

## บทที่ 3

### ระดับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ

เพื่อความปลอดภัยของผู้ทำกรวิจัยและทดลอง และลดความเสี่ยงจากการที่สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมอาจหลุดลอดสู่สิ่งแวดล้อม จึงได้มีการจัดทำระบบการป้องกันอันตรายทางชีวภาพ ที่มีการระบุถึงข้อพึงปฏิบัติในขณะที่ปฏิบัติงานเพื่อป้องกันอันตราย และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับระบบความปลอดภัยทางชีวภาพซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ตามระดับของความปลอดภัยทางชีวภาพ (biosafety levels) ดังนี้

#### 3.1 ความปลอดภัยระดับที่ 1 (Biosafety Level 1 - BSL1)

ระบบความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการระดับ BSL1 สามารถใช้ได้กับการวิจัยและทดลองสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมประเภทที่ 1 ซึ่งทำงานกับกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่ไม่ก่อให้เกิดโรคที่มีอันตรายในระดับต่ำที่สุดต่อผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม ห้องปฏิบัติการที่ใช้ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL1 นี้ ไม่จำเป็นต้องแยกออกจากห้องทั่วไปภายในอาคาร การทำงานจะทำบนโต๊ะปฏิบัติการทั่วไป โดยไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์พิเศษใดๆ บุคคลในห้องปฏิบัติการควรได้รับการฝึกฝนเป็นพิเศษ จากนักวิทยาศาสตร์ทางด้านจุลชีววิทยา และวิทยาศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง สิ่งสำคัญที่ต้องมีในห้องปฏิบัติการระดับ BSL 1 นี้ ได้แก่ โต๊ะปฏิบัติการ อ่างล้างมือ อุปกรณ์วิจัยและเทคนิคทางจุลชีววิทยาทั่วไป

##### 3.1.1 มาตรฐานทั่วไปในการดำเนินงานระดับความปลอดภัย BSL1

1. ควรมีการประเมินผล เมื่อมีความก้าวหน้าของการวิจัยและทดลอง โดยหัวหน้าโครงการ
2. ต้องทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติการหนึ่งครั้งต่อวัน และหลังจากสารเคมีหกหล่น
3. ต้องลดการปนเปื้อน ของเสี้ยน ทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลวก่อนนำไปทิ้ง
4. ห้ามใช้ปากดูดสารละลายโดยตรงจากไปเปต (pipette)

5. ห้ามรับประทานอาหาร ดื่ม สูบบุหรี่และเสริมสวอยในพื้นที่ห้องปฏิบัติการ
6. ต้องล้างมือภายหลังจับต้องสารเคมี หรือสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม หรือจับต้องสัตว์ทดลอง และก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ
7. ต้องระวังมิให้เกิดการฟุ้งกระจายตลอดกระบวนการหรือวิธีที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมด ในกรณีจำเป็นต้องมีการฟุ้งกระจายน้อยที่สุด
8. ดูแลและสนใจเกี่ยวกับสุขอนามัยในห้องปฏิบัติการ มีการจัดการที่เหมาะสมเกี่ยวกับสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เช่น อ่างล้างมือ ห้องอาบน้ำ ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า เป็นต้น และควรสวมใส่ชุดที่ป้องกัน เช่น เสื้อกาวน์ เพื่อลดความเสี่ยงในการสัมผัสสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม

### 3.1.2 มาตรการพิเศษสำหรับระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL1

1. วัสดุใดๆ ที่มีการปนเปื้อน ต้องลดการปนเปื้อนก่อนนำออกจากห้องปฏิบัติการ โดยใส่ในภาชนะที่ป้องกันการหลั่งรั่ว และมีฝาปิดมิดชิด
2. ควบคุมไม่ให้มีแมลงและหนูในห้องปฏิบัติการ

### 3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL1

ไม่มี

### 3.1.4 สิ่งอำนวยความสะดวกภายในห้องปฏิบัติการ ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL1

1. ห้องปฏิบัติการจะต้องได้รับการออกแบบให้ง่ายต่อการทำความสะอาด
2. โถงปฏิบัติการต้องทนน้ำ กรด ต่าง สารตัวทำลายอินทรีย์ และความร้อนระดับปานกลาง
3. เฟอร์นิเจอร์ในห้องปฏิบัติการจะต้องมั่นคง แข็งแรง และมีพื้นที่ระหว่างโถงปฏิบัติการ ตู้ และอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้สามารถทำความสะอาดได้
4. ต้องมีอ่างล้างมือในห้องปฏิบัติการทุกห้อง
5. ห้องปฏิบัติการที่มีการเปิดหน้าต่าง ควรมีการป้องกันแมลงต่างๆ เช่น แมลงวัน มิให้เข้ามาในห้องปฏิบัติการได้
6. ห้องปฏิบัติการต่างๆ ต้องมีป้ายเครื่องหมายชีวภยสากล บนประตูเพื่อแสดงระดับของการป้องกันและควบคุมภายในห้อง และแสดงถึงวิธีการดำเนินงานตามระดับของการป้องกันและควบคุมของห้องปฏิบัติการนั้นๆ (จัดทำโดย IBC) ทั้งนี้ รวมไปถึงอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ตู้แช่แข็งและตู้เก็บของอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้สาร DNA ที่ได้รับการดัดแปลง

พันธุกรรม โดยมีป้ายเครื่องหมายชีวภัยสากล (universal biohazard symbol) ดังรูป



สัญลักษณ์เครื่องหมายชีวภัยสากล

(สามารถดาวน์โหลดได้ที่ <http://ehs.uky.edu/hmm/chap4.html>)

### 3.2 ความปลอดภัยระดับที่ 2 (Biosafety Level 2 - BSL2)

ระบบความปลอดภัยห้องปฏิบัติการระดับ BSL2 สามารถใช้ได้กับการวิจัยและทดลองเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม ประเภทที่ 1 และ ประเภทที่ 2 หรือบางลักษณะของงานประเภทที่ 3 โดยกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการทดลองวิจัย มีความเสี่ยงอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง โดยลักษณะสำคัญของการควบคุมงานระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL2 จะคล้ายคลึงกับ BSL1 แต่มีข้อแตกต่าง คือ ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการควรได้รับการฝึกเป็นพิเศษในเรื่องของเชื้อก่อโรค จากนักวิทยาศาสตร์ทางด้านจุลชีววิทยา และการทำการศึกษาสิ่งมีชีวิตก่อโรคที่อาจก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายจะต้องทำในตู้ชีวนิรภัย หรืออุปกรณ์อื่นๆ ที่เหมาะสม

