คู่มือการปฏิบัติงาน

การเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี สำหรับการเรียนการสอน

ในรายวิชา ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ (513 255)

นายจาตุรงค์ ผลประเสริฐ

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

คำนำ

การจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานการเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี สำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ (513 255) ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานในตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ให้สามารถปฏิบัติงานเป็นไปด้วยความสะดวก รวดเร็ว ประหยัดเวลารวมทั้ง ทำให้งานมีประสิทธิภาพ โดยได้อธิบายขั้นตอนการดำเนินงานในส่วนของนักวิทยาศาสตร์ และเทคนิคการปฏิบัติงาน รวมถึงข้อเสนอแนะ สำหรับเป็นแนวทางในการปฏิบัติตามอย่างหรือใกล้เคียงกัน

ผู้เขียนหวังว่าคู่มือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานทั้งในและนอกภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์บ้างไม่มากก็น้อย หากมีข้อแนะนำหรือข้อผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นายจาตุรงค์ ผลประเสริฐ

มกราคม 2566

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ประวัติและความเป็นมา	1
1.2 ปณิธาน วิสัยทัศน์ พันธกิจ เป้าหมาย และค่านิยมหลัก	1
1.3 วัตถุประสงค์	3
1.5 ขอบเขตคู่มือ	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 โครงสร้างและหน้าที่ความรับผิดชอบ	5
2.1 โครงสร้างการบริหารองค์กร	6
2.2 บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบ	9
บทที่ 3 หลักเกณฑ์และวิธีการปฏิบัติงาน	11
3.1 มาตรฐานการปฏิบัติงาน	11
3.2 ระเบียบและข้อปฏิบัติที่เกี่ยวข้อง	13
3.3 จรรยาบรรณวิชาชีพ	28
3.4 หลักการปฏิบัติงาน PDCA	29
บทที่ 4 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	30
4.1 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	30
4.2 วิธีการและรายละเอียดการปฏิบัติงาน	32
4.3 การติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงาน	54
บทที่ 5 ปัญหาอุปสรรค ข้อเสนอแนะ และการพัฒนางาน	55
5.1 ปัญหา/อุปสรรคแนวทางแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน และการพัฒนางาน	55
5.2 ข้อเสนอแนะ	56
บรรณานุกรม	57
ภาคผนวก	58

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	สัญลักษณ์วัตถุระเบิด	20
2	สัญลักษณ์แก๊สไวไฟ แก๊สไม่ไวไฟและไม่เป็นพิษ และแก๊สพิษ	21
3	สัญลักษณ์ของเหลวไวไฟ	21
4	สัญลักษณ์ของแข็งไวไฟ สารที่ลุกไหม้ได้เอง และสารที่สัมผัสกับน้ำแล้วให้แก๊สไวไฟ	22
5	สัญลักษณ์สารออกซิไดซ์และสารอินทรีย์เปอร์ออกไซด์	22
6	สารพิษและสารติดเชื้อ	23
7	สัญลักษณ์วัสดุกัมมันตรังสี	23
8	สัญลักษณ์สารกัดกร่อน	24
9	สัญลักษณ์วัสดุอันตรายเบ็ดเตล็ด	24
10	สัญลักษณ์แสดงอันตรายเป็นรูปเพชร (Diamond-shape)	25
11	การวางสารสำหรับการทดลองที่ 1	34
12	การวางสารสำหรับการทดลองที่ 4	39
13	การวางสารตัวอย่างสำหรับการทดลองที่ 4	39

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงสมรรถนะในการปฏิบัติงานและมาตรฐานการปฏิบัติงาน	12
2	แสดงสัญลักษณ์ และข้อควรระวังของระบบ EEC	17
3	แสดงรูปสัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายของระบบ GHS	26
4	การกำจัดของเสียประเภทที่ไม่เป็นอันตราย (Non-Hazardous Waste)	27
5	การกำจัดของเสียประเภทที่เป็นอันตราย (Hazardous Waste)	27
6	หลักการปฏิบัติงาน PDCA	29
7	แผนผังขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Flow Chart)	31
8	ตัวอย่างตารางประเมินผลการปฏิบัติงาน	54
9	ปัญหา/อุปสรรคแนวทางแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน และการพัฒนางาน	55

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ประวัติและความเป็นมา

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ตั้งอยู่ ณ วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม ได้รับมติเห็นชอบจากสภามหาวิทยาลัยศิลปากรให้จัดตั้งขึ้นเมื่อวันที่ 27 ธันวาคม 2514 จากนโยบายที่จะขยายงานทางด้านวิชาการและการศึกษาของมหาวิทยาลัยไปสู่ด้านอื่นนอกเหนือไปจากด้านศิลปะและโบราณคดี คณะฯ เริ่มรับนักศึกษา รุ่นแรกปี พ.ศ. 2515 ในสาขาวิชาคณิตศาสตร์ สาขาวิชาสถิติ และสาขาวิชาชีววิทยา ต่อมาปี พ.ศ. 2517 มีการแบ่งส่วนราชการเป็นหน่วยงานภาควิชาคณิตศาสตร์ ภาควิชาเคมี ภาควิชาชีววิทยา ภาควิชาฟิสิกส์ และสำนักงานเลขานุการ ในปี พ.ศ. 2532 ได้จัดตั้งภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมขึ้นอีก 1 ภาควิชา

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยศิลปากร มีสถานะเป็นมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐ มีพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยศิลปากร พ.ศ. 2559 บังคับใช้ และประกาศมหาวิทยาลัยศิลปากร เรื่อง การแบ่งหน่วยงานภายในของส่วนงานของมหาวิทยาลัยศิลปากร (ฉบับที่ 7) พ.ศ. 2562 ทำให้มีการแบ่งส่วนงานในคณะวิชาออกเป็น 14 ส่วนงาน ได้แก่ สำนักงานคณบดี ภาควิชาคณิตศาสตร์ ภาควิชาเคมี ภาควิชาชีววิทยา ภาควิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาสถิติ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ ภาควิชาจุลชีววิทยา ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีคณะวิทยาศาสตร์ ศูนย์บริการวิชาการ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านสีและการเคลือบผิว ศูนย์ความเป็นเลิศของวัสดุแนวใหม่ และศูนย์สอบเทียบเครื่องวัดรังสีอาทิตย์

1.2 ปณิธาน วิสัยทัศน์ พันธกิจ เป้าหมาย และค่านิยมหลัก

1.2.1 ปณิธาน

คณะวิทยาศาสตร์มุ่งพัฒนาการศึกษาเพื่อผลิตบัณฑิตผู้รอบรู้วิชาการ ยึดมั่นคุณธรรม เพียบพร้อมด้วยจริยธรรม และมีจิตสำนึกรับผิดชอบสังคมอีกทั้งยังมุ่งค้นคว้าวิจัยเสริมสร้างองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการตลอดจนเพื่อการพัฒนาชุมชน และประเทศชาติเป็นสำคัญ

1.2.2 วิสัยทัศน์

เป็นคณะวิทยาศาสตร์ที่เป็นเลิศทางวิชาการ และเป็น 1 ใน 5 ของคณะวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยในด้านวิจัย ในปี 2568

คำอธิบาย

เป็นคณะวิทยาศาสตร์ที่เป็นเลิศทางวิชาการ หมายถึง การบริหารวิชาการตามแนวทาง EdPEx criteria

เป็น 1 ใน 5 ของคณะวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยในด้านวิจัย ในปี 2568 หมายถึง มีการทำวิจัยและการตีพิมพ์ผลงานวิจัยในฐานข้อมูลระดับนานาชาติอยู่ในระดับ 1 ใน 5 ของคณะวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย

1.2.3 พันธกิจ

1. สร้างบุคลากรในสายวิชาชีพด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้มีความรอบรู้ มีสติปัญญา มีความคิดวิเคราะห์ และมีความรับผิดชอบต่อสังคม

2. ค้นคว้า วิจัย และสร้างองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3. ให้บริการวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแก่สังคม เพื่อสร้างความเข้มแข็งแก่ชุมชน และเป็นการพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศในเวทีโลกต่อไป

4. สร้างความเป็นเลิศทางศิลปะและงานสร้างสรรค์ โดยใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

5. การบริหารจัดการ (บริหารงานตามหลักธรรมาภิบาล)

1.2.4 เป้าหมาย

1. เป็นคณะที่ถูกเลือกเพื่อเข้าศึกษาติดอันดับ 1 ใน 5 ของคณะวิทยาศาสตร์ในประเทศ

2. เป็นคณะที่สร้างผลงานวิจัยคุณภาพสูง เป็นที่ยอมรับในระดับสากล

3. เป็นศูนย์กลางการให้บริการวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในภูมิภาคตะวันตก/ภาคกลางตอนล่าง

4. เป็นคณะที่มีการบริหารองค์กรเพื่อความเป็นเลิศ

1.2.5 ค่านิยมหลัก

ค่านิยม SC WIN (Success, Customer focus, Wisdom, Integrity, Novelty)

คณะวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นส่วนงานสังกัดมหาวิทยาลัยศิลปากร (มาตรา 7 มาตรา 8 และมาตรา 9 แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยศิลปากร พ.ศ. 2559) ซึ่งเป็นคณะวิชาแรกของมหาวิทยาลัยที่เปิดสอนด้านวิทยาศาสตร์เล็งเห็นถึงความจำเป็นและความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและได้เปิดสอนสาขาวิชาต่าง ๆ เพื่อให้ครอบคลุมวิทยาศาสตร์พื้นฐานทุกสาขาทั้งในระดับปริญญาบัณฑิต ระดับปริญญามหาบัณฑิต และระดับปริญญาดุษฎีบัณฑิต การจัดการเรียนการสอนของคณะวิทยาศาสตร์จึงสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลในการเร่งรัดผลผลิตบัณฑิตสาขาวิชาต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการกำลังคนทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีของประเทศ

ภาควิชาเคมี เป็นหน่วยงานหนึ่งที่อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากรดำเนินภารกิจทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ การจัดการเรียนการสอน การวิจัย การบริการวิชาการแก่ชุมชน และการทำนุบำรุงศิลปะ วัฒนธรรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตบัณฑิตทางด้านสาขาวิชาเคมีที่มีคุณภาพสอดคล้องกับความต้องการของชุมชน ประเทศชาติ และมุ่งเน้นให้นักศึกษามีความรู้ทั้งภาคทฤษฎี ภาคปฏิบัติ และได้จัดการเรียนการสอนให้แก่นักศึกษาทั้งภายในและภายนอกคณะวิทยาศาสตร์ เช่น คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์

งานสนับสนุนการเรียนการสอนของนักวิทยาศาสตร์ เป็นภาระงานหลักที่ต้องปฏิบัตินั้นนับเป็นการปฏิบัติงานที่มีกระบวนการที่ไม่เหมือนกับการปฏิบัติงานในสายอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากการปฏิบัติงานในสายนี้ต้องอาศัยทั้งความรู้ทางทฤษฎี และทักษะทางปฏิบัติที่ถูกต้องและแม่นยำ สิ่งเหล่านี้มีผลต่อประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการต่าง ๆ รวมทั้งการให้บริการด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย

จากความเป็นมา ความจำเป็น และความสำคัญดังกล่าว ในฐานะผู้ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ที่รับผิดชอบการเตรียมอุปกรณ์ และสารเคมีต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการในภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์โดยตรง จึงสนใจที่จะเขียนคู่มือการเตรียมอุปกรณ์ และสารเคมีในห้องปฏิบัติการภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรขึ้น เพื่อให้บุคลากรสามารถปฏิบัติงานแทนกันได้ และเพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นมาตรฐานเดียวกัน

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อเป็นคู่มือให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติแทนกันได้

1.3.2 เพื่อให้การทำงานเป็นมาตรฐานเดียวกัน

1.3.3 เพื่อเป็นการลดต้นทุน ประหยัด ไม่ต้องลองผิดลองถูก

1.3.4 เพื่อให้การปฏิบัติงานสะดวกรวดเร็วขึ้น

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติแทนกันได้

1.4.2 การปฏิบัติงานเป็นมาตรฐานเดียวกัน

1.4.3 เป็นการลดต้นทุน ประหยัด ไม่ต้องลองผิดลองถูก

1.4.4 การปฏิบัติงานสะดวกรวดเร็วขึ้น

1.5 ขอบเขตคู่มือ

คู่มือการปฏิบัติงาน เรื่องการจัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์พื้นฐาน 513 255 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรเล่มนี้ แสดงขั้นตอน รายละเอียด และกระบวนการต่าง ๆ ในการเตรียมสารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในปฏิบัติการรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์พื้นฐาน 513 255 เท่านั้น

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

มหาวิทยาลัย	หมายความว่า	มหาวิทยาลัยศิลปากร
คณะ	หมายความว่า	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ห้องปฏิบัติการ	หมายความว่า	สถานที่ซึ่งอยู่ในสภาวะที่ถูกควบคุมและเป็นที่สำหรับการวิจัย การทดลองและการวัดทางวิทยาศาสตร์
รายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์พื้นฐาน 513 255	หมายความว่า	รายวิชาที่เปิดสอนในภาควิชาเคมีโดยมี 3 คาบต่อสัปดาห์จำนวนนักศึกษาประมาณ 350 คนต่อเทอม
ชำนาญการ	หมายความว่า	ผู้ที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง
นักวิทยาศาสตร์	หมายความว่า	ผู้ชำนาญในทางวิทยาศาสตร์

บทที่ 2
โครงสร้างและหน้าที่ความรับผิดชอบ

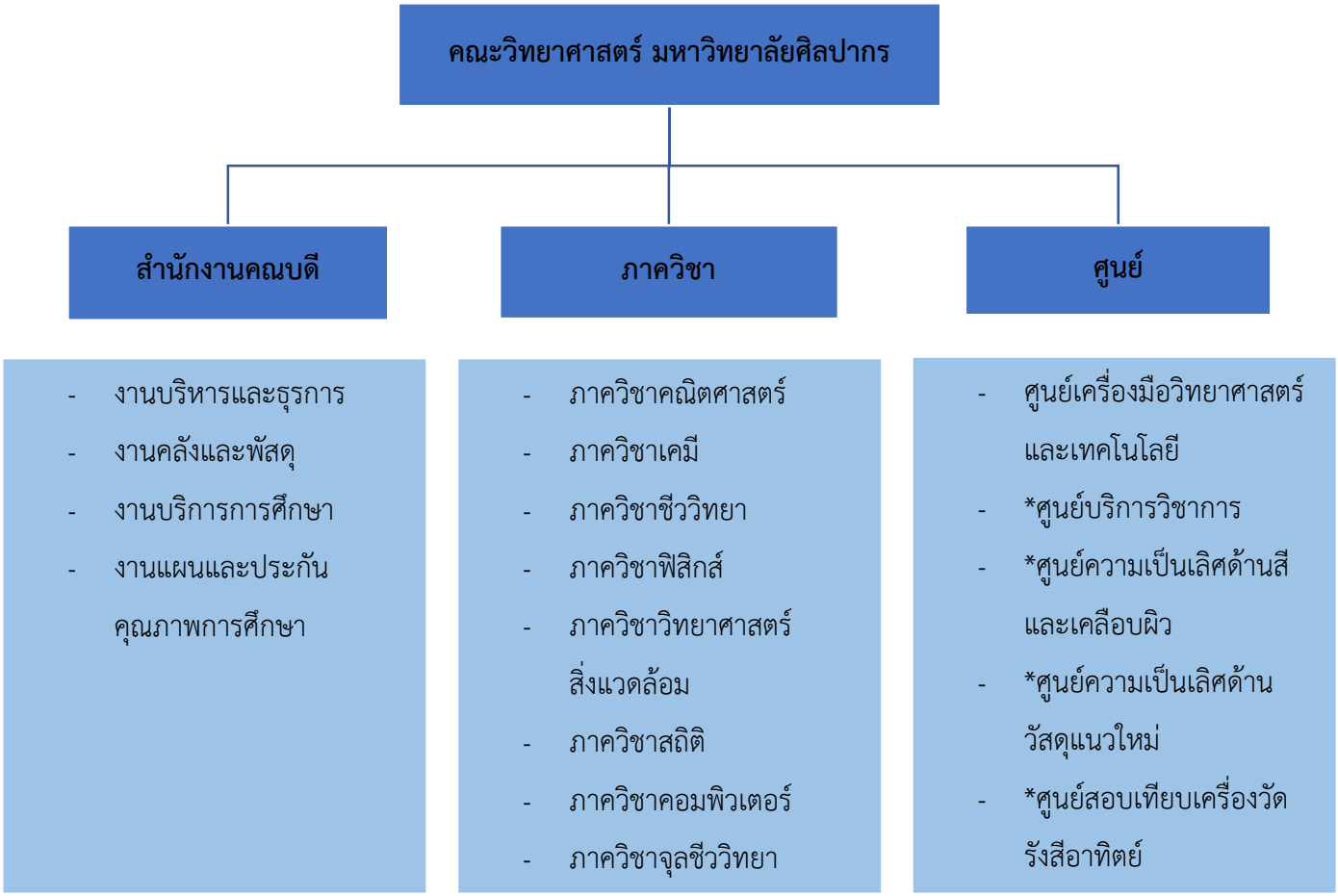
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร เป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบใน 4 พันธกิจหลัก ได้แก่ พันธกิจด้านการผลิตบัณฑิต การวิจัย การบริการวิชาการ และการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม มีสำนักงานคณบดี รับผิดชอบสนับสนุนการบริหารงานภายในคณะ มีการบริหารจัดการ และพัฒนาทรัพยากรที่ดี สอดคล้องกับวิสัยทัศน์ พันธกิจ ค่านิยม เป้าหมาย และโครงสร้างการบริหารองค์กร รวมถึงบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของนายจาตุรงค์ ผลประเสริฐ นักวิทยาศาสตร์ระดับปฏิบัติการ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ในการสนับสนุนงานด้านโครงการสนับสนุนการเรียนการสอน โดยเฉพาะงานด้านการเตรียมสารเคมี และอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยศิลปากร มีดังนี้

