

**การพัฒนาระบบการจัดการสารเคมีของห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์**
**Development of Chemical Management System of Material Technology
Laboratory, Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkhla University**

วารัญญา ประทุมวัลย์^{1*}
Warinda Pratumwan^{1*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการจัดการสารเคมี ซึ่งประกอบด้วยการจัดทำระบบฐานข้อมูลสารเคมี และพัฒนาระบบการจัดเก็บสารเคมีที่ปลอดภัยสำหรับห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ ระบบการจัดการสารเคมีได้รับการพัฒนาขึ้นตามแนวทางการจัดการแบบลีน โดยรวบรวมรายชื่อสารเคมีที่มีอยู่และวิเคราะห์ปัญหาที่ก่อให้เกิดการมีสารเคมีที่ไม่จำเป็นก่อนจะพัฒนาวิธีการจัดการสารเคมีและประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการ จากผลการวิจัยพบว่า ในปัจจุบันห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์มีรายการสารเคมี จำนวน 132 รายการ จากสารเคมีทั้งหมดมีสารเคมีหมดอายุจำนวน 12 ชนิด และสารเคมีที่ถูกใช้สำหรับการทดลองในห้องปฏิบัติการอีก 68 ชนิด ซึ่งมีน้อยกว่ายังมีสารเคมีที่เหลืออีกจำนวนมากที่ไม่จำเป็นต้องใช้ในห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้เป็นเพราะขาดระบบการจัดการสารเคมีที่ดี ในการจัดทำระบบการจัดการสารเคมีทั้งหมดได้ถูกจำแนกประเภทตามสัญลักษณ์สีและเก็บไว้ในภาชนะพลาสติกเพื่อความปลอดภัยในกรณีที่สารเคมีรั่วไหล เมื่อเทียบขั้นตอนการจัดการสารเคมีทั่วไป พบว่า ระบบการจัดการที่พัฒนาขึ้นสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานได้ถึงร้อยละ 68 การจัดเก็บสารเคมีในห้องปฏิบัติการมีระเบียบและสะดวกยิ่งขึ้นในการทำงาน นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ (ในกรณีของระบบการจัดการสารเคมี) จากร้อยละ 14.28 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 88.57 เมื่อประเมินโดยใช้รายการตรวจสอบตามมาตรฐานการปรับปรุงการปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการวิจัยของประเทศไทย (ESPREL)

คำสำคัญ: การจัดการสารเคมี ห้องปฏิบัติการปลอดภัย ลีน ฐานข้อมูลสารเคมี

Abstract

This research aims to develop a chemical management system, which includes establishing a chemical database system and developing a safe chemical storage system for the material technology laboratory. The chemical management system was developed according to the LEAN management approach by collecting a list of chemicals that are available and analyzing problems caused by un-required chemicals before developing a chemical management method and assessing its effectiveness. The study result showed that there were 12 expired chemicals and 68 available chemicals from the overall list of 132 investigated chemicals. This pointed out that the laboratory lacked a well chemical management system resulting in the presence of many nonessential chemicals. In order to create this system, all chemicals were classified by marked colored symbols and stored in plastic containers for safety in case of chemical leakage. The developed management system can improve work efficiency by 68% as compared to conventional procedures. And the chemical storage is more organized and convenient for work. When evaluated by using the Enhancement of Safety Practice of Research Laboratory in Thailand (ESPREL) checklist, the lab safety score (in the case of the chemical management system) also increased from 14.28% to 88.57%.

Keywords: chemical management, safeties laboratory, lean, chemical database

¹ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

¹ Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110

*Corresponding author: e-mail: warinda.pr@psu.ac.th

Received: November 18, 2021, Accepted: May 28, 2022, Published: January 17, 2023



บทนำ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เป็นหน่วยงานที่มุ่งเน้นการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งใช้สารเคมีในการเรียนการสอน และการวิจัยเป็นจำนวนมาก ดังนั้น อาจารย์ นักวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ รวมถึงนักศึกษามีโอกาสเสี่ยงที่จะสัมผัสกับสารเคมี ซึ่งความเสี่ยงในการเกิดอันตรายจากสารเคมีก็มีมากขึ้นเช่นกัน ปัญหาจากสารเคมีและของเสียอันตรายมีแนวโน้มที่สูงขึ้น ซึ่งยากต่อการแก้ไขและกำจัด ต้องใช้งบประมาณในการจัดการสูง ซึ่งห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ ประสบปัญหาเกี่ยวกับสารเคมี โดยมีสารเคมีเป็นจำนวนมากทั้งที่ยังใช้งานอยู่และสารเคมีที่ไม่ใช้งานแล้ว มีอายุมากกว่า 10 ปี ในปัจจุบันยังมีการจัดการและการจัดเก็บสารเคมีที่ไม่เหมาะสม อีกทั้งมีการจัดเก็บในหลายห้องปฏิบัติการ การค้นหา การตรวจสอบต้องใช้เวลา และไม่ทราบข้อมูลปริมาณสารเคมีคงเหลือที่แท้จริง ไม่ได้ทำการเข้าก่อนออกก่อน (First In First Out) ทำให้การจัดซื้อจัดหาสารเคมีเกิดการซ้ำซ้อน เป็นผลให้มีสารเคมีที่เปิดใช้งานปริมาณมาก และหมดอายุหรือเสื่อมสภาพไป ซึ่งปัญหาเหล่านี้จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์หารากเหง้าของปัญหา (Root Cause Analysis) เพื่อหาสาเหตุของปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหา จากปัญหาในการทำงานที่ซ้ำซ้อนและผิดพลาด จำเป็นต้องวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานเพื่อกำจัดความสูญเปล่า (Waste) ในกระบวนการผลิตซึ่งจะทำให้เกิดผลิตภาพ (Productivity) ซึ่งนำไปประยุกต์ในบริษัทอื่น ๆ ได้ ด้วยแนวคิดแบบลีน (Lean Thinking) ออกมา 5 หลักการ คือ 1) คุณค่า (Values) 2) สายธารคุณค่า (Value Stream) 3) การไหลลื่น (Flow) 4) การดึง (Pull) 5) มุ่งสู่ความสมบูรณ์แบบ (วิทย์ฯ, 2560) จากปัญหาส่งผลต่อความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการมีความปลอดภัยในระดับต่ำเมื่อประเมินด้วยแบบสำรวจ ESPReL Checklist (โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย, 2557) อีกทั้งมีการศึกษาที่เกี่ยวกับการจัดการสารเคมีและความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ เช่น งานวิจัยของ ปวีณา และคณะ (2556) ห้องปฏิบัติการโลหะและธาตุปริมาณน้อย กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้มีการพัฒนาคู่มือการจัดการความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ พบว่า ผลการประเมินระบบความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการก่อนการนำเอกสารคู่มือมาทดลองปฏิบัติ คิดเป็นร้อยละ 29.5 และผลการประเมินภายหลังการนำเอกสารคู่มือไปทดลองปฏิบัติ ในระยะเวลา 4 เดือน คิดเป็นร้อยละ 46.2 และ 12 เดือน คิดเป็นร้อยละ 60.2 สามารถวิเคราะห์ได้ว่าห้องปฏิบัติการมีการจัดการความปลอดภัยที่ดีขึ้น ชูติโชติ และคณะ (2560) ได้ศึกษาโดยใช้การวิเคราะห์หารากเหง้าของปัญหา (Root Cause Analysis) หรือผลกระทบจากสารเคมีที่เป็นอยู่ในปัจจุบันของคณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่า แบ่งเป็น 1) สารเคมีหมดอายุ เก่าเก็บ ไม่สามารถตรวจสอบอายุการเก็บได้ 2) สารเคมีมีคุณสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนแปลงไป 3) การไม่สามารถระบุชนิดของสารเคมี 4) ไม่สามารถตรวจสอบปริมาณคงคลังของสารเคมีที่มีอยู่ และ 5) ของเสียประเภทของเหลวไม่ถูกนำไปกำจัด จึงได้จัดทำคู่มือปฏิบัติงานเรื่องการจัดการสารเคมี หลังการจัดทำคู่มือสารเคมีมีการจัดเก็บอย่างมีระบบ มีสารเคมีพร้อมใช้งานตลอดเวลา สามารถตรวจสอบการเบิกใช้สารเคมี และสามารถดูปริมาณคงเหลือได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ กาญจนา (2564) ได้สำรวจสถานภาพความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมี L-210 ของมหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี ก่อนการดำเนินการได้ประเมินโดยใช้แบบสำรวจ ESPReL Checklist พบว่า ระดับการประเมินความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 52.40 จึงทำการวิเคราะห์ช่องว่างของความปลอดภัย และดำเนินการพัฒนาองค์ประกอบความปลอดภัย ซึ่งประกอบด้วยการบริหารระบบจัดการความปลอดภัย ระบบการจัดการสารเคมี ระบบการจัดการของเสีย ลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์และเครื่องมือ ระบบป้องกันและแก้ไขภัยอันตราย และการจัดการข้อมูลและเอกสาร จากการพัฒนายกระดับความปลอดภัย พบว่า ห้องปฏิบัติการเคมี L-210 มีสถานภาพความปลอดภัยเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 97 ห้องปฏิบัติการมีการจัดการความปลอดภัยที่ดีขึ้น

ผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญในการจัดการสารเคมี เพื่อสนับสนุนให้การเรียนการสอน การวิจัย ที่เกี่ยวกับสารเคมีมีระบบการจัดการสารเคมีที่มีคุณภาพ ลดปัญหาการจัดซื้อซ้ำซ้อนของสารเคมี ทราบปริมาณคงคลังของสารเคมี และการลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดสารเคมีเสื่อมสภาพ จึงได้พัฒนาระบบการจัดการสารเคมี โดยทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณสารเคมีที่มีอยู่ สารเคมีที่ใช้งานในปัจจุบัน สารเคมีหมดอายุเสื่อมสภาพ วิเคราะห์ปัญหา สาเหตุและแนวทางในการจัดการสารเคมี รวมทั้งจัดทำฐานข้อมูล พัฒนาระบบการจัดการเก็บ

สารเคมี และประเมินผลการจัดการสารเคมีตามแบบประเมินความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ ESPReL Checklist (โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย, 2557) โดยผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ยังสามารถนำมาเป็นแนวทางในการปฏิบัติที่ดีในการจัดการกับสารเคมี และทำให้เป็นห้องปฏิบัติการที่มีความปลอดภัยในการจัดการสารเคมีมากขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบการจัดการสารเคมี ฐานข้อมูลสารเคมีและการจัดเก็บสารเคมีอย่างปลอดภัยของห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ระเบียบวิธีวิจัย

ตอนที่ 1 การรวบรวมข้อมูลปริมาณสารเคมีในปัจจุบัน

รวบรวมข้อมูลรายละเอียดสารเคมี ประกอบด้วย ชื่อสารเคมี ยี่ห้อ เกรด ประเภท วันที่รับ วันที่เปิดใช้งาน และปริมาณคงเหลือของสารเคมีในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่มีอยู่ในปัจจุบัน และรวบรวมข้อมูลรายการสารเคมีที่ใช้งานในวิชาปฏิบัติการในปัจจุบัน

ตอนที่ 2 ศึกษาปัญหาและวิเคราะห์ข้อมูลสารเคมีที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ศึกษาปัญหาและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและหาแนวทางแก้ปัญหาจากสารเคมีคงเหลือในปัจจุบัน โดยใช้การวิเคราะห์หารากเหง้าของปัญหา (Root Cause Analysis) เลือกใช้หลักการการระดมสมองอย่างถูกต้อง (Brainstorming) จากผู้เกี่ยวข้องในการใช้งานสารเคมีในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ ได้แก่ นักวิทยาศาสตร์ผู้รับผิดชอบเดิม อาจารย์ผู้สอนบทปฏิบัติการต่าง ๆ ในสาขาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์และวัสดุและการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการใช้สารเคมีในรายวิชาปฏิบัติการจากเอกสารคู่มือปฏิบัติการย้อนหลัง 10 ปี

ตอนที่ 3 จัดทำระบบการจัดการสารเคมี

3.1 จัดทำฐานข้อมูลสารเคมี

จัดทำฐานข้อมูลสารเคมี ซึ่งประกอบด้วย ชื่อสารเคมี ยี่ห้อ เกรด ประเภทสารเคมี สัญลักษณ์สีตามประเภท ปริมาณของสารเคมีคงเหลือ วันที่รับ วันที่เปิดใช้งาน ข้อมูลความปลอดภัย (SDS) โดยแสดงเป็น QR Code เอกสารความปลอดภัยของแต่ละสารเคมี จัดทำฐานข้อมูลสารเคมีในรูปแบบไฟล์เอกสาร (Excel) ในระบบคอมพิวเตอร์และแชร์ไฟล์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และจัดทำ QR Code ฐานข้อมูลสารเคมี

3.2 จัดทำวิธีการจัดเก็บสารเคมีอย่างปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์

จัดทำฉลากสีของสารเคมีแยกตามชนิดและประเภทของสารเคมี โดยจำแนกประเภทตามระบบ GHS (Globally Harmonized System for Classification and Labeling of Chemicals) เช่น สารออกซิไดซ์ สารกัดกร่อน สารไวไฟ เป็นต้น ติดฉลากสีแยกตามชนิดและประเภทของสารเคมี และจัดเก็บสารเคมีแยกตามประเภทของสารเคมี

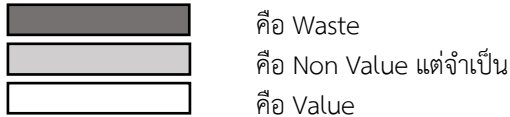
จัดทำพื้นที่และชั้นวางสารเคมี จัดหาภาชนะรองรับ (Secondary Container) ของสารเคมีประเภทของเหลว กัดกร่อน สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ เป็นต้น ให้เหมาะสมตามการใช้งาน

ตอนที่ 4 การประเมินประสิทธิภาพของระบบการจัดการสารเคมี

4.1 การวิเคราะห์ขั้นตอนในการค้นหาและจัดหาสารเคมี เวลาที่ใช้ในการทำงาน ประสิทธิภาพของกระบวนการ เปรียบเทียบก่อนและหลังการจัดทำระบบการจัดการสารเคมี

โดยการกำหนดสายธารแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping, VSM) ของระบบสินค้า มาปรับปรุงกระบวนการจัดการสารเคมีในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน โดยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน

1. การเขียนขั้นตอนปัจจุบัน โดยเขียนแยกแยะการทำงานในการจัดการสารเคมี การตรวจเช็คสารเคมีของห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ ตามลำดับตั้งแต่เริ่มต้น จนเสร็จสิ้นกระบวนการ
2. การระบุเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน รวมทั้งช่วงที่ต้องรอคอย
3. การระบุว่าขั้นตอนไหนเป็น Waste หรือ Value หรือ Non Value but Necessary (Classification)



