คู่มือปฏิบัติงาน

การเตรียมปฏิบัติการรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II

(ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2)

นางสาวภาวีณา จันทร์แย้ม

เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำนำ

คู่มือการเตรียมปฏิบัติการรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II (ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2) จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังเป็นคู่มือที่ทำให้เจ้าหน้าที่ท่านอื่นสามารถปฏิบัติงานแทนเจ้าหน้าที่ประจำได้ พร้อมกันนี้ผู้เขียนยังได้รวบรวมเนื้อหาเกี่ยวกับความปลอดภัยและข้อควรปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ การเตรียมสารเคมี รวมถึงข้อควรระวังต่าง ๆ ที่สำคัญในปฏิบัติการเคมีดังกล่าว นอกจากนี้ ผู้เขียนยังได้เสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากประสบการณ์ในการทำงาน เพื่อให้งานการเรียนการสอนเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อให้บรรลุไปตามวัตถุประสงค์

นางสาวภาวีณา จันทร์แย้ม

ผู้จัดทำ

กุมภาพันธ์ 2566

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	**ก**
สารบัญ	**ข**
บทที่ 1 บทนำ	**1**
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	1
ขอบเขตของคู่มือ	2
คำจำกัดความเบื้องต้น	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบ	**4**
โครงสร้างการบริหารจัดการ	6
บทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบของตำแหน่ง	9
บทที่ 3 หลักเกณฑ์วิธีการปฏิบัติงานและเงื่อนไข	**12**
หลักเกณฑ์วิธีการปฏิบัติงาน	12
ข้อปฏิบัติเบื้องต้นเมื่อเกิดอุบัติเหตุ	23
บทที่ 4 กระบวนการและขั้นตอนการทำงาน	**24**
การปฏิบัติงานสำหรับเตรียมปฏิบัติการ	24
ขั้นตอนการดำเนินงาน	26
การเตรียมสารเคมี	39
บทที่ 5 ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ	**128**
บรรณานุกรม	**130**
ประวัติผู้เขียน	**131**

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมา

ภาระงานในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำเป็นที่จะต้องมีเจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์ที่เป็นส่วนหนึ่งของบุคลากรสายสนับสนุนการเรียนการสอนไว้คอยช่วยเหลือและสนับสนุนเพื่อให้การเรียนการสอนบรรลุเป้าหมายและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น หน้าที่ของเจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์ คือ การจัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีให้ถูกต้องและเพียงพอต่อความต้องการของนิสิต จัดว่าเป็นการปฏิบัติงานในสายวิชาชีพที่ต้องอาศัยความรู้ทางทฤษฎีและทักษะทางปฏิบัติงานที่ถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีผลต่อประสิทธิภาพในการจัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีในรายวิชาปฏิบัติการ รวมถึงการดูแลความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ บางครั้งเจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์ไม่สามารถจัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีดังกล่าวได้เนื่องจากกิจธุระส่วนตัว จึงจำเป็นต้องฝากภาระงานไว้ที่ผู้มาปฏิบัติหน้าที่แทน แต่อย่างไรก็ตามผู้มาปฏิบัติหน้าที่แทนอาจจะมีหรือไม่มีความคุ้นเคยกับปฏิบัติการดังกล่าว ส่งผลให้เกิดปัญหาในการเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี ดังนั้นคู่มือการเตรียมปฏิบัติการสำหรับเจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีให้ถูกต้อง รวมถึงการดูแลความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ภาควิชาเคมีกำหนดไว้

ในครั้งนี้ ผู้เขียนได้จัดคู่มือการเตรียมปฏิบัติการรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II (ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2) ภายในคู่มือจะมีข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการเตรียมปฏิบัติการ เช่น การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องแก้ว การเตรียมสารเคมีสำหรับแต่ละปฏิบัติการ การจัดการของเสียของแต่ละปฏิบัติการ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เพื่ออำนวยความสะดวกและเป็นแนวทางปฏิบัติแก่บุคลากรผู้ที่เข้ามาปฏิบัติหน้าที่แทน ทำให้ระบบงานเป็นมาตรฐานเดียวกัน

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อจัดทำคู่มือการเตรียมปฏิบัติการรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II (ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2) สำหรับเจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์สายสนับสนุนการเรียนการสอน คู่มือนี้ประกอบด้วยงานเอกสาร การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องแก้ว การเตรียมสารเคมี และการจัดการของเสีย อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นแนวทางแก่ผู้ปฏิบัติงานท่านอื่น ๆ ให้ปฏิบัติงานแทนกันได้อย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ของรายวิชา

1.3 ขอบเขตของคู่มือ

คู่มือนี้ใช้เป็นคู่มือประกอบในการจัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี และการจัดการของเสียในแต่ละปฏิบัติการสำหรับรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II ซึ่งเปิดให้ลงทะเบียนเรียนแก่นิสิตคณะวิทยาศาสตร์ ชั้นปีที่ 2 จากหลายสาขาวิชา คือ จุลชีววิทยา ชีววิทยา พันธุศาสตร์ พฤกษศาสตร์ วิทยาศาสตร์ทางทะเล วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และสัตววิทยา ในภาคปลายของทุกปีการศึกษา เนื้อหาที่สำคัญจากคู่มือนี้ประกอบด้วยสองส่วนที่สำคัญ ดังนี้

ส่วนแรก คือ งานเอกสารจะมีการวางแผนการทำงานที่รับผิดชอบประสานงานกับอาจารย์ผู้ประสานงานรายวิชาปฏิบัติการ ซึ่งเป็นการวางแผนเกี่ยวกับการดำเนินการต่าง ๆ ในรายวิชาปฏิบัติการ เช่น การพิมพ์รายชื่อนิสิตเพื่อจัดกลุ่ม การจัดตู้อุปกรณ์เครื่องแก้ว การจัดเตรียมสารเคมีสำหรับใช้ในแต่ละปฏิบัติการ ตารางเรียนปฏิบัติการ การกำหนดข้อตกลงและแนวปฏิบัติในการเรียนรายวิชาปฏิบัติการ เพื่อให้การเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการเป็นไปตามกำหนดเวลาและมีการดำเนินการที่มีประสิทธิภาพที่สอดคล้องกับเนื้อหาในรายวิชาบรรยายที่ต้องเรียนควบคู่กันไป

ส่วนที่สอง คือ เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์จะวางแผนในการจัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีให้เพียงพอต่อความต้องการของนิสิตแต่ละคนในการเข้าทำปฏิบัติการ เพื่อให้การทดลองของนิสิตบรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง นอกจากนี้ในการทำปฏิบัติการของนิสิตอาจเกิดอุบัติเหตุได้ ดังนั้นแผนการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละปฏิบัติการโดยเฉพาะอุบัติเหตุจากของเสียที่เป็นสารเคมีจึงเป็นเรื่องสำคัญ และในการทำปฏิบัติการจะมีของเสีย (waste) จึงจำเป็นต้องมีแนวทางปฏิบัติให้นิสิตคัดแยกของเสียทิ้งได้อย่างถูกต้องตามระบบ WasteTrack ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้วยเช่นกัน

1.4 คำจำกัดความเบื้องต้น

เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์ หมายถึง บุคลากรที่ได้รับมอบหมายให้ทำหน้าที่รับผิดชอบรายวิชาปฏิบัติการ มีหน้าที่จัดเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือวิทยาศาสตร์ รวมถึงสารเคมีในแต่ละปฏิบัติการให้เพียงพอต่อความต้องการของนิสิตและอยู่ประจำห้องปฏิบัติการเพื่อคอยให้การสนับสนุนบุคลากรสายวิชาการหรืออาจารย์ในระหว่างการเรียนการสอน

ห้องปฏิบัติการ หมายถึง ห้องปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 806-808 ชั้น 8 อาคารมหามกุฏ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปฏิบัติการ หมายถึง ปฏิบัติการเคมี รายวิชา 2302274 Org Chem Lab II ซึ่งจะเปิดให้นิสิตลงทะเบียนเรียนในภาคปลายของทุกปีการศึกษา

นิสิต หมายถึง กลุ่มคนที่กำลังศึกษาอยู่ในหลักสูตรปริญญาตรีของคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาจารย์ หมายถึง กลุ่มคนของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีภาระงานในการดูแลและควบคุมการทำปฏิบัติการของนิสิตในรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์ สามารถวางแผน ออกแบบ และแก้ปัญหาเฉพาะหน้าในส่วนของเอกสารได้เป็นอย่างดี

2. เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์ สามารถจัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี รวมถึงการจัดการของเสีย (waste) ในส่วนของปฏิบัติการได้เป็นอย่างดี

3. เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์ สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมาตรฐานในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากมีวิธีการที่ระบุชัดเจนในคู่มือ อีกทั้งยังสามารถทำให้ผู้มาปฏิบัติหน้าที่แทนปฏิบัติงานได้อย่างมีขั้นตอนและถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของรายวิชา

บทที่ 2
บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบ

การเรียนการสอนเคมีในประเทศไทยเริ่มขึ้นตั้งแต่เมื่อมีโรงเรียนข้าราชการพลเรือน ตั้งแต่ปีปีพ.ศ. 2453 ก่อนการก่อตั้งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในระยะแรกอยู่ภายใต้คณะอักษรศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็น 1 ใน 4 คณะของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ก่อตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2461 โดยเน้นการสอนวิทยาศาสตร์สามัญให้นิสิตแพทย์และวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นหน่วยงานที่มีประวัติศาสตร์และความเป็นมาอันยาวนาน [4]

ศาสตราจารย์ ดร.แถบ นีละนิธิ เป็นผู้ได้รับทุนจากมูลนิธิร็อกกี้เฟลเลอร์ ไปศึกษาระดับปริญญาเอกทางด้านเคมีที่มหาวิทยาลัยคอร์แนล และเป็นคนไทยคนแรกที่ได้รับปริญญาเอกสาขาเคมี เป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาการเรียนการสอนของภาควิชาเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งร่างหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาเคมี ซึ่งได้รับอนุมัติใช้ในปี พ.ศ. 2477

โดยมีนิสิตจบการศึกษาปริญญาบัณฑิตเป็นบัณฑิตรุ่นแรก ในปี พ.ศ. 2478 และมีหลักสูตรมหาบัณฑิตสาขาเคมีครั้งแรกในปี พ.ศ. 2484 ทำให้ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาฯ เป็นภาควิชาเคมีแห่งแรกที่มีหลักสูตรทั้งปริญญาบัณฑิตและบัณฑิตศึกษา

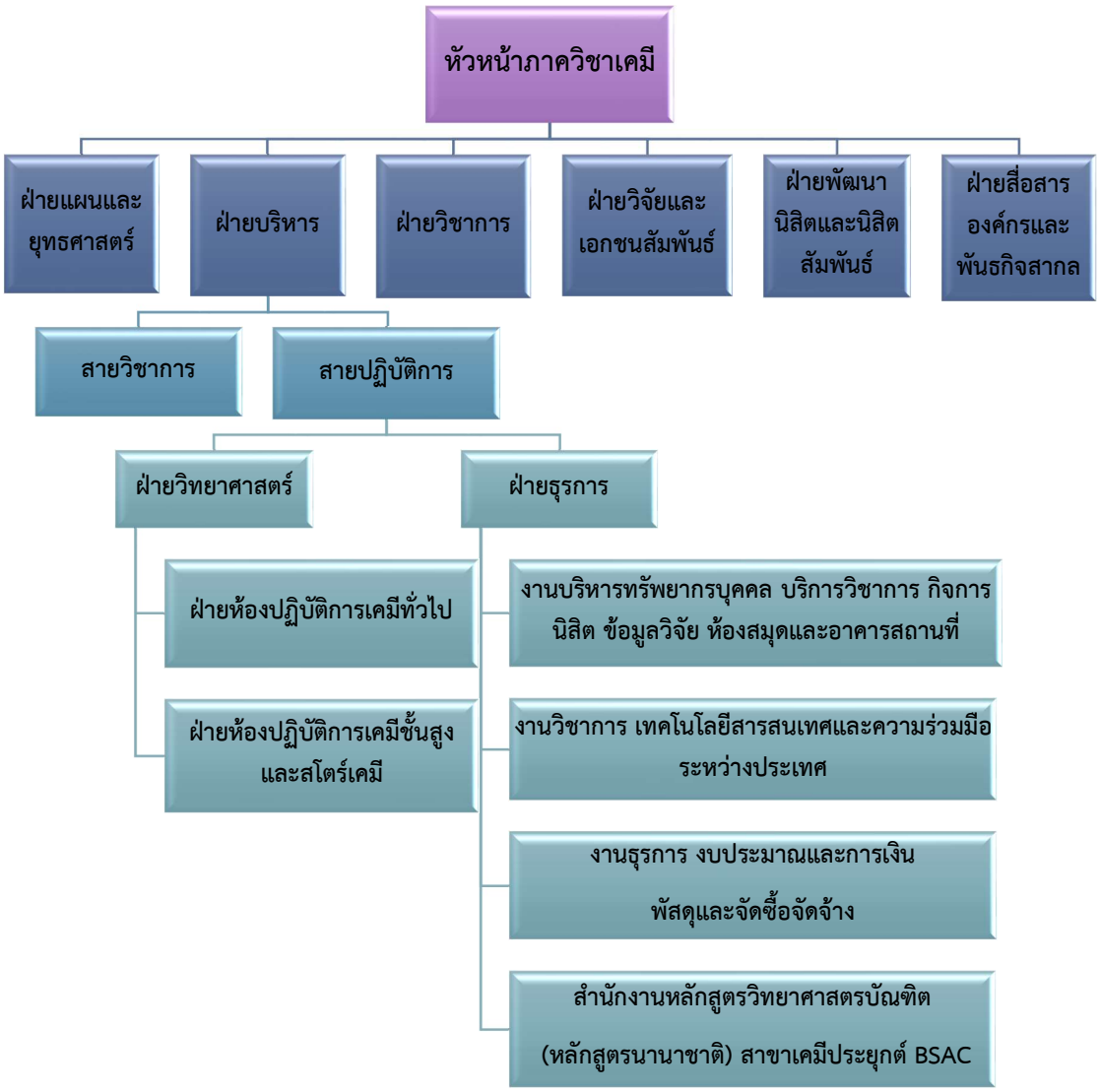
เมื่อคณะอักษรศาสตร์และวิทยาศาสตร์แยกออกเป็น 2 คณะ ในปี พ.ศ. 2486 แผนกเคมีจึงเป็น 1 ใน 4 แผนกของคณะวิทยาศาสตร์ที่ตั้งขึ้นใหม่ และในที่สุดก็ได้มีหลักสูตรดุษฎีบัณฑิตสาขาวิชาเคมีขึ้นในปีพ.ศ. 2536 นอกจากนี้ ภาควิชาเคมียังมีบทบาทสำคัญในการจัดตั้งและพัฒนาหลักสูตรสหสาขาระดับบัณฑิตศึกษาหลายหลักสูตรร่วมกับภาควิชาอื่นภายในคณะวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ ๆ ได้ครบรอบ 100 ปีการเรียนการสอนเคมีในประเทศไทย ซึ่งมีจุดเริ่มต้นที่ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปี พ.ศ. 2553

ในด้านการวิจัยระหว่างปี พ.ศ. 2519-2526 ภาควิชาเคมีได้ทำหน้าที่เป็นสำนักงานใหญ่ของโครงการร่วมมือทางเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติภูมิภาคเอเชียอาคเนย์ขององค์การศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของหน่วยวิจัยผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ ปี พ.ศ. 2528 ศาสตราจารย์ Jean Marie Lehn จากมหาวิทยาลัยหลุยส์ ปาสเตอร์ ประเทศฝรั่งเศส ผู้เพิ่งได้รับรางวัลโนเบลทางเคมีได้ให้เกียรติมาเยี่ยมและบรรยายที่ภาควิชา และได้มีการเจรจาความร่วมมือระหว่างสถาบัน ที่ทำให้มีการแลกเปลี่ยนนิสิตไปศึกษาระดับปริญญาเอกที่มหาวิทยาลัยในประเทศฝรั่งเศสและกลับมาเป็นอาจารย์ของภาควิชาหลายคน ทำให้เกิดหน่วยวิจัยเคมีซุปราโมเลกุลที่เข้มแข็งของภาควิชา ซึ่งเป็นหน่วยวิจัยที่ได้รับรางวัลวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประเภทหน่วยงาน จากมูลนิธิโทเร เพื่อการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ ประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2544

นอกจากนี้ภาควิชาเคมียังมีความร่วมมือกับต่างประเทศอีกมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับมหาวิทยาลัยอินสบรุก ประเทศออสเตรีย ในปี พ.ศ.2531 อันเป็นจุดเริ่มต้นของการก่อตั้งหน่วยปฏิบัติการวิจัยเคมีคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นอีกหน่วยวิจัยหนึ่งที่ผลิตผลงานวิจัยเป็นจำนวนมากให้กับภาควิชาฯ และต่อมาจึงเกิดเป็นหน่วยวิจัยที่เข้มแข็งและได้รับการสนับสนุนจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยอีก 7 หน่วย ได้แก่ หน่วยวิจัยโครมาโทกราฟีและการแยก, หน่วยวิจัยการวิเคราะห์เชิงสิ่งแวดล้อม หน่วยวิจัยเคมีวัสดุและการเร่งปฏิกิริยา หน่วยวิจัยเคมีอินทรีย์สังเคราะห์ ศูนย์วิจัยไบโอออร์แกนิกเคมี หน่วยวิจัยอุปกรณ์รับรู้ และหน่วยปฏิบัติการวิจัยเชิงเคมีไฟฟ้าและแสง

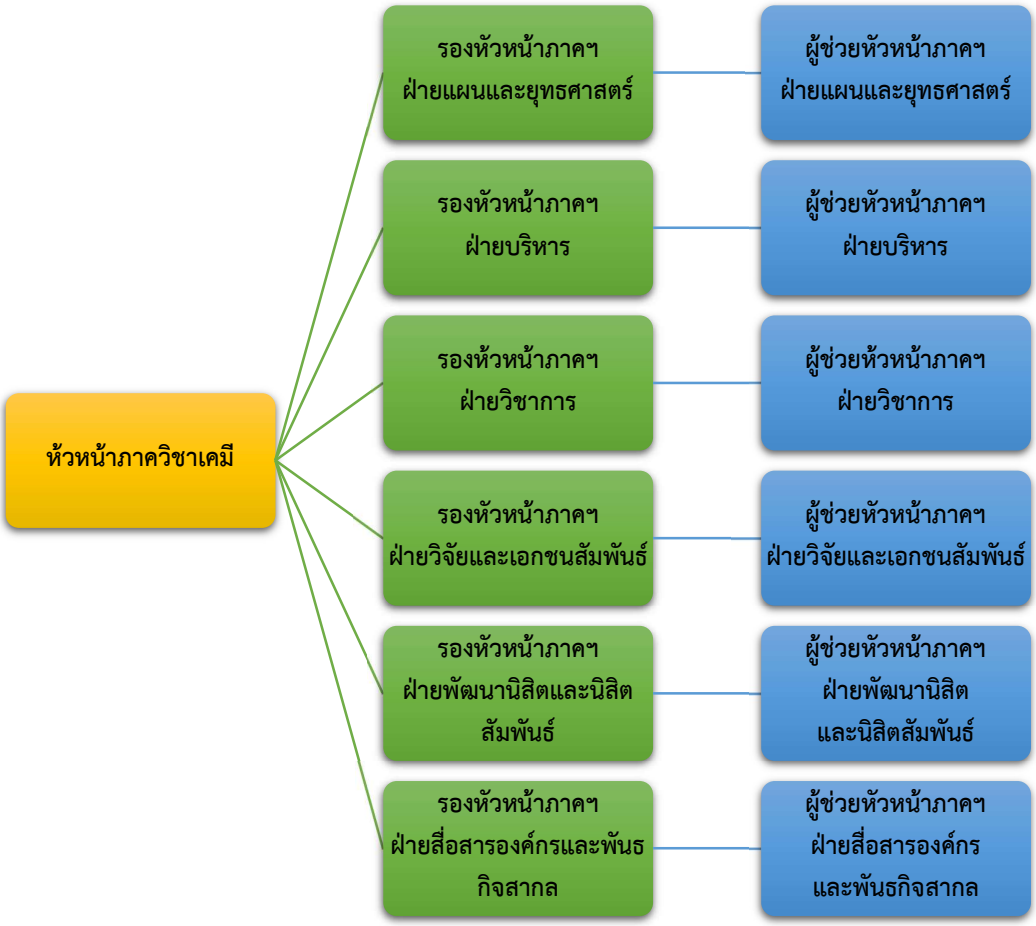
2.1 โครงสร้างการบริหารจัดการ

2.1.1 โครงสร้างองค์กร (Organization chart)



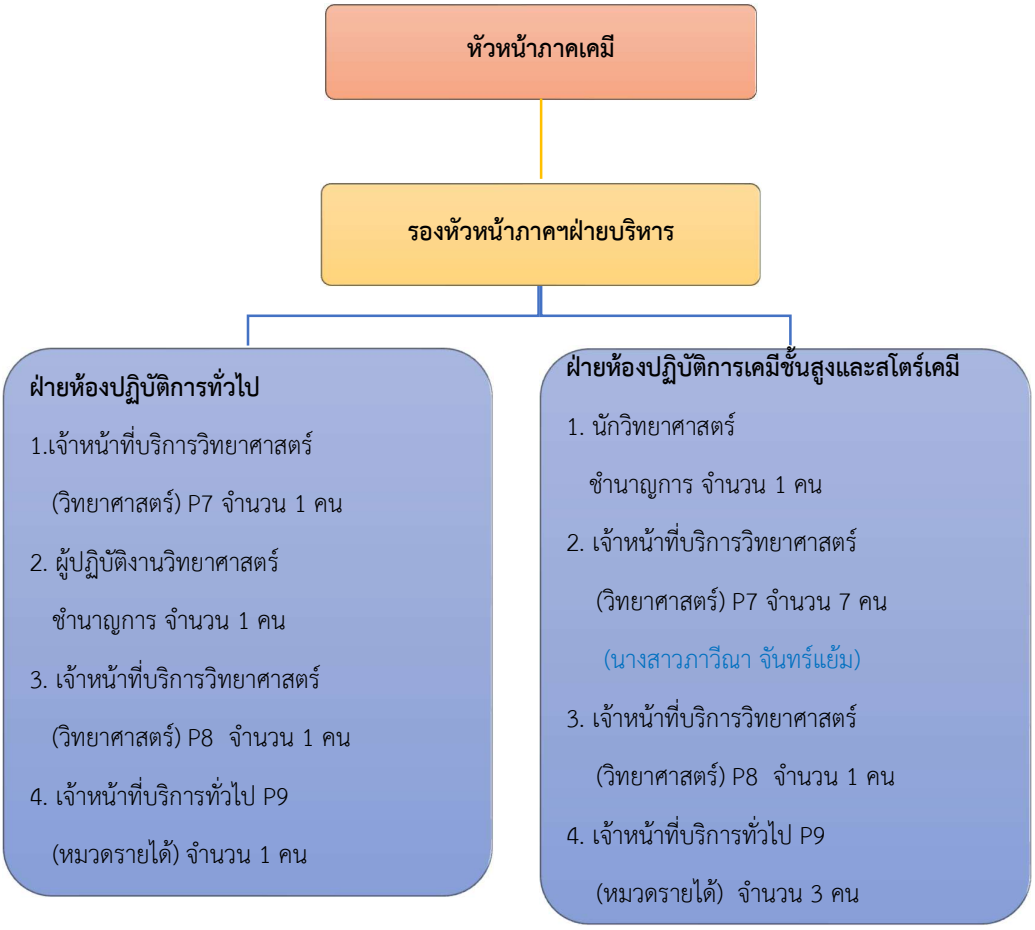
แผนภาพที่ 2.1 โครงสร้างองค์กรของภาควิชาเคมี

2.1.2 โครงสร้างบริหาร (Administration chart)



แผนภาพที่ 2.2 โครงสร้างบริหารของภาควิชาเคมี

2.1.3 โครงสร้างการปฏิบัติงาน (Activity chart)



แผนภาพที่ 2.3 โครงสร้างปฏิบัติงานสำหรับเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ

2.2 บทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบของตำแหน่ง

2.2.1 หน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่งตามมาตรฐานกำหนดตำแหน่ง

ตามมาตรฐานกำหนดตำแหน่งเจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์ (วิทยาศาสตร์) P7 ที่กำหนดโดยประกาศจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เรื่องมาตรฐานประจำตำแหน่ง (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2554 ประกาศเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2554 ระบุบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของเจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์ (วิทยาศาสตร์) P7 ระดับปฏิบัติการ ดังนี้คือ ปฏิบัติงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งมีลักษณะงานเกี่ยวกับการรวบรวม ตรวจสอบ ศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ได้รับมอบหมาย และปฏิบัติงานตามกระบวนการและแผนงานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในความรับผิดชอบ เช่น เก็บรักษาตัวอย่างทางวิทยาศาสตร์ การจัดทำโครงการ การดำเนินการวิจัย การเขียนรายงานวิจัย งานด้านบริการวิชาการ การเขียนโครงการฝึกอบรม เป็นต้น และปฏิบัติงานอื่นที่ได้รับมอบหมาย

2.2.1.1 ลักษณะงานที่ต้องปฏิบัติ

ปฏิบัติงานในฐานะผู้ปฏิบัติงานด้านวิชาชีพระดับต้น โดยใช้ความรู้ ความสามารถทักษะทางวิชาชีพในการทำงาน ภายใต้การกำกับ แนะนำ ตรวจสอบข้อมูลผู้บังคับบัญชา โดยมีลักษณะงานที่ต้องปฏิบัติในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ด้านการปฏิบัติการ

(1) ศึกษา รวบรวม ตรวจสอบ และวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และข้อมูลต่าง ๆ นำเสนอต่อผู้บังคับบัญชาเพื่อประกอบการพิจารณาวางแผนดำเนินงานตามกระบวนการ มาตรฐานหรือหลักเกณฑ์เกี่ยวกับทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(2) ปฏิบัติเกี่ยวกับการสนับสนุน จัดเตรียมเครื่องมือ เครื่องใช้ อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ วิจัย และแนะนำเทคนิคเกี่ยวกับการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนหรือการวิจัย

(3) ปฏิบัติงานตามแผนงาน และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่อยู่ในความรับผิดชอบ ภายใต้หลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดไว้ในระเบียบปฏิบัติ คู่มือและการกำกับดูแลของผู้บังคับบัญชา

2. ด้านการวางแผน

จัดลำดับความสำคัญวางแผนการทำงานของตนเอง และประสานงานวางแผนร่วมกับหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้การดำเนินงานสัมฤทธิ์ผลตามเป้าหมายที่กำหนด

3. ด้านการประสานงาน

(1) ประสานการทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สอดคล้องกับเป้าหมายรวมของหน่วยงานและให้ความสนับสนุนช่วยเหลือสมาชิกในทีมงาน เพื่อให้ได้ผลงานตามเป้าหมายที่กำหนด

(2) อธิบายขั้นตอนการดำเนินงานเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อสร้างความเข้าใจและความร่วมมือกับส่วนงานที่เกี่ยวข้อง

4. ด้านบริการ

(1) ให้คำแนะนำ ชี้แจง ตอบปัญหาเบื้องต้นแก่ส่วนงานและหน่วยงานต่าง ๆ เกี่ยวกับงานด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างความเข้าใจและสนับสนุนงานตามภารกิจของหน่วยงาน

(2) ให้บริการข้อมูล เกี่ยวกับงานด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อสนับสนุนภารกิจของบุคคลหรือหน่วยงานต้นสังกัดพิจารณากำหนดนโยบาย แผนงาน หลักเกณฑ์ และมาตรการต่าง ๆ

2.2.1.2 คุณสมบัติเฉพาะตำแหน่ง

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีหรือปริญญาโท คุณวุฒิอย่างอื่นที่เทียบได้ในระดับเดียวกันในสาขาวิทยาศาสตร์ หรือที่ส่วนงานต้นสังกัดพิจารณาว่าเหมาะสมกับหน้าที่ความรับผิดชอบและลักษณะงานที่ปฏิบัติ

ความรู้ความสามารถ ทักษะ และคุณลักษณะที่จำเป็นสำหรับตำแหน่ง

1. ความรู้ความสามารถที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานในตำแหน่ง
2. ทักษะที่จำเป็นสำหรับปฏิบัติงานในตำแหน่ง
3. คุณลักษณะที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานในตำแหน่ง

2.2.2 หน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่งตามที่ได้รับมอบหมาย

บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบตำแหน่งเจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์ (P7) ระดับปฏิบัติการตามที่ได้รับมอบหมาย มีดังนี้

ด้านที่ 1 การเตรียมสารเคมีและวัสดุอุปกรณ์

1.1 จัดเตรียมและทดสอบความพร้อมของสารเคมีสำหรับการทดลองในแต่ละสัปดาห์ สำหรับรายวิชา 2302273 Org Chem Lab I (ภาคต้น) และ 2302274 Org Chem Lab II (ภาคปลาย)

1.2 เตรียมสารตัวอย่างและอุปกรณ์พิเศษ ในแต่ละการทดลอง

1.3 เบิกสารเคมี เครื่องแก้ว และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

1.4 ตรวจสอบสารเคมีและเครื่องแก้วที่เหลืออยู่เพื่อจัดเบิกในภาคการศึกษาต่อไป

ด้านที่ 2 ความเรียบร้อยและความปลอดภัยภายในห้องปฏิบัติการ

2.1 จัดเก็บสารเคมีให้ถูกต้องตามเกณฑ์ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการของภาควิชาเคมี

2.2 จัดเก็บและแยกประเภทของเสียตามระบบ ChemTrack & WasteTrack

2.3 ดูแลความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการและระบบจัดเก็บสารเคมีให้สอดคล้องตามระบบ ESPRELs

2.4 ได้รับผลการประเมิน “ผ่าน” การตรวจความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการของภาควิชาฯ

ด้านที่ 3 งานบริการนิสิต

3.1 ดูแลการเบิก-จ่ายเครื่องแก้วและอุปกรณ์อื่น ๆ ในช่วงเวลาที่นิสิตทำปฏิบัติการ

3.2 จัดเตรียมยาและการปฐมพยาบาลเบื้องต้นแก่นิสิตเมื่อเกิดอุบัติเหตุขณะปฏิบัติการ

3.3 ให้ข้อมูลและความช่วยเหลืออื่น ๆ แก่นิสิต

ด้านที่ 4 งานเอกสาร

4.1 จัดพิมพ์รายชื่อนิสิตตามตอนเรียน

4.2 เตรียมเอกสารประกอบการเรียนการสอนและข้อสอบสำหรับอาจารย์และนิสิต

4.3 ติดประกาศรายละเอียดการปฏิบัติการทุกสัปดาห์

4.4 จัดทำคู่มือการเตรียมสารเคมีสำหรับแต่ละการทดลอง

4.5 จัดทำรายละเอียดค่าของเสียหายของนิสิต

ด้านที่ 5 งานครุภัณฑ์

5.1 ดูแลและตรวจสอบซ่อมบำรุงเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในเบื้องต้น

5.2 ประสานงานร่วมกับอาจารย์หัวหน้าห้องปฏิบัติการ กรณีมีการจัดซื้อครุภัณฑ์

ภาระงานอื่น ๆ ที่ได้มอบหมาย

1. งานบริการวิชาการ รับ-ส่ง สารตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ทดสอบด้วยเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ทั้งส่วนงานภายในและภายนอกคณะวิทยาศาสตร์

2. เป็นกรรมการตรวจรับ-จ่ายพัสดุ

3. ปฏิบัติหน้าที่เป็นเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานของคณะวิทยาศาสตร์

4. ปฏิบัติหน้าที่เป็นกรรมการความปลอดภัยของภาควิชาเคมี

5. เตรียมปฏิบัติการรายวิชา 2302302 Integrated Chemistry Laboratory (ปฏิบัติการเชิงบูรณาการ) สำหรับนิสิตหลักสูตรเคมีประยุกต์