- โครงสร้างการบริหารองค์กร

- บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบโครงสร้างองค์กร และบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบ

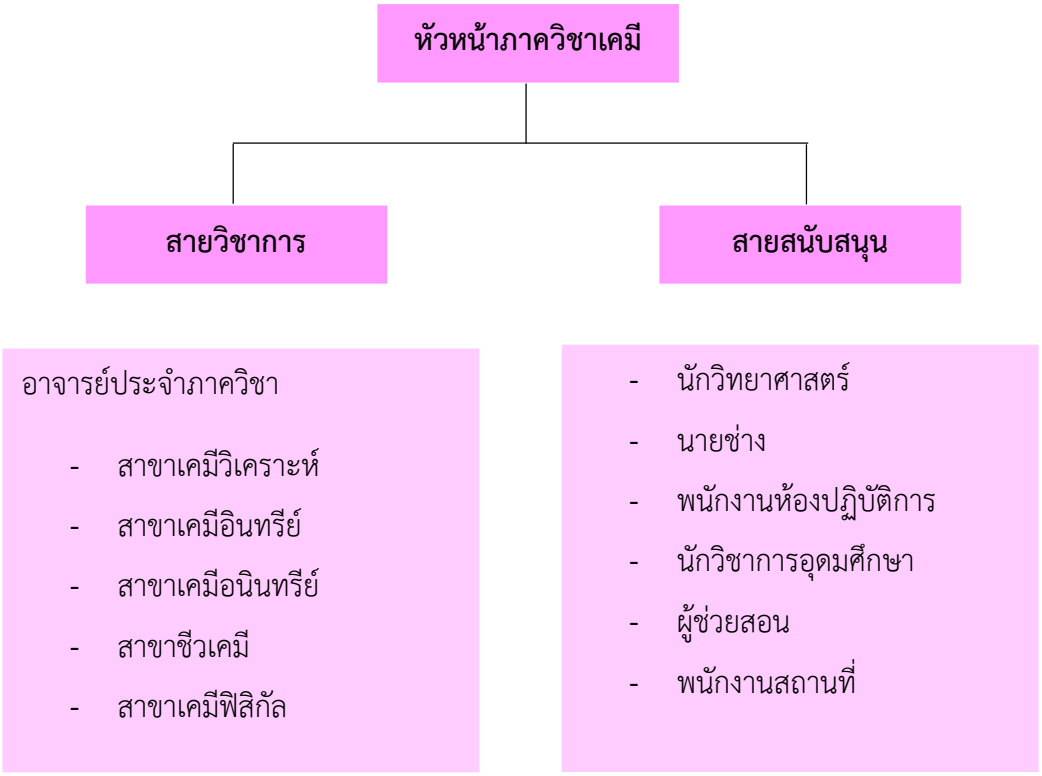
2.1 โครงสร้างการบริหารองค์กร

โครงสร้างองค์กรการบริหารคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร



หมายเหตุ * เป็นศูนย์หรือหน่วยงานภายในที่เรียกชื่ออย่างอื่นซึ่งจัดตั้งขึ้นตามภารกิจเฉพาะหรือยุทธศาสตร์คณะวิทยาศาสตร์

โครงสร้างการบริหารบุคคลภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร



โครงสร้างบุคลากรภาควิชาเคมี

อาจารย์ ดร. มูฮำหมัด นิยมเดชา

หัวหน้าภาควิชาเคมี

อาจารย์ประจำสาขาวิชา

- **สาขาเคมีวิเคราะห์**

อ.ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง
ผศ.ดร.สุมนมาลย์ จันทร์เอี่ยม
ผศ.ดร.ณิชนันทน์ เทพศุภรังษิกุล
อ.วราพร ภาราดามิตร
อ.ดร.ณิชนันทน์ สิรสุนทร
อ.ดร.กนกวรรณ เจริญกิจอมร

- **สาขาเคมีอินทรีย์**

ศ.นันทนิตย์ วานิชาชีวะ
ผศ.ดร.วยา พุทธวงศ์
ผศ.ดร.พัลลภ คันธิยงค์
ผศ.ดร.กนกอร ระย้านิล
ผศ.ดร.ภาณุพันธ์ ลิมปชยาพร
อ.ดร.มูฮำหมัด นิยมเดชา
อ.ดร.กฤช เศรษฐการ

- **สาขาเคมีอนินทรีย์**

รศ.ดร.รัชฎา บุญเต็ม
ผศ.ดร.ชีวิตา สุวรรณชวลิต
อ.ดร.ณัฐวรรณ วรวรรโณทัย
อ.ดร.กุลทัศน์ สุวัฒน์พิพัฒน์
อ.ดร.สุนทร สุวอเขียว

- **สาขาชีวเคมี**

อ.ดร.ชนากานต์ ทองสุข
อ.ดร.สุชารัตน์ สนองเกียรติ
อ.ดร.วิทวัส หาญดี
อ.ดร.ธนพล เจริญวงษ์ไพบูลย์

- **สาขาเคมีฟิสิกัล**

รศ.ดร.สุพรรณี ฉายะบุตร
อ.ฉันทนา วัยนิพิฐพงษ์
ผศ.ดร.จิตนภา ศิริรักษ์
ผศ.ดร.สุธินี เกิดเทพ
ผศ.ดร.พัฒนาวิศว์ สว่างลาภ
อ.ดร.พรทิพย์ ทองยิ่ง

เจ้าหน้าที่สายสนับสนุน

- **นักวิทยาศาสตร์**

นางสาวพจนา อินทะเตชะ
นางวราภรณ์ เจียนระลึก
นางณัชปภา สงวนวงศ์
นายอมรฤทธิ์ ศรีนวล
นายจาตุรงค์ ผลประเสริฐ*
นางสาววิรัญญา สุทัศนวิชานนะ
นางสาวนิตยา เขียวอ่อน
นางสาวปิยาภา จันทร์มล

- **นายช่าง**

นายเชาวฤทธิ์ กาบแก้ว

- **พนักงานห้องปฏิบัติการ**

นายสุวิทย์ ประวิงวงศ์
นางอารีย์ ไวอำภี

- **นักวิชาการอุดมศึกษา**

ว่าที่ร้อยตรีหญิง ภัทราพร สระทองฮ่วม
นายศักดิ์ชัย เภาด้วง
นางสาวรัตนาวดี สระทองจิน

- **ผู้ช่วยสอน**

นางสาววัลย์ลิกา เชาวโนทัย

- **พนักงานสถานที่**

นางมาลี สุดสาคร

***ผู้จัดทำคู่มือปฏิบัติงาน**

2.2 บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบ

2.2.1 บทบาทหน้าที่ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ดำเนินภารกิจทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ การจัดการเรียนการสอน การวิจัย การบริการวิชาการแก่ชุมชน และการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อผลิตบัณฑิตทางด้านสาขาวิชาเคมีที่มีคุณภาพ สอดคล้องกับความต้องการของชุมชนและประเทศชาติ

2.2.2 บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ระดับปฏิบัติการ

บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบงานของตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ระดับปฏิบัติการได้ปฏิบัติงานโดยสอดคล้องกับมาตรฐานกำหนดตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีขอบเขตของภาระงานที่ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ได้มอบหมายให้ปฏิบัติ และรับผิดชอบ ดังนี้

2.2.2.1 ภาระงานหลัก

1. จัดเตรียมรายวิชาต่าง ๆ ดังนี้
    - ปฏิบัติการเคมีทั่วไป 1 (513 103)
    - ปฏิบัติการเคมีทั่วไป 2 (513 104)
    - ปฏิบัติการเคมีทั่วไป 2 (513 104) (ภาคฤดูร้อน)
    - ปฏิบัติการเคมีทั่วไป (513 105)
    - ปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน (513 107)
    - ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1 (513 253)
    - ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 (513 254)
    - ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ (513 255)
    - ปฏิบัติการเคมีอนินทรีย์ (513 313)
    - ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ขั้นสูง (513 353)
2. เป็นผู้ดูแล รักษาและให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการ เช่น
    - เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
    - Aspirator pump
    - ตู้อบไฟฟ้า
3. เบิก-จ่ายอุปกรณ์เครื่องแก้วระหว่างทำปฏิบัติการ
4. ตรวจเช็คและสั่งซื้ออุปกรณ์ เครื่องแก้ว และสารเคมีที่ใช้ในปฏิบัติการ
5. ตรวจเช็คความเสียหายของอุปกรณ์ และเครื่องแก้วหลังเสร็จสิ้นปฏิบัติการ เพื่อนำไปคิดค่าเสียหายเมื่อจบภาคการศึกษา

2.2.2.2 ภาระที่ได้รับมอบหมายอื่น ๆ

1. เตรียมอุปกรณ์และสารเคมีสำหรับนักเรียนโอลิมปิก ตามที่ได้รับมอบหมาย
2. เตรียมอุปกรณ์และสารเคมีสำหรับอาจารย์ และนักศึกษาในการทำวิจัย
3. เตรียมอุปกรณ์และสารเคมีสำหรับโครงการ Chemistry in school
4. เตรียมอุปกรณ์และสารเคมีสำหรับนักเรียนโครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนโดยการกำกับการดูแลของมหาวิทยาลัย (โครงการ วมว.) ตามที่ได้รับมอบหมาย

2.2.2.3 งานเพื่อการพัฒนา

1. อบรมโครงการการจัดการของเสียสารเคมี และการจัดการความรู้ห้องปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์
2. การฝึกอบรม “อพยพหนีไฟและซ้อมดับเพลิง”
3. การอบรมโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การประเมินความเสี่ยงและความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ
4. เข้าร่วมนำเสนอผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ ในโครงการประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 12 เรื่อง “บัณฑิตวิจัย สร้างสรรค์ และนวัตกรรม : การขับเคลื่อนสังคมเข้าสู่ยุคปกติใหม่ด้วยองค์ความรู้” ในหัวข้อ การหาปริมาณเมโทมิลที่ตกค้างในผักด้วยเทคนิค QuEChERS และโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง
5. อบรมหลักสูตรแนวทางการยกระดับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการวิจัยที่เกี่ยวกับสารเคมี ภายใต้โครงการมหาวิทยาลัยแม่ข่าย ด้านมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ

บทที่ 3
หลักเกณฑ์และวิธีการปฏิบัติงาน

คู่มือปฏิบัติงาน เรื่อง การเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ (513 255) เล่มนี้ มีหลักเกณฑ์ และวิธีการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. มาตรฐานการปฏิบัติงาน
2. ระเบียบและข้อปฏิบัติที่เกี่ยวข้อง
3. จรรยาบรรณวิชาชีพ
4. หลักการปฏิบัติงาน PDCA

3.1 มาตรฐานการปฏิบัติงาน

ผู้เขียนคู่มือการเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี สำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ใช้หลักการทำงานและแนวทางการปฏิบัติงานเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน ดังนี้

3.1.1 หลักการทำงาน

คู่มือการใช้อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาเคมีอินทรีย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์เล่มนี้เป็นการเขียนเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับคณาจารย์ นักศึกษา และนักวิทยาศาสตร์ผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งมีมาตรฐานการปฏิบัติงานอาศัยหลักการทำงานตามสมรรถนะในการปฏิบัติงาน ประสบการณ์และความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะการเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี เพื่อประกอบการเรียนการสอน ดังนี้

1. ปฏิบัติงานตามกฎระเบียบและข้อปฏิบัติที่เกี่ยวข้องและหลีกเลี่ยงการกระทำใดใดที่อาจทำให้เกิดความเสื่อมเสียแก่องค์กร
2. มีความโปร่งใสในการปฏิบัติงานให้เห็นถึงการปฏิบัติงานตามกฎ ระเบียบ ข้อบังคับของมหาวิทยาลัย
3. ไม่ปกปิดข้อเท็จจริงหรือบิดเบือนความจริงอันเป็นสาระสำคัญ ซึ่งสามารถติดตามและตรวจได้ตามกฎหมายเกี่ยวกับข้อมูลข่าวสารของราชการ
4. ความซื่อสัตย์ สุจริต ประพฤติตนสอดคล้องตามจรรยาบรรณของบุคลากรที่มหาวิทยาลัยกำหนด
5. การปฏิบัติงานต้องมีประสิทธิภาพ ลดขั้นตอนการปฏิบัติงาน ถูกต้อง รวดเร็ว
6. การประสานงานในภาระงานที่รับผิดชอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทำงานเป็นทีมและสร้างเครือข่ายภายในองค์กร
7. การปฏิบัติงานคำนึงถึงผลประโยชน์ของมหาวิทยาลัย และการประหยัดทรัพยากร

3.1.2 แนวทางการปฏิบัติงาน

นอกจากหลักการทำงานแล้ว ยังได้ใช้สมรรถนะในการปฏิบัติงาน และประสบการณ์ในการทำงานมากำหนดแนวทางการปฏิบัติงานของบุคลากร ซึ่งการเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีผู้รับบริการ คือ นักศึกษาภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ระดับปฏิบัติการเป็นผู้ให้บริการตามแนวทางการปฏิบัติดังตาราง

ตารางที่ 1 แสดงสมรรถนะในการปฏิบัติงานและมาตรฐานการปฏิบัติงาน

สมรรถนะในการปฏิบัติงาน	มาตรฐานการปฏิบัติงาน
การมุ่งผลสัมฤทธิ์	1. มีความรู้ ความสามารถในหน้าที่รับผิดชอบอย่างสูง และบริการเหนือความคาดหมาย มีแหล่งข้อมูลใช้อ้างอิงส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้รับบริการ 2. มีความตั้งใจ มีความขยันหมั่นเพียร และมุ่งมั่นในการปฏิบัติงานที่รับผิดชอบให้สำเร็จตามเป้าหมาย และมีผลสัมฤทธิ์ในการปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมาย 3. มุ่งสร้าง และพัฒนาผลงานให้มีคุณภาพอย่างต่อเนื่อง
ความเข้าใจองค์กรและระบบงาน	1. มีความเข้าใจองค์กร คน ระบบงาน และวัฒนธรรมองค์กรในภาพรวมและมีความสามารถในการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างระบบงาน และการใช้เทคโนโลยี และเรียนรู้วิธีการปฏิบัติงานและสามารถแก้ปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นได้ 2. มีมาตรฐานในการปฏิบัติงานสอดคล้องกับวิสัยทัศน์พันธกิจ และวัตถุประสงค์ขององค์กร 3. มีการยอมรับในการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในองค์กร เช่น การเปลี่ยนโครงสร้างองค์กร ระบบงาน และการปรับเปลี่ยนกระบวนงาน เป็นต้น
การทำงานเป็นทีม	1. มีความสามารถในการทำงานเป็นทีมได้ (Team work) 2. มีความพึงพอใจในหน้าที่ของตนที่ได้รับมอบหมายจากทีมได้อย่างมีความสุข 3. สร้าง และประสานงานระหว่างทีมในกลุ่มภารกิจให้บรรลุเป้าหมายและมีประสิทธิภาพ
การมีคุณธรรม จริยธรรม และจรรยาบรรณ	1. ปฏิบัติหน้าที่ความรับผิดชอบด้วยความโปร่งใส มีความซื่อสัตย์สุจริต 2. มีการอุทิศเวลาแก่ราชการ มีความภูมิใจในสถาบันตนเอง 3. มุ่งส่งเสริมการปฏิบัติงานในหน่วยงาน และมหาวิทยาลัยให้บรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมาย

3.2 ระเบียบและข้อปฏิบัติที่เกี่ยวข้อง

3.2.1 ข้อปฏิบัติในห้องปฏิบัติการเคมี

1. ตลอดเวลาที่อยู่ในห้องปฏิบัติการ ปฏิบัติตนด้วยความรับผิดชอบ ห้ามกิน ห้ามดื่ม ห้ามเคี้ยวหมากฝรั่ง ห้ามเล่น ห้ามส่งเสียงดัง ห้ามพูดคุยเรื่องไร้สาระ และไม่ยุ่งเกี่ยวกับการทดลองผู้อื่น

2. เตรียมตัวก่อนทำปฏิบัติการ อ่าน และทำความเข้าใจขั้นตอนการทดลองให้ดี

3. ก่อนทำการทดลอง ตั้งใจฟังอาจารย์อธิบายวิธีการทดลอง หากสงสัย ไม่แน่ใจให้ถามอาจารย์ผู้ดูแลการทดลอง ไม่ทำการทดลองโดยไม่แน่ใจในวิธีการทดลอง

4. ทำการทดลองที่กำหนดในหนังสือปฏิบัติการ หรือตามที่อาจารย์อนุญาตให้ทำเท่านั้น ห้ามทำการทดลองอื่นที่ไม่ได้รับอนุญาตจากอาจารย์

5. ไม่แตะต้องอุปกรณ์ สารเคมีหรือวัสดุอื่นในห้องปฏิบัติการที่ไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้

6. อ่านฉลากบนขวดสารเคมีให้ดี และเรียนรู้วิธีที่ถูกต้องในการใช้อุปกรณ์ ถ้าไม่แน่ใจให้ถามอาจารย์

