 250°C แล้วให้ chromic oxide และออกซิเจนซึ่งทำให้เกิดไฟไหม้ได้	ป้องกันถูกผิวหนังและตา หลีกเลี่ยงการสูดดม ใช้ในที่อากาศถ่ายเทหรือใส่หน้ากาก	เป็นกรดแก่เมื่อละลายน้ำซึ่งทำปฏิกิริยากับด่างและกัดกร่อน ทำปฏิกิริยากับวัตถุไวไฟ สารอินทรีย์ Oxidants ชนิดแรงและ oxidizing materials (กระดาษ ไม้ กำมะถัน อะลูมิเนียม พลาสติก และอื่นๆ) กัดโลหะ	
Copper Cu	ของแข็งหรือผงไม่มีกลิ่น สีแดง เป็นสนิม ตีเป็นแผ่นได้ เปลี่ยนเป็นสีเขียวเมื่อถูกความชื้น m.p. 1083°C b.p. 2567°C	เป็นพิษเมื่อสูดดมไอทองแดง	ติดไฟได้	ทำงานในที่อากาศถ่ายเทหรือใช้เครื่องช่วยหายใจ สวมถุงมือและแว่นป้องกัน	เกิดสารประกอบที่ทำให้เกิดภาวะช็อคเมื่อทำปฏิกิริยากับสารประกอบของ acetylene, ethylene oxides azides และ hydrogen peroxide ทำปฏิกิริยากับ oxidants ชนิดแรง เช่น chlorates, bromates และ idodates ซึ่งอาจระเบิดได้	

Cyanogen bromide BrCN	ผลึกไม่มีสีหรือสีขาว กลิ่นแรง m.p. 52°C b.p. 61°C	ระคายเคืองรุนแรงต่อตา ผิวหนัง ทางเดินหายใจ การสูดดมทำให้เกิดปอดบวมซึ่งอาจชัก หมดสติ การหายใจล้มเหลวและตาย	ไม่ติดไฟแต่ทำให้เกิดก๊าซติดไฟเมื่อได้รับความร้อนและให้ไอพิษที่ระคายเคือง	ทำงานในระบบปิดที่มีการดูดอากาศ สวมถุงมือเสื้อ แว่นตาและหน้ากากป้องกันหรือเครื่องช่วยหายใจที่มีแว่นในตัว	ย่อยสลายเมื่อได้รับความร้อนและหรือเมื่อสัมผัสกับกรดและให้ hydrogen cyanide ซึ่งมีพิษและติดไฟและให้ hydrogen bromide ซึ่งกัดกร่อน นอกจากนี้ยังทำปฏิกิริยากับ oxidants ชนิดแรง ทำปฏิกิริยาช้าๆ กับน้ำและความชื้นและให้ hydrogen cyanide และ hydrogen bromide กัดโลหะหลายชนิดเมื่อมีน้ำ	
Cytochalasin (A-J)	ผงสีขาว m.p. ขึ้นกับชนิด	เป็นพิษเมื่อกิน สูดดมหรือซึมผ่านผิวหนัง อาจทำให้ทารกในครรภ์พิการ		หลีกเลี่ยงการสัมผัสทางตา ผิวหนัง เสื้อผ้า สวมแว่นตาที่ใช้กับงานเคมี ถุงมือยางหรือพลาสติก	Oxidizing agents ชนิดแรง	
Diethyl ether $C_2H_5OC_2H_5$	ของเหลวระเหยง่าย ไม่มีสี กลิ่นหวานเฉพาะตัว m.p. –116°C b.p. 34°C ละลายน้ำเล็กน้อย	ระคายเคืองตาและทางเดินหายใจ อาจมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางและทำให้ง่วงนอน หมดสติ อาจเสพติดเมื่อสูดดมบ่อยๆ	ไวไฟ จุดวาบไฟที่ –45°C ช่วงขีดจำกัดความไวไฟ 1.7–48%	เก็บภาชนะบรรจุในที่อากาศถ่ายเท ห่างจากไฟ ต่อสายดินเพื่อป้องกันการเกิดไฟฟ้าสถิตย์ ใช้ในตู้ดูดควัน สวมถุงมือ nitrile เพื่อป้องกันการละลายไขมันที่ผิวหนัง	หากสัมผัสกับอากาศและแสงจะเกิดวัตถุระเบิด peroxides และสามารถทำปฏิกิริยารุนแรงกับ oxidizers และก๊าซเฉื่อย	

สารเคมี	คุณสมบัติทางกายภาพ	อันตรายต่อสุขภาพ	อันตรายจากไฟไหม้	ข้อควรระวัง	สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้	อันตรายอื่นๆ
Dimethlylamine $(CH_3)_2NH$	ก๊าซเหลวระเหยได้ ไม่มีสี กลิ่นแรง m.p. –93°C b.p. 7°C ละลายน้ำ	ระคายเคืองรุนแรงต่อตาและทางเดินหายใจ การสูดดมทำให้ปอดบวม หากสัมผัสไอระเหยอาจเกิดเนื้อตายจากความเย็น สารละลายกัดตาและผิวหนัง	ไวไฟ จุดวาบไฟที่ –26°C ช่วงขีดจำกัดความไวไฟ 2.8–14% สำหรับสารละลายไวไฟซึ่งจุดวาบไฟที่ –18°C	เก็บห่างจากไฟ หากเข้าตาต้องล้างตาทันทีและไปพบแพทย์ ใช้ในตู้ดูดควัน สวมถุงมือ nitrile และแว่นที่ใช้กับงานเคมี	สามารถทำปฏิกิริยากับ oxidizers ปรอท	
2,4-Dinitro-phenyl-hydrazine $C_6H_3(NO_2)_2$-$NHNH_2$ 1-Hydrazino-2,4-dinitro-benzene	ผงผลึกสีแดงส้ม m.p. 200°C ละลายน้ำเล็กน้อย	ระคายเคืองผิวหนังและตา อันตรายหากกิน สูดดมหรือโดนผิวหนัง		เก็บห่างจากความชื้นเพื่อลดความเสี่ยงจากการระเบิด สวมเครื่องช่วยหายใจป้องกันฝุ่น ถุงมือยางหรือพลาสติกและแว่นตาที่ใช้กับงานเคมี	สามารถเกิดปฏิกิริยารุนแรงกับ oxidizers และ reducers	
Dioxane $C_4H_8O_2$ Diethylene dioxide	ของเหลวไม่มีสี กลิ่นเฉพาะตัว m.p. 12°C b.p. 101°C	ระคายเคืองตา ทางเดินหายใจ อาจมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ปวดศีรษะ คลื่นไส้ ไอ เจ็บคอ ปวดท้อง วิงเวียน ง่วงซึม อาเจียน หมดสติ อาจดูดซึมผ่านผิวหนัง ตับและไตเสียหาย อาจเป็นสารก่อมะเร็ง	ไวไฟ อาจติดไฟในระยะไกลได้เนื่องจากลมการกระเทือน สามารถเกิดไฟฟ้าสถิตย์ได้	ใช้ในที่อากาศถ่ายเท ห่างเปลวไฟประกายไฟ ห้ามสูบบุหรี่ ห้ามสัมผัส oxidants ชนิดแรงหรือพื้นผิวร้อน ห้ามอากาศอัดเพื่อเติม ใช้เครื่องมือที่ไม่เกิดประกายไฟ สวมถุงมือ เสื้อ หน้ากาก แว่นป้องกันหรือเครื่องช่วยหายใจ	สามารถสร้างวัตถุระเบิด peroxides ได้ ทำปฏิกิริยารุนแรงกับ oxidants ชนิดแรงและกรดแก่เข้มข้น ทำปฏิกิริยาระเบิดกับ catalysts บางชนิด กัดพลาสติก	

Ethanol CH_3CH_2OH	ของเหลวระเหยได้ ไม่มีสี กลิ่นอ่อนๆ เฉพาะตัว m.p. –117°C b.p. 79°C ละลายน้ำ	อันตรายหากกิน ระคายเคืองตา อาจมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง	ไวไฟ จุดวาบไฟที่ 12°C ช่วงขีดจำกัดความไวไฟ 3–19%	เก็บในภาชนะปิดสนิท ห่างจากแหล่งกำเนิดไฟ	ทำปฏิกิริยารุนแรงกับ oxidizers ชนิดแรง	
Ethanolamine $H_2NCH_2CH_2OH$ 2-Amino-ethanol	ของเหลวหนืด ไม่ระเหย ไม่มีสี กลิ่นคล้ายแอมโมเนีย m.p. 10°C b.p. 171°C ละลายน้ำ	กัดตา ทางเดินหายใจ ผิวหนัง อาจทำให้ผิวหนังไวต่อสิ่งกระตุ้น	จุดวาบไฟที่ 85°C	สวมถุงมือยางหรือพลาสติกและแว่นป้องกัน	ทำปฏิกิริยากับ oxidizers ชนิดแรง	
Formaldehyde solution (37–41% formaldehyde with 11–14% methanol) HCHO	ของเหลวไม่มีสี กลิ่นแรง b.p. 96°C ละลายน้ำ	ระคายเคืองตาและผิวหนังอย่างแรง ระคายเคืองทางเดินหายใจ การสูดดมไอนานๆ อาจทำให้เกิดอาการคล้ายหอบหืด ตาอักเสบ กล่องเสียงอักเสบ หลอดลมอักเสบ หรือปอดบวมชนิด broncho-pneunonia อาจทำให้ผิวหนังไวต่อสิ่งกระตุ้น ผลเสียต่อสุขภาพอาจไม่ดีดังเดิม อาจเป็นสารก่อมะเร็ง	จุดวาบไฟที่ 50°C	สวมเสื้อผ้าป้องกัน เช่น ผ้าพลาสติกกันเปื้อน ถุงมือยางหรือพลาสติก แว่นตาที่ใช้กับงานเคมี ใช้ในตู้ดูดควันหรือที่อากาศถ่ายเท	สามารถทำปฏิกิริยารุนแรงกับ oxidizers ซึ่งหากมี nitromethane ด้วยจะให้วัตถุระเบิด หรือหากมี hydrochloric acid ด้วยจะให้สารก่อมะเร็งรุนแรง *bis* (chloromethyl) ether	สารละลาย formaldehyde เข้มข้นจะขุ่นหากเก็บที่ต่ำกว่า 21°C จึงควรเก็บที่ 21–25°C สารละลายเจือจาง (1–5%) และสารละลายความเข้มข้นกลางๆ (5–25%) ยังคงมีอันตรายเหมือนสารเข้มข้น