6. เตรียมปฏิบัติการรายวิชา 1023131 Chemistry for Health Science (เคมีสำหรับวิทยาศาสตร์สุขภาพ) สำหรับนักศึกษาพยาบาลสภากาชาดไทย

บทที่ 3
หลักเกณฑ์วิธีปฏิบัติงานและเงื่อนไข

เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์มีหน้าที่ในการจัดเตรียมปฏิบัติการสำหรับการเรียนการสอน ผู้เขียนจึงได้จัดทำคู่มือเล่มนี้ขึ้นเพื่อให้ทราบหลักเกณฑ์และเงื่อนไขในการปฏิบัติงานให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

3.1 หลักเกณฑ์ปฏิบัติงาน

3.1.1 การจัดเตรียมสารเคมี เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และอุปกรณ์เครื่องแก้ว ในห้องปฏิบัติการ สำหรับรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

3.1.1.1) การคำนวณเบื้องต้นเพื่อเตรียมสารละลาย

- ความเข้มข้นของสารละลาย (concentration) มีด้วยกัน 3 แบบ
  - ร้อยละโดยมวล (percent by mass) คือ มวลของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 100 หน่วย ซึ่งมีมวลเดียวกัน
  - ร้อยละโดยปริมาตร (percent by volume) คือ ปริมาตรของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 100 หน่วย ซึ่งมีหน่วยปริมาตรเดียวกัน
  - ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (percent weight by volume) คือ มวลของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร
- โมลาริตี (Molarity) คือ หน่วยที่บอกจำนวนโมลของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 1 L หน่วยนี้บอกให้ทราบว่าในสารละลาย 1 L มีตัวถูกละลายอยู่กี่โมล

3.1.1.2) เครื่องมือวิทยาศาสตร์

- เครื่องชั่ง (Balance)
  - เครื่องชั่งแบบหยาบ (ทศนิยมหนึ่งตำแหน่ง)
  - เครื่องชั่งแบบละเอียด (ทศนิยมสามตำแหน่ง)
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
- เครื่องส่องยูวี (UV lamp)

3.1.1.3) อุปกรณ์เครื่องแก้วสามัญในห้องปฏิบัติการเคมีอินทรีย์

- กรวยกรองสุญญากาศ (Hirsch funnel)
- ขวดกรองสาร (Filter flask)
- กรวยแยก (Separatory funnel)
- ขวดก้นกลม (Round bottom flask)
- คอนเดนเซอร์ (Condenser)
- หัวกลั่น (Still head)
- จุกเสียบเทอร์มอมิเตอร์ (Thermometer adapter)
- ข้อสุญญากาศ (Vacuum adapter)
- หลอดหยดสารเคมี (Pasteur pipet)

3.1.2 ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ

การปฏิบัติงานให้มีความปลอดภัยจำเป็นต้องมีการบริหารจัดการให้เป็นระบบ ซึ่งภาควิชาเคมีมีนโยบายและแผนความปลอดภัยตามคู่มือความปลอดภัย (สค. 60) ฉบับปรับปรุงของภาควิชาฯ เพื่อให้สอดคล้องกับคู่มือการประเมินความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2558) ดังนั้นในการทำงานของเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการต้องร่วมกันหาแนวทางและป้องกันอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นจึงเป็นต้องมีการจัดทำป้ายรณรงค์ป้องกันอุบัติเหตุและระบุผู้รับผิดชอบของแต่ละห้องปฏิบัติการให้ชัดเจน จะเห็นได้ว่าความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของความปลอดภัยทั้งหมด 7 ด้าน ซึ่งมีความเชื่อมโยงและสัมพันธ์กัน

องค์ประกอบของห้องปฏิบัติการปลอดภัยมีทั้งหมด 7 ด้าน คือ

<u>ด้านที่ 1</u> การบริหารระบบการจัดการความปลอดภัย ประกอบด้วย

1.1 นโยบายด้านความปลอดภัยคลอบคลุมทั้งองค์กร ต้องมีเอกสารนโยบายที่ชัดเจนและเผยแพร่ให้ทราบทั่วกัน

1.2 แผนงานด้านความปลอดภัยต้องมีกิจกรรมการจัดการแผนงานไปในทิศทางเดียวกัน

1.3 โครงสร้างการจัดการด้านความปลอดภัย ต้องมีโครงสร้างบริหารการจัดการที่ชัดเจน

1.4 ห้องปฏิบัติการมีผู้รับผิดชอบดูแลด้านความปลอดภัยและมีการแต่งตั้งผู้รับผิดชอบ

<u>ด้านที่ 2</u> ระบบการจัดการสารเคมี

การจัดการสารเคมีมีความสำคัญกับห้องปฏิบัติการอย่างมาก ถ้ามีการจัดการสารเคมีไม่ดีพอ

ทำให้มีความเสี่ยงเกิดอันตรายขึ้นได้ การจัดการเคมีที่ดีต้องมีการควบคุมปริมาณสารเคมีเท่าที่จำเป็น การเคลื่อนย้ายที่ปลอดภัยและการจัดวางสารเคมีที่เหมาะสม ระบบการจัดการสารเคมี ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การจัดการข้อมูลสารเคมี

1.1 ระบบบันทึกข้อมูล

1.2 สารบบสารเคมี (Chemical inventory) มีการบันทึกข้อมูลนำเข้า-ออกของสารเคมี มีการปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน

1.3 การจัดการสารเคมีที่ไม่ได้ใช้แล้ว ตรวจสอบสารเคมีที่ไม่ใช้แล้ว สารเคมีที่เสื่อมสภาพ และสารหมดอายุออกจากระบบ

1.4 การใช้ประโยชน์จากข้อมูลเพื่อการบริหารจัดการ เช่น ใช้ข้อมูลจากสารบบสารเคมีในการประเมินความเสี่ยงของแต่ละห้องปฏิบัติการได้

2. การจัดเก็บสารเคมี

2.1 เก็บสารสารเคมีที่เป็นของแข็งและของเหลวออกจากกัน

2.2 แยกเก็บสารเคมีตามสมบัติการเข้ากันไม่ได้

2.3 มีป้ายชื่อผู้รับผิดชอบชัดเจน

3. การเคลื่อนย้ายสารเคมี

3.1 การเคลื่อนย้ายสารเคมีภายในห้องปฏิบัติการ เมื่อทำการเคลื่อนย้ายสารเคมี ต้องใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสม ปิดฝาขวดสารเคมีให้สนิท ใช้ตะกร้าหรือภาชนะรองรับสำหรับเคลื่อนย้ายสารเคมี

3.2 การเคลื่อนย้ายสารเคมีภายนอกห้องปฏิบัติการ เมื่อทำการเคลื่อนย้ายสารเคมี ใช้ตะกร้าหรือภาชนะรองรับที่แข็งแรงไม่แตกหักง่าย และรถเข็นที่มีแนวกั้นขวดสารเคมี

<u>ด้านที่ 3</u> ระบบการจัดการของเสีย

ของเสียจากห้องปฏิบัติการที่ได้จากการทดลอง ทำวิจัย สารเสื่อมสภาพหรือสารที่หมดอายุ เพื่อรอกำจัดหรือบำบัด ซึ่งจะมีการจัดการของเสียดังต่อไปนี้

3.1 การจัดการข้อมูลของเสียสารเคมี

3.2 การเก็บของเสีย

3.3 การลดการเกิดของเสีย

3.4 การบำบัดและกำจัดของเสีย

ด้านที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์และเครื่องมือ

ปัจจัยทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ แบ่งเป็น 7 อย่าง คือ

4.1 งานสถาปัตยกรรม

4.2 งานสถาปัตยกรรมภายใน

4.3 งานวิศวกรรมโครงสร้าง

4.4 งานวิศวกรรมไฟฟ้า

4.5 งานวิศวกรรมสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อม

4.6 งานวิศวกรรมระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

4.7 งานระบบฉุกเฉินและระบบพิเศษ

ด้านที่ 5 ระบบการป้องกันและแก้ไขภัยอันตราย

5.1 การบริหารความเสี่ยง ต้องมีการประเมินความเสี่ยงทุกกิจกรรมที่ทำ เพื่อจะได้มีแผนการป้องกันและความพร้อม การการตอบโต้เหตุฉุกเฉินที่จะเกิดขึ้น

5.2 การเตรียมความพร้อม/ตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน ต้องมีอุปกรณ์สำหรับตอบโต้ภาวะฉุกเฉินอยู่ในบริเวณที่สะดวกและสามารถเข้าถึงได้ เช่น ฝักบัวล้างตัวฉุกเฉิน อ่างล้างตา ชุดปฐมพยาบาล เป็นต้น และต้องการฝึกซ้อมหนีไฟเพื่อให้ทราบขั้นตอนการอพยพคนออกจากอาคารเพื่อไปยังจุดรวมพลได้

5.3 ข้อปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยโดยทั่วไป ห้องปฏิบัติการทุกห้องจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลพร้อมทั้งมีกฎระเบียบและข้อปฏิบัติที่ชัดเจน ทั้งบุคคลภายในและภายนอก

ด้านที่ 6 การให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ

การให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการนั้น ต้องจัดอบรมให้แก่บุคลากรของหน่วยงานทุกระดับ รวมถึงพนักงานทำความสะอาด

ด้านที่ 7 การจัดการข้อมูลและเอกสาร

การจัดการข้อมูลและเอกสาร มีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

7.1 ระบบการจัดกลุ่ม

7.2 ระบบการจัดเก็บ

7.3 ระบบการนำเข้า-ออก และติดตาม

7.4 ระบบทบทวนและปรับปรุงให้ทันสมัย

3.1.3 อุปกรณ์ป้องกันในห้องปฏิบัติการ

1) ฝักบัวล้างตัวฉุกเฉิน (รูปที่ 3.1) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับร่างกาย ในกรณีที่สารเคมีกระเด็นโดนตัว และต้องตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง

2) อ่างล้างตาฉุกเฉิน (รูปที่ 3.2) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับล้างตา ในกรณีที่สารเคมีประเด็นเข้าตา ต้องปรับแรงดันน้ำให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการล้างตา และต้องตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างน้อยเดือนละ 2 ครั้ง

รูปที่ 3.1 ฝักบัวล้างตัวฉุกเฉิน

รูปที่ 3.2 อ่างล้างตาฉุกเฉิน

3) ถังดับเพลิง (รูปที่ 3.3) มีไว้สำหรับดับไฟเบื้องต้น เพื่อป้องกันไม่ให้ไฟลุกลามเป็นวงกว้าง โดยถังดับเพลิงมีหลายประเภทต้องเลือกถังดับเพลิงให้เหมาะสมกับงาน

รูปที่ 3.3 ถังดับเพลิง

4) ตู้ดูดควัน (Hood) (รูปที่ 3.4) ใช้สำหรับเตรียมสารเคมีที่เป็นอันตราย เช่น สารกัดกร่อน สารไวไฟ เป็นต้น เพื่อป้องกันการสูดดมไอสารระเหยสารเคมีเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ

รูปที่ 3.4 ตู้ดูดควัน (Hood)

3.1.4 อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลในห้องปฏิบัติการ

อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลในห้องปฏิบัติการ มีความสำคัญกับผู้ปฏิบัติงานอย่างมาก เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้นจากสารเคมี ประกอบด้วย

1) เสื้อกาวน์ (Lab coat) (รูปที่ 3.5) หรือเสื้อคลุมปฏิบัติการ ใช้สำหรับสวมทับเสื้ออีกชั้นขณะปฏิบัติงานเพื่อป้องกันการหกรดหรือกระเด็นของสารเคมี จะเป็นแขนสั้นหรือแขนยาวก็ได้ และมีขนาดเหมาะสมกับร่างกาย

รูปที่ 3.5 เสื้อคลุมปฏิบัติการ

2) แว่นตานิรภัย (รูปที่ 3.6) เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญมากสำหรับดวงตา เพื่อป้องกันสารเคมีกระเด็นเข้า ขณะอยู่ในห้องปฏิบัติการต้องสวมแว่นตาตลอดเวลา และห้ามสวมคอนเทคเลนส์ในห้องปฏิบัติการเคมี

รูปที่ 3.6 แว่นตานิรภัย

3) ถุงมือที่ใช้สำหรับห้องปฏิบัติการ (รูปที่ 3.7) มีหลายประเภท ต้องเลือกถุงมือให้เหมาะสมกับงาน ต้องตรวจสอบสภาพถุงมือก่อนใช้งานทุกครั้ง ห้ามใส่ถุงมือออกจากห้องปฏิบัติการ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสารเคมี

รูปที่ 3.7 ถุงมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

4) อุปกรณ์ช่วยหายใจและหน้ากากป้องกันไอระเหย (รูปที่ 3.8) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการเตรียมสารเคมีที่มีไอระเหย เพื่อป้องกันไอระเหยเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ

รูปที่ 3.8 หน้ากากช่วยหายใจป้องกันไอระเหยของสารเคมี

5) รองเท้าที่ใช้สำหรับในห้องปฏิบัติการ (รูปที่ 3.9) ต้องเป็นรองเท้าหุ้มส้นที่ปกปิดนิ้วเท้าและฝ่าเท้า เพื่อป้องกันการหกรดของสารเคมีและเศษแก้วบนพื้น และต้องสวมใส่ตลอดเวลาที่อยู่ในห้องปฏิบัติ ห้ามใส่รองเท้าส้นสูงขณะปฏิบัติงาน

รูปที่ 3.9 รองเท้าหุ้มส้นสุภาพ

3.1.5 ข้อควรปฏิบัติในห้องปฏิบัติการสำหรับนิสิต

เพื่อความปลอดภัยในการทำงานในห้องปฏิบัติการ นิสิตทุกคนต้องปฏิบัติตามระเบียบและข้อตกลงต่อไปนี้โดยเคร่งครัด ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จะไม่รับผิดชอบ ถ้ามีอุบัติเหตุหรืออันตรายเกิดขึ้นเนื่องจากการไม่ปฏิบัติตามระเบียบและข้อตกลงต่อไปนี้ (มีแบบฟอร์มให้นิสิตเซ็นรับทราบและมีการสอบ safety)

1) ทำการทดลองเฉพาะเรื่องที่กำหนดให้ โดยนิสิตต้องปฏิบัติตามหนังสือคู่มือปฏิบัติการ เอกสารประกอบการทดลอง และคำแนะนำตักเตือนของอาจารย์ผู้คุมปฏิบัติการ ห้ามทำการทดลองใด ๆ ที่ไม่ได้รับอนุญาต

2) เตรียมตัวให้พร้อมก่อนเข้าห้องให้ปฏิบัติการมาล่วงหน้า โดยอ่านจากเอกสารคำแนะนำและหนังสือคู่มือปฏิบัติการ พยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายแต่ละการทดลอง ทฤษฎีหรือหลักการที่สำคัญ วิธีการดำเนินการทดลองมีขั้นตอนอย่างไรควรทำอะไรก่อนหลัง มีข้อควรสังเกตและระมัดระวังอย่างไร ควรเรียนรู้ถึงอันตรายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น รวมทั้งวิธีป้องกัน ขณะทำการทดลองต้องมีสติและอยู่ในสภาพที่ตื่นตัวตลอดเวลา ความไม่พร้อมจะทำให้เสียเวลาและเป็นสาเหตุใหญ่ของการเกิดอุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการ

3) ห้ามทำงานตามลำพัง ต้องมีอาจารย์อยู่ตลอดเวลา

4) ใช้เครื่องป้องกันอันตรายที่เหมาะสม ต้องสวมเสื้อคลุมกันเปื้อนและแว่นตา

นิรภัยตลอดเวลาที่อยู่ในห้องปฏิบัติการ และมีการใช้ถุงมือเมื่อจำเป็น

5) เรียนรู้สถานที่เก็บอุปกรณ์ฉุกเฉิน เช่น ที่ล้างตา ฝักบัวล้างตัว ถังดับเพลิง อ่างน้ำ อุปกรณ์ปฐมพยาบาล และคัทเอาท์สำหรับไฟฟ้าที่เข้ามาในห้องปฏิบัติการ พร้อมทั้งเรียนรู้ด้วยว่าจะต้องทำอย่างไรเมื่อมีกรณีฉุกเฉินเกิดขึ้น

6) ปฏิบัติตัวให้เหมาะสมตลอดเวลา ตั้งใจทำงาน ห้ามเล่นหรือวิ่งในห้องปฏิบัติการ

7) สวมรองเท้าหุ้มส้นด้านบนเท้า ห้ามใส่รองเท้าแตะ เสื้อคลุมปฏิบัติไม่ควรหลวมมากและเกะกะ โดยเฉพาะแขนเสื้อ เลือกเสื้อผ้าที่ไม่ติดไฟง่ายเพื่อใส่มาทำงาน ควรปิดแขนและขาขณะทำการทดลอง

8) รวบผมยาวไว้ข้างหลัง อย่าให้มีผมด้านหน้าที่สามารถติดไฟหรือถูกสารเคมี

9) ห้ามลองชิมสารเคมี เมื่อจะดมกลิ่นให้เพียงปัดไอของสารเข้ามาที่จมูกเบา ๆ สถานที่ทำงานต้องมีอากาศถ่ายเทดี

10) ถ้าถูกไฟไหม้หรือของร้อนให้จุ่มส่วนที่โดนลงในน้ำผสมน้ำแข็งอย่างน้อย 20 นาที น้ำเย็นจะช่วยลดการปวดและทำให้บาดเจ็บน้อยที่สุด

11) การทิ้งสารเคมีที่ไม่ใช้แล้ว ห้ามทิ้งลงท่อ (ยกเว้นสารที่ระบุว่าทิ้งลงท่อได้) ในห้องปฏิบัติการจะมีขวดสำหรับใส่สารเคมีที่ไม่ใช้แล้ว โดยจะแยกประเภทไว้ ต้องดูให้ถูกต้องดังนี้

- ขวด Halogenated waste สำหรับทิ้งสารอินทรีย์ที่มีเฮโลเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น CCl_4, $CHCl_3$, CH_2Cl_2 ฯลฯ
- ขวด Hazardous Waste สำหรับทิ้งสารที่มีอันตราย ซึ่งมีหลายชนิด อาจารย์ผู้ควบคุมจะแจ้งให้ทราบในแต่ละการทดลอง
- ขวด Organic Solvent สำหรับทิ้งตัวทำละลาย ที่ไม่มีเฮโลเจน เช่น แอลกอฮอล์ ไฮโดรคาร์บอน ฯลฯ
- ขวด Used Acetone สำหรับทิ้งอะซิโตนที่ใช้แล้ว (rinse) เครื่องแก้วที่เปียกน้ำเพื่อทำให้เครื่องแก้วแห้งโดยเร็ว
- ขวด Oxygenated Waste สำหรับทิ้งสารอินทรีย์ชนิดอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กล่าวข้างต้น
- สารที่เป็นของแข็งและไม่มีอันตราย เช่น anhydrous Na_2SO_4 ที่ใช้ดูดความชื้น ตัวดูดซับที่ใช้ในโครมาโทรกราฟี ได้แก่ ผงอะลูมินาและซิลิกาเจล ให้ทิ้งในภาชนะที่จัดเตรียมไว้
- เครื่องแก้วที่แตกให้ทิ้งในภาชนะที่จัดไว้ให้ ไม่ทิ้งในถังขยะทั่วไป

- พวกกรดและเบสควรทำให้เป็นกลางก่อน แล้วจึงเทลงอ่างและล้างตามด้วยน้ำจำนวนมาก

12) ห้ามดื่มหรือรับประทานอาหารในห้องปฏิบัติการ

13) รายงานอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับอาจารย์ผู้ควบคุมทันที

(14) ระบุสารเคมีหรือสิ่งที่แพ้ในให้อาจารย์ผู้ควบคุมปฏิบัติการทราบทันที

(15) ทำความรู้จักกับสารเคมีทุกตัวที่จะใช้เรียนรู้ถึงอันตราย วิธีป้องกันและการแก้ไขหากเกิดอุบัติเหตุก่อนที่จะใช้สารเคมีหล่านั้น

(16) ห้ามนำสารเคมีหรืออุปกรณ์ออกจากห้องปฏิบัติการ

(17) ถ้าถูกสารเคมี ให้ล้างทันทีด้วยน้ำไหลตลอดเวลาอย่างน้อย 15 นาที ถอดเสื้อผ้าส่วนที่ถูกสารออกและรายงานอาจารย์ผู้ควบคุมทันที

(18) ทำความสะอาดโต๊ะปฏิบัติการ เก็บเครื่องมือและสารเคมี พร้อมทั้งล้างมือทุกครั้งที่ทำปฏิบัติการเสร็จสิ้น

3.1.6 ข้อปฏิบัติในการสารเคมี

1) ก่อนใช้สารเคมีทุกครั้งอ่านฉลากสารให้ชัดเจนและถูกต้อง โดยอ่านฉลากอย่างน้อย 2 ครั้ง ครั้งแรกเมื่อหยิบสารจากที่ตั้ง และก่อนที่จะเทสารนั้นออกจากขวดต้องอ่านอีกครั้ง การใช้สารผิดจะทำให้เกิดอันตรายหรืออุบัติเหตุได้

2) ห้ามใช้หลอดหยดสารส่วนตัวดูดสารเคมีจากขวดรีเอเจนต์ที่จัดให้ใช้ร่วมกัน เพื่อป้องกันการปนเปื้อน การใช้หลอดหยดประจำขวดรีเอเจนต์ต่าง ๆ ต้องระวังอย่าให้หลอดหยด สัมผัสกับภาชนะหรือสารที่อยู่ในภาชนะที่มารองรับรีเอเจนต์นั้นโดยเด็ดขาด (ถ้าไม่แน่ใจว่าหลอดหยดมาจากขวดรีเอเจนต์ขวดใด ให้แจ้งเจ้าหน้าที่เพื่อเปลี่ยนหลอดหยดใหม่)

3) เมื่อใช้เสร็จแล้ว ต้องเก็บขวดสารรีเอเจนต์นั้นไว้ที่เดิม โดยหันฉลากออกมาด้านหน้า

4) ใช้สารเคมีในปริมาณเท่าที่จำเป็น

3.1.7 การทำงานกับอุปกรณ์เครื่องแก้ว

1) การตรวจสภาพของเครื่องแก้ว ก่อนนำเครื่องแก้วไปใช้ทุกครั้ง ต้องตรวจสอบว่าเครื่องแก้วมีรอยร้าว รอยแตกหรือชำรุดหรือไม่ ถ้ามีก็ให้นำไปเปลี่ยน

2) เมื่อมีเครื่องแก้วที่ชำรุดหรือใช้งานไม่ได้หรือใช้งานแล้ว เช่น หลอดคะปิลารี่ แท่งแก้วคน เป็นต้น ให้นำเครื่องแก้วเหล่านั้นไปทิ้งในภาชนะสำหรับทิ้งเครื่องแก้วโดยเฉพาะ ห้ามทิ้งลงถังขยะเด็ดขาดเพราะจะทำให้แม่บ้านได้รับบาดเจ็บจากการเก็บขยะได้

3) เมื่อใช้เครื่องแก้วเสร็จแล้ว ให้ล้างทำความสะอาดทันทีจะทำให้ล้างออกได้ง่าย ถ้าล้างไม่ออกให้ใช้ตัวทำละลาย เช่น อะซิโตน

3.2 ข้อปฏิบัติเบื้องต้นเมื่อเกิดอุบัติเหตุ

3.2.1 หากมีเปลวไฟเกิดขึ้นเล็กน้อย ให้ปิดเตาให้ความร้อน (hot plate) หรืออุปกรณ์ที่ทำความร้อนในบริเวณใกล้เคียงแล้วให้ใช้ผ้าชุบน้ำ หรือทรายเพื่อช่วยในการดับไฟ ถ้าไฟติดเสื้อผ้าให้ใช้ผ้าคลุมบริเวณที่ติดไฟ ไฟก็จะดับและให้เพื่อนแจ้งอาจารย์ทันที หากมีไฟไหม้ขนาดใหญ่ต้องแจ้งให้ผู้เกี่ยวข้องทราบและออกจากตึกทันที

3.2.2 หากสารเคมีเข้าตา ให้ล้างน้ำทันทีและต่อเนื่องเป็นเวลา 15 นาที แจ้งให้อาจารย์ผู้ควบคุมทราบเพื่อรีบไปพบแพทย์

3.2.3 หากผิวหนังถูกสารอันตราย ให้แจ้งอาจารย์ผูควบคุมทราบ แล้วถอดเสื้อผ้าที่โดนสารเคมีออกทันที เช็ดสารเคมีออกให้มากที่สุด และล้างตรงบริเวณที่โดนสารเคมีโดยให้น้ำไหลผ่านตลอดเป็นเวลา 15 นาที และรีบไปพบแพทย์

3.2.4 เมื่อถูกแก้วบาด ให้รีบแจ้งอาจารย์ทราบและต้องมีการปฐมพยาบาลเบื้องต้น ถ้ามีแผลใหญ่รีบนำส่งแพทย์โดยเร็ว

เมื่อเกิดอุบัติเหตุทุกครั้งในห้องปฏิบัติต้องแจ้งให้อาจารย์ผู้ควบคุมทราบทันที ไม่ว่าอุบัติเหตุนั้นจะเล็กหรือใหญ่ เพื่อจะได้หาแนวทางการป้องกัน

จากหลักเกณฑ์วิธีปฏิบัติงานและเงื่อนไข ผู้เขียนได้นำความรู้และประสบการณ์ที่มีมาใช้ในการเตรียมปฏิบัติการ วิชา 2302274 Org Chem Lab II สำหรับบทที่ 4 (กระบวนการและขั้นตอนปฏิบัติงาน)

บทที่ 4
กระบวนการและขั้นตอนการปฏิบัติงาน

เนื้อหาในบทที่ 4 จะเป็นเนื้อหาเกี่ยวกับการปฏิบัติงานการเตรียมปฏิบัติการรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II ได้แก่ ขั้นตอนการดำเนินงาน การจัดเตรียมอุปกรณ์และเครื่องแก้ว ให้แก่นิสิต วิธีการเตรียมสารเคมี ซึ่งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการต้องทำการตรวจสอบทุกขั้นตอนก่อนที่จะมีการเริ่มปฏิบัติการของนิสิต

4.1 การปฏิบัติงานสำหรับการเตรียมปฏิบัติการรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II

การปฏิบัติงานในแต่ละภาคการศึกษา จะมีการประชุมกับผู้ประสานงานรายวิชาและอาจารย์ผู้สอนทุกท่านก่อนการเปิดภาคการศึกษาทุกครั้ง เพื่อเตรียมความพร้อมของห้องปฏิบัติการทั้งทางด้านเอกสาร สารเคมี เครื่องแก้ว และอุปกรณ์ต่าง ๆ

4.1.1 การเตรียมตัวก่อนปฏิบัติการ

- ประสานงานกับอาจารย์ผู้ประสานงานประจำรายวิชา อาจารย์ผู้สอนปฏิบัติการและนิสิตผู้ช่วยสอน (TA) รับรายชื่อนิสิตแบ่งกลุ่มการเรียน จัดตู้อุปกรณ์เครื่องแก้ว และวางแผนการเตรียมปฏิบัติการ
- ประชุมร่วมกันระหว่างอาจารย์ผู้ประสานงานประจำรายวิชา เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์ และผู้ที่เกี่ยวข้องกับวิชาปฏิบัติการเพื่อจัดทำตารางเรียน การเตรียมปฏิบัติการและเสนอแนะเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ จากการปฏิบัติการที่ผ่านมา
- จัดทำคู่มือแนวทางวิธีเตรียมสารเคมีที่ใช้ในวิชาปฏิบัติการ
- ค้นคว้าวิธีเตรียมสารเคมีต่าง ๆ
- คำนวณสารเคมีหรืออุปกรณ์ที่ต้องใช้ในแต่ละปฏิบัติการให้เพียงพอตลอดจนการทดสอบตรวจเช็คหรือตรวจสอบผลของปฏิบัติการอย่างคร่าว ๆ ก่อนทุกครั้งเพื่อความถูกต้องแม่นยำ
- ตรวจสอบชนิดและปริมาณการใช้วัสดุอุปกรณ์ เครื่องแก้ว สารเคมี และเตรียมความพร้อมเครื่องมือก่อนอาจารย์สอนปฏิบัติการ
- จัดการห้องปฏิบัติให้อยู่ในสภาพที่ปลอดภัยพร้อมใช้งาน ตรวจสอบชุดปฐมพยาบาลและอุปกรณ์ safety

4.1.2 การปฏิบัติงานขณะชั่วโมงปฏิบัติการ

- ชั่วโมงแรกของการเรียนวิชาปฏิบัติการต้องชี้แจงข้อตกลงในการเรียนปฏิบัติการ สำหรับตรวจ - รับเครื่องแก้ว
- แนะนำห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยส่วนบุคคล และข้อปฏิบัติตนในการเรียนปฏิบัติการเคมีเพื่อให้เกิดความปลอดภัยขณะปฏิบัติงาน
- ระหว่างมีการเรียนการสอนปฏิบัติการจะต้องอยู่ประจำปฏิบัติการนั้น ๆ เพื่อสนับสนุนการเรียนการสอน
- แนะนำจัดการทิ้งของเสีย (Waste) เศษแก้วต่าง ๆ ให้เรียบร้อยและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่จำเป็นเพื่อความปลอดภัย และการจัดการห้องปฏิบัติการให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
- ให้บริการนิสิตเบิกจ่าย อุปกรณ์สารเคมีต่าง ๆ ระหว่างมีการเรียนการสอนปฏิบัติการนั้น ๆ
- แก้ปัญหาหรือหาทางออกที่เกิดขึ้นในระหว่างปฏิบัติการที่ฉุกเฉินเร่งด่วน เมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นในปฏิบัติการที่รับผิดชอบ
- สรุปข้อบกพร่อง ประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับใช้ในการปรับปรุงคู่มือและรูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการครั้งต่อไป

4.1.3 การปฏิบัติงานหลังชั่วโมงปฏิบัติการ

- หลังปฏิบัติการทุกครั้ง ต้องจัดเก็บอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และสารเคมีให้เรียบร้อย และต้องตรวจเช็คความเสียหายด้วยทุกครั้ง
- จัดเก็บอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ ในแต่ละปฏิบัติการให้เรียบร้อย เช่น เครื่องแก้ว สารเคมี
- ตรวจเช็คความเรียบร้อยหลังปฏิบัติการ เช่น ความสะอาด ไฟฟ้า พัดลม เป็นต้น เพื่อป้องกันอุบัติเหตุต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้
- ปิดห้องปฏิบัติการ

4.2. ขั้นตอนในการดำเนินงาน

ตารางที่ 4.1 แสดงขั้นตอนในการทำงานสำหรับปฏิบัติการรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II ได้แก่ การจัดเตรียมอุปกรณ์ เครื่องแก้ว และสารเคมีต่าง ๆ ให้เพียงพอกับความต้องการของนิสิตที่เข้ามาทำปฏิบัติการ

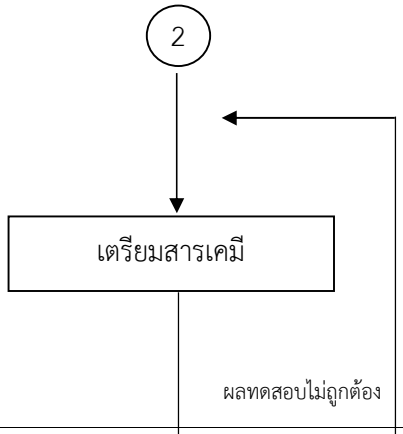
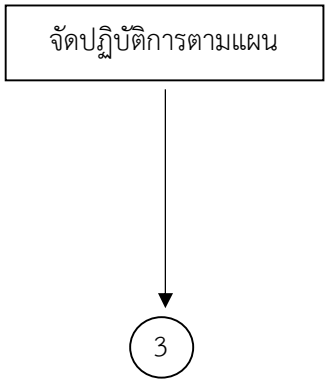
ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนการดำเนินงานสำหรับปฏิบัติการรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II