7. ดูแลบริเวณที่ทำปฏิบัติการให้สะอาดเรียบร้อย ทำความสะอาดเครื่องชั่ง และอุปกรณ์ต่าง ๆ เมื่อใช้เสร็จแล้วทุกครั้ง

8. อย่าทำงานคนเดียวในห้องปฏิบัติการ และควรเฝ้าดูการทดลองหรือปฏิกิริยาตลอดเวลา

9. อย่าสัมผัสหน้า ตา ปาก และร่างกายขณะใช้สารเคมีหรืออุปกรณ์ทางเคมี ล้างมือด้วยสบู่ทุกครั้งเมื่อเสร็จการทดลอง

10. เมื่อมีอุบัติเหตุ เช่น สารเคมีหกหรือรั่ว เครื่องแก้วแตก เกิดเพลิงไหม้หรือบาดเจ็บให้แจ้งอาจารย์ทันทีถึงแม้จะเป็นอุบัติเหตุเล็กน้อย อย่าตกใจกลัว

11. ถ้าสารเคมีหกโดนร่างกายหรือใบหน้าให้ล้างด้วยน้ำอย่างน้อยเป็นเวลา 15 นาที และร้องเรียกอาจารย์ทันทีอย่ารู้สึกอาย

3.2.2 ข้อปฏิบัติในการเตรียมสารเคมี

1. การเตรียมสารเคมีพวกกรด-ด่าง หรือสารระเหยควรทำในตู้ดูดควัน

2. ออกไซด์ของธาตุบางชนิดเป็นก๊าซพิษ เช่น ออกไซด์ของกำมะถัน ออกไซด์ของไนโตรเจน และก๊าซฮาโลเจน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก็เป็นพิษเช่นเดียวกัน การทดลองใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับก๊าซเหล่านี้ควรทำในตู้ดูดควัน

3. ไม่เทน้ำลงในกรดเข้มข้นใด ๆ แต่ค่อย ๆ เทกรดเข้มข้นลงในน้ำอย่างช้า ๆ พร้อมกับกวนตลอดเวลาเพื่อกระจายความร้อนที่เกิดจากการละลายของกรดในน้ำ

4. การดูดสารละลายโดยใช้ปิเปต ห้ามใช้ปากดูดให้ใช้ลูกยางปิเปต

3.2.3 ข้อปฏิบัติเมื่อเกิดอุบัติเหตุจากสารเคมีหกรั่วไหล

3.2.3.1 กรณีสารหกเป็นของเหลว

- ใช้ตัวดูดซับที่เหมาะสม เช่น Chemical-adsorbent spill pillows หรือ Vermiculite เมื่อดูดซับแล้วต้องปฏิบัติกับตัวดูดซับเหล่านี้เสมือนว่ามันเป็นของเสียอันตราย โดยกวาดหรือโกยลงภาชนะสำหรับเก็บของเสียอันตรายที่เหมาะสม
- ถ้าเป็นกรดให้สะเทินด้วยโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) ถ้าเป็นด่างแก้ให้สะเทินด้วยกรดซิตริก (Citric acid)

3.2.3.2 กรณีสารหกเป็นของแข็ง

- สารที่เป็นอันตรายมาก เช่น ไวต่อการเกิดปฏิกิริยารุนแรงหรือระเบิดได้ให้ปฏิบัติตามคำแนะนำใน MSDS (Material Safety Data Sheet) อย่างเคร่งครัด
- หากสารไม่เป็นสารอันตราย ให้เก็บกวาดรวบรวมตามปกติ
- ปรอทหกต้องจัดการทันที โดยการกลบด้วยผงกำมะถันหรือใช้เครื่องมือสุญญากาศดูดเก็บรวบรวมไว้โดยแยกขยะที่มีปรอทเจือปนอยู่ออกห่างจากขยะทั่วไป

3.2.3.3 กรณีสารรั่วเป็นแก๊ส

- ปิด Main regulator ที่ถังแก๊ซก่อน แล้วให้แจ้งอาจารย์หรือผู้รับผิดชอบทันที
- ถ้าเป็นแก๊สพิษให้ส่งสัญญาณเตือนภัยและอพยพคนออกจากบริเวณโดยด่วน
- หากไม่สามารถควบคุมไอแก๊สได้ ให้เคลื่อนย้ายถังแก๊สไปนอกบริเวณอาคารที่มีอากาศถ่ายเทได้ดี แล้วปล่อยแก๊สออกสู่บรรยากาศ
- แจ้งบริษัทผู้รับผิดชอบถังแก๊สโดยด่วน
- หากการรั่วเกิดใกล้วาล์วหรือ Regurator ให้ใช้เทคนิค Contain and divert vapour และอาจเผาทิ้งหรือใช้สารเคมีดูดซับที่เหมาะสม หากแก๊สละลายน้ำได้ให้ผ่านลงน้ำหรือฉีดด้วยน้ำ (ระวังอันตรายที่ตามมาจากปฏิกิริยาของแก๊สกับน้ำ)

ข้อปฏิบัติทั่วไปเพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากสารเคมีหกรั่วไหล

- ตรวจสอบภาชนะบรรจุสารเคมีเสมอ เมื่อเสื่อมสภาพให้เปลี่ยนภาชนะแล้วทำลายภาชนะทิ้งตามความเหมาะสม
- ควรตรวจสอบสภาพถังแก๊ซทุก ๆ 6 เดือนโดยผู้เชี่ยวชาญ และมีหมายเลขโทรศัพท์ของบริษัทผู้จำหน่ายถังหรือผู้ตรวจสอบติดไว้ใกล้ถังแก๊สหรือโทรศัพท์เผื่อยามเกิดเหตุฉุกเฉิน
- ในการเคลื่อนย้ายสารเคมีเป็นระยะทางใกล้ ๆ อย่าจับขวดสารเคมีที่คอขวดหรือหิ้วที่หูเพราะขวดอาจจะหล่นลงมาได้ให้ใช้วิธีประคองไว้โดยมีมืออีกข้างหนึ่งรองที่ก้นขวด

- ในการขนส่งสารเคมีในระยะทางไกล (ออกนอกบริเวณห้องปฏิบัติการ) ต้องมีตะกร้านิรภัยใส่ขวดอีกชั้นหนึ่งเสมอ
- การถ่ายเทสารเคมีในปริมาณมาก ๆ ให้ทำในตู้ดูดควัน
- ไม่ถ่ายเทสารจากขวดบรรจุภาชนะปากแคบโดยตรงให้เทผ่านกรวย บีกเกอร์หรือภาชนะอื่นที่เหมาะสม
- มี MSDS และอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลพร้อมทั้งอุปกรณ์ทำความสะอาดอยู่ในบริเวณห้องปฏิบัติการเสมอเพื่อจะสามารถหยิบใช้ได้ทันท่วงทีเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน

3.2.4 ข้อปฏิบัติเมื่อเกิดอุบัติเหตุต่อตัวบุคคล

3.2.4.1 ข้อปฏิบัติเมื่อถูกแก้วบาด

- พยายามเขี่ยเศษแก้วที่มองเห็นชัดเจนออกจากบริเวณแผล
- ห้ามเลือดโดยใช้น้ำแข็งประคบ กดที่เส้นเลือด หรือรัดที่บริเวณเส้นเลือดที่นำไปสู่บาดแผล ระวังอย่ารัดนานเกินไป
- ทำความสะอาดแผล และใส่ยา ปิดปากแผลให้มิดชิด
- หากแผลใหญ่หรือเลือดไหลไม่หยุดให้นำส่งหน่วยอนามัยโดยเร็ว

3.2.4.2 ข้อปฏิบัติเมื่อถูกของร้อน

- ล้างด้วยน้ำก๊อกอุณหภูมิปกติเพื่อลดความร้อน หลีกเลี่ยงน้ำเย็นจัดและน้ำแข็ง
- ทายาขี้ผึ้งสำหรับไฟไหม้ และน้ำร้อนลวก
- หากแผลใหญ่หรือเลือดไม่หยุดไหลให้นำส่งหน่วยอนามัย

3.2.4.3 ข้อปฏิบัติเมื่อสารเคมีหกรดผิวหนัง

- ถอดเสื้อผ้าบริเวณที่เปื้อนสารเคมีออกโดยเร็ว
- เช็ดหรือซับสารเคมีที่หกรดออกให้มากที่สุดโดยเร็ว
- ล้างบริเวณที่สารหกรดด้วยน้ำไหลปริมาณมาก ๆ เป็นเวลาอย่างน้อย 10 นาทีหรือจนแน่ใจว่าชำระล้างสารออกหมดแล้ว
- หากทราบว่าสารที่หกรดคืออะไรให้ดำเนินการต่อไปตามข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละสารตาม MSDS ในกรณีที่รุนแรงควรพบแพทย์ทันที
- กรด หลังจากล้างน้ำแล้วให้ชะล้างด้วยสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตเจือจาง
- ด่าง หลังจากล้างน้ำแล้วให้ชะล้างด้วยสารละลายกรดอะซิติกเจือจาง

- ฟีนอล หลังจากล้างน้ำแล้วให้ใช้กลีเซอรีนอิ่มตัวด้วยโบรมีนทา ถ้าปริมาณมากให้รีบส่งโรงพยาบาลทันที

3.2.4.4 ข้อปฏิบัติเมื่อสารเคมีกระเด็นเข้าตา

- ล้างตาทันทีโดยใช้อ่างล้างตาฉุกเฉิน (Eye wash) หรือด้วยน้ำไหลปริมาณมากขณะล้างตาต้องพลิกเปลือกตาและกลอกตาไปมาเป็นเวลาอย่างน้อย 10 นาทีหรือจนแน่ใจว่าชำระสารออกหมดแล้ว
- นำส่งโรงพยาบาลโดยเร็ว

3.2.4.5 ข้อปฏิบัติเมื่อสูดแก๊สพิษ

- นำผู้ประสบอุบัติเหตุออกจากบริเวณอันตรายทันที ผู้ช่วยเหลือต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันตนเอง ได้แก่ เครื่องช่วยหายใจ เป็นต้น
- ปลดเสื้อผ้าให้หลวม ให้ออกซิเจนถ้าทำได้
- ถ้าหมดสติให้นอนคว่ำหน้า สังเกตว่าหยุดหายใจหรือไม่
- ถ้าหยุดหายใจ ให้ผายปอด ไม่ควรใช้วิธี mouth-to-mouth
- นำส่งโรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุดโดยด่วน

3.2.5 ข้อปฏิบัติทั่วไปเพื่อหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุต่อตัวบุคคล

- สวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายเสมอ ได้แก่ แว่นตานิรภัย เสื้อคลุมปฏิบัติการ รองเท้าที่ปิดมิดชิด และถุงมือยาง
- การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับแก๊สหรือสารระเหยที่เป็นพิษหรือมีกลิ่นเหม็นต้องทำในตู้ดูดควันและสวมหน้ากากป้องกันแก๊สหรือสารระเหย
- ห้ามรับประทานอาหารหรือเครื่องดื่มในห้องปฏิบัติการ และห้ามใช้อุปกรณ์เครื่องแก้วในห้องปฏิบัติการสำหรับใส่อาหารและเครื่องดื่ม
- อย่าทิ้งสิ่งของเกะกะบริเวณอ่างน้ำเวลาจำเป็นจะต้องใช้จะได้มีที่ว่าง
- ตรวจสอบการทำงานของ Safety shower หรือ Eye wash อย่างสม่ำเสมอ อย่าวางของเกะกะในบริเวณดังกล่าว

3.2.6 สัญลักษณ์แสดงอันตรายของสารเคมี

ระบบสัญลักษณ์แสดงอันตรายที่รู้จักและนิยมใช้มีหลายระบบ เช่น ระบบ UN, ระบบ NFPA, ระบบ EEC และ ระบบ GHS

1. ระบบ EEC (The European Economic Council)

ตามข้อกำหนดของประชาคมยุโรป ที่ 67/548/EEC สัญลักษณ์แสดงอันตรายจะแบ่งออกตามประเภทของอันตราย โดยใช้รูปภาพสีดำเป็นสัญลักษณ์แสดงอันตรายบนพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีส้ม และมีอักษรย่อกำกับที่มุมขวา

ตารางที่ 2 แสดงสัญลักษณ์ และข้อควรระวังของระบบ EEC

สัญลักษณ์	ข้อควรระวัง
วัตถุระเบิดได้ (E: Explosive) สารเคมีที่เกิดปฏิกิริยาแล้วให้ความร้อนและแก๊สอย่างรวดเร็ว หรือ เมื่อได้รับความร้อนในสภาวะจำกัดจะเกิดการระเบิด หรือ เผาไหม้อย่างรุนแรง	หลีกเลี่ยงการกระแทกเสียดสี แหล่งกำเนิดประกายไฟ และความร้อน
วัตถุไวไฟสูงมาก (F^+: Extremely Flammable) ของเหลวที่มีจุดวาบไฟต่ำกว่า 0°C และจุดเดือดไม่เกิน 35°C แก๊ส และแก๊สผสมซึ่งไวไฟในอากาศที่อุณหภูมิและความดันปกติ	ควรเก็บให้ห่างจากแหล่งที่มีเปลวไฟ, ประกายไฟ และความร้อน
วัตถุไวไฟมาก (F: Highly Flammable) ของเหลวที่มีจุดวาบไฟต่ำกว่า 0°C และจุดเดือดไม่เกิน 35°C แก๊ส และแก๊สผสมซึ่งไวไฟในอากาศที่อุณหภูมิและความดันปกติ	ควรเก็บให้ห่างจากแหล่งที่มีเปลวไฟ, ประกายไฟ และความร้อน
สารออกซิไดส์ (O: Oxidizing) สารเคมีซึ่งโดยปกติไม่ลุกไหม้เอง แต่เมื่อสัมผัสกับสารซึ่งลุกไหม้ได้ สามารถให้ออกซิเจน แล้วเร่งการลุกไหม้ได้	หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับสารเคมีที่ไวไฟ ระวังอันตรายจากการจุดติดไฟ เมื่อเกิดไฟไหม้สารนี้จะเร่งไฟไหม้มากขึ้น และทำให้การดับไฟยากขึ้น
สารพิษ (T^+/T: Toxic) การสูดดม กลืนกิน หรือดูดซึมผ่านผิวหนังแม้เพียงปริมาณเล็กน้อยจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพหรืออาจถึงตายได้ ในกรณีที่ได้รับสารเข้าไปในปริมาณมากหรือสะสมต่อเนื่องเป็นเวลานานจะปรากฏอาการรุนแรง และอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอย่างถาวร โดยเฉพาะผลการก่อมะเร็ง การทำอันตรายต่อทารกในครรภ์ และก่อการกลายพันธุ์	ควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับร่างกายทุกรูปแบบ ถ้ารู้สึกไม่สบายให้ปรึกษาแพทย์ทันที ระมัดระวังเป็นพิเศษสำหรับสารก่อมะเร็ง สารที่เป็นอันตรายต่อทารกในครรภ์หรือสารก่อการกลายพันธุ์ เมื่อจำเป็นต้องใช้ให้ปฏิบัติตามข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละสาร

สัญลักษณ์	ข้อควรระวัง
สารอันตราย (Xn : Harmful) การสูดดม การกลืนกิน หรือซึมผ่านผิวหนังอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพแบบเฉียบพลัน หรือเรื้อรัง อาจเกิดผลเสียต่อสุขภาพ ถ้าใช้อย่างไม่เหมาะสม โดยเฉพาะสารซึ่งน่าสงสัยว่าจะเป็นสารก่อมะเร็ง สารก่อการกลายพันธุ์ และสารที่มีพิษต่อระบบสืบพันธุ์ การสูดดมอาจก่อให้เกิดอาการแพ้	ต้องหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับร่างกายทุกรูปแบบ ให้ความระมัดระวังเป็นพิเศษสำหรับสารก่อมะเร็ง สารก่อการกลายพันธุ์ สารที่มีพิษต่อระบบสืบพันธุ์
สารกัดกร่อน (C : Corrosive) สารซึ่งโดยปฏิกิริยาเคมีจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตและกัดกร่อนอุปกรณ์ปฏิบัติการ	ป้องกันไม่ให้สารกัดกร่อนเข้าตา สัมผัสผิวหนังและเสื้อผ้าเป็นพิเศษ รวมทั้งอย่าสูดดมไอของสารกลุ่มนี้ ในกรณีอุบัติเหตุหรือเมื่อรู้สึกไม่สบาย ให้ปรึกษาแพทย์ทันที
สารระคายเคือง (Xi : Corrosive) แม้จะไม่ได้มีคุณสมบัติกัดกร่อน หากผิวหนังหรือเยื่อเมือกสัมผัสสารนี้ ซ้ำๆ กันหรือเป็นเวลานาน อาจก่อให้เกิดอาการบวม หากสัมผัสกับผิวหนังอาจก่อให้เกิดอาการแพ้	หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับดวงตา ผิวหนัง และการสูดดมไอของสาร
สารที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม (N : Dangerous for the environment) การปล่อยสู่สภาพแวดล้อมจะทำให้เกิดความเสียหายต่อองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมทันที	อย่าปล่อยสู่ระบบสุขาภิบาล ดิน หรือสิ่งแวดล้อม ให้ปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ของการกำจัดพิเศษเฉพาะแต่ละสาร

รหัสความเสี่ยง (Risk phase)

รหัสที่ใช้บ่งบอกลักษณะของความเสี่ยงต่ออันตรายที่จะเกิดจากสารเคมี ซึ่งปัจจุบันมีอยู่ 59 แบบ โดยใช้อักษร R นำหน้า ตามด้วยตัวเลข 1 ถึง 59