สารเคมี	คุณสมบัติทางกายภาพ	อันตรายต่อสุขภาพ	อันตรายจากไฟไหม้	ข้อควรระวัง	สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้	อันตรายอื่นๆ
Glutaraldehyde $OHC(CH_2)_3CHO$	สารละลายสีเหลืองอ่อนหรือไม่มีสี กลิ่นแรง m.p. –14°C b.p. 189°C ละลายน้ำ	ระคายเคืองตาและทางเดินหายใจ หากสูดดมหรือสัมผัสทางผิวหนังนานๆอาจทำให้ไวต่อสิ่งกระตุ้น		ใช้ในตู้ดูดควันหรือที่อากาศถ่ายเทดี สวมถุงมือยางหรือพลาสติกและแว่นตาป้องกัน	สามารถเกิดปฏิกิริยารุนแรงกับ oxidizers	มักจำหน่ายในรูปสารละลายที่ความเข้มข้นต่างๆ และมี stabilizer
Hydrochloric acid (10–37%) HCl Hydrogen chloride	ของเหลวระเหยได้ไม่มีสี กลิ่นแรง b.p. –121°C ละลายน้ำ	กัดตา ทางเดินหายใจและผิวหนัง การสูดดมไอนานๆ อาจเกิดหลอดลมอักเสบ		ห้ามสูดดมไอ ใช้เครื่องป้องกันทางเดินหายใจ หากเข้าตาให้ล้างด้วยน้ำสะอาดทันทีและไปพบแพทย์ หากถูกผิวหนังให้ล้างด้วยน้ำสะอาดนานๆ ใช้ในตู้ดูดควัน สวมถุงมือยางหรือพลาสติกและแว่นตาป้องกัน	ทำปฏิกิริยากับด่าง (ทั้งที่เป็นของแข็งและสารละลายเข้มข้น) ระเบิดกับ potassium permanganate ชนิดของแข็ง หากสัมผัสโลหะเกิดไอพิษและระเบิด	เกิดไอที่มีพิษรุนแรงในไฟ
Hydrogen peroxide H_2O_2	ของเหลวไม่มีสี m.p. –39°C (70%) b.p. 125°C (70%) ละลายน้ำ จำหน่ายในรูปสารละลายที่ความเข้มข้นต่างๆ	กัดผิวหนังที่ความเข้มข้นสูง (60%) และต่ำ (6%) เมื่อสัมผัสนานๆ สารละลายเจือจางระคายเคืองต่อตา ทางเดินหายใจและผิวหนัง	เป็น oxidizing agent อาจเกิดไฟไหม้ได้เมื่อสัมผัสวัตถุไวไฟ	หากเข้าตาให้ล้างออกทันทีด้วยน้ำสะอาด หากใช้ความเข้มข้นสูงกว่า 20% สวมถุงมือ nitrile และแว่นตาป้องกัน	ทำปฏิกิริยารุนแรงกับสารเคมีหลายชนิดรวมทั้ง oxidizers และด่าง ทำปฏิกิริยากับโลหะและเกลือของโลหะ ของเหลวและวัตถุไวไฟ (กระดาษ เสื้อผ้า) aniline และ nitromethane	ย่อยสลายให้ออกซิเจนและทำให้ความดันสูงขึ้นในภาชนะ เก็บในที่มืดเย็น ห้ามใช้ภาชนะโลหะ เช่น ทองเหลือง ทองแดง เหล็ก

Hydrogen sulfide H_2S	ก๊าซไม่มีสี กลิ่นแรง คล้ายไข่เน่า b.p. –60°C m.p. –85°C	อาจมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางทำให้ปวดศีรษะ วิงเวียน ไอ เจ็บคอ หมดสติ ตาย หากสูดดมทำให้ปอดบวม ทำให้ตาแดง เจ็บตา และตาเกิดแผลไหม้รุนแรง	ไวไฟสูง ช่วงระเบิด 4.3–46%	ใช้ในที่อากาศถ่ายเท สวมแว่นตาหรือเครื่องป้องกันทางเดินหายใจที่มีแว่นในตัว	Oxidizers ชนิดแรง กรดไนตริกแก่ ทำปฏิกิริยากับโลหะหลายชนิดและพลาสติก	การรับรู้กลิ่นเสียไปอย่างรวดเร็ว
Iodine I_2	ผลึกเกร็ดสีดำเขียว กลิ่นเฉพาะตัว m.p. 114°C b.p. 184°C มักไม่ละลายน้ำ	ระคายเคืองตา ทางเดินหายใจ ผิวหนัง อาจทำให้ผิวหนังไวต่อสิ่งกระตุ้น อาจมีผลต่อต่อมไธรอยด์	ไม่ติดไฟแต่ช่วยติดไฟ หลายปฏิกิริยาทำให้ไฟไหม้ เกิดไอพิษระคายเคืองเมื่อถูกเผา	ห้ามสูดดมไอ ระวังเข้าตา สวมถุงมือ nitrile	ทำปฏิกิริยากับโลหะรวมทั้ง อะลูมิเนียม โปแตสเซียมและโซเดียม และกับสารผสมเอทานอล/ฟอสฟอรัส acetylene และแอมโมเนีย	
Mercury Hg (Quicksilver)	ของเหลวหนัก สีเงิน m.p. –39°C b.p. 357°C ไม่ละลายน้ำ	อาจซึมผ่านผิวหนัง อาจมีผลต่อไตและระบบประสาทส่วนกลางหากสัมผัสนานๆ และอาจอาเจียน ท้องเสีย ปวดศีรษะ วิงเวียน คลื่นไส้ เหงือกบวม ฟันหัก	ไม่ติดไฟ ให้ไอพิษระคายเคืองในไฟ	ปิดภาชนะให้สนิท ใช้ในตู้ดูดควันหรือที่อากาศถ่ายเท ระวังหก สวมถุงมือ nitrile	Acetylene, fulminic acid ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย azides และ ethylene oxide และให้วัตถุระเบิด ทำปฏิกิริยารุนแรงกับโบรมีน ให้โลหะผสมกับโลหะหลายชนิด	เก็บภาชนะและใช้บนถาดเพื่อกันหก หากหกดูดหยดปรอทด้วยปั๊มลงขวดผ่านหลอด capillary แล้วเทผงสังกะสีบนบริเวณที่หก

สารเคมี	คุณสมบัติทางกายภาพ	อันตรายต่อสุขภาพ	อันตรายจากไฟไหม้	ข้อควรระวัง	สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้	อันตรายอื่นๆ
Methanol CH_3OH	ของเหลวระเหยได้ ไม่มีสี กลิ่นเฉพาะตัว m.p. –98°C b.p. 65°C ละลายน้ำ	มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางทำให้หมดสติและระคายเคืองเยื่อเมือก การสัมผัสนานๆ ทำให้กระจกตาและเส้นประสาทตาเสียหาย หากถูกผิวหนังนานๆ ทำให้ผิวหนังอักเสบ อาจซึมผ่านผิวหนัง	ไวไฟ จุดวาบไฟที่ –16°C ช่วงขีดจำกัดความไวไฟ 7–37%	ปิดภาชนะให้สนิท เก็บห่างจากไฟ หลีกเลี่ยงการสูดดมไอหรือถูกผิวหนัง ใช้ในตู้ดูดควันหรือที่อากาศถ่ายเท สวมถุงมือยางหรือพลาสติก และแว่นตาป้องกัน	สามารถระเบิดรุนแรงกับ oxidizers ชนิดแรงหรือ chloroform เมื่อมีโซเดียม ทำปฏิกิริยารุนแรงกับแมกนีเซียมหรือโบรมีน	
Naphthylamine (alpha and beta) $C_{10}H_9N$ *N*-phenyl-α-naphthylamine and N-phenyl-β-naphthylamine	ผลึกสีขาวถึงชมพู กลิ่นเฉพาะตัว; alpha: m.p. 50°C b.p. 301°C; beta: m.p. 113°C b.p. 306°C; ไม่ค่อยละลายน้ำ แต่ hydrochloride ละลายน้ำ	ทั้งสองรูปเป็นพิษเมื่อสูดดม กินและถูกผิวหนัง ทำให้เกิดมะเร็งกระเพาะปัสสาวะ เป็นสารก่อการกลายพันธุ์และทำให้เกิดความผิดปกติกับทารกในครรภ์ อาจซึมผ่านผิวหนัง	ติดไฟ	หลีกเลี่ยงการสัมผัสทุกทาง สวมเสื้อและอุปกรณ์ป้องกัน ใช้ในตู้ดูดควันหรือที่อากาศถ่ายเท		ถูกห้ามใช้ในหลายประเทศ
Ninhydrin $C_9H_6O_4$	ของแข็งสีเหลืองอ่อน ย่อยสลายก่อนละลายที่ 241°C จำหน่ายในรูปกระป๋องสเปรย์ซึ่งมีสารละลาย 0.5% ใน butanol	อันตรายหากกินและสูดดม ระคายเคืองตา ทางเดินหายใจและผิวหนัง ทำให้ผิวหนังไวต่อสิ่งกระตุ้นหากสัมผัสซ้ำๆ	ติดไฟ จุดวาบไฟที่ 39°C	หลีกเลี่ยงการสูดดมไอหรือสเปรย์และเข้าตา สวมถุงมือยางหรือพลาสติก และแว่นตาป้องกัน		ทำให้ผิวหนังสีม่วงถาวร

Nitric acid (50–70%) HNO_3	ของเหลวระเหยได้ไม่มีสี หรือสีเหลืองอ่อน m.p –42°C b.p. 83–121°C ละลายน้ำ	กัดเนื้อเยื่อ ทำให้เกิดแผลไหม้รุนแรงที่ตาและผิวหนัง เกิดปอดบวมเมื่อสูดดมไอ	เป็น oxidizer เกิดไฟไหม้เมื่อสัมผัสวัตถุไวไฟ ให้ไอพิษในไฟ	ห้ามสูดดมไอ ป้องกันทางเดินหายใจ หากเข้าตาต้องล้างทันทีและไปพบแพทย์ หากถูกผิวหนังต้องล้างทันทีและถอดเสื้อผ้าออก สวมถุงมือ PVC ผ้าพลาสติกกันเปื้อน และแว่นตาที่ใช้กับงานเคมี ใช้ในตู้ดูดควัน	Acetic acid, chromic acid, hydrocyanic acid, aniline, carbon, hydrogen sulfide, ด่าง โลหะและสารหลายชนิด	กรดไนตริกเข้มข้นเกิดได้ในปฏิกิริยาหลายชนิด
Nitrobenzene $C_6H_5NO_2$	ของเหลวเป็นมันๆ สีเหลืองอ่อน กลิ่นเฉพาะตัว m.p 6°C b.p. 211°C	Methaemoglobinanaemia ร่วมกับ cyanosis ตับเสียหาย ริมฝีปากหรือเล็บมือหรือผิวหนังมีสีม่วง วิงเวียน คลื่นไส้ อ่อนแรง หมดสติ ซึมผ่านผิวหนัง	ติดไฟ เสี่ยงต่อการเกิดไฟไหม้และระเบิด จุดวาบไฟที่ 88 °C	ใช้ในที่อากาศถ่ายเทหรือป้องกันทางเดินหายใจ สวมถุงมือ เสื้อและแว่นตาป้องกัน	เมื่อติดไฟให้ไอที่กัดเนื้อเยื่อรวมทั้ง nitrogen oxides ทำปฏิกิริยารุนแรงกับ oxidants และ reducing agents ชนิดแรงเป็นสาเหตุให้ไฟไหม้และระเบิด ให้วัตถุระเบิดกับสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์หลายชนิด	
Osmium tetroxide OsO_4	ผลึกสีเหลืองอ่อน กลิ่นแรง m.p. 40°C b.p. 130°C สลายตัวที่ต่ำกว่าจุดเดือด ละลายน้ำ	เป็นพิษมากหากสูดดมหรือถูกผิวหนัง ทำให้ระคายเคืองและเกิดแผลไหม้ ไอ ของแข็งและสารละลายกัดผิวหนังและทางเดินหายใจ ปอดบวมหากสูดดม	เป็น oxidizing agent อย่างแรง ไม่ติดไฟแต่ช่วยให้ไฟติด	ปิดภาชนะให้สนิทและเก็บภาชนะในที่อากาศถ่ายเท ใช้ของแข็งและสารละลายในตู้ดูดควัน สวมแว่นตาที่ใช้กับงานเคมี การเตรียมสารละลายให้ใส่กระเปราะที่ยังไม่เปิดลงขวดน้ำ ปิดจุกขวด แล้วเขย่าให้กระเปราะแตก		