4. การคำนวณหาประสิทธิภาพของกระบวนการทั้งหมด

$$\text{ร้อยละประสิทธิภาพการทำงาน} = \frac{\text{Value} \times 100}{(\text{Value} + \text{Waste} + \text{Non value})}$$

5. ดำเนินการตามขั้นตอนใหม่หลังการพัฒนากระบวนการจัดการสารเคมี โดยการจัดทำฐานข้อมูลสารเคมี การจัดเก็บสารเคมีและพื้นที่เก็บสารเคมีไว้ในห้องปฏิบัติการเดียว และคำนวณหาประสิทธิภาพของกระบวนการทั้งหมดใหม่

4.2 ประเมินการจัดการสารเคมีก่อนและหลังการจัดทำระบบการจัดการสารเคมี

โดยประเมินจากแบบประเมินความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ ESPReL Checklist (โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย, 2557) ทั้งนี้ได้ดัดแปลงการวัดผลเป็นจำนวนข้อที่ปฏิบัติได้จริงต่อจำนวนข้อมาตรฐานความปลอดภัย เฉพาะในส่วนของระบบการจัดการสารเคมีที่เกี่ยวข้องในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 การรวบรวมข้อมูลปริมาณสารเคมีที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์มีการจัดเก็บสารเคมีจำนวนมากและจัดเก็บในหลายพื้นที่ คือ ห้องปฏิบัติการ 4201 ห้องปฏิบัติการ 4302 และห้องปฏิบัติการ 4310 โดยวางสารเคมีแต่ละชนิดให้สอดคล้องกับบทปฏิบัติการที่ใช้งานสารเคมีในห้องปฏิบัติการนั้น ๆ ซึ่งทำให้การตรวจนับสารเคมีผิดพลาดได้ง่าย มีสารเคมีเก่าไม่ได้ใช้งานเหลือเป็นจำนวนมาก และในการจัดเก็บในปัจจุบันใช้เพียงการแยกของแข็งกับของเหลวเท่านั้น งานวิจัยนี้จึงได้เก็บรวบรวมข้อมูลรายการสารเคมี ยี่ห้อ เกรด ประเภท วันที่รับ วันที่เปิดใช้งาน และปริมาณคงเหลือของสารเคมีในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน จากการสำรวจปริมาณสารเคมีคงเหลือในปัจจุบัน สามารถแยกเป็น

1. สารเคมีทั้งหมดที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ มีทั้งสิ้น 132 ชนิด จำนวนทั้งหมด 257 ขวด
2. สารเคมีที่ใช้งานในรายวิชาทางด้านเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ในปัจจุบันในระหว่างปีการศึกษา 2557-2562 มีสารเคมีที่ใช้งานอยู่จำนวน 65 ชนิด
3. สารเคมีหมดอายุ ภาชนะบรรจุเสื่อมสภาพ เช่น ขวดเปราะแตก ขวดบวม มีจำนวน 12 ชนิด เป็นจำนวน 24 ขวด

ตอนที่ 2 ศึกษาปัญหาและวิเคราะห์ข้อมูลสารเคมีที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์มีปริมาณสารเคมีที่คงเหลือ และไม่ได้ใช้ในการเรียนวิชาปฏิบัติการในปริมาณมาก สารเคมีบางชนิดมีจำนวนมากและมีการเปิดใช้งานหลายขวด ซึ่งได้นำข้อมูลปริมาณสารเคมีนี้มาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาของสารเคมีคงเหลือในปัจจุบันมีปริมาณมากกว่าที่ใช้งานจริงในรายวิชาปฏิบัติการปัจจุบัน โดยใช้การวิเคราะห์หารากเหง้าของปัญหา (Root Cause Analysis)

ซึ่งสามารถวิเคราะห์ปัญหาที่พบของการจัดการสารเคมีคงเหลือในปัจจุบันได้ คือ 1) สารเคมีหมดอายุ สารเคมีเก่า ไม่สามารถตรวจสอบอายุการเก็บได้ 2) การไม่สามารถระบุชนิดของสารเคมี 3) การไม่ทราบการใช้งานแหล่งที่มาของสารเคมี 4) สารเคมีมีคุณสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนแปลงไป 5) การไม่สามารถตรวจสอบปริมาณ 6) การมีบริเวณจัดเก็บสารเคมีหลายจุด เมื่อวิเคราะห์สาเหตุแต่ละปัญหา จึงนำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหา ทั้งนี้แนวทางส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นในการจัดทำบัญชีรายการสารเคมี และมีการจัดเก็บที่เหมาะสม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและแนวทางแก้ปัญหาสารเคมีคงเหลือในปริมาณมาก

ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางแก้ปัญหา
1. สารเคมีหมดอายุ สารเคมีเก่า ไม่สามารถตรวจสอบอายุการเก็บได้	ภาชนะบรรจุสารเคมีไม่มีการระบุวันที่รับ วันที่เปิดใช้งาน ไม่มีการบันทึกการจัดซื้อหรือรับเข้า ไม่ทราบที่มาของสารเคมี เช่นสารเคมีจากงานวิจัย สารเคมีอยู่ในภาชนะที่แบ่งบรรจุ ไม่มีหลักการเข้าก่อนออกก่อน (First In First Out) ทำให้มีสารเคมีเก่าหลงเหลืออยู่	จัดทำสต็อกเกอร์ระบุวันที่รับ วันที่เปิดใช้งาน จัดทำบัญชีรายการสารเคมี และบันทึกรายการสารเคมีรับเข้า ควบคุมการนำเข้าสารเคมี ชี้แจงแนะนำการจัดการสารเคมีให้นักศึกษาในรายวิชาปฏิบัติการ และจัดทำบัญชีรายการสารเคมี เมื่อมีการระบุวันที่รับเข้าและเปิดใช้งาน ควบคุมการใช้งานสารเคมีตามหลักการเข้าก่อนออกก่อน และมีการตรวจสอบปริมาณสารเคมีหลังเสร็จสิ้นการเรียนการสอนแต่ละภาคการศึกษา
2. การไม่สามารถระบุชนิดของสารเคมี	ฉลากสารเคมีเลอะเลือน สารเคมีเก่า วางใกล้สารเคมีที่ก่อร่อนเกิดการกัดกร่อน อุณหภูมิ แสงแดด ฉลากหลุดสูญหาย สารเคมีอยู่ในภาชนะที่แบ่งบรรจุ ไม่ได้ติดฉลากที่มีมาตรฐาน	เมื่อมีการตรวจเช็คปริมาณสารเคมีจะตรวจสอบขวดสารเคมีเป็นประจำ หากมีฉลากเลอะเลือน และจัดทำป้ายสารเคมีให้มีมาตรฐานมากขึ้น ที่ระบุ ชื่อสาร เกรด ยี่ห้อ วันที่รับเข้า และชื่อเจ้าของ ลดการแบ่งบรรจุสารเคมี และจัดทำป้ายสารเคมีให้มีมาตรฐานมากขึ้น ที่ระบุ ชื่อสาร เกรด ยี่ห้อ วันที่รับเข้า และชื่อเจ้าของ
3. การไม่ทราบการใช้งาน แหล่งที่มาของสารเคมี	สารเคมีบางชนิดมาจาก วิชาโครงงานงานวิจัย ซึ่งอาจารย์หรือนักศึกษาได้มอบไว้ให้เมื่อเสร็จสิ้น แต่ไม่ได้ระบุผู้ใช้งาน วันที่เปิดใช้งาน สารเคมีในรายวิชาปฏิบัติการของหลักสูตรเก่า ซึ่งปัจจุบันไม่ได้เปิดสอน เช่น รายวิชา 855-317 ปฏิบัติการแปรรูปพอลิเมอร์ชีวภาพ	จัดทำบัญชีรายการสารเคมี และบันทึกรายการสารเคมีรับเข้า โดยตรวจสอบและบันทึกเป็นภาคการศึกษา จัดทำบัญชีรายการสารเคมีที่ใช้ในวิชาปฏิบัติการในแต่ละภาคการศึกษา
4. สารเคมีเสื่อมสภาพ	สภาวะการเก็บไม่เหมาะสม ความชื้น อุณหภูมิ/แสงแดด เกิดการปนเปื้อนจากการใช้งาน	จัดทำวิธีการจัดเก็บสารเคมี แยกสารเคมีตามประเภท และคุณลักษณะเฉพาะสารเคมีนั้น ๆ เช่น สารเคมีที่ไวต่อความชื้น ทำการจัดเก็บในโถกุดความชื้น เป็นต้น จัดทำวิธีการจัดเก็บสารเคมี มีการควบคุมการใช้งาน มีการแนะนำวิธีเตรียมสารเคมีและการนำสารเคมีไปใช้ อย่างถูกวิธีในรายวิชา 855-223 ชีววัสดุ
5. การไม่สามารถตรวจสอบปริมาณชนิดของสารเคมี	ไม่มีการจัดทำบัญชีรายการสารเคมีเป็นเอกสาร มีสถานที่เก็บสารเคมีในหลายห้องปฏิบัติการ	จัดทำบัญชีรายการสารเคมี และบันทึกรายการสารเคมีรับเข้า จัดให้มีจุดเก็บสารเคมีในห้องปฏิบัติการเดียว