- รหัสเดี่ยว เช่น R20 เป็นสารที่เกิดอันตรายได้เมื่อสูดดม
- รหัสแบบผสม เช่น R 20/21 เป็นสารอันตรายที่เกิดอันตรายได้เมื่อสูดดมและสัมผัสทางผิวหนัง R20/21/22 สารที่เกิดอันตรายได้เมื่อสูดดมสัมผัสทางผิวหนัง และเมื่อกินเข้าไปเป็นต้น

รหัสความปลอดภัย (Safety phase)

รหัสที่แสดงคำแนะนำด้านความปลอดภัยจากสารเคมีต่าง ๆ ปัจจุบันมีอยู่ 60 แบบ โดยใช้อักษร S นำหน้าตามด้วยตัวเลข 1- 60

- รหัสเดี่ยว เช่น S1 เป็นสารที่ต้องเก็บให้มิดชิด
- แสดงรหัสผสม เช่น S1/2 เป็นสารที่ต้องเก็บให้มิดชิดและห่างจากเด็ก

S3/9/14 เป็นสารที่ต้องเก็บไว้ในที่เย็น มีการระบายอากาศที่ดีและเก็บห่างจาก... (สารที่อยู่ใกล้กันไม่ได้ ซึ่งบริษัทผู้ผลิตจะเป็นผู้ระบุไว้)

2. ระบบ UN (United Nations Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods)

จำแนกสารที่เป็นอันตรายและเป็นเหตุให้ถึงแก่ความตายหรือก่อให้เกิดความพินาศเสียหาย สำหรับการขนส่ง ออกเป็น 9 ประเภท (UN-Class) ตามลักษณะที่ก่อให้เกิดอันตรายหรือความเสี่ยงในการเกิดอันตราย ดังนี้

ประเภท 1 วัตถุระเบิด (Explosives)

วัตถุระเบิด หมายถึง ของแข็งหรือของเหลว หรือสารผสมที่สามารถเกิดปฏิกิริยาทางเคมีด้วยตัวมันเอง ทำให้เกิดแก๊สที่มีความดันและความร้อนอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดการระเบิดสร้างความเสียหายแก่บริเวณโดยรอบได้ ซึ่งรวมถึงสารที่ใช้ทำดอกไม้เพลิง และสิ่งของที่ระเบิดได้ด้วย แบ่งเป็น 6 กลุ่มย่อย คือ

1.1 สารหรือสิ่งของที่ก่อให้เกิดอันตรายจากการระเบิดอย่างรุนแรงทันทีทันใดทั้งหมด (mass explosive) ตัวอย่างเช่น เชื้อปะทุ ลูกระเบิด เป็นต้น

1.2 สารหรือสิ่งของที่มีอันตรายจากการระเบิดแตกกระจาย แต่ไม่ระเบิดทันทีทันใดทั้งหมด ตัวอย่างเช่น กระสุนปืน ทุ่นระเบิด ชนวนปะทุ เป็นต้น

1.3 สารหรือสิ่งของที่เสี่ยงต่อการเกิดเพลิงไหม้ และอาจมีอันตรายบ้างจากการระเบิดหรือการระเบิดแตกกระจาย แต่ไม่ระเบิดทันทีทันใดทั้งหมด ตัวอย่างเช่น กระสุนเพลิง เป็นต้น

1.4 สารหรือสิ่งของที่ไม่แสดงความเป็นอันตรายอย่างเด่นชัด หากเกิดการปะทุหรือปะทุในระหว่างการขนส่งจะเกิดความเสียหายเฉพาะภาชนะบรรจุ ตัวอย่างเช่น พลุอากาศ เป็นต้น

1.5 สารที่ไม่ไวต่อการระเบิด แต่หากมีการระเบิดจะมีอันตรายจากการระเบิดทั้งหมด

1.6 สิ่งของที่ไวต่อการระเบิดน้อยมากและไม่ระเบิดทันทีทั้งหมด มีความเสี่ยงต่อการระเบิดอยู่ในวงจำกัดเฉพาะในตัวสิ่งของนั้น ๆ ไม่มีโอกาสที่จะเกิดการปะทุหรือแผ่กระจาย

รูปที่ 1 สัญลักษณ์วัตถุระเบิด

ประเภทที่ 2 แก๊ส (Gases)

แก๊ส หมายถึง สารที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีความดันไอมากกว่า 300 กิโลปาสคาล หรือมีสภาพเป็นแก๊สอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และมีความดัน 101.3 กิโลปาสคาล ได้แก่ แก๊สอัด แก๊สพิษ แก๊สในสภาพของเหลว แก๊สในสภาพของเหลวอุณหภูมิต่ำ และรวมถึงแก๊สที่ละลายในสารละลายภายใต้ความดัน เมื่อเกิดการรั่วไหลสามารถก่อให้เกิดอันตรายจากการลุกติดไฟ และ/หรือเป็นพิษ และแทนที่ออกซิเจนในอากาศ แบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย ดังนี้

2.1 แก๊สไวไฟ (Flammable gases) หมายถึง แก๊สที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสและมีความดัน 101.3 กิโลปาสคาล (ความดันบรรยากาศปกติที่ระดับน้ำทะเล) สามารถติดไฟได้เมื่อผสมกับอากาศ 13 เปอร์เซ็นต์ หรือต่ำกว่าโดยปริมาตร หรือมีช่วงกว้างที่สามารถติดไฟได้ 12 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปเมื่อผสมกับอากาศ โดยไม่คำนึงถึงความเข้มข้นต่ำสุดของการผสม โดยปกติแก๊สไวไฟหนักกว่าอากาศ (ยกเว้นแก๊สมีเทนและไฮโดรเจน) ตัวอย่างของแก๊สกลุ่มนี้ เช่น แก๊สหุงต้ม หรือ LPG เป็นต้น

2.2 แก๊สไม่ไวไฟและไม่เป็นพิษ (Non-flammable, non-toxic gases) หมายถึง แก๊สที่มีความดันไอไม่น้อยกว่า 280 กิโลปาสคาล ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส หรืออยู่ในสภาพของเหลวอุณหภูมิต่ำ ไม่ติดไฟและไม่เป็นพิษโดยตรง แต่อาจแทนที่ออกซิเจนในอากาศและทำให้เกิดสภาวะขาดแคลนออกซิเจนได้ ตัวอย่างของแก๊สกลุ่มนี้ เช่น ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ อาร์กอน เป็นต้น

2.3 แก๊สพิษ (Toxic gases) หมายถึง แก๊สที่มีคุณสมบัติเป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือถึงแก่ชีวิตได้จากการหายใจ โดยส่วนใหญ่หนักกว่าอากาศ มีกลิ่นระคายเคือง ตัวอย่างของแก๊สในกลุ่มนี้ เช่น คลอรีน เมทิลโบรไมด์ ฟอสจีน เป็นต้น บางชนิดไม่มีกลิ่น เช่น คาร์บอนมอนออกไซด์

รูปที่ 2 สัญลักษณ์แก๊สไวไฟ แก๊สไม่ไวไฟและไม่เป็นพิษ และแก๊สพิษ

ประเภทที่ 3 ของเหลวไวไฟ (Flammable liquids)

ของเหลวไวไฟ หมายถึง ของเหลว หรือ ของเหลวผสมที่มีจุดวาบไฟ (flash point) ไม่เกิน 60.5 องศาเซลเซียสจากการทดสอบด้วยวิธีถ้วยปิด (closed-cup test) หรือไม่เกิน 65.6 องศาเซลเซียสจากการทดสอบด้วยวิธีถ้วยเปิด (opened-cup test) ไอของเหลวไวไฟพร้อมลุกติดไฟเมื่อมีแหล่งประกายไฟ ตัวอย่างเช่น อะซิโตน น้ำมันเชื้อเพลิง ทินเนอร์ เป็นต้น

รูปที่ 3 สัญลักษณ์ของเหลวไวไฟ

ประเภทที่ 4 ของแข็งไวไฟ สารที่ลุกไหม้ได้เอง และสารที่สัมผัสกับน้ำแล้วให้แก๊สไวไฟ

แบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย ดังนี้

4.1 ของแข็งไวไฟ (Flammable solids) หมายถึง ของแข็งที่สามารถติดไฟได้ง่ายจากการได้รับความร้อนจากประกายไฟ/เปลวไฟ หรือเกิดการลุกไหม้ได้จากการเสียดสี ตัวอย่างเช่น กำมะถัน ฟอสฟอรัสแดง ไนโตรเซลลูโลส เป็นต้น หรือเป็นสารที่มีแนวโน้มที่จะเกิดปฏิกิริยาคายความร้อนที่รุนแรง ตัวอย่างเช่น เกลือไดอะโซเนียม เป็นต้น หรือเป็นสารระเบิดที่ถูกลดความไวต่อการเกิดระเบิด ตัวอย่างเช่น แอมโมเนียมพิเครต (เปียก) ไดไนโตรฟีนอล (เปียก) เป็นต้น

4.2 สารที่มีความเสี่ยงต่อการลุกไหม้ได้เอง (Substances liable to spontaneous combustion) หมายถึง สารที่มีแนวโน้มจะเกิดความร้อนขึ้นได้เองในสภาวะการขนส่งตามปกติหรือเกิดความร้อนสูงขึ้นได้เมื่อสัมผัสกับอากาศ และมีแนวโน้มจะลุกไหม้ได้ เช่น ฟอสฟอรัส (ขาว)

4.3 สารที่สัมผัสกับน้ำแล้วทำให้เกิดแก๊สไวไฟ (Substances which in contact with water emit flammable gases) หมายถึง สารที่ทำปฏิกิริยากับน้ำแล้ว มีแนวโน้มที่จะเกิดการติดไฟได้เอง หรือทำให้เกิดแก๊สไวไฟในปริมาณที่เป็นอันตราย เช่น โลหะอัลคาไลน์ สารประกอบโลหะไฮไดรด์

รูปที่ 4 สัญลักษณ์ของแข็งไวไฟ สารที่ลุกไหม้ได้เอง และสารที่สัมผัสกับน้ำแล้วให้แก๊สไวไฟ

ประเภทที่ 5 สารออกซิไดซ์และสารอินทรีย์เปอร์ออกไซด์

แบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย ดังนี้

5.1 สารออกซิไดซ์ (Oxidizing substances) หมายถึง ของแข็ง หรือของเหลวที่ตัวของสารเองไม่ติดไฟ แต่ให้ออกซิเจนซึ่งช่วยให้วัตถุอื่นเกิดการลุกไหม้ และอาจจะก่อให้เกิดไฟเมื่อสัมผัสกับสารที่ลุกไหม้และเกิดการระเบิดอย่างรุนแรง ตัวอย่างเช่น แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ โซเดียมเปอร์ออกไซด์ โซเดียมคลอเรต เป็นต้น

5.2 สารเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ (Organic peroxides) หมายถึง ของแข็ง หรือของเหลวที่มีโครงสร้างออกซิเจนสองอะตอม -O-O- และช่วยในการเผาสารที่ลุกไหม้ หรือทำปฏิกิริยากับสารอื่นแล้วก่อให้เกิดอันตรายได้ หรือเมื่อได้รับความร้อนหรือลุกไหม้แล้วภาชนะบรรจุสารนี้อาจระเบิดได้ ตัวอย่างเช่น อะซีโตนเปอร์ออกไซด์ เป็นต้น

รูปที่ 5 สัญลักษณ์สารออกซิไดซ์และสารอินทรีย์เปอร์ออกไซด์

ประเภทที่ 6 สารพิษและสารติดเชื้อ

แบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย ดังนี้

6.1 สารพิษ (Toxic substances) หมายถึง ของแข็งหรือของเหลวที่สามารถทำให้เสียชีวิตหรือบาดเจ็บรุนแรงต่อสุขภาพของคน หากกลืน สูดดมหรือหายใจรับสารนี้เข้าไป หรือเมื่อสารนี้ได้รับความร้อนหรือลุกไหม้จะปล่อยแก๊สพิษ ตัวอย่างเช่น โซเดียมไซยาไนด์ กลุ่มสารกำจัดแมลงศัตรูพืชและสัตว์ เป็นต้น

6.2 สารติดเชื้อ (Infectious substances) หมายถึง สารที่มีเชื้อโรคปนเปื้อน หรือสารที่มีตัวอย่างการตรวจสอบของพยาธิสภาพปนเปื้อนที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคในสัตว์และคน ตัวอย่างเช่น
แบคทีเรียเพาะเชื้อ เป็นต้น

รูปที่ 6 สารพิษและสารติดเชื้อ

ประเภทที่ 7 วัสดุกัมมันตรังสี

วัสดุกัมมันตรังสี (Radioactive materials) หมายถึง วัสดุที่สามารถแผ่รังสีที่มองไม่เห็นอย่างต่อเนื่องมากกว่า 0.002 ไมโครคูรีต่อกรัม ตัวอย่างเช่น โมนาไซด์ ยูเรเนียม โคบอลต์-60 เป็นต้น

รูปที่ 7 สัญลักษณ์วัสดุกัมมันตรังสี

ประเภทที่ 8 สารกัดกร่อน

สารกัดกร่อน (Corrosive substances) หมายถึง ของแข็ง หรือของเหลวซึ่งโดยปฏิกิริยาเคมีมีฤทธิ์กัดกร่อนทำความเสียหายต่อเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตอย่างรุนแรง หรือทำลายสินค้า/ยานพาหนะที่ทำการขนส่งเมื่อ

เกิดการรั่วไหลของสาร ไอระเหยของสารประเภทนี้บางชนิดก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อจมูกและตา ตัวอย่างเช่นกรดเกลือ กรดกำมะถัน โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น

รูปที่ 8 สัญลักษณ์สารกัดกร่อน

ประเภทที่ 9 วัสดุอันตรายเบ็ดเตล็ด

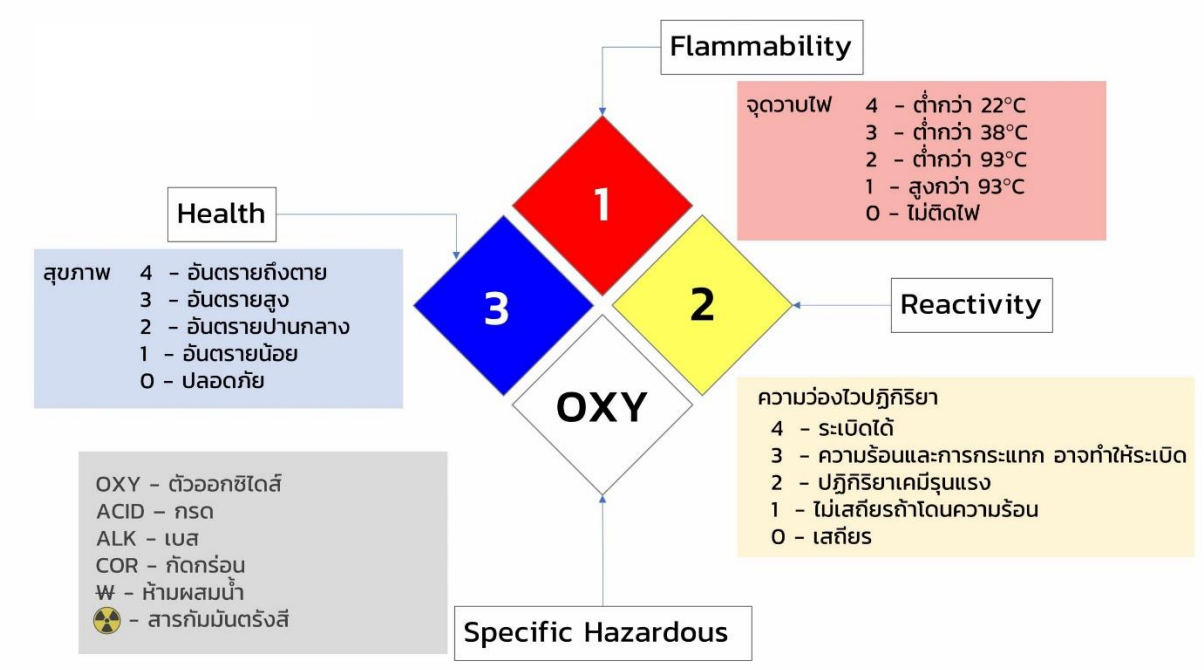
วัสดุอันตรายเบ็ดเตล็ด (Miscellaneous dangerous substances and articles, including environmentally hazardous substance) หมายถึง สารหรือสิ่งของที่ในขณะขนส่งเป็นสารอันตรายซึ่งไม่จัดอยู่ในประเภทที่ 1 ถึงประเภทที่ 8 รวมถึงสารที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม และให้รวมถึงสารที่ระหว่างการขนส่งมีอุณหภูมิตั้งแต่ 100 องศาเซลเซียส ในสภาพของเหลว และมีอุณหภูมิตั้งแต่ 240 องศาเซลเซียส ในสภาพของแข็ง

รูปที่ 9 สัญลักษณ์วัสดุอันตรายเบ็ดเตล็ด

3. ระบบ NFPA

The National Fire Protection Association ของสหรัฐอเมริกา กำหนดสัญลักษณ์แสดงอันตรายเป็นรูปเพชร (Diamond-shape) เพื่อใช้ในการป้องกันและตอบโต้เหตุเพลิงไหม้ สัญลักษณ์ดังกล่าวมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่วางตั้งตามแนวเส้นทแยงมุม ภายในแบ่งออกเป็นสี่เหลี่ยมย่อย ขนาดเท่ากัน 4 รูป ใช้พื้นที่กำกับ 4 สี ได้แก่