สารเคมี	คุณสมบัติทางกายภาพ	อันตรายต่อสุขภาพ	อันตรายจากไฟไหม้	ข้อควรระวัง	สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้	อันตรายอื่นๆ
Oxalic acid HO_2CCO_2H	ผลึกไม่มีสี ละลายน้ำ m.p. 190°C ย่อยสลายได้	อันตรายหากกินหรือสัมผัสผิวหนัง ฝุ่นระคายเคืองตาและทางเดินหายใจ สารละลายระคายเคืองตาและอาจทำให้ผิวหนังไหม้	ติดไฟ ให้ไอหรือก๊าซพิษระคายเคืองในไฟ	หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับผิวหนังและตา สวมแว่นและถุงมือป้องกัน	Oxidizing agents เงิน ปรอทและสารประกอบของเงิน หรือปรอท	
Oxygen O_2	ก๊าซอัด ไม่มีสี m.p. –218.4°C b.p. –183°C	ระคายเคืองทางเดินหายใจที่ความเข้มข้นมากๆ	ไม่ติดไฟแต่ช่วยให้ไฟติด การให้ความร้อนทำให้ความดันภาชนะเพิ่มและอาจระเบิดได้	ห้ามใกล้เปลวไฟ ประกายไฟ ห้ามสูบบุหรี่ ห้ามสัมผัสวัตถุไวไฟ	เป็น oxidant อย่างแรง ทำปฏิกิริยากับวัตถุไวไฟและ reducing materials ทำให้ไฟไหม้และระเบิด ทำปฏิกิริยากับน้ำมันไขมัน ไฮโดรเจน และของเหลวของแข็งหรือก๊าซไวไฟ	
Perchloric acid $HClO_4$	ของเหลวไม่มีสี ละลายน้ำ	กัดเนื้อเยื่อ ทำให้เกิดแผลไหม้ที่ผิวหนังและตา ไอกัดเนื้อเยื่อที่ตา ผิวหนังและทางเดินหายใจ ปอดบวมหากสูดดมไอ	เป็น oxidizing agent อย่างแรง ไม่ติดไฟแต่ช่วยให้ไฟติด	หลีกเลี่ยงการสูดดมไอหรือการสัมผัส สวมถุงมือ nitrile หน้ากาก ทำงานในตู้ดูดควันหากใช้สารละลายร้อน	วัตถุไวไฟและ reducing agents เช่น acetic anhydride, bismuth และสารผสมของมัน แอลกอฮอล์ โลหะ กระดาษ ไม้ และสารอินทรีย์	อาจให้วัตถุระเบิดหากสัมผัสสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ พื้นไม้ โต๊ะปฏิบัติการ หรืออื่นๆ อาจระเบิดเมื่อโดนกระแทก

Phenol C_6H_5OH	ผลึกสีชมพูอ่อนหรือไม่มีสี กลิ่นเฉพาะตัว m.p. 41°C b.p. 182°C ละลายน้ำ	ระคายเคืองตา ผิวหนัง และทางเดินหายใจ ทำให้เกิดแผลไหม้รุนแรง ซึมผ่านผิวหนัง รบกวนการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง โคม่า ตับและไตเสียหาย ปวดท้อง ท้องเสีย อาจสัมผัสนานๆ ทำให้ผิวหนังอักเสบ	จุดวาบไฟที่ 80°C ช่วงขีดจำกัดความไวไฟ 1.7–6%	ห้ามสูดดมไอ ป้องกันทางเดินหายใจ ระวังเข้าตาและถูกผิวหนัง ใช้ในตู้ดูดควัน สวมถุงมือ nitrile และแว่นตาป้องกัน หากเข้าตาต้องล้างทันทีด้วยน้ำสะอาดและไปพบแพทย์ หากถูกผิวหนังต้องถอดเสื้อผ้าออก ทาด้วย glycerol, polyethylene glycol 300 หรือ สารผสมของ polyethylene glycol เหลว (70%) และ methylated spirit (30%) แล้วล้างด้วยน้ำ	ทำปฏิกิริยากับ oxidants ทำให้เกิดไฟไหม้และระเบิด	
Phosphoric acid H_3PO_4	ของเหลวหนืด ไม่มีสีหรือผลึกสีขาว m.p. 42°C สลายตัวที่ต่ำกว่าจุดเดือดที่ 213°C ละลายน้ำ	กัดเนื้อเยื่อ ทำให้เกิดแผลไหม้ที่ตาและผิวหนัง	ทำปฏิกิริยากับโลหะหลายชนิดแล้วให้ไฮโดรเจน ให้ไอพิษในไฟ	หากเข้าตาต้องล้างด้วยน้ำและไปพบแพทย์ สวมถุงมือ nitrile และแว่นตาป้องกัน		

สารเคมี	คุณสมบัติทางกายภาพ	อันตรายต่อสุขภาพ	อันตรายจากไฟไหม้	ข้อควรระวัง	สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้	อันตรายอื่นๆ
Phosphorus pentoxide P_2O_5	ผลึกหรือผงสีขาว m.p. 340°C ย่อยสลายที่ 360°C	กัดเนื้อเยื่อที่ตา ผิวหนัง และทางเดินหายใจ ทำให้เจ็บคอ ไอ แผลไหม้ หายใจถี่ แผลพุพอง แผลไหม้ที่ตา หากสูดดมทำให้ปอดบวม หากกินทำให้ปอดท้อง แผลไหม้ ท้องเสีย เจ็บคอ อาเจียน	ไม่ติดไฟแต่ช่วยให้ไฟติด อาจเกิดระเบิดหรือไฟไหม้ในหลายปฏิกิริยา ให้ไอพิษระคายเคืองในไฟ	ใช้ในที่อากาศถ่ายเท สวมถุงมือ หน้ากาก เสื้อและแว่นตาป้องกัน	สารละลายเป็นกรดแก่ ทำปฏิกิริยารุนแรงกับด่างและกัดเนื้อเยื่อ ทำปฏิกิริยารุนแรงกับ percholric acid แล้วเกิดระเบิดและไฟไหม้ ทำปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำให้ phosphoric acid ทำปฏิกิริยากับโลหะหลายชนิดเมื่อมีน้ำ	
Picric acid $C_8H_2(NO_2)_3OH$ 2,4,6-Trinitrophenol	ผลึกสีเหลืองชุ่มน้ำ หรือละลายอยู่ในแอลกอฮอล์ m.p. 122°C ละลายน้ำได้เล็กน้อย	เป็นพิษหากกิน สูดดม หรือถูกผิวหนัง หากกินทำให้ปวดศีรษะ คลื่นไส้ ระคายเคืองตา	ระเบิดเมื่อแห้ง	เก็บให้ชื้นตลอดเวลาหรือใช้เฉพาะสารละลายแอลกอฮอล์	ให้เกลือกับโลหะหลายชนิดซึ่งระเบิดได้มากกว่าตัวกรดเอง หากถูกคอนกรีตจะให้ calcium picrate ซึ่งระเบิดได้ง่าย และยังทำปฏิกิริยารุนแรงกับ reducing agents หลายชนิด	ทำให้ผิวหนังมีสีเหลือง
Potassium hydroxide KOH	เกร็ดหรือผงสีขาว m.p. 360°C b.p. 1320°C ละลายน้ำดี	กัดเนื้อเยื่อทางเดินหายใจ ตาและผิวหนัง หากสูดดมผงทำให้ปอดบวม		หากเข้าตาต้องล้างทันทีด้วยน้ำสะอาดและไปพบแพทย์ หากถูกผิวหนังต้องล้างทันทีและถอดเสื้อผ้าออก สวมถุงมือยางหรือพลาสติกและแว่นตาเมื่อใช้สารละลายเจือจาง	ทำปฏิกิริยากับกรดและกับ nitrobenzene และน้ำยาซักฟอก ให้ความร้อนมากเมื่อผสมน้ำ เก็บในภาชนะปิดสนิท	ทำปฏิกิริยากับโลหะบางชนิด (อะลูมิเนียม สังกะสี ดีบุก) เมื่อมีน้ำ

Potassium permanganate $KMnO_4$	ผลึกสีม่วง m.p. 240°C (ย่อยสลาย) ละลายง่ายในน้ำ	กัดเนื้อเยื่อเมื่อกินหรือสูดดมผงเข้าร่างกาย ระคายเคืองตาและทางเดินหายใจ ปอดบวมหากสูดดมผงเข้าร่างกาย	เป็น oxidizing agent อย่างแรง อาจช่วยวัตถุไวไฟให้ติดไฟ	สวมเสื้อป้องกัน แว่นตาและเครื่องช่วยหายใจป้องกันฝุ่น	ทำปฏิกิริยารุนแรงหรือระเบิดหากผสมกับสารอนินทรีย์หรือสารอินทรีย์หลายชนิด หรือผงโลหะ	
Potassium tellurite K_2TeO_3	ผงสีขาว ละลายน้ำดี	เป็นพิษเมื่อกินและสูดดมผงเข้าร่างกาย ระคายเคืองผิวหนังและตา		สวมเสื้อและอุปกรณ์ป้องกัน		
Propan-2-ol $(CH_3)_2CHOH$ Isopropanol	ของเหลวไม่มีสี กลิ่นคล้ายแอลกอฮอล์ m.p. –89°C b.p. 82°C ละลายน้ำ	ระคายเคืองตาและทางเดินหายใจ อาจมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางทำให้ปวดศีรษะ วิงเวียน อาเจียนและโคม่า	ไวไฟ จุดวาบไฟที่ 112°C ช่วงขีดจำกัดความไวไฟ 2.3–12.7%	ปิดภาชนะให้สนิท เก็บห่างไฟ ใช้ในตู้ดูดควัน สวมถุงมือ nitrile และแว่นตาป้องกัน	สามารถทำปฏิกิริยารุนแรงกับ oxidizers เมื่อสัมผัสอากาศและแสงและให้ peroxides ที่ไม่เสถียร	70–85% propan-2-ol ในน้ำซึ่งใช้เป็นน้ำยาสเปรย์ฆ่าเชื้อยังคงติดไฟง่ายและไม่ควรใช้ใกล้ไฟ
Pyridine C_5H_5N	ของเหลวไม่มีสี กลิ่นเฉพาะตัว m.p. 42°C b.p. 115°C	มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางทำให้วิงเวียน ปวดศีรษะ คลื่นไส้ หายใจถี่ หมดสติ อาจซึมผ่านผิวหนังทำให้ผิวหนังแดงและไหม้ หากสูดดมทำให้ปวดท้อง ท้องเสีย อาเจียน อ่อนแรง หากสัมผัสซ้ำๆ ทำให้ตับและไตเสียหาย	ติดไฟ จุดวาบไฟที่ 20°C ช่วงขีดจำกัดความไวไฟ 1.8–12.4% ให้ไอพิษในไฟ ไอ/สารผสมระเบิดได้	ใช้ในที่อากาศถ่ายเทหรือป้องกันทางเดินหายใจ สวมถุงมือและเสื้อป้องกัน	ทำปฏิกิริยารุนแรงกับ oxidants ชนิดแรงและกรดแก่	