ลำดับที่	ขั้นตอนการดำเนินการ	รายละเอียดงาน	ผู้รับผิดชอบ
	เริ่มต้น		
1	จัดเตรียมตารางเรียนปฏิบัติการ	- จัดเตรียมตารางเรียนปฏิบัติการไว้สำหรับประชุมกับอาจารย์ประจำรายวิชา	เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์
2	ตรวจสอบรายการสารเคมีและเครื่องแก้ว	- ก่อนเปิดภาคศึกษา ต้องตรวจสอบสารเคมีและเครื่องแก้วจำนวนคงเหลือเพื่อทำการสั่งซื้อ - เบิกสารเคมีและเครื่องแก้วจากสโตร์ของภาควิชาฯ เพื่อให้เพียงพอกับนิสิต	เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์
3	ประสานงานกับอาจารย์ผู้ประสานงานประจำรายวิชา 1	- กำหนดข้อตกลงในการเรียน ประสานงานแนวทางเกี่ยวกับการเตรียมปฏิบัติการ - ประชุมร่วมกันระหว่างอาจารย์ผู้สอนวิชาปฏิบัติการกับเจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์เสนอแนะเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ	อาจารย์ผู้ประสานงานรายวิชา/ เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ขั้นตอนการดำเนินงานสำหรับปฏิบัติการรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II

ลำดับที่	ขั้นตอนการดำเนินการ	รายละเอียดงาน	ผู้รับผิดชอบ
4	1 ↓ ศึกษาคู่มือ วางแผน และจัดเตรียมอุปกรณ์เกี่ยวกับปฏิบัติการ	- ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการทดลองของแต่ละปฏิบัติการ - สารเคมีที่ใช้สำหรับภาคการศึกษานั้น ๆ	เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์
5	↓ เตรียมปฏิบัติการ	- เครื่องมือ (ตรวจสอบจัดเตรียมเครื่องมือ ให้พร้อมใช้งาน เช่น เตาให้ความร้อน (hot pate)) - อุปกรณ์เครื่องแก้ว (ตรวจสอบจัดเตรียมอุปกรณ์ให้เพียงพอ) - สารเคมี (ตรวจสอบและเตรียมให้เพียงพอต่อการใช้) - เตรียมความพร้อมของสถานที่โสตทัศนูปกรณ์ภายในห้อง	เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์
6	↓ จัดกลุ่มนิสิต/จัดตู้อุปกรณ์เครื่องแก้ว ↓ 2	- จัดทำรายชื่อนิสิตที่ลงทะเบียนเรียนพร้อมจัดแบ่งนิสิตกลุ่มการทดลอง - จัดตู้อุปกรณ์เครื่องแก้วสำหรับนิสิต 2 คน ต่อ 1 ตู้	เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ขั้นตอนการดำเนินงานสำหรับปฏิบัติการรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II

ลำดับที่	ขั้นตอนการดำเนินการ	รายละเอียดงาน	ผู้รับผิดชอบ
7		- คำนวณสารเคมีที่ใช้ในแต่ละปฏิบัติการให้เพียงพอ - ต้องเตรียมล่วงหน้าก่อนปฏิบัติการ 1 อาทิตย์	เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์
8		- เมื่อเตรียมรีเอเจนต์เสร็จเรียบร้อยแล้วต้องมีการทดสอบเพื่อให้แน่ใจว่าผลที่ได้ถูกต้อง - สารบางตัวเสื่อมสภาพได้ง่ายต้องทดสอบทุกครั้งก่อนทำปฏิบัติการ	เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์
9		- แต่ละห้องจะจัดวางรีเอเจนต์ไว้ 2 จุด ซึ่งจะให้นิสิตใช้ร่วมกัน 2 - 3 กลุ่ม - วางสารตัวอย่างที่ใช้สำหรับทดสอบ - วางขวดสำหรับใส่ของเสียจากการทดลอง	เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ขั้นตอนการดำเนินงานสำหรับปฏิบัติการรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II

ลำดับที่	ขั้นตอนการดำเนินการ	รายละเอียดงาน	ผู้รับผิดชอบ
10	3 ↓ เตรียมเอกสารสำหรับการเรียนการสอน	เอกสารที่ต้องเตรียม - ข้อสอบก่อนปฏิบัติการ - รายชื่อนิสิต - ติดประกาศการทดลองของแต่ละสัปดาห์	เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์
11	↓ ควบคุมการทำปฏิบัติการของนิสิต	- อาจารย์ผู้สอน/เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์/ ปฏิบัติการในชั่วโมง - ให้บริการนิสิตเบิกจ่ายอุปกรณ์สารเคมีต่าง ๆ และเครื่องแก้วระหว่างมีการเรียนการสอน - แก้ไขปัญหาหรือหาทางออกที่เกิดขึ้นในระหว่างปฏิบัติการ	อาจารย์ผู้สอน/เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์
12	↓ จัดการของเสียจากห้องปฏิบัติการ	- แบ่งกลุ่มของเสียตามข้อกำหนดของห้องปฏิบัติการ - จะมีภาชนะสำหรับทิ้งของเสียแต่ละประเภท - อาจารย์ผู้สอนจะเน้นย้ำการทิ้ง Waste ของแต่ละการทดลอง	เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์
13	↓ ตรวจสอบความเรียบร้อยของห้องปฏิบัติการ	- จัดเก็บอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในแต่ละปฏิบัติการ ให้เรียบร้อย - ดูแลความเรียบร้อยหลังปฏิบัติการ - ปิดห้องปฏิบัติการ	เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์
	↓ สิ้นสุด		

จากตารางที่ 4.1 ผู้เขียนขออธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนในการดำเนินงานสำหรับปฏิบัติการรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II ซึ่งประกอบด้วย 13 ขั้นตอน โดยรายละเอียดและวิธีปฏิบัติงานมีดังต่อไปนี้และจะแสดงไว้ในหัวข้อ 4.2.1- 4.2.13

4.2.1 ขั้นตอนที่ 1 จัดเตรียมตารางเรียนปฏิบัติการ

เตรียมตารางเรียนปฏิบัติการรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II ให้อาจารย์ผู้ประสานงานประจำรายวิชา หลังจากที่คณะอาจารย์ผู้สอนได้ประชุมเพื่อกำหนดวันและเวลา รวมถึงการทดลองหัวข้อต่าง ๆ ของรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 ดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยปกติแล้วปฏิบัติการนี้จะเริ่มต้นด้วยการปฐมนิเทศและรับฟังคำชี้แจงจากคณะอาจารย์ผู้สอนในอาทิตย์แรก จากนั้นจะเป็นการทดลองที่เกี่ยวข้องกับเคมีอินทรีย์ และสุดท้ายจะสอบเพื่อให้นิสิตประมวลความรู้ ความสามารถที่ได้เรียนรู้ในแต่ละการทดลอง

กำหนดการปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2302274 ปีการศึกษา ..... ภาคปลาย

ครั้งที่	หัวข้อปฏิบัติการ	หมายเหตุ
1	ตรวจสอบรายชื่อที่ห้อง 807 ตึก MHMK และรับเอกสาร	ถ้าไม่มีรายชื่อให้แจ้งเจ้าหน้าที่ทราบแล้วไปติดต่อกับฝ่ายทะเบียนในกรณีลงทะเบียนเรียนไม่ได้ (ต้องมาลงชื่อทุกคน)
3	Lab 1:แอลดีไฮด์ คีโทนและแอลฟาไฮดรอกซีคีโทน	สอบก่อนการทดลอง 15 นาที
4	Lab 2 :กรดคาร์บอกซิลิกและการเตรียม methyl benzoate	สอบก่อนการทดลอง 15 นาที
5	Lab 3:ฟีนอล	สอบก่อนการทดลอง 15 นาที
6	Lab 4:เอสเทอร์และไขมัน	สอบก่อนการทดลอง 15 นาที
7	Lab 5:แอมีน	สอบก่อนการทดลอง 15 นาที
8	Lab 6: แอไมด์และไนไตรล์	สอบก่อนการทดลอง 15 นาที
10	Lab 7:โปรตีน	สอบก่อนการทดลอง 15 นาที
11	Lab 8:คาร์โบไฮเดรต	สอบก่อนการทดลอง 15 นาที
12	Lab 9:วิเคราะห์สารครั้งที่ 1	สอบก่อนการทดลอง 15 นาที
13	Lab 10:วิเคราะห์สารครั้งที่ 2	ไม่มีการสอบก่อนการทดลอง
16	สอบปลายภาคเรื่องวิเคราะห์สาร	นิสิตต้องมาลงชื่อเข้าสอบ เวลา 08.45 น. หรือ 12.45 น. และเข้าห้องปฏิบัติการ
17	- สอบ "เรียกชื่ออุปกรณ์จากการทดลองเคมีอินทรีย์" -ชำระค่าของเสียหาย	นิสิต เข้าห้องปฏิบัติการเวลา 9.00 น. หรือ 13.00 น.

หมายเหตุ หนังสือที่ใช้อ่านประกอบการเรียน

- คู่มือปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ คณาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หนังสือที่ใช้อ่านเพิ่มเติม

- ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ ของ อ. สุภาพ บุณยะรัตนเวช , อ.เกษร วีรชาโต
- คู่มือปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ ของ อ.เผด็จ สิทธิสุนทร

ช่วงเช้า เวลา 9.00-12.00 น. ช่วงบ่าย เวลา 13.00-16.00 น.

รูปที่ 4.1 กำหนดการปฏิบัติการรายวิชาเคมีอินทรีย์ 2

4.2.2 ขั้นตอนที่ 2 ตรวจสอบรายการสารเคมีและเครื่องแก้ว

ก่อนเปิดภาคเรียนอย่างน้อย 2 เดือน จะต้องมีการตรวจสอบรายการสารเคมี อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ และเครื่องแก้วที่จำเป็นต้องใช้ในปฏิบัติการรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II และต้องมีจำนวนมากพอที่จะแจกจ่ายให้นิสิตเบิกใช้งาน รวมถึงต้องมีจำนวนเครื่องแก้วสำรองด้วย เครื่องแก้วที่นิสิตทำแตกมากที่สุด คือ หลอดทดลอง (test tube)

ในกรณีที่มีสารเคมี อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ หรือเครื่องแก้วไม่เพียงพอ เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์จะต้องทำเรื่องเบิกของจากสโตร์เคมีของภาควิชาเคมี ถ้าในสโตร์เคมี ไม่มีของที่ต้องใช้งานหรือมีของไม่เพียงพอก็ต้องสั่งซื้อ (ถ้าสั่งซื้อภายในประเทศจะใช้เวลาอย่างน้อยประมาณ 3-5 วัน แต่ถ้าสั่งซื้อจากต่างประเทศต้องใช้เวลาอย่างน้อยประมาณ 30-45 วัน) แต่ถ้าเป็นเครื่องมือวิทยาศาสตร์ เช่น เตาให้ความร้อน (hot plate) เครื่องปั๊มสูญญากาศ (aspirator pump) เป็นต้น จะต้องสั่งซื้อล่วงหน้าอย่างน้อย 1 ปี ตามกฎระเบียบของหน่วยงานด้านพัสดุ

4.2.3 ขั้นตอนที่ 3 ประสานงานกับอาจารย์ผู้ประสานงานรายวิชา เพื่อกำหนดระเบียบและข้อตกลงให้นิสิตที่เข้าเรียนปฏิบัติการ ดังนี้

ในการกำหนดระเบียบข้อตกลงนี้ จะเป็นระเบียบข้อตกลงมาตรฐานของภาควิชาเคมีที่ใช้งานในทุก ๆ รายวิชาปฏิบัติการ ซึ่งรายละเอียดดังกล่าวมาจากการประชุมระหว่างอาจารย์ผู้ประสานงานรายวิชาและคณาจารย์ผู้สอน เพื่อปรับให้เหมาะสมในการทำปฏิบัติการนั้น ๆ แต่ในรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2 มีระเบียบและข้อตกลงให้นิสิต ดังนี้

4.2.3.1 นิสิตต้องเข้าห้องปฏิบัติการให้ตรงเวลา เนื่องจากมีการสอบก่อนทำการทดลอง 15 นาที ช่วงเช้า 9.00-12.00 น. ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น. ถ้าหากนิสิตเข้าปฏิบัติการสายกว่าเวลาเข้าทำปฏิบัติการมากกว่า 30 นาที ถือว่าขาด หากขาดปฏิบัติการเกิน 80 % (หรือมากกว่า 2 การทดลอง) จะไม่ผ่านรายวิชานี้ (ได้เกรด F)

4.2.3.2 หากนิสิตมีเหตุจำเป็นไม่สามารถเข้าทำปฏิบัติการได้ขอให้แจ้งล่วงหน้าและสามารถเข้าชดเชยในวันอื่นได้ แต่ต้องติดต่อเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการก่อนอย่างน้อย 1 สัปดาห์ กรณีเจ็บป่วยกะทันหัน ต้องมีใบรับรองแพทย์และส่งเอกสารให้ผู้ประสานงานฯ เพื่อพิจารณาต่อไป

4.2.3.3 นิสิตจะทำการทดลองเป็นคู่ โดยดูจากรายชื่อที่ประกาศไว้หน้าห้องปฏิบัติการ นิสิตไม่สามารถจับคู่กันเอง ทุกคนต้องส่งรายงาน ก่อนเวลา 13.00 น. ของวันเปิดทำการถัดไปของวันที่ทำปฏิบัติการ ในช่องส่งรายงานหน้าห้องปฏิบัติการ 806 (รายงานที่ไม่เขียนชื่ออาจารย์ประจำกลุ่มจะไม่ได้รับการตรวจ)

นอกจากนี้ถ้ามีเหตุการณ์ที่นอกเหนือจากระเบียบข้อบังคับดังกล่าว คณาจารย์ผู้สอนจะพิจารณาเป็นกรณี ๆ ไป ซึ่งนิสิตที่เกิดปัญหาจะต้องมีเหตุผลที่น่าเชื่อถือและมีหลักฐานยืนยันที่ตรวจสอบได้

4.2.4. ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาคู่มือ วางแผนจัดเตรียมอุปกรณ์ เกี่ยวกับปฏิบัติการ

เมื่อตารางปฏิบัติการรายวิชาเคมีอินทรีย์ 2 และระเบียบข้อบังคับสำหรับนิสิต ได้มีมติผ่านจากคณะอาจารย์ผู้สอนแล้ว เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์ก็รับคำสั่งจากอาจารย์ผู้ประสานงานรายวิชา จากนั้นจะศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการทดลองในแต่ละปฏิบัติการและดำเนินการวางแผนในการจัดเตรียมสารเคมีที่ต้องใช้ในแต่ละการทดลอง รวมถึงเตรียมอุปกรณ์ เครื่องแก้วทางวิทยาศาสตร์ จะต้องระบุจำนวนที่สอดคล้องกับการใช้งานของนิสิตแต่ละคน ถ้าเป็นอุปกรณ์และเครื่องแก้วปกติ เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์จะจัดเตรียมไว้ในลิ้นชักประจำโต๊ะปฏิบัติการของนิสิต แต่ถ้าเป็นอุปกรณ์และเครื่องแก้วที่มีราคาแพงหรือต้องใช้ความชำนาญในการใช้งาน เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์จะให้นิสิตมาเบิกแล้วส่งคืนเมื่อทำปฏิบัติการเสร็จสิ้น

4.2.5 ขั้นตอนที่ 5 เตรียมปฏิบัติการ

หลังจากวางแผนการจัดเตรียมสารเคมี อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์และเครื่องแก้วแล้ว เจ้าหน้าที่บริการทางวิทยาศาสตร์จะตรวจเช็คความเรียบร้อยอีกครั้ง เช่น สารเคมี จะต้องตรวจเช็คลักษณะทางกายภาพ และวันหมดอายุของสารเคมี ว่ายังอยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้หรือไม่ เช่น ถ้าสารเคมีเป็นของแข็ง แต่เมื่อเปิดขวดแล้วมีของเหลวปนอยู่ด้วย แสดงว่าไม่สามารถใช้งานได้ ต้องใช้สารเคมีขวดใหม่ หรือถ้าเป็นอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์และเครื่องแก้ว จะต้องตรวจเช็คสภาพว่ามีรอยร้าว รอยบิ่นหรือไม่ ถ้ามีเจ้าหน้าที่บริการทางวิทยาศาสตร์จะต้องเปลี่ยนและนำชิ้นใหม่มาแทน เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นในการทดลอง

4.2.6 ขั้นตอนที่ 6 จัดกลุ่มนิสิต/จัดตู้อุปกรณ์เครื่องแก้ว

4.2.6.1 จัดกลุ่มนิสิต

หลังจากที่นิสิตได้ลงทะเบียนเรียนในระบบแล้ว เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์จะนำรายชื่อจากสำนักทะเบียนจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (www.reg.chula.ac.th) เพื่อนำมาแบ่งกลุ่มตามวันและเวลาที่นิสิตได้ลงทะเบียนเรียน ซึ่งจะต้องจัดให้มีจำนวนนิสิตในปริมาณที่เหมาะสม โดยจะจัดให้มีนิสิตจำนวน 16-20 คน ต่อกลุ่ม และในแต่ละห้องปฏิบัติการ (806 และ 808) จะให้มีกลุ่มของนิสิตห้องปฏิบัติการละ 2-3 กลุ่ม ขึ้นอยู่กับจำนวนนิสิต โดยแบบฟอร์มการจัดกลุ่มนิสิตจะแสดงไว้ดังรูปที่ 4.2 (ประกอบด้วยหมายเลขตู้ปฏิบัติการ รหัสประจำตัวนิสิต ชื่อ-นามสกุล และสาขาวิชา)

รายชื่อนิสิตที่เข้าปฏิบัติการวิชา 2302274 ภาคปลายปีการศึกษา 25..... การทดลองที่ .....

วันพฤหัสบดีเช้า เวลา 9.00-12.00 น.กลุ่มที่ 1 ห้อง 808/1 อาจารย์ผู้สอน.....

ลำดับที่	เลขตู้	เลขประจำตัว	ชื่อ-นามสกุล	สาขาวิชา	สอบ Quiz 30 คะแนน	มาทำและเสร็จตามเวลา 5 คะแนน	เทคนิค ความเสี่ยงอาคและความรับผิดชอบ 15 คะแนน	แสดงผลการทดลอง 5 คะแนน	ซักถามหลังการทดลอง 5 คะแนน	รายงานผลการทดลอง 10 คะแนน	รวม 70 คะแนน
1	A18										
2											
3	A20										
4											
5	A22										
6											
7	A24										
8											
9	A26										
10											
11	A28										
12											
13	A29										
14											
15	A30										
16											

ตัวอย่าง

รูปที่ 4.2 ใบรายชื่อนิสิตแบ่งตามตอนเรียนที่ลงทะเบียนเรียน

4.2.6.2 การจัดอุปกรณ์เครื่องแก้วประจำตู้

เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์จะจัดตู้ปฏิบัติการสำหรับใส่ อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์และเครื่องแก้ว โดยนิสิต 2 คนจะใช้ตู้ปฏิบัติการร่วมกันจำนวน 1 ตู้ หากเครื่องแก้วเกิดชำรุดหรือมีรอยแตก รอยบิ่น นิสิตจะต้องรับผิดชอบด้วยกัน

ในสัปดาห์แรกของการเรียนการสอนปฏิบัติการนิสิตจะได้รับใบตรวจรับ-ส่ง อุปกรณ์เครื่องแก้ว ดังรูปที่ 4.3 เพื่อตรวจเช็คความเรียบร้อยและเบิกอุปกรณ์วิทยาศาสตร์หรือเครื่องแก้วเพิ่มเติม (หากสิ้นสุดวันนี้จะถือว่าเป็นความรับผิดชอบของตัวนิสิตเอง) นอกจากนี้บางการทดลองจะจัดตะกร้าอุปกรณ์เครื่องแก้วเพิ่มเติมให้แก่นิสิต (สำหรับอุปกรณ์หรือเครื่องแก้วที่ต้องใช้ความชำนาญในการใช้งาน) สุดท้ายเมื่อสิ้นสุดปีการศึกษานิสิตต้องตรวจเช็คจำนวนอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์และเครื่องแก้วในตู้ปฏิบัติการให้ตรงตามจำนวนที่นิสิตรับมาในสัปดาห์แรก

ภาควิชาเคมี
เครื่องมือประจำตู้ปฏิบัติการอินทรีย์เคมี 2302274

ลำดับที่	รายการ	จำนวน				ราคา	
		รับ	เบิกเพิ่ม	ส่ง	ขาด	บาท	สต.
1	Test tube stand ที่ตั้งหลอดทดลอง	1					
2	Semi-micro test tube หลอดทดลอง	72					
3	Test tube holder ที่หนีบไม้	4					
4	Glass funnel กรวยแก้ว	4					
5	Stirring rod แท่งแก้วคน	4					
6	Beaker 250 ml	4					
7	Beaker 50 ml	4					
8	Conical flask 250 ml ขวดรูปชมพู่	4					
9	Conical flask 50 ml ขวดรูปชมพู่	4					
10	Measuring cylinder 25 ml กระบอกตวง	2					
11	Brass tong คีมทองเหลือง	2					
12	Watch glass กระจกนาฬิกา	4					
13	Water bath กาละมัง	1					
14	Dropper หลอดหยด	4					
15	Hot bath rack ห่วงทองเหลือง	2					
16	Spatula ช้อนตักสาร	4					
17	ขวดน้ำกลั่น	2					

นิสิตต้องตรวจดูให้ครบทุกรายการ ถ้าขาดให้เบิกเพิ่มจากเจ้าหน้าที่จนครบแต่ถ้าชำรุดให้นำอุปกรณ์ที่ชำรุดมาเปลี่ยน แล้วเขียนชื่อ รหัส สาขาวิชา เบอร์ตู้ กลุ่มที่และวันที่ ก่อนนำส่งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ

ชื่อ.....รหัส.....สาขาวิชา.....
ชื่อ.....รหัส.....สาขาวิชา.....

เบอร์ตู้.....กลุ่มที่.....วัน.....(เช้า/บ่าย) ที่.....เดือน.....พ.ศ.....

รูปที่ 4.3 ใบตรวจรับ-ส่ง อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์และเครื่องแก้ว

4.2.7 ขั้นตอนที่ 7 เตรียมสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สำหรับสารเคมีที่ต้องใช้ในการทดลอง เมื่อตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและวันหมดอายุเรียบร้อยแล้ว หากใช้งานได้ ก็จะนำไปใช้งานในปฏิบัติการได้เลย แบ่งออกเป็น สารตัวอย่างที่สนใจ (ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ เพื่อใช้ในการทดสอบ) และสารรีเอเจนต์สำหรับใช้ทดสอบสารตัวอย่างที่สนใจ ซึ่งสารรีเอเจนต์จะต้องมีการเตรียมในรูปของสารละลายให้มีความเข้มข้นตรงกับการใช้งาน โดยวิธีการเตรียมสารรีเอเจนต์ให้มีความเข้มข้นต่าง ๆ สามารถดูได้ในหัวข้อที่ 4.3 การเตรียมสารเคมีสำหรับปฏิบัติการรายวิชาเคมีอินทรีย์ 2 และในการเตรียมสารรีเอเจนต์นั้น ควรเตรียมล่วงหน้าอย่างน้อยหนึ่งสัปดาห์ก่อนการทดลอง เพื่อป้องกันไม่ให้สารรีเอเจนต์สลายตัวหรือเสียสภาพไปเมื่ออยู่ในรูปของสารละลาย (หากสารที่ต้องเตรียมเป็นของแข็ง สามารถชั่งน้ำหนักได้เลย แต่ถ้าสารที่ต้องเตรียมเป็นของเหลวจะต้องเคลื่อนย้ายในรูปของของเหลวโดยใช้กระบอกตวงวัดปริมาตร แล้วจึงละลายด้วยตัวทำละลายที่ต้องการภายหลัง)

4.2.8 ขั้นตอนที่ 8 ทดสอบก่อนมีปฏิบัติการ (Lab Test)

เมื่อเตรียมสารเคมีเสร็จเรียบร้อยแล้ว เจ้าหน้าที่บริการทางวิทยาศาสตร์จะต้องทำการทดสอบว่าสารรีเอเจนต์ที่เตรียมไว้แล้ว ยังคงใช้งานได้เหมือนเดิมหรือไม่ มีการสลายตัวหรือไม่ โดยจะทำการทดสอบการใช้งานกับสารตัวอย่างที่สนใจ (ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ) จากนั้นจะดูผลการทดสอบหมู่ฟังก์ชันว่าให้ผลถูกต้องตรงตามทฤษฎีหรือไม่

ในกรณีที่ผลการทดสอบถูกต้อง แสดงว่าสารรีเอเจนต์นั้นสามารถใช้งานได้ตามปกติในปฏิบัติการแต่ถ้าผลการทดสอบไม่ถูกต้อง ต้องหาสาเหตุว่าขั้นตอนการเตรียมสารเคมีเกิดข้อผิดพลาดขั้นตอนไหน หรือไม่ก็เป็นเรื่องของการสลายตัวของสารรีเอเจนต์ (ไม่ควรเตรียมไว้นานเกินไป เช่น Schiff's reagent) ดังนั้นการทดสอบก่อนมีปฏิบัติการจริงจึงเป็นเรื่องสำคัญเช่นกัน

4.2.9 ขั้นตอนที่ 9 จัดปฏิบัติการตามแผน

สำหรับห้องปฏิบัติการเคมีจะมีด้วยกัน 2 ห้อง (806 และ 808) แต่ละห้องจะมีจัดวางสารรีเอเจนต์ไว้ 2 จุด นั้นคือวางไว้บนชั้นวางไม้สำหรับวางรีเอเจนต์ และจะให้นิสิตใช้สารรีเอเจนต์ร่วมกันทั้งหมด 2 - 3 กลุ่ม และ มีการจัดวางสารตัวอย่างที่สนใจสำหรับใช้ในการทดลองห้องละ 1 ชุด (บริเวณด้านข้างห้องริมหน้าต่าง) นอกจากนี้ยังมีขวดสำหรับทิ้งของเสียจากการทดลอง (waste) ซึ่งจะวางอยู่บนภาชนะรองรับ หรือ secondary container อีกด้วย

4.2.10 ขั้นตอนที่ 10 เตรียมเอกสารสำหรับการเรียนการสอน

ในการทดลองแต่ละครั้งต้องมีการจัดเตรียมข้อสอบก่อนปฏิบัติการ (Quiz) พร้อมเฉลยไว้ในแฟ้มส่วนกลางสำหรับคณะอาจารย์ผู้สอนทุกท่านและมีใบรายชื่อนิสิตสำหรับใส่คะแนนของแต่ละกลุ่มทุกครั้ง หลังจากนั้นจะเป็นความรับผิดชอบของอาจารย์ประจำกลุ่ม เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์จะติดประกาศการทดลองของแต่ละสัปดาห์ไว้ที่บอร์ดหน้าห้องปฏิบัติการ 806 รวมถึงหัวข้อการทดลองในสัปดาห์หน้าด้วยเช่นกัน

เอกสารส่วนใหญ่ในรายวิชานี้จะอยู่ในรูปของไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งอาจารย์ผู้รับผิดชอบจะทำการอัพโหลดเอกสารต่าง ๆ ไว้ในระบบ Blackboard เพื่อให้นิสิตเข้าถึงเอกสารได้ง่ายสะดวกต่อการพกพาและลดปริมาณการใช้งานกระดาษ แต่อย่างไรก็ตามถ้าต้องมีเอกสารสำคัญเพิ่มเติม เจ้าหน้าที่บริการทางวิทยาศาสตร์จะพิมพ์/โรเนียว แล้วแจกให้นิสิตเป็นกรณี ๆ ไป

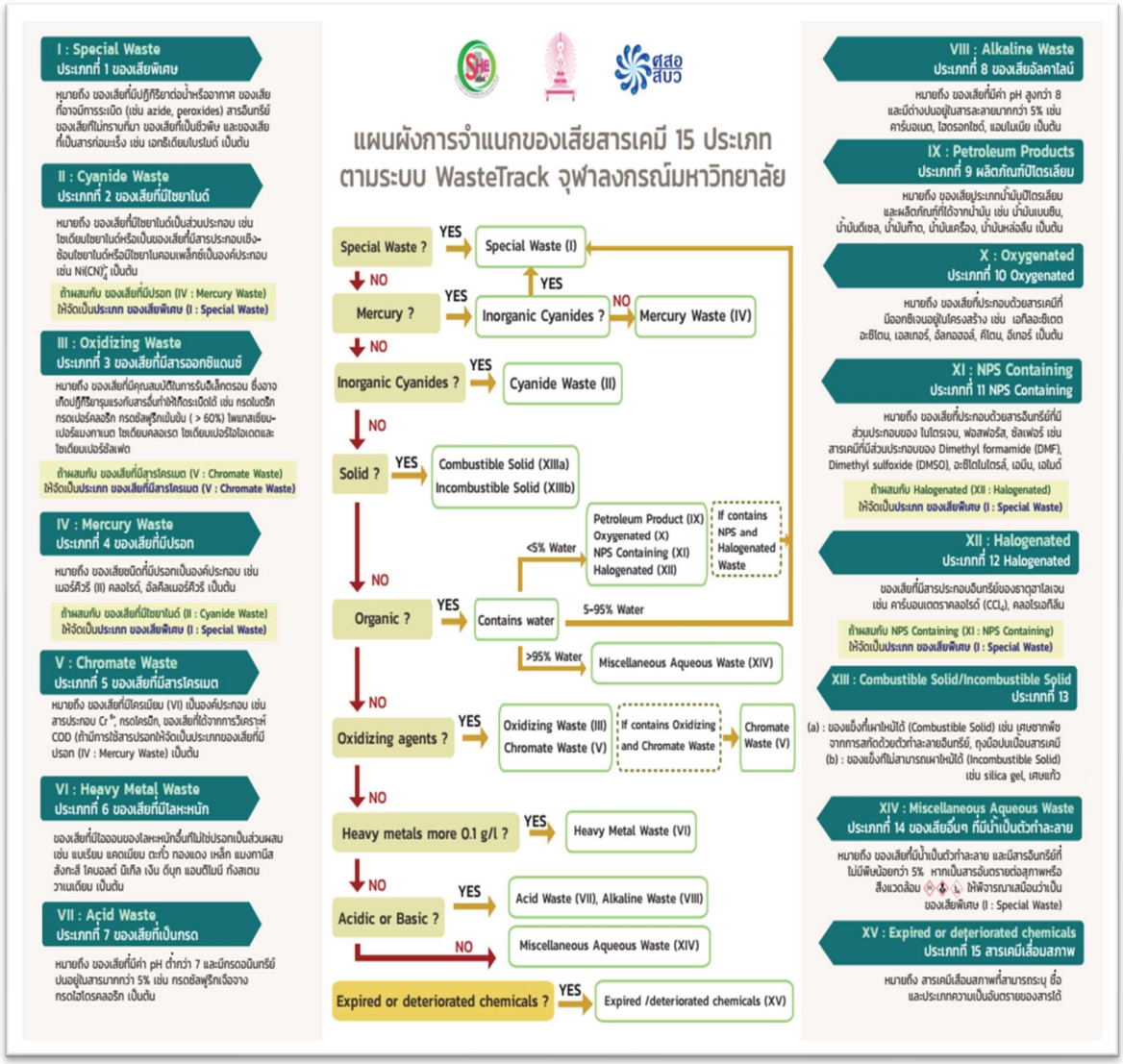
4.2.11 ขั้นตอนที่ 11 ควบคุมการทำปฏิบัติการของนิสิต