1. สีแดง แสดงอันตรายจากไฟ (Flammability)
2. สีน้ำเงิน แสดงอันตรายต่อสุขภาพ (Health)
3. สีเหลือง แสดงความไวต่อปฏิกิริยาของสาร (Reactivity)
4. สีขาวแสดงคุณสมบัติพิเศษของสาร และใช้ตัวเลข 0 ถึง 4 แสดงถึงระดับอันตราย

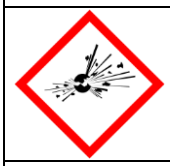


รูปที่ 10 สัญลักษณ์แสดงอันตรายเป็นรูปเพชร (Diamond-shape)

4. **ระบบ GHS (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals)**

คือระบบสากลการจัดกลุ่มความเป็นอันตรายและการติดฉลากสารเคมีที่เป็นระบบเดียวกันทั่วโลก พัฒนาขึ้นโดยองค์การสหประชาชาติเพื่อให้ทั่วโลกมีการจัดกลุ่มความเป็นอันตรายของสารเคมีที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยคำนึงถึงความเป็นอันตรายทางด้านกายภาพ สุขภาพ และสิ่งแวดล้อม พร้อมกำหนดมาตรฐานการสื่อสารความเป็นอันตรายในรูปของฉลากและเอกสารข้อมูลความปลอดภัยในการทำงานกับสารเคมี รูปสัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายมี 9 รูป

ตารางที่ 3 แสดงรูปสัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายของระบบ GHS

สัญลักษณ์	
 GHS01 : Explosive วัตถุระเบิด สารที่ทำปฏิกิริยาได้ด้วยตนเอง	สารเคมีที่เกิดปฏิกิริยาได้เอง (ชนิด A และ B) สารเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ (ชนิด A และ B)
GHS02 : Flammable สารไวไฟ, สารที่ทำปฏิกิริยาได้ด้วยตนเอง, สารที่ลุกติดไฟได้เอง, สารที่เกิดความร้อนได้เอง	สารไวไฟ สารเคมีที่เกิดปฏิกิริยาได้เอง (ชนิด B, C และ D, E และ F) สารที่ลุกติดไฟได้เองในอากาศ สารเคมีที่เกิดความร้อนได้เอง สารเคมีที่สัมผัสน้ำแล้วให้ก๊าซไวไฟ
GHS03 : Oxidizing สารออกซิไดส์, สารเปอร์ออกไซด์	สารออกซิไดส์ สารเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ (ชนิด B, C และ D, E และ F)
GHS04 : Compressed Gas ก๊าซบรรจุภายใต้ความดัน	
GHS05 : Corrosive สารกัดกร่อน, มีพิษต่อดวงตาและผิวหนัง	
GHS06 : Toxic สารที่มีพิษเฉียบพลัน อันตรายถึงชีวิต	ความเป็นพิษเฉียบพลัน (รุนแรง)
GHS07 : Harmful สารที่มีพิษเฉียบพลัน เป็นอันตราย ทำให้เกิดอาการแพ้ที่ผิวหนัง มีผลต่อทางเดินหายใจ	สารระคายเคือง สารทำให้ไวต่ออาการแพ้ของระบบทางเดินหายใจหรือผิวหนัง ความเป็นพิษเฉียบพลัน (อันตราย) ความเป็นอันตรายต่อชั้นบรรยากาศโอโซน
GHS08 : Health Hazard สารที่เป็นพิษต่อสุขภาพ, สารก่อมะเร็ง, เป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์	สารก่อมะเร็ง สารทำให้ไวต่ออาการแพ้ของระบบทางเดินหายใจ สารที่เป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์ สารที่เป็นพิษต่อระบบเป้าหมายอย่างเฉพาะเจาะจง สารก่อกลายพันธุ์
GHS09 : Environmental Hazard สารที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ	ความเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมทางน้ำ

สัญลักษณ์ทั้ง 4 ระบบนี้ จะปรากฏบนฉลากผลิตภัณฑ์และหีบห่อเพื่อประโยชน์ในการจัดเตรียมความพร้อมด้านความปลอดภัยและตอบโต้เหตุฉุกเฉิน รวมทั้งประโยชน์ในการจัดเก็บตามชนิดความเป็นอันตรายของสารเคมี

3.2.7 การจัดการของเสียของห้องปฏิบัติการเคมี

กระบวนการทดสอบต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ ทำให้มีของเสียและขยะเกิดขึ้น การจำแนกประเภทของเสียของห้องปฏิบัติการ แบ่งออกได้ 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. ของเสียประเภทที่ไม่เป็นอันตราย (Non-Hazardous Waste)
2. ของเสียประเภทที่เป็นอันตราย (Hazardous Waste)

ตารางที่ 4 การกำจัดของเสียประเภทที่ไม่เป็นอันตราย (Non-Hazardous Waste)

ประเภท	การกำจัด
ของแข็ง ได้แก่ กระดาษ พลาสติก แก้ว	นำไป Reuse Recycle กำจัดทิ้ง ตามสภาพความเหมาะสม
ของเหลว ได้แก่ ตัวอย่างน้ำที่ไม่มีความเป็นพิษ สารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นของโลหะไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน	เททิ้งลงอ่างและเปิดน้ำตาม อย่างน้อย 2 เท่าของปริมาณของของเสีย

ตารางที่ 5 การกำจัดของเสียประเภทที่เป็นอันตราย (Hazardous Waste)

ประเภท	การกำจัด
ของแข็ง ได้แก่ สารเคมีหมดอายุ	รวบรวมเพื่อส่งกำจัด
ของเสียที่มีความเป็นพิษต่อสุขภาพสูง เป็นสารก่อมะเร็ง หรือมีผลกระทบต่อระบบพันธุกรรม เช่น Cyanide Waste, Chloroform, Formaldehyde, Acrylate, Pyridine เป็นต้น	เก็บใส่ภาชนะบรรจุ และกำจัดทิ้งต่อไป
สารอินทรีย์ที่ไม่มีสารฮาโลเจนเป็นส่วนผสม (Non Halogenated Solvent) ได้แก่ ของเสียที่มี Acetone, Ether, Hexane, Methanol และ Acetonitrile ผสมอยู่	สามารถ Reuse นำกลับมาใช้ใหม่ได้ หากมีสารอื่นเจือปนให้เก็บใส่ขวดแก้วที่มีฝาปิดสนิทหรือถัง PE เพื่อรอส่งกำจัดต่อไป
สารละลายกรด-ด่าง ที่มีโลหะผสมปริมาณสูง (Acidic Aqueous with Metals) ได้แก่ โครเมียม ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง เหล็ก แมงกานีส สังกะสี โคบอลต์ นิกเกิล เงิน ดีบุก พลวง ทังสเตน	ปรับความเป็นกรด-ด่าง สะเทินให้เป็นกลางจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนของโลหะผสม แยกส่วนน้ำใสส่วนบนออกเพื่อกำจัดทิ้งลงอ่างและเปิดน้ำตาม ส่วนตะกอนโลหะผสมนำไปรวบรวมจัดเก็บในภาชนะบรรจุที่เป็นโลหะผสม เพื่อรอส่งกำจัดต่อไป

3.3 จรรยาบรรณวิชาชีพ

ผู้ปฏิบัติงานตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ ได้ยึดหลักจรรยาบรรณนักวิทยาศาสตร์ ตามประกาศของคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร ดังนี้

1. เป็นผู้มีศีลธรรมและคุณธรรมในการดำรงชีวิตและในการประกอบอาชีพ
2. ประกอบอาชีพโดยความซื่อสัตย์สุจริต ไม่รับทรัพย์สินหรือผลประโยชน์อย่างใดสำหรับตนเองหรือผู้อื่นโดยมิชอบ
3. ต้องมีวินัยในตนเอง พัฒนาตนเองด้านวิชาชีพ บุคลิกภาพและวิสัยทัศน์ให้ทันต่อการพัฒนาทางวิชาการ เศรษฐกิจและสังคม
4. ต้องไม่ทำงานทางวิทยาศาสตร์ที่ขัดต่อความสงบเรียบร้อย ศีลธรรมอันดี ของประชาชนและความมั่นคงของชาติ
5. ประพฤติตนเป็นผู้ตรงต่อเวลาและปฏิบัติหน้าที่อย่างเต็มกำลังความสามารถ ดำรงตนเป็นที่เชื่อถือของบุคคลอื่น รอบคอบ ขยันหมั่นเพียร ถูกต้องสมเหตุสมผล โดยคำนึงถึงประโยชน์องค์กรเป็นสิ่งสำคัญ
6. ช่วยเหลือเกื้อกูลซึ่งกันและกันอย่างสร้างสรรค์ โดยยึดมั่นในระบบคุณธรรม สร้างความสามัคคีในหมู่คณะ
7. ประพฤติปฏิบัติตนเป็นผู้นำในการอนุรักษ์วัฒนธรรม ภูมิปัญญา สิ่งแวดล้อม รักษาผลประโยชน์ของส่วนรวมและยึดมั่นในการปกครองระบอบประชาธิปไตย
8. มีจรรยาบรรณของนักวิจัยตามที่สภาวิจัยกำหนดไว้

สรุปจรรยาบรรณในวิชาชีพผู้ปฏิบัติงานตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ในครั้งนี้ผู้เขียนคู่มือได้นำหลักการพื้นฐานของจรรยาบรรณวิชาชีพมาใช้ในการปฏิบัติงานภายใต้กฎระเบียบ ข้อบังคับของมหาวิทยาลัย เช่น ประกอบอาชีพ โดยความซื่อสัตย์สุจริต ไม่รับทรัพย์สินหรือผลประโยชน์อย่างใดสำหรับตนเองหรือผู้อื่นโดยมิชอบ ไม่ทำงานทางวิทยาศาสตร์ที่ขัดต่อความสงบเรียบร้อย ศีลธรรม และความมั่นคงของชาติและเป็นผู้ตรงต่อเวลาและปฏิบัติหน้าที่ อย่างเต็มกำลังความสามารถ ดำรงตนเป็นที่เชื่อถือของบุคคลอื่น รอบคอบ ขยันหมั่นเพียร ถูกต้อง สมเหตุสมผล โดยคำนึงถึงผลประโยชน์องค์กรเป็นสำคัญ

3.4 หลักการปฏิบัติงาน PDCA

การพัฒนากระบวนการเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี ในห้องปฏิบัติการต้องดำเนินการตามกระบวนการหลักการปฏิบัติงาน PDCA เป็นหลักในการปฏิบัติงาน ดังนี้

ตารางที่ 6 หลักการปฏิบัติงาน PDCA

หลักการปฏิบัติงาน PDCA	รายละเอียดในการปฏิบัติงานตามหลักการ PDCA
P = Plan (การวางแผน)	1. ศึกษาข้อมูลตามหนังสือคู่มือปฏิบัติการ 2. ประสานงานกับอาจารย์ผู้สอน 3. คิด คำนวณถึงจำนวน และปริมาณของสารเคมีและอุปกรณ์ ต่อจำนวนนักศึกษา
D = Do (การปฏิบัติตามแผน)	1. จัดทำขั้นตอนการปฏิบัติงานภาระงานที่จะเขียนในคู่มือ 2. จัดทำคู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับ การเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรเพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปในทิศทางเดียวกัน 3. รวบรวมและตรวจสอบสารเคมีและอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ถูกต้อง 4. พบปัญหา อุปสรรค รีบแก้ไขโดยพลัน
C = Check (ตรวจสอบการปฏิบัติตามแผน)	1. ตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ และสารเคมีที่เกี่ยวข้อง 2. การดำเนินการในภาระงานที่รับผิดชอบดำเนินการตามขั้นตอนการปฏิบัติที่ปรากฏในบทที่ 4 3. รายงานผลการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง
A = Act (ปรับปรุงแก้ไข)	1. ประเมินความพึงพอใจของผู้รับบริการ (นักศึกษา อาจารย์ผู้สอน) 2. สรุปผลเพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาและปรับปรุงในการเตรียมครั้งต่อไป 3. มีระบบเอกสารที่เกี่ยวข้องให้มีการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัยที่สามารถส่งต่อกันได้เมื่อเปลี่ยนผู้รับผิดชอบและใช้ต่อยอดความรู้ในทางปฏิบัติ ให้การพัฒนาความปลอดภัยเป็นไปได้อย่างต่อเนื่อง

บทที่ 4
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ภาระงานที่รับผิดชอบของนักวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย เช่น การเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาต่าง ๆ ในงานวิจัยทั้งอาจารย์และนักศึกษา การดูแลเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการเรียนการสอน รวมทั้งการให้บริการต่าง ๆ แก่นักศึกษาตามความจำเป็น ดังนั้น ผู้เขียนคู่มือการปฏิบัติงานในฐานะของนักวิทยาศาสตร์ระดับปฏิบัติการ จากการปฏิบัติงานที่ผ่านมาว่าพบปัญหา อุปสรรคอย่างไรบ้าง การวางแผนการปฏิบัติงาน โดยได้รับมอบหมายงานให้ปฏิบัติงานในสังกัดปฏิบัติงานทุกรอบการประเมินพร้อมเกณฑ์การประเมินให้ชัดเจน และสอดคล้องตามมาตรฐานการปฏิบัติงานของบุคลากรสังกัดการเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ (513 255) ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ การเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ภาควิชาเคมี (513 255) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ผู้จัดทำมีหน้าที่ความรับผิดชอบตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 เป็นต้นมา ทำให้มีเทคนิคและแนวทางการคิดวิเคราะห์ที่เป็นแบบแผนโดยมีขั้นตอนการปฏิบัติงาน ดังนี้

4.1 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

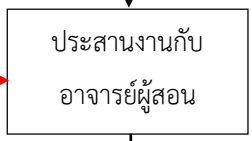
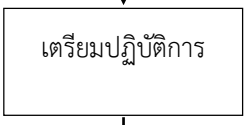
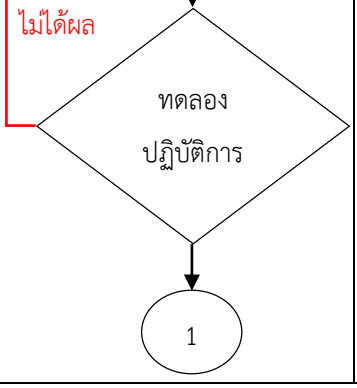
4.2 วิธีการและรายละเอียดการปฏิบัติงาน

4.3 การติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงาน

4.1 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน การเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ (513 255) ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่มีความสอดคล้องกับปณิธาน วิสัยทัศน์ พันธกิจและเป้าหมายของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ผู้จัดทำคู่มือจึงนำเสนอขั้นตอนในการปฏิบัติงานในรูปแบบผังงาน (Flow chart) แสดงลำดับการปฏิบัติงาน พร้อมรายละเอียดงานโดยสังเขป ดังนี้

ตารางที่ 7 แผนผังขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Flow Chart)

ลำดับที่	ผังกระบวนการ	รายละเอียดงาน	ผู้รับผิดชอบ	เอกสารที่เกี่ยวข้อง	ระยะเวลา
1		รับตารางปฏิบัติการมาศึกษารายละเอียด โดยในตารางจะระบุวันเวลาทำปฏิบัติการแต่ละบทและอาจารย์ผู้รับผิดชอบ	อาจารย์ประจำวิชา/นักวิทยาศาสตร์	ตารางปฏิบัติการ	0.5 วัน
2		ประสานงานกับอาจารย์ผู้สอนในรูปแบบการจัดห้อง ความต้องการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ และการจัดวางสารเคมีต่าง ๆ	นักวิทยาศาสตร์	ตารางปฏิบัติการ/คู่มือปฏิบัติการ	1 วัน
3		วางแผนในการจัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีให้เพียงพอกับจำนวนนักศึกษา รวมทั้งสภาพแวดล้อมในห้องปฏิบัติการให้เหมาะสมกับการทดลอง	นักวิทยาศาสตร์	คู่มือปฏิบัติการ	1 วัน
4		จัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีตามแผนที่วางไว้ มีการตรวจสอบเครื่องมือให้พร้อมใช้งาน อุปกรณ์เครื่องแก้ว และสารเคมีจัดให้ถูกต้องเพียงพอและครบถ้วน ความพร้อมของสถานที่ โสตทัศนูปกรณ์ และสภาพแวดล้อมภายในห้องให้เหมาะสม	นักวิทยาศาสตร์	คู่มือปฏิบัติการ	2 วัน
5		ทดลองตามวิธีการทดลองในปฏิบัติการนั้นๆ หากไม่ได้ผลตามการทดลองให้ย้อนกลับไปในขั้นตอนที่ 2 ประสานงานกับอาจารย์ หากได้ผลตรงตามการทดลองให้จัดเตรียมสำหรับนักศึกษาทำการทดลอง	นักวิทยาศาสตร์	คู่มือปฏิบัติการ	1 วัน

ลำดับที่	ผังกระบวนการ	รายละเอียดงาน	ผู้รับผิดชอบ	เอกสารที่เกี่ยวข้อง	ระยะเวลา
6	1 นักศึกษาทำปฏิบัติการจริง	นักศึกษาทำปฏิบัติการตามวิธีการทดลอง โดยมีนักวิทยาศาสตร์ทำหน้าที่อำนวยความสะดวกขณะทำปฏิบัติการ	อาจารย์ประจำวิชา/ นักวิทยาศาสตร์	คู่มือปฏิบัติการ	0.5-1 วัน
7	จัดเก็บเครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมี	จัดเก็บอุปกรณ์และสารเคมีหลังจากนักศึกษาทำปฏิบัติการเสร็จ เพื่อวางอุปกรณ์สำหรับปฏิบัติการรายวิชาอื่น ๆ หากพบอะไรชำรุดเสียหายให้แจ้งซ่อม	นักวิทยาศาสตร์		0.5 วัน
	สิ้นสุด				

4.2 วิธีการและรายละเอียดการปฏิบัติงาน

เพื่อให้คู่มือการปฏิบัติงาน เรื่อง การเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ (513 255) สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงาน สร้างความเข้าใจ ให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานแทนกันได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ ผู้จัดทำคู่มือจึงขออธิบายรายละเอียดการปฏิบัติงานเพิ่มเติม เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถเข้าใจวิธีการปฏิบัติงานได้ดียิ่งขึ้น โดยขอขยายความในส่วนของ ขั้นตอนที่ 2 อันนำไปสู่ขั้นตอนที่ 3 ดังนี้

ปฏิบัติการ ในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ (513 255) มีทั้งสิ้นจำนวน 10 บทปฏิบัติการ ใช้ห้องปฏิบัติการห้อง 402 และห้อง 403 ซึ่งจากขั้นตอนการทำงานที่กล่าวมานั้นเมื่อทำตามขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 แล้ว สามารถนำมาสรุปเป็นคู่มือเพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานขั้นตอนที่ 3 แยกเป็นแต่ละบทปฏิบัติการได้ ดังนี้

การทดลองที่ 1

การเทียบความถูกต้องของเทอร์โมมิเตอร์ และการหาจุดหลอมเหลว

1. สารเคมี

- Benzoic acid
- Phenyl benzoate
- Diphenyl carbinol
- o-Acetylsalicylic acid
- Cinnamic acid
- 2-Chlorobenzoic acid
- Salicylamide
- สารตัวอย่าง
- Parafin oil

2. อุปกรณ์

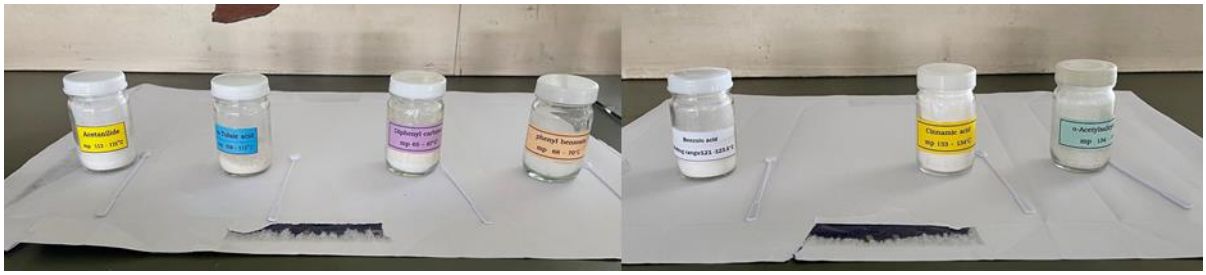
- เศษกระเบื้อง
- ด้าย
- กรรไกร
- หลอดแก้วขนาด 18x150 mm
- จุกยางสีดำ (สำหรับเสียบเทอร์โมมิเตอร์ใส่ในหลอดแก้ว)
- หลอด Capillary
- ตะเกียงบุนเสน
- Wire gauze
- Tripod
- Stand base
- Clamp
- Clamp holder
- ช้อนตักสาร
- ขวดแบ่งสาร
- ซองพลาสติก
- ภาชนะใส่ waste

3. วิธีการเตรียม

3.1 เตรียมสารใส่ขวด วางพร้อมกับช้อนตักสาร (ช้อนคนกาแฟ) ดังนี้

- Phenyl benzoate
- Diphenyl carbinol
- o-Acetylsalicylic acid
- Cinnamic acid
- 2-Chlorobenzoic acid
- Salicylamide
- Benzoic acid

* ซึ่งจะวางสารเป็นคู่ โดยจะมีจุดหลอมเหลวที่มีค่าใกล้เคียงกัน จะวางไว้ให้นักศึกษาทั้งหมดห้องละ 3 ชุด ดังรูป



รูปที่ 11 การวางสารสำหรับการทดลองที่ 1

3.2 เตรียมสารตัวอย่าง (Unknow) ใส่ซองพลาสติกเล็ก ๆ ประมาณ 1 ช้อนชา พร้อมติดหมายเลข

- Phenyl benzoate
- Diphenyl carbinol
- o-Acetylsalicylic acid
- Cinnamic acid
- 2-Chlorobenzoic acid
- Salicylamide

* ใส่กระปุกพลาสติกวางไว้บนโต๊ะปฏิบัติการตามจำนวนของนักศึกษา

การทดลองที่ 2

การตกผลึกซ้ำ (Recrystallization)

1. สารเคมี

- p-t-Butylphenol
- 2, 4, 6-tribromophenol
- Benzoic acid
- m-dinitrobenzene
- Acetanilide
- Dibenzaldehyde
- Phenyl benzoate
- Hexane
- Ethanol
- H_2O
- น้ำแข็ง

2. เครื่องมือ

- Hotplate วางบนโต๊ะกลุ่มละ 1 ตัว
- Aspirator pump วางที่หัวโต๊ะ ๆ ละ 1 เครื่อง
- ตู้อบไฟฟ้า
- เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3. อุปกรณ์

- กระดาษกรองขนาด 70 mm และ 110 mm วางบนโต๊ะปฏิบัติการอย่างละ 1 กล่อง
- เศษกระเบื้อง
- ซองพลาสติก
- ขวดสีชา
- หลอดหยด
- บีกเกอร์ขนาด 250 mL
- กระบอกตวงขนาด 50 mL
- ภาชนะใส่ waste
- กะละมังใส่น้ำแข็ง วางคู่กับกระติกน้ำแข็งบนระเบียงหน้าห้องปฏิบัติการ
- Stand base
- O-ring
- Clamp

- Clamp holder

4. **วิธีเตรียม**

4.1 การเตรียมสารตัวอย่าง ชั่งประมาณ 1.5 g ใส่ซองพลาสติกเล็ก ๆ โดยทำหมายเลขติดไว้ที่ซองพลาสติก วางไว้บนโต๊ะปฏิบัติการทุกโต๊ะ

สารตัวอย่าง

- p-t-Butylphenol
- 2, 4, 6-tribromophenol
- Benzoic acid
- m-dinitrobenzene
- Acetanilide
- Dibenzaldehyde
- Phenyl benzoate

4.2 ตัวทำละลายใส่ขวดสีชาขนาด 60 mL วางไว้บนโต๊ะปฏิบัติการทุกโต๊ะ+หลอดหยด

- Hexane
- Ethanol
- H_2O

4.3 ตัวทำละลาย Ethanol และ Hexane ใส่ขวดสีชาขนาด 2.5 L วางห้องละ 3 ชุด พร้อมบีกเกอร์ 250 mL+กระบอกตวง 50 mL+หลอดหยด

การทดลองที่ 3

การกลั่น และการหาจุดเดือด

1. สารเคมี

- n-Butanol
- t-Butanol
- Toluene

2. อุปกรณ์

- สายยางสั้น และสายยางยาว
- เศษกระเบื้อง
- ขวดวาสลิน
- ขวดสำหรับใส่ของเหลวที่กลั่นได้
- ตะเกียงบุนเสน
- Stand base
- Clamp
- Clamp holder
- Wire gauze
- Tripod
- ขวดใส่สาร ขนาด 1 mL
- กระบอกตวงขนาด 100 mL
- ภาชนะใส่ waste

3. วิธีเตรียม

- เตรียม n-Butanol, t-Butanol และ Toluene ผสมสีผสมอาหาร (เพื่อให้นักศึกษาเห็นการเปลี่ยนแปลงจากการกลั่นทำให้สารบริสุทธิ์จากสารมีสีเป็นใสไม่มีสี) ใส่ขวดขนาด 1 L วางตั้งบนโต๊ะปฏิบัติการโดยวางโต๊ะละ 1 สาร พร้อมกระบอกตวงขนาด 100 mL วางคู่กัน และขวดขนาด 1 L ใช้สำหรับใส่ของเหลวที่กลั่นได้

การทดลองที่ 4

โครมาโตกราฟฟี (Chromatography)

1. สารเคมี

- o-Nitroaniline
- p-Nitroaniline
- Isatin
- Dichloromethane
- Hexane
- Ethyl acetate

2. อุปกรณ์

- Vial ขนาด 10 mL
- Capillary tube ที่ยืดปลาย
- แผ่น TLC ขนาด 2x5 cm
- ขวดปากกว้าง
- บีกเกอร์ขนาด 100 mL
- กระบอกตวงขนาด 10 mL
- ขวดรูปชมพู่ขนาด 100 mL
- ภาชนะใส่ waste

3. วิธีเตรียม

3.1 1% o-Nitroaniline (ปริมาตร 100 mL)

- ชั่ง o-Nitroaniline 1 g ละลายด้วย Dichloromethane ปริมาตร 100 mL แบ่งใส่ Vial ขนาด 10 mL ปริมาตร 2 mL 6 vial พร้อมใส่ Capillary tube ที่ยืดปลายสำหรับ spot บนแผ่น TLC

3.2 1% p-Nitroaniline (ปริมาตร 100 mL)

- ชั่ง p-Nitroaniline 1 g ละลายด้วย Dichloromethane ปริมาตร 100 mL แบ่งใส่ Vial ขนาด 10 mL ปริมาตร 2 mL 6 vial พร้อมใส่ Capillary tube ที่ยืดปลายสำหรับ spot บนแผ่น TLC

3.3 1% Isatin (ปริมาตร 100 mL)

- ชั่ง Isatin 1 g ละลายด้วย Ethanol ปริมาตร 10 mL แล้วตามด้วย Dichloromethane ปริมาตร 90 mL (Ethanol ช่วยเพิ่มการละลาย) แบ่งใส่ Vial ขนาด 10 mL ปริมาตร 2 mL 6 vial พร้อมใส่ Capillary tube ที่ยืดปลายสำหรับ spot บนแผ่น TLC

3.4 สารละลายผสมระหว่าง o-Nitroaniline, p-Nitroaniline และ Isatin

- ตวงสารละลาย o-Nitroaniline, p-Nitroaniline และ Isatin อย่างละ 20 mL ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 100 mL ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน แบ่งใส่ Vial ขนาด 10 mL ปริมาตร 2 mL 6 vial พร้อมใส่ Capillary tube ที่ยืดปลายสำหรับ spot บนแผ่น TLC

3.5 การเตรียมตัวอย่าง (Unknow) โดยระบุเป็นหมายเลข

- สารละลายผสมระหว่าง o-Nitroaniline กับ p-Nitroaniline

ตวง o-Nitroaniline กับ p-Nitroaniline อย่างละ 20 mL ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 100 mL ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน แบ่งใส่ Vial ขนาด 10 mL ปริมาตร 2 mL 6 vial พร้อมใส่ Capillary tube ที่ยืดปลายสำหรับ spot บนแผ่น TLC ระบุเป็นหมายเลข 6, 8, 12

- สารละลายผสมระหว่าง o-Nitroaniline กับ Isatin

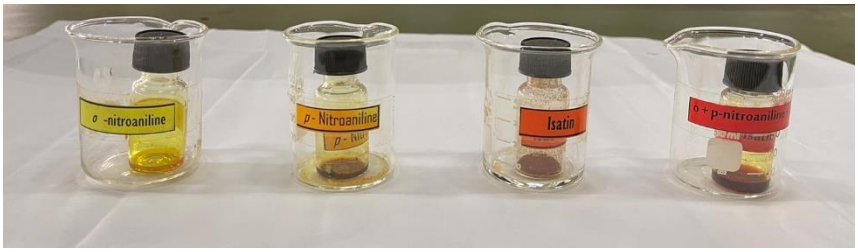
ตวง o-Nitroaniline กับ Isatin อย่างละ 20 mL ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 100 mL ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน แบ่งใส่ Vial ขนาด 10 mL ปริมาตร 2 mL 6 vial พร้อมใส่ Capillary tube ที่ยืดปลายสำหรับ spot บนแผ่น TLC ระบุเป็นหมายเลข 9, 10, 11

- สารละลายผสมระหว่าง p-Nitroaniline กับ Isatin

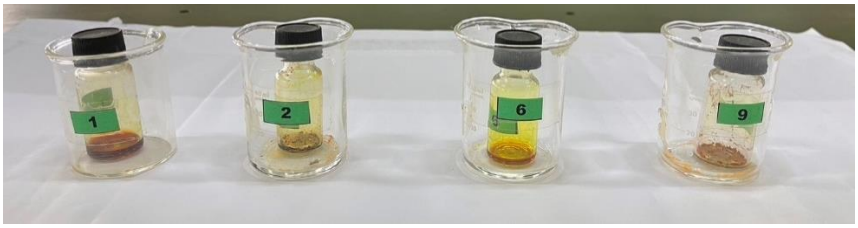
ตวง p-Nitroaniline กับ Isatin อย่างละ 20 mL ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 100 mL ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน แบ่งใส่ Vial ขนาด 10 mL ปริมาตร 2 mL 6 vial พร้อมใส่ Capillary tube ที่ยืดปลายสำหรับ spot บนแผ่น TLC ระบุเป็นหมายเลข 1, 3, 4

- สารละลายผสมระหว่าง o-Nitroaniline, p-Nitroaniline และ Isatin

โดยใช้ที่เตรียมได้จากหัวข้อที่ 3.4 แบ่งใส่ Vial ขนาด 10 mL ปริมาตร 2 mL 6 vial พร้อมใส่ Capillary tube ที่ยืดปลายสำหรับ spot บนแผ่น TLC ระบุเป็นหมายเลข 2, 5, 7



รูปที่ 12 การวางสารสำหรับการทดลองที่ 4



รูปที่ 13 การวางสารตัวอย่างสำหรับการทดลองที่ 4

การทดลองที่ 5

การสกัด (Extraction)

1. สารเคมี

- Benzoic acid
- p-Chloroaniline
- m-Dinitrobenzene
- Dichloromethane
- 1 M Hydrochloric acid
- 10% Sodium carbonate
- Sodium sulfate anhydrous
- 50% Sodium hydroxide
- 5 M Hydrochloric acid
- น้ำแข็ง

2. เครื่องมือ

- เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง วางห้องละ 3 เครื่อง
- Water bath วางในตู้ดูดควันห้องละ 2 เครื่อง
- Aspirator pump วางไว้บนโต๊ะปฏิบัติการทุกโต๊ะ ห้องละ 6 เครื่อง

3. อุปกรณ์

- Litmus paper (สีแดงและสีน้ำเงิน) วางไว้บนโต๊ะปฏิบัติการทุกโต๊ะ ห้องละ 6 ชุด
- กะละมังใส่น้ำแข็ง
- ช้อนตักสาร
- บีกเกอร์ ขนาด 250 mL
- กระบอกตวง ขนาด 50 mL
- กระบอกตวง ขนาด 100 mL
- ขวดสีชา ขนาด 1 L
- ขวดพลาสติก ขนาด 1 L
- ภาชนะใส่ waste
- กระดาษชั่งสาร วางข้างเครื่องชั่ง ห้องละ 3 ชุด
- กระดาษกรองขนาด 70 mm และ 100 mm
- เศษกระเบื้อง ใส่ขวดแก้ว วางไว้บนโต๊ะปฏิบัติการทุกโต๊ะ ห้องละ 6 ขวด
- Stand base
- O-ring

4. วิธีเตรียม

- เตรียมสารผสมตัวอย่างใส่หลอด หลอดละ 1.5 g โดยนำสาร Benzoic acid, p-Chloroaniline, m-Dinitrobenzene มาบดให้ละเอียด ผสมให้เข้ากัน อัตราส่วน 1:1:1
- 1 M Hydrochloric acid (ใช้ 50 mL/คน)

ตวง Hydrochloric acid 37% (HCl) 2,500 mL ปรับปริมาตรเป็น 30,000 mL **(เตรียมในตู้ดูดควัน และห้าม!!! เทน้ำลงในกรด)** แบ่งใส่ขวดแก้วสีชาขนาด 1 L วางที่ชุดวางสารเคมี พร้อมบีกเกอร์ขนาด 250 mL และกระบอกตวงขนาด 50 mL

- 10% Sodium carbonate (ใช้ 50 mL/คน)

ชั่ง Sodium carbonate 1,000 g ละลายด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 10,000 mL แบ่งใส่ขวดพลาสติกขนาด 1 L วางที่ชุดวางสารเคมี พร้อมบีกเกอร์ขนาด 250 mL และกระบอกตวงขนาด 50 mL

- 50% Sodium hydroxide (ใช้ 20 mL/คน)

ชั่ง Sodium hydroxide 2,000 g ใส่ในภาชะที่มีน้ำกลั่น 4,000 mL ที่หล่อเย็นด้วยน้ำแข็ง (การละลายจะมีความร้อนเกิดขึ้น เนื่องจากสารละลายมีความเข้มข้นมาก) แบ่งใส่ขวดพลาสติกขนาด 1 L วางในตู้ดูดควัน พร้อมบีกเกอร์ขนาด 250 mL และหลอดหยด

- 5 M Hydrochloric acid (ใช้ 50 mL/คน)

ตวง Hydrochloric acid 37% (HCl) 2,080 mL ปรับปริมาตรเป็น 5,000 mL (เตรียมในตู้ดูดควันและ**ห้าม!!! เทน้ำลงในกรด** และหล่อเย็นด้วยน้ำแข็ง) แบ่งใส่ขวดแก้วสีชาขนาด 1 L วางในตู้ดูดควัน พร้อมบีกเกอร์ขนาด 250 mL และกระบอกตวงขนาด 50 mL

- Dichloromethane (ใช้ 70 mL/คน)

แบ่ง Dichloromethane ใส่ขวดแก้วสีชาขนาด 2,500 mL วางที่ชุดวางสารเคมี พร้อมบีกเกอร์ขนาด 250 mL และกระบอกตวงขนาด 100 mL

- Sodium sulfate anhydrous

เตรียม Sodium sulfate anhydrous ใส่กระปุกพลาสติกขนาด 500 mL ติดฉลาก Na_2SO_4 anh. วางที่ชุดวางสารเคมี พร้อมช้อนตักสาร

การทดลองที่ 6

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของอัลคีน (Oxidation of Alkene)

1. สารเคมี

- Cyclohexene
- Potassium permanganate
- 20% Sodium hydroxide
- Conc. Hydrochloric acid
- Methanol

2. เครื่องมือ

- เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- Water bath วางในตู้ดูดควันห้องละ 2 เครื่อง
- Aspirator pump
- Hotplate

3. อุปกรณ์

- กระดาษชั่งสาร
- ขวดแก้วสีชา
- บีกเกอร์ ขนาด 100 mL
- บีกเกอร์ ขนาด 250 mL
- กระบอกตวง ขนาด 10 mL
- ช้อนตักสาร
- หลอดหยด
- กระดาษกรองขนาด 70 mm และ 100 mm
- เศษกระเบื้อง
- น้ำแข็ง และกะละมัง
- จุกยางปิดขวดชมพู่ ขนาด 250 mL
- Litmus paper
- ภาชนะใส่ waste
- Stand base
- Clamp
- Clamp holder

4. วิธีเตรียม

- Cyclohexene (ใช้ 3 mL /คน)

แบ่งใส่ขวดแก้วสีชา วางพร้อมบีกเกอร์ขนาด 100 mL กระบอกตวงขนาด 10 mL และหลอดหยด

- Potassium permanganate (ใช้ 6 g/คน)

แบ่งใส่กระปุกพลาสติขนาด 500 mL วางข้างเครื่องชั่ง พร้อมช้อนตักสาร ห้องละ 3 ชุด

- 20% Sodium hydroxide (ใช้ 1 ml/คน)

ชั่ง Sodium hydroxide 200 g ใส่ละลายด้วยน้ำกลั่น 1,000 mL ที่ แบ่งใส่ขวดพลาสติกขนาด 500 mL วางที่ชุดวางสารเคมี พร้อมบีกเกอร์ขนาด 250 mL และหลอดหยด ห้องละ 3 ชุด

- Conc. Hydrochloric acid (ใช้ 5 ml/คน)

แบ่งใส่ขวดแก้วสีชาขนาด 1 L วางในตู้ดูดควัน พร้อมบีกเกอร์ขนาด 250 mL และหลอดหยด

- Methanol (5 ml/คน)

แบ่งใส่ขวดแก้วสีชาขนาด 2,500 mL วางที่ชุดวางสารเคมี พร้อมบีกเกอร์ขนาด 250 mL กระบอกตวงขนาด 10 mL และหลอดหยด ห้องละ 3 ชุด

การทดลองที่ 7

ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (Esterification Reaction)

1. สารเคมี

- Phenol
- 1 M Sodium hydroxide
- Benzoyl chloride
- Ethanol
- น้ำแข็ง

2. เครื่องมือ

- เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- Water bath วางในตู้ดูดควันห้องละ 2 เครื่อง
- Aspirator pump
- ตะเกียงบุนเสน

3. อุปกรณ์

- กระดาษกรองขนาด 70 mm และ 100 mm
- กระดาษชั่งสาร
- กะละมัง
- จุกยางปิดขวดรูปชมพู่ขนาด 100 ml
- อุปกรณ์หาจุดหลอมเหลว
- เศษกระเบื้อง
- ช้อนตักสาร
- หลอดหยด
- ขวดแก้วสีชา
- ขวดพลาสติก ขนาด 500 mL
- บีกเกอร์ ขนาด 100 mL
- บีกเกอร์ ขนาด 250 mL
- กระบอกตวง ขนาด 10 mL
- กระบอกตวง ขนาด 25 mL
- ถุงมือ
- เศษกระเบื้อง
- ขวดวาสลิน
- Stand base
- Clamp

- Clamp holder
- Wire gauze
- Tripod
- ภาชนะใส่ waste

4. วิธีเตรียม

- Phenol (1.5 g/คน)

  แบ่งใส่กระปุกพลาสติก วางข้างเครื่องชั่ง พร้อมช้อนตักสาร ห้องละ 3 ชุด

- 1 M Sodium hydroxide (30 ml/คน)

  ชั่ง Sodium hydroxide 480 g ใส่ละลายด้วยน้ำกลั่น 12,000 mL ที่ แบ่งใส่ขวดพลาสติกขนาด 500 mL วางที่ชุดวางสารเคมี พร้อมบีกเกอร์ขนาด 250 mL กระบอกตวงขนาด 25 mLและหลอดหยด ห้องละ 3 ชุด

- Benzoyl chloride (3 ml/คน)

  แบ่งใส่ขวดแก้วสีชา วางในตู้ดูดควัน พร้อมบีกเกอร์ขนาด 100 mL กระบอกตวงขนาด 10 mLและหลอดหยด ห้องละ 3 ชุด

- Ethanol

  แบ่งใส่ขวดแก้วสีชาขนาด 2,500 mL วางที่ชุดวางสารเคมี พร้อมบีกเกอร์ขนาด 250 mL กระบอกตวงขนาด 25 mL และหลอดหยด ห้องละ 3 ชุด

การทดลองที่ 8

ปฏิกิริยาของสารประกอบคาร์บอนิล : ปฏิกิริยาอัลดอลคอนเดนเซชัน

(Reaction of Carbonyl Compound : Aldol Condensation)

1. สารเคมี

- Acetone
- Ethanol
- Benzaldehyde
- Ethyl acetate
- Sodium hydroxide
- น้ำแข็ง

2. เครื่องมือ

- Aspirator pump
- Hotplate
- ตู้อบไฟฟ้า
- เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3. อุปกรณ์

- กระดาษกรองขนาด 70 mm และ 110 mm
- เศษกระเบื้อง
- จุกยางปิดขวดรูปชมพู่ขนาด 100 mL
- กะละมังใส่น้ำแข็ง
- ขวดแก้วสีชา
- บีกเกอร์ ขนาด 100 mL
- บีกเกอร์ ขนาด 250 mL
- กระบอกตวง ขนาด 10 mL
- กระบอกตวง ขนาด 25 mL
- หลอดหยด
- ช้อนตักสาร
- ภาชนะใส่ waste
- Stand_base
- Clamp
- Clamp holder

4. วิธีเตรียม

- Acetone (ใช้ 2 mL/คน)

  แบ่งใส่ขวดแก้วสีชา วางในตู้ดูดควัน พร้อมบีกเกอร์ขนาด 100 mL กระบอกตวงขนาด 10 mLและหลอดหยด ห้องละ 3 ชุด

- Ethanol (ใช้ 10 mL/คน)

  แบ่งใส่ขวดแก้วสีชาขนาด 2,500 mL วางที่ชุดวางสารเคมี พร้อมบีกเกอร์ขนาด 250 mL กระบอกตวงขนาด 25 mL และหลอดหยด ห้องละ 3 ชุด

- Benzaldehyde (ใช้ 5 mL/คน)

  แบ่งใส่ขวดแก้วสีชา วางในตู้ดูดควัน พร้อมบีกเกอร์ขนาด 100 mL กระบอกตวงขนาด 10 mL และหลอดหยด ห้องละ 3 ชุด

- Sodium hydroxide (ใช้ 2.5 g/คน)

  แบ่งใส่กระปุกพลาสติกขนาด 250 mL วางข้างเครื่องชั่ง พร้อมช้อนตักสาร

- Ethyl acetate

  แบ่งใส่ขวดแก้วสีชาขนาด 2,500 mL วางที่ชุดวางสารเคมี พร้อมบีกเกอร์ขนาด 250 mL ห้องละ 3 ชุด

การทดลองที่ 9

ปฏิกิริยา Diazotisation

1. สารเคมี

- p-nitroaniline
- 1% Phenol
- Sodium nitrite
- 1-Naphthol
- 2-Naphthol
- 2 M Sodium hydroxide
- 10% Sodium hydroxide
- Conc. Hydrochloric acid
- น้ำกลั่น
- น้ำแข็ง
- เกลือ

2. เครื่องมือ

- กระดาษกรองขนาด 70 mm
- Aspirator pump
- เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3. อุปกรณ์

- บิวเรต
- กะละมังใส่น้ำแข็ง
- Litmus paper
- ช้อนตักสาร
- กระปุกพลาสติก
- Burette clamp
- Stand_Base
- บีกเกอร์ ขนาด 100 mL
- กระบอกตวง ขนาด 10 mL
- หลอดหยด
- ภาชนะใส่ waste

4. วิธีเตรียม

- p-nitroaniline (ใช้ 0.20 g/คน)

  แบ่งใส่กระปุกพลาสติกเล็ก วางข้างเครื่องชั่ง พร้อมช้อนตักสาร

- Sodium nitrite (ใช้ 0.10 g/คน)

  แบ่งใส่กระปุกพลาสติกเล็ก วางข้างเครื่องชั่ง พร้อมช้อนตักสาร

- 2-Naphthol (ใช้ 0.20 g/คน)

  แบ่งใส่กระปุกพลาสติกเล็ก วางข้างเครื่องชั่ง พร้อมช้อนตักสาร

- 1% Phenol (ใช้ 1 mL/คน)

  ชั่ง Phenol 4 g ละลายด้วย Ethanol 400 mL ใส่บิวเรตและรองด้วยบีกเกอร์ขนาด 100 mL วางที่ชุดวางสารเคมี ห้องละ 3 ชุด

- 1% 1-Naphthol (ใช้ 1 mL/คน)

  ชั่ง 1-Naphthol 4 g ละลายด้วย Ethanol 400 mL ใส่บิวเรตและรองด้วยบีกเกอร์ขนาด 100 mL วางที่ชุดวางสารเคมี ห้องละ 3 ชุด

- 1% 2-Naphthol (ใช้ 1 mL/คน)

  ชั่ง 2-Naphthol 4 g ละลายด้วย Ethanol 400 mL ใส่บิวเรตและรองด้วยบีกเกอร์ขนาด 100 mL วางที่ชุดวางสารเคมี ห้องละ 3 ชุด

- 2 M Sodium hydroxide (ใช้ 1 mL/คน)

  ชั่ง Sodium hydroxide 96 g ละลายด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1,200 mL ใส่บิวเรต และรองด้วยบีกเกอร์ขนาด 100 mL วางที่ชุดวางสารเคมี ห้องละ 3 ชุด

- 10% Sodium hydroxide (ใช้ 4 mL/คน)

  ชั่ง Sodium hydroxide 200 g ละลายด้วยน้ำกลั่น 2,000 mL ใส่กระปุกพลาสติกขนาด 500 mL วางที่ชุดวางสารเคมี ห้องละ 3 ชุด พร้อมบีกเกอร์ขนาด 100 mL กระบอกตวงขนาด 10 mL และหลอดหยด

- น้ำกลั่น

  ใส่บิวเรต และรองด้วยบีกเกอร์ขนาด 100 mL วางที่ชุดวางสารเคมี ห้องละ 3 ชุด

- Conc. Hydrochloric acid

  แบ่งใส่ขวดสีชาเล็กขนาด 60 mL วางในตู้ดูดควัน พร้อมบีกเกอร์ขนาด 100 mL กระบอกตวงขนาด 10 mL และหลอดหยด ห้องละ 3 ชุด

การทดลองที่ 10

การวิเคราะห์สมบัติบางอย่างของไขมัน

- **การหา Saponification number**

1. สารเคมี

- Potassium hydroxide
- Ethanol
- 1.xxxx M Hydrochloric acid (ที่เทียบมาตรฐานแล้ว)
- 0.5% Phenolphthalein (ใช้เป็น Indicator)
- Sodium hydroxide
- Potassium hydrogen phthalate (KHP)
- ไขมัน หรือน้ำมันตัวอย่าง

2. เครื่องมือ

- เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- Hotplate

3. อุปกรณ์

- บิวเรต
- Burette clamp
- Stand_Base
- ช้อนตักสาร
- หลอดหยด
- บีกเกอร์ ขนาด 250 mL
- กระบอกตวง ขนาด 50 mL

4. วิธีเตรียม

- Potassium hydroxide (ใช้ 0.70-1.00 g/คน)

  แบ่งใส่กระปุกพลาสติกเล็ก วางข้างเครื่องชั่ง พร้อมช้อนตักสาร

- Ethanol (ใช้ 30 mL/คน)

  แบ่งใส่ขวดแก้วสีชาขนาด 2,500 mL วางที่ชุดวางสารเคมี พร้อมบีกเกอร์ขนาด 250 mL และกระบอกตวงขนาด 50 mL ห้องละ 3 ชุด

- 1.xxxxM Hydrochloric acid (ที่เทียบมาตรฐานแล้ว) * (ใช้ 20 mL/คน)

  ตวง Hydrochloric acid 37% (HCl) 2,080 mL ปรับปริมาตรเป็น 5,000 mL (เตรียมในตู้ดูดควัน และ<u>ห้าม!!! เทน้ำลงในกรด</u>) เทียบมาตรฐานด้วยสารละลายมาตราฐาน Sodium hydroxide แล้วคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของ Hydrochloric acid จากนั้น

แบ่งใส่ขวดแก้วสีชาขนาด 1 L วางบนโต๊ะปฏิบัติการพร้อมบิวเรต 2 อัน ต่อโต๊ะ และบีกเกอร์ขนาด 100 mL

- 0.5% Phenolphthaleine

  ชั่ง Phenolphthalein 3 g ละลายด้วย Ethanol 600 mL แบ่งใส่ขวดสีชาเล็กขนาด 60 mL 12 ขวด วางคู่กับ 1.xxxx M Hydrochloric acid

- ไขมัน หรือน้ำมันตัวอย่าง (ใช้ 2.00-2.50 g/คน)

  แบ่งใส่บีกเกอร์ขนาด 250 mL วางข้างเครื่องชั่งพร้อมช้อนตักสาร และหลอดหยด

*ดูภาคผนวก

- **การหา Iodine number**

1. **สารเคมี**
   - ไขมัน หรือน้ำมันตัวอย่าง
   - 0.15 M Iodine solution in glacial acetic acid
   - 5% Potassium iodide
   - Dichloromethane
   - 1% Starch solution
   - 0.25xx M Sodium thiosulfate (ที่เทียบมาตรฐานแล้ว)
   - Potassium iodate
2. **เครื่องมือ**
   - เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
   - Hotplate stirrer
3. **อุปกรณ์**
   - ขวดปริมาตรขนาด 50.00 mL
   - บีกเกอร์ขนาด 50 mL
   - ปิเปตขนาด 10.00 mL
   - กระดาษฟรอยด์ขนาด 8x8 cm
   - Pipette filler
   - Magnetic bar
   - บีกเกอร์ ขนาด 250 mL
   - กระบอกตวง ขนาด 25 mL
   - ขวดรูปชมพู่ ขนาด 3,000 mL
   - ช้อนตักสาร
   - หลอดหยด
4. **วิธีเตรียม**
   - ไขมัน หรือน้ำมันตัวอย่าง (ใช้ 1.00-1.50 g/คน)

     แบ่งใส่บีกเกอร์ขนาด 250 mL วางข้างเครื่องชั่งพร้อมช้อนตักสาร และหลอดหยด
   - 0.15 M Iodine solution in glacial acetic acid (ใช้ 75 mL/คน)

     ชั่ง Iodine 114.21 g ละลายด้วย glacial acetic acid 3,000 mL ในขวดรูปชมพู่ขนาด 3,000 mL เตรียมจำนวน 3 ใบ ตั้งบน Hotplate stirrer กวนด้วย Magnetic bar จนกระทั่ง Iodine ละลายหมด จากนั้นถ่ายใส่ขวดแก้วสีชาขนาด 2,500 mL 6 ใบ วางในตู้ดูดควันห้องละ 3 ชุด

- 5% Potassium iodide (ใช้ 30 mL/คน)

ชั่ง Potassium iodide 300 g ละลายด้วยน้ำกลั่น 6,000 mL ใส่กระปุกพลาสติก ขนาด 500 mL 6 กระปุก วางที่ชุดวางสารเคมี ห้องละ 3 ชุด

- Dichloromethane

แบ่งใส่ขวดแก้วสีชาขนาด 2,500 mL วางที่ชุดวางสารเคมี พร้อมบีกเกอร์ขนาด 250 mL และกระบอกตวงขนาด 25 mL ห้องละ 3 ชุด

- 0.25xx M Sodium thiosulfate (ที่เทียบมาตรฐานแล้ว) *

ชั่ง Sodium thiosulfate 1,120 g ละลายด้วยน้ำกลั่น 18,000 mL เทียบมาตรฐานด้วยสารละลายมาตราฐาน Potassium iodate แล้วคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของ Sodium thiosulfate จากนั้นแบ่งใส่กระปุกพลาสติกขนาด 500 mL วางบนโต๊ะปฏิบัติการ พร้อมบิวเรต 2 อัน ต่อโต๊ะ และบีกเกอร์ขนาด 100 mL

- 1% Starch solution (3 mL/คน)

ชั่ง Starch 10 g ลงในน้ำต้มเดือดปริมาตร 1,000 mL ต้มจนสารละลายใส แบ่งใส่บีกเกอร์ขนาด 100 mL 12 ใบ วางคู่กับ 0.25xx M Sodium thiosulfate

*ดูภาคผนวก

4.3 การติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงาน

การติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงาน เป็นขั้นตอนในการตรวจสอบผลจากการปฏิบัติงานจริงเพื่อนำผลการประเมินไปพิจารณาวางแผนการปฏิบัติงานให้สอดคล้องหลักการปฏิบัติงาน PDCA ที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยการติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงานการเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ (513 255) ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ผู้เขียนจะทำการประเมินตนเองเมื่อแล้วเสร็จภาคการศึกษา โดยคาดหวังไว้ว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ควรประสบความสำเร็จมากกว่า 80%

ตารางที่ 8 ตัวอย่างตารางประเมินผลการปฏิบัติงาน

เป้าหมาย	**คะแนน**				
	5	4	3	2	1
	สำเร็จตามเป้าหมาย 100%	**สำเร็จตามเป้าหมาย 80%**	**สำเร็จตามเป้าหมาย 60%**	**สำเร็จตามเป้าหมาย 40%**	**สำเร็จตามเป้าหมาย 20%**
1. จัดเตรียมปฏิบัติการแล้วเสร็จพร้อมทำปฏิบัติการล่วงหน้าก่อนถึงเวลาทำจริง					
2. เตรียมปฏิบัติการได้ถูกต้องตามคู่มือปฏิบัติการ					
3. ปฏิบัติการได้ผลการทดลองถูกต้องตามทฤษฎี					
4. สารเคมีและอุปกรณ์มีเพียงพอต่อจำนวนนักศึกษา					
5. ปฏิบัติการสามารถดำเนินไปได้อย่างราบรื่นไม่มีอุปสรรคใด ๆ					

นอกจากนี้ทางภาควิชาเคมียังได้มีการทำแบบประเมินให้นักศึกษาที่เข้ามาเรียนในรายวิชาต่าง ๆ ของภาควิชาได้ทำการประเมินความพึงพอใจรวมถึงเสนอแนะข้อแก้ไขปรับปรุงในแต่ละรายวิชาเมื่อจบในแต่ละภาคการศึกษาด้วย ซึ่งผลจากการประเมินจะนำมาพัฒนาปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนในภาคการศึกษาต่อ ๆ ไป

บทที่ 5
ปัญหาอุปสรรค ข้อเสนอแนะ และการพัฒนางาน

นักวิทยาศาสตร์ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีในห้องปฏิบัติการ มีหน้าที่ที่ต้องเตรียมสารเคมี ตรวจสอบอุปกรณ์ ให้คำปรึกษาแนะนำแก่ผู้รับบริการ การเบิกจ่าย และการใช้งาน เพื่อให้การทำปฏิบัติการถูกต้องและแม่นยำ

ปัญหาที่พบบ่อย ๆ จากการทำงานในการเตรียมสารเคมี และอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการสามารถสรุปได้ ดังนี้

5.1 ปัญหา/อุปสรรคแนวทางแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน และการพัฒนางาน ดังนี้

ตารางที่ 9 ปัญหา/อุปสรรคแนวทางแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน และการพัฒนางาน

ปัญหา/อุปสรรค	แนวทางแก้ไขและการพัฒนางาน
1. สารเคมีที่เตรียมไว้ไม่เพียงพอเนื่องจากนักศึกษาใช้สารเคมีเกินความจำเป็น เช่น ทำการทดลองผิด หรือใช้สารมากกว่าปริมาณที่ระบุในคู่มือ	1.1 ตรวจสอบจำนวนนักศึกษาจากระบบลงทะเบียนเพื่อคำนวณปริมาณสารที่ต้องเตรียม โดยเตรียมเพิ่มไปอีก 30% ของปริมาณสารที่ต้องใช้ที่ระบุไว้ในคู่มือ 1.2 ให้นักศึกษา อ่านทำความเข้าใจคู่มือปฏิบัติการก่อนมาทำปฏิบัติการ แล้วทำสรุปเป็น flow chart
2.อุปกรณ์หรือเครื่องมือไม่เพียงพอต่อความต้องการของนักศึกษา	2.1 แบ่งนักศึกษาต่อกลุ่มจำนวนมากขึ้น เช่น จาก 2 คนต่อกลุ่มเป็น 3 คนต่อกลุ่ม 2.2 ยุบรวมกลุ่มในการทำปฏิบัติการ 2.3 ตั้งงบประมาณในการซื้อครุภัณฑ์
3. นักศึกษาทำอุปกรณ์เสียหาย	3.1 จัดซื้ออุปกรณ์มาสำรองเพิ่มเติม 3.2 อาจารย์ผู้คุมปฏิบัติการกำชับเรื่องความระมัดระวังในการใช้ และหากมีการเสียหายให้นักศึกษารับผิดชอบ
4.นักศึกษาขาดความรู้ ความเข้าใจในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือ ทำให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์และเครื่องมือ	4.1 ให้นักศึกษา ศึกษาวิธีการใช้เครื่องมือเบื้องต้น อย่างเข้าใจก่อนการใช้งาน หากยังไม่เข้าใจให้ ถามอาจารย์หรือเจ้าหน้าที่
5. นักศึกษาขาดระมัดระวังในการใช้สารเคมี	5.1 ให้นักศึกษา ศึกษาทำความเข้าใจเรื่องอันตราย และความปลอดภัยจากการใช้สารเคมีให้มากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. อาจารย์ผู้สอนควรชี้แจงเรื่องความปลอดภัยในการใช้ห้องปฏิบัติการแก่นักศึกษาทุกครั้งในการเรียนการสอนคาบแรกเพื่อให้ทราบข้อตกลงในการใช้ห้องปฏิบัติการร่วมกัน
2. ควรมีการกระตุ้นให้นักศึกษาตระหนักถึงความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการมากขึ้น
3. ห้องปฏิบัติการแต่ละห้องควรมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและปลอดภัยต่อการทำปฏิบัติการ
4. จัดระเบียบการขอใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาที่ทำงานวิจัย
5. ควรมีการจัดตั้งงบประมาณในการจัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เพียงพอ

บรรณานุกรม

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 513 255 ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ (Organic Chemistry Laboratoty). (2557). ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร (2560). 45 ปี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. นครปฐม: เพชรเกษมพริ้นติ้ง.

หิรัญรัตน์ สุวรรณนที และคณะ. (2558). ปฏิบัติการเคมีทั่วไป 2. พิมพ์ครั้งที่ 1. นครปฐม : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.

พิมพ์ปวีน์ เริงเกษตรกรกิจ. ความปลอดภัยในการทำงานกับสารเคมี. คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี.

มหาวิทยาลัยศิลปากร. คณะกรรมการจรรยาบรรณของมหาวิทยาลัยศิลปากร. (2553). คู่มือจรรยาบรรณของบุคลากรในมหาวิทยาลัยศิลปากร. ม.ป.ท.

มหาวิทยาลัยศิลปากร. (2552). “ข้อบังคับมหาวิทยาลัยศิลปากร ว่าด้วยจรรยาบรรณของบุคลากรในมหาวิทยาลัยศิลปากร พ.ศ. 2552.” 20 เมษายน.

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. แนะนำภาควิชาเคมี (ออนไลน์). เข้าถึงได้ จาก: http://www.chem.sc.su.ac.th (9 มกราคม 2566)

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. ข้อมูลคณะ(ออนไลน์). เข้าถึงได้ที่จาก: http://www.sc.su.ac.th/sciencehistory.php (9 มกราคม 2566)

ภาคผนวก

สารละลายมาตรฐาน (standard solution)

การวิเคราะห์หาปริมาณของสารตัวอย่างโดยการไตเตรตจะต้องนำสารตัวอย่างนั้นมาไตเตรตกับสารละลายมาตรฐาน ซึ่งเป็นสารละลายที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน

สารละลายมาตรฐานแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

1. สารละลายมาตรฐานอันดับหนึ่ง (primary standard solution) คือสารละลายที่เตรียมจากสารมาตรฐานอันดับหนึ่ง (primary standard chemicals) ที่มีความเข้มข้นถูกต้องแน่นอน

สารมาตรฐานอันดับหนึ่งหมายถึง สารที่มีความบริสุทธิ์สูง มีน้ำหนักโมเลกุลสูง จึงชั่งได้สะดวก ไม่สลายตัวง่าย ไม่ดูดความชื้น หาง่าย และราคาไม่แพง เช่น โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต

2. สารละลายมาตรฐานอันดับสอง (Secondary standard solution) คือสารละลายที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน แต่เตรียมจากสารที่ไม่ใช่สารมาตรฐานอันดับหนึ่ง ความเข้มข้นที่แน่นอนทราบได้จากการไตเตรตกับสารมาตรฐานอันดับหนึ่ง ตัวอย่างเช่น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จัดเป็นสารละลายมาตรฐานอันดับสอง เนื่องจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ดูดความชื้นและคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศได้ดี ทำให้ไม่สามารถชั่งน้ำหนักที่ถูกต้องได้ ดังนั้นการเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ จึงต้องเตรียมสารละลายที่ทราบความเข้มข้นคร่าว ๆ ก่อนแล้วนำมาไตเตรตเพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอนกับสารมาตรฐานอันดับหนึ่ง (เช่น โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต) เรียกว่าเป็นการเทียบมาตรฐานของสารละลาย

การเตรียมสารละลายมาตรฐานอันดับหนึ่งสำหรับเทียบมาตรฐาน เตรียมได้ 2 วิธีคือ

1. เตรียมโดยวิธีชั่งสารมาจำนวนหนึ่งให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนใส่ขวดรูปชมพู่ ละลายด้วยตัวทำละลายในปริมาณที่พอเหมาะ (ประมาณ 40-50 mL) จนกระทั่งสารนั้นละลายหมด ต่อจากนั้นจึงนำมาไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานอันดับสอง

2. เตรียมเป็นสารละลายที่ทราบความเข้มข้นในขวดวัดปริมาตร (เช่น 0.1000 โมลาร์ หรือ 0.1224 โมลาร์) ต่อจากนั้นปิเปตสารละลายดังกล่าวลงในขวดรูปชมพู่ให้ทราบปริมาตรที่แน่นอนแล้วไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานอันดับสอง

ตอนที่ 1 การเทียบมาตรฐาน (Standardization) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต 25.00 mL ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL หยดฟีนอล์ฟทาลีนลงในสารละลาย 2 หยด

2. ล้างบิวเรตให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น กลั้วด้วย NaOH ปริมาณเล็กน้อยอีก 2 ครั้ง เสร็จแล้วเติม NaOH ลงใน บิวเรต อ่านระดับสารละลายในบิวเรตก่อนไตเตรต บันทึกไว้ในสมุดบันทึก (เช่น อ่านได้ 10.00 mL)

3. ไตเตรตสารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนทาเลตด้วย NaOH โดยไข NaOH จากบิวเรตลงในขวดรูปชมพู่ พร้อมทั้งเขย่าขวดตลอดเวลาเพื่อให้สารละลายทำปฏิกิริยากันอย่างทั่วถึง

ในระยะแรกของการไตเตรตให้ไข NaOH ลงมาอย่างรวดเร็วจนกระทั่งใกล้ถึงจุดยุติ คือ สารละลายเริ่มเป็นสีชมพู และจะจางหายไปเมื่อเขย่าขวด จากจุดนี้ควรเติม NaOH ทีละหยดจนสารละลายเป็นสีชมพูอ่อนอย่างถาวร (อย่างน้อย 30 วินาที) บันทึกระดับของ NaOH ในบิวเรต (เช่น อ่านได้ 22.20 mL บันทึกปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ในการไตเตรต เช่น 22.20-10.00 = 12.20 mL)

4. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1-3 อีกครั้งหนึ่ง

5. คำนวณหาความเข้มข้นของ NaOH ที่ได้จากการไตเตรตในแต่ละครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ NaOH ที่ได้

หมายเหตุ ถ้าค่าความเข้มข้นของ NaOH ทั้ง 2 ครั้งต่างจากค่าเฉลี่ยมากกว่า 2% ให้ทำการทดลองซ้ำอีกครั้งหนึ่ง แล้วนำค่าที่ใกล้เคียงกันมาหาค่าเฉลี่ย

ตอนที่ 2 การหาความเข้มข้นของกรดตัวอย่าง

1. ปิเปตสารละลายกรดตัวอย่าง 25.00 mL ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL หยดฟีนอล์ฟทาลีนลงในสารละลาย 2 หยด

2. ไตเตรตสารละลายกรดตัวอย่างด้วย NaOH ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนแล้วตามวิธีทดลอง

ตอนที่ 1 ข้อ 3-5

3. คำนวณหาความเข้มข้นของกรดตัวอย่าง

สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต

ไอออนไธโอซัลเฟตเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีกว่าไอออน ไอโอไดด์ สามารถรีดิวซ์ไอโอดีนให้เป็นไอออนไอโอไดด์ ได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตเป็นที่นิยมใช้ในการไตเตรตแบบรีดอกซ์กับไอโอดีน

เนื่องจากไอออนไธโอซัลเฟตสลายตัวได้ง่ายในสารละลายที่เป็นกรดและถูกย่อยสลายด้วยแบคทีเรียบางชนิดไปเป็นไอออนซัลเฟต ไอออนซัลไฟต์และกำมะถัน นอกจากนี้ยังไวต่อแสงแดดและออกซิเจนในอากาศด้วย ดังนั้นสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตจึงเป็นสารละลายมาตรฐานอันดับสอง (secondary standard solution)

การเทียบมาตรฐานสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตทำได้โดยนำไปเทียบกับสารละลายมาตรฐานอันดับหนึ่ง (primary standard solution) เช่น โพแทสเซียมไอโอเดต ทำปฏิกิริยากับไอออนไอโอไดด์ได้ไอโอดีน ดังสมการ 1 จากนั้นทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตอีกทีหนึ่ง ดังสมการ 2

$$IO_3^- + 5I^- + 6H^+ \rightleftharpoons 3I_2 + 3H_2O \qquad \text{สมการ 1}$$

$$6S_2O_3^{2-} + 3I_2 \rightleftharpoons 3S_4O_6^{2-} + 6I^- \qquad \text{สมการ 2}$$

การสังเกตจุดยุติของการไตเตรตระหว่างสารละลายไอโอดีนกับสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต

สารละลายไอโอดีนมีสีเหลืองแต่สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตไม่มีสีทำให้การเปลี่ยนสีของสารละลายที่จุดยุติจากสีเหลืองเป็นไม่มีมีสี สังเกตได้ยาก จึงนิยมใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ เพราะไอโอดีนทำปฏิกิริยากับน้ำแป้งได้สารสีน้ำเงินเข้ม ทำให้สังเกตจุดยุติได้ง่ายขึ้น

ข้อควรระวังในการใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์

การเติมน้ำแป้งลงในสารละลายจะต้องเติมเมื่อมีไอโอดีนเหลืออยู่ไม่มากเท่านั้น (คือ เมื่อสารละลายสีเหลืองจาง) ทั้งนี้เพราะถ้าในสารละลายมีไอโอดีนเหลืออยู่มาก ปฏิกิริยาระหว่างไอโอดีนกับน้ำแป้งจะผันกลับไม่ได้ทำให้ไอโอดีนบางส่วนที่ทำปฏิกิริยากับน้ำแป้งไม่สามารถทำปฏิกิริยากับไอออนไธโอซัลเฟต เป็นผลให้จุดยุติต่างจากจุดสมมูลย์มาก

การเทียบมาตรฐานสารละลาย $Na_2S_2O_3$ ด้วย KIO_3

1. ชั่ง KI 2 g ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ เติมน้ำกลั่น 25 mL แล้วเขย่าขวดจน KI ละลายหมด
2. ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอเดต (KIO_3) 10.00 mL ลงในสารละลาย KI
3. เติม 1.0 M HCl ลงไป 10 mL เขย่า แล้วทำการไตเตรตทันทีด้วยสารละลาย $Na_2S_2O_3$ จนสารละลายมีสีเหลืองจางลง เติมน้ำแป้ง 1-2 mL แล้วทำการไตเตรตต่อไปจนสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นไม่มีสี
4. ทำการทดลองซ้ำอีก 1 ครั้ง
5. คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ แล้วหาค่าเฉลี่ย

ประวัติผู้เขียน

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล	นายจาตุรงค์ ผลประเสริฐ
ที่อยู่	144/1 หมู่ที่ 5 ตำบลธรรมศาลา อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000
เบอร์โทร	082-354-2683
อีเมล	phonprasert_j@su.ac.th

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2565	ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศิลปากร
พ.ศ. 2556	ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศิลปากร

ประวัติการทำงาน

พศ. 2557 – ปัจจุบัน ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผลงานการอบรมและสัมมนา

1. อบรมโครงการการจัดการของเสียสารเคมี และการจัดการความรู้ห้องปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์
2. การฝึกอบรม “อพยพหนีไฟและซ้อมดับเพลิง”
3. การอบรมโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การประเมินความเสี่ยงและความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ
4. เข้าร่วมนำเสนอผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ ในโครงการประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 12 เรื่อง “บัณฑิตวิจัย สร้างสรรค์ และนวัตกรรม : การขับเคลื่อนสังคมเข้าสู่ยุคปกติใหม่ด้วยองค์ความรู้” ในหัวข้อ การหาปริมาณเมโทมิลที่ตกค้างในผักด้วยเทคนิค QuEChERS และโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง
5. อบรมหลักสูตรแนวทางการยกระดับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการวิจัยที่เกี่ยวกับสารเคมี ภายใต้โครงการมหาวิทยาลัยแม่ข่าย ด้านมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