ตอนที่ 3 จัดทำระบบการจัดการสารเคมี**3.1 จัดทำฐานข้อมูลสารเคมี**

จัดทำฐานข้อมูลสารเคมีห้องปฏิบัติการทางด้านเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วย ชื่อสารเคมี ยี่ห้อ เกรด ประเภทสารเคมี สัญลักษณ์สีประเภทนั้น ๆ วันที่รับ วันที่เปิดใช้งาน ปริมาณของสารเคมีที่คงเหลือ สถานที่จัดวาง ศึกษาข้อมูลด้านความปลอดภัยของสารเคมีที่มีอยู่และจำแนกเป็นประเภทต่าง ๆ และจัดทำฐานข้อมูล SDS ของสารเคมีที่มีในห้องปฏิบัติการ จัดทำ QR Code ของ SDS เพื่อความสะดวกในการสืบค้นข้อมูลสารเคมี นำเอกสาร SDS ไว้ใน Google Drive และแชร์ข้อมูลเป็นแบบสาธารณะ และนำภาพ QR Code ของแต่ละสารเคมีใส่ในฐานข้อมูลสารเคมีของห้องปฏิบัติการทางวัสดุภัณฑ์ด้วย ดังภาพที่ 1

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลรายการสารเคมีชื่อสารเคมี ยี่ห้อ เกรด ประเภท วันที่รับ วันที่เปิดใช้งาน และปริมาณของสารเคมีในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ ได้ทำเป็นฐานข้อมูลสารเคมีของห้องปฏิบัติการทางด้านเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์และเก็บไว้ใน Google Drive ดำเนินการแชร์ข้อมูลเป็นแบบสาธารณะ ดัง URL: https://kyl.psu.th/tENm_DS5 และจัดทำ QR Code ของบัญชีรายการสารเคมีของห้องปฏิบัติการทางวัสดุภัณฑ์ ดังภาพที่ 2 และนำไปติดไว้ที่ชั้นวางสารเคมีในห้องปฏิบัติการทางด้านเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ เพื่อการเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายขึ้น

รายการสารเคมีห้องปฏิบัติการทางเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์												Update 31-3-64			
ลำดับ (No.)	ชื่อสารเคมี	สูตรเคมี	CAS No.	ประเภท	สัญลักษณ์	เกรด	สารเคมีที่ปิดใช้		สารเคมีที่ยังไม่เปิด		ชื่อ	สถานที่จัดเก็บ	SDS	QR code (SDS)	หมายเหตุ
							ปริมาณคงเหลือ	วันที่เปิดใช้	ปริมาณ	วันที่รับเข้า					
1	Acetic acid	CH ₃ COOH	64-19-7	กัดกร่อน		AR	1.0L	ปี 2558	-	-	JT Baker	ชั้นวาง B ชั้นที่ 4	https://kvl.psu.th/ClvaX17N		
	Acetic acid	CH ₃ COOH	64-19-7	กัดกร่อน		AR	-	-	2.5L	ปี 2562	Labscan	ที่วางสารเคมีใหม่ (เหลว)	https://kvl.psu.th/PIr-YvHc		
2	Acetone	(CH ₃) ₂ CO	67-64-1	ไวไฟ		AR	1.5L	11/2/64	-	-	Lab scan	ชั้นวาง B ชั้นที่ 3	https://kvl.psu.th/PIr-YvHc		
3	Activated Charcoal	-	-	ทั่วไป		Com.	-	-	450g	ปี 2553	วิทยาธรรม	ที่วางสารเคมีใหม่	https://kvl.psu.th/FRSz10X92		
4	Albumin from Hen egg white	-	9006-50-2	พิษ		AR	80g	>10ปี	-	-	Fluka	ตู้เย็น	https://kvl.psu.th/kEV205ws9		
	Albumin from bovine serum	-	9006-50-2	พิษ		AR	8g	>5ปี	-	-	Sigma	ตู้เย็น	https://kvl.psu.th/kEV205ws9		
5	Algimic acid sodium salt	-	9005-38-3	ทั่วไป		AR	100g	>10ปี	-	-	Fluka	ชั้นวาง A ชั้นที่ 1	https://kvl.psu.th/q-5uYV4N6		

ภาพที่ 1 ฐานข้อมูลสารเคมีห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์












ภาพที่ 2 ภาพ QR code ของฐานข้อมูลสารเคมีของห้องปฏิบัติการทางวัสดุภัณฑ์

3.2 จัดทำวิธีการจัดเก็บสารเคมีอย่างปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์

การแยกสารเคมีตามประเภทของสารเคมี และการจัดเก็บสารเคมี

จัดทำฉลากสารเคมีโดยแยกตามชนิดและประเภทของสารเคมี จำแนกประเภทสารเคมีที่มีในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ อ้างอิงตามระบบ GHS (Globally Harmonised System for Classification and Labeling of Chemicals) และอ้างอิงข้อมูลจากโครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย (2557) การกำหนดระบบโค้ดสีของจำแนกสารเคมี พบว่าสารเคมีในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์สามารถจำแนกได้เป็น 5 ประเภท ได้แก่ สารกัดกร่อน (Corrosion) สารที่ทำปฏิกิริยา (Oxydizers) สารไวไฟ (Flammable) สารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม (Health and Environment) และสารทั่วไป (ไม่มีอันตรายต่อสุขภาพมาก) และกำหนดสีให้ง่ายต่อการสังเกต ดังตารางที่ 2 และทำการแยกประเภทสารเคมีตามข้อมูลความปลอดภัย (SDS) ตัดฉลากสัญลักษณ์สีที่ขวดสารเคมี และบันทึกสีของสารเคมีนั้น ๆ ในฐานข้อมูลสารเคมี เพื่อง่ายต่อการจัดเก็บและการค้นหา

ตารางที่ 2 การจำแนกประเภทสารเคมีในท้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์