ในระหว่างชั่วโมงปฏิบัติการอาจารย์ผู้สอนประจำกลุ่มและเจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์จะอยู่ประจำห้องปฏิบัติการตลอดเวลาเพื่อควบคุมและติดตามการทำปฏิบัติการของนิสิต โดยในระหว่างการเรียนการสอนนิสิตอาจจะทำการทดลองผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นอาจารย์ผู้สอนประจำกลุ่มและเจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์จะต้องอยู่ประจำห้องปฏิบัติการ เพื่อช่วยแก้ปัญหาและหาทางออกที่ให้แก่นิสิต อีกทั้งยังให้บริการนิสิต เช่น การเบิก-จ่ายอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และเครื่องแก้ว ระหว่างมีการเรียนการสอน

4.2.12 ขั้นตอนที่ 12 จัดการของเสียจากห้องปฏิบัติการ

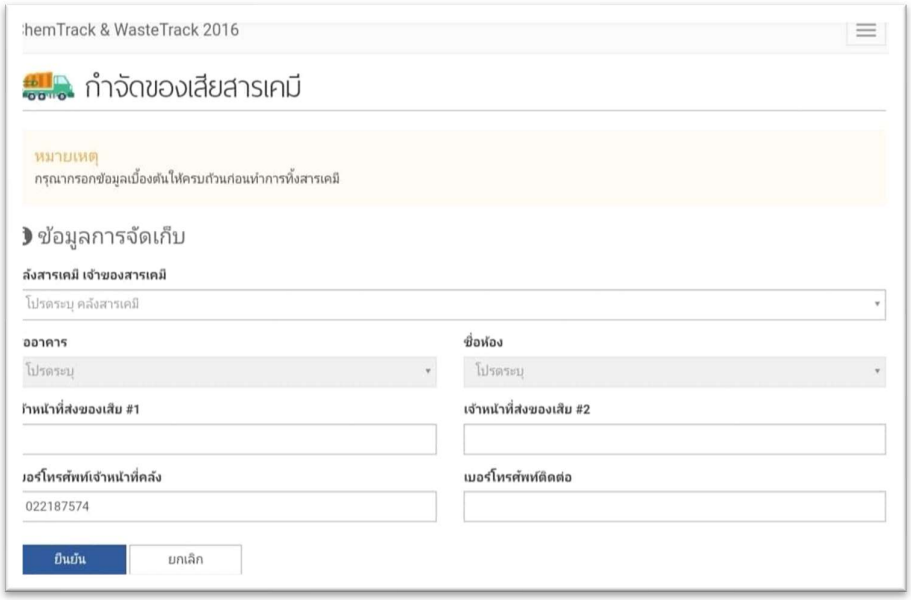
อาจารย์ประจำกลุ่มและเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการจะเน้นย้ำเกี่ยวกับการทิ้งของเสียในแต่ละการทดลองตลอดทั้งช่วงที่มีการเรียนการสอน และทางห้องปฏิบัติการจะจัดเตรียมภาชนะสำหรับทิ้งของเสียที่วางอยู่บนภาชนะรองรับ (secondary container) และจะติดป้ายแสดงประเภทของเสียที่ภาชนะไว้อย่างชัดเจน เช่น Oxygenated Waste, Halogenated Waste

สำหรับทางห้องปฏิบัติการได้จัดการแยกของเสียอันตรายที่เกิดขึ้น โดยจะจำแนกตามระบบ WasteTrack ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยซึ่งจะแยกออกได้ทั้งหมด 15 ประเภท ตามแผนผังแสดงดังรูปที่ 4.4 โดยข้อดีของการจำแนกประเภทของเสียตามระบบ WasteTrack คือทำให้เราสามารถส่งของเสียเพื่อไปกำจัดได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม อีกทั้งยังไม่เกิดอันตรายขณะการบรรจุของเสียแต่ละชนิดอีกด้วย เนื่องจากของเสียบางชนิดไม่สามารถรวมด้วยกันได้ เพราะจะทำให้เกิดการระเบิดอย่างรุนแรง



รูปที่ 4.4 การแยกของเสียตามระบบ WasteTrack ทั้งหมด 15 ประเภท

หลังจากบรรจุของเสียแต่ละประเภทเสร็จ ทางห้องปฏิบัติการจะรวบรวมของเสียอันตรายแต่ละประเภท แล้วจัดส่งกำจัดตามระบบ ChemTrack & WasteTrack 2016 โดยเข้าไปในระบบกรอกข้อมูลให้ครบถ้วนในการส่งกำจัดของเสีย (รูปที่ 4.5) เมื่อได้ข้อมูลเรียบร้อยแล้วให้พิมพ์เอกสารออกมาแล้วติดเอกสารบนภาชนะที่ใส่ของเสียอันตราย (รูปที่ 4.6) เพื่อนำส่งกำจัดต่อไป



รูปที่ 4.5 บันทึกข้อมูลการจัดเก็บของเสีย

รูปที่ 4.6 ฉลากติดภาชนะของเสียอันตราย

4.2.13 ขั้นตอนที่ 13 ตรวจสอบความเรียบร้อยของห้องปฏิบัติการ

หลังจากที่นิสิตทำปฏิบัติการเสร็จเรียบร้อยแล้ว เจ้าหน้าที่บริการทางวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการจะต้องดูแลความเรียบร้อยของห้องปฏิบัติการ เช่น จัดวางสารเคมีบนชั้นให้เรียบร้อย ทำความสะอาดตู้ดูดควัน รวมถึงต้องปิดน้ำปิดไฟให้เรียบร้อยก่อนห้องจากห้องปฏิบัติการทุกครั้ง

ในส่วนของอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และเครื่องแก้วนั้นจะต้องทำความสะอาดสำหรับใช้สำหรับการเรียนครั้งต่อไป

4.3 การเตรียมสารเคมี สำหรับปฏิบัติการรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II

การเตรียมสารเคมีเป็นขั้นตอนการดำเนินงาน (ขั้นตอนที่ 7) สำหรับการเรียนการสอนปฏิบัติการรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II เนื้อหาการเรียนรู้ประกอบด้วย การสังเคราะห์สารและการหาหมู่ฟังก์ชันของสารชนิดต่าง ๆ ซึ่งผู้เขียนได้รวบรวมรายละเอียดเกี่ยวกับการเตรียมสารเคมีและอุปกรณ์แต่ละการทดลอง ข้อควรระวัง และการจัดการของเสีย เพื่อเป็นแนวทางในการจัดเตรียมปฏิบัติการได้อย่างถูกต้อง

ในการเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการทดลองแต่ละปฏิบัติการ ต้องมีความถูกต้องและแม่นยำ เพื่อให้การทดลองเป็นไปตามทฤษฎีเพื่อให้ปฏิบัติการมีประสิทธิภาพและสะดวกแก่ผู้ปฏิบัติงาน

4.3.1 ตัวอย่างการเตรียมสารเคมี

สารละลาย (Solution) คือ ของผสมตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เมื่อผสมกันแล้วจะได้สารเนื้อเดียวกัน (homogeneous mixture) ซึ่งสามารถนำละลายได้ในน้ำกลั่นหรือตัวทำละลาย (solvent) ดังต่อไปนี้

1. การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์

การเตรียม 10 % NaOH จำนวน 1000 mL

10 % NaOH หมายความว่า สารละลาย NaOH 100 mL จะมี NaOH ละลายอยู่ 10 g

ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย 1000 mL ต้องใช้ NaOH $= \frac{\mathbf{1000\ mL\ X\ 10\ g}}{\mathbf{100\ mL}}$

$= 100$ g

$\therefore$ เตรียมโดยชั่ง NaOH มา 100 g ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1000 mL

2. การเตรียมสารละลายจากความเข้มข้น

การเตรียม 5 % NaOH จำนวน 1000 mL จาก 10 % NaOH ทำได้โดยการเจือจางให้สารละลายมีความเข้มข้นลดลง

จากสูตร $M_1V_1 = M_2V_2$

เมื่อ M_1 = ความเข้มข้นที่นำมาเจือจาง

M_2 = ความเข้มข้นที่ต้องการเตรียม

V_1 = ปริมาตรของสารที่นำมาเจือจาง

V_2 = ปริมาตรของสารที่ต้องการใช้

แทนค่า จากสูตร $M_1V_1 = M_2V_2$

$10\ \% \times V_1 = 5\ \% \times 1000\ mL$

$$V_1 = \frac{\mathbf{5\ \%\ X\ 1000\ mL}}{\mathbf{10}\ \%}$$

$= 500\ mL$

∴ เตรียมโดย ตวง 10% NaOH มา 500 ml ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1000 mL

3. โมลาริติ หรือโมลาร์ (Molarity, M)

3.1 การเตรียม NaOH 1 M จำนวน 500 mL

NaOH 1 M หมายความว่า สารละลาย 1000 mL มี NaOH ละลายอยู่ 1 g/mole

1 g/mole ของ NaOH เท่ากับ 40 g ซึ่งหาได้จากมวลอะตอมของ Na = 23, O = 16, H = 1 รวมกันได้ 40

จากสูตร $\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{MW}} = \frac{\mathbf{CV}}{\mathbf{1000}}$

เมื่อ g = น้ำหนักสารที่ต้องเตรียม (g)

MW = น้ำหนักมวลโมเลกุล (g/mole)

C = ความเข้มข้นที่ต้องเตรียม (M)

V = ปริมาตรที่ต้องเตรียม (ml)

แทนค่าในสูตร $\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{40}} = \frac{\mathbf{1X500}}{\mathbf{1000}}$

$$\mathbf{g} = \frac{\mathbf{1X500x40}}{\mathbf{1000}}$$

$= 20\ g$

∴ เตรียมโดย ชั่ง NaOH มา 20 g ละลายในน้ำกลั่นให้ครบ 500 mL

3.2 การเตรียม 2M Hydrochloric acid (HCl) จำนวน 1000 mL

2M HCl หมายความว่า สารละลาย 1000 mL มี HCl ละลายอยู่ 2 g/mole

1 g/mole ของ HCl เท่ากับ 36.46 g ซึ่งหาได้จากมวลอะตอมของ H = 1, Cl = 35.46 รวมกันได้ 36.46

จากสูตร $$V = \frac{100MM'}{pd}$$

เมื่อ M = มวลโมเลกุลสาร 36.46

M' = Molality ที่ต้องการ

p = เปอร์เซนต์ข้างขวดสาร 36%

d = ความถ่วงจำเพาะข้างขวดสาร 1.19

V = จำนวน (mL) ของกรดที่ต้องการนำมาเตรียมสารละลาย

แทนค่า ในสูตร $$V = \frac{100x36.46x2}{36x1.19}$$

= 170.2 mL

∴ เตรียมโดยตวง Conc. HCl มา 170.2 mL ค่อย ๆ เทลงในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1000 mL

ความเข้มข้นของกรดสามัญและแอมโมเนีย

กรดสามัญทั่วไปและแอมโมเนียที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ เมื่อเปิดขวดสารเหล่านี้ใหม่ ๆ จะมีความเข้มข้นดังแสดงในตาราง สำหรับขวดที่เปิดไว้นาน ๆ ความเข้มข้นอาจลดลงไปบ้าง โดยเฉพาะยิ่งในกรณีของแอมโมเนีย ซึ่งความเข้มข้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลทางกายภาพและความเข้มข้นของกรดสามัญและแอมโมเนีย

	HCl	HNO_3	H_2SO_4	NH_4OH	CH_3COOH
1. น้ำหนักโมเลกุล	36.46	63.02	98.08	35.04	60.03
2. ความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยของสารละลายเข้มข้น	1.19	1.42	1.84	0.90	1.06
3. เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของสารในสารละลายเข้มข้น	36.0	69.5	96.0	58.6	99.5
4. จำนวนกรัมของสารต่อมิลลิลิตร (g/mL)	0.426	0.985	1.76	0.527	1.055
5. ความเข้มข้นคิดเป็นโมลาร์ (M)	11.7	15.6	17.95	15.1	17.6
6. จำนวน mL ที่ต้องใช้ในการเตรียมสารละลาย 1 M ปริมาณ 1 L	85.5	64.0	56.8	66.5	56.9

สำหรับปฏิบัติการรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II จะมีปฏิบัติการทั้งหมด 10 การทดลอง ดังต่อไปนี้

1. การทดลองเรื่อง ฟีนอล
2. การทดลองเรื่อง แอลดีไฮด์ คีโตนและแอลฟาไฮดรอกซิคีโตน
3. การทดลองเรื่อง กรดคาร์บอกซิลิกและการเตรียมเมทิลเบนโซเอต
4. การทดลองเรื่อง เอมีน
5. การทดลองเรื่อง เอไมด์ ไนไตรล์
6. การทดลองเรื่อง เอสเทอร์และไขมัน
7. การทดลองเรื่อง โปรตีน
8. การทดลองเรื่อง คาร์โบไฮเดรต
9. การทดลองเรื่อง วิเคราะห์สารครั้งที่ 1
10. การทดลองเรื่อง วิเคราะห์สารครั้งที่ 2

ซึ่งการเตรียมสารเคมีในแต่ละปฏิบัติการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ปฏิบัติการที่ 1
การทดลองเรื่อง ฟีนอล

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม นิสิตสามารถ

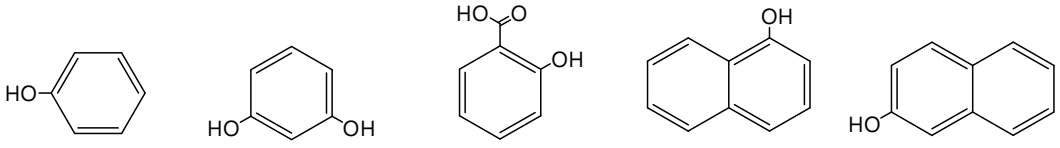
1. เขียนสูตรโครงสร้างของ phenol, resorcinol, salicylic acid, α-naphthol และ β-naphthol ได้
2. อธิบายและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการทดลองได้
3. เลือกใช้รีเอเจนต์ที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบสารประประกอบฟีนอลแต่ละประเภทได้
4. บอกความแตกต่างระหว่างแอลกอฮอล์กับฟีนอลได้

หลักการ [1]

สารประกอบจำพวกฟีนอลคือสารประกอบที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ต่ออยู่กับวงแหวนแอโรมาติก (aromatic ring) หรือหมู่แอริล (aryl group, Ar) มีสูตรทั่วไปเป็น ArOH ฟีนอล (phenol) หรือ hydroxybenzene หรือเรียกอย่างสามัญว่า กรดคาร์บอลิก (carbolic acid) เป็นสารประกอบจำพวกฟีนอลที่มีโครงสร้างเล็กที่สุดและสำคัญที่สุด ฟีนอลในธรรมชาติพบในน้ำมันดินจากถ่านหิน (coal tar) หรือไม้ (wood tar) สารประกอบจำพวกฟีนอลอื่น ๆ เช่น tyrosine เป็นกรดอะมิโนที่สำคัญชนิดหนึ่ง eugenol เป็นสารที่พบมากในน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู เป็นต้น

สารตัวอย่างที่ใช้ในทดสอบ คือ phenol, สารละลาย 2% phenol, resorcinol, salicylic acid α-naphthol และ β-naphthol

สูตรโครงสร้าง



Phenol Resorcinol Salicylic acid 1-Naphthol 2-Naphthol

สารเคมีที่ใช้

1. 5% NaOH
2. 5% $NaHCO_3$
3. 5% $FeCl_3$
4. Ethanol
5. $CHCl_3$
6. 1% $FeCl_3/CHCl_3$
7. Pyridine
8. Ceric nitrate reagent
9. น้ำโบรมีน (Br_2/H_2O)
10. 1% $K_2C_2O_7$
11. Sodium nitrite
12. 10% H_2SO_4 (dil.H_2SO_4)
13. 20% NaOH
14. Conc. H_2SO_4
15. Dioxane

อุปกรณ์ที่ใช้

1. เทอร์โมมิเตอร์
2. อ่างน้ำร้อน
3. เตรียมน้ำแข็ง

ตารางที่ 4.3 วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 1

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
5% NaOH	ชั่ง NaOH 50 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	2 mL x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา
5% $NaHCO_3$	ชั่ง $NaHCO_3$ 50 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	2 mL x 100 คู่	การสัมผัสผิวหนังตา และการหายใจเข้าไปจะทำให้เกิดเกิดการระคายเคือง
20% NaOH	ชั่ง NaOH 200 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	เติมจนเป็นเบส	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา
10% H_2SO_4 (dil.H_2SO_4)	เจือจาง Conc. H_2SO_4 105 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	1 mL x 6 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา
5% $FeCl_3$	ชั่ง $FeCl_3$ 50 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	3 หยด x 6 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ระคายเคืองผิวหนังและทำลายดวงตาอย่างรุนแรง เป็นอันตรายเมื่อกินเข้าไป
1% $FeCl_3$/$CHCl_3$	ชั่ง $FeCl_3$ 10 g ละลายด้วย $CHCl_3$ จนได้ปริมาตร 1 L	3 หยด x 100 คู่ (ใช้ในกรณีไม่เกิดปฏิกิริยากับ 5% $FeCl_3$)	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ระคายเคืองผิวหนังและทำลายดวงตาอย่างรุนแรง เป็นอันตรายเมื่อกินเข้าไป

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 1

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
1% $K_2C_2O_7$	ชั่ง $K_2C_2O_7$ 10 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	3 หยด x 5 หลอด x 100 คู่	สารออกซิไดซ์ (Oxidizing substances) อาจเร่งการลุกไหม้ให้รุนแรงขึ้น เป็นอันตรายเมื่อสัมผัสผิวหนัง กลืนกิน หรือหายใจเข้าไป
น้ำโบรมีน (Br_2/H_2O)	Bromine ใน Water (น้ำโบรมีนอิ่มตัว) เติมโบรมีน 20 mL ลงในน้ำ 400 mL ให้ปิดด้วยจุกแก้วที่เคลือบด้วยปิโตรลาตัม (Petrolatum)	ค่อย ๆ เติมน้ำโบรมีนทีละหยด จนมากเกินพอ	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรง และทำลายดวงตา เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ
Ceric nitrate reagent	ละลาย ceric ammonium nitrate 200 g ด้วย 2M HNO_3 ที่ร้อน 500 mL	5 หยด x 6 หลอด x 100 คู่	สารออกซิไดซ์ (Oxidizing substances) อาจเร่งการลุกไหม้ให้รุนแรงขึ้น ระคายเคืองต่อผิวหนัง, ระบบทางเดินหายใจและดวงตา

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 1

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
2% phenol	ชั่ง phenol 2 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 mL	6 หยด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา เป็นพิษเมื่อหายใจเข้าไป,กลืนกิน หรือสัมผัสผิวหนัง
phenol	การเตรียมฟีนอลเหลว นำ phenol ใส่ในภาชนะ ให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนจน phenol หลอมหมดแล้วนำมาใช้	2 mL x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา, เป็นพิษเมื่อหายใจเข้าไป, กลืนกิน หรือสัมผัสผิวหนัง
เทอร์โมมิเตอร์	ตรวจสอบสภาพของเทอร์โมมิเทอร์	1 อัน x 100 คู่	สารพิษ (Toxic) ปรอทในเทอร์โมมิเทอร์ เป็นอันตรายเมื่อหายใจเข้าไป เป็นพิษร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

ข้อควรระวัง

1.น้ำโบรมีน เป็นสารที่ระเหยง่ายควรเตรียมในตู้ดูดควันและต้องสวมถุงมือด้วยทุกครั้ง อย่าให้น้ำโบรมีนโดนมือ จะทำให้ผิวหนังไหม้ได้

2. ฟีนอลเมื่อโดนผิวหนังจะพุพอง ขณะทำการทดลองต้องใส่ถุงมือทุกครั้ง เมื่อฟีนอลสัมผัสผิวหนังให้เช็ดด้วยสำลีชุบแอลกอฮอล์ทันที ล้างด้วยน้ำและสบู่

3. 5% $FeCl_3$ ต้องเตรียมใหม่ๆทุกครั้ง ถ้าเตรียมทิ้งไว้นาน ๆ จะมีตะกอนของ $Fe(OH)_3$ เกิดขึ้น ดังนั้นก่อนเตรียมสารละลายชนิดนี้จึงปรับน้ำกลั่นให้อยู่ในสภาวะเป็นกรด (pH = 5) โดยการเติมกรด HCl ลงไปเล็กน้อยในน้ำกลั่นก่อนเตรียมสารละลาย

การจัดการของเสียในห้องปฏิบัติการ

1. สารที่มีส่วนประกอบของ $K_2C_2O_7$ ให้ทิ้งในภาชนะ Chromate Waste (V)
2. สารที่มีส่วนประกอบของ Ceric ammonium nitrate ให้ทิ้งในภาชนะ Oxidizing Waste (III)
3. สารที่มีส่วนประกอบของ Br และ Cl ให้ทิ้งในภาชนะ Halogenated Waste (XII)
4. เทอร์โมมิเตอร์แตกที่ให้ทิ้งในภาชนะ Mercury Waste (IV)
5. ส่วนการทดลองอื่น ๆ ให้ทิ้งของเสียใน ภาชนะ Oxygenated Waste (X)

บันทึกผลการทดลองเรื่อง สารประกอบฟีนอล

1. การละลายในน้ำ

ฟีนอลละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำที่อุณหภูมิ 72 ^{o}C

เมื่อปล่อยให้เย็นจะเริ่มขุ่นที่อุณหภูมิ 60 ^{o}C

2. การละลายในเบส

ในสารละลาย 5% NaOH ละลาย

ในสารละลาย 5% $NaHCO_3$ ไม่ละลาย

เหตุผลเป็นเพราะ ฟีนอลเป็นกรดอ่อน ทำปฏิกิริยากับเบสแก่ได้เกลือซึ่งละลายน้ำ แต่ไม่ทำปฏิกิริยากับเบสอ่อน จึงไม่ละลายน้ำ

3. ปฏิกิริยากับสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์

สารตัวอย่าง	ผลการทดสอบที่ได้
Phenol	สารละลายสีม่วง
Resorcinol	สารละลายสีน้ำตาล
Salicylic acid	สารละลายสีม่วงเข้ม
α-Naphthol	สารละลายสีเขียวปนดำ
β-Naphthol	สารละลายสีเหลืองอมน้ำตาล
Blank test	สารละลายสีเหลืองอ่อน

4. ปฏิกิริยากับ Ceric Nitrate Reagent

สารตัวอย่าง	ผลการทดสอบที่ได้
Phenol	ตะกอนสีน้ำตาลแกมเขียว
Resorcinol	ตะกอนน้ำตาล
Salicylic acid	สารละลายสีแดงเข้ม
α-Naphthol	สารละลายสีน้ำตาล
β-Naphthol	สารละลายสีน้ำแดงเข้ม
Blank test	สารละลายสีส้ม

5. ปฏิกิริยากับน้ำโบรมีน

ตะกอนคือ 2,4,6-tribromophenol ลักษณะตะกอน สีขาว

มีสูตรโครงสร้าง

6. ปฏิกิริยากับสารละลายไดโครเมตในกรด

สารตัวอย่าง	ผลการทดสอบที่ได้
Phenol	สารละลายสีน้ำตาล
Resorcinol	สารละลายสีเขียว
Salicylic acid	สารละลายสีเหลือง
α-Naphthol	สารละลายสีน้ำตาลแกมม่วง
β-Naphthol	สารละลายสีน้ำตาลหรือส้ม
Blank test	สารละลายสีเหลือง

7. ปฏิกิริยากับกรดไนตรัส

ในกรดซัลฟิวริกเข้มข้นมีสี น้ำเงิน

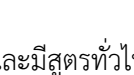
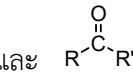
เมื่อเจือจางด้วยน้ำมีสี แดง เมื่อทำสารละลายให้เป็นเบสมีสี น้ำเงิน

ปฏิบัติการที่ 2
การทดลองเรื่อง แอลดีไฮด์ คีโตน และแอลฟาไฮดรอกซีคีโตน

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม นิสิตสามารถ

1. อธิบายความแตกต่างทางเคมีของแอลดีไฮด์ คีโตน และแอลฟาไฮดรอกซีคีโตน
2. เลือกใช้รีเอเจนต์เพื่อบอกความแตกต่างทางเคมีของแอลดีไฮด์ คีโตน และแอลฟาไฮดรอกซีคีโตนได้
3. บอกความแตกต่างของแอลดีไฮด์ คีโตน และแอลฟาไฮดรอกซีคีโตนแต่ละประเภทได้

หลักการ [1]

แอลดีไฮด์และคีโตนเป็นสารประกอบที่มีหมู่คาร์บอนิล (carbonyl group, C=O) อยู่ในโมเลกุล และมีสูตรทั่วไปเป็น  และ  ตามลำดับ สารประกอบพวกแอลดีไฮด์ ถ้ามีหมู่แอลดีไฮด์ (-CHO) ต่ออยู่กับหมู่แอลคิล (alkyl group) หรือไฮโดรเจนอะตอมจะจัดเป็นแอลิฟาติกแอลดีไฮด์ (aliphatic aldehyde) และถ้าต่ออยู่กับหมู่แอริล (aryl group) หรือวงแหวนแอโรมาติกจะจัดเป็นแอโรมาติกแอลดีไฮด์ (aromatic aldehyde) ปฏิกิริยาที่ใช้ทดสอบมีดังต่อไปนี้

1. 2,4-Dinitrophenylhydrazine (2,4-DNP) reagent ใช้สำหรับการทดสอบ aldehyde และ ketone ผลที่ทดสอบจะได้ตะกอนมีสีเหลือง สีส้ม หรือสีแดง ขึ้นอยู่กับสูตรโครงสร้างของแอลดีไฮด์และคีโตนที่นำมาทำปฏิกิริยา

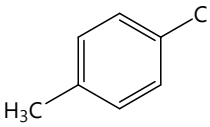
2. Schiff'reagent ใช้สำหรับการทดสอบ aldehyde ผลทดสอบที่ได้สารละลายสีม่วง

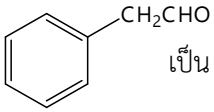
3. Tollens' reagent ใช้สำหรับการทดสอบ aldehyde และ α-hydroxyketone ผลที่ทดสอบได้มีตกตะกอนเป็นของแข็งสีเทาหรือเกิดเป็น silver mirror เกาะที่ข้างหลอดแก้วทดลอง

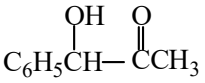
4. Benedict's reagent ใช้สำหรับการทดสอบ α-hydroxyketone, reducing sugar ทุกตัว, α-hydroxyaldehyde และ α-ketoaldehyde แต่จะไม่ทำปฏิกิริยากับแอโรมาติกแอลดีไฮด์หรือโมเลกุลที่มีเฉพาะหมู่ keto หรือหมู่ alcoholic-OH ตะกอนของ Cu_2O ที่เกิดขึ้นอาจมีสีต่าง ๆ ได้แก่ เหลือง เหลืองปนเขียว ไปจนถึงน้ำตาลปนแดงหรือแดงขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของตัวรีดิวซ์

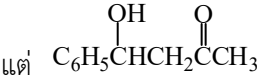
5. Iodine ใน Potassium Iodide (I_2/KI) ใช้สำหรับการทดสอบ methyl ketone ซึ่งผลการทดสอบจะได้ตะกอนสีเหลือง (lemon yellow) ของ iodoform (CHI_3) และ methyl aldehyde

สูตรโครงสร้างที่นิสิตอาจจะเข้าใจผิดได้

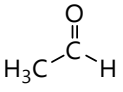
1.  เป็น Aromatic aldehyde

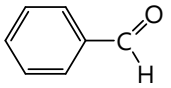
แต่  เป็น Aliphatic aldehyde

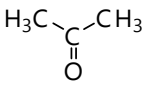
2.  เป็น α-hydroxyketone

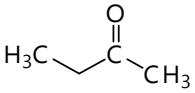
แต่  ไม่เป็น α-hydroxyketone

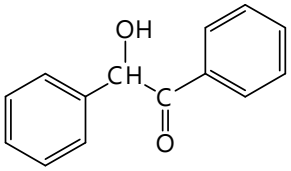
สารตัวอย่างที่ใช้ในทดสอบ คือ acetaldehyde, acetone, benzaldehyde, fructose และ Unknown (Unknown 1 = benzoin, Unknown 2 = 2-butanone)

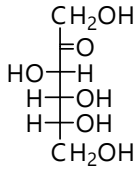

Acetadehyde


Benzadehyde


Acetone


2-Butanone


Benzoin


Fructose

สารเคมีที่ใช้

1. 2,4-Dinitrophenylhydrazine reagent (2,4-DNP)
2. Schiff’s reagent
3. Tollens' reagent
4. Benedict's reagent
5. Iodine ใน Potassium Iodide (I_2/KI)
6. 10% NaOH
7. Ethanol
8. 0.3% $KMnO_4$

ตารางที่ 4.4 วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 2

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบงชี้ความเป็นอันตราย
2,4-Dinitrophenylhydrazine reagent (2,4-DNP)	ชั่ง 2,4-DNP 3 g ละลายในกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 15 mL แล้วเติมสารละลายที่ได้เติมลงในสารละลายที่มีน้ำ 20 mL และเอทานอล 70 mL คนตลอดเวลา	1 mL x 7 หลอด x 100 คู่	ของแข็งไวไฟ (Flammable solids) เป็นอันตรายเมื่อกลืนกินเข้าไป
Schiff’s reagent	ชั่ง Fuchsin 0.5 g และ $NaHSO_3$ 9 g ละลายด้วยน้ำ 500 mL แล้วเติม HCl 10 mL เก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดสีน้ำตาล และปิดจุกอย่างดี	1 mL x 7 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้, ทำลายดวงตาและอาจก่อให้เกิดมะเร็งได้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 2

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบงชี้ความเป็นอันตราย
10% NaOH	ชั่ง NaOH 100 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	6 หยด x 7 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา
Tollens' reagent	เติมสารละลาย 10% NaOH 25 mL ลงในสารละลาย 5% $AgNO_3$ 500 mL จากนั้นเติมสารละลาย 2% NH_3 จนตะกอนของ Ag^+หายไป	1 mL x 7 หลอด x 100 คู่	สารออกซิไดซ์(Oxidizing substances) ระคายเคืองต่อผิวหนังและดวงตา
Benedict's reagent	1. เตรียมสารละลาย ก โดยละลาย sodium citrate 173 g และ anhydrous Na_2CO_3 100 g ละลายน้ำกลั่นประมาณ 600 mL แล้วเติมน้ำลงไปจนครบ 850 mL (อาจต้องใช้ความร้อนช่วย) 2. เตรียมสารละลาย ข โดยละลายผลึก Copper sulfate ($CuSO_4.5H_2O$) 17.3 g ในน้ำ 100 mL แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 150 mL เติมสารละลาย ข ลงในสารละลาย ก จากนั้นเขย่าให้เข้ากัน	1 mL x 7 หลอด x 100 คู่	สารพิษ (Toxic) ทำลายสิ่งแวดล้อม ระคายเคืองต่อดวงตาเป็นพิษเมื่อหายใจเข้าไป

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 2

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบงชี้ความเป็นอันตราย
Iodine ใน Potassium Iodide (I_2/KI)	ชั่ง KI 10 g ละลายในน้ำกลั่น 200 mL แล้วเติมไอโอดีนลงไป 5 g จะสารละลายที่มีความเข้มข้นขนาดนี้ใช้สำหรับทดลอง iodoform test แต่ถ้าจะตรวจสอบแป้งจะต้องนำสารละลายมาส่วนหนึ่งแล้วทำให้เจือจางเป็น 10-25 เท่าของสารละลายเดิม	1 mL x 7 หลอด x 100 คู่	อันตรายต่อสุขภาพ ทำให้เกิดความเสียหายต่ออวัยวะ (ไทรอยด์) จากการสัมผัสระยะเป็นระยะเวลานาน
0.3% $KMnO_4$	ชั่ง $KMnO_4$ 3 g ละลายด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 L	2 หยด x 7 หลอด x 100 คู่	สารออกซิไดซ์ (Oxidizing substances) อาจเร่งการลุกไหม้ให้รุนแรงขึ้น เป็นอันตรายเมื่อกลืนเข้าไป เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

