

แนวทางการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการและสารเคมี Guideline for laboratory and chemical safety management

ปวีณา เครือนิล^{1*} และ ปัทมา นพรัตน์¹

Paweena Kreunin^{1*} Pattama Nopparat¹

บทคัดย่อ

การจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการและสารเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ จะช่วยลดความเสี่ยงและป้องกันเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการ บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการและสารเคมี ตลอดจนเป็นการรณรงค์เพื่อสร้างความตระหนักให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องกับห้องปฏิบัติการที่ใช้สารเคมี รายละเอียดเนื้อหาแบ่งออกเป็น 8 หัวข้อ ได้แก่ 1) ความสำคัญของการจัดทำระบบการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี ข้อกำหนด กฎหมายที่เกี่ยวข้อง 2) การออกแบบระบบการจัดการด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ 3) การควบคุมสารเคมีอันตราย 4) การแยกประเภทสารเคมีอันตราย 5) การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสารเคมี 6) การจัดการสารเคมีอันตราย 7) การออกแบบห้องปฏิบัติการเพื่อความปลอดภัย และ 8) การจัดการห้องปฏิบัติการสีเขียว โดยรายละเอียดเนื้อหาสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการจัดทำระบบการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการสีเขียวภายในหน่วยงานภาครัฐ รัฐวิสาหกิจ เอกชน และสถาบันการศึกษา อย่างไรก็ตาม องค์กรควรจัดให้มีการอบรมที่เกี่ยวข้องและเป็นปัจจุบัน การอบรมทบทวนให้ความรู้ และการเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจเชิงลึกด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการและสารเคมี พร้อมทั้งส่งเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยในองค์กรอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงานภายในองค์กรอย่างแท้จริง การขับเคลื่อนขององค์กรจะเป็นส่วนหนึ่งในการยกระดับคุณภาพห้องปฏิบัติการ รวมทั้งคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมของประเทศอย่างยั่งยืน

Abstract

The effective management of chemical-based laboratories can help to reduce risks and prevent incidents that have the potential to occur in laboratories. This article's objective is to enhance basic knowledge and understanding of laboratory and chemical safety management, as well as to raise awareness of workers who are involved in laboratory work. The content is divided into eight topics. i.e. 1) the importance of the development of safety management systems in chemical laboratories – related requirements and regulations, 2) the design of safety management systems in laboratories, 3) the control of hazardous chemicals, 4) the classification of hazardous chemicals, 5) chemical health risk assessment, 6) the management of hazardous chemicals, 7) the design and remodeling of laboratories for safety, and 8) the green laboratory management. The content is a guideline for the management system of green laboratories within the public and private sectors and educational institutions. However, organizations should have relevant and up-to-date training, knowledge-refresher trainings, and promote in-depth understandings on laboratory and chemical safety. In addition, organizations should continuously promote cultural awareness of safety within laboratories to achieve true safety. The organization's drive will be an integral part that enhances the quality of laboratories, life, and environment in Thailand sustainably.

¹ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

*Corresponding author. e-mail address: paweena@dss.go.th

คำสำคัญ : ห้องปฏิบัติการ สารเคมี ระบบการจัดการ ความปลอดภัย สีเขียว ยั่งยืน

Keywords : Laboratory, Chemical, Management System, Safety, Green, Sustainability

1. บทนำ

ในปัจจุบันวงการวิทยาศาสตร์ โรงงานอุตสาหกรรม โรงพยาบาล หน่วยงานวิจัยและพัฒนา ไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานภาครัฐ รัฐวิสาหกิจ เอกชน และสถาบันการศึกษา ล้วนมีห้องปฏิบัติการที่มีการใช้สารเคมีอันตรายอยู่เป็นจำนวนมาก ผู้ที่ทำงานกับสารเคมีในห้องปฏิบัติการจึงจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการและสารเคมี สามารถเลือกใช้แนวปฏิบัติที่ปลอดภัย และดำเนินการควบคุมและจัดการสารเคมีได้อย่างถูกต้องเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อตนเอง ผู้ที่เกี่ยวข้อง องค์กร หรือกลุ่มพลเมือง สิ่งแวดล้อม ความเข้าใจถึงความสำคัญในเรื่องความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการและสารเคมี จะทำให้ตระหนักถึงความจำเป็นในการจัดทำระบบการจัดการด้านความปลอดภัย ที่จะช่วยลดความเสี่ยงและป้องกันอันตรายที่อาจเกิดได้จากห้องปฏิบัติการ ซึ่งรวมถึงพื้นที่และ/หรือสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยผู้ปฏิบัติจะต้องทราบข้อกำหนด กฎหมายที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการพัฒนา การออกแบบ หรือการจัดทำระบบการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการและสารเคมี

การดำเนินการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการที่ใช้สารเคมี เป็นความรับผิดชอบของบุคลากรทุกคนทุกระดับในองค์กร ตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงขององค์กร ฝ่ายบริหารจัดการด้านความปลอดภัย เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยประจำห้องปฏิบัติการ พนักงานของห้องปฏิบัติการ รวมทั้งพนักงานขนส่ง พนักงานทำความสะอาด และผู้เกี่ยวข้องทุกคน [1] ซึ่งทุกคนนั้นจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการด้านความปลอดภัยตามหน้าที่ความรับผิดชอบของตนเอง และมีส่วนร่วมในการพัฒนาระบบการจัดการด้านความปลอดภัยอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ การออกแบบระบบการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการที่ใช้สารเคมีมีมาตรฐาน เช่น OSHA Laboratory Standard (29 CFR 1910.1450) ซึ่งเป็นมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการของประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับประเทศไทยมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับ

ความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการและสารเคมีโดยตรง ตัวอย่างเช่น มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ – ข้อกำหนดด้านความปลอดภัย มาตรฐานเลขที่ มอก. 2276 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ระบบการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี มาตรฐานเลขที่ มอก. 2677 ซึ่งโดยทั่วไปมาตรฐาน มอก. จะไม่ใช่มาตรฐานบังคับใช้ มาตรฐานที่บังคับใช้ตามกฎหมาย จะเป็นมาตรฐานที่ออกโดยกระทรวงต่าง ๆ ซึ่งจะมีการกล่าวถึงในบทความนี้ต่อไป

สิ่งที่สำคัญและจำเป็นอย่างมากในการจัดการด้านความปลอดภัย คือ ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานในห้องปฏิบัติการโดยเฉพาะผู้ใช้สารเคมีเองต้องมีความรู้เกี่ยวกับสารเคมี ทราบความเป็นอันตรายของสารเคมี รวมทั้งสามารถสื่อสารความเป็นอันตราย และประเมินความเสี่ยงจากสารเคมีหากบุคลากรได้รับการสัมผัสผ่านช่องทางต่าง ๆ เช่น การหายใจ การดูดซึมผ่านผิวหนัง ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรังได้ ทั้งนี้ เพื่อให้สามารถควบคุมและจัดการสารเคมีได้อย่างครบวงจร (Chemical life cycle) ยิ่งไปกว่านั้นต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักการการออกแบบและ/หรือการปรับปรุงห้องปฏิบัติการ เพื่อให้สามารถจัดการสภาพห้องปฏิบัติการเป็นไปตามมาตรฐาน คือ มีความเสี่ยงน้อยที่สุด มีความเหมาะสมต่อการใช้ห้องปฏิบัติการในการทำงานกับสารเคมีอย่างปลอดภัย และสามารถแก้ไขผลกระทบต่าง ๆ ที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายภายในองค์กร อาทิเช่น การติดตั้งเครื่องมีอุปกรณ์ ตู้ดูดไอระเหยสารเคมี ปล่องระบายอากาศ ระบบระบายอากาศที่เหมาะสม ทำให้ไม่เกิดการไหลเวียนของสารเคมีปนเปื้อนภายในอาคาร

ดังนั้น องค์กรจึงต้องคำนึงถึงการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการและสารเคมี รวมไปถึงการจัดการเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์พลังงานของห้องปฏิบัติการ ตามแนวคิดของห้องปฏิบัติการสีเขียว ซึ่งต้องอาศัยการดำเนินงานผ่านแนวปฏิบัติที่เกี่ยวข้องในประเด็นดังกล่าว หรือที่เรียกว่า “แนวปฏิบัติที่เป็นสีเขียว” ตัวอย่างเช่น การลดการเกิดขยะและของเสียอันตราย การลดการใช้พลังงานไฟฟ้า/น้ำ ซึ่งจะช่วยให้ห้องปฏิบัติการมีการดำเนินงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น และมีการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้น จึงเป็น

สิ่งสำคัญที่ต้องส่งเสริมให้บุคลากรใช้แนวปฏิบัติที่เป็นสีเขียว และให้มีการดำเนินการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมของห้องปฏิบัติการ เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไปพร้อมกันกับการมีห้องปฏิบัติการที่ปลอดภัย บทความนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้บุคลากรในองค์กรที่มีห้องปฏิบัติการมีความรู้ ความเข้าใจและตระหนักในการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการและสารเคมี สามารถนำข้อมูลไปใช้ประกอบการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการและสารเคมี เตรียมความพร้อมสู่การพัฒนาห้องปฏิบัติการสีเขียวตามกระแสโลก รวมทั้งยกระดับคุณภาพห้องปฏิบัติการเพื่อการขับเคลื่อนอุตสาหกรรมในภาคการผลิตและการบริการของประเทศให้แข่งขันได้อย่างยั่งยืน

2. วิธีดำเนินการ

ผู้เขียนได้รวบรวมข้อมูลการพัฒนาหลักสูตรด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการและสารเคมีของกรมวิทยาศาสตร์บริการ ที่ผู้เขียนเป็นผู้ร่วมพัฒนาหลักสูตรและจัดทำข้อมูลการเรียนการสอน โดยนำข้อมูลมาเรียบเรียงและจัดทำเนื้อหาเป็น 8 หัวข้อ ได้แก่ 1) ความสำคัญของการจัดทำระบบการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวกับสารเคมี ข้อกำหนด กฎหมายที่เกี่ยวข้อง 2) การออกแบบระบบการจัดการด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ 3) การควบคุมสารเคมีอันตราย 4) การแยกประเภทสารเคมีอันตราย 5) การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสารเคมี 6) การจัดการสารเคมีอันตราย 7) การออกแบบห้องปฏิบัติการเพื่อความปลอดภัย และ 8) การจัดการห้องปฏิบัติการสีเขียว โดยนำสาระสำคัญในแต่ละหัวข้อมาสรุปและจัดทำเป็นบทความเรื่องแนวทางการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการและสารเคมี

แนวทางการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการและสารเคมี

แนวทางการจัดการด้านความปลอดภัยห้องปฏิบัติการและสารเคมีในบทความนี้ มุ่งเน้นเฉพาะห้องปฏิบัติการที่มีการใช้สารเคมีในกระบวนการ แบ่งเป็น 8 หัวข้อ ดังนี้

1) ความสำคัญของการจัดทำระบบการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวกับสารเคมี ข้อกำหนดกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ และสารเคมีที่เป็นอันตรายเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะการใช้สารเคมีอันตราย <http://bas.dss.go.th>

ในห้องปฏิบัติการวิจัย ทดสอบ สอบเทียบ และการเรียนการสอน องค์กรที่มีห้องปฏิบัติการจึงควรจัดทำระบบการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวกับสารเคมี ซึ่งมีองค์ประกอบหลากหลาย เช่น หน้าที่ความรับผิดชอบของบุคลากรในองค์กร มาตรการควบคุมสารเคมีอันตราย การเก็บ/ใช้/เคลื่อนย้ายสารเคมี การเก็บ/บำบัด/กำจัดของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการ เป็นต้น ทั้งนี้ระบบที่จัดทำขึ้นต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับบริบทขององค์กร เช่น กฎหมายและข้อกำหนดต่าง ๆ วัฒนธรรมองค์กรขีดความสามารถด้านทรัพยากรบุคคล ดังนั้น ผู้ทำงานในห้องปฏิบัติการหรือผู้ที่เกี่ยวข้องจึงต้องทราบข้อมูลและตระหนักถึงอันตรายจากสารเคมี ตลอดจนเห็นความสำคัญของการจัดทำระบบการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวกับสารเคมี และให้ความร่วมมือในการจัดทำและพัฒนาระบบเพื่อความปลอดภัยทั้งต่อตนเองและผู้อื่น รวมถึงสิ่งแวดล้อม

สารเคมีอันตรายไม่ว่าจะเป็น ธาตุ สารประกอบหรือสารผสม ตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย พ.ศ. 2556 ระบุว่าสารเคมีอาจทำให้เกิดอันตรายทางกายภาพ เช่น การระเบิดหรือไฟไหม้ หรืออันตรายต่อสุขภาพ เช่น อาการแพ้ การก่อมะเร็ง การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมเป็นอันตรายต่อทารกในครรภ์หรือสุขภาพอนามัย หรือทำให้เกิดแก่ความตาย [2] ตัวอย่างสารอันตราย เช่น ตัวทำละลายประเภท Chlorinated solvent ที่มักใช้ในห้องปฏิบัติการ มีฤทธิ์สามารถทำลายตับและไต ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลาง และส่วนมากจะเป็นสารก่อมะเร็ง หรือสารที่เป็นที่สงสัยว่าจะเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ ตัวอย่างอันตรายที่เกิดในห้องปฏิบัติการมีอยู่ให้เห็นเนือง ๆ เช่น ขาวไฟไหม้ห้องแล็บ ศุสตร์ปทุมธานีในปี พ.ศ. 2554 [3] ขาวแก๊สระเบิดของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีในปี พ.ศ. 2557 [4] หรือการเสียชีวิตจากการสัมผัสสารโพแทสเซียมไฮไดรด์ในห้องปฏิบัติการ Frontage Laboratories ในปี พ.ศ. 2561 และการระเบิดที่เกิดจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไฮโดรเจนซึ่งทำให้มีผู้เสียชีวิตในปี พ.ศ. 2563 [5]

แนวทางป้องกันเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ในห้องปฏิบัติการ นอกจากผู้ทำงานในห้องปฏิบัติการและผู้ที่เกี่ยวข้องจะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ และตระหนักถึง

ความเสี่ยงและอันตรายแล้ว องค์กรต้องมีการจัดหาระบบการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการที่ใช้สารเคมี และต้องมีการติดตามข้อกำหนด กฎหมายที่เกี่ยวข้องที่มีผลบังคับใช้ในขณะนั้น และนำข้อกำหนด กฎหมายมาบรรจุในขั้นตอนการดำเนินงานที่เกี่ยวข้อง สำหรับกฎหมายหลักที่เกี่ยวกับความปลอดภัยของแรงงาน ได้แก่ พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นกฎหมายเพื่อประโยชน์ในการวางมาตรการควบคุม กำกับ ดูแล และบริหารจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน รวมถึงระเบียบ ข้อบังคับอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อบังคับสภาวิชาชีพวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในส่วนของผู้รับผิดชอบการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ ที่เกี่ยวข้องกับวัตถุอันตราย ชนิดที่ 2 ชนิดที่ 3 หรือชนิดที่ 4 (ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย ออกตามความในมาตรา 18 วรรคสอง แห่งพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535) ผู้รับผิดชอบการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการที่มีการครอบครองวัตถุอันตรายชนิดดังกล่าว ต้องมีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ควบคุม สาขาการผลิต การควบคุม และการจัดการสารเคมีอันตราย เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงาน แต่ถึงอย่างไร แม้ว่าจะองค์กรจะมีระบบการจัดการด้านความปลอดภัยที่ดี มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลแล้ว ก็อาจจะล้มเหลวได้ หากบุคลากรไม่มีความตระหนักและขาดความใส่ใจในการปฏิบัติงานตามระบบที่จัดทำขึ้น ดังนั้น องค์กรจะต้องพัฒนาบุคลากรและระบบไปพร้อม ๆ กัน ตลอดจนสนับสนุนการสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยที่ยั่งยืน

2) การออกแบบระบบการจัดการด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ

การออกแบบระบบการจัดการด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการที่ใช้สารเคมีนั้น ผู้ดำเนินการจะต้องมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับสารเคมีและเข้าใจบริบทต่าง ๆ ของห้องปฏิบัติการ ตลอดจนทราบกระบวนการ แนวปฏิบัติ และระเบียบปฏิบัติด้านความปลอดภัยเป็นอย่างดี การพัฒนาระบบการจัดการด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการนั้น องค์กรจะต้องกำหนดนโยบาย เป้าหมาย และระดับความสำเร็จในการพัฒนาระบบการจัดการ เช่น ระดับพื้นฐาน ระดับต้นแบบ ระดับมาตรฐาน หรือระดับ

World Class ซึ่งเป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติ เช่น การเป็นห้องปฏิบัติการที่ปลอดภัยและยั่งยืน (sustainable laboratory) หรือห้องปฏิบัติการสีเขียว (green laboratory) ทั้งนี้ เพื่อให้องค์กรสามารถวางแผนและดำเนินการให้ไปถึงเป้าหมายที่ชัดเจน เป็นรูปธรรม โดยแนวทางเบื้องต้นในการออกแบบระบบการจัดการด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการประกอบด้วย 1) การสำรวจ บ่งชี้ รวบรวม และประเมินผลปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ 2) การกำหนดแนวทางป้องกันและลดความเสี่ยง หรือการจัดการความเสี่ยง 3) การติดตามและประเมินผล เพื่อป้องกันและลดความเสี่ยง 4) การวางแผนพัฒนาและปรับปรุง 5) การดำเนินการเพื่อความปลอดภัยอย่างเป็นกระบวนการและต่อเนื่อง 6) การสร้างการมีส่วนร่วมในกระบวนการพัฒนาให้กับบุคลากรในองค์กร และ 7) การสร้างความตระหนัก การณรงค์เพื่อสร้างและปลูกฝังวัฒนธรรมความปลอดภัย (Safety Culture) เกี่ยวกับห้องปฏิบัติการ

นอกจากนี้ องค์กรอาจนำมาตราฐาน มอก. เลขที่ 2677 มาใช้เป็นแนวทางการออกแบบระบบ ข้อกำหนดระบบการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการตามมาตรฐานนี้ประกอบด้วย 1) นโยบายความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ 2) การวางแผน 3) การนำไปใช้และการปฏิบัติ 4) การติดตามตรวจสอบและการประเมินผลการปฏิบัติ 5) การทบทวนการจัดการ ซึ่งระบุข้อปฏิบัติในขั้นตอนการดำเนินงาน 7 ข้อ ได้แก่ 1) โครงสร้าง หน้าที่ ความรับผิดชอบ 2) การจัดการสารเคมี 3) การจัดการของเสีย 4) ลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ 5) การเตรียมความพร้อม และตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน 6) การให้ความรู้ และการสร้างจิตสำนึก 7) การจัดการเอกสาร ตัวอย่างแนวทางเบื้องต้นในการออกแบบระบบการจัดการด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเอกสาร เช่น ห้องปฏิบัติการต้องมีคู่มือความปลอดภัยที่มีเนื้อหาเหมาะสมกับห้องปฏิบัติการนั้น ๆ ตัวอย่างคู่มือปฏิบัติด้านความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการจัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวปฏิบัติที่ร่วมกันสำหรับผู้ทำงานในห้องปฏิบัติการทดสอบ สอบเทียบ วิจัยและพัฒนา รวมถึงห้องปฏิบัติการสำหรับการจัดฝึกอบรม ทั้งนี้ ด้วยบริบทขององค์กรมีบริการทางห้องปฏิบัติการที่หลากหลาย นอกจากคู่มือจะประกอบด้วยการจัดการด้านความปลอดภัยสำหรับห้องปฏิบัติการที่ใช้สารเคมีแล้ว ยังกล่าวถึงบริบทความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการที่ใช้รังสี และความปลอดภัย

ห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยาด้วย เป็นต้น [6]

ความสำเร็จในการออกแบบระบบการจัดการด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ ได้แก่ การสนับสนุนของผู้บริหารตั้งแต่ระดับบนจนถึงผู้ปฏิบัติการระดับล่าง (Top-down management support) และความเป็นเจ้าของด้านความปลอดภัยในทุกกระดับ (Safety ownership at all levels) ทั้งนี้ จะต้องทำความเข้าใจด้วยว่า ระบบการจัดการด้านความปลอดภัยนั้น ไม่สามารถจะมีความสมบูรณ์แบบและป้องกันอันตรายได้ 100% เพราะอุบัติเหตุหรือสิ่งที่ไม่พึงประสงค์นั้นสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ทำให้ต้องมีการพิจารณา และปรับปรุงตลอดเวลาอย่างต่อเนื่อง

3) การควบคุมสารเคมีอันตราย

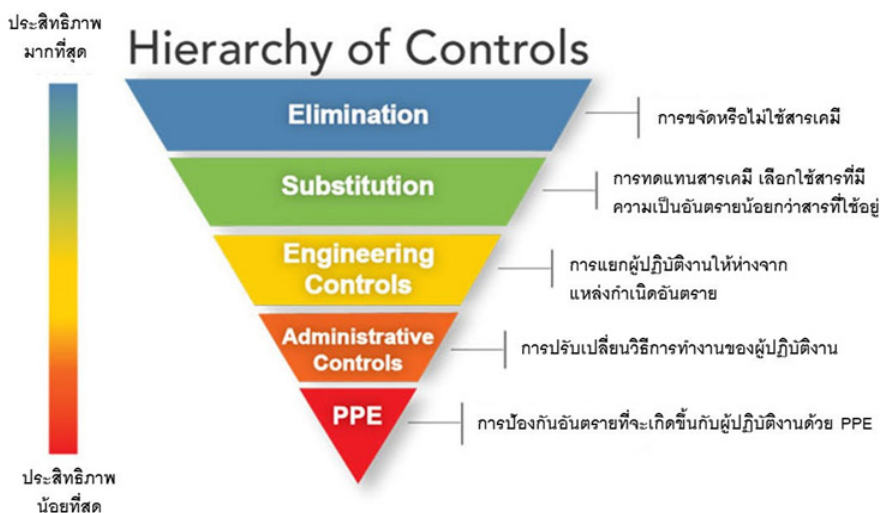
การควบคุมสารเคมีอันตรายหรือการควบคุมปริมาณการสัมผัสสารเคมีอันตราย จะต้องควบคุมตั้งแต่แหล่งกำเนิด เส้นทางผ่านของสารเคมี และตัวของผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง สิ่งที่ใช้สารเคมีอันตรายสามารถดำเนินการได้เลย คือ การทำงานตามระเบียบปฏิบัติงานที่องค์กรกำหนด และการใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment, PPE) โดยใส่ PPE ที่ได้มาตรฐาน และมีความเหมาะสมกับลักษณะอันตรายของกิจกรรมที่ทำตลอดเวลาในการทำงาน และใส่ PPE พื้นฐานตลอดเวลาที่อยู่ในห้องปฏิบัติการ รวมถึงการใส่ PPE ในการดำเนินการต่อภาวะฉุกเฉิน ดังนั้น ผู้ทำงานจึงควรศึกษาและเข้าร่วมอบรมวิธีการใช้งาน การดูแลบำรุงรักษา และวิธีการตรวจสอบสภาพ PPE ตลอดการใช้งาน

ผู้ทำงานควรศึกษาวิธีการปฏิบัติงานเพื่อความปลอดภัยอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ เพื่อให้สามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง จนเป็นนิสัย พร้อมทั้งเข้าร่วมการฝึกอบรมหรือการอบรมทบทวนให้ความรู้ และปฏิบัติตามป้ายสัญลักษณ์ต่าง ๆ เช่น ป้ายห้ามป้ายให้ปฏิบัติ ป้ายเตือน หรือป้ายแจ้งข้อความในบริเวณสถานที่ทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย สถานที่เก็บรักษาสารเคมีอันตราย หรือยานพาหนะขนส่งสารเคมีอันตราย อย่างไรก็ตาม ผู้ปฏิบัติงานกับสารเคมีควรศึกษาเอกสารข้อมูลความปลอดภัย (Safety Data Sheet, SDS) อย่างถี่ถ้วน ให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสารเคมีที่ใช้อย่างถ่องแท้

และตระหนักถึงความสำคัญในการทำงานตามระเบียบปฏิบัติและ/หรือแนวปฏิบัติที่ปลอดภัย นอกจากนี้แล้วผู้ปฏิบัติงานควรศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสารเคมีจากแหล่งข้อมูลอื่นที่เชื่อถือได้ เช่น ฐานข้อมูลสารเคมี PubChem ของ National Institutes of Health เป็นต้น

การศึกษา SDS โดยเฉพาะข้อที่ 8 การควบคุมการสัมผัสและการป้องกันส่วนบุคคล (Exposure controls/personal protection) เป็นข้อมูลสำคัญสำหรับผู้ปฏิบัติงานในการป้องกันตนเองจากการสัมผัสสารเคมี หัวข้อที่ 8 ประกอบด้วย 1) ค่าต่าง ๆ ที่ใช้ควบคุมการสัมผัส เช่น ค่า Occupational Exposure Limits (OELs) หรือค่าขีดจำกัดสารเคมีที่สัมผัสได้ในสถานที่ทำงาน 2) การควบคุมทางวิศวกรรมที่เหมาะสม และ 3) มาตรการป้องกันส่วนบุคคล ทั้งนี้ หลักการทั่วไปในการควบคุมและป้องกันอันตรายจากการทำงานประกอบด้วยการควบคุมอันตรายที่แหล่งกำเนิดอันตราย (Source control) ทางผ่านระหว่างแหล่งกำเนิดกับตัวบุคคล (Pathway control) และการควบคุมอันตรายที่ตัวบุคคล (Worker control) ซึ่งส่วนใหญ่แล้ว Source control และ Pathway control จะเป็นการดำเนินการตามมาตรการที่องค์กรกำหนดขึ้น สำหรับ Worker control นั้นเน้นที่ตัวผู้ปฏิบัติงานเองในการใช้ PPE ที่เหมาะสมกับการปฏิบัติงาน ซึ่งสามารถหาข้อมูลเกี่ยวกับ PPE ได้ในหัวข้อที่ 8 ส่วนที่ 3 มาตรการป้องกันส่วนบุคคล ตัวอย่างข้อมูล PPE ใน SDS เช่น การเลือกใช้ถุงมือในการทำงานกับอะซิโตนไตรล์ ให้เลือกถุงมือที่ทำจาก Butyl-rubber ความหนาอย่างน้อย 0.3 มิลลิเมตร [7]

มาตรการควบคุมอันตรายที่ยอมรับและใช้อย่างแพร่หลายในองค์กรต่าง ๆ ในระดับสากล ได้แก่ Hierarchy of Controls หรือลำดับขั้นของการควบคุมอันตรายเพื่อลดหรือกำจัดการสัมผัสอันตราย ที่จัดทำโดย The National Institute for Occupational Safety and Health [9] มาตรการควบคุมที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ การกำจัดหรือไม่ใช้สารเคมี (Elimination) ส่วนมาตรการที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดแต่ต้องใช้อยู่ตลอดเวลา คือ การใช้ PPE เพราะอันตรายต่าง ๆ นั้น ได้มาประชิดตัวแล้ว ทำให้ PPE กลายเป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็นที่สุด แม้จะมีประสิทธิภาพน้อยที่สุดก็ตาม ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 : Hierarchy of Controls [9]

4) การแยกประเภทสารเคมีอันตราย

ปัจจุบันการแยกประเภทสารเคมีอันตรายในประเทศไทยอ้างอิงระบบสากล Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS) หรือระบบการจำแนกและการสื่อสารความเป็นอันตรายของสารเคมี [8] โดยจำแนกตามความเป็นอันตรายทางกายภาพ 16 ประเภท ความเป็นอันตรายต่อสุขภาพ 10 ประเภท ความเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม 2 ประเภท การติดฉลากและ SDS สื่อสารความเป็นอันตรายของสารเคมี

ตารางที่ 1 ข้อมูลประเภทความเป็นอันตราย และรูปสัญลักษณ์ความเป็นอันตราย (Hazard pictogram)
ตามระบบ GHS เป็นข้อมูลเบื้องต้นให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการจำแนกและการสื่อสารความเป็นอันตรายของสารเคมี

ความเป็นอันตรายตามระบบ GHS	ประเภทความเป็นอันตราย	ตัวอย่างรูปสัญลักษณ์ (Hazard Pictogram)
ความเป็นอันตรายทางกายภาพ 16 ประเภท	1. วัตถุระเบิด (Explosives)	
	2. แก๊สไวไฟ (Flammable gases) 3. ละอองลอยไวไฟ (Flammable aerosols) 4. ของเหลวไวไฟ (Flammable liquids) 5. ของแข็งไวไฟ (Flammable solids) 6. ของเหลวที่ลุกติดไฟได้เองในอากาศ (Pyrophoric liquids) 7. ของแข็งที่ลุกติดไฟได้เองในอากาศ (Pyrophoric solids) 8. สารเดี่ยวและสารผสมที่เกิดความร้อนได้เอง (Self-heating substances and mixtures) 9. สารเดี่ยวและสารผสมที่สัมผัสกับน้ำแล้วให้แก๊สไวไฟ (Substances and mixtures, which in contact with water, emit flammable gases)	

ความเป็นอันตราย ตามระบบ GHS	ประเภทความเป็นอันตราย	ตัวอย่างรูปสัญลักษณ์ (Hazard Pictogram)
ความเป็นอันตราย ทางกายภาพ 16 ประเภท	10. สารเดี่ยวและสารผสมที่ทำปฏิกิริยาได้เอง (Self-reactive substances and mixtures)	 หรือ 
	11. แก๊สออกซิไดซ์ (Oxidizing gases) 12. ของเหลวออกซิไดซ์ (Oxidizing liquids) 13. ของแข็งออกซิไดซ์ (Oxidizing solids) 14. สารเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ (Organic peroxides)	
	15. แก๊สภายใต้ความดัน (Gases under pressure)	
	16. สารกัดกร่อนโลหะ (Corrosive to metals)	
ความเป็นอันตราย ต่อสุขภาพ 10 ประเภท	1. ความเป็นพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity)	
	2. การกัดกร่อนและการระคายเคืองต่อผิวหนัง (Skin corrosion/irritation) 3. การทำลายดวงตาอย่างรุนแรงและการระคายเคืองต่อดวงตา (Serious eye damage/eye irritation)	 หรือ 

ความเป็นอันตราย ตามระบบ GHS	ประเภทความเป็นอันตราย	ตัวอย่างรูปสัญลักษณ์ (Hazard Pictogram)
ความเป็นอันตราย ต่อสุขภาพ 10 ประเภท	4. การทำให้ไวต่อการกระตุ้นอาการแพ้ต่อระบบทางเดินหายใจหรือผิวหนัง (Respiratory or skin sensitization)	 หรือ 
	5. การก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ของเซลล์สืบพันธุ์ (Germ cell mutagenicity) 6. การก่อมะเร็ง (Carcinogenicity) 7. ความเป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์ (Reproductive toxicity) 8. ความเป็นพิษต่ออวัยวะเป้าหมายอย่างเฉพาะเจาะจงจากการสัมผัสครั้งเดียว (Specific target organ toxicity – Single exposure) 9. ความเป็นพิษต่ออวัยวะเป้าหมายอย่างเฉพาะเจาะจงจากการสัมผัสซ้ำ (Specific target organ toxicity – Repeated exposure) 10. ความเป็นอันตรายจากการสำลัก (Aspiration hazard)	
ความเป็นอันตราย ต่อสิ่งแวดล้อม 2 ประเภท	1. ความเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมในน้ำ (Hazardous to the aquatic environment) 2. ความเป็นอันตรายต่อโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Hazardous to the ozone layer)	 หรือ 

ทั้งนี้ รูปสัญลักษณ์ที่ใช้ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของประเภทความเป็นอันตรายของสารเคมีนั้น ๆ ดังนั้น ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี ต้องเข้าใจข้อมูลต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่ในฉลากสารเคมีและ SDS ซึ่งรวมถึงรูปสัญลักษณ์ในการขนส่งสารเคมี หรือวัตถุอันตรายที่จำแนกประเภทตาม United Nation Recommendations on the Transport of Dangerous Goods (UNRTDG) และรูปสัญลักษณ์และข้อมูลอื่นที่ใช้สื่อสารเกี่ยวกับสารเคมีในห้องปฏิบัติการและสถานประกอบการ ความรู้ความเข้าใจข้อมูลการสื่อสารความเป็นอันตรายในรูปแบบต่าง ๆ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ปฏิบัติงานในการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับตนเองได้

5) การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสารเคมี

อันตรายของสารเคมีที่มีผลต่อสุขภาพขึ้นอยู่กับความเสี่ยงและโอกาสที่ผู้ปฏิบัติงานจะได้รับการสัมผัสสารเคมีไม่ว่าจะเป็นสัมผัสทางการกลืนกิน ทางผิวหนัง หรือทางการหายใจ ตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย พ.ศ. 2556 มาตรา 32

ระบุให้นายจ้างต้องกำหนดให้มีการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของลูกจ้าง ระบบการป้องกันและควบคุมปริมาณสารเคมีอันตราย รวมทั้งการตรวจวัดหรือวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศของสถานที่ทำงานและสถานที่เก็บรักษาสารเคมีอันตราย ซึ่งหากระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศมีระดับเกินขีดจำกัดความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายตามที่กำหนดไว้ จะต้องใช้มาตรการควบคุมสารเคมีอันตรายด้วยวิธีการที่เหมาะสม เพื่อลดระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย ดังนั้น นายจ้างจะต้องมีเครื่องมือสำหรับการประเมินความเสี่ยงของสารเคมีที่ใช้ในสถานประกอบการ ซึ่งต้องพิจารณาให้ครอบคลุมทุกองค์ประกอบ และเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้ครบถ้วนไปใช้ประกอบในกระบวนการประเมิน

ผู้ปฏิบัติงานนำมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการประเมินความเสี่ยงด้านสารเคมีต่อสุขภาพผู้ปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 2535 มาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการประเมินความเสี่ยงจากสารเคมีที่มีผลกระทบต่อสุขภาพผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ มาตรฐานนี้ครอบคลุมเฉพาะการประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ ซึ่งแบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับยอมรับได้ ระดับต่ำ ระดับปานกลาง ระดับสูง และระดับสูงมาก โดยผู้ประเมินความเสี่ยงต้องเก็บข้อมูลในสถานประกอบการเพื่อนำมาระบุลักษณะเฉพาะความเสี่ยง เช่น ระดับความรุนแรงของสารเคมีอันตรายที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ ระดับความเข้มข้นสารเคมีอันตรายเฉลี่ยตลอดเวลาทำงาน ระดับความถี่การสัมผัส ระดับการสัมผัส ระดับความเสี่ยง และมาตรการควบคุมความเสี่ยง เป็นต้น ทั้งนี้ การทราบระดับความเสี่ยงจะทำให้ดำเนินการตามมาตรการควบคุมความเสี่ยงได้อย่างทันทั่วทั้งที่

บทความนี้นำเสนอกรณีศึกษาแนวทางการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสารเคมีที่มีความเป็นพิษเฉียบพลัน 4 ชนิด ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ในกรณีที่ได้รับการสัมผัสทางการหายใจ โดยกำหนดระดับและค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการประเมินความเสี่ยง ได้แก่ ระดับความเป็นอันตรายและคะแนน (A) ระดับการสัมผัสและคะแนน (B) คะแนนความเสี่ยงการสัมผัสได้จาก $\text{คะแนน (A)} \times \text{คะแนน (B)}$ ซึ่งระดับความเสี่ยงการสัมผัสประกอบด้วยกำหนดช่วงคะแนนความเสี่ยงการสัมผัส เกณฑ์ความเสี่ยงการสัมผัส และการกำหนดมาตรการควบคุมความเสี่ยง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การกำหนดระดับความเสี่ยงการสัมผัสสำหรับกรณีศึกษาแนวทางการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสารเคมีที่มีความเป็นพิษเฉียบพลัน

ระดับความเป็นอันตรายและคะแนน(A)	ระดับการสัมผัสและคะแนน (B)				ระดับความเสี่ยงการสัมผัส		
	น้อย (1)	ปานกลาง (2)	มาก (3)	มากที่สุด (4)	ช่วงคะแนนความเสี่ยงการสัมผัส	เกณฑ์ความเสี่ยงการสัมผัส	มาตรการควบคุมความเสี่ยง
	คะแนนความเสี่ยงการสัมผัส (A)x(B)						
มากที่สุด (4)	4	8	12	16	10 ถึง 16	สูง	ให้หยุดดำเนินการและดำเนินการควบคุมทันที เช่น การกำจัดแหล่งกำเนิดอันตราย การทดแทนหรือทางเลือกอื่น ที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายหรืออันตรายน้อยกว่า
มาก (3)	3	6	9	12	7 ถึง 9	ปานกลาง	ต้องมีมาตรการควบคุมเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ และจัดให้มีแผนการควบคุมที่ถาวร เช่น การควบคุมทางวิศวกรรม
ปานกลาง (2)	2	4	6	8	3 ถึง 6	ต่ำ	จัดให้มีมาตรการควบคุมความเสี่ยงเพิ่มเติม และให้ดำเนินการประเมินความเสี่ยงซ้ำ
น้อย (1)	1	2	3	4	1 ถึง 2	ยอมรับได้	เฝ้าระวังและตรวจสอบสภาพแวดล้อมอย่างสม่ำเสมอ

สำหรับสารที่มีความเป็นพิษเฉียบพลัน 4 ชนิด มีความเป็นอันตรายหากได้รับการสัมผัสทางการหายใจ ระดับความเป็นอันตรายและคะแนนความเป็นอันตราย ดังนี้ สารที่ 1 มีความเป็นพิษรุนแรงมาก ทำให้เสียชีวิต หรือพิการ หรือป่วยโดยช่วยเหลือตนเองไม่ได้ มีความเป็นอันตรายในระดับมากที่สุด คะแนนเท่ากับ 4 สารที่ 2 มีความเป็นพิษรุนแรง มีผลกระทบต่อสุขภาพอย่างถาวร ไม่สามารถรักษาให้หายได้ โดยไม่มีอันตรายถึงชีวิต แต่ต้องได้รับการรักษาทางการแพทย์อย่างต่อเนื่อง มีความเป็นอันตรายในระดับมาก คะแนนเท่ากับ 3 สารที่ 3 มีความเป็นพิษปานกลาง มีผลกระทบต่อสุขภาพรุนแรงที่หายได้ ต้องได้รับการรักษาจากแพทย์ มีความเป็นอันตรายในระดับปานกลาง คะแนนเท่ากับ 2 สารที่ 4 มีความเป็นพิษน้อย มีผลกระทบต่อสุขภาพเล็กน้อย เช่น วิงเวียนศีรษะ ไม่จำเป็นต้องรักษา หรือหายได้โดยไม่ต้องรักษาทางการแพทย์ มีความเป็นอันตรายในระดับน้อย คะแนนเท่ากับ 1 ดังแสดงในตารางที่ 3

กรณีศึกษาที่กำหนดให้สารทั้ง 4 ชนิด มีระดับการสัมผัสมากที่สุดและคะแนนเท่ากับ 4 ซึ่งโดยทั่วไปการกำหนดระดับการสัมผัสได้มาจากการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ และนำมาเปรียบเทียบกับค่าขีดจำกัดสารเคมีที่สัมผัสได้ในสถานที่ทำงานหรือค่า OEL ของสารนั้น และคิดเป็นร้อยละของ OEL ตามสมการด้านล่างนี้

$$\% \text{ OEL} = \frac{\text{ปริมาณความเข้มข้นของสารที่วัดได้}}{\text{ค่า OEL ของสารนั้น}} \times 100\%$$

หากค่า % OEL สูง แสดงว่าผู้ปฏิบัติงานมีโอกาสสูง ในการได้รับสารเคมีเข้าไกละดับที่จะเป็นอันตราย หรือมีระดับการสัมผัสสูง กรณีศึกษานี้กำหนดให้สารทั้ง 4 ชนิดเมื่อวัดหา % OEL แล้วมีค่ามากกว่า 50% OEL แต่ไม่เกิน 75% OEL และกำหนดระดับการสัมผัสมากที่สุดและคะแนนเท่ากับ 4 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 กรณีศึกษาของระดับความเสี่ยงการสัมผัสสารที่มีความเป็นพิษเฉียบพลัน 4 ชนิด

สาร	ความเป็นอันตรายของสารที่มีความเป็นพิษเฉียบพลัน กรณีได้รับทางการหายใจ	ระดับความเป็นอันตรายและคะแนน (A)	% OEL	ระดับการสัมผัสและคะแนน (B)	คะแนนความเสี่ยงการสัมผัส (A) x (B)	ระดับความเสี่ยงการสัมผัส
สารที่ 1	เป็นพิษรุนแรงมาก ทำให้เสียชีวิต หรือพิการ หรือป่วยโดยช่วยเหลือตนเองไม่ได้	มากที่สุด (4)	> 50 - 75% OEL	มากที่สุด (4)	16	สูง
สารที่ 2	เป็นพิษรุนแรง มีผลกระทบต่อสุขภาพอย่างถาวร ไม่สามารถรักษาให้หายได้ โดยไม่มีอันตรายถึงชีวิต แต่ต้องได้รับการรักษาทางการแพทย์อย่างต่อเนื่อง	มาก (3)	> 50 - 75% OEL	มากที่สุด (4)	12	
สารที่ 3	เป็นพิษปานกลาง มีผลกระทบต่อสุขภาพรุนแรงที่หายได้ ต้องได้รับการรักษาจากแพทย์	ปานกลาง (2)	> 50 - 75% OEL	มากที่สุด (4)	8	ปานกลาง
สารที่ 4	เป็นพิษน้อย มีผลกระทบต่อสุขภาพเล็กน้อย เช่น วิงเวียนศีรษะ ไม่จำเป็นต้องรักษา หรือหายได้โดยไม่ต้องรักษาทางการแพทย์	น้อย (1)	> 50 - 75% OEL	มากที่สุด (4)	4	ต่ำ

กรณีนี้สารที่ 1 และสารที่ 2 มีระดับความเสี่ยง “สูง” องค์กรต้องให้หยุดดำเนินการและดำเนินการควบคุมทันที ในขณะที่ สารที่ 3 มีระดับความเสี่ยง “ปานกลาง” องค์กรต้องมีมาตรการควบคุมเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ และจัดให้มีแผนการควบคุมที่ถาวร สำหรับสารที่ 4 มีระดับความเสี่ยง “ต่ำ” องค์กรต้องจัดให้มีมาตรการควบคุมความเสี่ยงเพิ่มเติม และให้ดำเนินการประเมินความเสี่ยงซ้ำ เพื่อไม่ให้มีระดับความเสี่ยงจากการได้รับการสัมผัสสูงขึ้นได้ ดังนั้น เพื่อป้องกันอันตรายและลดความเสี่ยงจากการสัมผัสสารเคมีในห้องปฏิบัติการ ผู้ปฏิบัติงานจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความเสี่ยงจากสารเคมี รวมทั้งสามารถดำเนินการประเมินความเสี่ยงของสารเคมีที่ใช้ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม เพื่อให้ทราบระดับความเสี่ยงที่อาจมีผลต่อ

สุขภาพของตนเอง เลือกใช้มาตรการควบคุมความเสี่ยงที่เหมาะสมเพื่อลดปริมาณการตกค้างของสารเคมี ตลอดจนเกิดความตระหนักและเอาใจใส่ในการนำแนวปฏิบัติ วิธีการหรือมาตรการควบคุมสารเคมี และการจัดการสารเคมีไปปฏิบัติจริง

6) การจัดการสารเคมีอันตราย

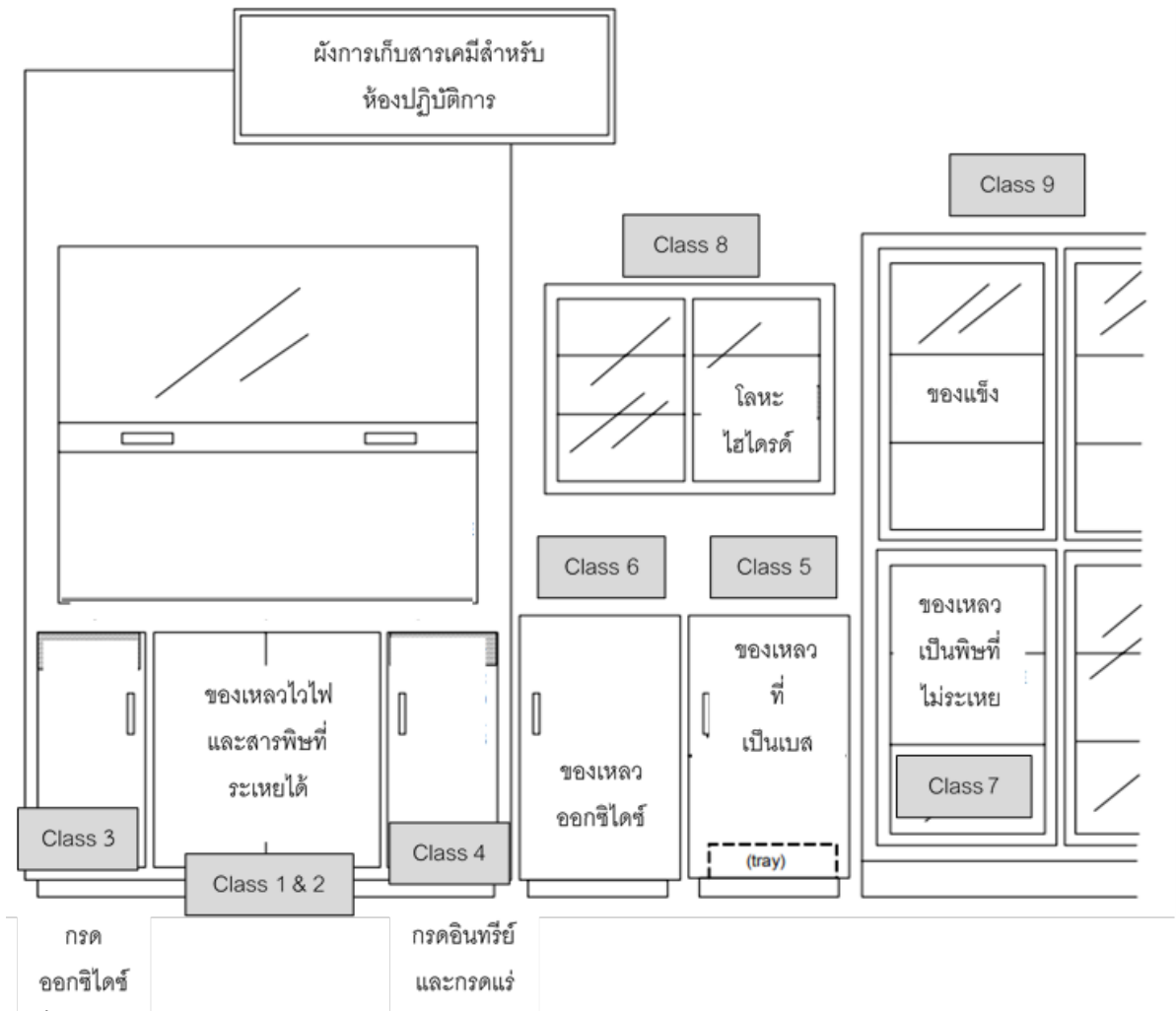
ระบบการจัดการสารเคมีที่มีประสิทธิภาพ จะต้องมีการควบคุมดูแลให้มีกระบวนการจัดการสารเคมีอย่างครบวงจร ตั้งแต่การวางแผนก่อนการจัดซื้อ การจัดซื้อ การตรวจรับ การจัดเก็บ การกำหนดระบบจัดเก็บ-เบิกจ่าย การเคลื่อนย้ายและการใช้สารเคมี รวมไปถึงการจัดการผลผลิตที่เกิดจากการปฏิบัติงานและผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเสียอันตราย โดยองค์กรต้องมีการกำหนดแนวปฏิบัติที่ชัดเจนในการจัดการสารเคมีและของเสียอันตราย เช่น การจำแนกประเภทและการจัดการข้อมูลของสารเคมี/ของเสียอันตราย การลดการเกิดของเสีย การเก็บและการเคลื่อนย้ายของเสีย เป็นต้น ซึ่งข้อมูลจากการบริหารจัดการสารเคมีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น การวางแผนด้านความปลอดภัยและงบประมาณที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี อาทิ การซื้อสารเคมีและอุปกรณ์ด้านความปลอดภัย การกำจัดสารเคมี เป็นต้น

สำหรับแนวทางทั่วไปในการจัดซื้อสารเคมีนั้นผู้ใช้สารต้องวินิจฉัยความเสี่ยงจากสารอันตรายนั้น ๆ ให้ครอบคลุมและตรวจสอบให้มั่นใจถึงปริมาณสารที่ต้องการสั่งซื้อ อย่าให้มีปริมาณมากเกินไปจนความจำเป็น และห้องปฏิบัติการต้องมีมาตรการควบคุมที่เหมาะสมและเพียงพอ หรือดำเนินการเพิ่มมาตรการควบคุมจากข้อมูลการประเมินความเสี่ยงจากสารเคมี พร้อมทั้งต้องเผยแพร่ข้อมูลความเสี่ยงและมาตรการควบคุมสารเคมีนั้นให้กับผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะในกรณีที่เป็นการนำสารอันตรายใหม่เข้ามาใช้ในห้องปฏิบัติการ

เมื่อมีสารเคมีเข้ามาในระบบควรตรวจสอบฉลากสารเคมีบนภาชนะบรรจุ เช่น การตรวจสอบชื่อสารเคมีให้ตรงกับชื่อสารเคมีในเอกสารข้อมูลความปลอดภัยที่จัดส่งมาพร้อมกัน ข้อมูลความเป็นอันตราย ข้อควรระวัง เป็นต้น นอกจากนี้ต้องบันทึกข้อมูลสารเคมีในสารบบสารเคมี เช่น ชื่อเคมี CAS No. ปริมาณของสารเคมี สถานที่เก็บสารเคมี วันที่รับเข้ามาในห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้ การเพิ่มข้อมูลบนฉลากสารเคมี เช่น วันที่เปิดใช้ครั้งแรก วันหมดอายุ หรือ

วันที่กำหนดเพื่อส่งกำจัด จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้สารเคมีในการวางแผนการจัดซื้อ และการส่งกำจัดสารเคมีต่อไป ข้อเสนอแนะทั่วไปสำหรับการจัดเก็บสารเคมีนั้นอันดับแรกคือการแยกเก็บตามสถานะของสาร โดยแยกบริเวณเก็บสารที่เป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊สภายใต้ความดัน แล้วจึงแยกเก็บตามประเภทหรือตามความเป็นอันตรายของสาร โดยแยกเก็บตามระเบียบการจัดเก็บพิเศษ ได้แก่ วัตถุระเบิด สารติดเชื้อ วัตถุไวไฟ วัตถุอันตรายตามด้วยสารที่เป็นอันตรายทางกายภาพ ต่อมาจึงเป็นสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ทั้งนี้ ต้องศึกษาการแยกเก็บตามสมบัติการเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี (Chemical incompatibility) ด้วยเสมอ เพื่อให้ทราบว่าสารชนิดใดที่ไม่สามารถวางไว้ใกล้กัน แม้ว่าจะจัดให้อยู่ในสารอันตรายประเภทเดียวกัน ตัวอย่างการจัดเก็บสารเคมีในคู่มือสุขศาสตร์สารเคมีในห้องปฏิบัติการของ Fred Hutchinson Cancer Research Center [10] ซึ่งแบ่งการเก็บสารเป็น 9 Class ได้แก่ ของเหลวไวไฟ สารพิษที่ระเหยได้ กรดออกซิไดซ์ กรดอินทรีย์และกรดแร่ ของเหลวที่เป็นเบส ของเหลวออกซิไดซ์ ของเหลวเป็นพิษที่ไม่ระเหย โลหะไฮไดรด์ และของแข็ง ดังแสดงในรูปที่ 2

ตัวอย่างการจัดเก็บสารเคมีจะแยกเก็บสารที่เป็นของแข็งออกจากของเหลว และมีตู้เก็บสารที่เป็นอันตรายทางกายภาพ เช่น ตู้เก็บโลหะไฮไดรด์ ตู้เก็บกรดออกซิไดซ์ ซึ่งเป็นสารว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา รวมถึงตู้เก็บสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น ของเหลวที่เป็นสารพิษ และยังมีการแยกเก็บสารที่เข้ากันไม่ได้ เช่น การแยกเก็บกรดออกซิไดซ์ออกจากกรดอินทรีย์และกรดแร่ สำหรับการเก็บสาร Class 4 กรดอินทรีย์และกรดแร่ไวในตู้เดียวกันนั้นจะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษเนื่องจากกรดอินทรีย์จำนวนมากที่เข้ากันไม่ได้กับกรดแร่ เช่น กรดอะซิติกเข้ากันไม่ได้กับกรดไนตริก กรณีในพื้นที่ที่จำกัดควรจัดวางขวดกรดอะซิติกไว้ในภาชนะบรรจุหนึ่ง และจัดเก็บขวดกรดไนตริกแยกใส่ไว้ในอีกภาชนะบรรจุหนึ่ง เป็นต้น ทั้งนี้ ผู้ปฏิบัติต้องสำรวจการจัดเก็บสารเคมีในสถานที่เก็บรักษาสารเคมีอย่างสม่ำเสมอ หรือตามระยะเวลาที่กำหนด โดยสำรวจสารเคมีที่หมดอายุ/เสื่อมสภาพที่อาจทำให้สารเกิดการเปลี่ยนแปลงและก่อให้เกิดอันตราย รวมถึงสำรวจสารเคมีที่ไม่ต้องการใช้ เพื่อดำเนินการกำจัดสารเคมีและของเสียอันตรายต่อไป



รูปที่ 2 : ตัวอย่างการจัดเก็บสารเคมีในตู้มือสุศาสตร์สารเคมีในห้องปฏิบัติการของ Fred Hutchinson Cancer Research Center [10]

7) การออกแบบหรือการปรับปรุงห้องปฏิบัติการเพื่อความปลอดภัย

ในการออกแบบห้องปฏิบัติการใหม่หรือการปรับปรุงห้องปฏิบัติการเพื่อความปลอดภัย จะต้องเข้าใจถึงความเสี่ยงและอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้จากกิจกรรมในห้องปฏิบัติการ รวมถึงต้องพิจารณาองค์ประกอบของห้องปฏิบัติการให้ครอบคลุมไม่ว่าจะเป็นสถานที่ตั้ง โครงสร้าง ขนาดพื้นที่ วัสดุพื้นผิวของห้องปฏิบัติการ การจัดวางครุภัณฑ์/เฟอร์นิเจอร์/เครื่องมือและอุปกรณ์ วงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต ระบบสัญญาณ มาตรฐานเส้นทางหนีไฟ ป้ายบอกทางหนีไฟ ป้ายสัญลักษณ์ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับห้องปฏิบัติการนั้น ๆ และต้องดำเนินการตามข้อกำหนดกฎหมายที่เป็นปัจจุบัน ข้อเสนอแนะปฏิบัติทั่วไปในการจัดการลักษณะทางกายภาพของ

ห้องปฏิบัติการตามมาตรฐานเลขที่ มอก. 2677 ซึ่งแบ่งงานระบบของห้องปฏิบัติการออกเป็น 7 งาน ได้แก่ งานสถาปัตยกรรม งานสถาปัตยกรรมภายใน งานระบบโครงสร้าง งานระบบไฟฟ้ากำลังและไฟฟ้าแสงสว่าง งานสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อม งานระบบระบายอากาศและระบบปรับอากาศ และงานระบบฉุกเฉินและระบบติดต่อสื่อสาร [1] โดยมาตรฐานนี้เน้นให้มีการจัดการงานระบบของห้องปฏิบัติการโดยคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นหลักทั้งในกรณีการปฏิบัติงานปกติและกรณีที่เกิดกรณีฉุกเฉิน ทั้งนี้ เมื่อห้องปฏิบัติการที่มีการออกแบบและการติดตั้งเครื่องมือที่ดีแล้ว ผู้ใช้ห้องปฏิบัติการและผู้ที่เกี่ยวข้อง จะต้องมีความรู้ ความเข้าใจในการใช้ห้องปฏิบัติการตามที่ออกแบบไว้ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม พร้อมทั้งต้องมีการบำรุงรักษาห้องปฏิบัติการอย่างสม่ำเสมอ

หรือตามระยะที่กำหนด เพื่อคงสภาพไว้ซึ่งห้องปฏิบัติการปลอดภัย [11]

โดยทั่วไปห้องปฏิบัติการอาจไม่มีงบประมาณหรือแผนในการสร้างห้องปฏิบัติการใหม่ เนื่องจากต้องใช้เงินลงทุนมูลค่าเป็นหลักสิบถึงร้อยล้านขึ้นอยู่กับขนาด ประเภทและวัตถุประสงค์การใช้งานของห้องปฏิบัติการ ดังนั้น การปรับปรุงห้องปฏิบัติการเพื่อความปลอดภัยจึงเป็นทางเลือกให้กับห้องปฏิบัติการที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน แนวทางหลักในการปรับปรุงความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการคือ การจัดระเบียบภายในอาคาร การจัดวางเครื่องมือ/วัสดุอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการให้เกิดความปลอดภัย การแบ่งโซนพื้นที่ใช้งานที่เหมาะสม และการบริหารจัดการห้องปฏิบัติการ ในบางกรณีที่มีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างที่มีอยู่เดิมหรือการจัดวางเครื่องมือใหม่ไม่สามารถทำได้ หรือห้องปฏิบัติการมีข้อจำกัดที่ทำให้ยังไม่สามารถดำเนินการปรับปรุงห้องปฏิบัติการ วิธีการแก้ไขปัญหามุ่งเน้นคือ การกำหนดแนวปฏิบัติที่ชัดเจนในการทำงานในบริเวณหรือพื้นที่นั้น ๆ และสื่อสารแนวปฏิบัติให้ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกคนรับทราบทั่วกัน พร้อมกันนั้นต้องมีการสื่อสารข้อมูลความเสี่ยง อันตราย อุบัติการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้หากไม่ปฏิบัติตามแนวปฏิบัติที่กำหนดขึ้น เพื่อให้ผู้ปฏิบัติได้รับทราบข้อมูลที่เพียงพอ เข้าใจ เหตุผลในการจัดทำแนวปฏิบัติ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ปฏิบัติเกิดความตระหนัก ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการทำงาน และนำแนวปฏิบัติไปใช้ได้นบนพื้นฐานของข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นจริง

8) การจัดการห้องปฏิบัติการสีเขียว

ห้องปฏิบัติการโดยทั่วไปมีการใช้ทรัพยากรและพลังงานมากกว่าห้องทำงานประเภทอื่น ๆ เช่น การใช้ตู้แช่แข็งอุณหภูมิต่ำ (ultra-low temperature freezers) จะใช้พลังงานเท่ากับพลังงานที่ใช้ในบ้านทั้งวัน หรือเครื่องมือที่ใช้สำหรับนั่งแช่เชื้อโดยใช้ไอน้ำร้อนและแรงดันสูง จะใช้ปริมาณน้ำเท่ากับหรือมากกว่า 60 แกลลอนต่อรอบ [12] การจัดการห้องปฏิบัติการสีเขียวที่มีความปลอดภัยและยั่งยืนจึงเป็นเรื่องสำคัญในการที่จะลดการใช้พลังงาน รวมทั้งการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แนวทางการลดการใช้พลังงานของห้องปฏิบัติการ เช่น การติดตั้งระบบประหยัดพลังงานในตู้ดูดไอระเหยสารเคมี จะสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าต่อปีได้ในระยะยาว ซึ่งค่าไฟฟ้าต่อปีที่ลดลงจะทำให้สามารถคืนทุนค่าใช้จ่ายในการติดตั้งได้ภายในระยะเวลาหนึ่งปี [11] การใช้เทคโนโลยีประหยัดเป็นการลงทุน

ที่คุ้มค่าและอนุรักษ์พลังงานที่เป็นทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างยั่งยืน ตัวอย่างเช่น การจัดทำแนวปฏิบัติห้องปฏิบัติการสีเขียวของ University of Pennsylvania โดยมีการอนุรักษ์พลังงาน การอนุรักษ์น้ำ การลดปริมาณของเสีย ซึ่งแนวปฏิบัตินี้เป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยให้มหาวิทยาลัยบรรลุเป้าหมายในการลดการปลดปล่อยคาร์บอนให้ได้ 100% ภายในปี 2042 [13] แนวปฏิบัติทั่วไปของห้องปฏิบัติการสีเขียวนอกเหนือไปจากการเลือกซื้อวัสดุอุปกรณ์ประหยัดพลังงานแล้ว การละลายน้ำแข็งในตู้เย็นสม่ำเสมอ การปฏิบัติตามป้ายลดการใช้พลังงาน การแบ่งปันเครื่องมือภายในหน่วยงาน การแบ่งปันสารเคมีที่เลิกใช้หรือไม่ใช้แล้วให้กับหน่วยงานภายนอก การปิดตู้ดูดไอระเหยสารเคมีเมื่อไม่ใช้งาน หรือการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าหลังใช้งานเสร็จแล้ว การปฏิบัติเหล่านี้นำไปสู่การเป็นห้องปฏิบัติการสีเขียว

ทั้งนี้ องค์กรสามารถใช้เกณฑ์สากล Labs21 Environmental Performance Criteria 3.0 ในการประเมินห้องปฏิบัติการสีเขียว การให้คะแนนตามเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การจัดการความปลอดภัยและความเสี่ยงในการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ (Safety and risk management for air effluents) ประสิทธิภาพในการใช้น้ำในกระบวนการ (Process water efficiency) การเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้เครื่องมือ (Improve laboratory equipment efficiency) โหลดของเครื่องมือที่มีขนาดที่เหมาะสม (Right-size laboratory equipment load) การวิเคราะห์ทิศทางทางไหลของอากาศในห้องปฏิบัติการ (Laboratory air flow analysis) [14] การสำรวจและ/หรือการตรวจประเมินห้องปฏิบัติการ โดยให้ทุกคนมีส่วนร่วมจะช่วยให้เห็นภาพรวมในการดำเนินการ ปัจจัยที่อาจมองข้ามไป ซึ่งจะช่วยให้เกิดความตระหนักมากขึ้น และนำไปสู่การพัฒนาปรับปรุงเป็นห้องปฏิบัติการสีเขียวที่ปลอดภัยยั่งยืน

3. บทสรุป

การจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการและสารเคมี ผู้ที่เกี่ยวข้องต้องทราบอันตรายต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ในห้องปฏิบัติการที่ใช้สารเคมี มีความตระหนักด้านความปลอดภัย มีความรู้ความเข้าใจระบบการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ ข้อกำหนด กฎหมายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ ความปลอดภัยในองค์กรเป็นหน้าที่ของ

ทุกคนทุกระดับที่ต้องรับผิดชอบร่วมกัน และต้องร่วมกันสร้างความตระหนักด้านความปลอดภัยให้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนเป็นวัฒนธรรมขององค์กร การออกแบบระบบการจัดการสารเคมีอันตราย จะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของบุคลากรและสิ่งแวดล้อม และครอบคลุมทุกองค์ประกอบของความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ ไม่ว่าจะเป็นมาตรฐานของประเทศ มาตรฐานสากล หรือห้องปฏิบัติการสีเขียว เพื่อความปลอดภัยต่อผู้เกี่ยวข้องทั้งหมด และเพื่อประโยชน์ในการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของประเทศได้อย่างยั่งยืน

4. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณคณะอาจารย์ที่ประสิทธิประสาทให้ความรู้ สอนและผลักดันให้ศิษย์มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการและสารเคมี และจัดทำบทความทางวิชาการนี้สำเร็จได้ด้วยดี

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม. ฉบับที่ 4699 (พ.ศ. 2558) เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ระบบการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี เล่ม 1 : ข้อกำหนด. ราชกิจจานุเบกษา 23 กันยายน 2558. เล่มที่ 132 ตอนพิเศษ 229 ง.
- [2] กระทรวงแรงงาน. กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย. ราชกิจจานุเบกษา 29 พฤศจิกายน 2556. เล่มที่ 130 ตอนที่ 113 ก.
- [3] ห้องแลปคู่สัตว์ปทุมธานีวอด เสียหาย 20 ล้านบาท [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 8 มีนาคม 2564]. เข้าถึงจาก : <http://www.thairath.co.th/content/187789>
- [4] มจร. แก๊สระเบิด แค่หลอดทดลองแตกจากแรงดัน ชี้นศ.ประมาท ยันเข้มงวดเซฟตี้ [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 8 มีนาคม 2564]. เข้าถึงจาก : <https://mgronline.com/qol/detail/9570000130444>
- [5] Memorial wall-Killed in lab accidents. Laboratory Safety Institute. [online]. [viewed 8 March 2021]. Available from : <https://www.labsafety.org/memorial%20wall>
- [6] คู่มือปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยห้องปฏิบัติการกรมวิทยาศาสตร์บริการ [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 8 มีนาคม 2564]. เข้าถึงจาก : <https://www.dss.go.th/images/ohm/lab-safety.pdf>
- [7] MERCK. [online]. [viewed 9 March 2021]. Available from : <https://www.sigmaaldrich.com/singapore.html>
- [8] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง ระบบการจำแนกและการสื่อสารความเป็นอันตรายของวัตถุอันตราย พ.ศ. 2555. ราชกิจจานุเบกษา 12 มีนาคม 2555. เล่มที่ 129 ตอนพิเศษ 48 ง.
- [9] Hierarchy of controls [online]. [viewed 9 March 2021]. Available from : <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/>
- [10] Chapter III. Laboratory Chemical Hygiene [online]. [viewed 6 April 2021] Available from: <https://extranet.fredhutch.org/en/u/ehs/hamm/chap3.html>
- [11] ประไพพิศ แจ่มสุกใส เทอร์โน. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร การออกแบบห้องปฏิบัติการเคมีเพื่อความปลอดภัย วันที่ 29 – 30 เมษายน 2557 ณ สำนักพัฒนาศักยภาพนักวิทยาศาสตร์ห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ. กรุงเทพฯ : กรม, 2557.
- [12] My green lab [online]. [viewed 20 March 2020]. Available from: <http://www.mygreenlab.org/>
- [13] Penn Sustainability [online]. [viewed 5 April 2021] Available from: <https://www.sustainability.upenn.edu/>
- [14] Labs21 Environmental Performance Criteria 3.0 [online]. [viewed 5 April 2021]. Available from: https://www.i2sl.org/documents/toolkit/epc_3-0_508.pdf