สิ่งที่ต้องจัดเตรียมและวิธีการการปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ ระดับ BSL 2 มีดังนี้

1. การฝึกอบรมทางเทคนิคเกี่ยวกับจุลินทรีย์ก่อโรคให้กับบุคคลที่เกี่ยวข้อง
2. เครื่องมือและครุภัณฑ์ตามระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL1 เป็นอย่างต่ำ
3. ตู้ชีวนิรภัยระดับ Class I หรือระดับ Class II (biological safety cabinet Class I or Class II) และเครื่องอบฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำความดันสูง (autoclave)
4. ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL2 ควรผ่านการฝึกอบรมการปฏิบัติงาน ในห้องปฏิบัติการระดับ BSL2 มาก่อน

### 3.2.1 มาตรฐานทั่วไปการดำเนินงานระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL2

1. ต้องดูแลห้องปฏิบัติการอย่างเข้มงวดมากกว่าห้องปฏิบัติการระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL1 และต้องมีการรายงานความ ก้าวหน้าจากการศึกษาสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมต่อ IBC อย่างสม่ำเสมอ
2. ต้องทำความสะอาดพื้นที่ทำปฏิบัติการอย่างน้อยหนึ่งครั้งต่อวัน และหลังจากสารเคมีหกหล่น
3. ต้องลดการปนเปื้อนของเสียทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลวก่อนนำไปทิ้ง
4. ห้ามใช้ปากดูดสารละลายโดยตรงจากไปเปต
5. ห้ามรับประทานอาหาร ดื่ม สูบบุหรี่ และเสริมสวย ในพื้นที่ห้องปฏิบัติการ
6. ต้องล้างมือภายหลังสัมผัสวัสดุติดเชื้อ หรือสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม หรือจับต้องสัตว์ทดลอง และก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ
7. ต้องระวังมิให้เกิดการฟุ้งกระจาย ตลอดกระบวนการหรือวิธีที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมด หากจำเป็นควรมีการฟุ้งกระจายน้อยที่สุด
8. ดูแลและสนใจเกี่ยวกับสุขอนามัยในห้องปฏิบัติการ มีการจัดการที่เหมาะสมเกี่ยวกับสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เช่น อ่างล้างมือ และควรสวมใส่ชุดที่ใช้ป้องกัน เช่น เสื้อกาวน์ เพื่อลดความเสี่ยงในการสัมผัสสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม

### 3.2.2 มาตรการพิเศษสำหรับห้องปฏิบัติการระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL2

1. วัสดุใดๆ ที่มีการปนเปื้อน ต้องลดการปนเปื้อนก่อนนำออกจากห้องปฏิบัติการ โดยใส่ในภาชนะที่ป้องกันการหลุดรั่ว และมีฝาปิดมิดชิด
2. ควบคุมไม่ให้มีแมลงและหนูในห้องปฏิบัติการ
3. หัวหน้างานโครงการต้องเป็นผู้ที่รับผิดชอบทุกอย่างในการปฏิบัติกรวมถึง รับผิดชอบต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นและบุคคลในห้องปฏิบัติการ
4. หัวหน้างานโครงการต้องสร้าง กำหนด วางนโยบาย และวิธีการดำเนินการ โดยบุคคลในห้องปฏิบัติการต้องได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับอันตรายและสิ่งที่จะต้องทำก่อนเข้าสู่ห้องปฏิบัติการ หรือห้องทดลองสัตว์ เช่น การฉีดวัคซีน เป็นต้น
5. ต้องมีการจัดการขยะที่ถูกต้องและเหมาะสม มีการแยกของมีคมและมีระบบการจัดการวัสดุติดเชื้อ และสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมที่ใช้ในห้องปฏิบัติการที่ดี
6. มีมาตรการป้องกันผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ เช่น การฉีดวัคซีน เป็นต้น

7. มีการแสดงระดับของการป้องกันและควบคุมห้องปฏิบัติการ โดยหน้าห้องปฏิบัติการต่างๆ และพื้นที่ที่ทำการปฏิบัติการ ต้องมีป้ายเครื่องหมายชีวภัยสากลเป็นสัญลักษณ์ เพื่อแสดงระดับของการป้องกันและควบคุมความเสี่ยง โดยมีการระบุชื่อ/หมายเลขโทรศัพท์ของหัวหน้างานโครงการหรือบุคคลที่รับผิดชอบ ทั้งนี้ ต้องมีการแจ้งให้บุคคลที่รับผิดชอบทราบ เมื่อมีผู้เข้าห้องปฏิบัติการ
8. มีการป้องกันโดยสวมเสื้อกาวน์ หรือมีการแต่งกายที่รัดกุม เมื่ออยู่ในห้องปฏิบัติการ อาทิ สวมหน้ากากอนามัย รวบหรือใส่หมวกคลุมผม เป็นต้น
9. ให้สวมถุงมือเมื่อทำการทดลองเกี่ยวกับสัตว์ หรือเมื่อต้องสัมผัสกับสารเคมี วัสดุติดเชื้อ และสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม
10. สิ่งของทั้งหมดจากห้องปฏิบัติการและห้องสัตว์ทดลอง จะต้องผ่านการลดการปนเปื้อนก่อนนำไปทิ้ง
11. การใช้เข็มและกระบอกฉีดยาในการฉีดและดูดของเหลวจากงานทดลองเกี่ยวกับสัตว์และจากขวด (diaphragm bottles) ในการฉีดและดูดของเหลวที่มีวัสดุติดเชื้อและสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม จะต้องใช้เข็มที่ยึดติดกับเข็มฉีดยา หรือเข็มที่ใช้กับกระบอกฉีดยาแบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง ข้อควรระวังเป็นพิเศษ คือ ในระหว่างใช้งานและเมื่อจะทิ้งต้องระมัดระวังการใช้เข็มและกระบอกฉีดยา เพื่อหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุจากการฉีดเข้าตัวเอง และการเกิดการฟุ้งกระจาย นอกจากนี้ เข็มจะต้องไม่หัก งอ และต้องใส่ปลอกหุ้มเข็มก่อนทิ้งเสมอ และต้องลดการปนเปื้อนโดยการ autoclave ก่อนทิ้ง
12. เมื่อมีการหกหล่น หรือมีอุบัติเหตุใดๆ เกิดขึ้นแก่วัสดุติดเชื้อ และสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม จะต้องรายงานต่อ IBC ทันที พร้อมแนบบันทึกทางการแพทย์
13. ตัวอย่างศึกษา เช่น ซีรัม หรือสิ่งใดๆ ที่อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อบุคคลในห้องปฏิบัติการ ควรเก็บไว้ในพื้นที่หรือบริเวณที่เหมาะสม นอกจากนี้ ควรเก็บตัวอย่างซีรัมในสารเคมีที่เหมาะสมหรือตามหน้าที่ใช้งาน
14. ในห้องปฏิบัติการ ควรมีคู่มือว่าด้วยการปฏิบัติในเรื่องของความปลอดภัยทางชีวภาพที่มีการปรับปรุงให้ทันสมัย เพื่อบุคคลในห้องปฏิบัติการจะได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับอันตรายที่อาจเกิดขึ้นพร้อมข้อพึงปฏิบัติต่างๆ
15. มีระบบการเก็บรักษาเชื้อจุลินทรีย์ พาหะ และ cell lines ต่างๆ ให้สอดคล้องกับระดับความปลอดภัย หากใช้ในโตรเจนเหลวในการเก็บรักษา ควรเก็บถังไนโตรเจนเหลวไว้ในที่ๆ อากาศถ่ายเทสะดวก และห้องที่เก็บต้องมีระบบปิดที่สามารถป้องกันผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าถึงได้

### 3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ BSL2

ตู้ชีวนิรภัยระดับ Class I หรือระดับ Class II หรือระบบการป้องกันต่างๆ ในห้องปฏิบัติการจะถูกนำมาใช้ในกรณีดังนี้

1. เมื่อต้องการใช้วิธีการที่มีศักยภาพในการจัดการ หรือ เมื่อกิจกรรมนั้น ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายขึ้น และอาจรวมถึงการปั่นเหวี่ยง บด เขย่า หรือการผสมที่ใช้ระบบคลื่นความถี่สูง การเปิดภาชนะบรรจุสารเคมีซึ่ง มีแรงดันภายในแตกต่างจากแรงดันภายนอก การให้สิ่งทดลองหรือ ปลูกเชื้อแก่สัตว์ด้วยวิธีการหยอดจมูกหรือให้สูดดม (intranasal inoculation) และการเก็บเนื้อเยื่อติดเชื้อจากสัตว์หรือจากไข่
2. ในกรณีที่สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม หรือสารเคมีที่เกี่ยวข้อง มีปริมาณมากและมีความเข้มข้นสูง อาจทำการปั่นเหวี่ยงในห้อง ปฏิบัติการได้ตามปกติ แต่ใช้ตู้ชีวนิรภัยเฉพาะในกรณีที่มีการใช้ sealed beads หรือ centrifuge safety cups

### 3.2.4 สิ่งอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL2

1. ห้องปฏิบัติการจะต้องได้รับการออกแบบให้ง่ายต่อการทำความสะอาด
2. โต๊ะปฏิบัติการ ต้องทนน้ำ กรด ด่าง สารตัวทำละลายอินทรีย์ และ ความร้อนระดับปานกลาง
3. เฟอร์นิเจอร์ในห้องปฏิบัติการจะต้องมั่นคง แข็งแรง และมีพื้นที่ระหว่าง โต๊ะปฏิบัติการ ตู้ และอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้สามารถทำความสะอาดได้
4. ต้องมีอ่างล้างมือในห้องปฏิบัติการทุกห้อง
5. ห้องปฏิบัติการที่มีหน้าต่างควรปิดเพื่อป้องกันแมลงต่างๆ เช่น แมลงวัน มิให้เข้ามาในห้องปฏิบัติการได้
6. ห้องปฏิบัติการต่างๆ ต้องมีป้ายเครื่องหมายชีวภัยสากล บนประตูเพื่อ แสดงระดับของการป้องกันและควบคุมภายในห้อง และแสดงถึงวิธีการ ดำเนินงานตามระดับของการป้องกันและควบคุมของห้องปฏิบัติการ นั้นๆ (จัดทำโดย IBC) ทั้งนี้ รวมไปถึงอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ตู้แช่แข็งและ ตู้เก็บของอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้สาร DNA ที่ได้รับการดัดแปลง พันธุกรรมด้วย

### 3.3 ความปลอดภัยระดับที่ 3 (Biosafety Level 3 - BSL3)

ระบบความปลอดภัยห้องปฏิบัติการระดับ BSL3 สามารถใช้ได้กับการวิจัยและทดลองเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม ประเภทที่ 3 และการใช้กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่ก่อโรคร้ายแรงและมีโอกาสแพร่กระจายผ่านทางระบบหายใจ ห้องปฏิบัติการระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL3 เป็นระดับที่ประยุกต์เพื่องานวิจัยในเชิงการแพทย์ที่มีการทำงานกับเชื้อก่อโรค การวิจัยและทดลองระดับสูง หรือ ระดับการผลิตในโรงงานซึ่งมีการใช้สารเคมีซึ่งอาจก่อให้เกิดโรค หรือเป็นอันตรายถึงชีวิต ผู้ปฏิบัติงานต้องได้รับการฝึกฝนเป็นพิเศษในเรื่องของอันตรายจากเชื้อก่อโรคจากนักวิทยาศาสตร์ทางด้านจุลชีววิทยา หรืออันตรายจากสารเคมีที่มีผลถึงชีวิตจากนักวิทยาศาสตร์ที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับสารเคมีเหล่านั้น การทำงานที่ต้องใช้วัสดุติดเชื้อต้องทำในตู้ชีวนิรภัย หรือภาชนะที่ปลอดภัย หรือสวมเสื้อคลุมเพื่อป้องกัน

ห้องปฏิบัติการจะต้องได้รับการออกแบบพิเศษ อย่างไรก็ตาม ในระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL3 นี้ อาจไม่จำเป็นต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ที่ควรมีในห้องปฏิบัติการทั้งหมด เช่น access zone, sealed penetration หรือ ท่อระบายอากาศที่เป็นระบบ directional airflow เป็นต้น รวมทั้ง สิ่งที่สำคัญเกี่ยวกับความปลอดภัยสำหรับงานที่ทำเป็นประจำหรืองานที่ทำซ้ำๆ ได้แก่ วิธีการปฏิบัติการวิจัยที่เกี่ยวกับการแพร่ของสารเคมี แนวปฏิบัติทางจุลชีววิทยาที่เป็นมาตรฐาน (standard microbiology practices) มาตรการพิเศษ และอุปกรณ์ในสภาพควบคุม (containment equipment)

สิ่งที่ต้องจัดเตรียมและวิธีการปฏิบัติในห้องปฏิบัติการระดับ BSL3 คือ

1. ข้อปฏิบัติที่ใช้ในระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL2 ทั้งหมด
2. ระบบไหลเวียนอากาศในห้องปฏิบัติการ ควรเป็นระบบที่สามารถลดการเล็ดลอดของจุลินทรีย์ออกสู่สิ่งแวดล้อมให้มากที่สุด
3. การอนุญาตให้บุคคลภายนอก หรือผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาในสถานที่ ต้องเข้มงวดเป็นพิเศษ
4. ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL3 ต้องผ่านการฝึกอบรมการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการระดับ BSL3 มาก่อน

#### 3.3.1 มาตรฐานทั่วไปในการดำเนินงานระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL3

1. ต้องดูแลห้องปฏิบัติการอย่างเข้มงวดมากกว่าห้องปฏิบัติการระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL2 และต้องมีการรายงานความก้าวหน้าจากการศึกษาสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมต่อ IBC อย่างสม่ำเสมอ

2. ต้องทำความสะอาดพื้นที่ทำปฏิบัติการอย่างน้อยหนึ่งครั้งต่อวัน และทันทีจากสารเคมีหกหล่น
3. ต้องลดการปนเปื้อนของเสียทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลวก่อนนำไปทิ้ง
4. ห้ามใช้ปากดูดสารละลายโดยตรงจากไปเปต
5. ห้ามรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ สูบบุหรี่ และเสริมสวย ในพื้นที่ห้องปฏิบัติการ
6. ต้องล้างมือภายหลังสัมผัสวัสดุติดเชื้อ หรือสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม หรือจับต้องสัตว์ทดลอง และก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ
7. ต้องระวังมิให้เกิดการฟุ้งกระจาย ตลอดจนกระบวนการหรือวิธีที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมด
8. ดูแลและสนใจเกี่ยวกับสุขอนามัยในห้องปฏิบัติการ มีการจัดการที่เหมาะสมเกี่ยวกับสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เช่น อ่างล้างมือ ห้องอาบน้ำ ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า เป็นต้น และต้องสวมใส่ชุดและอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment - PPE) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสัมผัสสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม

### 3.3.2 มาตรการพิเศษสำหรับห้องปฏิบัติการระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL3

1. ต้องปิดประตูห้องปฏิบัติการเมื่อเริ่มทำปฏิบัติการ
2. วัสดุปนเปื้อน ต้องนำมาทำให้ปลอดเชื้อที่นอกห้องปฏิบัติการ โดยต้องใส่ในภาชนะที่ป้องกันการหลุดรั่ว และมีฝาปิดมิดชิด ก่อนนำออกจากห้องปฏิบัติการ
3. หัวหน้างานโครงการต้องควบคุมดูแลห้องปฏิบัติการ บุคคลในห้องปฏิบัติการ แผนงาน และให้ความช่วยเหลือในงานต่างๆ ทั้งยังต้องเป็นผู้รับผิดชอบสุดท้ายในการประเมินแต่ละเหตุการณ์ และเป็นผู้กำหนดบุคคลที่สามารถเข้าห้องปฏิบัติการได้
4. หัวหน้างานวิจัยจะต้องเป็นผู้วางนโยบาย และวิธีการต่างๆ เพื่อนำบุคคลที่เกี่ยวข้องในเรื่องความปลอดภัย ในบางกรณี อาจมีกิจกรรมพิเศษ เช่น การจัดโปรแกรมฉีดวัคซีนแก่บุคคลที่จะเข้าและออกห้องปฏิบัติการ หรือ ห้องทดลองสัตว์
5. เมื่อมีการใช้สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม หรือมีการทดลองเกี่ยวกับสัตว์ในห้องปฏิบัติการ หรือในส่วนควบคุม (containment module) ต้องมีป้ายเตือนอันตราย ที่แสดงถึงสัญลักษณ์สากลของความปลอดภัยทางชีวภาพ ติดไว้ที่ห้องปฏิบัติการและห้องทดลองสัตว์



6. ประตูทางเข้าต้องมีป้ายเตือนอันตรายเกี่ยวกับสารเคมี หรือสิ่งทดลอง มีการระบุชื่อ/หมายเลขโทรศัพท์ ของหัวหน้างานวิจัย หรือบุคคลที่รับผิดชอบ และต้องมีการระบุข้อปฏิบัติพิเศษสำหรับป้องกันตนเอง สำหรับบุคคลที่จะเข้าห้องปฏิบัติการนั้นๆ เช่น ต้องได้รับการฉีดวัคซีน หรือต้องใช้หน้ากากหายใจ หรืออุปกรณ์อื่นๆ เป็นต้น
7. กิจกรรมทั้งหมดที่เกี่ยวกับวัสดุติดเชื้อ และสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม ห้ามทำบนโต๊ะปฏิบัติการทั่วไป ต้องทำเฉพาะในตู้ชีวนิรภัย เท่านั้น
8. พื้นที่ใช้ทำงานในตู้ชีวนิรภัย และในสภาพควบคุมอื่นๆ จะต้องมีการฆ่าเชื้อหรือทำความสะอาดเพื่อลดสิ่งปนเปื้อนภายหลังเสร็จสิ้นการทำงานเกี่ยวกับวัสดุติดเชื้อ หรือสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมทุกครั้ง
9. มีการควบคุมไม่ให้มีแมลง และหนูในห้องปฏิบัติการ
10. ต้องใส่เสื้อคลุมที่ป้องกันเชื้อปกติในห้องปฏิบัติการ โดยต้องเป็นชุดที่สามารถป้องกันผู้สวมใส่ได้ เช่น solid front หรือ wrap - around gowns หรือ scrub suits หรือ coveralls เป็นต้น โดยต้องไม่นำไปใส่นอกห้องปฏิบัติการ และต้องมีการลดสิ่งปนเปื้อนหรือทำให้ปลอดเชื้อ ก่อนนำไปซักหรือโยกย้ายถ่ายเท
11. ควรระมัดระวังเป็นพิเศษ และหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนไปกับผิวหนัง หรือ จากวัสดุปนเปื้อนต่างๆ โดยการสวมถุงมือเมื่อต้องจับต้องสิ่งมีชีวิตหรือ วัสดุที่มีการปนเปื้อน
12. ต้องสวมหน้ากาก หรือหน้ากากหายใจในห้องที่มีการทดลองเกี่ยวกับสัตว์
13. ห้ามนำสัตว์หรือพืชที่ไม่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยและทดลอง เข้าไปในห้องปฏิบัติการ
14. ห้องทดลองสัตว์ที่อยู่ในพื้นที่ระดับความปลอดภัย BSL3 จะต้องมีกรงแยกเป็นสัดส่วน เช่น horsefall unit หรือ เลี้ยงสัตว์ในกรงเลี้ยงชนิดมีระบบกรองอากาศ (ventilated enclosures) ในห้องที่มีกำแพงทึบ หรือ กรงเลี้ยงสัตว์แบบที่มีส่วนพื้นแบบปิดสนิท (solid - bottom cage) และต้องคลุมกรงด้วยวัสดุคลุมกรงที่สามารถป้องกันการกระจายของเชื้อหรือสิ่งทดสอบ (filter bonnets) หรือมีอุปกรณ์ เช่น หลอดไฟแสงอัลตราไวโอเล็ต หรือ reflectors เป็นต้น  
(หมายเหตุ: ในระบบการเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม (conventional caging system) บุคคลที่ปฏิบัติงาน จะต้องมีการป้องกันที่เหมาะสม อย่างน้อยที่สุดควรใส่เสื้อคลุมป้องกันแบบ wrap - around gowns คลุมศีรษะ

- สวมถุงมือ สวมที่คลุมรองเท้า และสวมหน้ากากหายใจ และต้องอาบน้ำก่อนออกจากพื้นที่ดังกล่าว)
15. ของเสียทั้งหมดจากห้องปฏิบัติการและห้องทดลองสัตว์ ต้องมีการลดการปนเปื้อนก่อนโยกย้ายถ่ายเท
  16. มีการป้องกัน vacuum lines ด้วยระบบกรองอากาศดักฝุ่นละอองประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Particulate Air filter - HEPA filters) และกับดักน้ำยาฆ่าเชื้อชนิดเหลว (liquid disinfectant traps)
  17. การใช้เข็มและกระบอกฉีดยาในการฉีดและดูดของเหลวจากงานทดลองเกี่ยวกับสัตว์ จากขวด (diaphragm bottles) ในการฉีดและดูดของเหลวที่มีวัสดุติดเชื้อและสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม จะต้องใช้เข็มที่ยึดติดกับเข็มฉีดยา หรือเข็มที่ใช้กับกระบอกฉีดยาแบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง ข้อควรระวังเป็นพิเศษ คือ ในระหว่างใช้งานและเมื่อจะทิ้งต้องระมัดระวังการใช้เข็มและกระบอกฉีดยา เพื่อหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุจากการฉีดเข้าตัวเอง และการเกิดการฟุ้งกระจาย นอกจากนี้ เข็มจะต้องไม่หักงอ และต้องใส่ปลอกหุ้มเข็มก่อนทิ้งเสมอ และต้องลดการปนเปื้อนโดยการ autoclave ก่อนทิ้ง
  18. เมื่อมีการสูญหายหรือเกิดอุบัติเหตุกับวัสดุติดเชื้อ และสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม จะต้องรายงานต่อเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง IBC และ TBC พร้อมแนบบันทึกทางการแพทย์
  19. ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาในห้องปฏิบัติการ เช่น ซีรัม หรือ สิ่งใดที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อบุคคล ควรเก็บไว้ในพื้นที่หรือบริเวณที่เหมาะสม นอกจากนี้ควรเก็บตัวอย่างซีรัมในสารเคมีที่เหมาะสมตามหน้าที่ใช้งาน
  20. ต้องมีการเตรียมคู่มือความปลอดภัยทางชีวภาพที่ใช้เฉพาะในโครงการ (project-specific biosafety manual) ล่วงหน้าและทำการปรับปรุงอยู่เสมอ ทั้งนี้ บุคคลในห้องปฏิบัติการต้องทำการศึกษาและปฏิบัติตาม และได้รับการแนะนำเกี่ยวกับอันตรายเป็นพิเศษด้วย
  21. การเลือกใช้อุปกรณ์ในสภาพควบคุม (containment equipment) ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL3 : หากทำการทดลองเกี่ยวกับระบบเจ้าบ้านและพาหะ (host-vector system) ที่มีระดับการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพสูงกว่า BSL3 หนึ่งระดับให้ใช้อุปกรณ์

ในสภาพควบคุมที่จำเพาะสำหรับระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL4 แต่หากทำการทดลองเกี่ยวกับระบบเจ้าบ้านและพาหะที่มีระดับการควบคุมต่ำกว่าระดับความปลอดภัย BSL3 หนึ่งระดับ ให้ใช้อุปกรณ์ในสภาพควบคุมที่จำเพาะสำหรับระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL2 ทั้งนี้ อาจมีการใช้ containment safeguards ร่วมด้วย

### 3.3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ BSL3

ตู้ชีวนิรภัยระดับ Class I ระดับ Class II หรือ ระดับ Class III หรือ สิ่งอื่นๆ ที่ใช้สำหรับป้องกันบุคคล หรือเครื่องมือเครื่องใช้ในสภาพควบคุม (physical containment devices) เช่น เสื้อคลุมป้องกันพิเศษ ถุงมือ หน้ากาก หรือ หน้ากากหายใจ รวมทั้งภาชนะที่ใช้ปั่นต้องเป็นระบบปิดมิดชิด (centrifuge safety cups) และ กรงสัตว์แบบที่กำหนดให้ใช้ได้ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้จะใช้ในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องวัสดุติดเชื้อทั้งหมดและสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม รวมถึงการเพาะเลี้ยงซึ่งอาจเป็นแหล่งของการเกิดละอองก๊าซ และการฟุ้งกระจาย จากการทดลองกับสัตว์ การเก็บเกี่ยวเนื้อเยื่อที่มีการปนเปื้อน หรือของเหลวจากการทดลองกับสัตว์ เช่น embryonate egg และจากการตายของสัตว์ทดลอง

### 3.3.4 สิ่งอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL3

1. ต้องแยกห้องปฏิบัติการออกมาจากพื้นที่อื่นๆ ที่มีคนพลุกพล่านภายในอาคาร โดยพื้นฐานจะต้องมีประตูทางเข้าสองชั้นในการเข้าสู่ห้องปฏิบัติการจากระเบียงทางเข้าระหว่างตึกหรือพื้นที่ๆ ติดกัน โดยมีห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า ห้องอาบน้ำ และมีระบบ airlock อย่างสมบูรณ์
2. พื้นผิวกำแพง พื้น และเพดาน จะต้องป้องกันน้ำได้ เพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาด พื้นพื้นที่ๆ มีรอยเจาะ ต้องอุดรอยรั่วต่างๆ เพื่อลดการเล็ดลอดสู่ภายนอก
3. โต๊ะปฏิบัติการต้องทนน้ำ กรด ต่าง สารตัวทำลายอินทรีย์ และ ความร้อนระดับปานกลาง
4. เฟอร์นิเจอร์ในห้องปฏิบัติการต้องแข็งแรง และมีพื้นที่ระหว่างโต๊ะ ตู้ อุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้สามารถทำความสะอาดได้
5. ห้องปฏิบัติการแต่ละห้องต้องมีอ่างล้างมือ อ่างล้างเท้าและข้อศอก โดยให้ติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวอยู่ใกล้กับประตูทางออก