ข้อควรระวัง

1. ถ้าคราบ Silver mirror จากการทดสอบด้วย Tollens' reagent ติดในหลอดทดลองและล้างไม่ออก ให้ล้างด้วย 10% HNO_3

2. ก่อนเตรียม Tollens' reagent ทุกครั้ง ต้องตรวจสอบน้ำกลั่นว่ามีคลอไรด์เจือปนหรือไม่ โดยนำน้ำกลั่นมาทดสอบกับ $AgNO_3$ ถ้าน้ำกลั่นมีสีขาวขุ่นแสดงว่ามีคลอไรด์ปนอยู่ ไม่สามารถนำมาเตรียมรีเอเจนต์ได้

3. Tollens' reagent เมื่อเตรียมทิ้งไว้นานๆ จะทำให้ผลการทดสอบเกิดขึ้นได้ช้าหรือไม่เกิด เนื่องจากแอมโมเนียระเหยออกไป ดังนั้นจึงต้องเติมแอมโมเนียลงไปใน Tollens' reagent เล็กน้อย จะทำให้รีเอเจนต์กลับมาใช้ได้อีกครั้ง

4. การทดสอบด้วย Tollens’ reagent หลอดทดลองต้องสะอาดและแห้ง

5. การทดสอบด้วยสารละลาย $KMnO_4$ ไม่ควรเติมมากเกินไป จะทำให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงได้ยาก

6. Schiff’s reagent เมื่อเตรียมทิ้งไว้นาน ๆ สารละลายจะเปลี่ยนจากไม่มีสีหรือสีเหลืองอ่อนไปเป็นสีชมพู ดังนั้นจึงต้องเติม $NaHSO_3$ ทีละน้อยจนสีชมพูจางหายไป จึงสามารถนำรีเอเจนต์กลับมาใช้ได้อีกครั้ง

7. การเตรียม 2,4-Dinitrophenylhydrazine ต้องทำในตู้ควันและสวมถุงมือทุกครั้งที่เตรียม และค่อย ๆ เติมเอทานอลลงไปและคนตลอดเวลา มิฉะนั้นจะทำให้สารละลายเดือดพุ่งอย่างรุนแรง และกระเด็นโดนมือได้

การจัดการของเสียในห้องปฏิบัติการ

1. $KMnO_4$ และ Tollens' reagent ทิ้งของเสียในภาชนะ Oxidizing Waste (III)

2. Iodine ใน Potassium iodide ทิ้งของเสียในภาชนะ Halogenated Waste (XII)

3. ส่วนการทดลองอื่น ๆ ให้ทิ้งของเสียในภาชนะ Oxygenated Waste (X)

บันทึกผลการทดลองเรื่อง แอลดีไฮด์ คีโตน และแอลฟาไฮดรอกซีคีโตน

รีเอเจนต์	**ผลที่สังเกตเห็น**				
	Acetaldehyde	**Acetone**	**Benzaldehyde**	**Fructose**	**Blank**
1) 2,4-DNP	ตะกอนสีเหลืองส้มทันที (+)	ตะกอนสีเหลืองส้ม (+)	ตะกอนสีเหลืองส้มทันที (+)	ตะกอนสีส้มหลังจากการอุ่น (+)	สารละลายใสสีส้ม
2) Schiff's reagent	สารละลายสีม่วง (+)	สารละลายใสสีเหลืองอ่อน (-)	สารละลายสีม่วง (+)	สารละลายใสสีเหลืองอ่อน (-)	สารละลายใสสีเหลืองอ่อน
3) Tollens' reagent	Silver mirror ทันที (+)	สารละลายใสไม่มีสี (-)	Silver mirror หลังจากการอุ่น (+)	Silver mirror หลังจากการอุ่น (+)	สารละลายใสไม่มีสี
4) Benedict's reagent	สารละลายสีเขียว และตะกอนสีแดงอิฐ (+)	สารละลายใสสีฟ้า (-)	สารละลายใสสีฟ้า (-)	ตะกอนสีแดงอิฐ (+)	สารละลายใสสีน้ำเงิน
5) $KMnO_4$	ฟอกสี $KMnO_4$ และได้ตะกอนสีน้ำตาล (+)	สารละลายสีม่วง (-)	ฟอกสี $KMnO_4$ และได้ตะกอนสีน้ำตาล (+)	ฟอกสี $KMnO_4$ และได้ตะกอนสีน้ำตาล (+)	สารละลายสีม่วง
6) I_2/KI ใน NaOH	ตะกอนสีเหลืองอ่อน (+)	ตะกอนสีเหลืองอ่อน (+)	สารละลายใสสีเหลืองอ่อน (-)	สารละลายใสสีเหลืองอ่อน (-)	สารละลายใสสีเหลืองอ่อน

ปฏิบัติการที่ 3
การทดลองเรื่อง กรดคาร์บอกซิลิกและการเตรียม Methyl benzoate

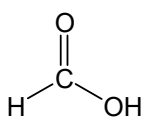
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม นิสิตสามารถ

1. เข้าใจองค์ประกอบของกรดคาร์บอกซิลิกและอนุพันธ์ได้
2. เข้าใจปฏิกิริยาของกรดคาร์บอกซิลิก
3. เตรียม Methyl benzoate ได้
4. อธิบายสมดุลของปฏิกิริยา Esterfication จากปริมาณกรดเบนโซอิกที่ได้พร้อมเขียนสมการและคำนวน percentage yield ได้ถูกต้อง

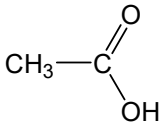
หลักการ [1]

สารอินทรีย์ประเภทกรดอินทรีย์หรือกรดคาร์บอกซิลิกและอนุพันธ์ของกรด เช่น เอสเทอร์ (ester) เอไมด์ (amide) แอซิดเฮไลด์ (acid halide) และแอซิดแอนไฮไดรด์ (acid anhydride) ถูกนำมาใช้มากในอุตสาหกรรมและในชีวิตประจำวัน ทั้งในด้านอุปโภคและบริโภค ตัวอย่างเช่น เป็นส่วนผสมของน้ำยาซักล้าง สบู่ เส้นใยเสื้อผ้า รวมไปถึงอาหารหลายชนิดกรดคาร์บอกซิลิกคือสารประกอบที่มีหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) ต่อกับไฮโดรเจนอะตอม (HCOOH) หมู่แอลคิล (RCOOH) หรือหมู่แอริล (ArCOOH) ในโมเลกุลของกรดคาร์บอกซิลิกอาจมีหมู่ -COOH หนึ่งหมู่ สองหมู่ หรือสามหมู่ ซึ่งเรียกเป็น mono-, di- และ tricarboxylic acid ตามลำดับ

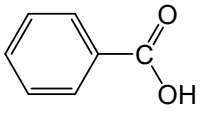
สารตัวอย่างที่ใช้ในทดสอบ คือ formic acid, acetic acid, oxalic acid และ benzoic acid



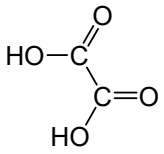
Fomic acid



Acetice acid



Benzoic acid



Oxalic acid

สารเคมีที่ใช้

1. Benzoic acid
2. anhydrous Na_2SO_4
3. Methanol
4. Tollens' reagent

5. 5% NaOH

6. 0.3 $KMnO_4$

7. 5% $NaHCO_3$

8. Conc. HCl

9. Conc. H_2SO_4

10. 10% Na_2CO_3

11. CH_2Cl_2

อุปกรณ์ที่ใช้

1. ชุดกลั่นแบบธรรมดา ประกอบด้วย คอนเดนเซอร์ ขวดก้นกลม หัวกลั่น และอะแดปเตอร์ (adapter)

2. ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 mL ที่มีข้อต่อ

3. กรวยแยก 100 mL

4. เทอร์โมมิเตอร์

5. จุกเสียบเทอร์โมมิเตอร์

6. เศษกระเบื้อง (Boiling chip)

7. สำลี

8. กระดาษลิตมัส

สำหรับการทดลองนี้ต้องจัดตะกร้าให้แก่นิสิต 2 คน ต่อ 1 ตะกร้า ให้นิสิตมาเบิกที่หน้าเคาน์เตอร์

รายการ	ขนาด	จำนวน(ชิ้น)
1. ขวดก้นกลม	50 mL	2
2. คอนเดนเซอร์	14/19	2
3. หัวกลั่น	14/19	1
4. ตัวรับสาร	14/19	1
5. จุกเสียบเทอร์โมมิเตอร์	14/19	1
6. เทอร์โมมิเตอร์	0-360 ^{o}C	1
7. คลิปสำหรับหนีบข้อต่อ	14/19	4
8. ขวดรูปชมพู่ ที่มีข้อต่อ	50 mL	1
9. กรวยแยก	100 mL	1

ตารางที่ 4.5 วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 3

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
Benzoic acid	ชั่ง Benzoic acid 6.1 g ใส่ซองพลาสติก	6.1 g x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances)
5% NaOH	ชั่ง NaOH 50 g ละลายด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 L	1 mL x 4 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา
5% $NaHCO_3$	ชั่ง $NaHCO_3$ 50 g ละลายด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 L	1 mL x 4 หลอด x 100 คู่	การสัมผัสผิวหนัง,ตา และการหายใจเข้าไปจะทำให้เกิดการระคายเคือง
Tollens' reagent	เติมสารละลาย 10% NaOH 25 mL ลงในสารละลาย 5% $AgNO_3$ 500 mL จากนั้นเติมสารละลาย 2% NH_3 จนตะกอนของ Ag^+ หายไป	1 mL x 4 หลอด x 100 คู่	สารออกซิไดซ์ (Oxidizing substances) ระคายเคืองต่อผิวหนังและดวงตา
10% Na_2CO_3	ชั่ง Na_2CO_3 100 g ละลายด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 L	15 mL x 100 คู่	การสัมผัสผิวหนัง, ตา และการหายใจเข้าไปจะทำให้เกิดการระคายเคือง
0.3% $KMnO_4$	ชั่ง $KMnO_4$ 3 g ละลายด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 L	2 หยด x 4 หลอด x 100 คู่	สารออกซิไดซ์ (Oxidizing substances) อาจเร่งการลุกไหม้ให้รุนแรงขึ้น เป็นอันตรายเมื่อกลืนเข้าไป เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ
Methanol	ใช้เป็นตัวทำละลายในการเตรียมเอสเทอร์	12.5 mL x 100 คู่	ของเหลวไวไฟ (Flammable liquids)

ข้อควรระวัง

1. ถ้ามีคราบ Silver mirror จากการทดสอบด้วย Tollens’ reagent ติดในหลอดทดลองและล้างไม่ออก ให้ล้างด้วย 10% HNO_3

2. ก่อนเตรียม Tollens' reagent ทุกครั้ง ต้องตรวจสอบน้ำกลั่นว่ามีคลอไรด์เจือปนหรือไม่ โดยนำน้ำกลั่นมาทดสอบกับ $AgNO_3$ ถ้าน้ำกลั่นมีสีขาวขุ่นแสดงว่ามีคลอไรด์ปนอยู่ ไม่สามารถนำมาเตรียมรีเอเจนต์ได้

3. Tollens’ reagent เมื่อเตรียมทิ้งไว้นาน ๆ จะทำให้ผลการทดสอบเกิดขึ้นได้ช้าหรือไม่เกิด เนื่องจากแอมโมเนียระเหยออกไป ดังนั้นจึงต้องเติมแอมโมเนียลงไปใน Tollens’ reagent เล็กน้อย จะทำให้รีเอเจนต์กลับมาใช้ได้อีกครั้ง

4. การทดสอบด้วย Tollens’ reagent หลอดทดลองต้องสะอาดและแห้ง

5. การทดสอบด้วยสารละลาย $KMnO_4$ ไม่ควรเติมมากเกินไป จะทำให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงได้ยาก

การจัดการของเสียในห้องปฏิบัติการ

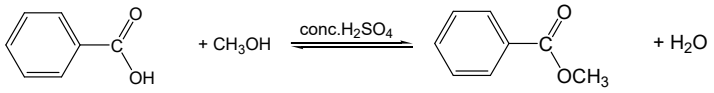
1. $KMnO_4$ และ Tollens' reagent ทิ้งของเสียในภาชนะ Oxidizing Waste (III)

2. ส่วนสารละลายในหลอดทดสอบอื่น ๆ ให้เทลงในอ่างน้ำแล้วชะด้วยน้ำให้สะอาด

3. จัดเตรียมภาชนะสำหรับใส่ Methyl benzoate ที่ได้จากการสังเคราะห์ของนิสิต

บันทึกผลการทดลองเรื่อง กรดคาร์บอกซิลิก

1. การเตรียมเอสเทอร์: Methyl benzoate

สมการ 

สารตั้งต้น

Methanol 12.5 mL (ความหนาแน่น 0.79 g/mL) = 15.82 g

= 0.49 mole

Benzoic acid 6.1 g = 0.05 mole

ฉะนั้น สารตั้งต้นที่ใช้มากเกินพอคือ Methanol

ผลิตภัณฑ์

Methyl benzoate ที่ได้มีสถานะ สี จุดเดือด °C

ปริมาตรที่ได้ mL (ความหนาแน่น 1.09 g/mL) = g

= mole

Percentage yield = x 100 = %

(หมายเหตุ ผลการทดลองการเตรียม Methyl benzoate ขึ้นอยู่กับนิสิต)

ตัวอย่างวิธีคำนวณ

1. หาน้ำหนักของ Methanol

จากสูตร $\mathrm{D} = \frac{\mathrm{M}}{\mathrm{V}}$

D = ความหนาแน่นของสาร (g/mL)

V = ปริมาตร (mL)

M = มวล (g)

แทนค่า $0.79\ \mathrm{g/mL} = \frac{12.5\ \mathrm{mL}}{\mathrm{M}}$

$$\mathrm{M} = 15.82\ \mathrm{g}$$

2. หาจำนวนโมลของ Methanol

จากสูตร $\mathrm{M} = \frac{g}{\mathrm{MW}}$

M = จำนวนโมลของสาร (mol)

g = น้ำหนักสาร (g)

MW = มวลโมเลกุล (g/mol)

แทนค่า $\mathrm{M} = \frac{15.82\ \mathrm{g}}{32.04\ \mathrm{g/mol}}$

$\mathrm{M} = 0.49\ \mathrm{mol}$

2. ปฏิกิริยาของกรดคาร์บอกซิลิก

รีเอเจนต์	**ผลที่สังเกตเห็น**			
	Formic acid	Acetic acid	Oxalic acid	Benzoic acid
2.1 การละลายในน้ำ เมื่อทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส	ละลายได้ สารละลายใส น้ำเงิน ⟶ แดง (+)	ละลายได้ สารละลายใส น้ำเงิน ⟶ แดง (+)	ละลายได้บางส่วน น้ำเงิน ⟶ แดง (+)	ละลายได้บางส่วน น้ำเงิน ⟶ แดง (+)
2.2 สารละลาย NaOH	ละลายได้ สารละลายใส (+)	ละลายได้ สารละลายใส (+)	ละลายได้ มีลักษณะเป็นวุ้น (+)	ละลายได้ สารละลายใส (+)
2.3 สารละลาย $NaHCO_3$	เกิดฟองแก๊ส (+)	เกิดฟองแก๊ส (+)	เกิดฟองแก๊ส (+)	เกิดฟองแก๊ส (+)
2.4 Tollens' reagent	ตะกอนสีดำ (+)	ตะกอนสีขาว (-)	ตะกอนสีขาว (-)	สารละลายใส ไม่มีสี (-)
2.5 สารละลาย $KMnO_4$	สารละลายใส ไม่มีสี (+)	สารละลายสีม่วง (-)	สารละลายใสไม่มีสี (+)	สารละลายสีม่วง (-)

ปฏิบัติการที่ 4
การทดลองเรื่อง เอมีน

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม นิสิตสามารถ

1. บอกความแตกต่างทางโครงสร้างระหว่างแอลิฟาติกและแอโรมาติกเอมีน ได้
2. อธิบายปฏิกิริยาต่าง ๆ ของแอมีนและเลือกใช้รีเอเจนต์สำหรับทดสอบเอมีนแต่ละประเภทได้
3. เปรียบเทียบความเป็นเบสระหว่างแอลิฟาติกและแอโรมาติกเอมีน ได้

หลักการ [1]

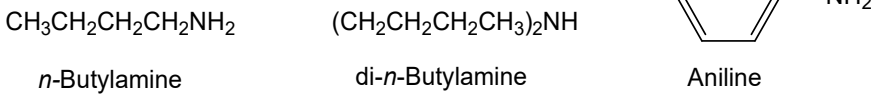
เอมีนแบ่งออกเป็น แอลิฟาติกเอมีน (aliphatic amine) และแอโรมาติกเอมีน (aromatic amine) แอลิฟาติกเอมีน คือ เอมีนที่หมู่แทนที่เป็นหมู่แอลคิลเท่านั้น เช่น ethylamine และ triethylamine ส่วนแอโรมาติกเอมีน เป็นเอมีนที่ไนโตรเจนอะตอมมีพันธะกับคาร์บอนของวงแหวนแอโรมาติกโดยตรงอย่างน้อยหนึ่งหมู่

เอมีนแบ่งออกเป็น 3 ชนิด

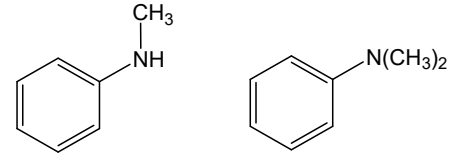
1. Primary amine (RNH_2) เช่น *n*-butylamine
2. Secondary amine (R_2NH) เช่น di-*n*-butylamine
3. Tertiary amine (R_3N) เช่น *N,N*-dimethylaniline

สารที่ใช้ในการทดสอบ คือ *n*-butylamine, aniline, *N*-methylaniline, *N,N*-dimethylaniline, di-*n*-butylamine และ Unknown

(Unknown 1 = *n*-butylamine Unknown 2 = *N*-methylaniline)



n-Butylamine di-*n*-Butylamine Aniline



N-Methyalinine *N,N*-Dimethylaniline

สารเคมีที่ใช้

1. 5% HCl
2. 5% NaOH
3. Phenolphthalein
4. Bromothymol blue
5. 2M KOH
6. Benzenesulfonyl chloride
7. 2M HCl
8. Sodium nitroprusside reagent A
9. Sodium nitroprusside reagent B
10. Acetone
11. 3M Acetaldehyde
12. sat. $ZnCl_2$
13. Conc. HCl
14. Sodium nitrite
15. 10% NaOH
16. β-Naphthol
17. น้ำโบรมีน (5% Br_2 ในน้ำ)

อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้

1. อ่างน้ำร้อน 50 ^{o}C
2. กระดาษลิตมัสสีแดงและน้ำเงิน
3 เตรียมน้ำแข็งสำหรับการทดลอง

ตารางที่ 4.6 วิธีเตรียมสารเคมีการทดลองที่ 4

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
5% HCl	เจือจาง Conc. HCl 139 mL ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	ค่อย ๆ เติมทีละหยดจนสารละลายมีสภาพเป็นกรด	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา เป็นพิษเมื่อหายใจเข้าไป
5% NaOH	ชั่ง NaOH 50 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	ค่อย ๆ เติมที่ละหยดจนสารละลายมีสภาพเป็นเบส	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา
10% NaOH	ชั่ง NaOH 100 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	5 mL x 1 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา
Phenolphthalein	ชั่ง Phenolphthalein 1 g ในเอทานอล 60 mL แล้วเติมน้ำลงไปจนครบ 100 mL ; ช่วงการเปลี่ยนสี pH 8.4 (ไม่มีสี) – 10.0 (สีแดง)	1 หยด x 2 หลอด x 100 คู่	เป็นพิษเมื่อกลืนกิน สัมผัสผิวหนังหรือสูดดมเข้าไป
Bromothymol blue	ชั่ง Bromothymol blue 0.10 g ใน 0.02M NaOH 8 mL แล้วเติมน้ำลงไปจนครบ 250 mL; ช่วงการเปลี่ยนสี pH 6.0 (เหลือง) – 7.6 (น้ำเงิน)	1 หยด x 2 หลอด x 100 คู่	ระคายเคืองตาและผิวหนัง

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) วิธีเตรียมสารเคมีการทดลองที่ 4

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
2M HCl	เจือจาง Conc. HCl 171 mL ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	8 mL x 5 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา เป็นพิษเมื่อหายใจเข้าไป
2M KOH	ชั่ง KOH 112 g ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 L	3 mL x 5 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances)
Sodium nitroprusside reagent A	ชั่ง sodium nitroprusside 3.9 g ละลายด้วย 50% เมทานอลในน้ำกลั่น 100 mL	1 mL x 3 หลอด x 100 คู่	สารพิษ (Toxic) เป็นพิษเมื่อกลืนกินเข้าไป
Sodium nitroprusside reagent B	ชั่ง Sodium nitroprusside 3.9 g ในสารละลายผสมระหว่าง dimethyl sulfoxide 80 mL และน้ำกลั่น 20 mL	1 mL x 3 หลอด x 100 คู่	สารพิษ (Toxic) เป็นพิษเมื่อกลืนกินเข้าไป
3M acetaldehyde	เจือจาง Acetaldehyde 85 mL ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 500 mL	1 หยด x 3 หลอด x 100 คู่	ของเหลวไวไฟ (Flammable liquids) ระคายเคืองต่อตาและระบบทางเดินหายใจ

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) วิธีเตรียมสารเคมีการทดลองที่ 4

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
sat. $ZnCl_2$	เติม $ZnCl_2$ ลงในน้ำกลั่น คนไปเรื่อย ๆ จนกระทั่ง $ZnCl_2$ ไม่ละลาย	2 หยด x 3 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) เป็นอันตราย เมื่อกลืนกินเข้าไป ทำให้ผิวหนังไหม้ และทำลายดวงตา
น้ำโบรมีน (5% Br_2/H_2O)	เติมโบรมีน 20 mL ลงในน้ำกลั่น 400 mL ให้ปิดด้วยจุกแก้วที่เคลือบด้วยปิโตรลาตัม (Petrolatum)	ค่อย ๆ หยดทีละหยดจนสารละลายขุ่นหรือมีตะกอน	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

ข้อควรระวัง

1. Sodium nitroprusside reagent B เป็นสารที่สลายตัวได้ง่าย เมื่อเตรียมเสร็จแล้วให้เก็บไว้ในตู้เย็น และควรแบ่งใส่ขวดหยดขนาดเล็กมาใช้
2. sat. $ZnCl_2$ เป็นสารที่อิ่มตัวได้ยาก ต้องใช้สารปริมาณมากในการเตรียม ดังนั้นสามารถเตรียมสารละลายนี้ โดยใช้ 10% $ZnCl_2$ แทน sat. $ZnCl_2$ ซึ่งจะให้ผลการทดสอบเช่นกัน
3. การเตรียมสารละลาย HCl ต้องเตรียมในตู้ดูดควันเนื่องจากมีไอระเหยทำให้ระคายเคืองผิวหนังได้
4. น้ำโบรมีน เป็นสารที่ระเหยง่ายเตรียมในตู้ดูดควันและต้องสวมถุงมือด้วยทุกครั้ง อย่าให้น้ำโบรมีนโดนมือจะทำให้ผิวหนังไหม้ได้

การจัดการของเสียในห้องปฏิบัติการ

1. สารเคมีจากการทดลองให้เทรวมกันไว้ในภาชนะทิ้งของเสียในภาชนะ NPS containing Waste (XI) ที่ทางห้องปฏิบัติการจัดเตรียมไว้ให้
2. สารละลายอื่น ๆ ที่ละลายน้ำได้และไม่เป็นอันตรายให้เททิ้งลงในอ่างน้ำ พร้อมกับชะล้างด้วยน้ำจำนวนมาก ๆ

บันทึกผลการทดลองเรื่อง เอมีน

1. การละลายและสมบัติความเป็นเบส

1.1 ทดสอบการละลาย

เอมีน / การทดสอบ	*n*-Butylamine	Aniline	*N,N*-Dimethylaniline
การละลายในน้ำ	ละลาย	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย
เมื่อทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส	เปลี่ยนสีจากแดงเป็นน้ำเงิน	ไม่เปลี่ยนสี	ไม่เปลี่ยนสี
เมื่อเติม 5% HCl จนเป็นกรด	ได้สารละลายใสไม่มีสี	ได้สารละลายใสไม่มีสี	ได้สารละลายใสไม่มีสี
เมื่อเติม 5% NaOH จนเป็นเบส	ได้สารละลายใสไม่มีสี	ได้สารละลายใสไม่มีสีและมีหยดน้ำมัน	ได้สารละลายใสไม่มีสี (หรือสีขาวขุ่น) มีน้ำมันลอยข้างบน

1.2 ทดสอบความเป็นเบสด้วยอินดิเคเตอร์

เอมีน / อินดิเคเตอร์	*n*-Butylamine	Aniline
ฟีนอล์ฟทาลีน	สี ชมพู ควรมี pH 8.0-10.0	สี ขาวขุ่น ควรมี pH ≤ 8.0
โบรโมไทมอลบลู	สี น้ำเงิน ควรมี pH ≥ 7.6	สี เขียว ควรมี pH 6.0-7.6
สรุป pH โดยประมาณ	8.0- 0	6.0-7.6

ฟีนอล์ฟทาลีน : pH 6.0 (สีเหลือง) –7.6 (สีน้ำเงิน) โบรโมไทมอลบลู: pH 8.0 (ไม่มีสี) –10.0 (สีแดง)

2. Hinsberg's Test

เอมีน / รีเอเจนต์	Aniline (1° amine)	*N*-Methylaniline (2° amine)	*N,N*-Dimethylaniline (3° amine)	Unknown I	Unknown II
เบนซีนซัลโฟนิลคลอไรด์ + KOH	ได้สารละลายใส	ได้สารละลายใสไม่มีสี มีตะกอน (หรือน้ำมัน) สีขาวอยู่ที่ก้นหลอด	ได้สารละลายใสไม่มีสี มีน้ำมันสีเหลืองลอยอยู่บนผิว (3° amine ไม่เกิดปฏิกิริยา)		
เมื่อเติม 2M M HCl	ได้ตะกอนสีขาวขุ่น (เป็นตะกอนละเอียด)	ได้สารละลายใสไม่มีสี มีตะกอน (หรือน้ำมัน) สีเหลืองอยู่ที่ก้น	ได้สารละลายใสไม่มีสี		

ผลการทดสอบ Unknown I จัดเป็นเอมีนประเภท .....

Unknown II จัดเป็นเอมีนประเภท.....

3. ปฏิกิริยากับน้ำโบรมีน

n-Butylamine	Aniline	Unknown I	Unknown II
ไม่ฟอกสีโบรมีน ได้สารละลายเหลือง	ฟอกสีโบรมีน ได้ตะกอนสีเหลืองหรือน้ำตาลอ่อน		

ผลการทดสอบ Unknown I จัดเป็นเอมีนประเภท .....

Unknown II จัดเป็นเอมีนประเภท.....

4. Sodium Nitroprusside Test

เอมีน / ปฏิกิริยา	*n*-Butylamine	Di-*n*-butylamine	Aniline	*N*-Methylaniline	*N,N*-Dimethylaniline	Unknown I	Unknown II
Ramini	สารละลายสีม่วง	สารละลายสีน้ำตาลแดง	-	-	-		
Simon	สารละลายสีน้ำตาล	สารละลายสีฟ้าเข้มหรือน้ำเงิน	-	-	-		
Modified Ramini	-	-	สารละลายสีส้มแดงหรือสีน้ำตาลแดง	สารละลายสีเขียวแกมฟ้า	สารละลายสีเขียวอ่อน		
Modified Simon	-	-	สารละลายสีส้มแดงหรือสีน้ำตาลแดง	สารละลายสีม่วง	สารละลายสีเขียวแกมฟ้า		

ผลการทดสอบ Unknown I จัดเป็นเอมีนประเภท .....

Unknown II จัดเป็นเอมีนประเภท.....

5. ปฏิกิริยากับกรดไนตรัส

การทดสอบ / เอมีน	*n*-Butylamine	Aniline	Unknown I	Unknown II
เมื่อเติมสารละลายโซเดียมไนไตรต์ที่ 0 °C มีแก๊สเกิดขึ้นหรือไม่	เกิดฟองแก๊สมาก	ไม่เกิดฟองแก๊ส		
เมื่อนำสารละลายส่วนหนึ่งไปอุ่นที่ 50 °C	เกิดฟองแก๊ส	เกิดฟองแก๊สมาก		
เมื่อ coupling กับสารละลาย β-naphthol ใน NaOH ที่ 0 °C	ได้ตะกอนสีน้ำตาล	ได้ตะกอนสีแดงส้ม		

ผลการทดสอบ Unknown I จัดเป็นเอมีนประเภท .....

Unknown II จัดเป็นเอมีนประเภท.....

