คู่มือการใช้ตู้ชีวนิรภัย
อย่างถูกต้องปลอดภัย

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

คู่มือการใช้ตู้ชีวนิรภัยอย่างถูกต้องปลอดภัย

ผู้เรียบเรียง	สุขใจ ผลอำไพสถิตย์, อรอนงค์ รัชตราเชนชัย
จัดพิมพ์โดย	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข
	กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข
	ถนนติวานนท์ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
	โทรศัพท์ 0 2951 000 ต่อ 99305 โทรสาร 0 2591 5449
	www.dmsc.moph.go.th
พิมพ์ครั้งที่ 1	กันยายน 2556 จำนวน 500 เล่ม
พิมพ์ครั้งที่ 2	กันยายน 2557 จำนวน 30,000 เล่ม
พิมพ์ที่	โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ

ข้อมูลทางบรรณานุกรม ของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

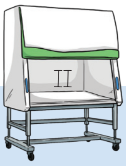
สุขใจ ผลอำไพสถิตย์

คู่มือการใช้ตู้ชีวนิรภัยอย่างถูกต้องปลอดภัย.นนทบุรี : สถาบันวิจัย วิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2557. 56 หน้า.

1. ตู้ปลอดเชื้อ. I. อรอนงค์ รัชตราเชนชัย, ผู้แต่งร่วม. II. ชื่อเรื่อง.

681.761

ISBN 978-616-11-2130-3

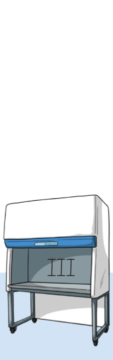


คำนำ

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข มีภารกิจในการตรวจวิเคราะห์ ศึกษาวิจัยทั้งด้านโรคติดเชื้อและโรคไม่ติดเชื้อ การปฏิบัติงานกับเชื้อก่อโรคจึงเป็นความเสี่ยงที่บุคลากรผู้ปฏิบัติงานต้องเผชิญกับการทำงานประจำวัน หากเกิดการปนเปื้อนเชื้อก็จะส่งผลต่อบุคลากรอื่นๆ ด้วย รวมทั้งสิ่งแวดล้อมรอบด้าน การทำงานกับเชื้อก่อโรคจึงต้องปฏิบัติงานภายใต้ตู้ชีวนิรภัย ซึ่งผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้ความเข้าใจและมีความชำนาญในการทำงานกับเชื้อก่อโรคอย่างมืออาชีพ และมีความเข้าใจการใช้งานตู้ชีวนิรภัยอย่างถูกต้อง ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญที่ช่วยลดความเสี่ยงในการติดเชื้อจากการปฏิบัติงานได้มาก

การจัดทำหนังสือคู่มือการใช้ตู้ชีวนิรภัยอย่างถูกต้องปลอดภัยเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจแก่ผู้ใช้งานหรือบุคลากรที่เกี่ยวข้องให้สามารถใช้งานตู้ชีวนิรภัยได้อย่างถูกต้องและปลอดภัยเข้าใจแก่ผู้ใช้งานเอง หวังว่าหนังสือเล่มนี้ จะช่วยส่งเสริมให้บุคลากรที่เกี่ยวข้องได้รับความรู้ และพัฒนาให้สามารถทำงานได้อย่างมืออาชีพมีสุขภาพที่แข็งแรงเพื่อทำงานด้านโรคติดเชื้ออย่างมีความสุข

(นายสมชาย แสงกิจพร)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข
กันยายน 2556



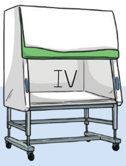
คำนำ

ตู้ชีวนิรภัย (Biological safety cabinets) เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยป้องกันผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่หน่วยงานสนับสนุน และสิ่งแวดล้อมนอกห้องปฏิบัติการจากการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพก่อโรคอันตราย แต่อย่างไรก็ตาม หากผู้ปฏิบัติงานไม่มีความรู้เรื่องคุณสมบัติของตู้ชีวนิรภัย การเลือกใช้ตู้ชีวนิรภัยที่ไม่เหมาะสมกับงาน ไม่รู้วิธีปฏิบัติงานที่ถูกต้องภายในตู้ชีวนิรภัยหรือไม่รู้วิธีที่ถูกต้องในการตรวจสอบการทำงานของตู้ ก็จะไม่สามารถใช้งานตู้ชีวนิรภัยได้เต็มประสิทธิภาพและไม่สามารถป้องกันผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อมจากการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพก่อโรคได้

หนังสือคู่มือการใช้ตู้ชีวนิรภัยอย่างถูกต้องปลอดภัยฉบับนี้ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นคู่มือในการใช้ตู้ชีวนิรภัย ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานมีความรู้และความเข้าใจ สามารถใช้งานตู้ชีวนิรภัยได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย ซึ่งถือเป็นภารกิจสำคัญของคณะอนุกรรมการพัฒนาการรักษาความปลอดภัยและความมั่นคง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข ในการให้ความรู้เรื่องความปลอดภัยแก่บุคลากรของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

หนังสือคู่มือการใช้ตู้ชีวนิรภัยอย่างถูกต้องปลอดภัยฉบับนี้ ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากศูนย์ป้องกันและควบคุมโรคแห่งชาติ (US CDC Atlanta) ประเทศสหรัฐอเมริกาผ่านศูนย์ความร่วมมือไทย-สหรัฐด้านสาธารณสุข โดยการติดต่อประสานงานของนางสาวกรองแก้ว ศุภรัตน์ เมื่อครั้งท่านดำรงตำแหน่งรองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข

นางสาวอรอนงค์ รัชตราเชนชัย
ประธานคณะอนุกรรมการพัฒนาการรักษา
ความปลอดภัยและความมั่นคง
กันยายน 2556

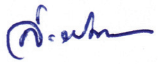


คำนำ
จากผู้เรียบเรียง

หนังสือเล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อเสริมความรู้ ความเข้าใจแก่ผู้ใช้งานตู้ชีวนิรภัย เพื่อที่ผู้ปฏิบัติงานจะสามารถใช้งานตู้ได้อย่างปลอดภัย ไม่มีการแพร่กระจายเชื้อมายังตัวผู้ปฏิบัติงานเอง ไม่มีการปนเปื้อนเชื้อในงานที่ทำ และสิ่งแวดล้อม

เนื้อหาของหนังสือเล่มนี้แบ่งเป็น 3 ตอน (หรือ 3 ช่วงเวลา) เหมือนการทำงานของเราในตอนเช้าตอนบ่ายและตอนเย็น เนื้อหาในตอนเช้า จะเริ่มด้วยการแนะนำให้รู้จักกับเทคโนโลยีของตู้ ตามด้วยคำศัพท์ที่ใช้ในการทำงาน และในตอนบ่าย มาดูรูปร่างหน้าตาตู้ชีวนิรภัยอย่างละเอียดกัน จากนั้นมาต่อกันด้วยสิ่งที่น่าสนใจ ว่าด้วยวิธีเลือกตู้มาใช้ในงาน และวิธีการใช้งานตู้ที่ถูกต้อง และในตอนเย็น ซึ่งเป็นช่วงสุดท้ายจะเป็นเรื่องราวของวิธีตรวจสอบการทำงานตู้ (สอบเทียบตู้) วิธีการฆ่าเชื้อภายในตู้อย่างย่อและไขข้อข้องใจปัญหาที่มักถามกันบ่อยๆ

เพื่อให้เนื้อหาเข้าใจได้ง่ายไม่เป็นวิชาการเกินไป ผู้เขียนจึงใช้ภาษาที่ไม่เป็นทางการให้เข้าใจง่าย มีรูปภาพการ์ตูนประกอบแทรกตามเนื้อหา ทั้งนี้ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานมีความเข้าใจ และสามารถใช้งานตู้ได้อย่างมั่นใจ และเกิดประสิทธิผลสูงสุด

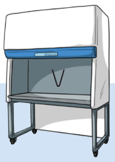


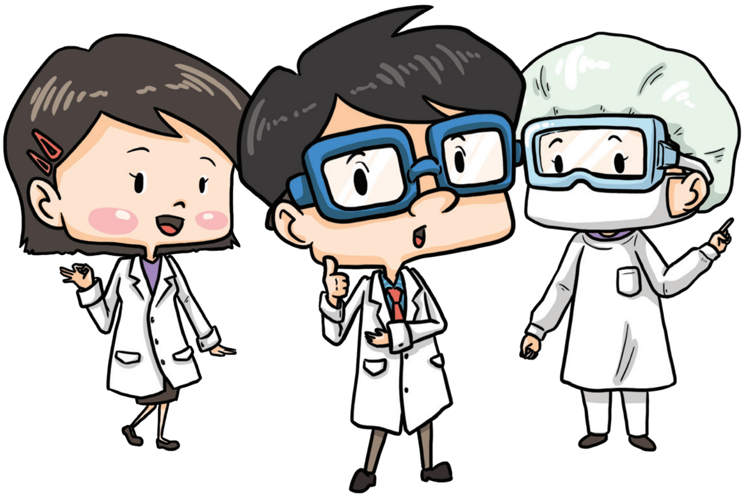
นางสุขใจ ผลอำไพสถิตย์

คณะอนุกรรมการพัฒนาการรักษาความปลอดภัยและความมั่นคง

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข

กันยายน 2556





สารบัญ

คำนำจากผู้อำนวยการสถาบัน III

คำนำจากประธานคณะอนุกรรมการพัฒนาการรักษาความปลอดภัยฯ IV

คำนำจากผู้เรียบเรียง V

ตอนเช้า แนะนำตู้ชีวนิรภัย 1

เทคโนโลยีตู้ชีวนิรภัย คืออะไร? 3

คำศัพท์ที่ต้องรู้ 12

หน้าตาตู้ชีวนิรภัย 14

ตอนบ่าย ลงมือปฏิบัติ 25

การเลือกใช้ตู้ให้เหมาะสม 26

การใช้งานตู้ 28

วิธีทำงานกับตู้ 31

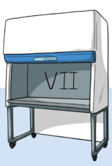
ตอนเย็น ดูแล รักษา 33

การตรวจสอบการทำงานของตู้ชีวนิรภัย 34

การฆ่าเชื้อในตู้ 39

ไขข้อข้องใจ 40

เอกสารอ้างอิง 48



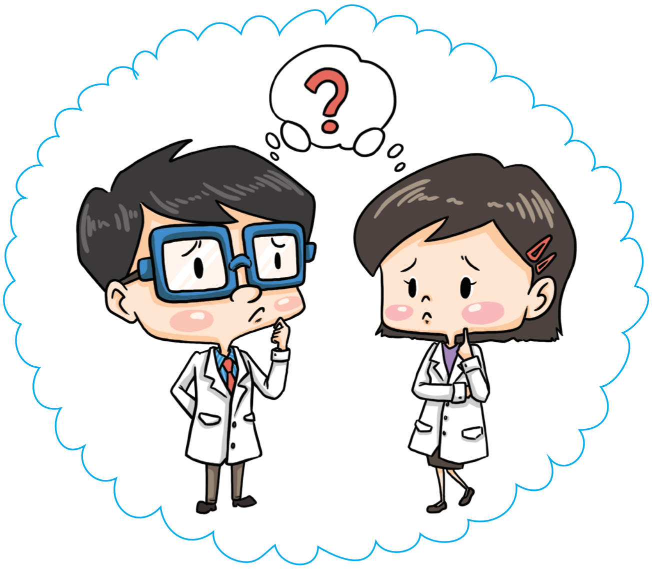
ตอนเช้า

ว่าด้วยเรื่อง แนะนำตู้ชีวนิรภัย

เทคโนโลยีตู้ชีวนิรภัยคืออะไร

คำศัพท์ที่ต้องรู้

หน้าตาตู้ชีวนิรภัย



ปัญหาที่มักพบ

1. บ่อยครั้งที่ต้องเริ่มงานใหม่ เพราะเกิดการปนเปื้อนของเชื้อในเซลล์เพาะเลี้ยง ทำให้เสียเวลา เสียของ

2. การใช้ตู้ผิดประเภทไม่เหมาะสมกับงานที่ทำ เช่น ใช้ตู้ Laminar flow clean bench ทำงานกับเซลล์เพาะเลี้ยงเชื้อ หรือทำงานกับเชื้อ ทั้งโดยตั้งใจและไม่ตั้งใจ

3. ความเข้าใจผิดว่า ต้องเลือกใช้ตู้ชีวนิรภัยประเภทที่สามารถปล่อยอากาศจากตู้ออกไปภายนอกหมด 100% จึงจะปลอดภัยเมื่อทำงานกับเชื้ออันตราย ซึ่งตู้ชนิดนี้มีราคาแพงทำให้ต้องลงทุนสูงเกินเหตุ

4. การฆ่าเชื้อภายในตู้ชีวนิรภัยที่ผิดวิธี เกิดสารตกค้างที่ส่งผลต่อสุขภาพผู้ใช้งาน และผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

5. ผู้ปฏิบัติงานถูกคาดหวังว่าต้องมีความรู้ในหลักการทำงานของตู้และวิธีการใช้ตู้เป็นอย่างดีก่อนใช้งาน แต่ความจริงไม่เป็นเช่นนั้น

จึงเป็นที่มาว่าทำไมเราต้องมาเรียนรู้การใช้งานตู้ชีวนิรภัยให้ถูกต้อง?

เทคโนโลยีตู้ชีวนิรภัย

(Biosafety Cabinet Technology) คืออะไร?

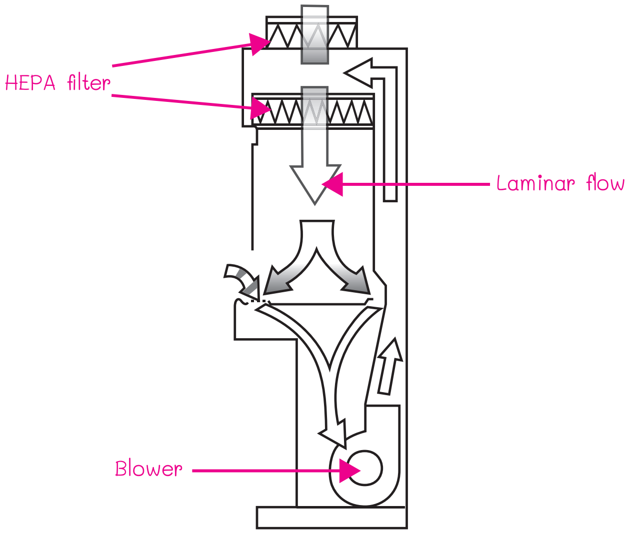
ตู้ชีวนิรภัย หรือ Biological Safety Cabinet มักเรียกสั้นๆ ว่า Biosafety Cabinet มีตัวย่อและใช้เรียกง่ายๆ ว่าตู้ BSC นั่นเอง ตู้ BSC มีประวัติการใช้งานมายาวนาน รู้ไหมว่า ในอดีตเขาทำงานกับเชื้ออย่างไร

- การคิดค้นเริ่มแรกของการนำตู้ชีวนิรภัยมาใช้ทำงานกับเชื้อนั้น เริ่มจากการกั้นห้องที่มีอยู่เป็นห้องเล็กๆ เพื่อใช้ป้องกันไม่ให้เชื้อแพร่กระจายไปยังสิ่งแวดล้อม แต่ก็ไม่สามารถป้องกันตัวผู้ทำงานจากการติดเชื้อได้
- ต่อมา จึงมีการพัฒนาออกแบบตู้เพื่อเพิ่มการป้องกันตัวผู้ทำงาน ที่มีลักษณะเป็นกล่องทำด้วยไม้ และทำเป็นเหล็ก Stainless ในเวลาต่อมา มีช่องเปิด 2 ช่องที่ยึดติดปลอกแขนซึ่งทำด้วยผ้ากันน้ำให้สามารถสอดมือเข้าไปทำงานในกล่องได้ อากาศภายในกล่องนิ่งไม่มีการไหลเวียน แต่ก็ยังมีปัญหาที่เกิดจากรอยรั่วตรวจรอยตะเข็บของปลอกแขน ทำให้ผู้ใช้งานติดเชื้อถึงแก่ชีวิตได้
- หลังจากนั้น ได้พัฒนาให้เป็นตู้ที่มีอากาศภายในไหลเวียน แต่ก็ยังไม่สามารถควบคุมการไหลเวียนได้ดีพอ
- จนกระทั่งมีการพัฒนาแผ่นกรอง HEPA filer ที่ทำด้วยกระดาษในยุคนั้น ซึ่งถือเป็นเทคโนโลยีหรือวิธีที่สำคัญที่ทำให้การใช้งานในตู้ชีวนิรภัยมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน
- จนถึงปัจจุบันนี้ ความสำเร็จจากการนำเทคโนโลยีการไหลของม่านอากาศ (Laminar airflow) พัดลม (Blower) และ เทคโนโลยีการดักจับอนุภาคเชื้อด้วย HEPA filter มาทำงานร่วมกัน เราจึงมีตู้ชีวนิรภัยที่สามารถป้องกันการแพร่กระจายเชื้อไปยังตัวผู้ใช้งาน สิ่งแวดล้อม และยังสามารถป้องกันการปนเปื้อนในงานที่ทำอีก

นอกจากเทคโนโลยีตู้ที่กล่าวมาแล้ว ที่ช่วยให้มีการป้องกันการติดเชื้อระหว่างทำงาน แต่อีกปัจจัยที่สำคัญไม่ยิ่งหย่อนกว่ากัน คือ ตัวผู้ปฏิบัติงานเองจะต้องรู้วิธีใช้งานตู้ชีวนิรภัยอย่างถูกต้องด้วย และต้องมีความรู้ ทักษะที่ถูกต้องในการทำงานทางจุลชีววิทยา (Good Microbiological Technique) เช่นรู้จักวิธีการใช้ไปเปต ใช้งานตู้ BSC ได้อย่างถูกต้อง ฯลฯ รวมทั้งต้องมีความเข้าใจในมาตรฐานการปฏิบัติงานทางจุลชีววิทยา (Standard Microbiological Practice) เช่นต้องล้างมือหลังจากทำงานกับเชื้ออันตราย รู้วิธีการจัดการของมีคม ฯลฯ จึงจะป้องกันการแพร่กระจายเชื้อได้อย่างสมบูรณ์

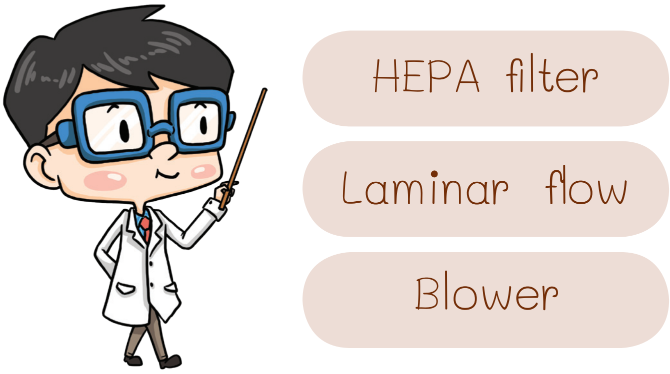
สรุป ตู้ BSC ประกอบด้วยเทคโนโลยีสำคัญ 3 ส่วนคือ

- HEPA filter (แผ่นกรอง) ที่มีประสิทธิภาพสูงในการดักจับอนุภาคเชื้อโรค
- Blower/fan/motor (พัดลม) เพื่อควบคุมการไหลเวียนของอากาศภายในตู้และอากาศที่ไหลผ่าน HEPA filter
- Laminar flow เป็นม่านอากาศภายในตู้ที่เคลื่อนที่เป็นแบบทิศทางเดียว



รูปที่ 1 โครงสร้างภายในตู้ปลอดเชื้อ (BSC) แสดงส่วนสำคัญ 3 ส่วน
(ที่มา: WHO laboratory biosafety manual 2004)

มาดูกันซิว่า เทคโนโลยี ทั้ง 3 ส่วนนี้สำคัญ อย่างไร

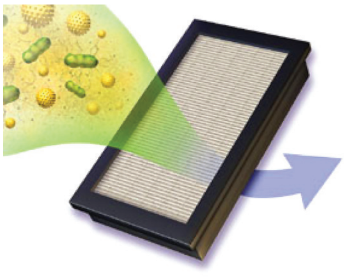


1. HEPA filter

HEPA filter คืออะไร

HEPA filter ย่อมาจาก High Efficiency Particulate Air filter นั่นเอง HEPA filter คือแผ่นกรองทำด้วย Boron silicate fiber หรือ Glass fiber ที่เคลือบด้วยสารกันน้ำที่ประกอบด้วยเส้น Fiber ที่สานไปมาเกิดช่องว่าง (Air space) ระหว่างกันของเส้น Fiber มีขนาด 0.3 ไมครอนหรือมากกว่า จากภาพขยาย Filter (รูปที่ 2) จะเห็นว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องว่าง (Open space) หรือ รูผ่านกรอง (Pore size) มีหลายขนาดต่างๆ กันแต่สามารถดักจับอนุภาคเชื้อได้

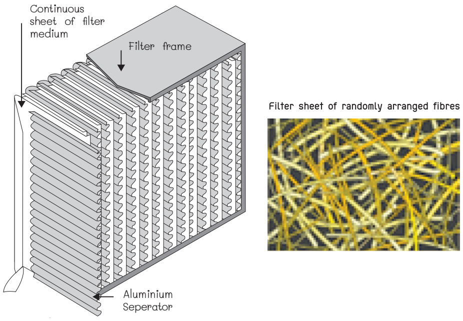
แผ่นกรองจะถูกพับกลับไปมา (Pleating) เพื่อเพิ่มพื้นที่และคั่นด้วยแผ่น Aluminium (รูปที่ 3) ป้องกันไม่ให้แผ่นกรองล้มหรือพับจากแรงกระแสลมภายในตู้ BSC และยังเป็นทางให้กระแสลมไหลผ่านได้ ตัวแผ่นกรองจะถูกบรรจุไว้ในกรอบ (Frame) และติดกาวให้สนิทแน่น สิ่งที่ควรระวัง คือ ถ้าการเก็บแผ่นกรองไม่ถูกต้องหรือทำตกหล่นอาจทำให้แผ่นกรองเสียหายตรงบริเวณติดกาว ทำให้ฉีกขาดได้ หรือทำให้แผ่นกรองขยับเลื่อนเกิดช่อง (Leak) ได้จึงเป็นเหตุผลสำคัญที่จะต้องตรวจสอบสภาพความสมบูรณ์ของ HEPA filter เมื่อมีการติดตั้งตู้ BSC ที่จุดใช้งาน



(ที่มา: URL:bestvac.net/howto)

(ที่มา: URL: biologicalcontrols.com/800400.shtml)

รูปที่ 2 แผ่นกรอง HEPA filter ดักจับเชื้อโรค และ HEPA filter กำลังขยาย 500 เท่า
แสดงรู/ช่องเปิดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางแตกต่างกัน



รูปที่ 3 แสดง HEPA filter พับไปมา
(ที่มา: URL:air-purifier-reviewsite.com/featured/air-purifier-technologies-hepa-filter)

HEPA filter มีประโยชน์อย่างไรนะ !

HEPA filter เป็นแผ่นกรองอากาศ (Air filter) ที่มีประสิทธิภาพสูงในการดักจับอนุภาคเล็กๆ เช่นเชื้อโรคในอากาศ ทำให้สามารถควบคุมเชื้อโรคไว้ไม่ให้กระจายหรือปนเปื้อนไปยังส่วนอื่น HEPA filter จึงเป็นหัวใจสำคัญที่ทำให้ลดการปนเปื้อนของเชื้อ (Contamination) ในงานที่ทำไม่ว่าจะเป็นงานเพาะเลี้ยงเซลล์ หรือ งานเพิ่มจำนวนไวรัส ลดการติดเชื้อของผู้ปฏิบัติงาน และลดการกระจายเชื้อออกสู่ภายนอกสิ่งแวดล้อม

ดังนั้น HEPA filter จึงถูกนำมาใช้ในตู้ BSC อย่างกว้างขวาง และวงการอื่น เช่น ในโรงงานอุตสาหกรรมนิวเคลียร์ อิเล็กทรอนิกส์ และเภสัชกรรม

ขนาดของอนุภาคเชื้อโรคเป็นอย่างไร เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดรู (Pore size) ของแผ่นกรอง HEPA

เราทราบกันแล้วว่า ขนาดของเชื้อไวรัสหรือแบคทีเรีย ใช้หน่วยวัดในระดับไมครอน (Micron) ซึ่งมีขนาดเล็กมาก จนนึกภาพไม่ออกว่าเล็กแค่ไหน แต่ถ้าลองมาเปรียบเทียบขนาดกับสิ่งที่เราคุ้นเคยเช่น เส้นผม โดยทั่วไปเส้นผมจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50-150 ไมครอน ฝุ่นและเส้นใยของผ้า มีขนาด 0.01-100 ไมครอน ส่วนเชื้อไวรัส หรือแบคทีเรียมีขนาดแค่ 0.001-10 ไมครอนหรือ 0.0001-0.01 มิลลิเมตร เท่านั้นเอง ในขณะที่รูของแผ่นกรอง HEPA มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ตั้งแต่ 0.3 ไมครอนหรือมากกว่า ซึ่งใหญ่กว่าขนาดอนุภาคเชื้อส่วนใหญ่

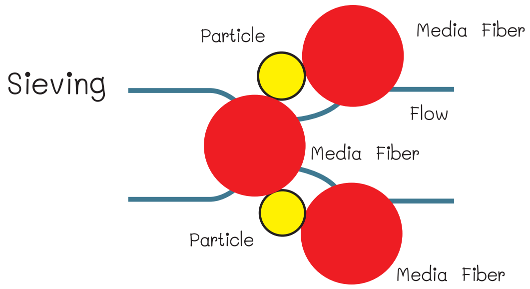
HEPA filter ดักจับอนุภาคตัวจิ๋วได้อย่างไรกัน!

สงสัยไหมว่า เชื้อตัวเล็กจิ๋วของเรา จะหลุดลอดออกมาจาก HEPA filter ที่มีขนาด Pore size 0.3 ไมครอน ซึ่งใหญ่กว่าขนาดของเชื้อ ได้หรือไม่ ลองคิดดู... เรามักเข้าใจสับสนไปว่าแผ่นกรอง HEPA filter ทำงานเหมือนตะแกรง (Sieves) ร่อนทรายที่ดักจับก้อนเม็ดทรายใหญ่ไว้ แล้วปล่อยให้เม็ดทรายขนาดเล็กไหลผ่านออกมาได้ ซึ่งไม่ได้เป็นเช่นนั้น แผ่นกรอง HEPA จะถูกออกแบบมาทำหน้าที่ดักจับอนุภาคที่เล็กกว่ารูแผ่นกรอง (Pore size) อย่างเจ้าเชื้อไวรัสหรือแบคทีเรียตัวจิ๋ว ไม่ให้หลุดออกมาได้

มาดูหลักการของการกรองกันดีกว่า ว่าดักจับอนุภาคเล็กๆ นี้ได้อย่างไรกัน

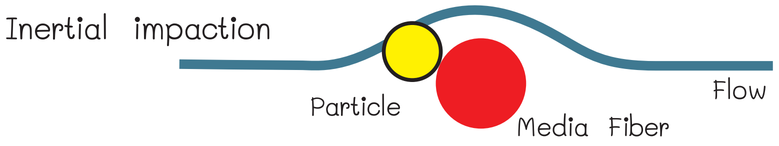
แผ่นกรอง HEPA จะสามารถดักจับอนุภาคที่ลอยอยู่ในกระแสลมได้ ก็เพราะอนุภาคเหล่านั้นวิ่งไปสัมผัสหรือชนกับเส้นใยและถูกดักจับเอาไว้ นั่นเอง ที่น่าสนใจ ก็คือ มีหลากหลายกลไก ที่ทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ไปสัมผัสกับเส้นใยได้ ซึ่งกลไกการดักจับนี้มี 4 วิธี ดังนั้น

1. Sieve effect เป็นกลไกการยับยั้งอนุภาคที่ใหญ่กว่า Pore size ของ Filter (0.3 ไมครอนหรือมากกว่า) ไม่ให้ผ่านออกไปได้ วิธีนั้นเข้าใจง่าย ชัดเจน คล้ายกับตะแกรงร่อนทราย ดังนั้นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ ส่วนหนึ่งจะถูกดักจับไว้ด้วยวิธี Sieve effect



รูปที่ 4 Sieve effect
(ที่มา: URL:Air-purifier-reviewsite.com/featured/air-purifier-technologies-hepa-filter/)

2. Inertial impaction เป็นอีกกลไกหนึ่งที่เกิดขึ้นเมื่ออนุภาคที่ใหญ่กว่า 0.3 ไมครอน ไม่ได้เคลื่อนตามไปกับกระแสลม แต่เคลื่อนด้วยความเฉื่อยของตัวอนุภาคเอง จึงหลุดออกจากกระแสลม วิ่งมาชนและถูกดักจับไว้ที่เส้นใยของ Filter

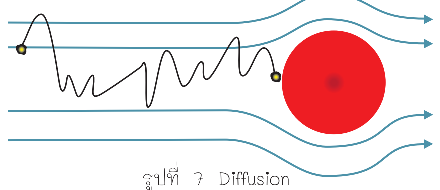


รูปที่ 5 Inertial impaction
(ที่มา: URL:Air-purifier-reviewsite.com/featured/air-purifier-technologies-hepa-filter/)

3. Interception เป็นกลไกหนึ่งที่ทำให้อนุภาคที่ใหญ่กว่า 0.1 ไมครอนถูกดักจับไว้ อนุภาคที่มีขนาดเบาเหล่านี้จะเคลื่อนไปตามกระแสลม และถูกดักจับไว้ที่เส้นใยของ Filter เมื่อเคลื่อนไปอยู่ใกล้กับกระแสลม

รูปที่ 6 Interception
(ที่มา: URL:Air-purifier-reviewsite.com/featured/air-purifier-technologies-hepa-filter)

4. Brownian diffusion วิธีนี้เกิดกับอนุภาคที่เล็กกว่า 0.1 ไมครอน ที่เคลื่อนในกระแสลมและวิ่งชนกับโมเลกุลแก๊สในทิศทางลมทำให้เกิดการเคลื่อนตัวแบบ Zigzag และถูกดักจับไว้ที่ Fiber ในที่สุด



รูปที่ 7 Diffusion
(ที่มา: URL:Air-purifier-reviewsite.com/featured/air-purifier-technologies-hepa-filter)

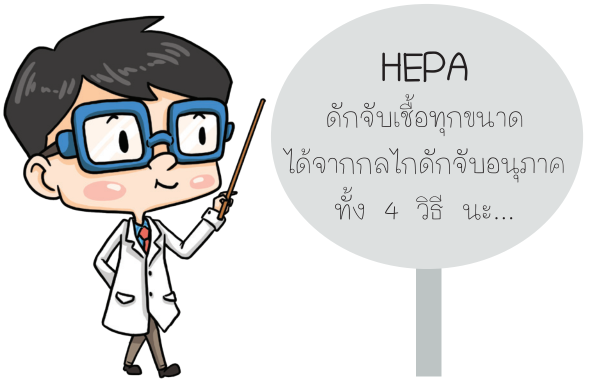
สรุปว่า อนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าหรือเล็กกว่า Pore size ของ HEPA filter จะถูกดักจับไว้ได้ทั้งหมดด้วยประสิทธิภาพพอๆ กัน สุดท้าย อย่าลืมว่า HEPA filter ดักจับอนุภาคได้ แต่จะไม่สามารถดักจับแก๊สและไอสารเคมี

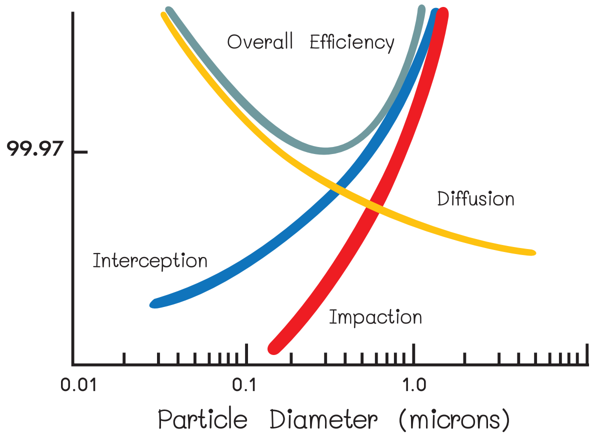
ประสิทธิภาพของ HEPA filter บอกอะไร?

ประสิทธิภาพของ HEPA filter จะบอกความสามารถของแผ่นกรองในการดักจับอนุภาคในปริมาณเท่าไรและที่ขนาดอนุภาคเท่าไร ดังนั้น ประสิทธิภาพของ Filter จึงถูกกำหนดค่าเป็นปริมาณหรือเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคที่ถูกดักจับไว้บน HEPA filter และกำกับด้วยขนาดของอนุภาคที่ใช้ทดสอบ ตามประสิทธิภาพของ Filter ด้วย ซึ่งเขียนได้ดังนี้

“ประสิทธิภาพ HEPA 99.97% ที่ขนาดอนุภาค 0.3 ไมครอน”

ตัวเลขทั้งสอง มีความหมายว่าสามารถดักจับอนุภาคบนแผ่นกรองได้เท่าไร และบอกถึงขนาดของอนุภาคที่ดักจับไว้ได้ พูดอีกนัยหนึ่งก็คือ แผ่นกรองมีประสิทธิภาพในการดักจับอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอน ได้ถึง 99.97% และมีอนุภาคเพียง 0.03% ที่เล็ดลอดไปได้ แต่อนุภาคที่ขนาดใหญ่กว่าหรือเล็กกว่า 0.3 ไมครอน (กลุ่มเชื้อแบคทีเรียและไวรัส) จะถูกดักจับไว้ได้หมด ตามกราฟที่แสดงประสิทธิภาพการดักจับอนุภาค และขนาดของอนุภาค (รูปที่ 8) อนุภาคขนาด 0.3 ไมครอน ถูกดักจับได้ 99.97% ในขณะที่ขนาดมากกว่าและน้อยกว่า 0.3 ไมครอน จะถูกดักจับได้มากกว่า หรือ 100%



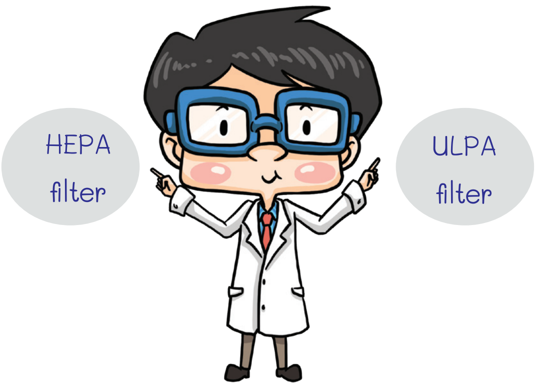


รูปที่ 8 ขนาดของอนุภาคและความสามารถของแผ่น HEPA ในการดักจับอนุภาค

Specification ของ HEPA filter และการทดสอบ

- ตามมาตรฐาน ตู้ BSC ของอเมริกา (NSF 49) ตู้ BSC class II ให้ใช้ HEPA filter type C ที่มีประสิทธิภาพ 99.99% ที่ขนาดอนุภาค 0.3 ไมครอน
- ตามมาตรฐานตู้ BSC ของยุโรป (EN 12469) ใช้ Filter type H14 ที่มีประสิทธิภาพ 99.995% ที่ขนาดอนุภาค 0.3 ไมครอน

การทดสอบประสิทธิภาพของ HEPA filter ว่าเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่ ทำการทดสอบโดยใช้สาร PAO ที่รู้ขนาดของอนุภาคสารแล้ว คือ 0.3 ไมครอน พ่นเข้าไปที่แผ่น Filter แล้ววัดปริมาณสารที่หลุดออกมาจาก filter ถ้ามีปริมาณมากกว่าที่กำหนดก็แสดงว่า เกิดการรั่วที่แผ่น Filter แล้ว ต้องเปลี่ยนแผ่นกรองใหม่ก่อนใช้งานตู้



ทดสอบการรั่วของ HEPA filter ใช้สาร PAO
ทดสอบ ULPA filter ต้องใช้สารที่มีขนาดเล็กกว่า PAO

ที่เหนือว่า HEPA filter มีไหม !

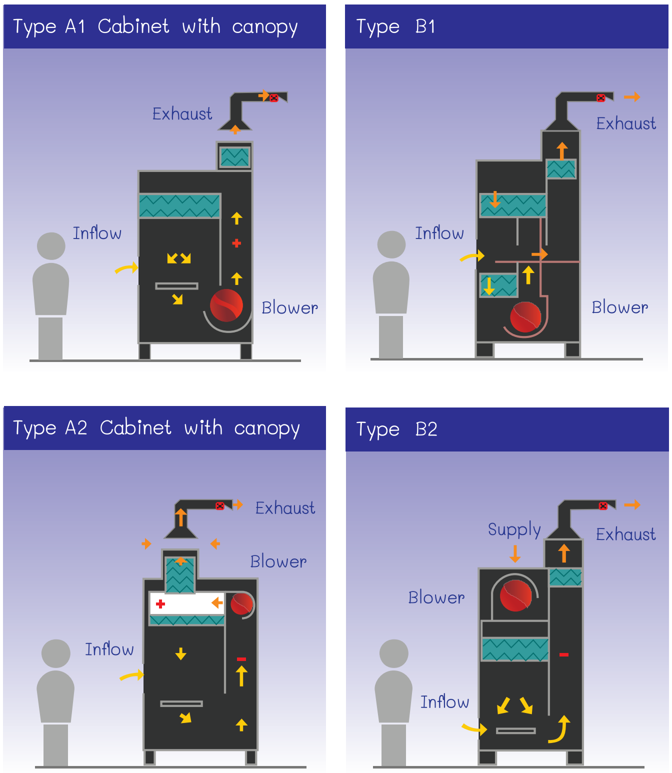
ยังมี ULPA filter ซึ่งมีประสิทธิภาพสามารถดักจับอนุภาคได้สูงกว่าถึง 99.999-99.9999% ที่ขนาดอนุภาค 0.1-0.2 ไมครอน จะสังเกตว่าขนาดอนุภาคที่ระบุไว้มีขนาดเล็กกว่าของ HEPA

การใช้ ULPA filter มักนิยมใช้ในอุตสาหกรรมด้าน Semi-conductor การที่ ULPA สามารถดักจับอนุภาคที่เล็กกว่า ทำให้ดูเหมือนว่าจะดีกว่า HEPA filter จึงได้มีการนำมาใช้กับตู้ BSC บ้าง แต่ในบางมาตรฐานของตู้ BSC ไม่แนะนำให้ใช้ ด้วยเหตุผลที่ธรรมชาติของเชื้อมักจะไม่อยู่ในสภาพของเชื้อเดี่ยวๆ แต่จะเกาะกลุ่มกัน หรืออาจเกาะกับอนุภาคอื่นในอากาศ ทำให้มีขนาดใหญ่ซึ่งจะถูกดักจับได้ง่ายอยู่แล้วด้วย HEPA filter จึงไม่น่าจะมีประโยชน์อะไรที่จะใช้แผ่นกรองชนิด ULPA ซึ่งมีขนาดสูงกว่า อีกอย่างที่สำคัญมากคือ การทดสอบประสิทธิภาพของ ULPA filter (ทดสอบการรั่วของแผ่นกรอง) จะทดสอบด้วยวิธี และใช้เครื่องมือที่แตกต่างกันกับ HEPA filter นั่นคือ ต้องใช้สาร Polystyrene latex ซึ่งปัจจุบันนี้ พบว่าหน่วยงานที่จะให้บริการทดสอบ ULPA filter มีน้อยมาก บางหน่วยงานไม่มีความรู้ในการทดสอบ ULPA จึงทดสอบด้วยวิธีซึ่งใช้กับ HEPA ซึ่งไม่ถูกต้อง ดังนั้น ผู้ใช้งานจึงต้องมีความรู้ความเข้าใจบ้าง มิฉะนั้น อาจจะได้ผลการทดสอบ Filter ที่ไม่ถูกต้อง

เมื่อได้ทราบแล้วว่าอะไรทำให้ HEPA filter ช่วยดักจับเชื้อ มาดูว่าทำไมพัดลมจึงมีส่วนสำคัญต่อตู้ BSC

2. พัดลม (Biological safety cabinet blower)

ประกอบด้วยส่วนที่เป็นพัดลม (Blower) และมอเตอร์ (Motor) ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของอากาศภายในตู้และช่วยควบคุมอากาศให้ไหลผ่านไปที่แผ่นกรองในตู้ BSC class II ที่นิยมใช้มาก แต่ละ Type จะติดตั้งพัดลมในตำแหน่งที่แตกต่างกัน ตู้ class II ในอเมริกา Type A1, B1 ติดตั้งพัดลมอยู่ที่ส่วนล่างของตู้ และ Type A2, B2 ติดพัดลมที่ตอนบนของตู้ (รูปที่ 9) หรือตู้ชนิดเดียวกัน อาจออกแบบติดตั้งพัดลมไม่เหมือนกันได้

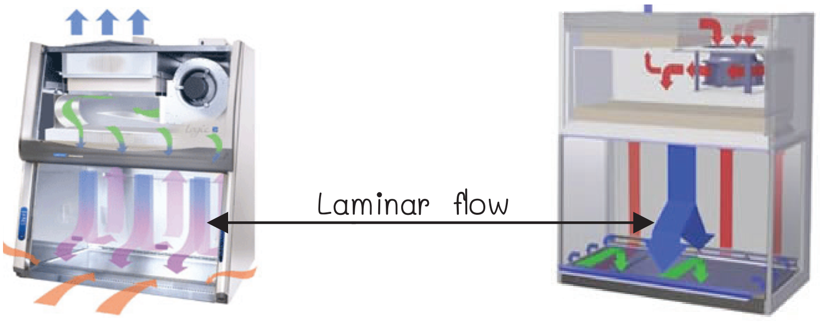


รูปที่ 9 แสดง ตำแหน่งของ Blower ของตู้ BSC ชนิด A1 A2 B1 และB2
(ที่มา: Eagleson Institute)

3. Laminar flow

Laminar flow สำคัญอย่างไร !

Laminar flow เป็นการเคลื่อนที่ของอากาศด้วยความเร็วคงที่ ในทิศทางที่ขนานกันเป็นระนาบเดียวกัน หรือเรียกว่า ม่านอากาศ การทำให้เกิด Laminar flow หรือ ม่านอากาศ ในตู้ BSC จึงเป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งที่ช่วยให้สามารถดักจับและดึงเอาเชื้อที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศที่ไหลเวียน (Air stream) แยกออกมาได้ (รูปที่ 10) ซึ่งมีความสำคัญในการให้การป้องกันการติดเชื้อให้กับผู้ใช้งานตู้ (Operator) ป้องกันการปนเปื้อนเชื้อไปสู่สิ่งแวดล้อม (Environment) และ ป้องกันการปนเปื้อนเชื้อให้กับงานที่ทำ (Product)



รูปที่ 10 Laminar flow (ที่มา: Eagleson institute)

ถ้า Laminar flow ถูกรบกวนเช่น ขณะทำงานกับตู้ BSC เอามือเข้า-ออกจากตู้เร็วๆ หรือเอาสิ่งของเข้า-ออกบ่อยๆ จะทำให้โอกาสที่เชื้อจะหลุดลอดออกไปนอกตู้ได้ หรือทำให้เชื้อทั่วไปจากภายในห้องเข้ามาในตู้ทำให้ปนเปื้อนกับงานที่ทำได้ ผู้ที่ปฏิบัติงานในตู้จึงควรมีวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง โดยเคลื่อนมือภายในตู้ช้าๆ ระวังไม่ให้ม่านอากาศถูกทำลาย และควรเตรียมสิ่งของใช้ให้พร้อมก่อนลงมือปฏิบัติงาน

ลองจินตนาการดูว่าถ้าม่านอากาศสามารถเห็นได้ตามตัวอย่างรูปที่ 10 เมื่อการเคลื่อนมือเข้าออกบ่อยๆ เร็วๆ ก็จะไปทำลายม่านอากาศ มีผลทำให้เชื้อที่อาจมีในตู้กระจายออกนอกตู้เข้าหาผู้ใช้งานได้ ขณะเดียวกัน เชื้อจากข้างนอกก็มีโอกาสเล็ดลอดเข้าภายในตู้ได้

เมื่อรู้เทคโนโลยีที่เป็นองค์ประกอบสำคัญทั้ง 3 ส่วนของตู้ BSC แล้ว ไปดูคำศัพท์ที่ใช้ในงานติดเชื้อกันเถอะ!

ศัพท์ที่ต้องรู้

วงการไหนๆ ก็มีคำศัพท์เฉพาะของแต่ละวงการทั้งนั้น มาดูซิว่าการทำงานกับตู้ BSC จะมีคำเฉพาะอะไรกันบ้างที่ต้องรู้

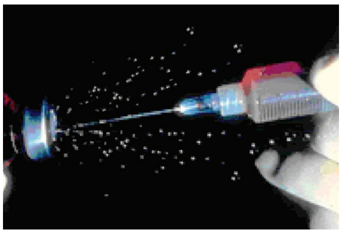
1. Biohazards

คำนี้เป็นคำย่อที่รวมมาจากคำ Biological (สิ่งมีชีวิต) และ Hazards (ตัวการที่ก่ออันตราย) หมายถึง ตัวก่อให้เกิดอันตรายที่เป็นสิ่งมีชีวิต นั่นก็คือ เชื้อก่อโรค นั่นเอง (Infectious agent) ซึ่งทำให้เกิดโรคทั้งในคน สัตว์และพืช ได้แก่ Bacteria, Virus, Parasites, Fungi และ Rickettesia

รูปที่ 11 สัญลักษณ์เชื้อก่อโรค

2. Aerosol

เป็นอนุภาคที่เป็นของเหลวหรือของแข็ง มีขนาดเล็กมาก มองด้วยตาไม่เห็นแขวนลอยในอากาศ Aerosol เกิดขึ้นได้อย่างไร! ส่วนใหญ่แล้วเกิดจากกิจกรรม การปฏิบัติงานในห้องแล็ป เช่น การดูดหรือปล่อยสารด้วยไปเปต การปั่น การบด การเขย่า การผสม แม้กระทั่งการเปิดฝาหลอดตัวอย่าง เป็นต้น Aerosol จึงเป็นตัวแพร่กระจายเชื้อไปทั่วห้องแล็ปหรืออาจทั่วตึกได้ เราจึงต้องควบคุม Aerosol โดยหลีกเลี่ยงการทำงานที่ก่อให้เกิด Aerosol หรือทำงานด้วยความระมัดระวัง ลดการเกิด Aerosol ให้น้อยที่สุด



รูปที่ 12 การเกิด Aerosol

3. Containment

คือสิ่งที่ใช้จัดการควบคุมไม่ให้มีการแพร่กระจายของเชื้อไปสู่ผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงานได้แก่ วิธีการ (Method) สถานที่ (Facilities) หรือ อุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ (Equipment) ตัวอย่าง Containment เช่น

วิธีการ หมายถึง การใช้มาตรฐานการปฏิบัติงานทางจุลชีววิทยา (Standard microbiological practice) ในการทำงานทุกครั้ง ก็จะสามารถควบคุมการติดเชื้อไม่ให้กระจายไปได้

สถานที่ หมายถึง ห้องปฏิบัติการระดับความปลอดภัยระดับต่างๆ ได้แก่ Biosafety level (BSC) : BSL1, BSL2, BSL3, และ BSL4 ที่ช่วยควบคุมการแพร่กระจายเชื้อได้อีกชั้นหนึ่ง ป้องกันการแพร่กระจายไปที่อื่น

เครื่องมือ หมายถึง ตู้ BSC ที่ช่วยควบคุมไม่ให้มีการปนเปื้อนของเชื้อซึ่งถือเป็นการควบคุมด่านแรก

ดังนั้น การจัดการควบคุมการปนเปื้อนเชื้อ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงาน คือ ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้ มีทักษะในการใช้มาตรฐานการปฏิบัติงานทางจุลชีววิทยา ทำงานเชื้อภายใต้ตู้ BSC ในห้องปฏิบัติการที่มีระดับความปลอดภัยที่เหมาะสม

4. Primary containment และ Secondary containment

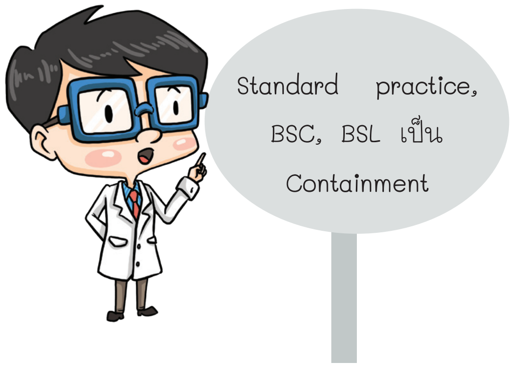
เมื่อพูดถึง Primary containment จะเป็นเครื่องมือควบคุมการปนเปื้อนด่านแรก ที่สามารถจำกัดการแพร่กระจายเชื้อ ณ จุดที่มีการทำงานกับเชื้อ นั่นก็คือ ตู้ BSC ส่วน Secondary containment เป็นห้องปฏิบัติการซึ่งถูกจัดเป็นชั้นที่สองของการป้องกัน ควบคุมการกระจายเชื้อ

5. Risk group (เชื้อกลุ่มเสี่ยง)

เป็นกลุ่มเชื้อชนิดต่างๆ ที่ถูกจัดแบ่งไว้ตามความรุนแรงหรือตามความเสี่ยงของเชื้อสำหรับงานทางห้องปฏิบัติการโดยองค์การอนามัยโลก (WHO) มี 4 กลุ่มคือ Risk group 1, 2, 3 และ 4

- Risk group 1 เป็นกลุ่มเชื้อที่ไม่ก่อโรคในคนที่มีสุขภาพแข็งแรงทั่วไป หรือก่อโรคที่มีความรุนแรงน้อยต่อผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม เช่น เชื้อ Bacillus subtilis, Infectious canine hepatitis และ E.coli
- Risk group 2 เป็นกลุ่มเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคที่รุนแรงปานกลางได้ในผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม แต่มีวัคซีนและยารักษา และไม่ก่อให้เกิดการแพร่กระจายเชื้อในวงกว้างเช่น Measles virus, Saimonellae และ Hepatitis B virus
- Risk group 3 เป็นกลุ่มเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคที่รุนแรง ที่แพร่กระจายจากคนหนึ่งไปยังอีกคนหนึ่งได้ ได้แก่ M.tuberculosis, St.Louis Encephalitis, Eastern Equine encephalitis virus และ Chikungunya แต่มียารักษา
- Risk group 4 เป็นกลุ่มเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคที่รุนแรง ทุกข์ทรมารถึงตายได้ ที่แพร่กระจายจากคนหนึ่งไปยังอีกคนหนึ่งได้ทันที อย่างรวดเร็ว ไม่มีวัคซีน หรือยารักษา ได้แก่ Marberg, Ebola

เมื่อรู้ภาษาที่ใช้กันดีแล้ว มาดูหน้าตาของเครื่องมือป้องกันเชื้อด่านแรกที่เราใช้ทำงานกับเชื้อกันดีกว่า!



หน้าตาของตู้ BSC

โครงการสร้าง และคุณสมบัติ BSC (ตู้ชีวนิรภัย)

โครงสร้างพื้นผิวรอบตัวตู้ ต้องมีลักษณะปิดแน่นสนิทไม่มีช่องให้อากาศเข้าออกได้ (Air tight)

เมื่อเปิดตู้ให้เครื่องทำงาน ภายในตู้มีการไหลเวียนของอากาศเพื่อให้พื้นที่ภายในตู้ถูกเป่าชะล้าง (Flush) ด้วยอากาศที่ไหลในทิศทางเดียว (Laminar flow) อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

มีการควบคุมการไหลของอากาศนอกตู้ให้ไหลเข้าช่องตะแกรงเล็กๆ (Front grille) ด้านหน้าตู้ และถูกกรองก่อนที่จะไหลเวียนไปยังพื้นที่ที่ทำงานในตู้ และไหลผ่านเข้าช่องตะแกรงด้านหน้า และด้านหลังตู้ (Rear grille) ก่อนที่จะถูกปล่อยออกไปนอกตู้ด้านบน ซึ่งรูปแบบการไหลของอากาศ เช่นนี้ทำให้สามารถควบคุมการกระจายของเชื้อป้องกันไม่ให้เชื้อแพร่กระจายไปยังผู้ใช้ตู้ (Protect operator) สิ่งแวดล้อม (Protect environment) และปนเปื้อนไปสู่งานที่ทำ (Protect Product)

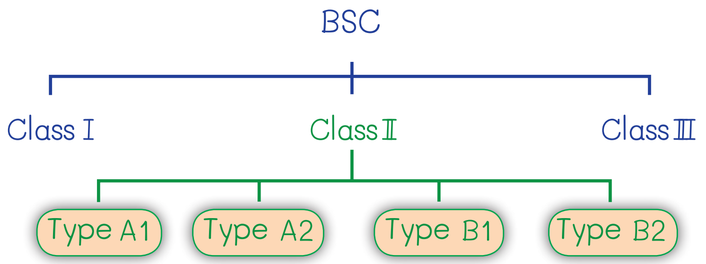
ตู้มีช่องเปิดด้านหน้าเหมือนหน้าต่างกระจกที่เลื่อนขึ้นลงได้ (Sash หรือ Window) เพื่อให้ผู้ใช้งานยื่นมือเข้าไปปฏิบัติงานภายในตู้ได้

รูปที่ 13 แสดงภาพตู้ พื้นที่ทำงาน และบริเวณช่อง Grille หน้าและหลังตู้

ตู้ BSC แบบต่างๆ (Class)

แบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ Class I, Class II และ Class III

ตู้ Class II มี 4 ชนิด

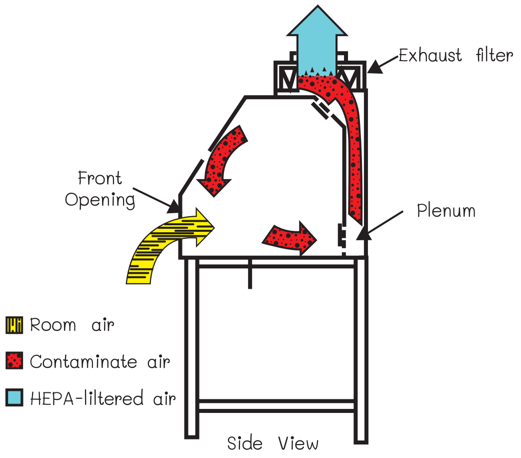


ลองมาดูรายละเอียดตู้ใน Class ต่างๆ กันดีกว่า ถ้าจะเลือกมาใช้งาน ควรเลือกแบบไหน

ตู้ BSC Class I

การป้องกัน : ป้องกันผู้ใช้งาน (Operator protection) และ สิ่งแวดล้อม (Environment protection) เท่านั้น แต่ไม่ป้องกันการปนเปื้อนในงานที่ทำ (Product) ด้วยเหตุนี้ จึงไม่ค่อยนิยมใช้กัน

การใช้งาน : ส่วนใหญ่มักใช้เป็นตู้สำหรับติดตั้งเครื่องมือบางชนิด เช่น Centrifuge เพื่อป้องกันการเกิดฟุ้งกระจายของเชื้อ (Aerosol) หรือ ใช้ทำงานขั้นตอนที่ก่อให้เกิด Aerosol เช่น การทำ Tissue homogenation ตู้ Class I อาจมีท่อต่อ (Hard-ducted) ออกไปนอกตัวอาคาร ถ้ามีการใช้สารเคมีอันตรายร่วมด้วยนอกจากนี้ ยังสามารถออกแบบให้มีช่องมือที่ด้านหน้าของตู้ Class I เพื่อเป็นช่องยื่นมือเข้าไปทำงานภายในตู้ได้



รูปที่ 14 ตู้ Class I โครงสร้างภายนอก และส่วนต่างๆ ของตู้
(ที่มา : BMBL 5th edition, appendix A)

HEPA filter : มีจุดเดียวติดตั้ง ที่ระบบปล่อยอากาศออกไปนอกตู้ (Exhaust system)

Airflow :

1. การไหลเวียนของอากาศ (Airflow) ภายในตู้ ไม่เป็นม่านอากาศ (Laminar flow) เช่นเดียวกันกับตู้ Chemical fume hood แต่มี HEPA filter กรองอากาศก่อนปล่อยออกไป (Exhaust filter) ทำให้ไม่มีการปนเปื้อนเชื้อต่อสิ่งแวดล้อม เป็นการป้องกันต่อสิ่งแวดล้อม (Environment protection)

2. ภายในตู้เป็นอากาศที่ไม่ได้กรอง จึงไม่ป้องกันงานที่ทำ (Product protection)

3. การไหลของอากาศภายในห้อง (Room air) ที่ถูกดูดไหลเข้าในตู้ ผ่านด้านหลังของผู้ใช้ (Inward airflow หรือ Inflow) การไหลเข้าช่องด้านหน้าตู้ (Front opening) ซึ่งทำให้สามารถป้องกันการแพร่กระจายเชื้อไปสู่ผู้ใช้ (Operator protection) นั่นเอง ดังนั้นจึงไม่ควรไปรบกวนการไหลของ Inflow

ตู้ BSC Class II

การป้องกัน : ป้องกันผู้ใช้งานตู้ (Operator protection) ป้องกันสิ่งแวดล้อม (Environment protection) และป้องกันการปนเปื้อนในงานที่ทำ (Product protection) ตู้ Class II จึงเป็นที่นิยมใช้กันมาก แบ่งออกเป็น 4 ชนิด (Type) คือ Type A1, A2, B1 และ B2 ซึ่งมีหน้าตาคล้ายกันจนแยกไม่ออก จะรู้ได้ต้องดูข้อมูลจากคู่มือของตู้หรือตู้บางยี่ห้อที่ผลิตในสหรัฐอเมริกา จะระบุชนิดของตู้ไว้ที่ตัวตู้

รูปที่ 15 โครงสร้างภายนอกของตู้ BSC Class II ชนิดต่างๆ ที่ดูคล้ายกัน

การใช้งาน : ตู้ BSC II ใช้ทำงานกับเชื้อในห้องปฏิบัติระดับความปลอดภัยได้ทั้ง BSL1 BSL2 และBSL3 (รูปที่ 15-16) และยังสามารถใช้ทำงานกับเชื้ออันตรายร้ายแรงที่ต้องทำในห้องปฏิบัติการ BSL4 แต่จะต้องสวมชุด BSL4 positive pressure personnel suit ร่วมด้วยในการทำงานกับตู้ Class II

รูปที่ 16 ผู้ปฏิบัติงานต้องสวมชุดป้องกันส่วนบุคคล (Coveralls) เมื่อทำงานกับเชื้ออันตรายภายใต้ตู้ class II สำหรับห้องปฏิบัติการระดับ BSL III

(ที่มา: En.wikipedia.org/wiki/biosafety_level)

HEPA filter : ตู้ Class II มี HEPA filter 2 จุด คือบริเวณกรองอากาศที่ปล่อยออกจากตู้ (Exhaust filter) และกรองอากาศที่จะไหลลงไปบนพื้นที่ทำงานของตู้ (Supply filter) บางตู้อาจมี Supply filter เพิ่มมาอีก 1 แผ่นเพื่อกำจัดฝุ่นละอองที่อาจเกิดจากการทำงานของพัดลมตู้

Airflow : ตู้ Class II ถือเป็นจุดเริ่มของการนำเทคโนโลยี Laminar Airflow (ม่านอากาศ) มาใช้ร่วมกับ HEPA filter เพื่อให้รองรับการทำงานทางด้านเพาะเลี้ยงเชื้อ (Sterile cell culture) หรือเพาะเลี้ยงเชื้อไวรัส (Virus propagation) ซึ่งทำให้อากาศภายในตู้สะอาดปราศจากเชื้อ ช่วยให้งานที่ทำไม่ปนเปื้อนเชื้อ (Product protection)

Inward / Inflow airflow

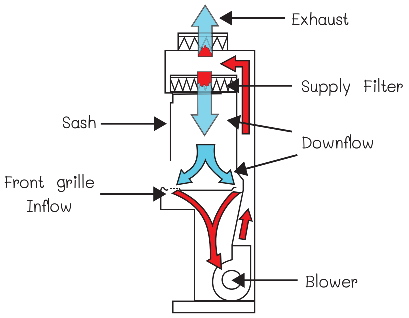
อากาศจากภายในห้องปฏิบัติการ (Room air) จะถูกดูดเข้ามายังตู้ BSC โดยการทำงานของตัวพัดลมที่ติดตั้งภายในตู้ อากาศไหลผ่านด้านหลังของผู้ใช้งานตู้และเข้าช่องลมด้านหน้า (Front grille) ที่ช่องเปิดด้านหน้าตู้ (Front opening) ไหลเป็นม่านอากาศกั้นไม่ให้อากาศภายในตู้เล็ดลอดออกมายังผู้ใช้งานได้ ดังนั้น Inflow จึงช่วยป้องกันไม่ให้ผู้ใช้งานติดเชื้อนั่นเอง ตู้ทุก Type (A1, A2 B1 และ B2) มี Room air เข้าด้านหน้า แต่ Type B2 จะมี Room air เข้าที่ด้านบนของตู้เพิ่มด้วยอีกจุดหนึ่งด้วย จึงควรระวังไม่วางสิ่งของขวางทางลมบนหลังตู้

Downward airflow

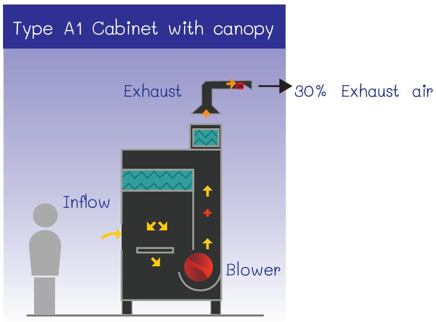
อากาศส่วนที่ไหลลงมาบนบริเวณพื้นที่ทำงานภายในตู้ BSC จะต้องผ่านแผ่นกรอง HEPA (Supply filter) ให้เป็นอากาศปราศจากเชื้อก่อนเรียก Downward airflow

อากาศส่วนนี้จะถูกแยก (Split) เป็น 2 ส่วน ที่ระดับความสูงเหนือพื้นที่ทำงาน 2-6 นิ้ว ณ จุดกึ่งกลางตู้ อากาศที่ไหลลงมาส่วนหนึ่งจะถูกดูดเข้าไปที่ช่องลมด้านในของตู้ (Rear grille) อีกส่วนเข้าที่ Front grille

จากนั้น อากาศทั้งสองส่วนจะถูกดูดขึ้นไปยังช่องว่างที่อยู่ระหว่าง Exhaust filter กับ Supply filter และสุดท้าย อากาศส่วนหนึ่ง จะถูกดูดปล่อยออกไปนอกตู้หรือนอกอาคาร อีกส่วน ถูกดูดไหลกลับเข้าไปในตู้ผ่าน Supply filter เพื่อไหลวนกลับไปใช้งานต่อไป (Re-circulating air) ดูรูปที่ 17-20

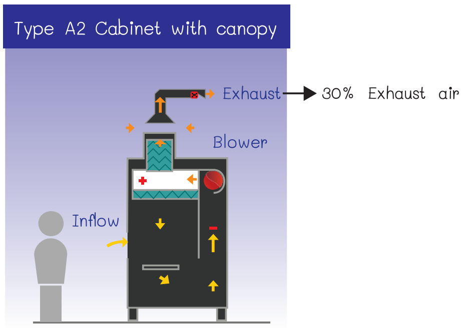


(ที่มา: WHO. Laboratory biosafety manual 2004)



(ที่มา: Eagleson institute 2004)

รูปที่ 17 แสดงส่วนต่างๆ ใน class II และ Airflow ของ Class II Type A1 (Supply air ถูก Split เป็นสองส่วน และถูกดูดเข้า Front grille (รวมกับ Room air ที่เข้ามาด้านหน้า) และ Rear grille แล้วมารวมกันใต้พื้นที่ทำงาน และถูกดูดขึ้นไปในช่องว่างระหว่าง Exhaust filter และ Supply filter อากาศ 30% ถูกปล่อยออกจากตู้ อีก 70% ไหลผ่าน Supply filter เพื่อนำกลับไปใช้ใหม่)

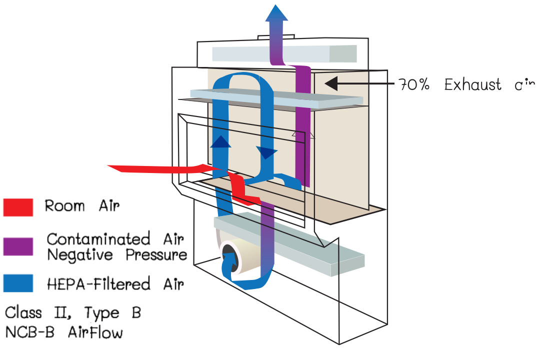


(ที่มา: Eagleson Institute 2004)

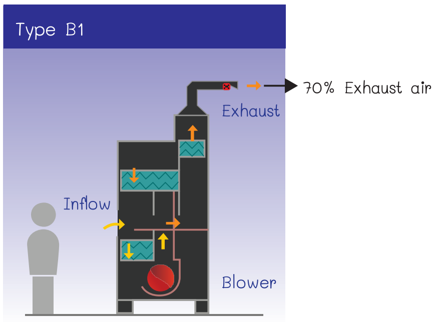
รูปที่ 18 แสดง Airflow ของ Class II Type A2

(Supply filter อากาศ 30% ถูกปล่อยออกจากตู้ อีก 70% ไหลผ่าน Supply filter เพื่อนำกลับไปใช้ใหม่)

(ที่มา: Eagleson Institute 2004)



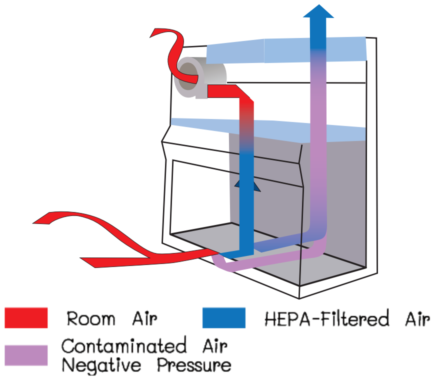
(ที่มา: www.scientistsolutions.com)



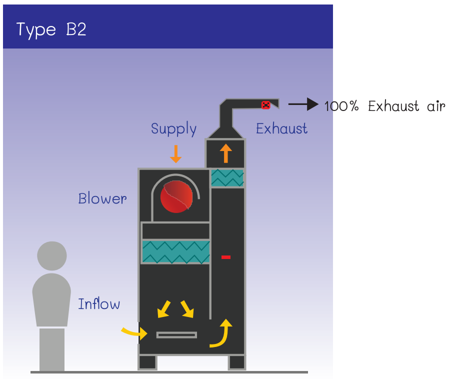
(ที่มา: Eagleson Institute 2004)

รูปที่ 19 แสดง Airflow ของ Class II Type B1

(Supply air ถูกแยกเป็นสองส่วน ดูดเข้า Front grille 30% และดูดเข้า Rear grille 70% ส่วน 70% (สีม่วง) เท่านั้น ที่ถูกปล่อยออกนอกตู้/อาคาร ส่วน 30% จะไหลเวียนกลับไปใช้อีกผ่าน Supply filter)



(ที่มา: www.scientistsolutions.com)



(ที่มา: Eagleson Institute 2004)

รูปที่ 20 แสดง Airflow ของ Class II Type B2

(อากาศจาก Room air เข้าตู้ทั้งด้านบนและด้านหน้า Supply air ถูกแยกออกไปด้านหน้า (รวมกับ Room air ที่เข้ามา) และด้านหลัง ทั้งสองส่วนจะถูกดูดทิ้งปล่อยออกนอกตู้/ไปนอกอาคารทั้งหมด 100%)

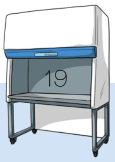
ตู้ BSC Class II ทั้ง 4 Type มีความแตกต่างกันอย่างไร!

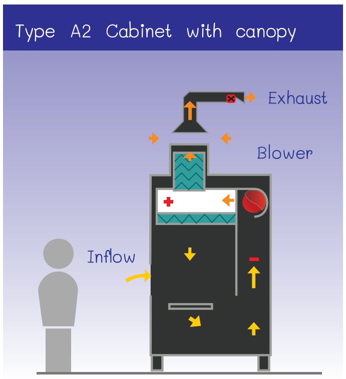
- Class II แบ่งเป็น 4 ชนิด (Type) คือ ชนิด A1, A2, B1 และ B2 หลังจากที่เห็นการไหลเวียนของอากาศภายในตู้แต่ละชนิดที่แตกต่างกันแล้วมาดูว่าส่วนอื่นๆ ต่างกันอย่างไร

- มาดูที่โครงสร้างตู้ จากรูปภายนอกของตู้ทั้ง 4 Type อาจแยกแยะไม่ออกเลยแต่สามารถสังเกตได้จากการติดตั้งท่อที่ตู้ ถ้าตู้ใดไม่มีการต่อท่อออกจากตู้ ก็อาจเป็นตู้ Type A1 หรือ A2 อย่างไรก็ตาม ตู้ A1 หรือ A2 อาจมีการต่อท่อได้เช่นกัน ซึ่งต้องแยกแยะให้ได้ว่าเป็นการต่อท่อแบบใด ต่อแบบใช้ตัวครอบ (Canopy) หรือต่อท่อตรงออกไปนอกอาคาร (Hardduct) ถ้าใช้ Canopy เชื่อมต่อกับท่อตู้จะเป็น Type A1 หรือ A2 ถ้าเป็นการต่อท่อโดยตรง จะเป็นตู้ Type B1 หรือ B2 มาดูรายละเอียดกันสักนิด

ตู้ Class II ชนิด A1, A2

โครงสร้าง โดยทั่วไป ตัวตู้ A1, A2 ไม่มีท่อเชื่อมต่อออกนอกตัวตู้ แต่ถ้าต้องการให้ตู้เชื่อมต่อไปยังท่อปล่อยอากาศออกของตัวอาคาร (Building exhaust system) ก็สามารถทำเพิ่มเติมได้ โดยติดตั้งตัวครอบ (Canopy connection) ซึ่งทำให้มีช่องอากาศเล็กๆ ตรงบริเวณที่ตั้ง (Housing) ของ Exhaust filter ของตู้





(ที่มา: Eagleson Institute 2004)

รูปที่ 21 ตู้ที่เชื่อม Canopy ก่อนออกไปนอกอาคาร

(ที่มา: Eagleson Institute 2004)

รูปที่ 22 แสดง Canopy

Exhaust air ตู้แบบไม่มีท่อต่อออกจาตัวตู้ อากาศที่ปล่อยออกจากตู้ A1 และ A2 ที่ปราศจากเชื้อแล้ว จะไหลเวียนอยู่ในห้องปฏิบัติการ ถ้าต้องการปล่อยอากาศออกนอกอาคารจากเชื้อแล้ว จะไหลเวียนอยู่ในห้องปฏิบัติการ ถ้าต้องการปล่อยอากาศออกนอกอาคารแทนการปล่อยเข้าไปในห้องปฏิบัติการ จะต้องติดตั้ง Canopy เพิ่มที่ด้านบนตู้ เพื่อเชื่อมต่อกับท่อออกนอกอาคาร

Positive air pressure* ในตู้ A1 ส่วนปนเปื้อนเชื้ออยู่ภายใต้ Positive air pressure จึงต้องตรวจสอบการรั่วของตู้ชนิดนี้ประจำปี เพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อหลุดลอดออกไปนอกตู้ได้

Negative air pressure** ในตู้ A2 ส่วนปนเปื้อนเชื้อที่อยู่ภายใต้ Positive air pressure จะถูกล้อมรอบด้วย Negative air pressure** อีกชั้นหนึ่ง ซึ่งช่วยป้องกันการรั่วไหลของเชื้อออกไปนอกตู้ได้

* Positive air pressure เป็นความดันอากาศที่ดันให้อากาศออกไปจากช่องว่างหรือพื้นที่ห้อง

** Negative air pressure เป็นความดันอากาศที่ดึงดูดให้อากาศเข้ามาในช่องว่างหรือพื้นที่ห้อง ไม่ให้ออกไปภายนอกได้

ตู้ class II ชนิด B1, B2

โครงสร้าง ต้องมีท่อต่อออกไปภายนอกอาคาร (Hard-ducted) และ Exhaust air จะถูกปล่อยออกไปข้างนอกโดยผ่านท่อ

Exhaust air อากาศที่ปล่อยออกจากตู้ จะออกไปนอกอาคาร

Negative air pressure ทั้ง B1 และ B2 มีส่วนปนเปื้อนเชื้ออยู่ภายใต้ Negative air pressure

มาดู Airflow ต่างกันอย่างไรของตู้ทั้ง 4 ชนิด

ปริมาณ Exhaust air และ Re-circulating air

ตู้ BSC ชนิด (Type) ต่างๆ ยังมีความแตกต่างกันในปริมาณของ Exhaust air ดังนี้ ตู้ Type A1, A2 และ B1 มีอากาศที่ผ่านแผ่นกรองให้ปลอดเชื้อแล้วไหลเวียนไปใช้งานต่อ (Re-Circulating air) ส่วนตู้ B2 ปล่อยอากาศทิ้งออกทั้งหมด ดังสรุปในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณ Re-circulating air, Exhaust air
และชนิดตู้ที่ปล่อยอากาศทิ้งนอกตู้ หรือนอกอาคาร

ชนิดตู้	อากาศไหลเวียนมาใช้ในตู้อีก (Re-circulating air)	อากาศที่ปล่อยออกจากตู้ (Exhaust air)	อากาศถูกปล่อยจากตู้เข้าไปใน Lab หรือ ออกนอกอาคาร
A1	70%	30%	- ในห้องปฏิบัติการหรือ - ออกนอกอาคาร (ถ้าต่อท่อ Canopy)
A2	70%	30%	- ในห้องปฏิบัติการหรือ - ออกนอกอาคาร (ถ้าต่อท่อ Canopy)
B1	30%	70%	ออกนอกอาคาร
B2	0	100%	ออกนอกอาคาร

ความเร็วลม (Airflow velocity)

ทั้งความเร็วลมเข้าตู้ (Inflow velocity) และความเร็วลมภายในตู้ (Downflow velocity) จะมีความแตกต่างกันบ้างในตู้ของแต่ละผู้ผลิต การตรวจสอบเพื่อรับรองตู้จึงต้องวัดค่าความเร็วลมให้เป็นไปตามค่า Specification ของตู้ตามที่ผู้ผลิตกำหนด ซึ่งระบุไว้ในคู่มือการใช้งานของตู้ (Manual usage) อย่างไรก็ตาม ค่าที่แสดงใน ตารางที่ 2 เป็นค่ามาตรฐานทั่วไปของความเร็วลมของตู้ (Air velocity) ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงช่วงค่ามาตรฐานทั่วไปของความเร็วลม (Air velocity) และปริมาณ Exhaust air
ทั้งหน่วยเป็นฟุต และเมตร และปริมาณ Recirculation air และ Exhaust air

Type of BSC	Inflow/Intake Velocity	Downflow Velocity	Re-circulation	Exhaust
A1	75fpm*/0.38mps**	75fpm/0.25-0.5mps	70%	30%
A2	100fpm/0.51mps	50fpm/0.25-0.5mps	70%	30%
B1	100fpm/0.51mps	50fpm/0.25-0.5mps	30%	70%
B2	100fpm/0.51mps	80fpm/0.25-0.5mps	0%	100%

*fpm: Feet per minute ** mps: Meters per second

คุณสมบัติในการทำงานกับสารเคมีที่ระเหยได้ สารพิษ สารก่อมะเร็ง ของตู้แต่ละชนิด

การปฏิบัติงานในบางขั้นตอน อาจต้องมีการใช้สารเคมีร่วมด้วย เนื่องจาก HEPA filter สามารถกรองอนุภาคได้แต่ไม่สามารถกรองไอระเหยสารเคมี ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังในการเลือกใช้ตู้แบบที่เหมาะสม

ตู้ ชนิด A1 และ A2 ไม่ควรใช้ทำงานกับสารเคมีที่ระเหยได้ (Volatile chemicals) เช่น Acetone, Chloroform, Methanol และ Alcohol เป็นต้นเนื่องจากโดยทั่วไปตู้ A1, A2 ไม่มีท่อต่อออกไปนอกอาคาร จึงมีอากาศที่หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ (Re-circulate air) ดังนั้น สารเคมีไอระเหยก็จะหมุนเวียนกลับมาและสะสมอยู่ภายในตู้ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายหรือผลเสียต่องานที่ทำเมื่อสัมผัสกับสารเคมี และอากาศที่ปล่อยออกจากตู้เข้าไปในห้องปฏิบัติการจะมีผลเสียต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานได้

ตู้ ชนิด A2 (แบบต่อท่อ), B1 และ B2 ใช้ทำงานร่วมกับสารเคมีไอระเหยได้ แต่ควรใช้ในปริมาณน้อย ดังนี้

ตู้ชนิด A2 และ B1 เมื่อมีการใช้สารเคมี อาจมีปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้เกิดไอระเหย หรือสารพิษ จึงควรทำงานค่อนไปทางด้านในของตู้ ตู้ชนิด A2 และ B1 นี้ มี Airflow ที่ถูกดูดผ่านเข้าไปที่ Rear grille และถูก Exhaust ออกไปจากตู้ไปนอกตัวอาคาร 30% และ 70% ตามลำดับ ตู้ทั้ง 2 ชนิด สามารถใช้ทำงานกับสารเคมีได้ในปริมาณน้อยมาก (Minute amount) เท่านั้น

ตู้ชนิด B2 เป็นตู้ที่ทำงานกับสารเคมีได้ในปริมาณที่มากกว่า (Small amount) ตู้ชนิด A2 และ B1 เป็นตู้ที่ไม่มีการหมุนเวียนเอาอากาศภายในตู้มาใช้อีก (Re-circulating air) อากาศจะถูกดูดออกไปนอกตู้หมด (100%) การที่ต้องดูดปล่อยอากาศจำนวนมากออกไป จึงต้องใช้อุปกรณ์ช่วยอื่นๆ เช่นพัดลมที่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง ทำให้ตู้มีราคาแพงมากกว่าตู้ชนิดอื่นๆ

ตู้ BSC Class III

การป้องกัน : ตู้ Class III เป็นตู้ที่ออกแบบมาเพื่อทำงานกับเชื้ออันตรายสูง ให้การป้องกันสูงสุดต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้งาน มีโครงสร้างตู้ที่ปิดสนิทไม่มีการรั่วซึมของแก๊สได้ (Gas-tight) และตัวตู้ปิดมิดชิดไม่มีช่องเปิดด้านหน้าตู้ ไม่เหมือนตู้ BSC Class II แต่มีช่องเปิดที่มีถุงมือยางที่คงทนพิเศษ ติดตั้งไว้แบบ Gas-tight ด้วย ตู้มีส่วนเชื่อมต่อของ Double-doored autoclave สำหรับฆ่าเชื้อเครื่องมือที่จะใช้ภายในตู้ โดยที่สิ่งของภายตู้ที่ต้องการทำลายจะถูกส่งผ่านภาชนะสำหรับวางเครื่องมือ (Dunk tank) ไปทำลายนอกตู้ หรือการนำสิ่งของไปยังพื้นที่ทำงานภายในตู้ได้

การใช้งาน : ใช้ทำงานกับเชื้ออันตรายสูง สามารถพ่วงเครื่องมือต่างๆ ให้เป็นพื้นที่ใช้งานขนาดใหญ่ได้เช่น การต่อพ่วง ตู้เย็น ชั้นวางสำหรับ Rack ใส่กรงสัตว์เล็ก กล้องจุลทรรศน์ Incubator ฯลฯ

HEPA filter : มี HEPA filter กรอง Supply air และ Exhaust air ในส่วน Exhaust air จะต้องผ่าน HEPA filter 2 ชั้น

Airflow : การออกแบบตู้ชนิดนี้ ไม่เน้นการเกิดม่านอากาศที่สมบูรณ์ แต่ให้การป้องกันผู้ใช้งานฯ และสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ

รูปที่ 23 ตู้ Class III (ที่มา: /Uvm.edu/safety/lab)

Airflow ป้องกัน การกระจายเชื้ออย่างไร!

Inflow airflow ม่านอากาศที่เคลื่อนไหลผ่านเข้าช่องด้านหน้าตู้ (Front opening) และกั้นไม่ให้ลมภายในตู้ออกมาได้ ทำให้สามารถป้องกันการแพร่กระจายเชื้อไปสู่ผู้ใช้งานตู้ (Operator protection) นั่นเอง

Down flow ม่านอากาศที่ไหลเวียนผ่าน HEPA filter ลงมาสู่พื้นที่ทำงาน ช่วยให้งานของเรา เช่นการเพาะเลี้ยงเซลล์ หรือการแยกเชื้อไม่เกิดการปนเปื้อนเชื้อ

Exhaust airflow อากาศที่ปล่อยออกจากตู้ผ่าน HEPA filter ช่วยให้ป้องกันการปนเปื้อนเชื้อสู่สิ่งแวดล้อมทั้งภายในห้องแล็ปและนอกอาคาร

ดังนั้น Airflow จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อ เราจึงต้องคอยตรวจสอบความเร็วลมให้ได้ค่าตามที่ผู้ผลิตตู้กำหนดไว้

เมื่อเรารู้หน้าตาโครงสร้างตู้ ความแตกต่างของตู้ Class I - III และ ตู้ Class II ทั้ง 4 Type กันแล้ว รวมทั้ง Airflow ที่ทำหน้าที่ป้องกันการปนเปื้อนเชื้อแล้ว คราวนี้คงพร้อมแล้ว ที่จะไปดูสิ่งที่น่าสนใจกับการลงมือปฏิบัติการดีกว่า...

สรุปว่า ตู้ BSC มีส่วนประกอบสำคัญ
HEPA filter, Blower และ Laminar flow Airflow
ช่วยป้องกันการแพร่กระจายเชื้อ ตู้ Class II
นิยมใช้มากที่สุด A1, A2, B1, B2

ตอนบ่าย

ว่าด้วยเรื่อง ลงมือปฏิบัติ

การเลือกใช้ตู้ให้เหมาะสม
การใช้งานตู้
วิธีทำงานอย่างไรให้ปลอดภัย

การเลือกใช้ตู้ BSC อย่างไร จึงจะถูกต้อง และปลอดภัยในการทำงาน

(Proper Selection)

มาถึงจุดนี้ เราก็ทราบกันแล้วว่า ตู้ปลอดเชื้อ BSC ทั้ง 3 Class นั้น มีความแตกต่างกันอย่างไร ในการป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อสู่งานที่ทำ (Product protection), ป้องกันตัวผู้ใช้งานตู้ (Personnel protection) หรือป้องกันไม่ให้สิ่งแวดล้อมรอบๆ บริเวณที่ทำงานปนเปื้อนเชื้อ ซึ่งรวมถึงบุคลากรอื่นๆ ในบริเวณนั้นด้วย (Environment protection)

ดังนั้น ก่อนที่จะเลือก หรือซื้อตู้มาใช้งาน

1. ควรตรวจสอบคุณสมบัติของตู้ว่าสามารถให้การป้องกันตามที่เราต้องการหรือไม่ เช่น ถ้าต้องการตู้ที่ป้องกันการแพร่กระจายเฉพาะตัวผู้ใช้งานตู้และสิ่งแวดล้อม ให้เลือกตู้ Class I ถ้าต้องการให้ป้องกันได้ทั้งงานที่ทำ ผู้ใช้งานตู้ และสิ่งแวดล้อมให้เลือก Class II เป็นต้น

2. ต้องคำนึงถึงเชื้อที่เราจะศึกษาด้วยว่า จัดอยู่ในเชื้อกลุ่มเสี่ยงใด (Risk group) เป็น Risk group 1, 2, 3 หรือ 4 เนื่องจากในแต่ละ Risk group ที่สูงขึ้นไป เช่น เมื่อทำงานกับเชื้อ Risk group 3 จะต้องมีการเพิ่มการป้องกันมากขึ้นและต้องอุปกรณ์พิเศษเพิ่มขึ้นกว่าการทำงานกับเชื้อ Risk group 1 และ 2

3. พิจารณาถึงคุณสมบัติของตู้ที่สามารถใช้ทำงานกับสารเคมีร่วมด้วย ได้อย่างปลอดภัย เช่น ในกรณีที่ต้องใช้สารเคมีชนิดไอระเหย (Volatile toxic chemicals) ร่วมด้วยในขั้นตอนการปฏิบัติงาน จะต้องพิจารณาเลือกใช้ตู้แบบไหนจึงจะรองรับได้อย่างปลอดภัย ดังรายละเอียดการเลือกใช้งานตู้ BSC ตามชนิดการป้องกันและการใช้งานการสารเคมี ในตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 3 การเลือกใช้ตู้ตามวัตถุประสงค์ในการใช้งานอย่างเหมาะสม

วัตถุประสงค์	ชนิดของตู้ BSC
ชนิดการป้องกัน (types of protection)	
Personnel protection for risk groups 1-3	ตู้ class I, class II (A1,A2,B1,B2), class III
Personnel protection for risk groups 4	ตู้ class III
	ตู้ class I, class II (ต้องสวม positive suit laboratory)
Product protection	ตู้ class II
การใช้สารเคมีไอระเหย (Volatile chemical)	
ใช้ปริมาณน้อย (minute amount)	ตู้ class II ชนิด B1, class II ชนิดA2 (A2แบบต่อท่อ)
ใช้ปริมาณมากขึ้น (small amount)	ตู้ class I, II ชนิด B2, class III

ดังนั้น การเลือกซื้อตู้ B1 หรือ B2 จึงมีเหตุผลสำคัญประกอบการเลือกซื้อ คือ จะสามารถใช้ทำงานกับสารเคมีไอระเหยได้อย่างปลอดภัยไม่ควรนำสารเคมีไอระเหยมาใช้ทำงานในตู้ BSC ที่ไม่มีท่อ (Duct) ต่อออกภายนอกอาคาร เพราะว่าไอระเหยจะออกจากตู้ทางช่องระบาย (Exhaust) เข้าไปในห้องปฏิบัติการ และหมุนเวียนเช่นนี้อยู่ตลอดเวลา ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการได้ และไอระเหยส่วนหนึ่งจะหมุนเวียนเข้าไปสะสมในตู้ ทำให้มีผลกระทบต่องานที่ทำได้

ความเข้าใจที่ว่า ตู้ชนิด B2 จะป้องกันการติดเชื้อได้ดีที่สุด เพราะปล่อย Exhaust air ออกมา 100% ไม่ถูกต้อง ตู้ทุกชนิด (A1, A2, B1 และ B2) มีคุณสมบัติในการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อได้เหมือนกันหมด

เมื่อเลือกตู้ที่จะใช้งานได้แล้ว มาดูสิ่งที่สำคัญไม่ยิ่งหย่อนกว่ากัน ในการใช้งานตู้ในห้องปฏิบัติการ เมื่อตู้เดินทางมาถึงห้องแล็ปของเรา...

การใช้งานตู้ BSC ในห้องปฏิบัติการ

เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานใช้ตู้ BSC อย่างถูกต้องและมีความปลอดภัยจากการทำงานกับเชื้อ ควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. ตำแหน่งที่วาง (Location)

จากค่ามาตรฐานทั่วไปของอากาศที่ไหลเข้าด้านหน้าของตู้ (Inflow air) จะค่าอย่างน้อย 0.38 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นค่าความเร็วที่ค่อนข้างต่ำ ทำให้ง่ายต่อการถูกรบกวนจากลมที่เกิดจากการเดินผ่านของคนที่บริเวณใกล้ตู้ หรือจากการเปิดปิดประตู (ถ้าตู้ BSC ตั้งอยู่ใกล้ประตู) จึงควรจัดวางตำแหน่งตู้ BSC ให้เหมาะสมดังนี้

- อยู่ในตำแหน่งที่ห่างไกลจากที่มีคนเดินผ่านไปมาบ่อยๆ การจัดวาง ตู้ BSC ควรวางห่างจากผนังหรือมีช่องวางรอบตู้ ไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตรเพื่อให้ง่ายต่อการบำรุงรักษา
- มีที่ว่างเหนือตู้ 30-35 เซนติเมตรเพื่อให้ได้ค่าความเร็วของอากาศที่ออกไปสู่ภายนอกตู้ (Exhaust filter) มีความถูกต้อง และช่วยทำให้การเปลี่ยน Exhaust filter สะดวกขึ้น

2. ผู้ใช้งาน (Personnal)

ไม่ว่าตู้จะมีคุณสมบัติในการป้องกันดีแค่ไหน ถ้าผู้ใช้ตู้ไม่ได้ใส่ใจในการใช้งานตู้ให้ถูกต้อง ไม่เข้าใจในคุณสมบัติของตู้ที่ให้การป้องกันการปนเปื้อนเชื้อ รวมทั้งไม่ใส่ใจในมาตรฐานการปฏิบัติงานทางจุลชีววิทยา (Standard microbiology practice) ก็จะไม่สามารถป้องกันผู้ใช้งานจากการติดเชื้อได้ หรือแม้แต่งานที่ทำก็อาจเกิดการปนเปื้อนเชื้อ สิ่งที่ผู้ใช้งานต้องคำนึงเป็นพิเศษคือ ต้องรักษาค่าความเร็วของ Inflow air ด้านหน้าของตู้ ให้มีความคงที่ตลอดการใช้งาน โดยควรปฏิบัติตัวดังนี้

ขณะทำงานไม่ให้เคลื่อนมือเข้าออกตู้บ่อยมากเกินไป

- ให้เคลื่อนมือเข้าออกตู้อย่างช้าๆ ในทิศทางที่มือตั้งฉากกับด้านหน้าตู้
- เมื่อเคลื่อนมือเข้ามาในตู้ให้รอประมาณ 1 นาที ก่อนที่จะปฏิบัติงานต่อไป เพื่อให้อากาศที่ไหลเวียน ภายในตู้ได้พัดเป่า (เอาสิ่งจากภายนอกที่อาจเกาะติดมากับถุงมือออกไป) การเตรียมของในตู้ให้พร้อมใช้งาน จะช่วยลดปัญหาการขยับมือเข้าออกได้

3. การวางสิ่งของภายในตู้ (Material placement)

ก่อนใช้งาน

ภายในตู้ จัดวางสิ่งของที่ต้องใช้งานเท่านั้น ไม่ควรเป็นสถานที่ที่ใช้เก็บของทุกขนาดในปริมาณมาก, Tissue culture flask ถุงใหญ่ หรือขวดสารเคมีขนาดใหญ่ เผื่อไว้ใช้งานวันอื่นๆ ด้วย เป็นต้น เพราะสิ่งของเหล่านี้จะไปรบกวนความสมบูรณ์ของการไหลของม่านอากาศภายในตู้ได้

ขณะใช้งาน พึงใส่ใจอะไรบ้าง !

- ช่องลมด้านหน้าตู้ (Front inflow grille) จะต้องไม่มีอะไรไปวางขวางช่องลม ไม่ว่าเป็นกระดาษโน้ต หรืออุปกรณ์ใดๆ
- วางสิ่งของที่จะใช้ในการทำงานที่บริเวณกึ่งกลางพื้นที่ทำงาน หรือลึกเข้าไปทางด้านในตู้ และไม่วางขวางช่องทางลมด้านใน (Rare grille)

- เมื่อมีการใช้อุปกรณ์ช่วยในตู้ ควรใช้อุปกรณ์ขนาดเล็ก เช่น เครื่องหมุนเหวี่ยงขนาดเล็ก (tabletop certrifuge) หรือ vortex mixer เพื่อไม่ให้ไปรบกวน Airflow ของตู้ การใช้งานต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง โดยควรวางอุปกรณ์นั้นในบริเวณค่อนไปทางด้านในของตู้ เพื่อลดการรบกวน airflow ของตู้ให้น้อยที่สุด
- สิ่งของทุกชิ้นที่จะนำเข้าตู้ต้องเช็ดพื้นผิวด้วย 70% Alcohol ก่อน และวางสิ่งของอุปกรณ์ใช้งานให้เป็นระเบียบโดยแยกของที่ไม่ติดเชื้อออกจากส่วนที่ติดเชื้อ เช่นวางของที่ไม่ติดเชื้อทางด้านขวาและของที่ติดเชื้ออยู่ทางซ้าย เพื่อให้ทำงานได้คล่องตัวและลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น
- ภาชนะสำหรับทิ้งไปเปต หรือถุงทิ้งขยะติดเชื้อ ไม่ควรวางไว้นอกตู้ เพราะการที่ต้องเคลื่อนมือหยิบไปเปตออกไปทิ้งข้างนอกและเคลื่อนมือเข้ามาในตู้ซ้ำไปมาเช่นนี้ ทำให้รูปแบบการไหลของม่านอากาศเสียไป และความเร็วของ Inflow air ถูกรบกวน ส่งผลให้การป้องกันการปนเปื้อนต่องานที่ทำและต่อผู้ใช้ตู้ลดลงได้

4. การเปิดเครื่องใช้งานและบำรุงรักษาตู้

การใช้งานตู้ควรเปิดเครื่องทิ้งไว้อย่างน้อย 5 นาที ก่อนเริ่มทำงาน และหลังทำงานเสร็จแล้ว เพื่อให้ขจัดอากาศที่ปนเปื้อนภายในตู้ออก

การบำรุงรักษาตู้ BSC หรือการซ่อมตู้จะต้องดำเนินการโดยช่างเทคนิคที่มีความรู้โดยเฉพาะ เมื่อมีความผิดปกติใดๆ ในการใช้งานตู้ ต้องทำการซ่อมก่อน

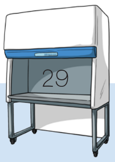
5. การใช้หลอด Ultraviolet light (UV)

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า แสง UV ไม่สามารถทะลุทะลวงผ่านวัตถุไปได้ UV สามารถฆ่าเชื้อโรคได้ที่พื้นผิววัตถุเท่านั้น จึงนิยมนำมาใช้งานกับตู้ BSC เพื่อให้แสง UV ทำลายเชื้อบนพื้นผิวตู้

- ปัญหาที่มักเกิดขึ้นก็คือ เมื่อมีอะไรไปปิดกั้นแสงไว้ เช่นมีการนำสิ่งของใช้งานมากมายมาเก็บไว้ในตู้ ก็ทำให้พื้นผิวบางส่วนเป็นแหล่งเก็บเชื้อได้ หรือที่เกิดขึ้นบ่อยมากคือมีฝุ่นละอองมาเกาะติดสะสมบนหลอด UV ทำให้แสง UV จึงถูกบดบังไว้ไม่ฆ่าทำลายเชื้อในอากาศหรือบริเวณที่ต้องการได้

ดังนั้นถ้าเลือกใช้ UV ต้องจัดการดังนี้

- ต้องไม่เก็บสิ่งของต่างๆ ไว้ในตู้
- ดูแลบำรุงรักษาหลอด ทำความสะอาดฝุ่นละอองที่มาเกาะติดบนหลอดออกไปอย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง มิฉะนั้นแล้ว ฝุ่นจะเป็นตัวปิดกันแสง UV ทำให้การฆ่าเชื้อไม่ได้ผล
- ต้องตรวจสอบความเข้มของแสง UV ที่เปล่งแสงออกมาว่ามีค่าตามมาตรฐานของการทำลายเชื้อที่เหมาะสมหรือไม่ ซึ่งควรมีค่าไม่น้อยกว่า 40 $\mu w/cm^2$
- สุดท้ายต้องอย่าลืมปิดแสง UV เมื่อจะทำงานด้วย เพื่อป้องกันดวงตา และผิวหนังของผู้ใช้ไม่ให้ถูกทำลาย



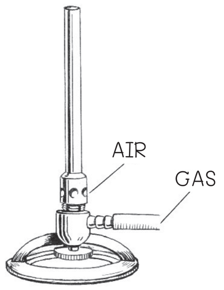
เมื่อไม่เลือกใช้หลอด UV

- มีทางเลือกอื่นที่ให้ผลเทียบเท่ากับแสง UV และปลอดภัย แถมยังไม่ต้องเสียเวลาดูแลบำรุงรักษาหลอด UV ก็คือ การเช็ดพื้นผิวตู้ด้วย 70% Alcohol ทั้งพื้นที่ทำงาน รวมทั้งผนังด้านในทั้ง 4 ด้าน ง่าย สะดวก...

  หลอด UV ไม่ได้เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการใช้ตู้ BSC อีกต่อไป จะสังเกตว่าในการซื้อตู้มาใช้งาน หลอด UV ไม่ได้อยู่ในรายการมาตรฐานของตู้ BSC แล้ว

6. การใช้ตะเกียงบุนเสน (Open flames)

ตะเกียงบุนเสน (Bunsen) เป็นอีกอุปกรณ์หนึ่งที่ผู้ใช้งานตู้ส่วนหนึ่ง ไม่ได้นำมาใช้งานในตู้ BSC แล้ว ตะเกียงบุนเสนนั้นเมื่อเปิดใช้งานจะมีเปลวไฟเกิดขึ้น (Openflames) เปลวไฟที่เกิดขึ้นภายในตู้ทำให้เกิดผลเสียที่ตามมาอย่างไร?เปลวไฟตะเกียงบุนเสนจะไปรบกวนรูปแบบการไหลเวียนของอากาศ (Air flow pattern) ภายในตู้ และถ้ามีการใช้สารเคมีจำพวกไวไฟในตู้ด้วย ก็จะเกิดอันตรายได้ มีอุบัติการณ์เกิดขึ้นแล้วในต่างประเทศ องค์การอนามัยโลกไม่สนับสนุนการใช้ตะเกียงบุนเสน จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้ตะเกียงบุนเสนในตู้ BSC จะดีกว่า แม้ว่างานทางด้านแบคทีเรียจำเป็นต้องใช้ Sterile technique โดยการเผา (Sterile) Loop ก็สามารถใช้อุปกรณ์ที่ทดแทนกันได้ เช่น Micro-burner หรือ Electric furnaces ซึ่งจะไม่มีเปลวไฟอย่างตะเกียงบุนเสน



รูปที่ 24 ตะเกียงบุนแสน
(ที่มา: commons.wikimedia.org)

7. การจัดการเมื่อเชื้อหก หล่น กระเด็น (Spills) ในตู้ BSC

ควรมีขั้นตอนการจัดการเมื่อเกิดอุบัติเหตุเชื้อหก หล่น กระเด็น และติดไว้บริเวณที่ทุกคนในห้องปฏิบัติการได้อ่าน และทำความเข้าใจได้อย่างรวดเร็ว เช่น ติดป้ายให้ชัดเจน

เมื่อเกิดเหตุเชื้อหกกระเด็นภายในตู้ BSC ต้องรีบจัดการฆ่าเชื้อในตู้ทันทีดังนี้

1. ให้เปิดเครื่องให้ตู้ทำงานต่อไป

2. เทน้ำยาฆ่าเชื้อความเข้มข้น 0.05% Clorox (เจือจาง 5.25% Clorox 1:100) ลงบนบริเวณเชื้อที่หกทันที ทิ้งไว้นาน 30 นาที กรณีเชื้อมีปริมาณมากให้ซับเชื้อด้วยกระดาษซับอย่างหนาก่อน และให้นำไปแช่ใน Clorox 1:10 (0.5% Clorox) หรือที่มีความเข้มข้นมากกว่า

3. หลังจากนั้น ให้เช็ดตามด้วยสำลีที่ชุบ 70% Alcohol ซับและเช็ดทำความสะอาดบริเวณที่ปนเปื้อนเชื้อ (ถ้าต้องการเปิด UV เพื่อฆ่าเชื้อ ควรเช็ดฝุ่นทำความสะอาดหลอด UV ก่อน และเปิดไว้นาน 30 นาที)

เมื่อได้เรียนรู้หัวใจสำคัญในการทำงานแล้วก็ถึงเวลาที่จะใช้งานตู้ BSC แบบรู้เท่าทันกันเลย...

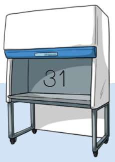
วิธีทำงานกับตู้ BSC อย่างไรให้ปลอดภัย

ก่อนใช้งาน ต้องเตรียมตัวอย่างไร

1. ล้างมือให้สะอาด สวมถุงมือ
2. เปิดเครื่องนาน 3-5 นาที ก่อนเริ่มทำงานเพื่อให้เกิดการหมุนเวียนของม่านอากาศภายในตู้
3. ทำความสะอาดพื้นผิวโต๊ะบริเวณใช้งาน ผนังตู้ภายในด้านข้าง และด้านหลังด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 70% Alcohol
4. เช็ดพื้นผิวอุปกรณ์ทุกชิ้นด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 70% Alcohol ก่อนนำเข้าตู้ และวางอุปกรณ์ สิ่งของต่างๆ ทุกชิ้นที่ต้องการใช้งานเข้าภายในตู้
5. วางอุปกรณ์จากบริเวณสะอาด (Steriled test tube, Tip, Plate ฯลฯ) ไปยังบริเวณที่สกปรก (เชื้อ ภาชนะทิ้งไปเปต ถุงแดงทิ้งขยะติดเชื้อ)

ระหว่างใช้งานตู้ ต้องทำอย่างไร

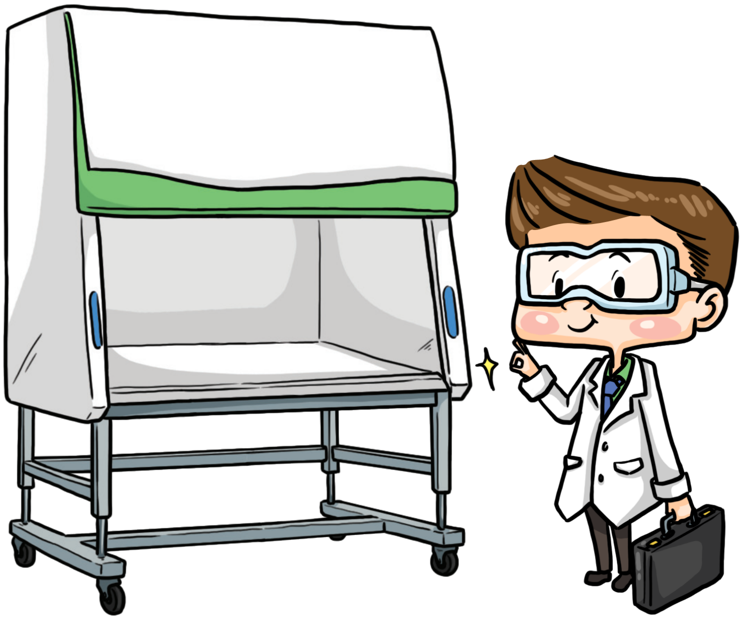
1. ก่อนเริ่มงาน ให้หยุดการเคลื่อนมือ/แขนภายในตู้ไว้ประมาณ 1 นาที เพื่อให้อากาศที่ไหลเวียนในตู้เป็นม่านอากาศก่อนหรือลดการไหลเวียนของอากาศที่ไม่มีทิศทาง
2. ไม่วางสิ่งของขวางช่องลมด้านหน้าตู้ (Front grille) และภายในตู้ด้านหลัง (Rear grille)
3. จัดพื้นที่ทำงานให้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางตู้หรือ ประมาณ 4 นิ้วจาก Front grille
4. ลดการเคลื่อนที่มือ หรือให้เคลื่อนมืออย่างช้าๆ เพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวนการไหลของอากาศในตู้ (Cabinet airflow)
5. เมื่อจะเคลื่อนมือออกมานอกตู้ ควรฆ่าเชื้อทำความสะอาดพื้นผิวถุงมือด้านนอกที่สวมอยู่ก่อนและให้เคลื่อนมือช้าๆ โดยให้แขนตั้งฉากกับด้านหน้าตู้
6. ลดการรบกวน Airflow ของตู้จากด้านนอก เช่นการเปิดพัดลมข้างตู้
7. จัดวางสิ่งของที่จะใช้งาน ให้แยกส่วนที่ฆ่าเชื้อ (Clean) ออกจากส่วนที่ติดเชื้อ (Dirty) เช่นเครื่องมืออุปกรณ์ที่ฆ่าเชื้อแล้วเช่น Pipette, Test tube, Flask, Media และ Pipetter จัดวางไว้ทางขวา ส่วนที่ติดเชื้อ เช่น เซลล์เพาะเลี้ยง seed virus ภาชนะทิ้ง Pipette และถุงแดงทิ้งขยะติดเชื้อ อยู่ทางซ้าย เป็นต้น
8. ควรวางถุงแดงทิ้งขยะติดเชื้อ หรือถาดทิ้งไปเปตไว้ด้านเหนือภายในตู้
9. ไม่ควรใช้ตะเกียงแก๊สในตู้เพราะเปลวไฟจะไปรบกวน Supply airflow
10. เมื่อจะเปิด Plate/dish ให้ถือฝา Plate บังไว้เหนือ Plate หรือเอียง Tube/flask ไม่ให้ปากขวดตั้งฉากกับพื้นที่ทำงาน เป็นเทคนิคที่สามารถป้องกันความเสี่ยงที่เกิดจากการปนเปื้อนเชื้อในอากาศที่ไหลจากด้านบน (Downward air) ลงมาปะทะ
11. เมื่อต้องใช้เครื่องมือที่จะรบกวน Airflow เช่น Centrifuge, Blender ควรวางในตำแหน่งที่ค่อนไปด้านใน 1/3 ของตู้



เมื่อใช้งานเสร็จแล้ว ทำอย่างไร

1. เช็ดทำความสะอาดถุงมือที่สวมใส่อยู่ด้วย 70% Alcohol
2. เช็ดพื้นผิวอุปกรณ์ฯ ทุกชิ้นด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 70% Alcohol ก่อนนำออกจากตู้
3. ถอดถุงมือทิ้งในถุงแดง (อยู่ภายในตู้)
4. สวมถุงมือใหม่ และปิดปากถุงขยะติดเชื้อ/ปิดฝาภาชนะทิ้งไปเปต นำออกนอกตู้
5. ทำความสะอาดพื้นผิวโต๊ะบริเวณใช้งาน ผนังตู้ภายในด้านข้างและด้านในด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 70% Alcohol
6. ปล่อยให้เครื่องทำงานต่อไป 3-5 นาที จึงปิดเครื่อง
7. ปิดกระจกหน้าต่างตู้ (Sash) ลงมาให้สนิท
8. นำถุงขยะติดเชื้อ (ถุงแดง) ไป Autoclave และนำอาหารเลี้ยงเชื้อที่ปนเปื้อนเชื้อไปทำลายเชื้อเบื้องต้นด้วย Clorox ก่อนที่จะนำไป Autoclave ต่อไป
9. ถอดถุงมือ ทิ้งในถังขยะติดเชื้อนอกตู้
10. ล้างมือให้สะอาดที่อ่างล้างมือ

เมื่อได้เรียนรู้วิธีทำงานตู้ BSC อย่างไรจึงจะปลอดภัยแล้วคราวนี้ก็ถึงเวลาที่จะตรวจสอบตู้กันบ้างว่า หลังจากที่ใช้งานตู้ไประยะหนึ่ง จะแนใจได้อย่างไรว่าตู้ยังใช้งานได้ดีอยู่ และที่ขาดไม่ได้ก็คือ วิธีการเตรียมตู้เพื่อการตรวจสอบ



ตอนเย็น

ว่าด้วยเรื่อง ดูแล รักษา

การตรวจสอบการทำงานของตู้ชีวนิรภัย
การฆ่าเชื้อในตู้
ไขข้อข้องใจ

การตรวจสอบการทำงานของตู้ปลอดเชื้อ (Certification)

ตู้ BSC จะต้องได้รับการตรวจสอบการทำงาน หรือเรียกเป็นทางการว่า การประเมินรับรองสภาพการทำงานตู้ (Certification) หรือ Certify ตู้ หรืออาจเรียกอีกชื่อว่าการทำ Physical testing เป็นไปตามมาตรฐานชาติหรือมาตรฐานสากล โดยจะต้องตรวจสอบการทำงานตู้ ตั้งแต่วันแรกของการติดตั้งตู้ และหลังจากการใช้งานแล้วอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง จากช่างเทคนิค (Certifier) ที่มีความรู้ความสามารถและได้รับการฝึกอบรมในการตรวจสอบตู้เป็นอย่างดีเท่านั้น

การประเมินรับรองสภาพการทำงานของตู้ เพื่อตรวจสอบระบบที่เกี่ยวกับการป้องกันการปนเปื้อนเชื้อ ประกอบด้วยรายการหลักดังนี้

1. Downflow velocity test (การวัดความเร็วลม ผ่านพื้นที่ปฏิบัติงาน)
2. Inflow velocity test (การวัดความเร็วลม เข้าหน้าตา)
3. HEPA filter leak test (การทดสอบหารอยรั่วของ HEPA filter)
4. Airflow smokes pattern test (Smoke test) (การทดสอบรูปแบบการไหลของอากาศ)
5. Cabinet leak test (เฉพาะตู้ A1 เท่านั้น) (การทดสอบหารอยรั่วของตู้)

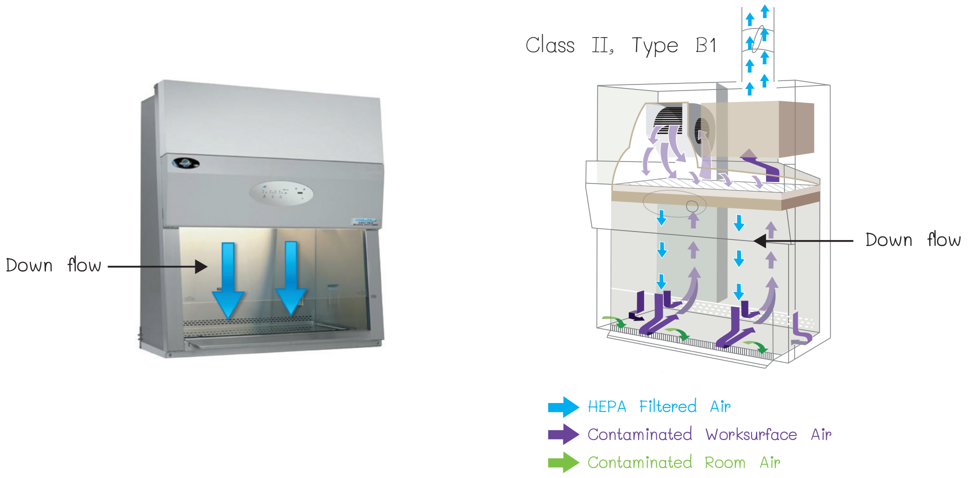
สำหรับการประเมินรับรองสภาพการทำงานตู้ เพื่อตรวจสอบระบบที่เกี่ยวกับความสะดวกสบายและไฟฟ้าแก่ผู้ใช้ แต่ไม่ถือเป็นรายการหลักได้แก่

1. lighting intensity test (ความเข้มแสง)
2. Vibration test (การสั่นสะเทือน)
3. Noice lever test (เสียง)
4. UV light intensity check (ความเข้มของแสงยูวี)
5. Electrical leakage (ตรวจไฟรั่ว)
6. Alarm, Interlocks, Negative pressure test

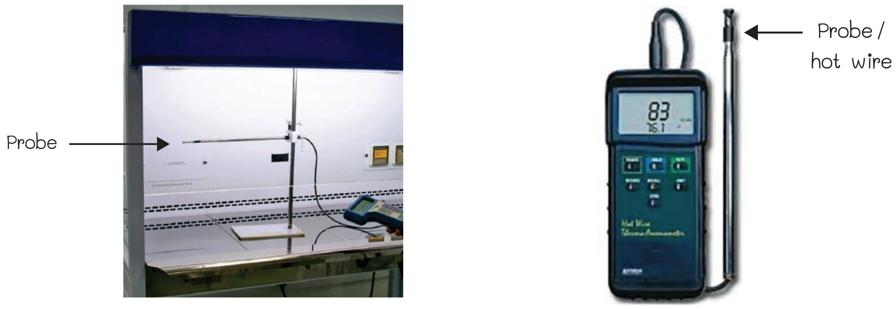
ผู้ที่มาตรวจรับรองตู้ หรือ Certifier จะต้องผ่านการรับรองความสามารถ (Accredit) ก่อนที่จะมาให้บริการตรวจรับรองตู้ ดังนั้นผู้ใช้งานตู้ควรหาโอกาสเรียนรู้ และติดตามการตรวจสอบด้วย เพราะผู้ใช้งานมีความเสี่ยงติดเชื้อสูงกว่าคนอื่น จึงควรเอาใจใส่ติดตามการตรวจสอบของผู้ตรวจรับรองตู้ด้วย อย่าลืมตรวจสอบด้วยว่าเครื่องมือวัดที่ผู้ตรวจรับรองตู้ ต้องผ่านการสอบเทียบมาแล้ว และขอดูหลักฐานรายงานผลสอบเทียบเครื่องมือด้วย เพื่อให้แน่ใจว่าได้ใช้เครื่องมือที่วัดค่าได้ถูกต้องหรือไม่ และนำคู่มือของตู้ BSC ให้ผู้ตรวจรับรองตู้ใช้เป็นขั้นตอนการปฏิบัติงานในการตรวจรับรองตู้ด้วย

มาดูรายละเอียดว่าทำกันอย่างไร !

1. Downflow velocity test เป็นการวัดความเร็วลมที่ไหลเวียนลงไปยังพื้นที่ทำงานในตู้



รูปที่ 25 ทิศทางการไหลของ Downflow (ที่มา : www.nuaire.com)



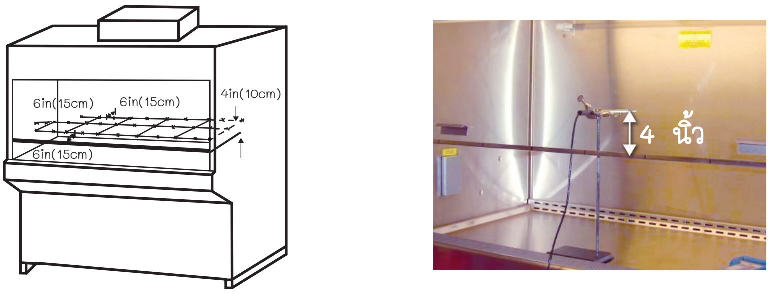
รูปที่ 26 การติดตั้งอุปกรณ์ Thermal anemometer และ Probe ใช้วัดความเร็วลมภายในตู้
(ที่มา : www.afrims.com) (ที่มา : www.extech.com)

1.1 อุปกรณ์ที่ใช้มี Thermal Anemometer within calibration due date และ Stand & Clamp สำหรับ Probe

1.2 วัดความเร็วลม ณ จุดต่างๆ ไม่ห่างกันเกิน 6 นิ้ว โดยทำตารางการวัด (Grid) ให้ครอบคลุมพื้นที่

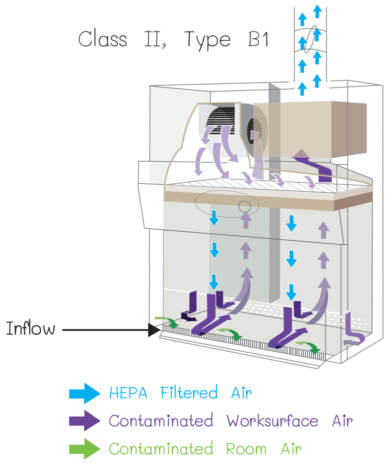
1.3 วาง Probe ณ ความสูงที่ 4 นิ้ว จากตำแหน่งล่างสุดของ Sash

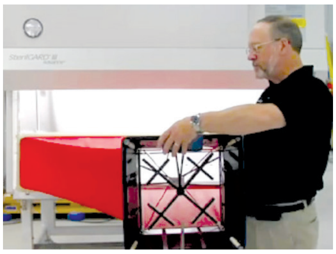
1.4 Downflow test มีวิธีตรวจรับรองเพียงวิธีเดียว



รูปที่ 27 การสร้าง Grid ครอบคลุมพื้นที่ใช้งาน และระยะการวาง Probe ขณะวัด Downflow
(ที่มา : www.afrims.com)

2. Inflow velocity test วัดความเร็วลมที่เข้ามาบริเวณด้านหน้าตู้





(ที่มา : info.baker.com)

(ที่มา : www.globalspec.com)

รูปที่ 28 แสดงทิศทางของ Inflow และ การวางอุปกรณ์ Dim with hood ครอบช่องหน้าต่างด้านหน้าตู้

มีวิธีวัด Inflow velocity 2 วิธี

1. Primary method 2. Alternative method

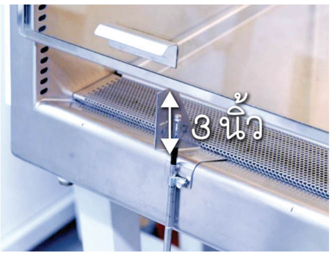
Primary method

1. ใช้ DIM with hood วางครอบช่องเปิดด้านหน้าตู้ BSC และ Seal ด้วยเทปให้แน่นไม่ให้มีช่องลม
2. อ่านค่า 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย
3. คำนวณ (Valumetric flow rate, Q) = (Air velocity, V x Cross sectional area, A)

$$Q = VA$$

Alternative method วิธีที่ 1

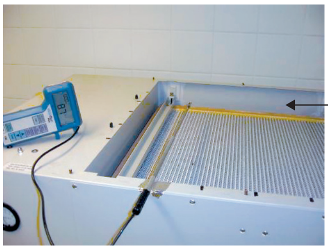
1. ใช้ Thermoanemometer วัดความเร็วลมหน้าตู้ โดยจำกัดการไหลของอากาศ ด้วยการเปิดช่องหน้าตู้ไว้สูง 3 นิ้วนับจากบริเวณพื้นที่ทำงาน
2. วัดความเร็วลมที่ช่องเปิดหน้าตู้ ที่ตำแหน่งความสูง 1 ½ นิ้วจากพื้นขอบตู้



รูปที่ 29 (ที่มา : www.afrims.com)

Alternative method วิธีที่ 2

1. ใช้ Anemometer วัดความเร็วลมที่ Exhaust filter



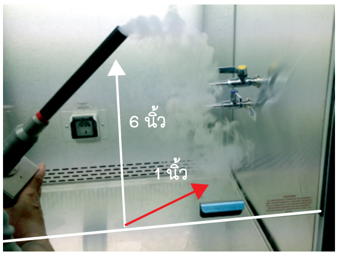
รูปที่ 30 การวัด Inflow velocity ด้วยวิธี Exhaust filter method (ที่มา : www.afrims.com)

3. Airflow smoke patterns test **เป็นการตรวจสอบทิศทางการไหลของลม ดังนี้**

ดูว่าทิศทางการไหลของลมผ่านไปยังพื้นที่ทำงาน ไม่ย้อนกลับ (Downward test) พ่นควันในตำแหน่ง 4 นิ้วสูงจากขอบกระจกหน้าต่าง

รูปที่ 31 การทำ Smoke test ดู Airflow
(ที่มา : www.afrims.com)

ดูว่าการไหลของลมภายในตู้ เล็ดลอดออกไปข้างนอกตู้หรือไม่ (View screen retention test) โดยพ่นควันที่ตำแหน่งสูง 6 นิ้วจากขอบกระจกหน้าต่าง และอยู่หลังกระจก 1 นิ้ว

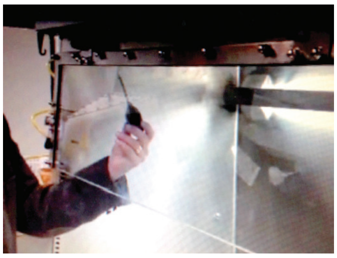


รูปที่ 32 การทำ Smoke test ดูการไหลของลมให้อยู่ภายในตู้
(ที่มา : www.afrims.com)

ดูว่าทิศทางการไหลของลมเป็นลักษณะไหลเข้าตู้ (Inflow) ที่ขอบตู้ด้านหน้าเล็ดลอดเข้าไปในพื้นที่ทำงานหรือไม่ (Work opening edge retention test)

รูปที่ 33 การทำ Smoke test ดูการไหลเข้าของ Inflow air
(ที่มา : www.youtube.com)

- ดูว่ามีการไหลของอากาศที่ตำแหน่งรอยต่อ ย้อนออกไปข้างนอกตู้หรือไม่ (Work opening edge retention test)



รูปที่ 34 การทำ Smoke test ดูการไหลออกนอกตู้ และบริเวณรอยต่อของตู้
(ที่มา : www.afrims.com)

4. HEPA filter leak test เป็นการตรวจสอบความสมบูรณ์ (แผ่นกรองรั่วหรือไม่) ของ HEPA filter ของตู้ โดยใช้สารเคมีที่มีลักษณะเป็น Aerosol เช่น DOP หรือ PAO ฉีดเข้าไปภายในตู้ BSC ด้วยเครื่อง Aerosol generator และใช้เครื่อง Aerosol photometer วัดปริมาณ Aerosol ที่ผ่าน filter ออกมาอีกด้านหนึ่ง ถ้าวัดได้เกินมาตรฐานแสดงว่ามีการรั่วเกิดขึ้น

Aerosol photometer (ที่มา : www.hellotrade.com) Aerosol generator (ที่มา : www.atitest.com)
รูปที่ 35 อุปกรณ์ใช้ในการตรวจ HEPA leak test

รูปที่ 36 การใช้อุปกรณ์ Aerosol photometer ในการตรวจหารอยรั่วของแผ่นกรอง HEPA
(ที่มา : escoglobal.com)

5. Cabinet integrity เป็นการตรวจสอบพื้นผิวตรงรอยต่อทั้งหมดของตัวตู้ว่ามีการรั่วหรือไม่ ใช้ตรวจเฉพาะ Class II A1 เท่านั้น โดยวิธี Bubble test ที่ใช้น้ำสบู่หรือสบู่เหลวทาไปทั่วพื้นผิวตู้ทั้ง 4 ด้าน หลังจากที่อัดความดันเข้าไปในตู้ และปิดช่องเปิดต่างๆ ให้สนิทแล้ว ถ้ามีการรั่วบริเวณใด ก็จะเห็นเป็นฟองสบู่

เมื่อได้เรียนรู้การทำ Certify ตู้แล้ว ผู้ใช้งานตู้ก็จะสามารถมั่นใจได้ว่ามีความปลอดภัยในการทำงานสิ่งสุดท้ายที่สำคัญที่แพ้กัน คือการทำลายเชื้อในตู้ ว่าจะทำกันมื่อไหร่ และทำอย่างไร

BSC Decontamination (การฆ่าเชื้อในตู้ BSC)

BSC Decontamination เป็นการฆ่าทำลายเชื้อจุลชีพภายในตู้ BSC ให้เหลือน้อยที่สุดอยู่ระดับที่ปลอดภัย โดยวิธีรมควันด้วยสารเคมี (Fumigation) โดยเฉพาะในบริเวณที่ปนเปื้อนเชื้อ เช่น HEPA filter ก่อนที่จะถอดออกมาเปลี่ยน หรือก่อนที่จะมีการตรวจขอรับรองตู้ (Certification)

เมื่อไร ต้องทำการฆ่าเชื้อในตู้

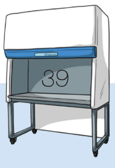
1. ก่อนทำการขอรับรองการใช้งานตู้หรือก่อนสอบเทียบตู้ (Certification)
2. ก่อนทำการย้ายตู้ไปบริเวณอื่น
3. ก่อนทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ภายในตู้ เช่นเปลี่ยน HEPA filter, เปลี่ยนพัดลม (Motor/Blower)
4. ก่อนทำการเปลี่ยนการศึกษาเป็นเชื้ออื่น

วิธีการฆ่าเชื้อในตู้ ทำอย่างไร

วิธีใบแก๊ส Formaldehyde โดยใช้สารเคมี Paraformaldehyde ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. วัสดุที่ต้องใช้ : เทปกระดาษขุ่น, แผ่นพลาสติกหนา, Hot plate/Gas generator (เปิดปิดเครื่องด้วย Remote control), นาฬิกาจับเวลา, ชุดสวมคลุม & หน้ากาก, เครื่องช่วยหายใจ (Respirator)
2. ปิดช่องบริเวณด้านหน้า (Acess opening) และ ช่องระบายอากาศ (Exhaust openings)
3. คำนวณปริมาณ Paraformaldehyde ที่ต้องใช้ (สูตร: 0.3 x Cubic feet ของตู้ = ปริมาณเป็นกรัม) ทำให้มีความเข้มข้นสุดท้าย 0.8% โดยน้ำ
4. นำไป Heat ด้วย Hot plate ทำให้เกิดเป็นแก๊ส Formaldehyde
5. ปรับอุณหภูมิ 21°C และความชื้น 60-85% RH ตามค่าที่กำหนด
6. ใช้เวลาในการรมควันอย่างน้อย 6 ชั่วโมง (Contact time) หรือทิ้งค้างคืนไว้
7. ทำให้แก๊ส Formaldehyde เป็นกลาง (Neutralization) โดยใส่สารเคมี Ammonium Bicarbonate และตรวจวัดแก๊สว่ามีตกค้างหรือไม่
8. ถ่ายเทอากาศภายนอกตู้ (Ventilation) อย่างน้อย 1 ชั่วโมงหรือ ทิ้งค้างคืน
9. ตรวจสอบผลการฆ่าเชื้อ (Verification) โดยใช้ Sport strip นำไปเพาะเชื้อ 7 วัน
10. เช็ดทำความสะอาดตู้ด้วย 70% Alcohol

ใช้วิธีอื่นๆ เช่นใช้สารเคมี 37% Formalin, Hydrogen peroxide, Ethylene Oxide หรือ Chlorine dioxide เป็นต้น



ใครทำ Decontamination

วิธีการทำ Decontamination หรือ Decon ตู้ เป็นวิธีค่อนข้างอันตรายถ้าปฏิบัติไม่ถูกต้อง ดังนั้นผู้ที่จะทำ Decon ต้องได้รับการฝึกอบรมเป็นอย่างดีก่อน และมีอุปกรณ์พร้อม ต้องปิดคลุมตู้ให้มิดชิด เตรียมช่องเปิดที่ถุงคลุมเพื่อให้สารเคมีถูกปลอ่ยเข้าไปในตู้

รูปที่ 37 Decon ตู้ BSC ด้วยวิธี Hydrogen peroxide vapor
(ที่มา : bbs.sciencenet.cn)

ไขข้อข้องใจ

รวมข้อคำถาม ปัญหา ข้อสงสัยมาไว้ที่นี่...

1. Horizontal laminar flow clean benches เป็น ตู้ BSC ด้วยหรือไม่

- Horizontal laminar flow clean benches ไม่ใช่ ตู้ BSC
- ตู้ Horizontal laminar flow clean benches หรือ มักเรียกสั้นๆ ว่า Clean benchesไม่ใช่ตู้ BSC
- ตู้ Clean bench ประเภทนี้ มีการไหลเวียนอากาศมาจากด้านในตู้ และกรองผ่าน HEPA filter แล้วจึงผ่านไปยังพื้นที่ทำงานในตู้ และไปยังผู้ใช้ตู้ ผู้ใช้ตู้จะรู้สึกมีลมเป่าเข้าหาตัว ซึ่งเป็นการทำให้อากาศภายในตู้สะอาดปราศจากฝุ่น เชื้อ ได้ จึงเป็นการป้องกันไม่ให้งานที่ทำปนเปื้อนเชื้อ (Product production)
- จึงเหมาะสำหรับการทำงานที่ต้องการสภาพความสะอาดไร้ฝุ่น ปราศจากเชื้อเช่น การประกอบ Sterile equipment หรือ Electronic devices หรือ เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ เป็นต้น
- ตู้จะเปิดโล่งไม่มีที่กั้น (Sash/window) ด้านหน้าตู้ และไม่มีช่องลม (Grille) ที่พื้นที่ทำงาน
- ตู้ Clean bench จึงไม่ควรใช้ทำงาน Tissue culture หรือทำงานเกี่ยวกับเชื้อ เนื่องจากอากาศจากตู้จะไหลผ่านเข้าหาตัวผู้ใช้ และนำเชื้อที่ปนเปื้อนในงานที่ทำออกไปด้วย ทำให้ผู้ใช้มีโอกาสสัมผัสเชื้อได้

ส่วน Vertical laminar clean benches (Clean benches) ก็ไม่ใช่ BSC แต่เป็นอีกชนิดหนึ่งของ Clean bench นั่นเอง

- มีรูปแบบการไหลเวียนของอากาศเช่นเดียวกับ Horizontal clean bench แต่ที่ด้านหน้าตู้มีแผ่นกระจก (Sash) ปิดกั้นไว้มีลักษณะเหมือนกับ ตู้ BSC แต่บริเวณพื้นที่ทำงานในตู้ไม่มีช่อง Grille
- ตู้ประเภทนี้มักนิยมใช้งานเช่นเดียวกันกับ Herizontal clean bench เช่นในงานเภสัชกรรมในโรงพยาบาล ในการใช้บรรจุยาฉีด หรือ Sterile normal saline
- ไม่ควรใช้ทำงานเกี่ยวกับกับ Tissue culture หรือเชื้อ เพราะจะเกิดปัญหาเดียวกันกับ Horizontal cleon benches โดยที่อากาศไหลจากตู้ผ่านได้ Sach ไปยังผู้ใช้ทำให้ติดเชื้อได้ Vertical clean benches ประเภทนี้ดูเผินๆ จะคล้ายกับ BSC ควรระวังการใช้งานกับตู้ผิดประเภทด้วย

2. BSC แตกต่างจาก Chemical fume hood อย่างไร

- Class II BSC จะช่วยป้องกันการปนเปื้อนเชื้อในงานหรือตัวอย่างที่ทำ (Product protection) ป้องกันการแพร่กระจายเชื้อไปสู่ผู้ใช้งานตู้ (Personal protection) และป้องกันการแพร่กระจายเชื้อไปยังสิ่งแวดล้อม (Environment protection) โดยเชื้อจะถูกดักจับด้วย HEPA filter
- Chemical fume hood จะป้องกันผู้ใช้ตู้จากควัน แก๊ส ไอระเหยของสารเคมี (Personnel protection) โดยดูดสารดังกล่าวออกจากพื้นที่ทำงาน และปล่อยออกไปภายนอกอาคาร ตู้ Chemical fume hood ไม่มี HEPA filter

3. Biological Safety Cabinet (BSC) Class I, II และ III ต่างกันอย่างในแง่การป้องกัน

Cass I ป้องกันผู้ใช้งานตู้ และสิ่งแวดล้อม (Personnel & Environment protection) จากเชื้ออันตราย

Cass II ป้องกันงานที่ทำ ป้องกันผู้ใช้งานตู้ และสิ่งแวดล้อม (Product, Personnel & Environment protection) จากเชื้ออันตราย

Cass III ป้องกันงานที่ทำ ป้องกันผู้ใช้งานตู้ และสิ่งแวดล้อม (Product, Personnel & Environment protection) จากเชื้ออันตรายสูง มีอุปกรณ์ขวางกั้นระหว่างเชื้อกับผู้ใช้งานตู้

4. HEPA filter ดักจับเชื้อไวรัสได้หรือ ?

- HEPA filter ดักจับไวรัสได้
- HEPA filter มีประสิทธิภาพในการดักกรองอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอนได้อย่างน้อยถึง 99.97%
- HEPA filter มีประสิทธิภาพในการดักกรองอนุภาคขนาดใหญ่กว่าหรือเล็กกว่า 0.3 ไมครอนได้ 99.99%

5. HEPA filter ดักจับแก๊ส และไอระเหยได้หรือ ?

HEPA filter ไม่สามารถดักจับแก๊ส และไอระเหย แต่จะดักจับอนุภาคได้

6. การตรวจรับรองสภาพการทำงานตู้ (Certification) คืออะไร

จุดประสงค์ในการขอการรับรองสภาพการทำงานตู้ เพื่อให้แน่ใจว่าตู้ยังทำงานได้อย่างดีตาม Specification ของผู้ผลิต ผู้ทำการรับรองตู้ (Certifier) จะตรวจสอบ HEPA filter ว่ารอยรั่วหรือไม่ การไหลเวียนอากาศภายในตู้มีความสมดุลหรือไม่ ตรวจสอบตัวตู้ว่ามีรอยรั่วหรือไม่ถ้ามีการเคลื่อนย้าย และตรวจสอบอุปกรณ์ที่ให้ความสะดวกต่างๆ การตรวจรับรองตู้ควรดำเนินการเมื่อมีการเคลื่อนย้ายตู้ หรือมีการเปลี่ยน Filter และทำการตรวจรับรองสภาพตู้อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

7. ทำไมการตรวจสอบ HEPA filter leak test (Test aerosol) ต้องทำกับอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอน ?

จากการศึกษาประสิทธิภาพของแผ่นกรอง HEPA พบว่าขนาดอนุภาค 0.3 ไมครอน เป็นขนาดที่สามารถผ่านแผ่นกรองออกมาได้ 0.03% ในขณะที่อนุภาคที่ใหญ่กว่าหรือเล็กกว่า 0.3 ไมครอนจะถูกดักจับไว้ได้หมด ดังนั้นอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอน จึงนำมาใช้ในการตรวจสอบการรั่วของแผ่นกรองโดยพ่นสารขนาดดังกล่าวเข้าไปในตู้ แล้วตรวจนับจำนวนอนุภาคที่ผ่านแผ่นกรองว่ามากกว่า 0.03% หรือไม่ ถ้ามากกว่า แสดงว่ามีการรั่วเกิดขึ้น

8. มาตรฐานการปฏิบัติงานทางจุลชีววิทยา (Standard Microbiological Practice) มีอะไรบ้าง

เป็นวิธีการหรือแนวทางที่ห้องปฏิบัติงานด้านจุลชีววิทยาต่างใช้เป็นแนวทางปฏิบัติในการทำงาน ซึ่งอย่างน้อยจะต้องประกอบข้อปฏิบัติดังต่อไปนี้

- ต้องควบคุมการเข้าออกห้องปฏิบัติการ
- ล้างมือหลังจากการทำงานกับเชื้ออันตราย และก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ
- ไม่กิน ดื่ม สูบ ใช้ Contact lens ใช้เครื่องสำอาง และเก็บอาหารสำหรับรับประทานในห้อง Lab
- ไม่ใช้ปากดูดไปเปต

- การใช้ของมีคม เช่นเข็ม มีด ไปเปต เศษเครื่องแก้วแตก เครื่องแก้วต่างๆ โดยเน้นการใช้ การทิ้ง การเคลื่อนย้ายที่ถูกต้อง
- ลดการก่อให้เกิดละอองเชื้อ (Aerosol) ในการปฏิบัติงานในทุกขั้นตอนปฏิบัติงาน
- ต้องฆ่าเชื้อด้วยน้ำยาที่เหมาะสมที่บริเวณพื้นผิวทำงานหลังจากเสร็จสิ้นงาน และเมื่อมีเชื้อตกหล่น
- ต้องฆ่าทำลายเชื้อก่อนทิ้ง ด้วยวิธีการที่เหมาะสม
- มีสัญลักษณ์แสดงถึงเชื้ออันตรายติดป้ายที่ประตูหน้าห้องปฏิบัติการทำงานด้านเชื้อ
- มีแผนบริหารจัดการแมลงที่เป็นศัตรูทางการแพทย์ที่ได้ผลดี
- บุคลากรได้รับการฝึกอบรมที่เหมาะสมกับหน้าที่ความรับผิดชอบ ได้รับภูมิคุ้มกัน หรือการป้องกันอื่นๆ ด้วย ควรมีความรู้ว่าสภาวะใดของร่างกายที่จะส่งผลให้ติดเชื้อได้
- ถ้าทำงานกับเชื้อกลุ่มเสี่ยงสูงขึ้น ที่มีความรุนแรงกว่า ก็จะต้องมีการปฏิบัติทางจุลชีววิทยาที่เพิ่มพิเศษจากมาตรฐานการปฏิบัติงาน

9. เทคนิคทางห้องปฏิบัติการ (Laboratary technique) ที่ใช้ในการปฏิบัติงานกับเชื้อมีอะไรบ้าง

เทคนิคทางห้องปฏิบัติการ (Laboratary technique) จัดเป็นส่วนหนึ่งของ Good laboratary technique เทคนิคที่ผู้ปฏิบัติงานด้านจุลชีพ จะต้องมีความรู้ เข้าใจ มีทักษะในการทำงาน ประกอบด้วยทักษะด้านการใช้เครื่องมือและการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง ดังต่อไปนี้

9.1 หลอดหรือเพลทที่เก็บตัวอย่าง ต้องเป็นแก้วหรือพลาสติก ตัวอย่างไม่รั่วไหล เมื่อปิดฝาให้แน่นหรือ เลอะออกมานอกภาชนะ ติดป้ายบ่งชี้ที่ภาชนะให้ชัดเจน (Label) ไม่ให้ใช้ใบนำส่งตัวอย่างห่อภาชนะเก็บตัวอย่าง แต่ควรแยกออกจากกัน และเก็บรักษาป้องกันไม่ให้โดนน้ำ

9.2 การขนส่งตัวอย่างภายในหน่วยงาน ควรใส่ในภาชนะกล่อง ที่มี Rack สำหรับใส่หลอดให้วางตั้งได้ เพื่อป้องกันไม่ให้มีการรั่วไหลหรือหกหล่น ภาชนะกล่องทำด้วยเหล็กสเตนเลส หรือ พลาสติก ที่สามารถฆ่าเชื้อได้ สามารถปิดล็อกได้ และทำความสะอาดฆ่าเชื้อเป็นประจำ

9.4 การรับตัวอย่าง ควรมีกำหนดสถานที่เฉพาะไว้เป็นที่รับตัวอย่าง

9.5 การเปิดหีบห่อตัวอย่าง เจ้าหน้าที่รับตัวอย่างจะต้องมีความระมัดระวังเรื่องการติดเชื้อ ต้องได้รับการอบรมในการจัดการภาชนะใส่ตัวอย่างเมื่อมีการแตกหรือรั่ว เมื่อเปิดตัวอย่างให้ทำภายในตู้ BSC ที่มีน้ำยาฆ่าเชื้อเตรียมพร้อมไว้

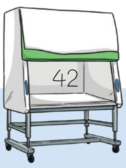
9.6 การหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนเชื้อ

- ที่เขี่ยเชื้อ (Micrological transfer loops) ควรให้ลวดเชื่อมเป็นวงกลมสนิทมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 มิลลิเมตร และที่จับควรมีความยาวไม่เกิน 6 เซนติเมตร
- ควรใช้ Electric microincinerator ในการเผา Loops แทนการเผา Loops ด้วยตะเกียงบุนเสนเพื่อลดการกระเด็นของเชื้อเมื่อใช้

- ระมัดระวังการเกิดฟุ้งกระจายของตัวอย่างเสมหะที่ทำให้แห้ง
- ตัวอย่างและเชื้อที่นำไปทำลายเชื้อด้วยวิธี Autoclave ควรจัดเก็บใส่ในภาชนะที่แข็งแรงไม่มีรอยรั่ว เช่น ถุงพลาสติก และปิดปากถุงให้มิดชิดด้วย Sterile tape ก่อนนำไปไว้ในภาชนะเก็บขยะติดเชื้อ
- เช็ดทำความสะอาดพื้นที่ทำงานด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อทุกครั้ง หลังจากเสร็จงานแล้วทุกครั้ง

9.7 การหลีกเลี่ยงการติดเชื้อทางการกิน และทางการสัมผัส

- อนุภาคหรือละอองฝอยขนาดมากกว่า 5 ไมครอน ที่เกิดขึ้นระหว่างทำการเพิ่มปริมาณเชื้อ จะตกลงมาบริเวณพื้นที่ทำงาน และบนมือของผู้ปฏิบัติงาน จึงควรใส่ถุงมือในขณะทำงาน และหลีกเลี่ยงการสัมผัส ปาก ตา และหน้า



- อาหารและเครื่องดื่มไม่ควรกิน/ดื่ม หรือเก็บไว้ในห้องปฏิบัติการ
- ไม่ควรนำวัสดุเช่นปากกา ดินสอ หรือ หมากฝรั่ง เข้าปาก เมื่ออยู่ในห้องปฏิบัติการ
- ไม่ควรใช้เครื่องสำอางในห้องปฏิบัติการ
- ควรปิด ป้องกันส่วน หน้า ตา ปาก ระหว่างการปฏิบัติงานกับเชื้อเพื่อป้องกันการกระเด็นของเชื้อ

9.8 การหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนเชื้อจากของมีคม

- การปฏิบัติงานอย่างระมัดระวัง และมีขั้นตอนการทำงานที่ดี จะช่วยหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุจากของมีคมเช่นเครื่องแก้วที่แตก เศษแก้ว ถ้าเป็นไปได้ ควรเปลี่ยนไปใช้พลาสติกแทนภาชนะแก้ว
- อุบัติเหตุจากของทิ่มแทง เป็นผลจากการบาดเจ็บจากของมีคมเช่น เข็มฉีดยา พลาสเจอร์ไปเปตแก้ว หรือเศษแก้วแตก
- ลดการบาดเจ็บจากการโดนเข็มทิ่มได้โดย การทิ้งเข็ม ไม่ควรใส่เข้าไปในปลอกเข็มอีก แต่ให้ทิ้งในภาชนะที่แข็งแรง ป้องกันไม่ให้เข็มทิ่มทะลุออกมาได้ และมีฝาปิดมิดชิด
- Pasteur pipette ควรใช้เป็นชนิดพลาสติกแทนแก้ว

9.9 การแยกซีรั่ม

- ผู้ปฏิบัติงานที่ได้รับการฝึกฝนเท่านั้น ที่จะปฏิบัติงานแยกซีรั่มได้
- ควรสวมใส่ถุงมือ แว่นตาและ ผ้าปิดปาก
- ควรไปเปตเลือดและซีรั่มด้วยความระมัดระวัง ไม่ควรเทออกจากหลอด ไม่ใช้ปากดูดไปเปต จะช่วยลดการกระเด็น การเกิดละอองฝอยฟุ้งกระจายได้
- ไปเปตที่ใช้แล้ว ให้จุ่มในน้ำยาฆ่าเชื้อให้มิดส่วนที่ปนเปื้อนเชื้อ แช่นาน ในเวลาที่เหมาะสมก่อนนำไปทิ้งหรือนำไปล้างและ Autoclave ก่อนนำไปใช้ซ้ำ
- ทิ้งหลอดตัวอย่างที่มี Blood clot ลงในภาชนะที่ไม่มีรอยรั่ว และปิดมิดชิด ก่อนนำไปฆ่าเชื้อด้วยวิธี Autoclave หรือ เผา (Incineration)
- ควรเตรียมน้ำยาฆ่าเชื้อที่เหมาะสมพร้อมใช้งานในกรณีที่อาจมีเชื้อกระเด็น เชื้อหกหล่น

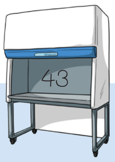
9.10 การเปิดหลอดตัวอย่าง

- เปิดในตู้ BSC
- ต้องสวมเสื้อกาวน์ สวมถุงมือ และสวมใส่แว่นตาหรือหน้ากาก
- เมื่อเปิดฝาหลอดแบบครอบ ให้ใช้ผ้าก๊อสหรือกระดาษทิชชูหุ้มไว้ก่อน ทำการเปิด เพื่อป้องกันตัวอย่างกระเด็น

9.11 การฆ่าเชื้อ ใช้น้ำยา Hypochlorite หรือน้ำยาที่มีฤทธิ์สูงกว่า น้ำยา Hypochlorite ที่จะใช้งานต้องเตรียมใหม่ๆ (Freshly prepare) เท่านั้น โดยมีความเข้มข้นของ Chlorine 1 g/1 lit สำหรับการใช้ทั่วไป

9.12 การใช้ไปเปตและอุปกรณ์ช่วยไปเปตที่ถูกต้อง

- ไม่ใช้ปากดูดไปเปต แต่ให้ใช้อุปกรณ์ช่วยไปเปต (Pipet aids) ในการดูดสารแทน
- ต้องอุดปากไปเปตด้วยสำลี เพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อไปปนเปื้อนไปเปต
- ไม่ควรเป่าลมเพื่อไล่ของเหลวที่ค้างอยู่ที่ปลายของไปเปต เมื่อของเหลวนั้นมีเชื้อปนเปื้อนอยู่
- ควรใช้ไปเปตที่มีสเกลบอกทุกปริมาตร เพื่อไม่ให้ปล่อยของเหลวจากไปเปตออกมาจนหมดหยดสุดท้าย
- ไปเปตที่ปนเปื้อนเชื้อต้องแช่น้ำให้ส่วนปนเปื้อนจมมิดในน้ำฆ่าเชื้อที่ใส่ในภาชนะพลาสติกที่ไม่แตกง่าย และแช่ทิ้งไว้ในระยะเวลาที่เหมาะสมก่อนหน้าไปเปตไปทิ้ง
- ภาชนะสำหรับทิ้งไปเปต ควรวางภายในตู้ BSC ไม่ให้วางนอกตู้



- ไม่ให้ใช้ไซริงซ์ที่สวมเข้ากับเข็ม มาใช้ดูดสารละลาย
- วางสำลีที่ชุ่มด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อไว้บริเวณพื้นที่ทำงาน สำหรับใช้ซับสารละลายที่อาจหยดลงมาจากไปเปต เพื่อหลีกเลี่ยงการกระจายของเชื้อ

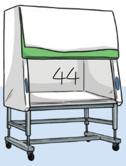
9.13 การใช้ตู้ Biological safety cabinet (BSC)

- ผู้ใช้งานตู้จะต้องได้รับการสอนหรืออธิบายในวิธีการใช้งาน และข้อจำกัดของตู้ก่อนปฏิบัติงาน ควรมีคู่มือการใช้งานตู้ หรือคู่มือความปลอดภัยให้แก่ผู้ปฏิบัติงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ให้ผู้ปฏิบัติงานมีความเข้าใจอย่างถูกต้องในคุณลักษณะของตู้ BSC ที่ว่า ตู้จะไม่สามารถป้องกันการปนเปื้อนแก่ผู้ปฏิบัติงานจากการทำเชื้อหกหล่น หรือจากการใช้เทคนิคที่ไม่ถูกต้อง
- ไม่ควรใช้งานตู้ BSC เมื่อตู้อยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการใช้งาน
- กระจกเลื่อนปิดด้านหน้าตู้ (Glass viewing panel) ควรดึงลงมาปิดด้านหน้าในระหว่างใช้งานในระดับที่เหมาะสม
- เก็บวัสดุ อุปกรณ์ในตู้ให้น้อยที่สุด ไม่ควรวางวัสดุขวางช่องทางลม (Rear grille) ด้านในตู้
- ไม่ควรใช้ตะเกียงบุนเสนในตู้ เพราะเปลวไฟที่เกิดขึ้นจะไปรบกวนทิศทางลมของตู้และทำให้ HEPA filter เสียหายได้ ควรใช้ Electric microincinerator แทน
- พื้นที่ที่ใช้ทำงานภายในตู้ ต้องอยู่กลางตู้หรือค่อนไปด้านหลังตู้ และสามารถมองเห็นผ่านกระจกเลื่อนด้านหน้าตู้ได้สะดวก
- ไม่ควรมีการสัญจรไปมา ทางด้านหลังของผู้ใช้งานตู้
- ผู้ใช้งานตู้ไม่ควรรบกวนทิศทางลม โดยการเคลื่อนมือเข้าออกจากตู้บ่อยๆ
- ไม่วางกระดาษโน๊ต ไปเปต หรือวัสดุอื่นๆ ขวางช่องทางลม (Air grille) เพราะจะทำให้ไปรบกวนทิศทางลม ก่อให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อไปยังงานที่ทำ และผู้ปฏิบัติงานได้
- ควรเช็ดทำความสะอาดพื้นผิวทำงาน ผนังด้านในของตู้ ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อที่เหมาะสมหลังจากเสร็จงาน
- เปิดให้ตู้ทำงาน (Cabinet fan) เป็นเวลา 5 นาที ก่อนทำงานและหลังเสร็จงาน
- ไม่ควรวางเอกสารภายในตู้ BSC

9.14 การใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)

- การใช้งานเครื่องหมุนเหวี่ยง ที่มีระบบการทำงานที่สมบูรณ์ถูกต้อง มีประสิทธิภาพ เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อความปลอดภัยในการทำงานกับเชื้อ
- วิธีใช้งานเครื่องหมุนเหวี่ยง ควรปฏิบัติตามคู่มือเครื่อง
- ควรจัดตั้งเครื่องหมุนเหวี่ยง ในระดับที่ผู้ใช้งานสามารถเห็นพื้นที่วางช่องใส่หลอด (Bucket) ภายในเครื่องได้อย่างถูกต้อง
- หลอดใส่ตัวอย่าง (Specimen container) หลอดเป็น (Centrifuge tube) ที่ใช้ในการปั่น ควรเป็นหลอดแก้วที่มีผนังหลอดหนา แข็งแรง ถ้าเป็นไปได้ควรใช้เป็นหลอดพลาสติกแทน ก่อนใช้ควรตรวจสอบรอยรั่วก่อนใช้งาน

- หลอดที่ใช้ปั่นควรมีฝาปิดแน่น ถ้าเป็นไปได้ควรใช้ฝาเกลียว
- ควรชั่ง Bucket พร้อม หลอดตัวอย่าง เป็นคู่ที่อยู่ตรงข้ามกัน ให้มีน้ำหนักเท่ากัน
- ควรใช้น้ำกลั่นหรือ 70% Alcohol ใส่ใน Bucket ที่ว่างเพื่อปรับน้ำหนัก Bucket ให้สมดุลกัน
- เช็ดฆ่าเชื้อทำความสะอาด Rotor bucket และภายในตัวเครื่อง หลังจากใช้งานทุกครั้ง



9.15 การใช้ Homogenizer, Shaker, Blender และ Sonicator

- เครื่องปั่นสำหรับครัวเรือน (Homogenizer) ไม่ควรใช้งานห้องปฏิบัติการเพราะอาจทำให้เกิดการฟุ้งกระจาย หรือรั่วไหลได้ ควรใช้ Blender สำหรับงานห้องปฏิบัติการจะปลอดภัยกว่า
- เมื่อปั่นเสร็จแล้ว ควรเปิดภาชนะในตู้ BSC เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจาย

9.16 การใช้ตู้เย็น ตู้แช่แข็ง

- ทำการละลายน้ำแข็งและทำความสะอาดตู้แช่แข็งเป็นครั้งคราว ทิ้งหลอดที่แตก ควรสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันใบหน้า ถุงมืออย่างหนา และเช็ดทำความสะอาด ฆ่าเชื้อตู้ด้านใน
- ภาชนะ หลอดที่เก็บในตู้เย็นต้องบ่งชี้ (Label) ให้ชัดเจน ด้วยชื่อวิทยาศาสตร์ วันที่เก็บ และชื่อผู้เก็บ หลอดที่ไม่ Label หรือ ที่หมดอายุแล้วควรนำไป Autoclave และทิ้งไป
- ต้องมีรายการชื่อของทั้งหมดที่เก็บในตู้แช่แข็ง
- สารละลายไวไฟ ไม่ให้เก็บไว้ในตู้เย็น ถ้าตู้เย็นมีระบบป้องกันการระเบิดได้ให้เก็บสารละลายไวไฟที่ประตูตู้เย็น

10. NSF 49 คืออะไร

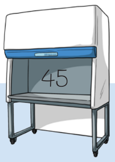
คือ Standard No. 49 ที่เป็นมาตรฐานสำหรับตู้ BSC ที่หน่วยงาน The National Sanitation Foundation International (NSF) ในสหรัฐอเมริกา ได้จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจในคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ว่ามีการผลิตถูกต้องตามมาตรฐานการผลิตหรือไม่ โดย NSF จะสุ่มตรวจสอบตู้ BSC อย่างน้อย 1 ตู้ของแต่ละ Type และแต่ละ Size ที่โรงงานผลิต นำมาตรวจสอบคุณสมบัติตู้ด้วยวิธีต่างๆ คือ วิธี Biological test, Physical test/ Certification, Structural test และ Clean ability test.

นอกจากมาตรฐาน American Standard NSF 49 นี้แล้ว ยังมีมาตรฐานจากหน่วยงานอื่นๆ อีกได้แก่

- European Standard EN 12469
- Australian Standard AS 2252
- Japanese Standard JIS 3800

11. Decontamination แตกต่างกับคำที่เกี่ยวกับการฆ่าเชื้อ เช่น Disinfection, Antisepsis, Sterilization และ Sanitization อย่างไร

- Disinfection เป็นการฆ่าเชื้อจุลชีพ แต่ไม่ฆ่าสปอร์ของเชื้อแบคทีเรีย ด้วยสารเคมี หรือด้วยวิธีทางฟิสิกส์ (Physical treatment) ในสิ่งไม่มีชีวิต เช่นพื้นผิววัตถุ เครื่องมือ พื้นห้อง
    - ตัวสารเคมี/น้ำยาฆ่าเชื้อ (Disinfectant) ได้แก่ Alcohol, Lysol, Bleach เป็นต้น
    - วิธีทางฟิสิกส์ ได้แก่ ความร้อน แสง
- Antisepsis เป็นการฆ่าเชื้อจุลชีพด้วยสารเคมีในสิ่งมีชีวิต เพื่อป้องกันการติดเชื้อ เช่นผิวหนัง ส่วนต่างๆ ภายนอกร่างกาย
    - ตัวสารเคมี/น้ำยาฆ่าเชื้อ (Antiseptic) ได้แก่ Hydrogen peroxide, Alcohol, Boricacid
- Sterilization เป็นการทำให้ปราศเชื้อทุกชนิด รวมทั้งสปอร์ของแบคทีเรีย ด้วยวิธีทางฟิสิกส์ได้แก่ การต้ม (Boil) นึ่งด้วยไอน้ำ (Autoclave) อบ (Heat)
- Sanitization เป็นการลดปริมาณเชื้อที่ปนเปื้อนมาบนพื้นผิววัตถุ ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อสาธารณสุข หรือผู้บริโภค ด้วยวิธีทางเคมี ได้แก่ สารทำความสะอาด สบู่ (Sanitizer) หรือ ทางฟิสิกส์ ได้แก่ แช่น้ำร้อน ไอน้ำ รังสี



- Decontamination เป็นการฆ่าเชื้อ ทำลายเชื้อจุลชีพให้มีอยู่ในระดับที่ปลอดภัยที่ใกล้ศูนย์โดยวิธีรมควันด้วยสารเคมี (Fumigation) ใช้ในการทำลายเชื้อในตู้ BSC โดยเฉพาะในบริเวณที่ปนเปื้อนเชื้อ เช่น HEPA filter ก่อนที่จะดึงออกมาเปลี่ยน หรือก่อนที่จะมีการตรวจขอรับรองตู้ (Certification)

12. Biosafety levels (BSL) คืออะไร

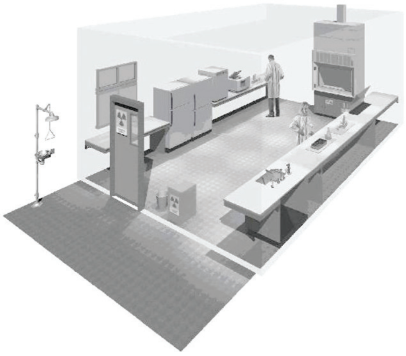
เป็นระดับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการในการปฏิบัติงานกับเชื้อ ประกอบด้วย 4 ระดับ หรือ BSL1 ถึง 4 โดยเรียงลำดับความปลอดภัยตามระดับการป้องกันที่ต้องมีให้พร้อมครบถ้วน แก่ผู้ปฏิบัติงาน สิ่งแวดล้อม และชุมชน รวมทั้งมีการใช้มาตรฐานการปฏิบัติงานทางจุลชีววิทยา (Standard microbiogical practice) และวิธีพิเศษเฉพาะที่นอกเหนือจากมาตรฐานการปฏิบัติงาน ดังนั้นในแต่ละระดับความปลอดภัย (BSL) จะมีความเหมาะสมกับการทำงานกับเชื้อที่มีความรุนแรง แตกต่างกันไป (แต่เดิมระดับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการถูกเรียกเป็น P1, P2 และ P3 ที่ย่อจาก Physical containment)

นั่นคือ การเลือกปฏิบัติในห้องปฏิบัติการระดับ BSL1, BSL2, BSL3 และBSL4 ต้องให้เหมาะสมกับเชื้อที่มีความรุนแรงแตกต่างกัน ถ้าทำงานกับเชื้อที่มีความรุนแรงมาก ต้องปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติ BSL 3-4 ที่มีระดับการป้องกันสูงกว่า อยากรู้ว่าห้องปฏิบัติการของเราเป็นแบบไหน ต้องถามหัวหน้าแล็ป (Lab supervisor) กันเองนะ หรือถ้าอยากรู้เองก็มีคำตอบที่นี่ลองอ่านดู

12.1 ห้องปฏิบัติการระดับ BSL1 มีความพร้อมในระดับพื้นฐานที่ปฏิบัติงานกับเชื้อที่ทราบกันแล้วว่าไม่ก่อโรคในคนที่มีสุขภาพแข็งแรงทั่วไป ห้องปฏิบัติการแบบนี้ไม่จำเป็นต้องแยกสถานที่ออกจากบริเวณอื่นๆ ของอาคาร การทำงานเกี่ยวกับเชื้อสามารถทำได้บนโต๊ะปฏิบัติการทดลอง หรือ มักเรียกกันว่าโต๊ะแล็ป บุคลากรต้องมีความรู้ในมาตรฐานการปฏิบัติงานทางจุลชีววิทยา เช่น รู้วิธีทำงานด้วยเทคนิคทำให้ปราศจากเชื้อ (Sterile technique) รู้วิธีการขนย้ายตัวอย่างติดเชื้อที่ถูกต้อง รู้วิธีจัดการกับของมีคม ทำความสะอาดมือหลังปฏิบัติงาน เป็นต้น

โครงสร้างห้อง (Facillity design) BSL 1 ควรประกอบด้วย

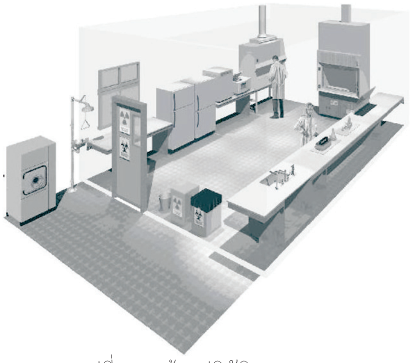
- ประตูปิดทางเข้า ไม่จำเป็นต้องปิดล็อคประตู
- อ่างล้างมือ
- พื้นผิวภายในห้องทำด้วยวัสดุที่สามารถทำความสะอาดได้ง่าย
- พื้นผิวโต๊ะแล็ปทำด้วยวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ
- อุปกรณ์ที่ใช้งานทำด้วยวัสดุที่ทนทาน แข็งแรง



รูปที่ 38 ห้องปฏิบัติการ BSL 1
(ที่มา: WHO. Laboratory biosafte manual. 3rd 2004)

12.2 ห้องปฏิบัติ BSL2 มีความพร้อมในการปฏิบัติงานกับเชื้อที่ก่อโรคเฉพาะท้องถิ่น ที่มีความเสี่ยงปานกลางที่จะก่อให้เกิดโรคในคน โดยเชื้อสามารถเข้าสู่ร่างกายได้โดยทางปาก ทางผิวหนัง ซึ่งระดับความปลอดภัย BSL2 นี้จะมีความพร้อมแตกต่างจาก แล็ป BSL1 ดังนี้

- ผู้ปฏิบัติงานต้องได้รับการอบรมเฉพาะด้านในการทำงานกับเชื้อก่อโรค
- ไม่อนุญาตให้ผู้ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาในห้องปฏิบัติการในขณะที่กำลังทำงานกับเชื้อ
- ต้องมีการจัดการด้วยความระมัดระวังอย่างเคร่งครัด เมื่อพบมีของแหลมคมที่ปนเปื้อนเชื้อ
- ขั้นตอนการทำงานใดที่ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของเชื้อ (Aerosol or Splashes) จะต้องทำให้ตู้ปลอดเชื้อ (Biological safety cabinet, BSC) ใช้งานได้ทั้งตู้ BSC Class I หรือ Class II



รูปที่ 39 ห้องปฏิบัติการ BSL 2
(ที่มา: WHO. Laboratory biosafte manual. 3 rd 2004)

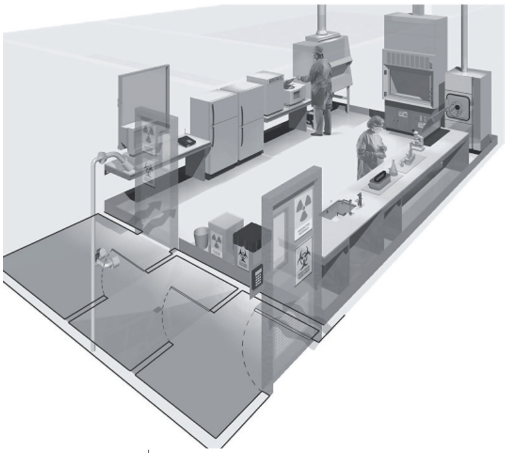
โครงสร้างห้อง (Facility design) BSL 2 ควรประกอบด้วย

- ประตูที่สามารถปิดล็อคได้ (Lockable doors)
- อ่างล้างมือ
- พื้นผิวภายในห้องทำด้วยวัสดุที่สามารถทำความสะอาดได้ง่าย
- พื้นผิวโต๊ะแล็ปทำด้วยวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ
- อุปกรณ์ที่ใช้งานทำด้วยวัสดุที่ทนทาน แข็งแรง
- ตู้ BSC
- แสงสว่างที่เพียงพอ
- Eyewash
- อากาศภายในห้องแล็ปต้องไม่ถ่ายเทไปยังห้องอื่นๆ ที่ไม่ใช่ห้องแล็ป

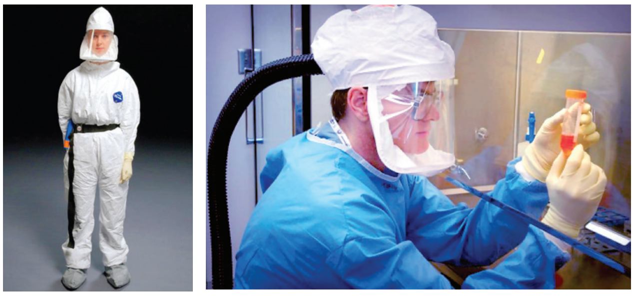
12.3 ห้องปฏิบัติการ BSL3 มีความพร้อมในการปฏิบัติงานกับเชื้อที่ก่อโรคเฉพาะท้องถิ่นหรือเชื้อต่างถิ่นที่มีการแพร่กระจายเชื้อ ติดต่อกันได้ทางการหายใจ (Aerosol route) เชื้อกลุ่มนี้มีความรุนแรง ถึงขั้นที่ทำให้ผู้ติดเชื้อถึงตายได้ ผู้ที่ปฏิบัติงานในบริเวณที่มีการติดเชื้อ ในชุมชน และในสิ่งแวดล้อมที่มีการติดเชื้อ ต้องเน้นการป้องกันตัวเองด้วยการสวมชุดป้องกันส่วนบุคคล (Personnel protective equipment) หรือชุดนิรภัย และทำงานในตู้ BSC ได้ทั้ง 2 ประเภทคือ ตู้ BSC Class I และ Class II

โครงสร้างห้อง (Facility design) BSL 3 ควรประกอบด้วย

- มีโครงสร้างของ BSL1 และ BSL2 รวมกันและเพิ่ม
- มีตัวอาคารแยกออกต่างหาก หรือ เป็นบริเวณที่แยกออกจากส่วนอื่นของอาคาร
- มีประตู 2 ชั้น
- ควบคุมทิศทางการไหลของอากาศเป็นทิศทางเดียว (Directional inward airflow)



รูปที่ 40 ห้องปฏิบัติการ BSL III
(ที่มา: WHO. Laboratory biosafte manual. 3 rd 2004)



รูปที่ 41 ชุดป้องกันส่วนบุคคล สำหรับห้องปฏิบัติการระดับ BSL III
(ที่มา : En.wikipedia.org)

12.4 ห้องปฏิบัติการ BSL4 มีความพร้อมในการปฏิบัติงานกับเชื้อที่ก่อโรคต่างถิ่นที่มีความรุนแรงสูง ทำให้ผู้ติดเชื้อได้รับความทุกข์ทรมานอาจถึงตายได้ การแพร่กระจายเชื้อติดต่อกันได้ทางการหายใจ ยังไม่มีวัคซีนหรือการรักษาใดๆ เลย

- ผู้ปฏิบัติงานต้องได้รับการอบรมที่เฉพาะเจาะจงเพื่อให้สามารถรองรับการทำงานกับเชื้ออันตรายได้อย่างดี
- ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความเข้าใจและรู้จักวิการป้องกันทั้งตนเองและการกระจายของเชื้อ (Primary and secondary containment functions)
- ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความเข้าใจการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันการกระจายเชื้อ (Containment equipment) และคุณลักษณะ/การออกแบบของห้องที่ใช้งาน
- เป็นสถานที่ควบคุมการเข้าออกอย่างเคร่งครัดโดยผู้บริหารห้องปฏิบัติการ (Laboratory director)
- ห้องปฏิบัติการแบบนี้อาจต้องสร้างแยกเป็นตัวอาคารต่างหาก ออกจากอาคารอื่นๆ หรืออยู่ในอาคารเดียวกันแต่ถูกจำกัดให้อยู่ในบริเวณควบคุมแยกจากส่วนอื่นๆ ของอาคาร
- ต้องมีคู่มือการปฏิบัติงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการประจำอยู่ในห้องปฏิบัติการ
- ต้องใช้ตู้ BSC Class III ในการทำงานกับเชื้อ

โครงสร้างห้อง (Facility design) BSL 4 ประกอบด้วย

- มีโครงสร้างของ BSL3 และเพิ่ม:
- มีตู้ Class III Glove box laboratory
- ใส่ชุดความดันบวก (Possitive pressure suit/Suit labaratory)

รูปที่ 42 ชุด Positive suit
(ที่มา : bepast.org)

Reference

1. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention and National Institutes of Health. Biosafety in microbiological and biomedical laboratories (BMBL). 5th edition. Washington: Primary containment for biohazards selection, installation and use of biological safety cabinets (Appendix A) and standard microbiological practice; 2007.
2. World Health Organization (WHO). loboratory Biosafety Manual. 3rd edition. Jeneva: Biological safety cabinets & laboratory technique; 2004.
3. Esco Micro Pte Ltd. A guide to biosafety & biosafety cabinets. Singapore: Biohazard safety cabinet selection; 2005.
4. Safety cabinet technology seminar, 1-2 November 2004. Eagleson institute, Sanford, ME, USA
5. Biological Safety Cabinet Certification Training Course. 1-5 October 2012 AFRIMS-National Institute of Animal Health, Bangkok.

คู่มือการใช้ตู้ชีวนิรภัยอย่างถูกต้องปลอดภัยเล่มนี้ เสริมสร้างความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงานของตู้ชีวนิรภัยให้ผู้อ่านที่ต้องทำงานกับเชื้อโรคหรือผู้สนใจทั่วไป ได้ความรู้ ความเข้าใจในการทำงาน รู้วิธีการป้องกันตนเอง ลดการปนเปื้อนเชื้อสู่สิ่งแวดล้อม และงานที่ทำ ประกอบด้วย

- ☑ ส่วนประกอบสำคัญของตู้ชีวนิรภัย
- ☑ ตู้ชีวนิรภัยชนิดต่างๆ
- ☑ การเลือกใช้ เลือกซื้อตู้
- ☑ วิธีปฏิบัติงานที่ถูกต้องและปลอดภัย
- ☑ วิธีตรวจสอบการทำงานตู้ประจำปี
- ☑ ไขข้อข้องใจ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข
กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข
ถนนติวานนท์ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
โทรศัพท์ 0 2951 000 ต่อ 99305 โทรสาร 0 2591 5449
http://www.dmsc.moph.go.th