6. ต้องปิดหน้าต่างในห้องปฏิบัติการ และมีการปิดผนึกขอบหน้าต่าง
7. ประตูทางเข้าห้องปฏิบัติการ ควรใช้ระบบปิดเองโดยอัตโนมัติ ที่ป้องกันผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าไปในห้องปฏิบัติการได้ และมีระบบบันทึกการเข้าออกของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ เช่น ระบบ key card ระบบ key pad หรือ ระบบสแกนลายนิ้วมือ หรือ ม่านตา
8. ภายในห้องปฏิบัติการ ต้องมี autoclave เพื่อลดการปนเปื้อน
9. ต้องมีท่อระบายอากาศที่เป็นระบบ directional airflow ซึ่งจะปล่อยอากาศออกสู่ภายนอก โดยไม่แพร่กระจายไปยังบริเวณอื่นของอาคาร
10. อากาศที่ปล่อยจากตู้ชีวนิรภัยระดับ Class I หรือ ระดับ Class II ออกสู่ภายนอกโดยตรง จะต้องผ่านระบบเครื่องกรองอากาศดักฝุ่นละอองที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นพิเศษ (High Efficiency Particulate Air filters - HEPA filters) โดยอากาศอาจมีการหมุนเวียนภายในห้องปฏิบัติการ จึงต้องมีการตรวจสอบตู้ชีวนิรภัย ทุก 12 เดือน เป็นอย่างต่ำ

### 3.4 ความปลอดภัยระดับที่ 4 (Biosafety Level 4 - BSL4)

ระบบความปลอดภัยห้องปฏิบัติการระดับ BSL4 สามารถใช้ได้กับการทดลองเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมประเภทที่ 4 รวมถึงการใช้กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีความเสี่ยงสูงสุด หรือยังไม่ทราบระดับอันตรายที่ชัดเจน ในแนวทางปฏิบัติ ฉบับนี้ ไม่ได้รวบรวมคำอธิบายเกี่ยวกับห้องปฏิบัติการระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL4 ไว้ทั้งหมด โดยในทางปฏิบัติ ต้องใช้หลักการและรายละเอียดของระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL3 เป็นพื้นฐานขั้นต่ำ แต่การบริหารจัดการต่างๆ จะเข้มงวดมากกว่าระดับ BSL3 หากจะมีการสร้างหรือปรับปรุงห้องปฏิบัติการระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL4 ควรปรึกษาและขอความเห็นชอบจาก IBC และ TBC ตามลำดับ

สิ่งสำคัญที่ต้องจัดหาและวิธีการปฏิบัติในห้องปฏิบัติการระดับ BSL4 คือ

1. ข้อกำหนดและข้อปฏิบัติในระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL3 ทั้งหมด
2. ต้องเปลี่ยนเสื้อผังก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ
3. มีที่อาบน้ำก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ
4. อาคารหรือห้องปฏิบัติการ ควรแยกออกจากอาคารหรือพื้นที่อื่นอย่างชัดเจน
5. ตู้ชีวนิรภัยระดับ Class III

**3.4.1 การออกแบบห้องปฏิบัติการระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ BSL4**  
ออกแบบตามห้องปฏิบัติการมาตรฐาน โดยต้องสามารถนำอุปกรณ์เข้า ออก เคลื่อนย้ายออกจากห้องปฏิบัติการได้ และควรมีการออกแบบสำหรับการขยายพื้นที่ในอนาคต

### 3.5 บทสรุปและข้อเสนอแนะสำหรับห้องปฏิบัติการ

บทสรุปและข้อเสนอแนะสำหรับการจัดสร้างหรือปรับปรุงห้องปฏิบัติการให้มีความเหมาะสมต่อระดับความเสี่ยงจากการทดลองเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตที่ได้รับการดัดแปลงพันธุกรรม แบ่งเป็น 7 หัวข้อหลัก ได้แก่

#### 3.5.1 ที่ตั้งของห้องปฏิบัติการ

ที่ตั้งของห้องปฏิบัติการ	ระดับห้องปฏิบัติการ			
	BSL1	BSL2	BSL3	BSL4
1. แยกจากพื้นที่อื่นๆ หรือพื้นที่สาธารณะ โดยการใช้ประตู	○	●	●	●
2. หน้าประตูมีข้อความระบุชัดเจนเกี่ยวกับงานที่จะทำ	○	●	●	●
3. มีการตรวจตราบุคคลเข้าออกอย่างเข้มงวด	-	○	●	●
4. มีการอุดรูรอยรั่วของห้องปฏิบัติการ และแยกตัวออกจากพื้นที่อื่นๆ	-	○	●	●
5. แยกเป็นตึกหรือห้องจำเพาะ มีการอุดรู รอยรั่วด้วยระบบการให้อากาศ ตามมาตรฐานความปลอดภัยขั้นสูง	-	○	○	●
6. สำนักงานหรือบุคลากรอยู่แยกจากห้องปฏิบัติการ	-	-	●	●
7. เครื่องมือหรือระบบอำนวยความสะดวกต่างๆ ควรถูกเก็บให้เป็นสัดส่วนและมีประตูล็อก อย่างมิดชิด	-	-	●	●

- หมายเหตุ
- หมายถึง “ควรมี”
  - หมายถึง “ต้องมี”
  - หมายถึง “ไม่จำเป็นต้องมี”

### 3.5.2 โครงสร้างทางกายภาพ

โครงสร้างทางกายภาพ	ระดับห้องปฏิบัติการ			
	BSL1	BSL2	BSL3	BSL4
<b>I. กำแพงและผนัง</b>				
1. เป็นผนังอิฐปูน	-	-	○	●
2. เป็นผนังอิฐ (ปูน) แบบ non-load-bearing	-	-	○	●
3. เป็นโครงสร้างโลหะผนังอิฐ (ปูน) แบบ non-load-bearing	-	-	○	●
4. เป็นคอนกรีต	-	-	○	●
<b>II. เพดาน</b>				
1. เพดานแขวนยิปซัม	●	●	●	●
2. เพดานยิปซัมแบบแขวนที่อุดรูรั่วได้ เพดานทึบ ทาสีอย่างเหมาะสม	-	○	●	●
<b>III. สารอุดรู รอยรั่วต่างๆ</b>				
1. ทนทานต่อก๊าซ สารเคมี ที่ต้องทาตามผนัง และเพดาน	-	○	●	●
2. เป็นสารที่ทนต่อก๊าซ สารเคมี และไม่แข็งตัว	-	○	●	●
<b>IV. ระบบประตู</b>				
1. เป็นแบบสามารถกำหนดการล็อกแบบปกติ	-	○	●	●
2. เป็นแบบล็อกด้วยตัวเอง	-	-	●	●
3. ระบบ key card	-	-	-	●
4. ventilated airlock	-	-	-	●
5. ขนาดประตูมีขนาดใหญ่พอสำหรับการโยกย้าย	●	●	●	●
6. มีสัญญาณทางออก หรือทางหนีไฟ	○	○	●	●
<b>V. หน้าต่าง</b>				
1. ป้องกันแมลงต่างๆ	●	●	●	●
2. แบบกระจกนิรภัย	-	-	●	●
<b>VI. พื้น</b>				
1. ไม่ลื่น	●	●	●	●
2. มีความทนทานต่อการกัดกร่อน	-	○	●	●

หมายเหตุ ○ หมายถึง “ควรมี”  
 ● หมายถึง “ต้องมี”  
 - หมายถึง “ไม่จำเป็นต้องมี”

3.5.3 ระบบอากาศ

ระบบอากาศ	ระดับห้องปฏิบัติการ			
	BSL1	BSL2	BSL3	BSL4
<b>I. ระบบให้อากาศในห้อง (room air supply)</b> 1. ระบบให้อากาศแยกออกจากบริเวณห้องปฏิบัติการ 2. ระบบให้อากาศแบบ HEPA-filter หรือแบบให้ bubble tight damper 3. direction inward, non-recirculated airflow 4. ระบบ interlock ด้วย exhaust ventilation 5. มีระบบเตือนภัยในกรณีที่ระบบขัดข้อง เช่น ระบบความดันขัดข้อง	-	-	○	●
<b>II. ระบบ exhaust ventilation ในห้องปฏิบัติการ</b> 1. มีระบบ magnetic gauges หรือระบบควบคุมความดันทางเข้า 2. มีระบบ HEPA-filter ที่เชื่อมกับระบบเตือนภัยในกรณีที่ระบบขัดข้อง 3. ระบบ interlock ด้วยระบบให้อากาศ 4. ระบบ bubble tight damper เพื่อใช้ในระบอบลดการปนเปื้อน 5. ปริมาณของ exhaust จากห้องปฏิบัติการควรอยู่ในระดับ 10 เท่า ของความจุห้องต่อ 1 ชั่วโมง	-	-	-	●
<b>III. ระดับของผู้ชีวนิรภัย</b> 1. Class I 2. Class II 3. Class III 4. Class I และ II ที่มีลักษณะแบบ positive-pressure suits	-	○	●	●
<b>IV. Fume hoods</b> 1. HEPA และ charcoal filter 2. air flow alarm	-	-	○	●
	○	○	○	○

- หมายเหตุ ○ หมายถึง “ควรมี”  
 ● หมายถึง “ต้องมี”  
 - หมายถึง “ไม่จำเป็นต้องมี”

### 3.5.4. ระบบลดการปนเปื้อน

ระบบลดการปนเปื้อน	ระดับห้องปฏิบัติการ			
	BSL1	BSL2	BSL3	BSL4
<b>I. ระบบ decontamination</b>				
1. พื้น เพดาน ผนัง ต้องทาด้วยสาร disinfectant – resistant	-	-	●	●
2. วัสดุที่ใช้ทำโต๊ะ ตู้ ต้องทนทานต่อสารฆ่าเชื้อ	○	○	●	●
3. วัสดุที่ใช้ทำโต๊ะ ตู้ ใช้เป็น plastic laminate ได้	○	○	●	●
4. วัสดุที่ใช้ทำโต๊ะ ตู้ ต้องใช้เป็นเสตนเลสสตีล (เหล็กไม่เป็นสนิม)	-	-	○	●
<b>II. ระบบ sterilization</b>				
1. มีห้อง autoclave ที่แยกจากห้องปฏิบัติการ ด้วยระบบ interlocking double – door	-	-	○	●
2. จำเป็นต้องมี autoclave ในห้องปฏิบัติการ	-	○	●	●
3. จำเป็นต้องมี autoclave ในตัวอาคาร	○	●	●	●
4. มีระบบ incinerator ในตัวอาคาร	-	-	-	●
<b>III. ระบบกำจัดขยะที่เป็นของเหลว</b>				
1. มีการบำบัดน้ำด้วยสารฆ่าเชื้อก่อนทิ้ง	-	○	●	●
2. ต้องฆ่าเชื้อของเหลวทุกชนิดก่อนทิ้ง	-	-	●	●
<b>IV. ระบบกำจัดขยะที่เป็นของแข็ง</b>				
1. มีการแยกประเภทขยะและบริเวณทิ้งขยะ อย่างชัดเจน	●	●	●	●
2. มีห้องแยกขยะเป็นสัดส่วน	-	-	●	●

- หมายเหตุ ○ หมายถึง “ควรมี”  
● หมายถึง “ต้องมี”  
- หมายถึง “ไม่จำเป็นต้องมี”



### 3.5.5 ระบบป้องกันสุขภาพและความปลอดภัย

ระบบป้องกันสุขภาพและความปลอดภัย	ระดับห้องปฏิบัติการ			
	BSL1	BSL2	BSL3	BSL4
1. มีที่ล้างมือ	●	●	●	●
2. มีที่ล้างมือ ข้อศอก หัวเข่า	-	-	●	●
3. มีระบบฝักบัว	-	○	●	●
4. มีที่ล้างหน้า / ตา เมื่อเกิดอุบัติเหตุ	○	○	●	●
5. มีบริเวณเปลี่ยนเสื้อผ้าใกล้กับ containment (เนื้อที่ประมาณ 0.5 ตรม. ต่อ 1 คน)	-	-	●	●
6. มีระบบฆ่าเชื้อเสื้อผ้าก่อนซักล้าง	-	○	●	●

- หมายเหตุ
- หมายถึง “ควรมี”
  - หมายถึง “ต้องมี”
  - หมายถึง “ไม่จำเป็นต้องมี”

### 3.5.6 ระบบบริการภายในตัวอาคาร

ระบบบริการภายในตัวอาคาร	ระดับห้องปฏิบัติการ			
	BSL1	BSL2	BSL3	BSL4
<b>I. ระบบท่อและการระบายน้ำ</b>				
1. ท่อที่นำของที่ระบายทิ้ง ต้องเข้าสู่ระบบ sterilization	-	-	-	●
2. ของเหลวหรือก๊าซจาก autoclave จะต้องเข้าสู่ระบบท่อที่เป็นระบบปิด	-	-	○	●
3. ทุกข้อต่อของท่อต้องอุดรู รอยรั่ว ด้วย non-shrinking sealant (กาวฉนวน)	-	-	●	●
4. ท่อน้ำร้อน-เย็นต้องหุ้มด้วยวัสดุฉนวน	○	○	●	●
5. ระบบการให้น้ำต้องอยู่บริเวณนอกห้องปฏิบัติการ	-	-	○	●
<b>II. ระบบอัดก๊าซ</b>				
1. ติดตั้ง HEPA-filter	-	-	●	●
2. ระบบก๊าซต่างๆ มีตัวกัน back flow	-	-	●	●
3. ระบบท่อสุญญากาศต้องมี HEPA-filter	-	-	●	●
4. ระบบอัดก๊าซต้องอยู่นอกห้องปฏิบัติการ	-	-	○	●
<b>III. ระบบไฟฟ้า</b>				
1. ballast และ starter อยู่นอกห้องปฏิบัติการ	-	-	○	○
2. breaker อยู่นอกบริเวณ biocontainment	-	-	○	●
3. ระบบความปลอดภัยของตัวตึก ต้องเชื่อมโยงกับระบบห้องปฏิบัติการ	○	○	○	●
4. มีการระบุตำแหน่งต่างๆ ที่ตู้ตัวตัดไฟ (breaker)	○	○	○	○
5. มีระบบไฟฟ้าสำรอง	-	○	○	●
6. มีระบบเตือนภัย กรณีไฟไหม้	●	●	●	●
7. มีระบบโทรศัพท์แจ้งเตือน	-	-	-	○

หมายเหตุ ○ หมายถึง “ควรมี”

● หมายถึง “ต้องมี”

- หมายถึง “ไม่จำเป็นต้องมี”

### 3.5.7 ระบบเตือนภัยในกรณีฉุกเฉินต่างๆ

ระบบเตือนภัยในกรณีฉุกเฉินต่างๆ	ระดับห้องปฏิบัติการ			
	BSL1	BSL2	BSL3	BSL4
1. มีระบบ bottled back-up breathing air ที่มีประสิทธิภาพให้อากาศ 30 นาทีต่อ 1 คน	-	-	-	●
2. มีระบบ positive-pressure hood respirator	-	-	-	●
3. มีระบบสื่อสารระหว่างบริเวณ containment และบริเวณอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง	-	-	○	●
4. มีระบบไฟสัญญาณเตือนภัย	○	○	●	●

- หมายเหตุ ○ หมายถึง “ควรมี”  
 ● หมายถึง “ต้องมี”  
 - หมายถึง “ไม่จำเป็นต้องมี”

### 3.5.8 ระบบป้องกันและตรวจสอบ

ระบบป้องกันและตรวจสอบ	ระดับห้องปฏิบัติการ			
	BSL1	BSL2	BSL3	BSL4
1. มีระบบตรวจสอบ negative air pressure เช่น การตรวจสอบรอยรั่วของระบบให้อากาศ (pressure decay 0.05 wg loss/min) ที่ 2" wg	-	-	○	●
2. ระบบให้อากาศและ exhaust ductwork ควรมี leak-tight โดยดูจากค่า pressure decay เช่น BSL3 ต้องไม่เกิน 0.2% duct vol. ต่อหน้าที่ 2" wg (500 Pa) หรือ BSL4 ต้องไม่เกิน 0.1% duct vol. ต่อหน้าที่ 2" wg (500 Pa)	-	-	○	●
3. ระบบให้อากาศและ exhaust ductwork ต้องมีระบบป้องกัน back-draft	-	-	●	●
4. ต้องมีการตรวจสอบประเมนระบบ HEPA-filter ภายหลังจากติดตั้งทันที	-	-	●	●
5. ทดสอบ leak - tight ของ HEPA-filter ต้องไม่เกิน 0.2% ของปริมาตรต่อหน้าที่ 10" wg (2,500 Pa)	-	-	○	●
6. มีการตรวจสอบระบบเตือนภัยเป็นประจำ	○	○	●	●
7. มีการตรวจสอบระบบสื่อสารเป็นประจำ	-	-	○	●

- หมายเหตุ ○ หมายถึง “ควรมี”  
 ● หมายถึง “ต้องมี”  
 - หมายถึง “ไม่จำเป็นต้องมี”

งานวิจัยและทดลอง เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมแต่ละประเภทจำเป็นต้อง ดำเนินงานวิจัยในระบบความปลอดภัยทางชีวภาพ ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 ระดับ (Biosafety Level 1 - 4) ตามระดับความเสี่ยงของงานจากระดับต่ำสุดไปจนถึงระดับสูงสุด ซึ่งรวมไปถึงงานที่ยังไม่ทราบระดับความเสี่ยงชัดเจน

ข้อแตกต่างของการควบคุมในแต่ละระดับ สรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

สิ่งหรือความจำเป็นที่ต้องจัดหา	ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ (Biosafety Level)			
	ระดับ 1 BSL1	ระดับ 2 BSL2	ระดับ 3 BSL3	ระดับ 4 BSL4
1. โต๊ะปฏิบัติการ อ่างล้างมือ	●	●	●	●
2. การฝึกอบรมด้านเทคนิค การปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา	○	●	●	●
3. ระบบฆ่าเชื้อปนเปื้อนด้วย autoclave	○	●	●	●
4. ตู้ชีวนิรภัย (biological safety cabinet)	○	Class I หรือ II	Class I หรือ II หรือ III	Class III
5. ระบบกรองการไหลเวียนอากาศ	-	-	○	●
6. การเข้มงวดในการอนุญาตเข้า-ออก ของบุคคลภายนอก	-	○	○	●
7. ระบบอาบน้ำ เปลี่ยนเสื้อผ้าก่อน เข้า-ออก ห้องปฏิบัติการ	-	-	○	●
8. การแยกอาคารหรือห้องปฏิบัติการ ออกมาต่างหาก	-	-	-	ควรมี/ ●

หมายเหตุ ○ หมายถึง “ควรมี”  
● หมายถึง “ต้องมี”  
- หมายถึง “ไม่จำเป็นต้องมี”