ปฏิบัติการที่ 5
การทดลองเรื่อง เอไมด์และไนไตรล์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม นิสิตสามารถ

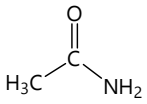
1. เขียนสูตรโครงสร้างของเอไมด์ ได้
2. อธิบายและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่ทำการทดลองได้

หลักการ [1]

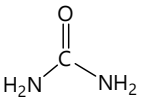
เอไมด์ หรือ เอมีด เป็นอนุพันธ์หนึ่งของกรดคาร์บอกซิลิกที่มาจากปฏิกิริยาคอนเดนเซชัน (condensation) ของกรดคาร์บอกซิลิกกับแอมโมเนีย หรือ 1° แอมีน หรือ 2° แอมีน โดยหมู่ -OH ของหมู่คาร์บอกซิลถูกแทนที่ด้วยหมู่ amino ($-NH_2$) จะเป็น unsubstituted (primary) amide หรือถูกแทนที่ด้วยหมู่ alkylamino ($-NHR'$, $-NR'R''$) จะเป็น monosubstituted (secondary) amide และ disubstituted (tertiary) amide ตามลำดับ เอไมด์มีสูตรทั่วไปเป็น $RCONH_2$ หรือ $RCONHR'$

ไนไตรล์ คือสารประกอบที่มีหมู่ไซยาไนด์ (-CN) ต่ออยู่กับหมู่แอลคิลหรือแอริล ซึ่งอาจเรียกเป็นแอลิฟาติกไนไตรล์ (aliphatic nitrile, RCN) หรือ แอโรมาติกไนไตรล์ (aromatic nitrile, ArCN)

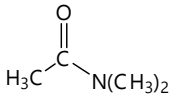
สารตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ คือ acetamide, *N,N*–dimethylacetamide, urea, benzamide acetonitrile, benzonitrile และ acetanilide



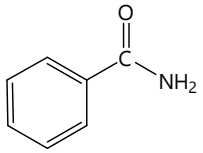
Acetamide



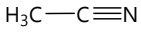
Urea



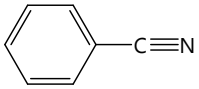
N,N-Dimethylacetamide



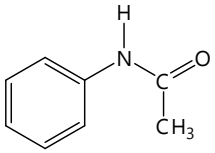
Benzamide



Acetonitrile



Benzonitrile



Acetanilide

สารเคมีที่ใช้

1. 10% NaOH
2. 25% NaOH
3. 10% H_2SO_4
4. Ether
5. Conc. HCl
6. Conc. H_2SO_4
7. 5% $NaHCO_3$
8. 5% $NaNO_2$
9. Ferric hydroxamate reagent
10. 1M HCl
11. 5% $FeCl_3$

12. Sodium nitroprusside B

13. sat.$ZnCl_2$

14. Acetone

15. Methanol

อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้

1. เครื่องยูวี

2. ชุดกรองดูด

3. กระดาษลิตมัส

4. แผ่น TLC

5. เครื่องหาจุดหลอมเหลว

6. น้ำแข็งสำหรับการทดลองนี้

สำหรับการทดลองนี้ต้องจัดตะกร้าให้แก่นิสิต 2 คน ต่อ 1 ตะกร้า ให้นิสิตมาเบิกที่หน้าเคาน์เตอร์

รายการ	**จำนวน(ชิ้น)**
1. กรวยกรองดูด (Hirsch funnel)	1
2. ขวดกรองดูด	1
3. แผ่น TLC ขนาด 2 X 2.5 cm	1

ตารางที่ 4.7 วิธีเตรียมสารเคมีการทดลองที่ 5

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
10% H_2SO_4	เจือจาง Conc. H_2SO_4 105 g ละลายด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 L	10 mL x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา
25% NaOH	ชั่ง NaOH 250 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	5 mL x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา
10% NaOH	ชั่ง NaOH 100 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	5 mL x 5 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา
5% $NaHCO_3$	ชั่ง $NaHCO_3$ 50 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	5 mL x 1 หลอด x 100 คู่	การสัมผัสผิวหนัง,ตา และการหายใจเข้าไปจะทำให้เกิดเกิดการระคายเคือง
Ferric hydroxamate reagent	ชั่ง $NH_2OH.HCl$ 35 g ละลายด้วย 95% ethanol แล้วปรับให้ได้ปริมาตร 1 L	1 mL x 5 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances)
5% $FeCl_3$	ชั่ง $FeCl_3$ 50 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	1 หยด x 5 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ระคายเคืองผิวหนังและทำลายดวงตาอย่างรุนแรง เป็นอันตรายเมื่อกินเข้าไป

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) วิธีเตรียมสารเคมีการทดลองที่ 5

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
Sodium nitroprusside reagent B	ชั่ง sodium nitroprusside 3.9 g ในสารละลายผสมระหว่าง dimethyl sulfoxide 80 mL และน้ำกลั่น 20 mL	1 mL x 1 หลอด x 100 คู่	สารพิษ (Toxic) เป็นพิษเมื่อกลืนกินเข้าไป
5% $NaNO_2$	ชั่ง $NaNO_2$ 50 g ละลายด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 L	4 หยด x 5 หลอด x 100 คู่	สารออกซิไดซ์ (Oxidizing substances) ช่วยเร่งการลุกไหม้ให้รุนแรงขึ้น เป็นอันตรายเมื่อกลืนกินเข้าไป
1M HCl	เจือจาง Conc. HCl 85.5 mL ละลายด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 L	2 mL x 5 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา เป็นพิษเมื่อหายใจเข้าไป
sat. $ZnCl_2$	เติม $ZnCl_2$ ลงในน้ำกลั่นคนไปเรื่อย ๆ จนกระทั่ง $ZnCl_2$ ไม่ละลายอีก	2 หยด x 1 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) เป็นอันตราย เมื่อกลืนกินเข้าไป ทำให้ผิวหนังไหม้และทำลายดวงตา

ข้อควรสังเกต

1. Sodium nitroprusside reagent B เป็นสารที่สลายตัวได้ง่าย เมื่อเตรียมเสร็จแล้ว ให้เก็บไว้ในตู้เย็น และควรแบ่งใส่ขวดหยดเล็ก ๆ มาใช้

2. sat.$ZnCl_2$ เป็นสารที่อิ่มตัวได้ยาก ต้องใช้สารปริมาณมากในการเตรียม ดังนั้นสามารถเตรียมสารละลายนี้โดยใช้ 10% $ZnCl_2$ แทน sat. $ZnCl_2$ ซึ่งจะให้ผลการทดสอบเช่นกัน

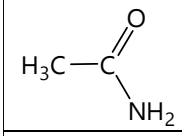
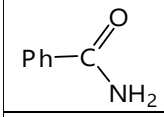
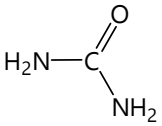
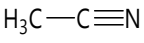
การจัดการของเสียในห้องปฏิบัติการ

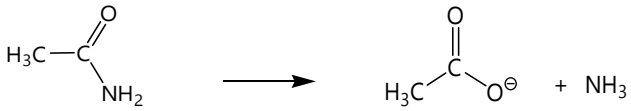
1. สารอินทรีย์อื่น ๆ ที่ไม่ละลายน้ำ ให้เทลงในภาชนะ Oxygenated waste

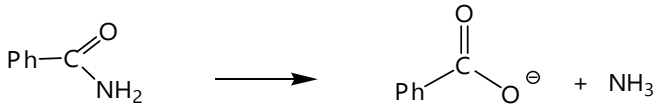
2. สารละลายในน้ำทั้งหมดสามารถเททิ้งลงอ่างได้หลังจากปรับสภาวะให้เป็นกลางแล้ว

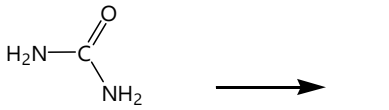
บันทึกผลการทดลองเรื่อง เอไมด์และไนไตรล์

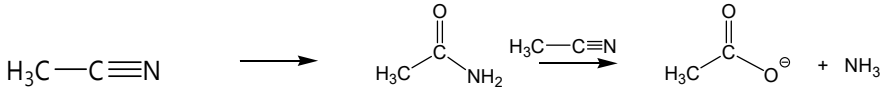
1. ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสใน NaOH

สารตัวอย่าง	เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส (นาที)
Acetamide 	1
Benzamide 	2.30
Urea 	8
Acetonitrile 	1.30

สมการ 

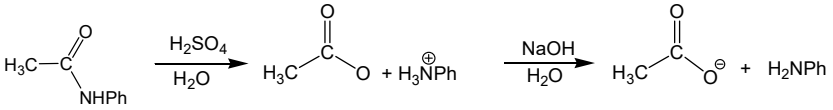
สมการ 

สมการ 

สมการ 

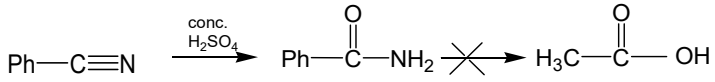
2. ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในกรด

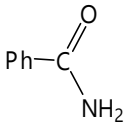
2.1 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของ Substituted amide (acetanilide)

สมการ 

เอมีนที่ได้จากปฏิกิริยา คือ aniline มีลักษณะ ของเหลวสีน้ำตาลอ่อน
ผลที่สังเกตเห็นจากการวิเคราะห์เอมีนโดยใช้ modified Ramini test คือ สารละลายสีน้ำตาลแดง

2.2 การควบคุมปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไนไตรล์ (Benzonitrile) ให้เป็นเอไมด์

สมการ 

	สูตรโครงสร้าง/ ลักษณะ	น้ำหนักโมเลกุล (g/mol)	น้ำหนัก (กรัม)	จำนวนโมล	ผลผลิตร้อยละ (%)
Benzonitrile	ของเหลวใสไม่มีสี	103.12	.....	.....	.....
ผลิตภัณฑ์	 ของแข็งสีขาว	121.14	.....	.....	.....

แสดงวิธีคำนวณจำนวนโมลและผลผลิตร้อยละ

วาดรูปแผ่น TLC

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางจากจุดเริ่มต้นถึงแนวที่ขีดไว้ด้านบน (ซม.)}}{\text{ระยะทางจากจุดเริ่มต้นถึงจุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ (ซม.)}}$$

ค่า R_f ของผลิตภัณฑ์ (แสดงวิธีคำนวณด้วย)

ค่า R_f ของ benzamide (แสดงวิธีคำนวณด้วย)

*__หมายเหตุ__ นิสิตใช้ผลที่ได้จากการทดลองในการคำนวณ

ปฏิบัติการที่ 6
การทดลองเรื่อง เอสเทอร์และไขมัน

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม นิสิตสามารถ

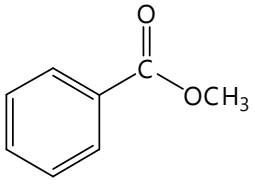
1. บอกความเหมือนและความแตกต่างระหว่างเอสเทอร์และไขมันได้
2. เตรียมสบู่อย่างง่ายจากน้ำมันมะพร้าวได้

หลักการ [1]

เอสเทอร์เป็นอนุพันธ์ของกรดคาร์บอกซิลิกที่มีความสำคัญอย่างยิ่งชนิดหนึ่ง มีสูตรทั่วไปเป็น RCOOR′ เอสเทอร์เป็นสารประกอบที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในธรรมชาติในผลิตภัณฑ์จากพืชและสัตว์ อาทิเช่น ขี้ผึ้ง น้ำมันพืช และน้ำมันจากสัตว์ที่ใช้ปรุงอาหาร สารที่มีกลิ่นหอมบางชนิดในดอกไม้ ผลไม้ เป็นต้น เอสเทอร์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจะเป็นของเหลวและบางชนิดมีกลิ่นหอม เอสเทอร์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ขึ้น กลิ่นจะหมดไป และจะมีสถานะค่อย ๆ เปลี่ยนจากของเหลวเป็นของแข็ง เอสเทอร์เป็นสารประกอบที่มีส่วนร่วมในกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ของสิ่งมีชีวิต และเป็นองค์ประกอบหนึ่งของสารทางชีวภาพต่าง ๆ มากมาย นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันหลายชนิดประกอบไปด้วยสารประกอบเอสเทอร์ที่ได้มาทั้งจากธรรมชาติและสังเคราะห์ขึ้น ตัวอย่างเช่น น้ำยาล้างเล็บ เส้นใยพอลิเอสเทอร์ (polyester) สารลดแรงตึงผิว (surfactant) ในน้ำยาทำความสะอาด น้ำหอม รวมทั้งสารแต่งกลิ่นในอาหารและเครื่องดื่ม เป็นต้น

ไขมัน (Fat) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสำรองที่สำคัญอย่างหนึ่งของสิ่งมีชีวิตนั้น เป็นสารประกอบเอสเทอร์ของ glycerol กับกรดไขมัน (fatty acid) โดย glycerol เป็นสารประกอบแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล 3 หมู่ ($HOCH_2CHOHCH_2OH$) ส่วนกรดไขมันในธรรมชาติเป็นสารประเภทกรดคาร์บอกซิลิกที่มีสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนเป็นแบบโซ่ตรงและมีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 4 ถึง 40 อะตอม ในทางเคมีเราสามารถเรียกไขมันได้อีกอย่างว่า glycerol ester glyceride หรือ triglyceride (เนื่องจาก glycerol 1 โมเลกุลสามารถรวมกับกรดไขมันได้ถึง 3 โมเลกุล)

สารตัวอย่างที่ใช้ในทดสอบ คือ Methyl benzoate, น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันลินสีด



Methyl benzoate

สารเคมีที่ใช้

1. 5% $CaCl_2$
2. 5% $MgSO_4$
3. 6M HCl
4. sat. NaCl
5. Ethanol
6. Ether
7. Ferric Hydroxamate test
8. 6M NaOH
9. 1M HCl
10. 5% $FeCl_3$
11. $CHCl_3$
12. 15% KI
13. 0.1N $Na_2S_2O_3$
14. สารละลายไอโอดีน (Iodine Solution) สำหรับใช้ทดสอบ iodine absorption test
15.กระดาษลิตมัส

ตารางที่ 4.8 วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 6

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
5% $CaCl_2$	ชั่ง $CaCl_2$ 5 g ละลายด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 100 mL	1 mL x 1 หลอด x 100 คู่	ระคายเคืองตาและผิวหนัง
5% $MgSO_4$	ชั่ง $MgSO_4$ 5 g ละลายด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 100 L	1 mL x 1 หลอด x 100 คู่	ระคายเคืองตาและผิวหนัง
6M NaOH	ชั่ง NaOH 240 g ละลายด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 L	4 หยด x 4 หลอด x 100 คู่ เติมจนสารละลายมีฤทธิ์เป็นเบส	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 6

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
6M HCl	เจือจาง Conc. HCl 513 mL ด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 L	4 หยด x 4 หลอด x 100 คู่ เติมจนสารละลายมีฤทธิ์เป็นกรด	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรง และทำลายดวงตา เป็นพิษเมื่อหายใจเข้าไป
sat. NaCl	เติม NaCl ลงไปในน้ำกลั่น คนไปเรื่อย ๆ จน NaCl ไม่ละลายอีก	1 mL x 4 หลอด x 100 คู่	ไม่เป็นอันตราย
5% $FeCl_3$	ชั่ง $FeCl_3$ 50 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L และเติมกรด HCl เจือจางเล็กน้อย (พอให้เป็นกรด)	1 หยด x 1 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ระคายเคืองผิวหนังและทำลายดวงตาอย่างรุนแรง เป็นอันตรายเมื่อกินเข้าไป
Iodine Solution (สำหรับ iodine absorption test)	ชั่งไอโอดีน 13.2 g ละลายด้วย acetic acid 1 L โดยใช้ความร้อนช่วย ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติมโบรมีนลงไป 3 mL กวนให้เข้ากันดี (เก็บไว้ในขวดสีชา)	30 หยด x 3 หยด x 100 คู่	เป็นอันตรายเมื่อหายใจเข้าไปและสัมผัสผิวหนัง เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมที่อยู่ในน้ำ
1M HCl	เจือจาง Conc. HCl 85.5 mL ด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 L	2 mL x 4 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรง และทำลายดวงตา เป็นพิษเมื่อหายใจเข้าไป

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 6

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
Ferric Hydroxamate reagent	ชั่ง $NH_2OH.HCl$ 35 g นำมาละลายด้วย 95% ethanol ปรับให้ได้ปริมาตร 1 L	1 mL x 4 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา
15% KI	ชั่ง KI 150 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	1 mL x 3 หลอด x 100 คู่	เป็นอันตรายต่อสุขภาพเมื่อสัมผัสเวลานาน ทำลายดวงตาอย่างรุนแรง
0.1N $Na_2S_2O_3$	ชั่ง $Na_2S_2O_3$ 15.8 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	1 mL x 3 หลอด x 100 คู่	ระคายเคืองดวงตาและผิวหนัง

ข้อควรสังเกต

1. 5% $FeCl_3$ ต้องเตรียมใหม่ ๆ ทุกครั้ง ถ้าเตรียมทิ้งไว้นาน ๆ จะมีตะกอนของ $Fe(OH)_3$ เกิดขึ้น ดังนั้นก่อนเตรียมสารละลายชนิดนี้จึงปรับน้ำกลั่นให้อยู่ในสภาวะเป็นกรด (pH = 5) โดยการเติมกรด HCl ลงไปในน้ำกลั่นก่อนเตรียมสารละลาย
2. 15% KI เมื่อเตรียมทิ้งไว้นานๆจะมีสีเหลืองของไอโอดีนเกิดขึ้น ดังนั้นตอนเตรียมสารละลายนี้ต้องปรับน้ำกลั่นให้อยู่ในสภาวะที่เป็นเบส (pH = 8) โดยการเติม KOH ลงไปในน้ำกลั่นก่อนเตรียมสารละลาย
3. น้ำลินสีดจะมีสีเข้มจะสังเกตผลการทดสอบได้ยาก ดังนั้นขณะทำการทดลองต้องทำ blank เทียบ
4. ความสามารถในการละลายของ NaCl ในน้ำ จะอยู่ที่ประมาณ 35 g/100 mL
5. สารละลายไอโอดีนต้องเตรียมในตู้ควัน (Hood) เนื่องจากมีกลิ่นแรงมากและทำให้แสบจมูก

การจัดการของเสียในห้องปฏิบัติการ

1. สารละลายที่ได้จากการไฮโดรไลส์ของน้ำมันมะพร้าว สารละลายที่ได้จากการทดสอบสบู่ และสารละลายที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายอื่น ๆ ให้เทลงในอ่างน้ำ แล้วชะตามด้วยน้ำมาก ๆ
2. สารละลายคลอโรฟอร์มให้เทลงในขวดใส่สารเคมีที่เป็น Halogenated Waste (XII)
3. Ferric hydroxamate test ให้เทลงในขวดใส่สารเคมีที่เป็น Oxygenated Waste (X)

บันทึกผลการทดลองเรื่อง เอสเทอร์และไขมัน

1. Iodine Absorption Test

น้ำมัน	**จำนวนหยดของสารละลาย$Na_2S_2O_3$**
Blank test	18
น้ำมันมะพร้าว	25
น้ำมันลินสีด	14

น้ำมันที่มีค่าความไม่อิ่มตัว *มากที่สุด* คือ ลินสีด > มะพร้าว

2. ปฏิกิริยาของสารละลายสบู่

ผลที่สังเกตเห็น :

2.1 น้ำสบู่กับสารละลายเกลือแคลเซียม

สารที่เกิดขึ้นคือ ไคลสบู่ หรือ $(RCOO)_2Ca$

ลักษณะ ตะกอนขาว

สมการแสดงปฏิกิริยา $2\ RCOONa + CaCl_2 \longrightarrow (RCOO)_2Ca\downarrow + 2\ NaCl$

น้ำสบู่กับสารละลายเกลือแมกนีเซียม

สารที่เกิดขึ้นคือ ไคลสบู่ หรือ $(RCOO)_2Mg$

ลักษณะ ตะกอนขาว

สมการแสดงปฏิกิริยา $2\ RCOONa + MgCl_2 \longrightarrow (RCOO)_2Mg\downarrow + 2\ NaCl$

2.2 น้ำสบู่กับกรดอนินทรีย์

สารที่เกิดขึ้นคือ Carboxylic acid

ลักษณะ สารละลายขุ่นมีตะกอนหรือมีน้ำมันลอยอยู่ข้างบน

สมการแสดงปฏิกิริยา $RCOONa + HCl \longrightarrow RCOOH + NaCl$

2.3 น้ำสบู่กับสารละลาย NaCl อิ่มตัว (Salting out)

ของแข็งที่แยกออกมาคือ สบู่

เพราะ NaCl ละลายน้ำได้ดีกว่าจึงทำให้สารละลายอิ่มตัว สบู่ซึ่งละลายน้ำได้น้อยกว่าจะตกตะกอนเป็นของแข็ง

3. **การละลาย** (ถ้าไม่ละลาย ให้รายงานด้วยว่าสารตัวอย่างเบาหรือหนักกว่าตัวทำละลาย)

สารตัวอย่าง	น้ำ	แอลกอฮอล์	อีเทอร์	หมายเหตุ
Methyl benzoate	ไม่ละลาย	ละลาย	ละลาย	ให้เขียนว่า ละลาย หรือไม่ละลาย
	หนักกว่าน้ำ	-	-	ให้เขียนว่า เบากว่าหรือหนักกว่าตัวทำละลาย
น้ำมันมะพร้าว	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	ละลาย	ให้เขียนว่า ละลาย หรือไม่ละลาย
	เบากว่าน้ำ	หนักกว่าแอลกอฮอล์	-	ให้เขียนว่า เบากว่าหรือหนักกว่าตัวทำละลาย

4. Ferric Hydroxamate Test

สารตัวอย่าง	สีของสารละลายที่ได้
Blank test	เหลือง
Methyl benzoate	ม่วง
น้ำมันมะพร้าว	น้ำตาลแดง

ปฏิบัติการที่ 7
การทดลองเรื่อง โปรตีน

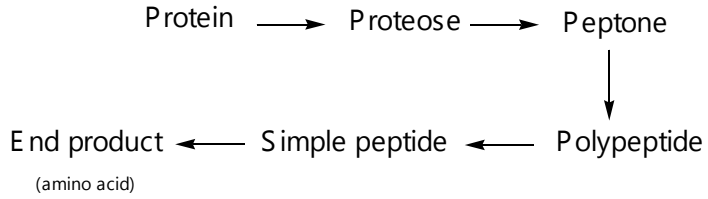
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม นิสิตสามารถ

1. อธิบายโครงสร้างทั่วไปของโปรตีนได้
2. บอกความแตกต่างระหว่างโปรตีนกับกรดอะมิโนได้
3. อธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับโปรตีนได้

หลักการ [1]

โปรตีนเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างซับซ้อน มีจุดหลอมเหลวหรือจุดสลายตัวที่ไม่แน่นอน โปรตีนเป็นอาหารที่สำคัญและจำเป็นสำหรับร่างกายเช่นเดียวกับไขมันและคาร์โบไฮเดรต ตัวอย่างของโปรตีนที่เรารู้จักกันดี ได้แก่ อัลบูมิน (albumin) คาซีน (casein) เจลาติน (gelatin) เป็นต้น ธาตุที่เป็นองค์ประกอบในโปรตีน นอกจากจะประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เช่นเดียวกับที่มีในไขมันและคาร์โบไฮเดรตแล้ว ยังประกอบด้วยไนโตรเจนและซัลเฟอร์ และในบางกรณีก็มีฟอสฟอรัสอยู่ด้วย ปริมาณของไนโตรเจนที่มีอยู่ในโปรตีนในอาหารโดยเฉลี่ยประมาณ 16% โปรตีนมีมวลโมเลกุลที่สูงมาก อาจมีค่าได้ตั้งแต่ 15,000 ถึง 20,000,000 เมื่อนำโปรตีนมาละลายในน้ำ จะได้เป็นสารละลายคอลลอยด์ (colloidal solution) ซึ่งไม่สามารถ dialyze ผ่านเยื่อ จึงสามารถแยกโปรตีนออกจากสารที่ละลายในน้ำได้ง่าย

เมื่อถูกไฮโดรไลซ์ โมเลกุลขนาดใหญ่ของโปรตีนจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็กลง ๆ ตามลำดับดังนี้



สารตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ คือ 1% สารละลายไข่ขาว, 2% สารละลายวุ้น, ผงวุ้น, ผงอัลบูมิน และ 2% phenol

สารเคมีที่ใช้

1. Ethanol
2. Conc. HCl
3. Conc. HNO_3
4. Conc. NaOH (6M NaOH)
5. 10% HCl
6. 10% $CuSO_4$
7. $K_3(Fe(CN)_6)$
8. 1% $CuSO_4$
9. 0.1% Ninhydrin
10. 1% α-Nitroso-β-naphthol ใน ethanol
11. Formaldehyde
12. Conc. H_2SO_4
13. 10% NaOH

<u>อุปกรณ์ที่ใช้</u>

1. เทอร์โมมิเตอร์
2. อ่างน้ำร้อน 90 ^{o}C

ตารางที่ 4.9 วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 7

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
10% HCl	เจือจาง Conc. HCl 178 mL ด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 L	4 หยด x 2 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา เป็นพิษเมื่อหายใจเข้าไป
5% $K_3(Fe(CN)_6)$	ชั่ง $K_3(Fe(CN)_6)$ 5 g ละลายด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 L	2 หยด x 3 หลอด x 100 คู่	ระคายเคืองต่อดวงตาเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ
10% $CuSO_4$	ชั่ง $CuSO_4$ 100 g ละลายด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 L	1 mL x 4 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ
1% $CuSO_4$	ชั่ง $CuSO_4$ 10 g ละลายด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 L	1 หยด x 2 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ
0.1% Ninhydrin	ละลาย Ninhydrin 0.1 g ด้วยเอทานอล 100 mL (สารละลายนี้ต้องเตรียมใช้ใหม่ ๆ)	1 mL x 2 หลอด x 100 คู่	เป็นอันตรายเมื่อกลืนกิน ระคายเคืองผิวหนังและดวงตา
1% α-Nitroso-β-naphthol ใน ethanol	ชั่ง α-Nitroso-β-naphthol 1 g ละลายด้วยเอทานอล 100 mL	5 หยด x 2 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 7

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
10% NaOH	ชั่ง NaOH 100 g ละลายด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 L	1.5 mL x 2 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา
2% สารละลายวุ้น	ชั่งผงวุ้น 10 g ละลายด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 L	5 mL x 100 คู่	ไม่เป็นอันตราย
1% สารละลายไข่ขาว	ชั่งผงไข่ขาว 10 g ละลายด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 L	23 mL x 100 คู่	ไม่เป็นอันตราย

ข้อควรระวัง

0.1% Ninhydrin ก่อนใช้ต้องสวมถุงมือทุกครั้ง เนื่องจากผิวหนังมีโปรตีนอยู่เมื่อสัมผัสกับ 0.1% Ninhydrin จะทำให้ผิวหนังมีสีม่วง

การจัดการกากของเสียเคมี

1. $K_3(Fe(CN)_6)$ ทิ้งในภาชนะ Cyanide Waste (II)
2. $CuSO_4$ ทิ้งในภาชนะ Heavy Metal Waste (VI)
3. สำหรับการทดลองอื่นให้ปรับสภาพให้เป็นกลางก่อนทิ้งลงอ่างน้ำ แล้วเปิดน้ำตาม

บันทึกผลการทดลองเรื่อง โปรตีน

1. การตกตะกอนของโปรตีนที่ Isoelectric Point

	1	2	3	4	5
pH ของสารละลาย	4.72	4.55	3.96	3.42	3.06
ปริมาณของตะกอน	+	++	+++	++	0

ปริมาณตะกอนให้ระบุ +++ (ตะกอนมาก), ++ (ตะกอนปานกลาง), + (ตะกอนน้อย) หรือ 0 (ไม่มีตะกอน)

ค่า pI ของ casein อยู่ที่ pH 3.96 (ปริมาณของตะกอนที่มากที่สุด)

หมายเหตุ การทดลองนี้ทางห้องปฏิบัติการเตรียมไว้ ให้นิสิตดูปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้น

2. การจับก้อนของอัลบูมิน

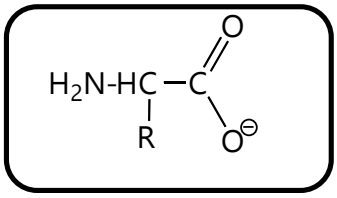
หลอดที่	การทดลอง	ผลที่สังเกตเห็น
1	ตกตะกอนที่อุณหภูมิ (^{o}C)	ประมาณ 70 ^{o}C
2	ในเอทานอล	สารละลายขุ่น
3	ใน HCl	สารละลายขุ่น มีตะกอนขาว
4	ใน HNO_3	สารละลายขุ่น มีตะกอนสีขาว
5	ใน NaOH	สารละลายใส

3. การตกตะกอนของโปรตีนด้วยแคตไอออนโดยใช้สารละลาย $CuSO_4$

หลอดที่	สารละลาย $CuSO_4$ ใน	ผลที่สังเกตเห็น
1	สารละลายอัลบูมิน	มีตะกอน
2	สารละลายอัลบูมินและ HCl	สารละลายใสไม่มีสี
3	สารละลายอัลบูมินและ NaOH	มีตะกอนมากกว่าหลอดที่ 4 สารละลายสีฟ้า
4	น้ำและ NaOH (Blank test)	มีตะกอน สารละลายสีน้ำเงิน

อัลบูมินตกตะกอนด้วยแคทไอออนได้เร็วในสารละลายที่เป็น เบส (กรด, กลาง หรือเบส)

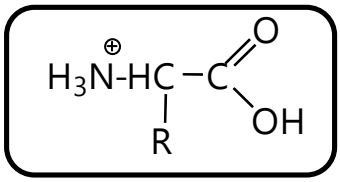
โดยกรดอะมิโนของอัลบูมินจะมีโครงสร้างใน pH ดังกล่าว เป็นดังนี้



4. การตกตะกอนของโปรตีนด้วยแอนไอออน โดยใช้สารละลาย $K_3Fe(CN)_6$

หลอดที่	สารละลาย $K_3[Fe(CN)_6]$ ใน	ผลที่สังเกตเห็น
1	สารละลายอัลบูมิน	สารละลายสีเหลือง
2	สารละลายอัลบูมินและ HCl	สารละลายขุ่น มีตะกอนขาว
3	สารละลายอัลบูมินและ NaOH	สารละลายใสสีเหลือง

อัลบูมินตกตะกอนด้วยแอนไอออนได้เร็วในสารละลายที่เป็น ....กรด.... (กรด กลาง หรือ เบส) โดยกรดอะมิโนของอัลบูมินจะมีโครงสร้างใน pH ดังกล่าว เป็นดังนี้



5. Heller's Ring Test

ผลที่สังเกตเห็นตรงรอยต่อระหว่างชั้นของสารละลาย คือ .....สารละลายแยกออกเป็น 3 ชั้น ชั้นกลางสารละลายขุ่น

6. ปฏิกิริยาให้สีของโปรตีน (Color Reaction)

การทดลอง	ผลที่สังเกตเห็นสำหรับ	
	อัลบูมิน	วุ้น
6.1 Biuret Test	สารละลายสีม่วง	สารละลายสีม่วง
6.2 Ninhydrin Test	สารละลายสีน้ำเงิน	สารละลายสีน้ำเงิน
6.3 Xanthoproteic Reaction - เมื่อเติมกรดไนตริก - เมื่อเติม NaOH	 ตะกอนขาว ตะกอนสีเหลือง	 สารละลายใส สารละลายสีเหลือง
6.4 Aldehyde-Tryptophane Reaction	ได้วงแหวนสีเหลือง	ไม่เกิดวงแหวน

ปฏิบัติการที่ 8
การทดลองเรื่อง คาร์โบไฮเดรต

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม นิสิตสามารถ

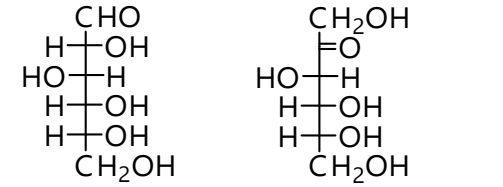
1. บอกโครงสร้างทั่วไปของคาร์โบไฮเดรตได้
2. บอกความแตกต่างระหว่าง Mono-, Disaccharide และ Polysaccharide ได้
3. อธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับคาร์โบไฮเดรตแต่ละชนิดได้

หลักการ [1]

คาร์โบไฮเดรตเป็นสารประกอบที่มีอยู่ทั่ว ๆ ไปในพืชและสัตว์ มีโครงสร้างของโมเลกุลเป็นสารประกอบพวก polyhydroxy aldehyde, polyhydroxy ketone หรือสารประกอบที่เมื่อถูกไฮโดรไลซ์แล้วได้สารดังกล่าว ในโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน โดยปกติอัตราส่วนโดยจำนวนอะตอมของไฮโดรเจนต่อออกซิเจนในโมเลกุลจะเป็น 2:1 เช่นเดียวกับในโมเลกุลของน้ำ อาจมีสูตรโมเลกุลเป็น $(CH_2O)_x$ หรือ $C_x(H_2O)_y$ เช่น $C_6H_{10}O_5$, $C_6H_{12}O_6$, $C_{12}H_{22}O_{11}$ เป็นต้น แต่สูตรโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตบางตัวก็ไม่มีอัตราส่วนตามนี้ เช่น น้ำตาล rhamnose มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_6H_{12}O_5$ และสารประกอบบางชนิดที่มีอัตราส่วนตามนี้แต่ไม่จัดว่าเป็นคาร์โบไฮเดรตก็มี เช่น acetic acid ($C_2H_4O_2$) เป็นต้น

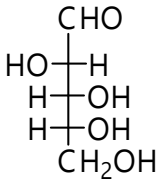
<u>Mono- และ Disaccharide</u>

สารตัวอย่างที่ใช้ในทดสอบ คือ 0.1M อะราบิโนส, 0.1M กลูโคส, 0.1M ฟรุกโทส, 0.1M มอลโทส และ 0.1M ซูโครส

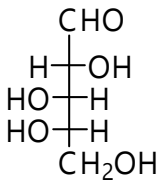


D(+)-Glucose

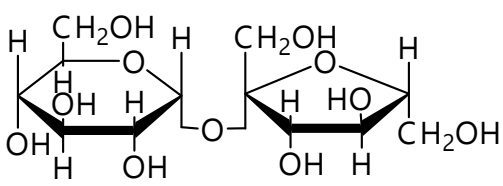
D(-)-Fructose



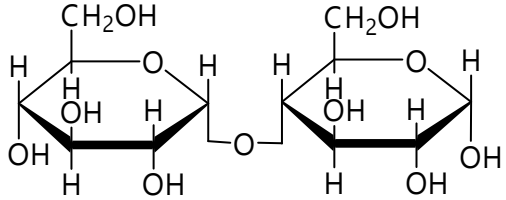
D-Arabinose



L-Arabinose



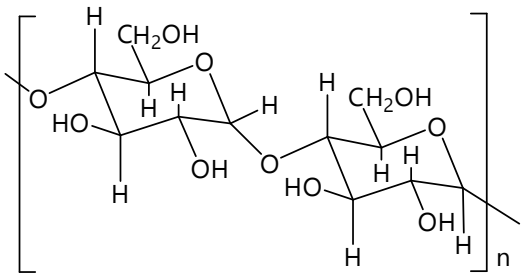
Sucrose



Maltose

Polysaccharide

สารตัวอย่างที่ใช้ในทดสอบ คือ 1% น้ำแป้ง



Starch (a-glucoside configuration)