ประเภทความเป็นอันตรายของสารเคมี	สัญลักษณ์อันตราย (GHS)	สัญลักษณ์สี (Color symbol)	ข้อกำหนดการเก็บรักษา
กัดกร่อน (Corrosion)		 สีแดง	เก็บให้ห่างจากสารไวไฟ สารไวต่อปฏิกิริยา สารออกซิไดซ์ และสารพิษ
ไวไฟ (Flammable)		 สีเหลือง	เก็บในพื้นที่ที่กำหนดไว้สำหรับวัสดุไวไฟ
ทำปฏิกิริยา (Oxydizers) (สารไวต่อปฏิกิริยาและออกซิไดซ์)		 สีเขียว	เก็บให้ห่างจากวัสดุไวไฟและไหม้ไฟได้
อันตรายต่อสุขภาพ (Health)		 สีน้ำเงิน	เก็บในพื้นที่ปลอดภัย
ทั่วไป (Commercial) (ไม่มีอันตรายต่อสุขภาพมาก)	-	 สีชมพู	ขึ้นอยู่กับสารเคมีแต่ละชนิด

จัดทำพื้นที่และชั้นวางสารเคมี จัดหาภาชนะรองรับ

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์เป็นห้องที่มีพื้นที่จำกัด และมีงบประมาณจำกัดในการจัดหาชั้นวางสารเคมีที่มีมาตรฐาน ดังนั้นเพื่อให้การจัดเก็บสารเคมีมีความปลอดภัยมากขึ้น จึงได้จัดหาภาชนะรองรับเพื่อป้องกันการรั่วไหลและป้องกันการวางสารเคมีใกล้กันในบางสารเคมี โดยจัดให้มีภาชนะรองรับสำหรับของเหลวประเภทต่าง ๆ ทั้งสารเคมีกัดกร่อน ไวไฟ สารพิษ หรือสารเคมีทั่วไปที่เป็นของเหลว และจัดให้มีภาชนะรองรับสำหรับสารเคมีที่เป็นของแข็งประเภทกัดกร่อน และติดสัญลักษณ์สีตามประเภทของสารเคมีที่ภาชนะรองรับให้เห็นชัดเจน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ขวดสารเคมีที่แยกประเภทตามสัญลักษณ์สีและการจัดวางภาชนะรองรับ

ตอนที่ 4 การประเมินประสิทธิภาพของระบบ

4.1 การวิเคราะห์ขั้นตอนในการค้นหาและจัดการสารเคมี

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์มีการจัดเก็บสารเคมีจำนวนมาก และมีการจัดเก็บในหลายพื้นที่คือ ชั้นวางห้องปฏิบัติการ 4201 ชั้นวางห้องปฏิบัติการ 4302 และชั้นวางห้องปฏิบัติการ 4310 โดยมีการวางสารเคมีให้สอดคล้องกับรายวิชาและบทปฏิบัติการที่ใช้งานสารเคมีในห้องปฏิบัติการนั้น ๆ ซึ่งทำให้การตรวจเช็คสารเคมีต้องเดินตรวจทั้ง 3 ห้องปฏิบัติการ และห้องปฏิบัติการอยู่คนละชั้นกัน ทำให้ต้องใช้เวลานานและเกิดความผิดพลาดในการนับจำนวนได้ง่าย การปรับปรุงพัฒนาระบบการจัดการสารเคมีและจัดทำฐานข้อมูลสารเคมีของห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ ได้นำหลักการลีน (Lean) มาใช้ประเมินประสิทธิภาพการทำงาน การคำนวณหาประสิทธิภาพของกระบวนการทั้งหมด โดยใช้เวลาที่จำเป็น (value) หาดด้วยเวลาทั้งหมด พบว่าร้อยละประสิทธิภาพการทำงานในการค้นหาและจัดการสารเคมีแบบเดิมเท่ากับ 34.29 จากการปรับปรุงการทำงานด้านการจัดการสารเคมี โดยการพัฒนาระบบการจัดการสารเคมีและจัดทำ

ฐานข้อมูลสารเคมีในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ และปรับปรุงการจัดเก็บสารเคมีให้อยู่ในห้องปฏิบัติการเดียวกัน ซึ่งจะช่วยลดขั้นตอน ระยะเวลา และเวลาในการทำงาน โดยพบว่าเมื่อมีการปรับปรุงการทำงานทำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเป็นร้อยละ 68

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลของการปรับการทำงานขั้นตอนการจัดการสารเคมีแบบเดิมกับแบบใหม่

รายการ	การจัดการแบบเดิม	การจัดการแบบใหม่
ขั้นตอน	7 ขั้นตอน	7 ขั้นตอน
ระยะเวลาทั้งหมด (นาที)	35 นาที	25 นาที
ระยะเวลาในการทำงานจำเป็น (นาที)	12 นาที	17 นาที
ร้อยละประสิทธิภาพการทำงาน	34.29	68

ขั้นตอนการจัดการสารเคมีแบบเดิม					ขั้นตอนการจัดการสารเคมีแบบใหม่				
ลำดับ	ขั้นตอน	รายละเอียดงาน	ผู้รับผิดชอบ	เวลาที่ใช้	ลำดับ	ขั้นตอน	รายละเอียดงาน	ผู้รับผิดชอบ	เวลาที่ใช้
1	เริ่มต้น	ตรวจสอบรายการสารเคมีที่จะใช้ในแต่ละวิชาปฏิบัติการในภาคการเรียนนั้นๆ	นักวิทยาศาสตร์	10 นาที	1	เริ่มต้น	ตรวจสอบรายการสารเคมีที่จะใช้ในแต่ละวิชาปฏิบัติการในภาคเรียนนั้นๆ	นักวิทยาศาสตร์	10 นาที
2	ตรวจสอบเอกสารฉบับข้างสารเคมีห้องปฏิบัติการ 4201	ตรวจสอบเอกสารฉบับข้างสารเคมีห้องปฏิบัติการ 4201 ชั้น 2 โดยดูที่ขนาดสารเคมีว่าสารเคมีในตู้ห้องปฏิบัติการ และปริมาณคงเหลือเท่าไร	นักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ	15 นาที	2	ตรวจสอบเอกสารฉบับข้างสารเคมี	ตรวจสอบเอกสารฉบับข้างสารเคมีโดยดูว่าสารเคมีในตู้ห้องปฏิบัติการ และปริมาณคงเหลือเท่าไร	นักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ	5 นาที
3	ตรวจสอบเอกสารฉบับข้างสารเคมีห้องปฏิบัติการ 4201, 4310, 4302	เดินจากห้อง 4201 ชั้น 3 ไปตรวจสอบเอกสารฉบับข้างสารเคมีห้องปฏิบัติการ 4310 และห้องปฏิบัติการ 4302 โดยดูว่าสารเคมีในตู้ห้องปฏิบัติการ และปริมาณคงเหลือเท่าไร จดบันทึกไว้	นักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ	15 นาที	3	ตรวจสอบเอกสารฉบับข้างสารเคมีห้องปฏิบัติการ 4201	ตรวจสอบเอกสารฉบับข้างสารเคมีตามแผนผังที่ตั้งในห้องปฏิบัติการ 4201 โดยดูว่ามีสารเคมีในตู้ห้องปฏิบัติการ และปริมาณคงเหลือเท่าไร	นักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ	5 นาที
4	พิจารณา	- สั่งซื้อ ส่งขอใบเสนอราคา - ไม่สั่งซื้อ กรณีสารเคมีเพียงพอ	นักวิทยาศาสตร์	2 นาที	4	พิจารณา	- สั่งซื้อ ส่งขอใบเสนอราคา - ไม่สั่งซื้อ กรณีสารเคมีเพียงพอ	นักวิทยาศาสตร์	2 นาที
5	ขอใบเสนอราคาและสั่งซื้อสารเคมี	ขอใบเสนอราคาสารเคมีและสั่งซื้อจากบริษัท	บริษัทสารเคมี	7-45 วัน ไม่นับเวลา	5	ขอใบเสนอราคาและสั่งซื้อสารเคมี	ขอใบเสนอราคาสารเคมีและสั่งซื้อจากบริษัท	บริษัทสารเคมี	7-45 วัน ไม่นับเวลา
6	ตรวจรับสารเคมี	ตรวจรับสารเคมีที่สั่งซื้อ	นักวิทยาศาสตร์	10 นาที	6	ตรวจรับสารเคมี	ตรวจรับสารเคมีที่สั่งซื้อ	นักวิทยาศาสตร์	10 นาที
7	จัดเก็บสารเคมีห้องปฏิบัติการ 4310	สำหรับสารเคมีชนิดที่เป็นสีค่อนข้างเข้มวางห้อง 4310	นักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ	10 นาที	7	จัดเก็บสารเคมีห้องปฏิบัติการ 4201 และส่งไปตู้รายการสารเคมี	สำหรับสารเคมีชนิดที่เป็นสีค่อนข้างเข้มวางห้อง 4201 ที่วางสารเคมีใหม่ และส่งไปตู้รายการสารเคมี	นักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ	10 นาที
8	สิ้นสุด				8	สิ้นสุด			