สารเคมี	คุณสมบัติทางกายภาพ	อันตรายต่อสุขภาพ	อันตรายจากไฟไหม้	ข้อควรระวัง	สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้	อันตรายอื่นๆ
Selenium Se	ของแข็งไม่มีกลิ่น มีรูปร่างหลายแบบ สีน้ำตาลแดงเข้มถึงดำ เขียวหรือเป็นผลึกใสสีแดงหรือผลึกสีเทาถึงดำเป็นเงา m.p. 170–217°C b.p. 685°C	ระคายเคืองผิวหนังและตา หากสูดดมผงเข้าร่างกายทำให้ปอดบวม หากสัมผัสซ้ำๆ ทำให้เล็บหลุด และมีผลต่อทางเดินอาหาร	ติดไฟ ให้ไอพิษระคายเคือง	ระวังผงฟุ้งกระจาย ใช้ในที่อากาศถ่ายเท สวมถุงมือเสื้อและแว่นตาป้องกัน	ทำปฏิกิริยารุนแรงกับ oxidants และกรดแก่ ทำปฏิกิริยากับน้ำที่ 50°C แล้วให้ไฮโดรเจนซึ่งติดไฟและ selenious acids ทำปฏิกิริยาช้าๆ เมื่อได้รับความร้อนกับฟอสฟอรัสและโลหะ เช่น นิกเกิล โปแตสเซียม แพลดินัม โซเดียมและสังกะสี	
Silver Ag	โลหะสีขาว เปลี่ยนเป็นดำเมื่อสัมผัสโอโซน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และกำมะถัน m.p. 962°C b.p. 2212°C	หากสูดดมไอระเหยของเงินปริมาณมากๆ ทำให้ปอดเสียหาย ปอดบวม อาจทำให้ตา จมูก คอ และผิวหนังเปลี่ยนเป็นสีเทาน้ำเงินหากสัมผัสนานๆ หรือซ้ำๆ (argyria)	ไม่ติดไฟยกเว้นเมื่อเป็นผง	ใช้ในที่อากาศถ่ายเท สวมถุงมือและแว่นตาป้องกัน หรือใส่เครื่องป้องกันทางเดินหายใจจากผงหรือไอ	เข้ากันไม่ได้กับ acetylene สารประกอบแอมโมเนีย oxalic acid และ tartaric acid	
Silver nitrate $AgNo_3$	ผลึกสีขาว m.p. 212°C b.p. 444°C ละลายน้ำ	อาจระคายเคืองและเกิดแผลไหม้ดวงตาและผิวหนังอย่างรุนแรง กัดเนื้อเยื่อหากกิน อาจทำให้ผิวหนังมีสีน้ำเงินแดงหากสัมผัสนานๆ หรือซ้ำๆ	ไม่ติดไฟแต่ช่วยให้ไฟติด	ป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่น สวมถุงมือยางหรือพลาสติกและหน้ากากและแว่นตาป้องกัน หากเข้าตาต้องล้างออกด้วยน้ำทันทีและไปพบแพทย์	สารละลายแอมโมเนียสามารถตกตะกอน silver nitrate ซึ่งระเบิดได้เมื่อมีด่างหรือกลูโคส สามารถให้วัตถุระเบิดเมื่อมี ethanol หรือ acrylonitrile และอาจระเบิดเป็นไฟเมื่อผสมกับ charcoal แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส หรือกำมะถัน	

Sodium azide N_3Na	ผลึกไม่มีสี m.p. 300°C ละลายน้ำ	เป็นพิษรุนแรงหากกิน สูดดมหรือถูกผิวหนัง อาจเกิดแผลไหม้ ฝุ่นและสารละลายอาจระคายเคืองตาและผิวหนัง อาจซึมผ่านผิวหนัง	ระเบิดเมื่อได้รับความร้อนเหนือจุดเดือด ให้ไอพิษเมื่อได้รับความร้อน ห้ามใช้น้ำดับหากไฟไหม้	หากถูกผิวหนังต้องล้างออกทันที ห้ามสูดดมฝุ่น สวมถุงมือยางหรือพลาสติก และแว่นตา	ระเบิดเมื่อมี bromine, carbon sulfide หรือ chromyl chloride ทำปฏิกิริยากับโลหะหนักรวมทั้งทองแดง ตะกั่ว และปรอท แล้วให้วัตถุระเบิด metal azide salts หากสัมผัสกรดจะให้ก๊าซพิษที่ระเบิดได้	
Sodium biselenite $NaHSeO_3$	ผงสีขาว หรือไม่มีสี ละลายน้ำ	เป็นพิษหากกิน สูดดมฝุ่น อาจสะสมในร่างกายและเป็นอันตราย เป็นสารก่อสภาวะวิรูปในทารกจากการทดลอง อาจเกิดผิวหนังอักเสบหากสัมผัสนานๆ		สวมเสื้อผ้าและอุปกรณ์ป้องกัน	Oxidizing agents	
Sodium cyanide NaCN	ผงสีขาว กลิ่นอัลมอนด์ m.p. 563°C b.p. 1496°C ละลายน้ำดี	เป็นพิษรุนแรงหากกิน สูดดมหรือถูกผิวหนัง อาจซึมผ่านผิวหนัง อาจมีผลต่อต่อมไทรอยด์หากสัมผัสซ้ำๆ	ให้ไอพิษเมื่อได้รับความร้อน	ห้ามสูดดมฝุ่น ป้องกันทางเดินหายใจ ระวังเข้าตาและถูกผิวหนัง หากถูกผิวหนังต้องล้างด้วยน้ำทันทีและถอดเสื้อผ้าออก สวมแว่นตาที่ใช้สำหรับงานเคมี สวมถุงมือยางหรือพลาสติก เก็บในห้องมีล็อค และอากาศถ่ายเท	หากถูกกรดหรือน้ำผสมคาร์บอนไดออกไซด์จะให้ก๊าซไซยาไนด์ (HCN) ที่เป็นพิษ หากสัมผัส nitrites จะให้วัตถุระเบิด	หากสารละลายหกให้เทผง bleach (sodium hypochloride) ลงไปแล้วทิ้งไว้ 24 ชม. หากของแข็งหกให้เช็ดออกแล้วเช็ดด้วยน้ำผสมผง bleach แล้วทิ้งไว้ 24 ชม. ในห้องปฏิบัติการควรมีสารแก้พิษไซยาไนด์

สารเคมี	คุณสมบัติทางกายภาพ	อันตรายต่อสุขภาพ	อันตรายจากไฟไหม้	ข้อควรระวัง	สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้	อันตรายอื่นๆ
Sodium hydroxide NaOH	เกร็ด เม็ดหรือแท่ง ไม่มีสี m.p. 318°C b.p. 1390°C ละลายน้ำ	หากสูดดมฝุ่นทำให้ปอดบวม กัดเนื้อเยื่อหากกิน สารละลายเจือจางระคายเคืองตาและอาจเป็นอันตรายต่อตาอย่างรุนแรงหากสัมผัสนานๆ	ไม่ติดไฟ หากถูกน้ำหรือความชื้นจะให้ความร้อนที่สูงพอที่จะจุดไฟให้วัตถุไวไฟต่างๆ	หากเข้าตาต้องล้างออกทันทีและไปพบแพทย์ หากถูกผิวหนังต้องล้างด้วยน้ำทันทีและถอดเสื้อผ้าออก สวมถุงมือยางหรือพลาสติกและแว่นป้องกันแม้เมื่อใช้สารละลายเจือจาง	ให้ความร้อนสูงเมื่อผสมน้ำ ทำปฏิกิริยารุนแรงกับสารผสม chloroform-methanol และกับกรดแก่	เก็บในภาชนะปิดสนิทในที่แห้ง
Sodium hypochlorite solution (มีคลอรีน 10–14%) NaOCl	สารละลายไม่มีสีหรือสีเหลืองจาง กลิ่นคลอรีน ละลายน้ำ	กัดตาและผิวหนัง กัดเนื้อเยื่อหากกินหรือสูดดม อาจทำให้ปอดบวมหากสูดดม อาจทำให้ผิวหนังไวต่อสิ่งกระตุ้นหากสัมผัสซ้ำๆ	เป็น oxidant อย่างแรง ให้ไอพิษเมื่อได้รับความร้อน	หากเข้าตาหรือถูกผิวหนังต้องล้างด้วยน้ำทันทีและไปพบแพทย์ ห้ามสูดดมไอ ป้องกันทางเดินหายใจ ใช้ในที่อากาศถ่ายเท สวมถุงมือยางหรือพลาสติก และแว่นตาที่ใช้กับงานเคมี	ให้ก๊าซพิษรุนแรงเมื่อถูกกรด ทำปฏิกิริยารุนแรงกับวัตถุไวไฟและ reducing compounds อาจทำปฏิกิริยากับสารประกอบไนโตรเจนแล้วให้ N-chloro compounds ที่ระเบิดได้ และอาจทำปฏิกิริยารุนแรงกับ methanol	สูญเสียคลอรีนอย่างช้าๆ ระหว่างการเก็บ สารละลายเจือจางที่ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อเสื่อมตัวเร็ว เก็บห่างจากกรดในที่มืด เย็นและอากาศถ่ายเท

Sulfuric acid H_2SO_4	ของเหลวหนืด ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น m.p. 10°C b.p. (สลายตัว) 340°C	สารละลายเข้มข้น (15%) กัดเนื้อเยื่อทำให้เกิดแผลไหม้ ไอกัดเนื้อเยื่อหากสูดดม สารละลายเจือจางระคายเคืองตาและผิวหนังทำให้เกิดแผลไหม้และผิวหนังอักเสบ	อาจให้ไอพิษเมื่อได้รับความร้อน อาจระเบิดหรือเกิดไฟไหม้ การเจือจางในน้ำจะเกิดความร้อนและอาจเดือด **ห้ามเติมน้ำลงในกรด**	หากเข้าตาหรือถูกผิวหนังต้องล้างด้วยน้ำทันทีและไปพบแพทย์ ถอดเสื้อผ้าที่สัมผัสกรดออก สวมถุงมือ nitrile แว่นตา หน้ากาก **ห้ามสัมผัสวัตถุไวไฟ**	เป็นสาร oxidizing dessicant อย่างแรง ทำปฏิกิริยารุนแรงกับ organic nitro compounds, potassium permanganate, alkali metals, perchlorates วัตถุไวไฟ oxidizers, amines ด่าง น้ำ ความร้อนและโลหะหลายชนิด	อาจเดือดหากเติมกรดเข้มข้นลงในน้ำ
Tetrahydrofuran C_4H_8O Diethylene oxide Tetramethylene oxide	ของเหลวไม่มีสี กลิ่นเฉพาะตัว m.p. –108.5°C b.p. 66°C	เป็นสารเสพติดชนิดกดระบบประสาทส่วนกลาง ระคายเคืองตา ผิวหนังและทางเดินหายใจ	ไวไฟ อาจให้ peroxides ซึ่งระเบิดได้ จุดวาบไฟที่ –14°C หากเกิดไฟไหม้อาจใช้น้ำดับไฟไม่ได้ แต่ใช้น้ำในการทำให้ภาชนะที่ถูกไฟเผาเย็นตัวลงได้	ใช้ในที่อากาศถ่ายเท ป้องกันทางเดินหายใจ สวมถุงมือและแว่นตาป้องกัน	ทำปฏิกิริยารุนแรงกับ oxidants แก่ ด่างแก่ และ metal halide บางชนิด แล้วทำให้ไฟไหม้และระเบิด กัดพลาสติกบางชนิด ยางและเสื้อผ้า tetrahydrofuran อาจเกิดโพลีเมอร์เมื่อมีตัวเร่งชนิด cation อาจระเบิดเมื่อโดน calcium hydroxide	
Thallium acetate $TIC_2H_3O_2$	ผลึกสีขาว m.p. 110°C ละลายน้ำดี	เป็นพิษรุนแรงและสะสมในร่างกายหากกิน มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางและระบบหัวใจและหลอดเลือด อันตรายหากเข้าตาและถูกผิวหนัง		ปิดภาชนะให้สนิท ใช้ในตู้ดูดควันหรือที่อากาศถ่ายเท สวมหน้ากากป้องกันฝุ่น แว่นตาที่ใช้กับงานเคมี ถุงมือยางหรือพลาสติก		

สารเคมี	คุณสมบัติทางกายภาพ	อันตรายต่อสุขภาพ	อันตรายจากไฟไหม้	ข้อควรระวัง	สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้	อันตรายอื่นๆ
o-Tolidine $(C_6H_3\text{-}(3CH_3)\text{-}(4NH_2))_2$ 3,3'-Dimethyl-(1,1'-biphenyl)-4,4'-diamine	ผลึกไม่มีสี m.p. 131°C b.p. 200°C ละลายน้ำได้ไม่ดี	อันตรายหากเข้าตาหรือกิน ฝุ่นระคายเคืองตาและทางเดินหายใจ อาจเป็นสารก่อมะเร็ง	ติดไฟ ให้ไอหรือก๊าซพิษที่ระคายเคืองเมื่อได้รับความร้อน	หลีกเลี่ยงการถูกร่างกาย โดยการสวมแว่นตาและถุงมือ	Oxidizing agents	
Toluene C_7H_8 Methylbenzene	ของเหลวไม่มีสี กลิ่นเฉพาะตัว m.p. –95°C b.p. 111°C ไม่ละลายน้ำ	เป็นสารกดระบบประสาทส่วนกลาง ระคายเคืองตา เยื่อเมือก ผิวหนัง อาจเป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์หรือการเจริญเติบโตหากสัมผัสหลายครั้ง	ไวไฟ ไออาจติดไฟ จุดวาบไฟที่ 4°C ช่วงขีดจำกัดความไวไฟ 1.4–7% หากเกิดไฟไหม้ไม่มากให้ใช้ dry chemicals, คาร์บอนไดออกไซด์ โฟม น้ำ หรือก๊าซเฉื่อย (ไนโตรเจน)	ปิดภาชนะให้สนิท เก็บห่างไฟ ต่อภาชนะบรรจุกับสายดินเพื่อป้องกันการเกิดไฟฟ้าสถิตย์ ห้ามสูดดม ป้องกันทางเดินหายใจ ใช้ในตู้ดูดควันหรือที่อากาศถ่ายเท สวมถุงมือ nitrile	สามารถทำปฏิกิริยารุนแรงกับกรดแก่ ด่างและ oxidizers	
Trichloroacetic acid CCl_3COOH	ผลึกสีขาว ดูดความชื้น กลิ่นแรง m.p. 58°C b.p. 197.5°C ละลายน้ำ เอทานอล diethylether	กัดเนื้อเยื่อ ทำให้เกิดแผลไหม้รุนแรงที่ตา ผิวหนังและทางเดินหายใจ	ไม่ติดไฟ อาจให้ไอพิษเมื่อได้รับความร้อน	ระวังเข้าตาและถูกผิวหนัง สวมถุงมือยางหรือพลาสติกและแว่นตาที่ใช้กับงานเคมี หรือหน้ากาก หากเข้าตาต้องล้างออกทันทีและไปพบแพทย์	ทำปฏิกิริยารุนแรงกับทองแดง/diethyl sulfoxide mixtures ด่าง oxidizing agents แก่ โลหะ เช่น เหล็ก สังกะสี อะลูมิเนียม	เก็บในที่แห้ง สารละลายเข้มข้นอาจสลายตัวอย่างรุนแรง

Trichloro-ethylene $CHClCCl_2$	ของเหลวไม่มีสี กลิ่นเฉพาะตัว m.p. –73°C b.p. 87°C	ระคายเคืองตา ผิวหนัง อาจเกิดเมื่อสัมผัสนานๆ ทำให้ผิวหนังอักเสบและมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางทำให้สูญเสียความทรงจำ อาจมีผลต่อตับและไต อาจเป็นสารก่อมะเร็ง	ติดไฟในบางสภาวะ	ใช้ในที่อากาศถ่ายเท สวมถุงมือ แว่นตา ป้องกันทางเดินหายใจ	ย่อยสลายให้ก๊าซพิษและกัดกร่อน (phosgene, hydrogen chloride) เมื่อถูกพื้นผิวร้อนหรือเปลวไฟ ย่อยสลายให้ dichloro-acetylene หากสัมผัส alkali แก่ ทำปฏิกิริยารุนแรงกับผงโลหะ เช่น อะลูมิเนียม แบเรียม แมกนีเซียม ไททาเนียม ย่อยสลายช้าๆ แล้วให้ hydrochloric acid หากถูกแสงเมื่อมีความชื้น	
Xylene (mixed isomers) $C_6H_4(CH_3)_2$ Dimethyl-benzene	ของเหลวไม่มีสี กลิ่นอะโรมาติก m.p. –95 ถึง –13°C b.p. 136–145°C ไม่ละลายน้ำ	อาจมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางทำให้ปวดศีรษะ วิงเวียน เมื่อยล้าและคลื่นไส้ ของเหลวและไอระคายเคืองตา ผิวหนัง เยื่อเมือกและทางเดินหายใจ อันตรายหากกิน อาจละลายไขมันในผิวหนังหากถูกผิวหนังนานๆ ทำให้ระบบประสาทเสื่อมแบบไม่เฉพาะเจาะจง อาจมีผลต่อการได้ยิน จากการทดลองในสัตว์พบว่าอาจเป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต	ของเหลวไวไฟ จุดวาบไฟที่ 27–32°C	ระวังเข้าตา สวมถุงมือ nitrile และแว่นตา ปิดภาชนะบรรจุให้สนิท เก็บห่างจากไฟ		อาจมี ethylbenzene ซึ่งทำให้ไม่บริสุทธิ์ และ ethylbenzene นี้อาจเป็นสารก่อมะเร็ง

ดัชนีค้นคำ

abrasions	แผลถลอก	77
access	ทางเข้า-ออก	
animal facilities	คอกสัตว์	28, 29, 30
laboratory	ห้องปฏิบัติการ	9-10, 19, 25
accidents	อุบัติเหตุ	11
equipment-related	ที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์	142
ดู first aid; injuries; spills *ประกอบ*		
acetaldehyde	อะซิตัลดีไฮด์	144
acetic acid	กรดอะซิติก	144
acetic anhydride	อะซิติกแอนไฮไดรด์	144
acetone	อะซิโตน	145
acetonitrile	อะซิโตไนตริล	145
acetylene	อะซิติลีน	145
acrolein	อะโครเลอีน	146
aerosols	ละอองของเหลว	
activities generating	กิจกรรมที่ทำให้เกิด	49
biological safety cabinets and	ตู้ปลอดเชื้อ และ	15, 49
pipetting hazards	อันตรายจากการดูดปล่อยของเหลว	59
release of potentially infectious	การปลดปล่อย/การหลุดลอดของละอองของเหลวติดเชื้อ	77
safety equipment and	อุปกรณ์นิรภัย และ	58
air, exhaust	อากาศเสีย	ดู exhaust air
air filters	เครื่องกรองอากาศ	ดู high-efficiency particulate air (HEPA) filters
airflow, directional	การไหลของอากาศไปในทิศทางเดียวกัน	
alarms	การเตือนภัย/สัญญาณเตือนภัย	20, 57
animal facilities	คอกสัตว์	28, 29, 30
biological safety cabinets	ตู้ปลอดเชื้อ	51, 54
Biosafety Level 3	ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3:	20

Biosafety Level 4	ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4:	25
air systems	ระบบอากาศ	
biological safety cabinets	ตู้ปลอดเชื้อ	50, 51, 54
protective suit	ชุดเสื้อผ้าป้องกันอันตราย	24
ดู ventilation systems *ประกอบ*		
airlocks		26, 30
alarms	สัญญาณเตือนภัย	20, 57
alcohol-based hand rubs	น้ำยาฟอกมือชนิดเข้าแอลกอฮอล์	85, 87
alcohols	แอลกอฮอล์	**85**
allergy, latex	การแพ้ลาเทกซ์	63
2-amino-ethanol	ทูอะมิโนเอทานอล	153
ammonia solutions	สารละลายแอมโมเนีย	146
ammonium bicarbonate	แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต	86-87
ampoules of infectious materials	กระเปราะบรรจุวัสดุติดเชื้อ	
opening	การเปิด	**72**
storage	การเก็บรักษา	**72**
anaerobic jars/incubators	โถ/ตู้สูญญากาศ	141, 142
aniline	อะนิลีน	146
animal facilities	คอกสัตว์	10, **27-31**
Biosafety Level 1	ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1:	28
Biosafety Level 2	ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 2:	28
Biosafety Level 3	ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3:	29
Biosafety Level 4	ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4:	30
containment levels	ระดับการควบคุมเชื้อ	27
invertebrates	สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	31
animal facility Biosafety Levels (ABSL)	ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพของคอกสัตว์	27
animals	สัตว์	
disposal of carcasses	การทิ้งซาก	29
non-experimental	ที่ไม่ได้ใช้ทดลอง	10, 28
transgenic and knock-out	ดัดแปลงพันธุกรรม และ กดยีนส์	**98-99**
anterooms	ห้องเฉลียง, ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า	20, 29, 30
antimicrobial	สาร/ยาต้านจุลชีพ	80

antiseptics	สาร/ยาฆ่าเชื้อ	80
aprons	ผ้ากันเปื้อน	61, 62
arthropods	อาร์โทรปอด	
control of verminous	การควบคุมหนอน	12, 28
housing facilities	โรงเรือน	31
audit	การตรวจติดตาม	34
auramine	ออรามีน	147
autoclaves	หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ	61, **88-90**
animal facilities	คอกสัตว์	29, 30
availability	การหาใช้ได้, การหาได้ง่าย	13, 15, 20, 26
double-door pass-through	ช่องส่งของ 2 ประตู	24, 26
fuel-heated pressure cooker	หม้อนึ่งความดันชนิดใช้เชื้อเพลิง	89
gravity displacement	ชนิดแทนที่ตามแรงโน้มถ่วง	88
loading	การบรรจุ	89
prevacuum	ชนิดสร้างสูญญากาศก่อน	89
precautions for use	ข้อควรระวังในการใช้งาน	89
validation	การทดสอบความใช้ได้	15
autoclaving	การนึ่งฆ่าเชื้อ	16, **88-90**
azides	อะไซด์	106, 163
backflow prevention	การป้องกันการไหลย้อน	13, 20
basic laboratory (Biosafety Levels 1 and 2)	ห้องปฏิบัติการมูลฐาน (ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1 และ 2)	1, **9-18**
chemical, fire, electrical, radiation and equipment safety	ความปลอดภัยด้านเคมี ไฟ ไฟฟ้า รังสี และ อุปกรณ์	18
code of practice	หลักเกณฑ์การปฏิบัติงาน	9
design and facilities	การออกแบบและสิ่งอำนวยความสะดวก	12
equipment	อุปกรณ์	13-14
health and medical surveillance	การเฝ้าระวังทางการแพทย์และสาธารณสุข	15
safety survey forms	แบบสำรวจความปลอดภัย	35-42
training	การฝึกอบรม	16
waste handling	การจัดการของเสีย	16

bedding, animal	วัสดุปูรองคอกสัตว์	28, 29
bench tops	พื้นผิวด้านบนของโต๊ะปฏิบัติการ	13
benzene	เบนซีน	147
benzidine	เบนซิดีน	147
biocide	ไบโอไซด์	80
biohazard warning sign	เครื่องหมายเตือนอันตรายทางชีวภาพ	9, 10, 19, 28
biological expression systems	ระบบสังเคราะห์ยีนส์ทางชีวภาพ	98
biological safety cabinets (BSCs)	ตู้ปลอดเชื้อ	**49-57**, 60
air connections	การเชื่อมต่ออากาศ	54
animal facilities	คอกสัตว์	28
certification	การรับรองคุณภาพ	56
class I	คลาส I	50
class II	คลาส II	51
type A1	ชนิด A1	51
type A2, B1 and B2	ชนิด A2, B1 และ B2	51
class III	คลาส III	54
laboratory	ห้องปฏิบัติการ	24-26
decontamination	การขจัดสิ่งปนเปื้อน	57, **86**
exhaust air	อากาศเสีย	ดู under exhaust air
location	ตำแหน่ง, สถานที่ตั้ง	20, 55
operation and maintenance	การใช้งานและการดูแลรักษา	55
prion contamination	การปนเปื้อนไพรออน	75
required use	การใช้งานภาคบังคับ	14, 19, 20
safe use	การใช้งานอย่างปลอดภัย	**55-57**, 68-69
selection	การเลือก	54
biosafety	ความปลอดภัยทางชีวภาพ	
management	การจัดการ	11-12
versus laboratory biosecurity	และ ความมั่นคงทางห้องปฏิบัติการ	45
Biosafety Collaborating Centres, WHO	ศูนย์ความร่วมมือด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ	**139**
biosafety committee	คณะกรรมการด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ	**116**