สารเคมีที่ใช้

1. 5% Naphthol ใน ethanol
2. Conc. H_2SO_4
3. Seliwanoff's reagent
4. 2% aniline ใน CH_3COOH
5. Tollens' reagent
6. Benedict's reagent
7. Barfoed's reagent
8. Schiff's reagent
9. 20% HCl
10. 20% NaOH
11. Iodine ใน Potassium Iodide (I_2/KI)
12. 0.1N $Na_2S_2O_3$
13. Conc. HCl

อุปกรณ์ที่ใช้

1. อ่างน้ำร้อน 95 ^{o}C
2. กระดาษลิตมัส

ทางห้องปฏิบัติเตรียมการทดลองให้นิสิตดูเป็นตัวอย่าง มีดังนี้

1. Parchment paper
2. Dialysis of Carbohydrate
3. Osazone Formation

ตารางที่ 4.10 วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 8

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
0.1M อะราบิโนส	ชั่ง อะราบิโนส 15.01 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	1 mL x 10 หลอด x 100 คู่	ไม่เป็นอันตราย
0.1M กลูโคส	ชั่ง กลูโคส 18.016 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	1 mL x 10 หลอด x 100 คู่	ไม่เป็นอันตราย
0.1M ฟรุกโทส	ชั่ง ฟรุกโทส 18.016 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	1 mL x 10 หลอด x 100 คู่	ไม่เป็นอันตราย
0.1M มอลโทส	ชั่ง มอลโทส 34.23 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	1 mL x 10 หลอด x 100 คู่	ไม่เป็นอันตราย
0.1M ซูโครส	ชั่ง ซูโครส 34.23 g ละลายด้วยน้ำกลั่น 1 L	1 mL x 10 หลอด x 100 คู่	ไม่เป็นอันตราย
1% น้ำแป้ง	ต้มน้ำให้เดือด แล้วเติมแป้งลงไป 10 g กวนจนแป้งละลายหมด แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L ให้ความร้อนไปเรื่อย ๆ จนได้สารละลายน้ำแป้งใส	2 mL x 8 หลอด x 100 คู่	ไม่เป็นอันตราย

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 8

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
5% Naphthol ใน ethanol	ชั่ง Naphthol 5 g ละลายในเอทานอล 100 mL	3 หยด x 5 หลอด x 100 คู่	เป็นอันตรายเมื่อกลืนกิน ระคายเคืองต่อผิวหนัง ระบบหายใจและดวงตา เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำ
Seliwanoff's reagent	ชั่ง Resorcinol 0.05 g ละลายด้วย dil. HCl 100 mL (กรด: น้ำ = 1: 2) (สารละลายนี้ต้องเตรียมใช้ใหม่ ๆ)	3 หยด x 5 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา
2% aniline ใน CH_3COOH	เจือจาง Aniline 10 mL ใน CH_3COOH 500 mL	3 หยด x 5 หลอด x 100 คู่	สารพิษ (Toxic)
Tollens' reagent	เติมสารละลาย 10% NaOH 25 mL ลงในสารละลาย 5% $AgNO_3$ 500 mL จากนั้นเติมสารละลาย 2% NH_3 จนตะกอนของ Ag^+ หายไป	3 หยด x 5 หลอด x 100 คู่	สารออกซิไดซ์ (Oxidizing substances) ระคายเคืองต่อผิวหนังและดวงตา

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 8

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
Benedict's reagent	1. เตรียมสารละลาย ก โดยละลาย Sodium citrate 173 g และ anhydrous Na_2CO_3 100 g ในน้ำกลั่นประมาณ 600 mL แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปจนครบ 850 mL (อาจต้องใช้ความร้อนช่วย) 2. เตรียมสารละลาย ข โดยละลายผลึก copper sulfate ($CuSO_4.5H_2O$) 17.3 g ในน้ำกลั่น 100 mL แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 150 mL เติมสารละลาย ข ลงในสารละลาย ก เขย่าให้เข้ากันดี	3 หยด x 6 หลอด x 100 คู่	สารพิษ (Toxic) ทำลายสิ่งแวดล้อม ระคายเคืองต่อดวงตาเป็นพิษเมื่อหายใจเข้าไป
Schiff's reagent	ชั่ง Fuchsin 0.5 g และ $NaHSO_3$ 9 g ละลายด้วยน้ำกลั่น 500 mL แล้วเติม HCl 10 mL เก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดสีน้ำตาล และปิดจุกอย่างดี	3 หยด x 5 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้ทำลายดวงตาและอาจก่อให้เกิดมะเร็งได้
20% NaOH	ชั่ง NaOH 200 g ในละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	1 mL x 1 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 8

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
Barfoed's reagent	ชั่ง Copper (II) acetate 13.2 g และตวง glacial CH_3COOH 2 mL ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L (กรองถ้าจำเป็น)	3 หยด x 5 หลอด x 100 คู่	ระคายเคืองต่อผิวหนังและดวงตา
20% HCl	เจือจาง Conc. HCl 356 mL ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	1 mL x 1 หลอด x 100 คู่	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตาเป็นพิษเมื่อหายใจเข้าไป
Iodine ใน Potassium Iodide (I_2/KI)	ใส่ KI 10 g ลงในน้ำกลั่น 200 mL แล้วละลายไอโอดีนลงไป 5 g สารละลายที่มีความเข้มข้นขนาดนี้ใช้สำหรับทดลอง iodoform test แต่ถ้าจะตรวจสอบแป้งจะต้องนำสารละลายมาส่วนหนึ่งแล้วทำให้เจือจางเป็น 10 - 25 เท่าของสารละลายเดิม	1 หยด x 1 หลอด x 100 คู่	อันตรายต่อสุขภาพ ทำให้เกิดความเสียหายต่ออวัยวะ (ไทรอยด์) จากการสัมผัสเป็นระยะเวลานาน

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 8

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อนิสิต 200 คน (2 คนทำด้วยกัน)	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
0.1N $Na_2S_2O_3$	ชั่ง $Na_2S_2O_3$ 15.8 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	3 หยด x 1 หลอด x 100 คู่	ไม่เป็นอันตราย

ข้อควรระวัง

1. การทดสอบ Benedict' reagent ต้องต้มในน้ำเดือดมาก ๆ จึงจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเห็นได้ชัด
2. Schiff's reagent เมื่อเตรียมทิ้งไว้นานๆสารละลายจะเปลี่ยนจากไม่มีสีหรือสีเหลืองอ่อนไปเป็นสีชมพู ดังนั้นจึงต้องเติม $NaHSO_3$ ทีละน้อยจนสีชมพูจางหายไป จึงสามารถนำรีเอเจนต์กลับมาใช้ได้
3. ถ้าคราบ Silver mirror จากการทดสอบด้วย Tollens' reagent ติดในหลอดทดลองและล้างไม่ออก ให้ล้างด้วย 10% HNO_3
4. ก่อนเตรียม Tollens' reagent ทุกครั้ง ต้องตรวจสอบน้ำกลั่นว่ามีคลอไรด์เจือปนหรือไม่ โดยนำน้ำกลั่นมาทดสอบกับ $AgNO_3$ ถ้าน้ำกลั่นมีสีขาวขุ่นแสดงว่ามีคลอไรด์ปนอยู่ ไม่สามารถนำมาเตรียมรีเอเจนต์ได้
5. Tollens' reagent เมื่อเตรียมทิ้งไว้นาน ๆ จึงทำให้ผลการทดสอบเกิดขึ้นได้ช้าหรือไม่เกิด เนื่องจากแอมโมเนียระเหยออกไป ดังนั้นจึงต้องเติมแอมโมเนียลงไปใน Tollens' reagent เล็กน้อย จะทำให้รีเอเจนต์กลับมาใช้ได้อีกครั้ง
6. การทดสอบด้วย Tollens' reagent หลอดทดลองต้องสะอาดและแห้ง

การจัดการกากของเสียเคมี

1. หลอดทดสอบจากปฏิกิริยา Tollens' test, Benedict's และ Barfoed's test ให้เท waste แต่ละชนิดลงในขวด Oxygenated Waste (X) ที่เตรียมไว้ให้สำหรับแต่ละการทดลองโดยไม่ปะปนกัน เพื่อการบำบัดต่อไป
2. สารละลายจากการทดสอบอื่น ๆ ที่ไม่มีตะกอน ให้เทลงในอ่างน้ำ แล้วเปิดน้ำชะล้างลงไปมาก ๆ

บันทึกผลการทดลองเรื่อง Mono- และ Disaccharide

การทดลอง	ผลที่สังเกตเห็น				
	Arabinose	Glucose	Fructose	Maltose	Sucrose
1.1 Molisch Test	วงแหวนสีชมพู-ม่วง (+)	วงแหวนสีชมพู-ม่วง (+)	วงแหวนสีชมพู-ม่วง (+)	วงแหวนสีชมพู-ม่วง (+)	วงแหวนสีชมพู-ม่วง (+)
1.2 Seliwanoff's Test	ไม่เกิดปฏิกิริยา (-)	ไม่เกิดปฏิกิริยา (-)	สารละลายสีแดง (+)	ไม่เกิดปฏิกิริยา (-)	สารละลายสีแดง (+)
1.3 Aniline Acetate Test	สารละลายสีแดง (+)	ไม่เกิดปฏิกิริยา (-)	ไม่เกิดปฏิกิริยา (-)	ไม่เกิดปฏิกิริยา (-)	ไม่เกิดปฏิกิริยา (-)
2. Tollens' Test	Silver Mirror (+)	Silver mirror (+)	Silver Mirror (+)	Silver mirror (+)	ไม่เกิดปฏิกิริยา (-)
3.Benedict's หรือ Fehling's Test	ตะกอนแดงอิฐ (+)	ตะกอนแดงอิฐ (+)	ตะกอนแดงอิฐ (+)	ตะกอนแดงอิฐ (+)	ไม่เกิดปฏิกิริยา (-)
4. Barfoed's Test	ตะกอนแดงอิฐ (+)	ตะกอนแดงอิฐ (+)	ตะกอนแดงอิฐ (+)	ตะกอนแดงอิฐ (+)	ไม่เกิดปฏิกิริยา (-)
5. Schiff's Test	ไม่เกิดปฏิกิริยา (-)	ไม่เกิดปฏิกิริยา (-)	ไม่เกิดปฏิกิริยา (-)	ไม่เกิดปฏิกิริยา (-)	ไม่เกิดปฏิกิริยา (-)

การทดลอง	ผลที่สังเกตเห็น		
6. Hydrolysis of Sucrose	หลอดที่ 1 (น้ำกลั่น)	หลอดที่ 2 (20% HCl)	หลอดที่ 3 (20% NaOH)
Benedict's reagent	ไม่เกิดปฏิกิริยา (-)	ตะกอนสีแดงอิฐ (+)	ไม่เกิดปฏิกิริยา (-)

แสดงว่า sucrose ถูกไฮโดรไลซ์ได้ดีในสารละลายที่มีฤทธิ์เป็น กรด

บันทึกผลการทดลองเรื่อง Polysaccharide

1. Molisch Test ตรงรอยต่อระหว่างชั้นจะมีสีชมพู – ม่วง

2. Iodine Test จะได้สารละลายมีน้ำเงิน เมื่อต้ม จะได้สารละลายไม่มีสี
เมื่อปล่อยให้เย็น จะได้สารละลายสีน้ำเงิน เมื่อเติม $Na_2S_2O_3$ จะได้สารละลายใสไม่มีสี

สมการ $I_2 + Na_2S_2O_3 \longrightarrow$ $\boxed{Na_2S_4O_6}$ + $\boxed{I^-}$

3. Benedict's Test ไม่เกิดปฏิกิริยา

4. ไฮโดรไลส์แป้ง

4.1 ด้วย Conc. HCl เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ใช้เวลา 20 นาที
กับ Benedict's reagent ตะกอนสีแดงอิฐ
แป้งถูกไฮโดรไลส์ด้วยกรดได้ (di-) มอลโทส (Mono-) กลูโคส

4.2 ด้วย เอนไซม์ เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ใช้เวลา 1/2 นาที
กับ Benedict's reagent ตะกอนสีแดง
แป้งถูกไฮโดรไลส์ด้วยกรดได้ (di-) มอลโทส (Mono-) กลูโคส

5. Dialysis of Carbohydrate

บีกเกอร์ที่มีถุงแป้งเมื่อทดสอบด้วย Molisch test ไม่เกิดปฏิกิริยา
เมื่อทดสอบด้วยสารละลายไอโอดีน ไม่เกิดปฏิกิริยา
บีกเกอร์ที่มีถุงกลูโคสเมื่อทดสอบด้วย Molisch test ตรงรอยต่อชั้นจะมีสีชมพู – ม่วง
เมื่อทดสอบด้วย Benedict's reagent ได้ตะกอนสีแดงอิฐ
แสดงว่า กลูโคส dialyze ได้ ส่วน น้ำแป้ง ไม่ dialyze
เราสามารถแยกสารละลายที่มีแป้งและกลูโคสผสมกันอยู่ได้โดย การแพร่ผ่านถุงเมมเบรน

6. Parchment Paper เป็นปฏิกิริยา ไฮโดรไลซีสและการขจัดน้ำ
ลักษณะที่แตกต่างจากกระดาษกรองธรรมดา กระดาษจะแข็งและมีผิวขรุขระ

ปฏิบัติการที่ 9
การทดลองเรื่อง การทำคุณภาพวิเคราะห์ของสารอินทรีย์ ครั้งที่ 1

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม นิสิตสามารถ

1. อธิบายขั้นตอนการวิเคราะห์สารอินทรีย์และปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้
2. ตรวจสอบหา Solubility class ของสารตัวอย่างได้
3. หาหมู่ฟังก์ชันของสารตัวอย่างได้

หลักการ [1]

การวิเคราะห์สารอินทรีย์ในเบื้องต้นสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของสารที่ต้องการวิเคราะห์กับสารที่มีอยู่ในเอกสารอ้างอิง สมบัติทางกายภาพได้แก่ ค่าคงตัวต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ (Physical constant) ของสาร เช่น จุดเดือด จุดหลอมเหลว ความหนาแน่น เป็นต้น ส่วนสมบัติทางเคมี คือ การเกิดปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ทดสอบหาหมู่ฟังก์ชัน (Functional group) จากการวิเคราะห์และประมวลผลการทดลองที่ได้ทั้งสองส่วน หากได้ผลที่สอดคล้องกับข้อมูลที่มีในเอกสารอ้างอิง อาจทำให้สามารถระบุชนิดของสารนั้นได้

ขั้นตอนการวิเคราะห์สารอินทรีย์ มีดังนี้

1. **คลาสการละลาย (Solubility Class)** คือใช้สมบัติการละลายของสารตัวอย่างเพื่อให้แบ่งสารตัวอย่างออกเป็นกลุ่มๆ ได้ 6 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 Water-soluble neutral หรือ neutral หรือ miscellaneous neutral คือ สารตัวอย่างที่เป็นกลาง

กลุ่มที่ 2 Water-soluble strong acid หรือ strong acid คือ สารตัวอย่างที่เป็นกรดแก่

กลุ่มที่ 3 Water-soluble weak acid หรือ weak acid คือ สารตัวอย่างที่เป็นเบสอ่อน

กลุ่มที่ 4 Water-soluble basic หรือ basic คือ สารตัวอย่างที่เป็นเบส

กลุ่มที่ 5 Inert คือ สารตัวอย่างที่มีสมบัติเฉื่อย ไม่ละลายทั้งในกรดและเบส

กลุ่มที่ 6 Amphoteric คือ สารตัวอย่างที่มีสมบัติเฉื่อยทั้งในกรดและเบส

วิธีการหาคลาสการละลาย (Solubility Class)

1.1 ทดสอบการละลายของสารโดยถ้าสารเป็นของแข็งให้ใช้ประมาณ 0.1 g (1 เมล็ดถั่วเขียว) ถ้าเป็นของเหลวใช้ประมาณ 0.2 mL หรือ 4 หยด ในตัวทำละลาย 3 mL ทำการทดสอบด้วยน้ำ 5%

NaOH, 5% $NaHCO_3$, 5% HCl และ Conc. H_2SO_4 ตามลำดับ สารที่ทดสอบละลายในน้ำได้ ให้ทดสอบกับกระดาษลิตมัสด้วยทุกครั้ง

1.2 สารที่ทดสอบละลายในน้ำได้และเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นแดง จะต้องทดสอบกับ 5% $NaHCO_3$ เพื่อทดสอบว่า สารนั้นอยู่ในคลาส water-soluble strong acid หรือ water-soluble weak acid

1.3 สำหรับสารที่ละลายได้ในน้ำ แต่ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสหรือให้ผลไม่ชัดเจน ควรทดสอบสารนั้นกับ 1% $FeCl_3$ เพื่อตัดสินว่า สารนั้นอยู่ในคลาส water-soluble neutral, water-soluble weak acid หรือ water-soluble base

1.4 การละลายใน 5% $NaHCO_3$ จะต้องสังเกตการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อย่างใกล้ชิด เนื่องจากกรดคาร์บอกซิลิกที่มีมวลโมเลกุลสูงที่ไม่ละลายในน้ำหรือละลายได้น้อย จะทำปฏิกิริยากับ $NaHCO_3$ ได้เฉพาะที่ผิวของสารซึ่งสัมผัสกับสารละลาย $NaHCO_3$ อาจให้ฟองแก๊สช้ามากและมองเห็นไม่ชัดเจน และในการรายงานผลต้องบอกด้วยว่าได้แก๊ส CO_2 หรือไม่ สารบางชนิดละลายได้ใน 5% $NaHCO_3$ แต่ไม่ให้แก๊ส CO_2 ก็ให้ถือว่าสารนั้นไม่ละลาย เพราะสารเช่นนี้เพียงแต่ละลายได้ในน้ำแต่ไม่เกิดปฏิกิริยากับ $NaHCO_3$

1.5 สารที่ละลายได้ในน้ำบางชนิดให้ผลทดสอบบวกกับสารละลาย 1% $FeCl_3$ และให้ฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อทดสอบด้วย 5% $NaHCO_3$ แสดงว่าสารดังกล่าวอาจมีหมู่ฟังก์ชันทั้งที่จัดเป็นพวก weak acid และ strong acid ให้ถือว่ามีการละลายจัดอยู่ในคลาส water-soluble strong acid ตัวอย่างของสารดังกล่าว ได้แก่ salicylic acid ซึ่งประกอบด้วยหมู่กรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) และหมู่ฟีนอล (phenol)

1.6 สารบางชนิดสามารถละลายได้ทั้งในกรดและเบส (amphoteric compound) เช่น amino acids aminophenols แต่ในระดับนี้จะยังไม่กล่าวถึง

1.7 สารบางชนิดละลายใน Conc. H_2SO_4 แล้วเกิดปฏิกิริยาเคมีต่อไป เกิดความร้อนหรือสารมีสีเปลี่ยนไปจากเดิมหรืออาจได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ละลาย ในกรณีเช่นนี้ให้ถือว่าสารนั้นละลายได้ใน Conc. H_2SO_4 อย่างไรก็ตาม สารบางชนิดถึงแม้จะจัดอยู่ในคลาสการละลาย inert ซึ่งต้องไม่ละลายใน Conc. H_2SO_4 แต่มีความชื้นเจือปนอยู่ภายในสาร เมื่อทดสอบด้วย Conc. H_2SO_4 อาจมีความร้อนเกิดขึ้น ทำให้เข้าใจผิดได้ว่าสารดังกล่าวละลายได้ใน Conc. H_2SO_4

2. การหาหมู่ฟังก์ชัน (Functional Group)

จากการทดสอบการละลายของสารอินทรีย์จะเห็นได้ว่าสามารถแบ่งหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 หมู่ฟังก์ชันที่เป็นกลาง

- สารที่ไม่มีธาตุไนโตรเจน ได้แก่ alcohol, aldehyde, ketone, ester, unsaturation
- สารที่มีธาตุไนโตรเจน ได้แก่ nitro compound, nitrile และunsubstituted amide.

กลุ่มที่ 2 หมู่ฟังก์ชันที่เป็นกรด

- พวกที่เป็นกรดแก่ (strong acid) ได้แก่ carboxylic acid และsulfonic acid
- พวกที่เป็นกรดอ่อน (weak acid) ได้แก่ phenol

กลุ่มที่ 3 หมู่ฟังก์ชันที่เป็นเบส ได้แก่ สารประกอบเอมีน (amine compound)

กลุ่มที่ 4 หมู่ฟังก์ชันพวกที่มีสมบัติเฉื่อย: ได้แก่ aliphatic/aromatic hydrocarbon และ alkyl/aryl halide

ตอนที่ 1 การหา Solubility class ของสาร A-J

ทดสอบการละลายของสารโดยถ้าสารเป็นของแข็งให้ใช้ประมาณ 0.1 g (1 เมล็ดถั่วเขียว) ถ้าเป็นของเหลวใช้ประมาณ 0.2 mL หรือ 4 หยด ในตัวทำละลาย 3 mL ทำการทดสอบด้วย น้ำ, 5% NaOH, 5% $NaHCO_3$, 5% HCl และ Conc. H_2SO_4 ตามลำดับ ในการทดสอบควรหยุดเมื่อพบตัวทำละลายที่เหมาะสมตามแผนภาพในรูปที่ 4.6

ในทดลองนี้ให้นิสิตหา Solubility class ของสารตัวอย่าง A-J สารตัวอย่างที่มีไนโตรเจน (N) หรือฮาโลเจนจะระบุไว้ในใบรายงานผล ถ้าไม่มีแสดงว่าสารตัวอย่างดังกล่าวประกอบด้วยธาตุ C, H และ O เท่านั้น

เมื่อได้ Solubility class ของสารตัวอย่าง A-J แล้ว ให้ส่งใบรายงานกับอาจารย์ประจำกลุ่มเพื่อตรวจความถูกต้องก่อนทำการทดลองตอนที่ 2 ต่อไป

ตอนที่ 2 การหา Solubility class และหมู่ฟังก์ชันของสารตัวอย่าง

2.1 นำหลอดทดลองที่แห้งและสะอาด เพื่อแลกและรับหลอดสารตัวอย่างจากอาจารย์ประจำกลุ่ม 1 สารเพื่อหา solubility class และหมู่ฟังก์ชัน โดยอาจารย์ประจำกลุ่มจะแจ้งให้นิสิตทราบว่าสารตัวอย่างที่นิสิตได้รับมีไนโตรเจน (N) หรือฮาโลเจนหรือไม่

2.2 นิสิตหา solubility class สารตัวอย่างที่ได้รับ เมื่อทำขั้นตอนนี้เสร็จแล้ว ต้องส่งให้อาจารย์ประจำกลุ่มตรวจสอบก่อนทำการหาหมู่ฟังก์ชันต่อไป

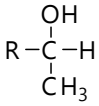
2.3 การหาหมู่ฟังก์ชันตาม solubility class ให้นิสิตทำเฉพาะหมู่ฟังก์ชันที่มีเครื่อง ** เท่านั้น จากตารางที่ 4.11 โดยรีเอเจนต์ที่ต้องทำการทดสอบตามหมู่ฟังก์ชันนั้น ๆ ดูได้จาก ตารางที่ 4.12

สำหรับวิธีการทดสอบด้วยรีเอเจนต์ของหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ นั้น ให้นิสิตใช้วิธีการทดลองเหมือนที่เคยทำในการทดสอบหมู่ฟังก์ชันในสัปดาห์ต่าง ๆ ก่อนหน้านี้

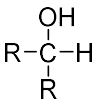
การสรุปผลการทดลอง ให้สรุปหมู่ฟังก์ชันหรือหมู่ฟังก์ชันย่อยที่ได้ ไม่ใช่ชื่อสารที่ได้ โดยสารตัวอย่างหนึ่ง ๆ อาจมีเพียงหนึ่งหมู่ฟังก์ชันเดียวหรือมากกว่า และบางการทดสอบเป็นรีเอเจนต์ที่ตรวจสอบโครงสร้างบางส่วนของสาร เช่น iodoform test สำหรับ alcohol

ตัวอย่างเช่น ทำการทดสอบแล้วได้หมู่ฟังก์ชัน คือ secondary alcohol

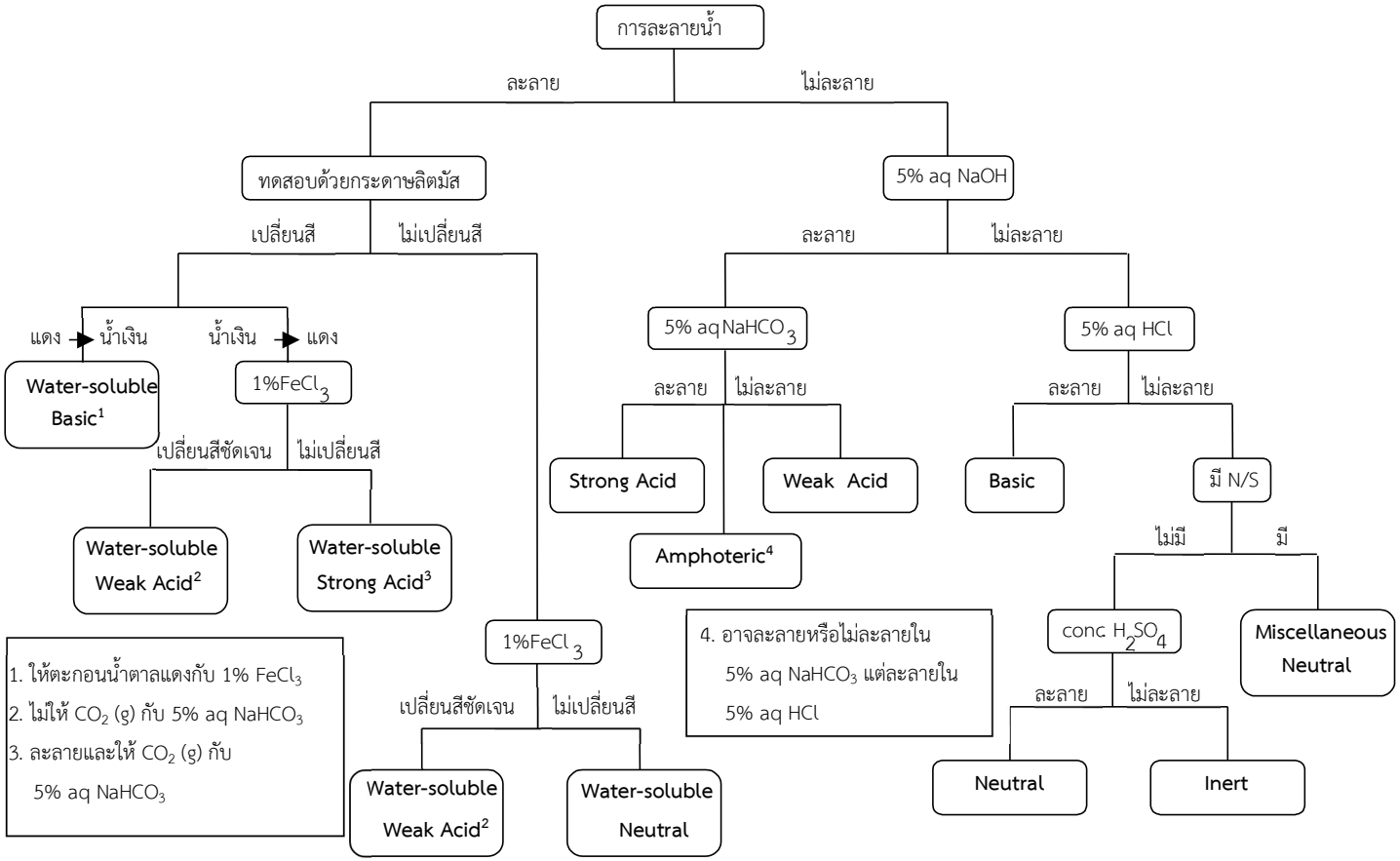
- ถ้าได้ผลการทดสอบ Iodoform test เป็น positive จะได้สูตรโครงสร้างที่น่าจะเป็น คือ



- แต่ถ้าผลการทดสอบ Iodoform test เป็น negative จะได้สูตรโครงสร้างที่น่าจะเป็น คือ



เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง นิสิตสามารถส่งรายงานให้อาจารย์ประจำกลุ่มตรวจภายในเวลาปฏิบัติการได้



รูปที่ 4.6 แผนภาพการทดสอบการละลายและการจัดคลาสการละลาย

ตารางที่ 4.11 หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ใน solubility class ต่าง ๆ ที่ควรทดสอบ

Solubility Class	**หมู่ฟังก์ชันที่ควรตรวจสอบ**											
	Aldehyde & Ketone	Alcohol	Ester	Unsaturation	Amino acid	Nitrile & Unsubstituted amide	Nitro compound	Carboxylic acid & Sulphonic acid	Phenol	Amine	Aromatic hydrocarbon	Alkyl & Aryl halide
Water-soluble neutral	**	**	**	**	**	** (ถ้ามี N)	** (ถ้ามี N)					**
Water-soluble weak acid & Weak acid	*					** (ถ้ามี N)	** (ถ้ามี N)		**			**
Water-soluble base & Basic	*	*	*			*	*			**		**
Water-soluble strong acid & Strong acid	*	*	*	*		** (ถ้ามี N)	** (ถ้ามี N)	**	**			**
Neutral	**	**	**	**								**
Inert											**	**
Miscellaneous neutral	*	*	*	*		**	**			**		**
Amphoteric	*	*	*	*	**			**	**	**		**

ตารางที่ 4.12 รีเอเจนต์ที่ใช้ในการทดสอบหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ

หมู่ฟังก์ชัน	หมู่ฟังก์ชันย่อย	รีเอเจนต์
Aldehyde/Ketone	- Aldehyde: aliphatic/aromatic - Ketone: α-hydroxy ketone/ methyl ketone/ other ketones	- 2,4-DNP - Schiff's reagent - Tollens' reagent - Benedict's reagent - Iodoform test
Alcohol	1°, 2°, 3° alcohol	- Ceric nitrate reagent - Lucas' reagent - Iodoform test
Ester	-	Ferric hydroxamate test
Unsaturation	-	- $KMnO_4$ - Br_2/CCl_4
Nitrile/ Unsubstituted amide	-	- Hydrolysis in NaOH - Ferric hydroxamate test - $NaNO_2$/HCl
Aromatic nitro compound	-	- Ferrous hydroxide test - Zn/NH_4Cl test
Carboxylic acid/ Sulfonic acid	-	- 5% $NaHCO_3$(aq) - 1% $FeCl_3$
Phenol	-	- 1% $FeCl_3$ - Ceric nitrate reagent - น้ำโบรมีน
Amine	Aliphatic/Aromatic amine, 1°, 2°, 3° amine	- 2M HCl - Hinsberg reaction - Ramini & Simon tests - Diazotization &coupling - น้ำโบรมีน
Aromatic hydrocarbon	-	Fuming H_2SO_4
Alkyl/Aryl halide	-	- NaI/acetone - $AgNO_3$/EtOH

สำหรับการวิเคราะห์สารครั้งที่ 1 ทางห้องปฏิบัติการจะเตรียมสารตัวอย่างให้แก่นิสิตดังนี้

1. เตรียมสารสารตัวอย่าง A-J ที่กำหนดให้ เพื่อหา Solubility class

รหัสสาร	ชื่อสารตัวอย่าง	Solubility class
A	Quinol	Water soluble weak acid (WSA)
B	*n*-butylamine	Water soluble base/basic (WSB / B)
C	Cinnamic acid	Strong acid (SA)
D	Methyl benzoate	Neutral (N)
E	Acetamide	Water soluble neutral (WSN)
F	Nitrobenzene	Miscellaneous neutral (MN)
G	β-naphthol	Weak acid (WA)
H	Aniline	Basic (B)
I	*n*-Hexane	Inert (I)
J	Anthranilic acid	Amphoteric (A)