ภาพที่ 4 ขั้นตอนการจัดการสารเคมีแบบเดิมและแบบใหม่

4.2 ประเมินการจัดการสารเคมีก่อนและหลังการพัฒนาระบบการจัดการสารเคมี

การประเมินการจัดการสารเคมีก่อนและหลังการพัฒนาระบบการจัดการสารเคมี โดยตัดแปลงจากแบบประเมินความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ ESPReL Checklist (โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย, 2557) โดยทำการประเมินเฉพาะในส่วนของระบบการจัดการสารเคมีที่เกี่ยวข้องในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ การประเมินก่อนพัฒนาระบบการจัดการสารเคมี พบว่าการปฏิบัติตามมาตรฐานได้จริง คิดเป็นร้อยละ 14.28 มีการปฏิบัติตามแบบประเมินได้จริง จำนวน 5 ข้อย่อย ได้แก่ การเก็บสารเคมีแยกตามสถานะของสาร (ของแข็ง ของเหลว แก๊ส) การไม่วางสารเคมีบริเวณทางเดิน สารเคมีทุกชนิดจัดเก็บอย่างปลอดภัยตามตำแหน่งที่แน่นอน การเก็บสารไวไฟให้ห่างจากแหล่งความร้อน แหล่งกำเนิดไฟ เป็นต้น

เมื่อทำการประเมินหลังการพัฒนาระบบการจัดการสารเคมี พบว่า การปฏิบัติตามมาตรฐานได้จริง คิดเป็นร้อยละ 88.57 มีการปฏิบัติตามแบบประเมินได้จริง จำนวน 31 ข้อย่อย ได้แก่ เช่น การเก็บสารเคมีแยกตามสถานะของสาร (ของแข็ง ของเหลว แก๊ส) การไม่วางสารเคมีบริเวณทางเดิน และสารเคมีทุกชนิดจัดเก็บอย่างปลอดภัยตามตำแหน่งที่แน่นอน การเก็บสารไวไฟให้ห่างจากแหล่งความร้อน แหล่งกำเนิดไฟ เป็นต้น การมีระบบบันทึกข้อมูลสารเคมีในรูปแบบเอกสารและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งทุกคนสามารถเข้าดูได้ และมีโครงสร้างของระบบบันทึกข้อมูลสารเคมี มีการแยกเก็บสารเคมีตามสมบัติการเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี และมีภาชนะรองรับแยกแต่ละประเภทสารเคมี การมีป้ายบอกบริเวณที่เก็บสารเคมีอันตราย มีป้ายบอกประเภทสารเคมี การมีเอกสารข้อมูลความปลอดภัย และทุกคนเข้าถึงได้ โดยอยู่ในรูปอิเล็กทรอนิกส์ สามารถสแกน QR Code เพื่ออ่านข้อมูลความปลอดภัยได้ เป็นต้น



หัวข้อประเมินตาม ESPReL checklist (ในส่วนของการจัดการสารเคมี)	การปฏิบัติ		หัวข้อประเมินตาม ESPReL checklist (ในส่วนของการจัดการสารเคมี)	การปฏิบัติ	
	ก่อนจัดทำวิจัย	หลังจัดทำวิจัย		ก่อนจัดทำวิจัย	หลังจัดทำวิจัย
2.1 การจัดการข้อมูลสารเคมี 2.1.1 ระบบบันทึกข้อมูล 1. มีการบันทึกข้อมูลสารเคมีในรูปแบบ เอกสาร/อิเล็กทรอนิกส์ 2. โครงสร้างของข้อมูลสารเคมีที่บันทึก	X	✓	2.2.3 ข้อกำหนดสหพันธ์การจำกัดสารเคมี 1. เก็บข้อมูลสารเคมี (ทั้งกระดาษและใบ) ไว้ในระดับต่ำ 2. เก็บข้อมูลไว้ในที่เก็บข้อมูลเฉพาะ และมีป้ายระบุชื่อที่เหมาะสม	X	✓
2.1.2 สารปนเปื้อน (Chemical inventory) 1. มีการบันทึกข้อมูลการเข้าสารเคมี 2. มีการบันทึกข้อมูลการจ่ายสารเคมี 3. มีการบันทึกข้อมูลให้เป็นปัจจุบันอย่างสม่ำเสมอ 4. มีรายงานที่แสดงความเคลื่อนไหวของสารเคมีในห้วงปฏิบัติการ	X	✓	2.2.5 ข้อกำหนดสหพันธ์การจำกัดสารออกไซด์ (Oxidizers) และสารก่อให้เกิดเฟอร์รอกไซด์ 1. เก็บสารออกไซด์และสารที่ก่อให้เกิดเฟอร์รอกไซด์ห่างจากความร้อน แสง และแหล่งกำเนิดประกายไฟ 2. เก็บสารที่มีอนุภาคนิวเคลียร์ในภาชนะแก้วหรือภาชนะที่มีสมบัติเฉื่อย 3. ใช้ป้ายติดที่เหมาะสม สำหรับขวดที่เก็บสารออกไซด์ 4. ภาชนะบรรจุสารที่ก่อให้เกิดเฟอร์รอกไซด์ต้องไม่ปิดสนิทแน่นหนา 5. มีการตรวจสอบภาชนะบรรจุออกไซด์อย่างสม่ำเสมอ	X	✓
2.1.3 การจัดการสารที่ไม่ใช้แล้ว (Clearance) 1. มีแนวปฏิบัติในการจัดการสารที่ไม่ใช้แล้ว	X	X	2.2.6 ข้อกำหนดสหพันธ์การจำกัดสารพิษต่อปฏิกิริยา 1. มีป้ายคำเตือนที่ชัดเจนบริเวณภาชนะที่เก็บสารที่ไวต่อปฏิกิริยา (เช่น ป้าย "สารไวต่อปฏิกิริยา - ห้ามใช้ไฟ") 2. เก็บสารไวปฏิกิริยาต่อน้ำออกห่างจากแหล่งน้ำที่อยู่ในห้องปฏิบัติการ 3. มีการตรวจสอบสภาพการเก็บที่เหมาะสมของสารที่ไวต่อปฏิกิริยาอย่างสม่ำเสมอ	X	✓
2.2 การจัดการสารเคมี 2.2.1 ข้อกำหนดทั่วไปในการจัดการสารเคมี 1. มีการแยกเก็บสารเคมีตามชนิดการเข้ากับไม่ใช้สารเคมี (chemical incompatibility) 2. เก็บสารที่มีคุณสมบัติออกซิไดซ์และสารเคมีและห้องปฏิบัติการ 3. หลีกเลี่ยงสารเคมีที่มีส่วนผสมการระเบิด 4. หลีกเลี่ยงสารเคมีที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อคนงาน และไม่ว่าสารเคมีปริมาณเท่าใด 5. มีป้ายบอกบริเวณที่เก็บสารเคมีที่อันตราย 6. มีระบบการควบคุมสารเคมีที่ลดความร้อนเป็นพิเศษ 7. ไม่ใช้ตู้ดูดควันเก็บสารเคมีหรือของเสีย 8. ไม่ว่าสารเคมีชนิดใดและช่วงเวลาของห้องปฏิบัติการอย่างไรก็ตาม	X	✓	2.2.7 ภาชนะบรรจุภัณฑ์และฉลากสารเคมี 1. เก็บสารเคมีในภาชนะที่เหมาะสมตามประเภทของสารเคมี 2. ภาชนะที่บรรจุสารเคมีทุกชนิดต้องมีฉลากที่ชัดเจน 3. ตรวจสอบความถูกต้องของภาชนะบรรจุสารเคมีและฉลากอย่างสม่ำเสมอ	X	✓
2.2.2 ข้อกำหนดสหพันธ์การจำกัดสารไวไฟ 1. เก็บสารไวไฟให้ห่างจากแหล่งความร้อน แหล่งกำเนิดไฟ เปลวไฟ ประกายไฟ และแสงแดด 2. เก็บสารไวไฟในตู้ปฏิบัติการในภาชนะที่มีความจุไม่เกิน 20 ลิตร 3. เก็บสารไวไฟในห้องปฏิบัติการไม่เกิน 10 แกลลอน (38 ลิตร) สำหรับภาชนะ 38 ลิตร และไม่เกิน 10 แกลลอน (38 ลิตร) ต่อจุดเก็บไว้ในตู้ สำหรับภาชนะ 10 ลิตร 4. เก็บสารไวไฟไว้ในที่ที่เหมาะสม	✓	✓	2.2.8 เอกสารข้อมูลความปลอดภัย (Safety Data Sheet, SDS) 1. เก็บ SDS ในรูปแบบ □ เอกสาร □ อิเล็กทรอนิกส์ 2. เก็บ SDS อยู่ในที่ที่ทุกคนในห้องปฏิบัติการเข้าถึงได้ทันทีเมื่อต้องการใช้ หรือเมื่อเกิดภาวะฉุกเฉิน 3. SDS มีข้อมูลครบทั้ง 16 หัวข้อ ตามระบบสากล 4. มี SDS ของสารเคมีอันตรายทุกตัวที่อยู่ในห้องปฏิบัติการ 5. มี SDS ที่ทันสมัย	X	✓

ภาพที่ 5 การประเมินห้องปฏิบัติการปฏิบัติการทางเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ก่อนและหลังการจัดทำระบบการจัดการสารเคมีตามแบบ ประเมิน ESPReL Checklist (เฉพาะในส่วนของการประเมินการจัดการสารเคมีที่เกี่ยวข้อง)

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนากระบวนการจัดการสารเคมีภายในห้องปฏิบัติการทางด้านเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ โดยทำการรวบรวมข้อมูลสารเคมีที่มีอยู่ในปัจจุบัน วิเคราะห์ปัญหาสาเหตุและแนวทางแก้ไขในการจัดการสารเคมี จัดทำระบบฐานข้อมูลและระบบจัดเก็บสารเคมี รวมทั้งประเมินประสิทธิภาพของระบบการจัดการสารเคมี งานวิจัยนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลรายการสารเคมีที่มีอยู่ในปัจจุบัน มีทั้งสิ้น 132 ชนิด มีจำนวนทั้งหมด 257 ขวด ซึ่งคัดแยกเป็นสารเคมีที่เสื่อมสภาพมีจำนวน 12 ชนิด และสารเคมีในรายวิชาปฏิบัติการทั้งหมดเป็นจำนวน 65 ชนิด ทำให้มีสารเคมีที่ไม่ได้ใช้งานสำหรับวิชาปฏิบัติการเป็นจำนวนมาก และแต่ละชนิดมีปริมาณมาก จาก การวิเคราะห์ปัญหาของการจัดการสารเคมีคงเหลือในปัจจุบันมีปริมาณมากกว่าที่ใช้งานจริง จึงนำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหาที่มุ่งเน้นในการพัฒนาระบบการจัดการสารเคมี ซึ่งการจัดทำฐานข้อมูลสารเคมีที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการทางด้านเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ ประกอบด้วย ชื่อสารเคมี ยี่ห้อ เกรด ประเภทสารเคมี สัญลักษณ์ สีตามประเภท ปริมาณของสารเคมีที่คงเหลือ และจัดทำวิธีการจัดเก็บสารเคมีอย่างปลอดภัยภายในห้องปฏิบัติการ ทำการแยกประเภทสารเคมีตามข้อมูลความปลอดภัย โดยติดฉลากสัญลักษณ์สีที่ขวดสารเคมี และจัดวางภาชนะรองรับเพื่อป้องกันการรั่วไหลและป้องกันการวางสารเคมีใกล้กัน โดยจัดให้มีภาชนะรองรับสำหรับของเหลวประเภทต่าง ๆ ทั้งสารเคมีกัดกร่อน ไวไฟ สารพิษ หรือสารเคมีกรดต่างที่เป็นของแข็ง จากพัฒนาระบบการจัดการสารเคมีได้จัดทำขั้นตอนปฏิบัติงานเดิมและปรับปรุงใหม่โดยใช้ระบบสลิบ พบว่า เมื่อมีการปรับปรุงการทำงานทำให้ประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 68 และเมื่อมีการประเมินการจัดการสารเคมีก่อนและหลังการพัฒนากระบวนการจัดการสารเคมี โดยใช้แบบประเมิน ESPReL Checklist ในส่วนของระบบการจัดการสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับห้องปฏิบัติการ พบว่า ก่อนการพัฒนากระบวนการจัดการสารเคมี ผลการประเมินที่ปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการได้จริงร้อยละ 14.28 และเมื่อได้พัฒนาระบบการจัดการสารเคมี พบว่า ผลการประเมินที่ปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการได้จริงร้อยละ 88.57

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลรายการสารเคมีชื่อสารเคมี ยี่ห้อ เกรด ประเภท และปริมาณของสารเคมีในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ทำให้ทราบว่า การจัดการสารเคมีในปัจจุบันนั้นไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีสารเคมีในปริมาณมาก และไม่ได้ใช้งานเป็นเวลานาน บางชนิดมีการเปิดใช้งานหลายขวด บางชนิดมีอายุมากกว่า 20 ปี ซึ่งคุณสมบัติของสารเคมีอาจจะเปลี่ยนไป และเกิดของเสียจำนวนมาก

ส่งผลต่องบประมาณในการกำจัดที่สูงด้วย จากการวิเคราะห์ปัญหาที่พบของการจัดการสารเคมีคงเหลือในปัจจุบันได้ คือ 1) สารเคมีหมดอายุ สารเคมีเก่า ไม่สามารถตรวจสอบอายุการเก็บได้ 2) การไม่สามารถระบุชนิดของสารเคมี 3) การไม่ทราบการใช้งาน แหล่งที่มาของสารเคมี 4) สารเคมีมีคุณสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนแปลงไป 5) การไม่สามารถตรวจสอบปริมาณ 6) การมีบริเวณจัดเก็บสารเคมีหลายจุด ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับ ชุดโซติ และคณะ (2560) ที่ได้ศึกษาปัญหาหรือผลกระทบจากสารเคมีที่เป็นอยู่ในปัจจุบันพบว่า แบ่งเป็น 1) สารเคมีหมดอายุ เก่าเก็บ ไม่สามารถตรวจสอบอายุการเก็บได้ 2) สารเคมีมีคุณสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนแปลงไป 3) การไม่สามารถระบุชนิดของสารเคมี 4) ไม่สามารถตรวจสอบปริมาณคงคลังของสารเคมีที่มีอยู่ และ 5) ของเสียประเภทของเหลวไม่ถูกนำไปกำจัด เมื่อวิเคราะห์สาเหตุแต่ละปัญหาจึงนำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหา ส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นในการพัฒนาระบบการจัดการสารเคมี การจัดทำฐานข้อมูลสารเคมี มีการควบคุมการใช้งาน และมีการตรวจสอบปริมาณสารเคมีคงเหลือเป็นประจำ เมื่อมีการจัดทำฐานข้อมูลสารเคมี และจัดทำ QR Code ของฐานข้อมูลสารเคมี ทำให้สะดวกในการค้นหาข้อมูลสารเคมีและข้อมูลความปลอดภัย ซึ่งสอดคล้องกับ จันทน์ผา และคณะ (2560) ที่พัฒนาการจัดทำ QR Code ของสารเคมีมาใช้ในการเข้าถึงข้อมูลความปลอดภัยโดยให้นักศึกษาตระหนักในการแก้ปัญหาในกรณีที่สารเคมีหกหรือสัมผัสผิวหนัง หลังจากมีการปรับปรุงการทำงานการจัดการระบบสารเคมีในห้องปฏิบัติการ โดยนำระบบสลิมาประเมินการทำงาน พบว่าประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 34.29 เป็นร้อยละ 68 ดึงงานวิจัยของ สุปรีดี และวิฑูรย์ (2559) ที่ปรับปรุงการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการโดยนำระบบสลิมาวิเคราะห์การทำงานเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 41 เป็นร้อยละ 62 และเมื่อมีการประเมินการจัดการสารเคมีก่อนและหลังการพัฒนาการจัดการสารเคมี โดยใช้แบบประเมิน ESPReL Checklist ในส่วนของระบบการจัดการสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับห้องปฏิบัติการ แต่การคิดการประเมินผลนั้นได้ดัดแปลงการคิดคำนวณตามข้อที่มีการปฏิบัติได้เทียบกับข้อปฏิบัติตามมาตรฐานเท่านั้น พบว่า ก่อนการพัฒนาการจัดการสารเคมี ผลการประเมินที่ปฏิบัติตามมาตรฐานห้องปฏิบัติการปลอดภัยได้จริงเพียงร้อยละ 14.28 สาเหตุหลักมาจากไม่มีการจัดทำฐานข้อมูลสารเคมีของห้องปฏิบัติการ เมื่อได้พัฒนาระบบการจัดการสารเคมี พบว่า ผลการประเมินที่ปฏิบัติตามมาตรฐานห้องปฏิบัติการปลอดภัยได้จริงเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 88.57 แต่ยังมีในบางหัวข้อที่สามารถปรับปรุงได้อีก แต่ในบางหัวข้อไม่สามารถปรับปรุงได้ เนื่องจากงบประมาณที่จำกัด เช่น การจัดเก็บสารไวไฟในตู้เก็บสารไวไฟ ซึ่งตู้เก็บสารเคมีมีราคาค่อนข้างสูง

ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป กระจายสารเคมีที่มีอยู่แต่ไม่ได้ใช้งานไปยังห้องปฏิบัติการอื่นภายในหน่วยงาน เพื่อนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ลดของเสียที่เกิดขึ้นจากการไม่ใช้งาน พัฒนาระบบเบิกสารเคมีโดยใช้ระบบออนไลน์ เช่น Microsoft Form หรือ Google Form เพื่อเก็บข้อมูลการเบิกสารเคมี และกำหนดรหัสสารเคมีแต่ละขวดสารเคมีให้สอดคล้องกับหลักการเข้าก่อนออกก่อน (First In First Out) จัดทำฐานข้อมูลสารเคมีในเว็บไซต์ของหน่วยงาน พัฒนาการค้นหาข้อมูลได้จากชื่อหรือ Cas No. ของสารเคมีนั้น เพื่อง่ายต่อการสืบค้นจัดเก็บฐานข้อมูลในระบบอินเทอร์เน็ตภายใต้การบริหารจัดการของส่วนกลางของคณะอุตสาหกรรมเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วย การสนับสนุนจากคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนงบประมาณแก่บุคลากรสายสนับสนุนในการทำวิจัยเพื่อการพัฒนา งาน ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เถวียน วิทยา และคณาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์และวัสดุในการแนะนำการทำวิจัยและให้ข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์แก่งานวิจัยนี้ คุณปาริดา จันท์สว่าง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ ที่ให้คำแนะนำในการทำวิจัย ขอขอบคุณหัวหน้างานที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือด้านต่าง ๆ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิในการอ่านโครงร่างวิจัยและรายงานวิจัย ให้คำแนะนำ เพื่อให้งานวิจัยชิ้นนี้มีความครบถ้วนและถูกต้อง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ช่วยงานในการปฏิบัติงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา สุรีย์พิศาล. 2564. การยกระดับความปลอดภัยห้องปฏิบัติการเคมี L210 มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี ตามมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย. วารสาร Mahidol R2R e-Journal. 8(1): 49-62.
- โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย. 2557. คู่มือการประเมินความปลอดภัย 334 ห้องปฏิบัติการ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร. 192 หน้า.
- จันทร์ผา ตันธนา เสาวนีย์ สุวรรณวงศ์ และวัชระ พลเอียร. 2560. แนวทางการประยุกต์ใช้งานระบบ QR code กับงานฐานข้อมูลทางเคมี. วารสารวิชาการ ปชมท. 6(1): 34-37.
- ชุติโชติ ปัทมดิลก สุพจนา สิทธิกุล และวรกร วิวัชรกรกุล. 2560. การจัดการสารเคมีของภาควิชาเภสัชเวชและเภสัชพันธุศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วารสารวิชาการ ปชมท. 6(1): 15-20.
- ปวีณา เครือนิล ดวงกมล เขาวนตรีหมุด และเบญจพร บริสุทธิ์. 2556. การพัฒนาระบบการจัดการความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการโลหะและธาตุปริมาณน้อย. วารสารผลงานวิชาการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2(2): 55-61.
- วิทยา สุหฤตดำรง. 2560. ลีน ชีวิต และการเปลี่ยนแปลง. วารสารวิชาการ ปชมท. 6(2): 1-6.
- สุปรีดี สังฆรักษ์ และวิฑูรย์ สังฆรักษ์. 2559. เพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการเครื่อง Franz Diffusion cell ด้วยระบบ Lean. วารสารวิชาการ ปชมท. 5(3): 28-32.