Biosafety Level 1 ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1: 1, 3, **9-18**
animal facilities คอกสัตว์ 28
laboratory design การออกแบบห้องปฏิบัติการ 12-13
laboratory safety survey form แบบสำรวจความปลอดภัย 35-39
health and medical surveillance การเฝ้าระวังทางการแพทย์และสาธารณสุข 15
ดู basic laboratory *ประกอบ*
Biosafety Level 2 ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 2: 1, 3, **9-18**
animal facilities คอกสัตว์ 28-29
laboratory design การออกแบบห้องปฏิบัติการ 12-13, 16
laboratory safety survey form แบบสำรวจความปลอดภัย 39-41
health and medical surveillance การเฝ้าระวังทางการแพทย์และสาธารณสุข 15
ดู basic laboratory *ประกอบ*
Biosafety Level 3 ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3: 1, 3, **19-22**
animal facilities คอกสัตว์ 29-30
laboratory design การออกแบบห้องปฏิบัติการ 19-21
laboratory safety survey form แบบสำรวจความปลอดภัย 41-42
ดู containment laboratory *ประกอบ*
Biosafety Level 4 ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4: 1, 3, **24-26**
animal facilities คอกสัตว์ 30-31
laboratory design การออกแบบห้องปฏิบัติการ 24-26
ดู maximum containment laboratory *ประกอบ*
biosafety levels ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ 1
animal facility (ABSL) คอกสัตว์ 27
facility requirements สิ่งจำเป็น, สิ่งอำนวยความสะดวก 3
microbiological risk groups and กลุ่มเสี่ยงทางจุลชีววิทยา และ 1-3
biosafey officer เจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ **115-116**
biosecurity ความมั่นคงทางชีวภาพ **45-46**
1,1’-biphenyl-4,4’-diamine 147
bleach (sodium hypochlorite) **81-82**, 86, 164
blenders เครื่องปั่น 59, **71**
blood, standard precautions ข้อควรระวังเกี่ยวกับเลือด **72-73**
body fluids, standard precautions ข้อควรระวังเกี่ยวกับของเหลวในร่างกาย **72-73**
boiling การต้ม 88

bottles, screw-capped	ขวดฝาเกลียว	15, 61
bromine	โบรมีน	148
BSCs		ดู biological safety cabinets
building maintenance services	แผนกช่าง/บำรุงรักษาอาคาร	**117**
Bunsen burners	ตะเกียงบุนเซน	59, 68, 69
cages	กรง	
animal	สัตว์	29
flying insects	แมลงบินได้	31
calcium hypochlorite	แคลเซียมไฮโปคลอไรท์	82
carbon dioxide, solid (dry ice)	คาร์บอนไดออกไซด์ (น้ำแข็งแห้ง)	148
carbon tetrachloride	คาร์บอนเตตราคลอไรด์	148
4,4’-carbonoimidoylbis (N,N-dimethylbenzenamine)		147
ceilings	เพดาน	13, 20
centrifuges	เครื่องปั่นเหวี่ยง	**70-71**, 141
breakage of tubes in	การแตกของหลอดทดลอง	77
containment accessories	อุปกรณ์เสริมสำหรับควบคุมเชื้อ	21
improper use	การใช้งานอย่างไม่เหมาะสม	142
certification	การรับรองคุณภาพ	
biological safety cabinets	ตู้ปลอดเชื้อ	56
laboratory/facility	ห้องปฏิบัติการ/สิ่งอำนวยความสะดวก	**34**
checklist, safety	แบบตรวจติดตามความปลอดภัย	**123-129**
chemical germicides	สารเคมี/ยาฆ่าเชื้อ	80, **80-86**
chemicals (hazardous)	สารเคมี (อันตราย)	**105-108**
biological safety cabinets	ตู้ปลอดเชื้อ	54
explosive	ที่ระเบิด	106, 142
incompatible, general rules	กฎทั่วไปว่าด้วยความเข้ากันไม่ได้	105, 106
routes of exposure	ช่องทางสัมผัส	105
safety checklist	แบบตรวจติดตามความปลอดภัย	**129**
specific	จำเพาะ	**143-167**
spills	การหกหล่น	106
storage	การเก็บรักษา	105

toxic effects	ความเป็นพิษ	105-106
children	เด็ก	9
chilling facilities, arthropods	อุปกรณ์ทำให้เย็นชา/หมดความรู้สึก สำหรับอาร์โทรปอด	31
chloramines	คลอรามีน	**82**
chlorine	คลอรีน	**81-82**, 149
chlorine dioxide	คลอรีนไดออกไซด์	**82-83**, 149
chlorine-releasing compounds	สารประกอบที่ปลดปล่อยคลอรีน	81-82
chloroform	คลอโรฟอร์ม	149
chromic acid	กรดคลอมิก	150
chromium VI oxide		150
circuit-breakers	อุปกรณ์ตัดไฟฟ้า	174
class III cabinet laboratory	ห้องปฏิบัติการที่มีตู้ปลอดเชื้อคลาส III	24
controlled air system	ระบบการควบคุมอากาศ	25
clean-air work stations	สถานีทำความสะอาดอากาศ	49
clean-up procedure, spills	ขั้นตอนการทำความสะอาด สารเคมี/เชื้อหกหล่น	**92**
cleaning	การทำความสะอาด	
biological safety cabinets	ตู้ปลอดเชื้อ	175
domestic	ทั่วๆ ไป	**117**
laboratory materials	วัสดุในห้องปฏิบัติการ	**80**
refrigerators and freezers	ตู้เย็นและตู้แช่แข็ง	71
clothing, protective		*ดู* personal protective equipment/clothing
coats, laboratory	เสื้อคลุมที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ	61, 62
codes of practice	หลักเกณฑ์การปฏิบัติงาน	
Biosafety Level 1 and 2	ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1 และ 2:	**9**
Biosafety Level 3	ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3:	**19**
Biosafety Level 4	ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4:	**24**
commissioning, laboratory/ facility	การจัดตั้งคณะกรรมการห้องปฏิบัติการ	**32-33**
commissioning agent	ผู้แทนในคณะกรรมการห้องปฏิบัติการ	32
communication facilities	อุปกรณ์/เครื่องมือสื่อสาร	24
contact lenses	เลนส์สัมผัส, คอนแทคเลนส์	10

containers	ภาชนะ	
broken	ชำรุด, แตก	77
contaminated waste	สำหรับของเสียปนเปื้อน	17
leakproof	กันรั่วซึม	61
sharps disposal	สำหรับทิ้งวัสดุมีคม	17, 61
specimen	สำหรับตัวอย่างส่งตรวจ	67, 73, 92
containment, primary	การควบคุมเชื้อเบื้องต้นที่ความ	24
at Biosafety Level 4	ปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4	
containment laboratory (Biosafety Level 3)	ห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อ (ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3)	1, 3, **19-22**
code of practice	หลักเกณฑ์การปฏิบัติงาน	19
design and facilities	การออกแบบและสิ่งอำนวยความสะดวก	19
equipment	อุปกรณ์	21
health and medical surveillance	การเฝ้าระวังทางการแพทย์และสาธารณสุข	22
safety survey form	แบบสำรวจความปลอดภัย	41-42
containment levels, animal facility	ระดับการควบคุมเชื้อในคอกสัตว์	27
		ดู biosafety levels *ประกอบ*
contaminated liquid/effluents	ของเหลวหรือขยะปนเปื้อน	11
contaminated materials	วัสดุปนเปื้อน	ดู infectious materials
contingency plans	แผนเฝ้าระวัง	**76**
copper	ทองแดง	150
cosmetics	เครื่องสำอาง	10
coveralls	ชุดคลุมทั้งร่างกาย	61, 62
Creutzfeldt-Jakob disease (CJD)		74
culture stirrers, shakers, agitators	แท่งแก้วคน เครื่องเขย่า เครื่องกระแทก	141
cuts	บาดแผล	77
cyanogen bromide	ไซยาโนเจนโบรไมด์	151
cytochalasin	ไซโตชาลาซิน	151
decontamination	การขจัดสิ่งปนเปื้อน	
biological safety cabinets	ตู้ปลอดเชื้อ	57, **86**

blood/body fluids	เลือด/ของเหลวในร่างกาย	73
definition	คำนิยาม	80
effluents	ของเสีย	11, 26
hand	มือ	**87**
local environmental	สิ่งแวดล้อมเฉพาะบริเวณ	**86**
prion-contaminated materials	วัสดุปนเปื้อนไพรออน	74-75
waste materials	ของเสีย	17
ดู cleaning; disinfection *ประกอบ*		
desiccators	โถ/สารดูดความชื้น	141
design, laboratory	การออกแบบห้องปฏิบัติการ	
Biosafety Level 1 and 2	ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1 และ 2:	12
Biosafety Level 3	ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3:	19
Biosafety Level 4	ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4:	24
commissioning requirements and	ข้อกำหนด และ	32-33
diethyl ether	ไดเอทิลอีเทอร์	151
diethylene dioxide	ไดเอทิลีนไดออกไซด์	152
diethylene oxide	ไดเอทิลีนออกไซด์	165
3,3’-dimethyl-(1,1’-biphenyl)-4,4’-diamine		166
dimethylamine	ไดเมทิลลามีน	152
dimethylbenzene	ไดเมทิลเบนซีน	167
2,4-dinitrophenyl-hydrazine		152
dioxane	ไดออกเซน	152
disasters, natural	ภัยธรรมชาติ	76, 78
disinfectants	สาร/ยาฆ่าเชื้อ	80, **80-86**
disinfection	การฆ่าเชื้อ	**80-90**
biological safety cabinets	ตู้ปลอดเชื้อ	57
chemical	สารเคมี	80-86
cleaning prior to	การทำความสะอาดก่อน	80
definition	คำนิยาม	80
heat	ความร้อน	87-90
spills	สิ่งหกหล่น	92
waste materials	ของเสีย	17
ดู decontamination; sterilization *ประกอบ*		

dispersal of infectious materials, avoiding	การหลีกเลี่ยงการฟุ้งกระจายของวัสดุติดเชื้อ	68
doors	ประตู	
animal facilities	คอกสัตว์	28
laboratory	ห้องปฏิบัติการ	13, 19, 25
drains, containment	ระบบระบายน้ำเสียที่มีการกักกันเชื้อ	26
drinking	การดื่ม	10, 13, 29
earth-fault-interrupters	อุปกรณ์สายดิน	109
eating	การรับประทาน, การบริโภค, การกิน	10, 13, 29, 69
effluents, contaminated	ของเสียปนเปื้อน	11, 26
electrical hazards	อันตรายจากไฟฟ้า	18, **109**, 142
safety checklist	แบบตรวจติดตามความปลอดภัย	**127**
electricity supply	การจ่ายไฟฟ้า	13, 26
emergencies	เหตุฉุกเฉิน	**76-79**
Biosafety Level 4	ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4:	24, 26
contingency plans	แผนเฝ้าระวัง	76
laboratory procedures	การดำเนินงานในห้องปฏิบัติการ	77-79
emergency equipment	อุปกรณ์ฉุกเฉิน	78
emergency services	แผนกฉุกเฉิน	78
engineering services	แผนกวิศวกรรม, แผนกช่าง	**117**
equipment	เครื่องมือ, อุปกรณ์	
basic laboratory	ห้องปฏิบัติการมูลฐาน	**13-15**
containment laboratory	ห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อ	21
emergency	ฉุกเฉิน	78
hazards	อันตราย	**140-142**
personal protective		*ดู* personal protective equipment/clothing
safety	ความปลอดภัย	18, **58-63**
checklist	แบบตรวจติดตาม	**128**
Escherichia coli K12		98
ethanol (ethyl alcohol)	เอทานอล	85, 153
ethanolamine	เอทานอลลามีน	153

ethers	อีเทอร์	106
excreta, standard precautions	ข้อควรระวังเกี่ยวกับสิ่งขับหลั่ง	**72-73**
exhaust air	อากาศเสีย	
animal facilities	คอกสัตว์	29
biological safety cabinets	ตู้ปลอดเชื้อ	20, 25, 49, 50, 51-53, 54, 55
containment laboratory	ห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อ	20
maximum containment laboratory	ห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อขั้นสุดยอด	25-26
explosive chemicals	สารเคมีที่ระเบิดได้	106
expression systems, biological	ระบบสังเคราะห์ยีนส์ทางชีวภาพ	98
expression vectors	พาหะยีนส์	98
eye protection	การป้องกันดวงตา	10, 62-63, 69
face protection	การป้องกันใบหน้า	10, 62-63
face shields (visors)	เครื่องบังใบหน้า	10, 63
facilities, laboratory	สิ่งอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการ	
Biosafety Level 1 and 2	ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1 และ 2:	12-13
Biosafety Level 3	ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3:	19-21
Biosafety Level 4	ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4:	24-26
films, for microscopy	การทำฟิล์มบางสำหรับกล้องจุลทรรศน์	73
fire extinguishers	อุปกรณ์และถังดับเพลิง	108-109
fires	ไฟ	18, **108-109**
causes	สาเหตุ	108, 142
emergency procedures	มาตรการฉุกเฉิน	78
prevention and protection checklist	แบบตรวจติดตามการป้องกันภัย	125-126
first aid	การปฐมพยาบาล	13, **137**
first-aid box	กล่องปฐมพยาบาล	137
flame photometer		142
flames, open	เปลวไฟ	56, 68
flammable liquid storage	การเก็บของเหลวไวไฟ	**126**
floors	พื้นห้อง	13, 20

food	อาหาร	13
footwear	รองเท้า	10, 19, 24, 62
formaldehyde	ฟอร์มัลดีไฮด์	**83**, 86-87, 153
formalin	ฟอร์มาลีน	83, 86
freeze-dryers	เครื่องดูดแห้งแช่แข็ง	141
freezers	ตู้แช่แข็ง	**71-72**
fumigation	การรมควัน	86
furniture, laboratory	เฟอร์นิเจอร์ในห้องปฏิบัติการ	13
gas(es)	ก๊าซ	
compressed and liquefied	อัดความดันและเหลว	107, **126**
supply to laboratory	การจ่ายสู่ห้องปฏิบัติการ	13
gene transfer	การขนถ่ายยีนส์	97, 98
genetic engineering	พันธุวิศวกรรม	97, 98
genetically modified organisms (GMOs)	สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม	**97-101**
further considerations	ข้อควรคำนึงเพิ่มเติม	101
risk assessments	การประเมินความเสี่ยง	99-100
types	ชนิด	98-99
germicides, chemical	สารเคมีฆ่าเชื้อ	80, **80-86**
glass	แก้ว	73
handling broken	การจัดการ(แก้ว)แตก	77, 92
precautions in use	ข้อควรระวังในการใช้งาน	69, 73
gloves	ถุงมือ	10, 57, 62, **63**
glutaraldehyde	กลูตารัลดีไฮด์	83, 154
GMOs		*ดู* genetically modified organisms
goggles	แว่นตากันลม	62-63
good microbiological technique (GMT)	เทคนิคทางจุลชีววิทยาที่ดี	9-12, **67-75**
gowns	เสื้อกาวน์	61-62, 62
hand decontamination	การขจัดสิ่งปนเปื้อนที่มือ	**87**
hand rubs, alcohol-based	น้ำยาขัดมือชนิดเข้าแอลกอฮอล์	85-86, 87
hand washing	การล้างมือ	10, 63, **87**

animal facility staff	พนักงานคอกสัตว์	29
facilities	สิ่งอำนวยความสะดวก	13, 20, 29
health and medical surveillance	การเฝ้าระวังทางการแพทย์และสาธารณสุข	
basic laboratory	ห้องปฏิบัติการมูลฐาน	**15**
checklist	แบบตรวจติดตาม	127
containment laboratory	ห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อ	**22**, 23
hearing protection	การป้องกันการได้ยิน	109
heat	ความร้อน	
disinfection and sterilization	การฆ่าเชื้อและการทำปราศจากเชื้อ	**87-90**
dry	แห้ง	87
moist	ชื้น	87
heating, ventilation and air-conditioning (HVAC) systems	ระบบความร้อน ระบายอากาศและทำความเย็น	20
safety checklist	แบบตรวจติดตาม	**124**
HEPA filters		ดู high-efficiency particulate air filters
high-efficiency particulate air (HEPA) filters	เครื่องกรองอากาศกรองประสิทธิภาพสูง	
animal facilities	คอกสัตว์	29
biological safety cabinets	ตู้ปลอดเชื้อ	49, 51, 54
Biosafety Level 3	ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3:	20
Biosafety Level 4	ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4:	25
prion-contaminated	ปนเปื้อนไพรออน	75
homogenizers	เครื่องทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน	59, **71**, 141
horizontal and vertical outflow cabinets		49
1-hydrazino-2,4-dinitrobenzene		152
hydrochloric acid	กรดไฮโดรคลอริก	154
hydrogen chloride	ไฮโดรเจนคลอไรด์	154
hydrogen peroxide	ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	**85-86**, 154
hydrogen sulfide	ไฮโดรเจนซัลไฟด์	155
illumination	การให้แสงสว่าง	ดู lighting

immunization, staff	การสร้างภูมิคุ้มกันโรคให้พนักงาน	**138**
incidents	อุบัติเหตุ	ดู accidents; spills
incineration	การเผา	17, **90**
incinerators	เตาเผา	29, 90
infectious materials	วัสดุติดเชื้อ	
autoclaving and reuse	การนึ่งฆ่าเชื้อและการนำกลับมาใช้ใหม่	17
avoiding dispersal	การหลีกเลี่ยงการฟุ้งกระจาย	**68**
contact with skin and eyes	การสัมผัสผิวหนังและดวงตา	69
decontamination	การขจัดสิ่งปนเปื้อน	ดู decontamination
disposal	การทิ้ง	17, 20
ingestion	การกิน, รับประทาน	69, 77
safety checklist	แบบตรวจติดตาม	**129**
spills	การหกหล่น	11, 77, **9**2
infective microorganisms, risk groups	กลุ่มเสี่ยงของเชื้อ	ดู risk groups, microbiological
ingestion of infectious material	การกินวัสดุติดเชื้อ	69, 77
injuries	การบาดเจ็บ	
animal facility staff	พนักงานคอกสัตว์	29
emergency procedures	มาตรการฉุกเฉิน	77
prevention	การป้องกัน	69
inoculation, accidental	อุบัติเหตุจากการถูกทิ่มแทง	69
insects, flying	แมลงบินได้	31
inspection, laboratory	การตรวจห้องปฏิบัติการ	34
International Air Transport Association (IATA)	สมาพันธ์การขนส่งทางอากาศระหว่างประเทศ	91
International Civil Aviation Organization (ICAO)	องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ	91
international transport regulations	ข้อกำหนดการขนส่งระหว่างประเทศ	**91**
invertebrates	สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	31
iodine	ไอโอดีน	**85**, 155
iodophores	ไอโอโดฟอร์	**85**
isolator cages		28, 30

isolators, negative-pressure flexible-film **58**
isopropanol (isopropyl alcohol) ไอโซโพรพานอล 85, 161

knock-out animals สัตว์ที่ถูกกดยีนส์ **98-99**

labeling, specimen การติดฉลากตัวอย่างส่งตรวจ 72
laboratory ห้องปฏิบัติการ
biosafety levels ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ ดู biosafety levels
biosecurity ความมั่นคงทางชีวภาพ **45-46**
certification การรับรองคุณภาพ **34**
commissioning การจัดตั้งคณะกรรมการ **32-33**
facilities สิ่งอำนวยความสะดวก ดู facilities, laboratory
premises, safety checklist แบบตรวจติดตามความปลอดภัยสถานที่ **123**
safety survey forms แบบสำรวจความปลอดภัย 35-42
services, safety checklist แบบตรวจติดตามความปลอดภัยการบริการ 124
techniques เทคนิคต่างๆ **67-75**
working areas พื้นที่ปฏิบัติงาน 11
ดู basic laboratory; containment laboratory; maximum containment laboratory *ประกอบ*
laboratory director ผู้อำนวยการห้องปฏิบัติการ 11, 115
laboratory supervisors ผู้ดูแลห้องปฏิบัติการ 11, 115
training role บทบาทด้านการฝึกอบรม 16, 118
latex allergy การแพ้ยางลาเทกซ์ 63
lighting การให้แสงสว่าง 13, 124
loops ห่วงเพาะเชื้อ ดู transfer loops
lyophilized infectious materials, opening ampoules การเปิดกระเปราะบรรจุวัสดุติดเชื้อชนิดดูดแห้ง **72**
lyophilizers เครื่องดูดแห้ง 141

maintenance personnel พนักงานซ่อมบำรุง, ช่าง 117
maximum containment laboratory (Biosafety Level 4) ห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อขั้นสุดยอด (ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4) 1, 3, **24-25**

code of practice	หลักเกณฑ์การปฏิบัติงาน	24
design and facilities	การออกแบบและสิ่งอำนวยความสะดวก	24-26
medical contact card	บัตรสุขภาพ	22, 23
medical surveillance	การเฝ้าระวังทางการแพทย์	ดู health and medical surveillance
mercury	ปรอท	155
methanol	เมทานอล	156
methylbenzene	เมทิลเบนซีน	166
microbicide	สาร/ยาฆ่าเชื้อ	80
microbiological risk assessments	การประเมินความเสี่ยงทางจุลชีววิทยา	ดู risk assessment, microbiological
microincinerators	ตะเกียงเผาห่วงเพาะเชื้อ	**60**
microscopy, films and smears for	การทำฟิล์มบางและการป้ายสไลด์สำหรับงานกล้องจุลทรรศน์	73
mites	ไร	31
naphthylamine	แนฟทิลลามีน	156
natural disasters	ภัยธรรมชาติ	76, 78
needle-stick injuries, avoiding	การหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บจากการถูกเข็มฉีดยาทิ่มแทง	69
needles, hypodermic	เข็มฉีดยา	11, 16, 68, 140-141
disposal	การทิ้ง	17
negative-pressure flexible-film isolators		**58**
ninhydrin	นินไฮดริน	156
nitric acid	กรดไนตริก	157
nitrobenzene	ไนโตรเบนซีน	157
noise	เสียงดัง, เสียงรบกวน	**109**
osmium tetroxide	ออสเมียมเตตรอกไซด์	157
outbreaks, diseases of unknown etiology	การระบาดของโรคที่ไม่รู้สาเหตุของโรค	8
oxalic acid	กรดออกซาลิก	158
oxygen	ออกซิเจน	158

packaging systems	ระบบ/วิธีการบรรจุหีบห่อ	**92**, 93
paraformaldehyde	พาราฟอร์มัลดีไฮด์	83, 86-87
peracids	เปอร์แอซิด	**85-86**
perchloric acid	กรดเปอร์คลอริก	106, 158
personal protective equipment/clothing	อุปกรณ์/เสื้อผ้าป้องกันอันตราย ส่วนบุคคล	**61-63**
animal facility	คอกสัตว์	29, 30
basic laboratory	ห้องปฏิบัติการมูลฐาน	10-11
biological safety cabinet	ตู้ปลอดเชื้อ	57
checklist	แบบตรวจติดตาม	**127**
containment laboratory	ห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อ	19
maximum containment laboratory	ห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อขั้นสุดยอด	24
prions	ไพรออน	74
personnel	บุคลากร, พนักงาน	
biosafety management	การจัดการด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ	11-12
biosecurity issues	ความมั่นคงทางชีวภาพ	45
facilities, safety checklist	แบบตรวจติดตามความปลอดภัย	**124**
health and medical surveillance	การเฝ้าระวังทางการแพทย์และสาธารณสุข	ดู health and medical surveillance
immunization	การสร้างภูมิคุ้มกันโรค	**138**
personal items/clothing	ของใช้/เสื้อผ้าส่วนตัว	13
responsibility for own safety	ความรับผิดชอบความปลอดภัยของตนเอง	115
support	หน่วยสนับสนุน	**117**
training	การฝึกอบรม	ดู training
phenol	ฟีนอล	159
phenolic compounds	สารประกอบฟีนอล	**84**
N-phenyl-α-naphthylamine		156
N-phenyl-β-naphthylamine		156
phosphoric acid	กรดฟอสฟอริก	159
phosphorus pentoxide	ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์	160
picric acid/picrates	กรดไพคริก/ไพเครท	106, 160

pipettes	ไปเปต	16, 67-68
pipetting	การดูดปล่อยของเหลว	**67-68**
aid	เครื่องดูดปล่อยของเหลว	14, 59, 60, 67-68
mount	การไปเปตด้วยปาก	11, 59
plants, transgenic	พืชตัดแต่งพันธุกรรม	**99**
plasmid pUC18	พลาสมิด pUC18	98
poliovirus-susceptible mice	หนูที่ไวต่อการติดเชื้อไวรัสโปลิโอ	99
potassium hydroxide	โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์	160
potassium permanganate	โปแตสเซียมเปอร์มังกาเนต (ด่างทับทิม)	161
potassium tellurite	โปแตสเซียมเทลลูไรท์	161
precleaning	การทำความสะอาดขั้นต้น	80
primary containment	การควบคุมเชื้อขั้นพื้นฐาน	24
primates, non-human	ไพรเมตที่ไม่ใช่มนุษย์	28
prions	ไพรออน	74-75
product protection	การป้องกันชิ้นงาน	49, 50
propan-2-ol (2-propanol)		85, 161
protective suit	ชุดเสื้อผ้าป้องกัน	24-25
		ดู suit laboratory *ประกอบ*
pyridine	ไพริดีน	161
quaternary ammonium compounds	สารประกอบควอเตอนารีแอมโมเนียม	**84**
radiation, ionizing	รังสี, กัมมันตรังสี	18, **110-112**
harmful effects	อันตราย	111
principles of protection	หลักการป้องกัน	110-111
safety checklist	แบบตรวจติดตาม	**129**
work-bench area	พื้นที่บนโต๊ะปฏิบัติการ	111-112
radiation area	พื้นที่แผ่/รับรังสี	111
radiation hazard symbol	สัญลักษณ์เตือนอันตรายทางรังสี	112
radioactive waste	กากรังสี	112
radionuclides	อนุภาครังสี	
biological safety cabinets	ตู้ปลอดเชื้อ	54

safe working practices	วิธีปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยในการทำงาน	**110-111**
substitution	วิธีการอื่นทดแทน	111
recombinant DNA techno logy	เทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรม	**97-101**
refrigerators	ตู้เย็น	**71-72**, 142
respirators (respiratory protective equipment)	เครื่องช่วยหายใจ (หน้ากากป้องกันก๊าซพิษ)	19, 62, **63**
rest facilities	บริเวณพักผ่อน	13
risk assessment, microbio logical	การประเมินความเสี่ยงทางจุลชีววิทยา	2-3, **7-8**
animal facilities	คอกสัตว์	27-28
genetically modified organisms	สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม	**99-100**
risk groups, microbiological	กลุ่มเสี่ยงของเชื้อโรค	
basic laboratories	ห้องปฏิบัติการมูลฐาน	8
biosafety levels and	ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ และ	2-3
classification	การแบ่งประเภท	1-2
rodent control	การควบคุมหนู	12, 28
safety checklist	แบบตรวจติดตามความปลอดภัย	**123-129**
safety equipment	อุปกรณ์นิรภัย	ดู equipment, safety
sanitation facilities	การสุขาภิบาล, สุขา	124
screens, arthropod-proof	ตาข่ายกันแมลง	31
screw-capped bottles	ขวดฝาเกลียว	15, 61
security precautions	ข้อควรระวังด้านความมั่นคง	19, 125
selenium	ซีลีเนียม	162
serum, separation	การแยกซีรัม	70
shakers	เครื่องเขย่า	59, **71**
sharps	วัสดุมีคม	**17**
animal facilities	คอกสัตว์	29
avoiding injuries	การหลีกลี่ยงการบาดเจ็บ	63, 69, 73
disposal containers	ถังขยะ	17, 61
shoes	รองเท้า	ดู footwear
showers	ห้องอาบน้ำ, ฝักบัวอาบน้ำ	24, 29
silver	เงิน	162

silver nitrate	ซิลเวอร์ไนเตรท	162
skin	ผิวหนัง	
contact	การสัมผัส	69
puncture wounds, cuts and abrasions	แผลถูกแทง บาด และถลอก	77
ดู injuries *ประกอบ*		
smears, for microscopy	การป้ายสไลด์สำหรับงานกล้องจุลทรรศน์	73
smoking	การสูบบุหรี่	10, 29
soda ash (sodium carbonate)	โซดาไฟ	107
sodium azide	โซเดียมอะไซด์	163
sodium bicarbonate	โซเดียมไบเดียมคาร์บอเนต	107
sodium biselenite	โซเดียมไบซิลิไนท์	163
sodium cyanide	โซเดียมไซยาไนด์	163
sodium dichloroisocyanurate (NaDCC)	โซเดียมไดคลอโรไอโซไซยานูเรต	81, **82**
sodium hydroxide	โซเดียมไฮดรอกไซด์	164
sodium hypochlorite (bleach)	โซเดียมไฮโปคลอไรท์	81, **81-82**, 86, 164
sonicators		59, 71, 73, 141
spatter shield	หน้ากาก/ฉากกันกระเด็น	60
specimens	ตัวอย่างส่งตรวจ	**67**
collection	การเก็บ	72
containers	ภาชนะ	67
labeling	การติดฉลาก	72
with limited information	ที่มีข้อมูลจำกัด	8
opening packages	การเปิดพัสดุ	67
opening tubes and sampling contents	การเปิดหลอดบรรจุตัวอย่าง	73
receipt	การรับ	67
standard precautions	ข้อควรระวัง	72-73
transport	การขนส่ง	67, 72-73
triple packaging system	พัสดุภัณฑ์สามชั้น	**92**, 93
spectacles, safety	แว่นตานิรภัย	62, 62-63

spills	การหกหล่น	
in biological safety cabinets	ในตู้ปลอดเชื้อ	56
blood	เลือด	73
chemical	สารเคมี	**106-107**
infectious materials	วัสดุติดเชื้อ	11, 77, **92**
sporocide	สาร/ยาฆ่าสปอร์	80
staff	พนักงาน, เจ้าหน้าที่	ดู personnel
standard precautions	ข้อควรระวัง	**72-73**
sterilization	การทำปราศจากเชื้อ	26, **80-90**
cleaning prior to	การทำความสะอาดขั้นต้น	80
definition	คำนิยาม	80
heat	ความร้อน	**87-90**
prion-contaminated materials	วัสดุปนเปื้อนไพรออน	75
ดู decontamination; disinfection	*ประกอบ*	
storage	การเก็บ	
ampoules of infectious materials	กระเปราะบรรจุวัสดุติดเชื้อ	**72**
chemicals	สารเคมี	105
compressed and liquefied gases	ก๊าซอัดความดันและเหลว	107, **126**
facilities, checklist	แบบตรวจติดตาม	**123**
flammable liquids	ของเหลวไวไฟ	**126**
space, laboratory	พื้นที่ในห้องปฏิบัติการ	13
suit, protective	ชุดเสื้อผ้าป้องกัน	24-25
suit laboratory		24-25
controlled air system	ระบบควบคุมอากาศ	25-26
sulfuric acid	กรดซัลฟูริก	165
support staff	พนักงานหน่วยสนับสนุน	**117**
survey, laboratory safety	การสำรวจความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ	34
forms	แบบฟอร์ม	35-42
syringes	กระบอกฉีดยา	11, 17
tetrahydrofuran	เตตราไฮโดรฟูแรน	165
tetramethylene oxide	เตตราเมทิลีนออกไซด์	165
thallium acetate	ทัลเลียมอะซิเตท	165

ticks	เห็บ	31
tissue grinders	เครื่องบดเนื้อเยื่อ	**71**, 141
tissue	เนื้อเยื่อ	
prion-containing	ที่มีไพรออน	74
standard precautions	ข้อควรระวัง	73
o-tolidine	โอโทลิดีน	166
toluene	โทลูอีน	166
total exhaust cabinet	ตู้ปลอดเชื้อคลาส II ชนิด B2	55
training	การฝึกอบรม	**118-119**
animal facility workers	พนักงานคอกสัตว์	29
biological safety cabinet use	การใช้งานตู้ปลอดเชื้อ	57
biosecurity	ความมั่นคงทางชีวภาพ	46
laboratory workers	พนักงานห้องปฏิบัติการ	**16**
transfer loops	ห่วงเพาะเชื้อ	
disposable	ใช้แล้วทิ้ง	15, **59**, 60
microincinerators	ตะเกียงเผาห่วงเพาะเชื้อ	**60**
safe use	การใช้งานอย่างปลอดภัย	68
transgenic animals	สัตว์ตัดแต่งพันธุกรรม	**98-99**
transgenic plants	พืชตัดแต่งพันธุกรรม	**99**
transmissible spongioform encephalopathies (TSEs)		74
transport	การขนส่ง	11, **91-93**
infectious waste	ขยะติดเชื้อ	17, 20
international regulations	ข้อบังคับระหว่างประเทศ	91-93
specimens	ตัวอย่างส่งตรวจ	67, 72-73
triple packaging system	พัสดุภัณฑ์สามชั้น	92, 93
trichloroacetic acid	กรดไตรคลอโรอะซิติก	166
trichloroethylene	ไตรคลอโรเอทิลีน	167
triclosan	ไตรโคลซาน	84
2,4,6-trinitrophenol (picric acid)		106, 160
triple packaging systems	พัสดุภัณฑ์สามชั้น	**92**, 93
tubes	หลอดทดลอง	
breakage in centrifuges	การแตกในเครื่องปั่นเหวี่ยง	77-78
screw-capped	ฝาเกลียว	15

two-person rule	กฎการทำงานร่วมกันสองคน	24, 30
ultra-centrifuge	เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง	141
ultrasonic cleaners	เครื่องทำความสะอาดอัลตราโซนิก	141
ultraviolet lights	แสงอัลตราไวโอเลต	56
United Nations Committee of Exports on the Transport of Dangerous Goods (UNCETDG)	คณะกรรมการแห่งสหประชาชาติว่าด้วยการขนส่งสินค้าอันตราย	91
universal precautions	ข้อควรระวังทั่วไป	72-73
vacuum flasks	ขวดรูปชมพู่สูญญากาศ	142
vacuum lines	ท่อสูญญากาศ	20-21
validation, equipment	การทดสอบความใช้ได้ของอุปกรณ์	15
vectors	พาหะยีนส์	98
ventilation systems	ระบบระบายอากาศ	
animal facilities	คอกสัตว์	28, 29, 30
basic laboratory	ห้องปฏิบัติการมูลฐาน	13
checklist	แบบตรวจติดตาม	**124**
containment laboratory	ห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อ	19
maximum containment laboratory	ห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อขั้นสุดยอด	25
viral vectors	พาหะยีนส์ที่เป็นไวรัส	98
walls	ผนัง	13, 20
waste	ของเสีย, ขยะ	**16-17**
animal facilities	คอกสัตว์	29, 31
Biosafety Level 4	ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4	26
decontamination	การขจัดสิ่งปนเปื้อน	17, 20
disposal	การทิ้ง, การกำจัด	17, 20, 90
invertebrate facilities	สถานที่เลี้ยงสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	31
prion-contaminated	ปนเปื้อนไพรออน	74
radioactive	กัมมันตภาพรังสี	112
water baths	อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ	142

water supply	การจ่ายน้ำ	13, 20
windows	หน้าต่าง	
animal facilities	คอกสัตว์	28, 30
invertebrate facilities	สถานที่เลี้ยงสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	31
laboratory	ห้องปฏิบัติการ	11, 13, 20
women of childbearing age	สตรีวัยตั้งครรภ์	15, 129
work surfaces	บริเวณปฏิบัติงาน	
animal facilities	คอกสัตว์	28
laboratory	ห้องปฏิบัติการ	11, 12
working areas, laboratory	พื้นที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ	11
World Health Organization (WHO)	องค์การอนามัยโลก	
Biosafety Collaborating Centres	ศูนย์ความร่วมมือด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ	**139**
Biosafety programme	โปรแกรมด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ	26
xylene	ไซลีน	167