2. เตรียมสารตัวอย่างให้นิสิต 2 คน/ตัวอย่าง สำหรับหาหมู่ฟังก์ชัน

ชื่อสาร	**solubility class**	**หมู่ฟังก์ชัน**	**No.สาร**	**No.สาร**
Acetone	WSN	Methyl ketone		
Aniline (N)	B	1^{o} Aromatic amine		
Benzaldehyde	N	Aromatic aldehyde		
Benzoic acid	SA	Carboxylic acid		
Benzoin	N	α-Hydroxy ketone		
Benzoyl benzoic acid	SA	Carboxylic acid		
Methyl benzoate	N	Ester		
N,N-Dimethyl aniline (N)	B	3^{o} Aromatic amine		
β-Naphthol	WA	Phenols		
n-Butanol	N	1^{o} Alcohol		
sec-Butanol	WSN	2^{o} Methyl alcohol		
tert-Butanol	WSN	3^{o} Alcohol		
n-Butylamine (N)	WSB	1^{o} Aliphatic amine		
Salicylic acid	SA	Phenols และ Carboxylic acid		
Succinic acid	WSA	Carboxylic acid		
Di-*n*-butylamine (N)	B	2^{o} Aliphatic amine		
Fructose	WSN	α-Hydroxy ketone		
N-Methyl aniline (N)	B	2^{o} Aromatic amine		
Methyl benzoate	N	Ester		

3. สารเคมีที่ใช้

1. Conc. H_2SO_4
2. 5% $NaHCO_3$
3. Conc. HCl
4. 5% NaOH
5. 2, 4-dinitrophenylhydrazine reagent
6. Schiff's reagen
7. Tollen's reagent
8. Benedict's reagent
9. 10% NaOH
10. Iodine ใน Potassium Iodide (I_2/KI)
11. Ceric ammonium nitrate reagent
12. Lucas' reagent
13. Ferric hydroxamate reagent
14. 6M NaOH
15. 1M HCl
16. 5% $FeCl_3$
17. 03% $KMnO_4$
18. $Br_2/CHCl_4$
19. 1% $FeCl_3$
20. 5% $NaNO_2$
21. น้ำโบรมีน (5% Br_2 in H_2O)
21. 5% HCl
22. 2M KOH
23. Benzenesulfonyl chloride
24. 2M HCl
25. Sodium nitroprusside reagent A
26. Sodium nitroprusside reagent B
27. Acetone
28. 3M acetaldehyde
29. sat. $ZnCl_2$

30. 1% $AgNO_3$ ใน ethanol
31. 18% NaI ใน acetone
32. ethanol
33. Dioxane

ตารางที่ 4.13 วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 9

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
2, 4-Dinitrophenylhydrazine reagent	ชั่ง 2, 4-dinitrophenylhydrazine 3 g ละลายด้วย Conc.H_2SO_4 15 mL แล้วเติมสารละลายนี้ลงในสารละลายที่มีน้ำกลั่น 20 mL และเอทานอล 70 mL พร้อมกับกวนตลอดเวลาให้เข้ากันดี	ของแข็งไวไฟ (Flammable solids) เป็นอันตรายเมื่อกลืนกินเข้าไป
Schiff's reagent	ชั่ง fuchsin 0.5 g และ $NaHSO_3$ 9 g ละลายด้วยน้ำกลั่น 500 mL แล้วเติม HCl 10 mL เก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดสีน้ำตาลและปิดจุกอย่างดี	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้, ทำลายดวงตา และอาจก่อให้เกิดมะเร็งได้
Tollent's reagent	เติมสารละลาย 10% NaOH 25 mL ลงในสารละลาย 5% $AgNO_3$ 500 mL จากนั้นเติมสารละลาย 2% NH_3 จนตะกอนของ Ag^+หายไป	สารออกซิไดซ์ (Oxidizing substances) ระคายเคืองต่อผิวหนังและดวงตา
Iodine ใน Potassium Iodide (I_2/KI)	ชั่ง KI 10 g ละลายด้วยน้ำกลั่น 200 mL แล้วชั่งไอโอดีนลงไป 5 g คนให้สารละลายจนหมด ความเข้มข้นขนาดนี้ใช้สำหรับทดลอง iodoform test แต่ถ้าจะตรวจสอบแป้ง จะต้องนำสารละลายข้างต้นมาเจือจางเป็น 10 - 25 เท่าของสารละลายเดิม	อันตรายต่อสุขภาพ ทำให้เกิดความเสียหายต่ออวัยวะ (ไทรอยด์) จากการสัมผัสระยะเป็นระยะเวลานาน

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 9

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
Benedict's regent	1. การเตรียมสารละลาย ก ชั่ง Sodium citrate 173 g และ anhydrous Na_2CO_3 100 g ละลายด้วยน้ำกลั่นประมาณ 600 mL แล้วเติมน้ำลงไปจนครบ 850 mL (อาจต้องใช้ความร้อนช่วย) 2. เตรียมสารละลาย ข ชั่ง Copper sulfate ($CuSO_4.5H_2O$) 17.3 g ละลายด้วยน้ำกลั่น 100 mL แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 150 mL **จากนั้นเติมสารละลาย ข ลงในสารละลาย ก เขย่าให้เข้ากันดี**	สารพิษ (Toxic) ทำลายสิ่งแวดล้อม ระคายเคืองต่อดวงตาเป็นพิษเมื่อหายใจเข้าไป
5% NaOH	ชั่ง NaOH 50 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา
0.3% $KMnO_4$	ชั่ง $KMnO_4$ 3 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	สารออกซิไดซ์ (Oxidizing substances)อาจเร่งการลุกไหม้ให้รุนแรงขึ้น เป็นอันตรายเมื่อกลืนเข้าไป เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ
5% $NaHCO_3$	ชั่ง $NaHCO_3$ 50 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	การสัมผัสผิวหนัง, ตา และการหายใจเข้าไปจะทำให้เกิดเกิดการระคายเคือง

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 9

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
10% NaOH	ชั่ง NaOH 100 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา
5% HCl	เจือจาง Conc. HCl 139 mL ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา เป็นพิษเมื่อหายใจเข้าไป
2M M HCl	เจือจาง Conc. HCl 171 mL ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา เป็นพิษเมื่อหายใจเข้าไป
Sodium nitroprusside reagent A	ชั่ง Sodium nitroprusside 3.9 g ละลายด้วย 50% เมทานอลในน้ำกลั่น 100 mL	สารพิษ (Toxic) เป็นพิษเมื่อกลืนกินเข้าไป
Sodium nitroprusside reagent B	ชั่ง sodium nitroprusside 3.9 g ในสารละลายผสมระหว่าง dimethyl sulfoxide 80 mL และน้ำ 20 mL (เมื่อเตรียมเสร็จแล้ว ให้เก็บไว้ในตู้เย็น เพราะสลายตัวได้ง่าย และควรแบ่งใส่ขวดหยดเล็ก ๆ มาใช้)	สารพิษ (Toxic) เป็นพิษเมื่อกลืนกินเข้าไป

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 9

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
3M acetaldehyde	เจือจาง Acetaldehyde 85 mL ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	ของเหลวไวไฟ (Flammable liquids) ระคายเคืองต่อตาและระบบทางเดินหายใจ
1M HCl	เจือจาง Conc. HCl 85.5 mL ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา เป็นพิษเมื่อหายใจเข้าไป
sat. $ZnCl_2$	เติม $ZnCl_2$ ลงในน้ำ คนไปเรื่อย ๆ จนกระทั่ง $ZnCl_2$ ไม่ละลายเพิ่มอีก	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) เป็นอันตรายเมื่อกลืนกินเข้าไป ทำให้ผิวหนังไหม้และทำลายดวงตา
น้ำโบรมีน (5% Br_2/H_2O)	เติมโบรมีน 20 mL ลงในน้ำกลั่น 400 mL ให้ปิดด้วยจุกแก้วที่เคลือบด้วยปิโตรลาตัม	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ
1% $AgNO_3$ ใน ethanol	ชั่ง $AgNO_3$ 10 g ละลายด้วย ethanol ปรับปริมาตรให้ได้ 1 L	สารออกซิไดซ์ (Oxidizing substances)
18% NaI ใน acetone	ชั่ง NaI 180 g ละลายด้วย acetone ปรับปริมาตรให้ได้ 1 L	เป็นอันตรายสุขภาพและทำลายสิ่งแวดล้อม
2M KOH	ชั่ง KOH 112 g ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 L	สารกัดกร่อน (Corrosive substances)

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 9

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
Ceric ammonium nitrate reagent	ชั่ง ceric ammonium nitrate 200 g ละลายด้วย 2M HNO_3 ที่ร้อน 500 mL	สารออกซิไดซ์ (Oxidizing substances) อาจเร่งการลุกไหม้ให้รุนแรงขึ้น ระคายเคืองต่อผิวหนัง, ระบบทางเดินหายใจและดวงตา
2M HNO_3	เจือจาง Conc. HNO_3 128 mL ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	สารออกซิไดซ์ (Oxidizing substances) ช่วยเร่งการลุกไหม้ให้รุนแรงขึ้น ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา มีฤทธิ์กัดกร่อนทางเดินหายใจ
Lucas' reagent	ละลาย Anhydrous $ZnCl_2$ 136 g ด้วย Conc. HCl 105 g (89 mL) รอให้เย็นแล้วนำไปใช้	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา
5% $FeCl_3$	ชั่ง $FeCl_3$ 50 g ละลายด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 L	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ระคายเคืองผิวหนังและทำลายดวงตาอย่างรุนแรง เป็นอันตรายเมื่อกินเข้าไป
1% $FeCl_3$	ชั่ง $FeCl_3$ 10 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ระคายเคืองผิวหนังและทำลายดวงตาอย่างรุนแรง เป็นอันตรายเมื่อกินเข้าไป

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)วิธีเตรียมสารเคมีสำหรับการทดลองที่ 9

สารเคมีที่เตรียม	วิธีเตรียม	สิ่งบ่งชี้ความเป็นอันตราย
Ferric hydroxamate test	ชั่ง $NH_2OH.HCl$ 35 g นำมาละลายด้วย 95% ethanol ปรับให้ได้ปริมาตร 1 L	สารกัดกร่อน (Corrosive substances)
6 M NaOH	ชั่ง NaOH 240 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	สารกัดกร่อน (Corrosive substances) ทำให้ผิวหนังไหม้อย่างรุนแรงและทำลายดวงตา
5% $NaNO_2$	ชั่ง $NaNO_2$ 50 g ละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L	สารออกซิไดซ์ (Oxidizing substances) ช่วยเร่งการลุกไหม้ให้รุนแรงขึ้น เป็นอันตรายเมื่อกลืนกินเข้าไป

ข้อควรระวัง

1. ถ้าคราบ Silver mirror จากการทดสอบด้วย Tollens’ reagent ติดในหลอดทดลองและล้างไม่ออก ให้ล้างด้วย 10% HNO_3

2. ก่อนเตรียม Tollens' reagent ทุกครั้ง ต้องตรวจสอบน้ำกลั่นว่ามีคลอไรด์เจือปนหรือไม่ โดยนำน้ำกลั่นมาทดสอบกับ $AgNO_3$ ถ้าน้ำกลั่นมีสีขาวขุ่นแสดงว่ามีคลอไรด์ปนอยู่ ไม่สามารถนำมาเตรียมรีเอเจนต์ได้

3. Tollens’ reagent เมื่อเตรียมทิ้งไว้นาน ๆ จะทำให้ผลการทดสอบเกิดขึ้นได้ช้าหรือไม่เกิด เนื่องจากแอมโมเนียระเหยออกไป ดังนั้นจึงต้องเติมแอมโมเนียลงไปใน Tollens’ reagent เล็กน้อย จะทำให้รีเอเจนต์กลับมาใช้ได้อีกครั้ง

4. การทดสอบด้วย Tollens’ reagent หลอดทดลองต้องสะอาดและแห้ง

5. การทดสอบด้วยสารละลาย $KMnO_4$ ไม่ควรเติมมากเกินไป จะทำให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงได้ยาก

6. Schiff’s reagent เมื่อเตรียมทิ้งไว้นานๆสารละลายจะเปลี่ยนจากไม่มีสีหรือสีเหลืองอ่อนไปเป็นสีชมพู ดังนั้นจึงต้องเติม $NaHSO_3$ ทีละน้อยจนสีชมพูจางหายไป จึงสามารถนำรีเอเจนต์กลับมาใช้ได้อีกครั้ง

7. การเตรียม 2,4-Dinitrophenylhydrazine ต้องทำในตู้ควันและสวมถุงมือทุกครั้งที่เตรียม และค่อยๆเติมเอทานอลลงไปและคนตลอดเวลา มิฉะนั้นจะทำให้สารละลายเดือดพุ่งอย่างรุนแรง และกระเด็นโดนมือได้

7. Sodium nitroprusside reagent B เป็นสารที่สลายตัวได้ง่าย เมื่อเตรียมเสร็จแล้ว ให้เก็บไว้ในตู้เย็น และควรแบ่งใส่ขวดหยดเล็ก ๆ มาใช้

8. sat. $ZnCl_2$ เป็นสารที่อิ่มตัวได้ยาก ต้องใช้สารปริมาณมากในการเตรียม ดังนั้นสามารถเตรียมสารละลายนี้โดยใช้ 10% $ZnCl_2$ แทน sat. $ZnCl_2$ ซึ่งจะให้ผลการทดสอบเช่นกัน

9. การเตรียม HCl ต้องเตรียมในตู้ดูดควันเนื่องจากมีไอระเหย ทำให้ระคายเคืองผิวหนังได้

10. น้ำโบรมีน เป็นสารที่ระเหยง่ายเตรียมในตู้ดูดควันและต้องสวมถุงมือด้วยทุกครั้ง อย่าให้น้ำโบรมีนโดนมือ จะทำให้ผิวหนังไหม้ได้

การจัดการของเสียในห้องปฏิบัติการ

1. $KMnO_4$ และ Tollens' reagent ทิ้งของเสียในภาชนะที่เตรียมไว้ให้ โดยไม่ปะปนกัน เป็นของเสียประเภท Oxidizing waste (III)

2. Iodine ใน Potassium ทิ้งของเสียใน ภาชนะ Halogenated Waste (XII)

3. สารที่ทดสอบเป็นจำพวกเอมีน ให้เทรวมกันไว้ในภาชนะทิ้งของเสียใน ภาชนะ NPS containing (XI)

4. สารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ ให้เทลงในภาชนะ Oxygenated Waste (V)

5. สารทดสอบที่ละลายในน้ำทั้งหมด สามารถเททิ้งลงอ่างได้หลังจากปรับสภาวะให้เป็นกลาง แล้วเปิดน้ำตาม

บันทึกผลการทดลองเรื่อง การวิเคราะห์สารอินทรีย์ ครั้งที่ 1

ตอนที่ 1 การหา solubility class ของสาร A-J

สารตัวอย่าง	water	Litmus test	1% $FeCl_3$	5% NaOH	5% $NaHCO_3$	5% HCl	Conc. H_2SO_4	solubility class
A	√	√ น้ำเงิน → แดง	สารละลายสีม่วง	-	X	-	-	Water soluble weak acid
B (มี N)	√	X น้ำเงิน → แดง	ตะกอนสีน้ำตาลแดง	-	-	-	-	Water soluble base/basic
C	x	-	-	√	√	-	-	Strong acid
D	x	-	-	X	-	X	√	Neutral
E (มี N)	√	X	ไม่เปลี่ยนสี $FeCl_3$	-	-	-	-	Water soluble neutral
F (มี N)	X	-	-	X	-	X	-	Miscellaneous neutral
G	X	-	-	√	X	-	-	Weak acid
H (มี N)	X	-	-	X	-	√	-	Basic
I	X	-	-	X	-	X	X	Inert
J (มี N)	X	-	-	√	√	√	-	Amphoteric

หมายเหตุ ให้ใช้เครื่องหมาย ✓ สำหรับผลการทดสอบบวก, X สำหรับผลการทดสอบลบ และ – เมื่อไม่ได้ทำการทดสอบ Litmus test ให้ระบุ แดง ⟶ น้ำเงิน, น้ำเงิน ⟶ แดง หรือ ไม่เปลี่ยนสี (หากสารไม่ละลายน้ำให้ใช้ เครื่องหมาย – ในช่องนี้)

ตอนที่ 2 การหา Solubility class และหมู่ฟังก์ชันของสารตัวอย่าง

สารตัวอย่างเลขที่.....

1. ลักษณะสารที่จะวิเคราะห์ สถานะ.....สี.....กลิ่น.....
2. ธาตุที่มีในสารตัวอย่างคือ.....
3. การหา solubility class

สารตัวอย่าง	water	Litmus test	1% $FeCl_3$	5% NaOH	5% $NaHCO_3$	5% HCl	Conc. H_2SO_4	solubility class

หมายเหตุ ถ้าสารที่ละลายได้ในน้ำให้บอกผลที่ทดสอบกับสารละลาย 1% $FeCl_3$ ไว้ด้วย

4. การหาหมู่ฟังก์ชัน

ทำเครื่องหมาย √ หมู่ฟังก์ชันที่ทดสอบ และช่องผลการทดสอบว่าเป็น Positive test (+) หรือ Negative test (-)

หมู่ฟังก์ชันที่ทดสอบ	รีเอเจนต์ที่ใช้	ผลการทดสอบ		
		(+)	(-)	ผลที่สังเกตเห็น
☐ 1. Aldehyde/Ketone	• 2,4-DNP	Aldehyde/ ketone/ α-hydroxyketone		ตะกอนสีเหลือง/ส้มแดง
	• Schiff's reagent	Aldehyde		สารละลายสีม่วง
	• Tollens' reagent	Aldehyde/ α-hydroxyketone		Silver mirror
	• Benedict's reagent	AliphaticAldehyde/ α-hydroxyketone		ตะกอนสีแดงอิฐ
	• Iodoform test	Methyl ketone		ตะกอนหนักสีเหลืองอ่อน

หมู่ฟังก์ชันที่ทดสอบ	รีเอเจนต์ที่ใช้	ผลการทดสอบ		
		(+)	(-)	ผลที่สังเกตเห็น
☐ 2. Alcohol	● Ceric nitrate reagent	Alcohol		สารละลายสีแดง
	● Lucas' reagent	3^{o} alcohol (เกิดทันที) 2^{o} alcohol (ทิ้งไว้ 5-10 นาที) 1^{o} alcohol (เมื่อต้ม 10 นาที ไม่เกิดปฏิกิริยา)		สารละลายขุ่นหรือแยกชั้น
	● Iodoform test	Methyl alcohol		ตะกอนหนัก สีเหลืองอ่อน
☐ 3. Ester	● Ferric hydroxamate test			สารละลายสีม่วง
☐ 4. Unsaturation	● $KMnO_4$			ฟอกจางสีได้
	● Br_2/CCl_4			ฟอกจางสีได้ / ไม่มี HBr (g) กับกระดาษลิตมัส
☐ 5. Carboxylic acid	● 5% $NaHCO_3$	Carboxylic acid		ให้ CO_2(g) มีฟองแก๊ส
	● 1% $FeCl_3$	phenol		สารละลายสีแดง ม่วง น้ำเงิน ชมพู เขียวอ่อน
☐ 6. Phenol	● 1% $FeCl_3$	phenol		สารละลายสีแดง ม่วง น้ำเงิน ชมพู เขียวอ่อน
	● Ceric nitrate ● reagent	phenol		สารละลายสีแดงเข้ม (ใช้ dioxane) ตะกอนสีน้ำตาล (ใช้น้ำ)

หมู่ฟังก์ชันที่ทดสอบ	รีเอเจนต์ที่ใช้	ผลการทดสอบ		
		(+)	(-)	ผลที่สังเกตเห็น
☐ 7. Amine	• 5% HCl			ละลาย
	• Hinsberg reaction			ดูการละลาย
	• Ramini test			1^{o} Aliphatic (สีม่วง) 2^{o} Aliphatic (สีแดงเข้ม)
	• Simon test			1^{o} Aliphatic (สีเหลือง, สีน้ำตาล) 2^{o} Aliphatic (สีฟ้าเข้ม)
	• Modified Ramini test			1^{o} Aromatic (สีแดงส้ม) 2^{o} Aromatic (เขียวแกมฟ้า) 3^{o} Aromatic (เขียวแกมฟ้า)
	• Modified Simon test			1^{o} Aromatic (สีแดงส้ม) 2^{o} Aromatic (สีม่วง) 3^{o} Aromatic (เขียวแกมฟ้า)
☐ 8. Alkyl/aryl halide	• NaI/acetone	Alkyl halide	Aryl	ตะกอนสีเหลืองอ่อนหรือสีขาว
	• $AgNO_3$/EtOH	Alkyl halide	Aryl	ตะกอน

สรุปผลการทดลอง

หมู่ฟังก์ชันที่ได้ 1.....

2.....

สูตรโครงสร้างสาร

ปฏิบัติการที่ 10
การทดลอง เรื่อง การทำคุณภาพวิเคราะห์ของสารอินทรีย์ ครั้งที่ 2

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม นิสิตสามารถ

1. อธิบายขั้นตอนการวิเคราะห์สารอินทรีย์และปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น
2. ตรวจสอบหาหมู่ฟังก์ชันของสารตัวอย่างและบอกสูตรโครงสร้างของสารตัวอย่างได้
3. หา Solubility class ของสารตัวอย่างได้

สำหรับการทดลองนี้จะให้นิสิตทำการทดลองเดี่ยว เพื่อหา solubility class และหมู่ฟังก์ชันของสารตัวอย่าง เพื่อให้นิสิตได้ฝึกฝนทักษะและประสบการณ์ในการวิเคราะห์สารอินทรีย์ ระหว่างการทดลองแต่ละครั้ง นิสิตต้องรู้จักการสังเกต หาเหตุผล และทำความเข้าใจกับผลที่ได้จากการทดลอง การสรุปผลการทดลอง จะต้องนำผลการการทดลองแต่ละขั้นตอนมาประมวลผลเข้าด้วยกัน เพื่อจะได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง

ขั้นตอนสำหรับการทำปฏิบัติการที่ 10

1. การทดลองนี้จะไม่มีการสอบย่อยก่อนทำปฏิบัติการ
2. ให้นิสิตนำหลอดทดลองเปล่ามาแลกสารตัวอย่างกับอาจารย์ประจำกลุ่ม เจ้าหน้าที่จะเตรียมสารตัวอย่างใส่หลอดทดลองไว้ให้แต่ละกลุ่ม
3. เมื่อนิสิตหา Solubility class ได้แล้วต้องให้แจ้งให้อาจารย์ประจำกลุ่มทราบและตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อจะได้หาหมู่ฟังก์ชันของสารตัวอย่างต่อไป

1.เตรียมสารตัวอย่างให้อาจารย์ประจำกลุ่มแจกนิสิต นิสิต 1 คน/ตัวอย่าง

ชื่อสาร	solubility class	หมู่ฟังก์ชัน	No.สาร	No.สาร
Acetone	WSN	Methyl ketone		
Aniline (N)	B	1^{o} aromatic amine		
Benzadehyde	N	Aromatic aldehyde		
Benzoic acid	SA	Carboxylic acid		
Benzoin	N	α-hydroxy ketone		
Benzoyl benzoic acid	SA	Carboxylic acid		
Methyl benzoate	N	Ester		
N,N-Dimethyl aniline (N)	B	3^{o} Aromatic amine		
β-Naphthol	WA	Phenols		
n-Butanol	N	1^{o} Alcohol		
sec-Butanol	WSN	2^{o} Methyl alcohol		
tert-Butanol	WSN	3^{o} Alcohol		
n-Butylamine (N)	WSB	1^{o} Aliphatic amine		
Salicylic acid	SA	Phenols และ Carboxylic acid		
Succinic acid	WSA	Carboxylic acid		
Di-*n*-butylamine (N)	B	2^{o} Aliphatic amine		
Fructose	WSN	α-Hydroxy ketone		
N-Methyl aniline (N)	B	2^{o} Aromatic amine		
Methyl benzoate	N	Ester		

2. สารเคมีที่ใช้ (เหมือนการทดลองที่ 9)

3.วิธีเตรียมสารเคมีการทดลองที่ 10 (เหมือนการทดลองที่ 9)

บันทึกผลการทดลองเรื่อง การวิเคราะห์สารอินทรีย์ ครั้งที่ 2

การหา solubility class และหมู่ฟังก์ชันของสารตัวอย่าง

สารตัวอย่างเลขที่.....

1. ลักษณะสารที่จะวิเคราะห์ สถานะ.....สี.....กลิ่น.....

2. ธาตุที่มีในสารตัวอย่างคือ.....

3. การหา solubility class

สารตัวอย่าง	water	Litmus test	1% $FeCl_3$	5% NaOH	5% $NaHCO_3$	5% HCl	Conc. H_2SO_4	solubility class

หมายเหตุ 1.ให้ใช้เครื่องหมาย ✓ สำหรับผลการทดสอบบวก, X สำหรับผลการทดสอบลบ และ – เมื่อไม่ได้ทำการทดสอบ

2.Litmus test ให้ระบุ แดง → น้ำเงิน, น้ำเงิน → แดง หรือ ไม่เปลี่ยนสี (หากสารไม่ละลายน้ำให้ใช้ เครื่องหมาย – ในช่องนี้) ถ้าสารที่ละลายได้ในน้ำให้บอกผลที่ทดสอบกับสารละลาย 1% $FeCl_3$ ไว้ด้วย

4.การหาหมู่ฟังก์ชัน (ดูการทดลองที่ 9)

บทที่ 5
ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ

จากการเขียนคู่มือมีขั้นตอนการเตรียมปฏิบัติการรายวิชา 2302274 Org Chem Lab II (ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 2) ผู้เขียนสามารถสรุปประเด็นปัญหาและอุปสรรคของงาน พร้อมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาและพัฒนางานได้ทั้งหมด 5 หัวข้อ ดังนี้

ปัญหาและอุปสรรคแนวทางการแก้ไขและพัฒนาข้อเสนอแนะ

1.	
หน้าที่ความรับผิดชอบ	ประสานงานกับอาจารย์ผู้ประสานงานรายวิชา จัดทำใบรายชื่อ/จัดกลุ่มนิสิต จัดตู้อุปกรณ์เครื่องแก้ว
วิธีการปฏิบัติ	- ติดต่อประสานงานกับอาจารย์ผู้ประสานงานรายวิชา อาจารย์ผู้ร่วมสอน เพื่อวางแผนการทำงานร่วมกัน ก่อนเริ่มการปฏิบัติงาน - ดาวน์โหลดรายชื่อนิสิตเพื่อจัดกลุ่ม จัดตู้ตามตอนเรียนที่ลงทะเบียนไว้ - จัดทำเอกสารชี้แจงรายวิชา
ปัญหาและอุปสรรคของงาน	- นิสิตลงทะเบียนช้ากว่ากำหนดทำให้ไม่มีรายชื่อในฐานข้อมูล CR58 จึงทำให้มีปัญหาในการจัดกลุ่มซึ่งนิสิตจะมีการเพิ่ม-ลดลงทะเบียนผิดตอนเรียน จึงทำให้ไม่เสร็จตามที่กำหนด
แนวทางแก้ไขและพัฒนางาน	- ประสานงานกับฝ่ายทะเบียนเพื่อให้นิสิตลงทะเบียนในเวลาที่กำหนด
2.	
หน้าที่ความรับผิดชอบ	จัดทำเอกสารคู่มือการเตรียมสารเคมีแต่ละการทดลอง
วิธีการปฏิบัติ	ขอคำปรึกษาอาจารย์ผู้สอนเกี่ยวกับจัดทำคู่มือเพื่อใช้ในการเตรียมสารเคมีและอุปกรณ์เครื่องแก้วต่าง ๆ
ปัญหาและอุปสรรคของงาน	การเรียนการสอนปฏิบัติการอาจมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละภาคการศึกษา
แนวทางแก้ไขและพัฒนางาน	ต้องประสานงานกับอาจารย์ผู้ประสานงานรายวิชาก่อนเปิดภาคเรียนเพื่อจะได้แก้ไขข้อมูลและปรับปรุงเอกสารต่าง ๆ

3.	
หน้าที่ความรับผิดชอบ	เตรียมสารเคมีและอุปกรณ์เครื่องแก้วที่ใช้ในการเรียนการสอน
วิธีการปฏิบัติ	- คำนวณสารเคมีหรืออุปกรณ์เครื่องแก้วที่ใช้ในแต่ละการทดลอง - จัดทำคู่มือการเตรียมสารเคมีในห้องปฏิบัติการ
ปัญหาและอุปสรรคของงาน	เครื่องแก้วแห้งไม่ทันสำหรับปฏิบัติการที่มีสอนเช้า-บ่าย ในกรณีเบิกเครื่องแก้วเพิ่มจากส่วนกลาง
แนวทางแก้ไขและพัฒนางาน	- วางแผนจัดซื้อเครื่องแก้วเพิ่มในปีงบประมาณต่อไปให้เพียงพอ
4.	
หน้าที่ความรับผิดชอบ	ปฏิบัติงานในเวลาชั่วโมงที่มีการเรียนการสอน
วิธีการปฏิบัติ	- คอยสนับสนุนอาจารย์ผู้สอนเช่น จัดหาอุปกรณ์/สารเคมี เพิ่มเติมระหว่างทำกาทดลอง - แนะนำการจัดการของเสียให้แก่นิสิตแต่ละการทดลอง - ช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง
ปัญหาและอุปสรรคของงาน	- นิสิตไม่เตรียมตัวมาก่อนทำการทดลอง ทำให้สารเคมีที่เตรียมไว้ไม่เพียงพอ - นิสิตไม่สามารถแยกประเภทของเสียได้ ทำให้การแยกของเสียไม่ถูกต้อง ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียจะเพิ่มขึ้น
แนวทางแก้ไขและพัฒนางาน	- วางแผนการเตรียมสารเคมีให้เพียงพอโดยการเตรียมเพิ่มขึ้นจากที่ใช้จริง 30 เปอร์เซ็นต์ - อาจารย์ผู้สอนต้องชี้แจงข้อระวังเกี่ยวกับการใช้สารเคมี/การทิ้งของเสีย (waste) ของแต่ละการทดลอง
5.	
หน้าที่ความรับผิดชอบ	ปฏิบัติงานหลังเลิกการเรียนการสอน
วิธีการปฏิบัติ	หลังจากเลิกทำการทดลองแล้วนั้น ทุกครั้งต้องมีการจัดเก็บสารเคมีและอุปกรณ์ให้เรียบร้อย ดูแลความเรียบร้อยของห้องปฏิบัติการ เช่น น้ำ และ ไฟฟ้า เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นได้
ปัญหาและอุปสรรคของงาน	- นิสิตทำการทดลองไม่เสร็จทันตามเวลาที่กำหนด
แนวทางแก้ไขและพัฒนางาน	- แจ้งเตือนให้นิสิตปรับปรุงตนเองเรื่องเวลาและวางแผนในการทำการทดลองครั้งต่อไป

บรรณานุกรม

1. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะวิทยาศาสตร์, คณาจารย์ภาควิชาเคมี: คู่มือปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ พิมพ์ครั้งที่ 2, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548

2. โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย. คู่มือการประเมินความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2558. 172 ISBN 978–616–551–954-0

3. “โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จากhttp://esprel.labsafety.nrct.go.th/checklist.asp สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2564

4. “ประวัติ” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก https://web.chemcu.org/th สืบค้นเมื่อวันที่ 22 ตุลาคม 2564

5.“ChemTrack & WasteTrack” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก https://www.shecu.chula.ac.th/home/content.asp?Cnt=134 สืบค้นเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2564

6.“ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.chemtrack.org สืบค้นเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2564

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวภาวีณา จันทร์แย้ม
ตำแหน่ง	เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์ (วิทยาศาสตร์) P7
หน่วยงาน	ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
โทรศัพท์	02-2187574, 0860154578
E-mail	pawina.c@chula.ac.th
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมี) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง