คู่มือการปฏิบัติงาน

(Work Manual)

กระบวนการเตรียมปฏิบัติการ
วิชา เทคโนโลยีชีวภาพสำหรับการบำบัดน้ำเสีย
หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ
ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา

โดย

นายศุภกิจ ศรีสวัสดิ์

คำนำ

คู่มือการปฏิบัติงานนี้ จัดทำขึ้นเพื่อให้มีคู่มือปฏิบัติงานที่ชัดเจน อย่างมีลายลักษณ์อักษร ที่แสดงถึงรายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงานของกระบวนการเตรียมปฏิบัติการรายวิชา เทคโนโลยีชีวภาพสำหรับการบำบัดน้ำเสีย (Biotechnology for Wastewater Treatment) ของภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ และสร้างมาตรฐานการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ เกิดผลงานที่ได้มาตรฐานเป็นไปตามเป้าหมาย อีกทั้งสามารถถ่ายทอดให้กับผู้มาปฏิบัติงานใหม่ เป็นแนวทางในกระบวนการเตรียมปฏิบัติการได้อย่างครบถ้วน และถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของรายวิชา

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานอย่างดียิ่ง หากเกิดข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่อง ขอน้อมรับและจะนำไปปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้คู่มือการปฏิบัติงานและสมบูรณ์ต่อไป

นายศุภกิจ ศรีสวัสดิ์
ผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

คำนำ

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ขอบเขตของคู่มือปฏิบัติงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของคู่มือปฏิบัติงาน 1

1.3 คำจำกัดความหรือนิยามศัพท์เฉพาะ 1

1.4 ผู้เกี่ยวข้อง หน้าที่และอำนาจ 2

บทที่ 2 บทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบ

2.1 โครงสร้างหน่วยงานและภาระหน้าที่ของหน่วยงาน 3

2.2 ลักษณะงานที่ปฏิบัติงาน (Job Description) 5

บทที่ 3 กระบวนการปฏิบัติงาน

3.1 ผังกระบวนการปฏิบัติงาน (Work Flow) 6

3.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน 11

3.3 หลักการ หลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติงาน 15

3.4 แนวทางในการปฏิบัติงาน 21

3.5 มาตรฐานคุณภาพงาน 21

3.6 ระบบติดตามและประเมินผล 22

บทที่ 4 ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไขและการพัฒนางาน

4.1 ปัญหา อุปสรรค และความเสี่ยง 23

4.2 แนวทางการแก้ไขปัญหาและการพัฒนางาน 23

บรรณานุกรม 26

ภาคผนวก ก ตัวอย่างแบบฟอร์ม 28

ภาคผนวก ข เอกสารที่เกี่ยวข้องในการปฏิบัติงาน 33

ภาคผนวก ค การคำนวณ สารเคมี 34

ประวัติผู้เขียน 36

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ขอบเขตของคู่มือการปฏิบัติงาน

คู่มือการปฏิบัติงานครั้งนี้ เริ่มตั้งแต่อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาขอเปิดรายวิชา เทคโนโลยีชีวภาพสำหรับการบำบัดน้ำเสีย (Biotechnology for Wastewater Treatment) ในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ในภาคเรียนที่ 2 ของ

ปีการศึกษา เมื่อได้รับการเห็นชอบจากหัวหน้าภาควิชา ทำการวางแผนการเรียนในภาคเรียนนั้นๆ รวมถึงนักวิทยาศาสตร์ทำการศึกษาและวิเคราะห์บทปฏิบัติการ การจัดการอุปกรณ์และสารเคมีเพื่อให้พร้อมต่อการทำปฏิบัติการ การจัดเก็บของเสียสารเคมีอันตรายห้องปฏิบัติการ

1.2 วัตถุประสงค์ของคู่มือการปฏิบัติงาน

1. เพื่อให้ส่วนงานมีการจัดคู่มือปฏิบัติงานที่ชัดเจน อย่างมีลายลักษณ์อักษร ที่แสดงถึงรายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงานของกระบวนการเตรียมปฏิบัติการของภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ และสร้างมาตรฐานการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ เกิดผลงานที่ได้มาตรฐานเป็นไปตามเป้าหมาย
2. เพื่อเป็นหลักฐานแสดงวิธีการทำงานที่สามารถถ่ายทอดให้กับผู้มาปฏิบัติงานใหม่ พัฒนาให้การทำงานเป็นมืออาชีพ และใช้ประกอบการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร รวมทั้งแสดงหรือเผยแพร่ให้กับบุคคลภายนอก หรือผู้ใช้บริการ ให้สามารถเข้าใจและใช้ประโยชน์จากกระบวนการที่มีอยู่เพื่อขอการบริการที่ตรงกับความต้องการ
3. เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการเตรียมปฏิบัติการวิชา เทคโนโลยีชีวภาพสำหรับการบำบัดน้ำเสีย (Biotechnology for Wastewater Treatment) อย่างครบถ้วน และถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของรายวิชา

1.3 คำจำกัดความหรือนิยามศัพท์เฉพาะ

คณะวิทยาศาสตร์ หมายถึง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาฯ หมายถึง ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

หัวหน้าภาควิชา หมายถึง หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา หมายถึง อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาเทคโนโลยีชีวภาพสำหรับการบำบัดน้ำเสีย (Biotechnology for Wastewater Treatment)

นักวิทยาศาสตร์ หมายถึง นักวิทยาศาสตร์ของภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ผู้ปฏิบัติงานบริหาร หมายถึง ผู้ปฏิบัติงานบริหารของภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

รายวิชาฯ หมายถึง รายวิชา เทคโนโลยีชีวภาพสำหรับการบำบัดน้ำเสีย (Biotechnology for Wastewater Treatment)

1.4 ผู้เกี่ยวข้อง หน้าที่และอำนาจ

หัวหน้าภาควิชา มีหน้าที่ พิจารณาเปิดรายวิชาฯ อนุมัติการสั่งซื้ออุปกรณ์และสารเคมี

อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา มีหน้าที่ ขอเปิดรายวิชา กำหนดตารางเรียนและบทปฏิบัติการที่ต้องเรียนรายวิชาฯ ในภาคการศึกษาที่เปิดรายวิชา ควบคุมการทำปฏิบัติการของนิสิตในชั่วโมงเรียน

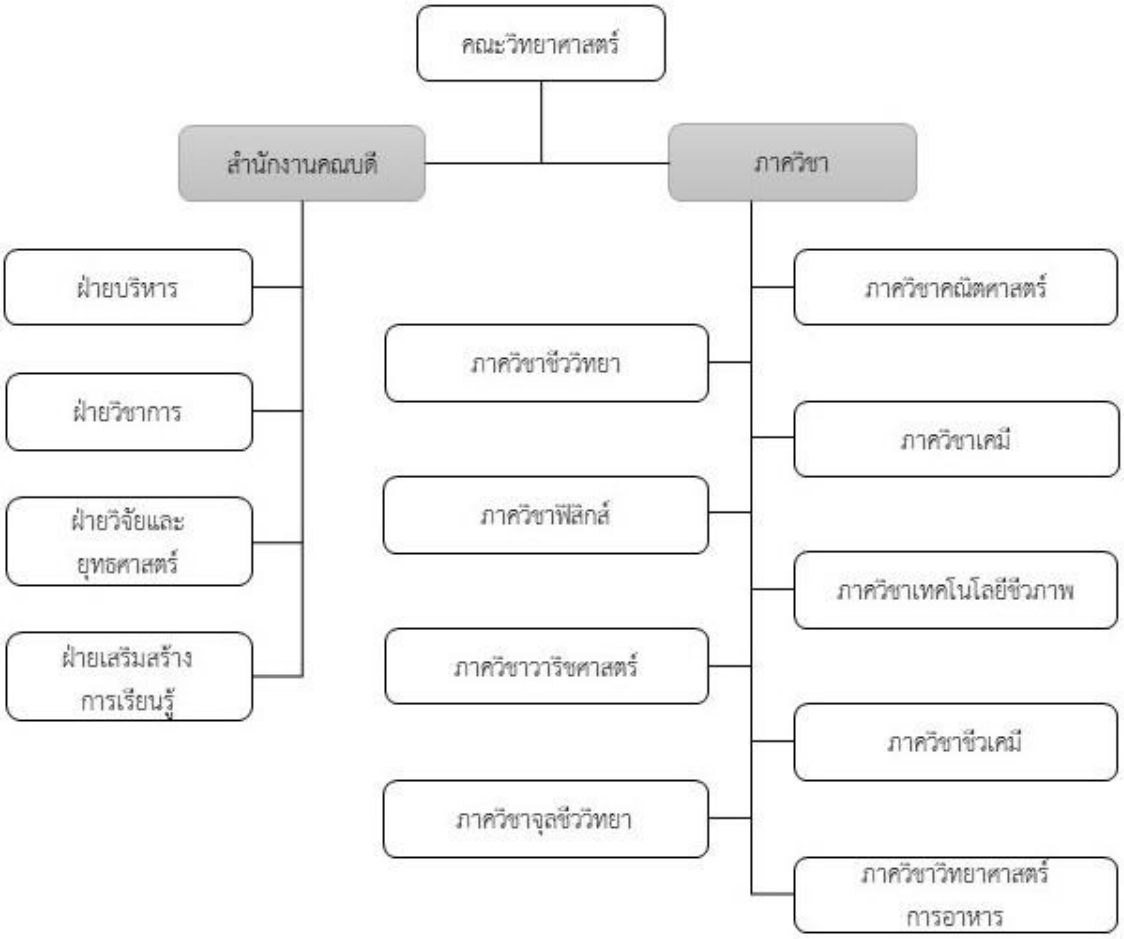
นักวิทยาศาสตร์ มีหน้าที่ วิเคราะห์ปฏิบัติการจากที่อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา วางแผนการเรียนตรวจสอบปริมาณสารเคมี อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ต้องใช้ในแต่ละบทปฏิบัติการ และเตรียมสารละลาย อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ต้องใช้ในแต่ละบทปฏิบัติการตามที่ได้ทำการวิเคราะห์ จัดเก็บอุปกรณ์ และห้องปฏิบัติการให้เรียบร้อยหลังทำปฏิบัติการเสร็จสิ้น

ผู้ปฏิบัติงานบริหาร มีหน้าที่ รวบรวมเอกสารขอเปิดรายวิชาเสนอหัวหน้าภาควิชา จัดทำเอกสารจัดซื้อของภาควิชาฯ

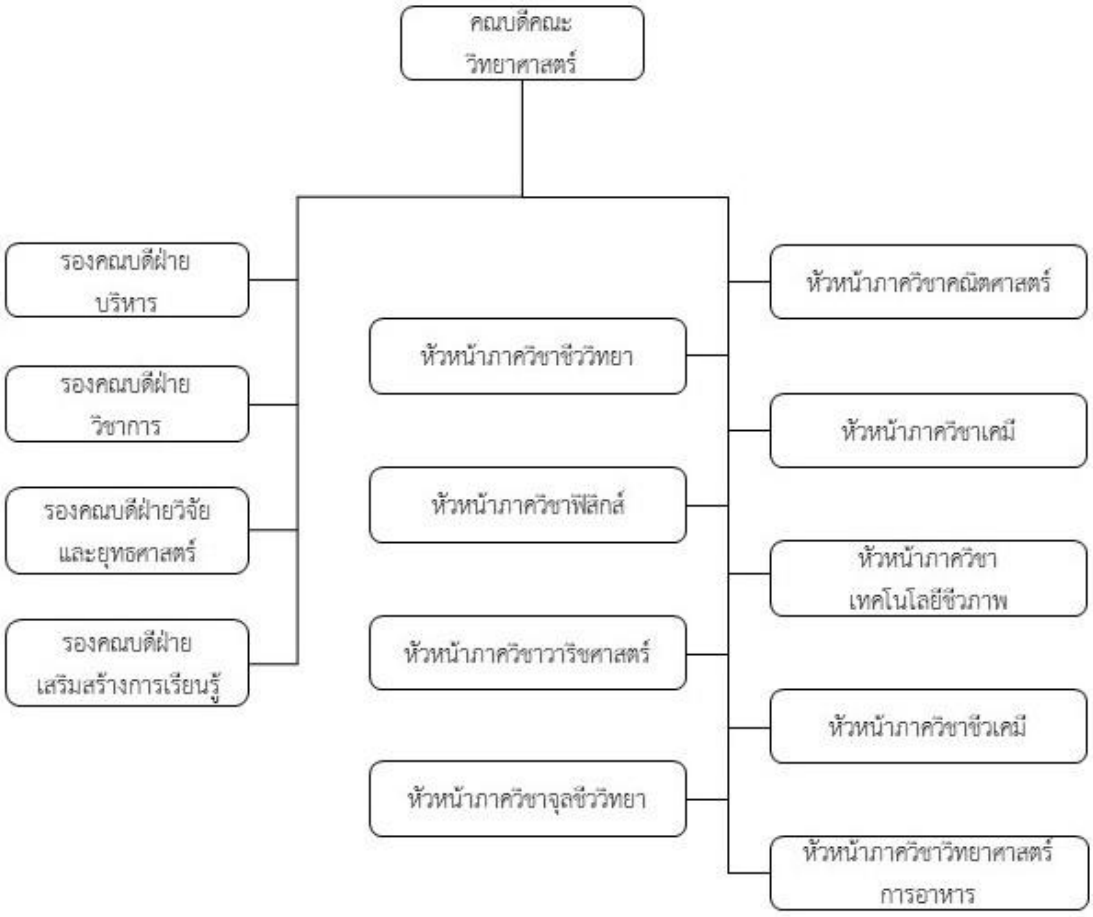
บทที่ 2 บทบาทหน้าที่ และความรับผิดชอบ

2.1 โครงสร้างหน่วยงานและภาระหน้าที่ของหน่วยงาน

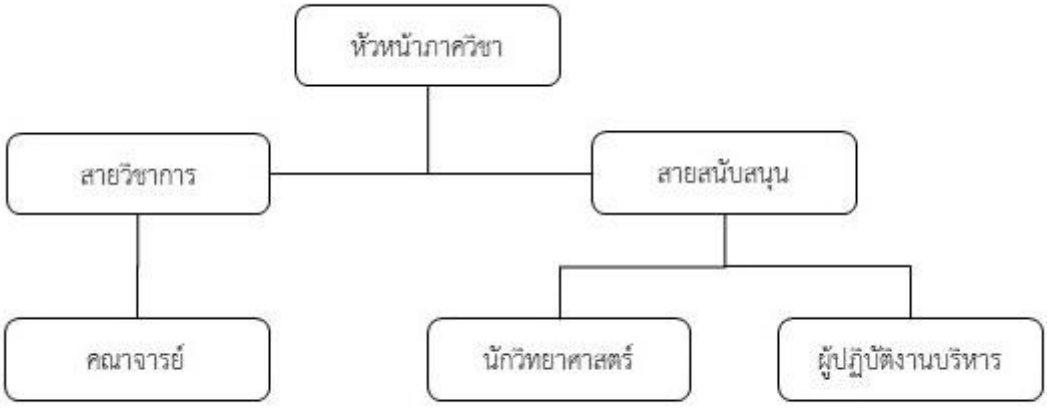
1. โครงสร้างองค์กร (Organization Chart)



2. โครงสร้างการบริหาร (Administration Chart)



3. โครงสร้างการปฏิบัติงาน (Activity Chart)



2.2 ลักษณะงานที่ปฏิบัติงาน (Job Description)

ภาระงานตามมาตรฐานกำหนดตำแหน่ง

1. ด้านการปฏิบัติการ

- ศึกษา ค้นคว้า ทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล และร่วมดำเนินการวิจัย เผยแพร่ผลงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อสร้างองค์ความรู้และพัฒนาอุตสาหกรรม

- วิเคราะห์ ทดสอบ ตรวจสอบ ตรวจวัด ตรวจพิสูจน์ และวินิจฉัยทางวิทยาศาสตร์ ของวัตถุตัวอย่าง สอบเทียบเครื่องมือ อุปกรณ์วัด เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และจัดทำฐานข้อมูลห้องปฏิบัติการ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน

- ให้บริการวิชาการด้านต่างๆ เช่น ให้คำปรึกษา แนะนำ ในการปฏิบัติงานแก่เจ้าหน้าที่ระดับรองลงมาและแก่นักศึกษาที่มาฝึกปฏิบัติงาน ตอบปัญหาและชี้แจงเรื่องต่างๆ เกี่ยวกับงานในหน้าที่ เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพ และปฏิบัติหน้าที่อื่นที่เกี่ยวข้อง

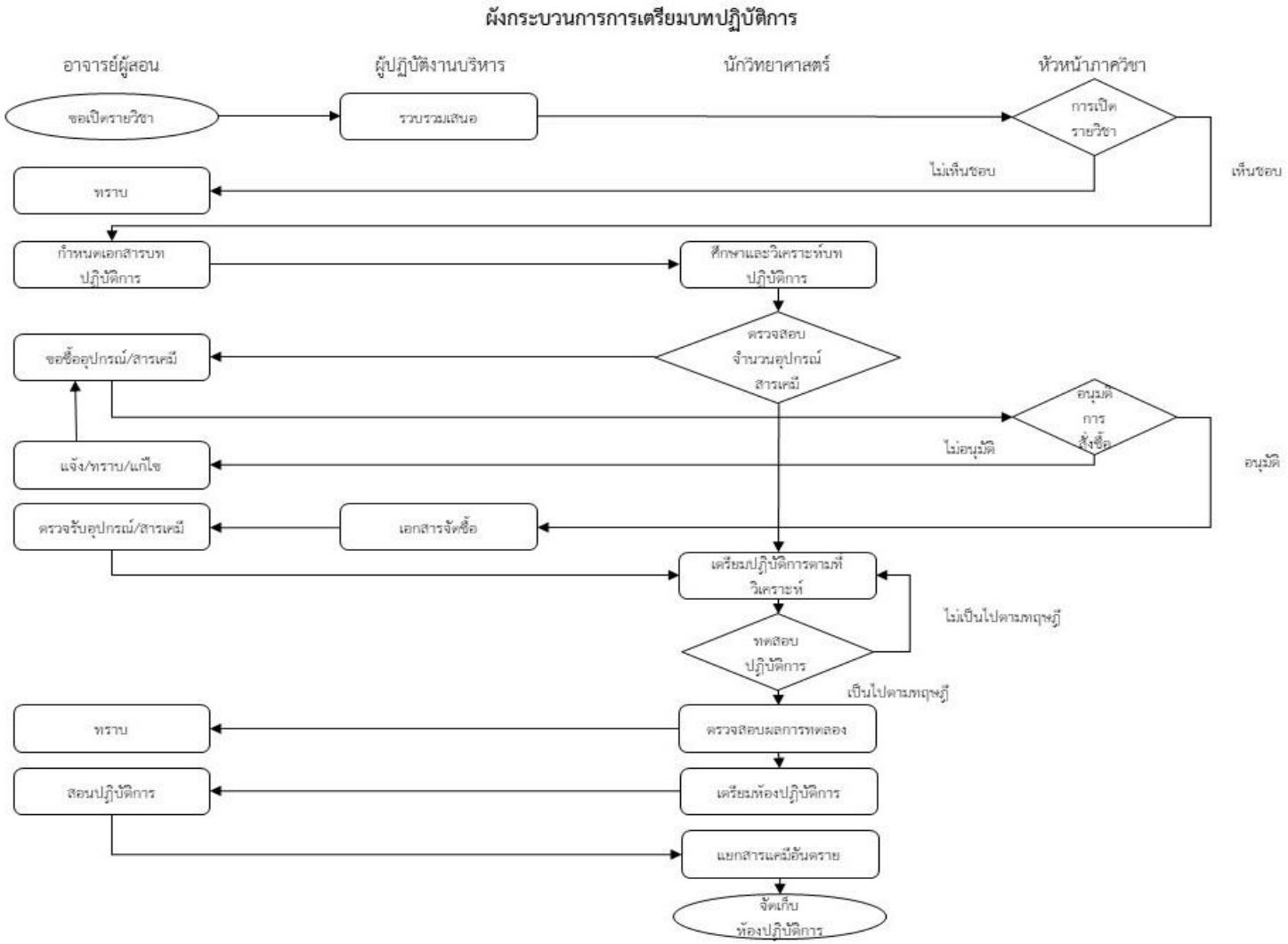
2. ช่วยสอนและให้คำแนะนำการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
3. ปฏิบัติการด้านการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
4. ช่วยนักวิทยาศาสตร์ระดับสูงในการศึกษา วิเคราะห์ในเรื่องต่างๆ ตามที่ได้รับมอบหมาย
5. ให้คำปรึกษาแนะนำในการปฏิบัติงานแก่เจ้าหน้าที่ระดับรองลงมา
6. ปฏิบัติหน้าที่อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

ภาระงานที่ได้รับมอบหมายตามตำแหน่งงานในปัจจุบัน

1. วิเคราะห์เคมีภัณฑ์ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหาร วัตถุดิบ น้ำ สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และสิ่งของอื่นๆ เพื่อหาองค์ประกอบหรือคุณสมบัติทางวิทยาศาสตร์ รวบรวมข้อมูลและจัดทำผลการวิเคราะห์ การทดสอบ
2. ช่วยสอนและให้คำแนะนำการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
3. เตรียมความพร้อมของบทปฏิบัติการต่างๆ ที่ได้รับมอบหมาย
4. เสนอ/จัดหา/จัดซื้อ วัสดุอุปกรณ์/สารเคมี ในระบบห้องปฏิบัติการและสำนักงานภาควิชาฯ
5. ดูแล บำรุงรักษา ครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์ของภาควิชาฯ
6. จัดฝึกอบรม/สอน การใช้ครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์แก่นิสิต
7. กรอกข้อมูลการยืม/คืน อุปกรณ์เครื่องแก้ว/สารเคมี/เครื่องมือ ของนิสิตเข้าระบบหนี้สินนิสิต และทำการปลดหนี้สินให้นิสิตเมื่อนิสิตทำการคืนอุปกรณ์เครื่องแก้ว/สารเคมี/เครื่องมือ เรียบร้อยแล้ว
8. คัดแยก จัดเก็บสาร และขนย้ายของเสียสารเคมีอันตรายเพื่อส่งกำจัด

บทที่ 3 กระบวนการปฏิบัติงาน

3.1 ผังกระบวนการปฏิบัติงาน (Work Flow)

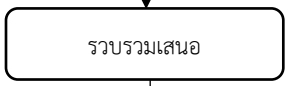
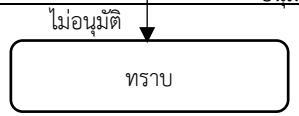
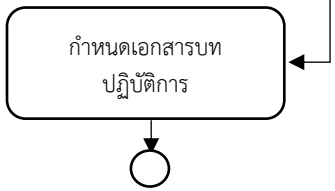


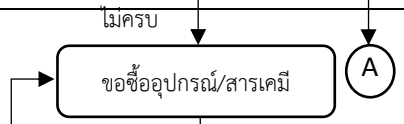
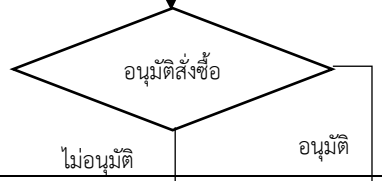
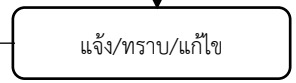
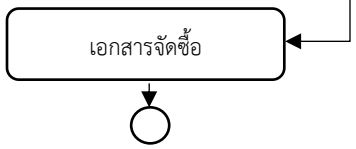
ผังกระบวนงาน (Work flow)

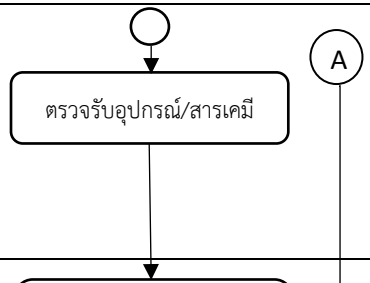
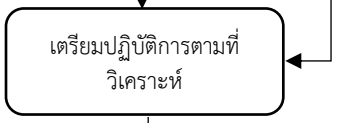
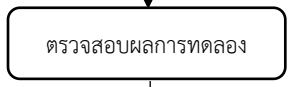
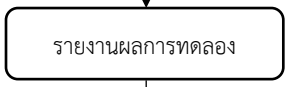
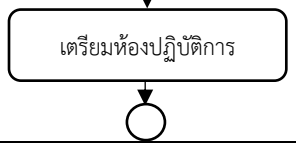
ชื่อกระบวนการ การเตรียมปฏิบัติการ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

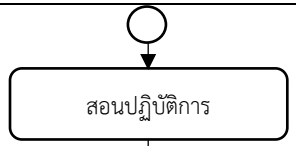
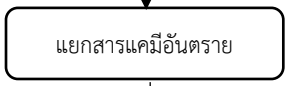
ข้อกำหนดสำคัญของกระบวนการ เตรียมปฏิบัติการได้อย่างครบถ้วน ถูกต้อง และเสร็จทันเวลา

ตัวชี้วัดสำคัญของกระบวนการ ร้อยละของจำนวนครั้งที่เตรียมปฏิบัติการเสร็จก่อนเริ่มการเรียนปฏิบัติการ อย่างน้อย 1 วัน

ที่	กระบวนการ	ระยะเวลา	รายละเอียดงาน	มาตรฐานคุณภาพงาน	เอกสารที่เกี่ยวข้อง	ผู้รับผิดชอบ
1		ตามปฏิทินการศึกษา	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา แจ้งขอเปิดรายวิชาฯ	ก่อนเปิดภาคเรียน อย่างน้อย 1 เดือน	แบบฟอร์มเสนอเปิดรายวิชาเอกเลือกของภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา
2		ตามปฏิทินการศึกษา	รวบรวมเสนอหัวหน้าภาควิชา	ก่อนเปิดภาคเรียน อย่างน้อย 1 เดือน	-	ผู้ปฏิบัติงานบริหาร
3		ตามปฏิทินการศึกษา	เห็นชอบอนุมัติเปิดรายวิชาฯ	ก่อนเปิดภาคเรียน อย่างน้อย 1 เดือน	-	หัวหน้าภาควิชา
4		ตามปฏิทินการศึกษา	ไม่อนุมัติเปิดรายวิชาฯ	ชี้แจงเหตุผลประกอบการอนุมัติ	-	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา
5		ก่อนเปิดภาคเรียนอย่างน้อย 3 สัปดาห์ เดือน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชากำหนดบทปฏิบัติการ และจัดแผนการเรียนปฏิบัติการ	- กำหนดบทปฏิบัติการและจัดแผนการเรียนปฏิบัติการในภาคการศึกษา - ก่อนเปิดภาคเรียนอย่างน้อย 3 สัปดาห์	เอกสารประกอบการสอนวิชา เทคโนโลยีชีวภาพสำหรับการบำบัดน้ำเสีย	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา

ที่	กระบวนการ	ระยะเวลา	รายละเอียดงาน	มาตรฐานคุณภาพงาน	เอกสารที่เกี่ยวข้อง	ผู้รับผิดชอบ
6		ก่อนเปิดภาคเรียนอย่างน้อย 3 สัปดาห์	วิเคราะห์ว่าแต่ละบทปฏิบัติการ ต้องใช้สารเคมี วัสดุอุปกรณ์ จำนวนเท่าไร เครื่องมืออะไรบ้าง	- ศึกษาปฏิบัติการอย่างละเอียด	เอกสารประกอบการสอนวิชา เทคโนโลยีชีวภาพสำหรับการบำบัดน้ำเสีย	นักวิทยาศาสตร์
7		ก่อนเปิดภาคเรียนอย่างน้อย 3 สัปดาห์	ตรวจสอบปริมาณสารเคมี วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือที่ต้องใช้ มีเพียงพอหรือไม่	สารเคมี วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือที่ต้องใช้ ครบถ้วน	-	นักวิทยาศาสตร์
8		ก่อนเปิดภาคเรียนอย่างน้อย 3 สัปดาห์	ขอซื้อสารเคมี วัสดุอุปกรณ์ ที่มีไม่เพียงพอ	- ตรวจสอบราคา และมีใบเสนอราคาแนบ - ก่อนเปิดภาคเรียน อย่างน้อย 3 สัปดาห์	แบบฟอร์มขออนุมัติสั่งซื้ออุปกรณ์และสารเคมี	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา
9		ก่อนเปิดภาคเรียนอย่างน้อย 3 สัปดาห์	พิจารณาอนุมัติการสั่งซื้อสารเคมี วัสดุอุปกรณ์	พิจารณาอนุมัติตามความเหมาะสม และความจำเป็นในการเรียนการสอน	-	หัวหน้าภาควิชา
10			แก้ไขตามความเห็นหัวหน้าภาควิชา	ชี้แจงเหตุผลประกอบ เพื่อแก้ไขการสั่งซื้อ	-	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา
11		ก่อนเปิดภาคเรียนอย่างน้อย 3 สัปดาห์	จัดทำเอกสารการสั่งซื้อ	สั่งซื้อตรงตามที่ได้รับอนุมัติ	เอกสารการจัดซื้อ-จัดจ้าง	ผู้ปฏิบัติงานบริหาร

ที่	กระบวนการ	ระยะเวลา	รายละเอียดงาน	มาตรฐานคุณภาพงาน	เอกสารที่เกี่ยวข้อง	ผู้รับผิดชอบ
12		ก่อนเรียน อย่างน้อย 1 สัปดาห์	ตรวจรับตามรายการที่ขอซื้อ	- รายการที่ส่งครบถ้วนและปริมาณถูกต้องตามที่สั่งซื้อ - ได้รับสินค้าก่อนเรียนปฏิบัติการ อย่างน้อย 1 สัปดาห์	-	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา
13		อย่างน้อย 1 สัปดาห์ก่อนวันเรียน	เตรียมสารละลาย อุปกรณ์ เครื่องแก้ว ตามที่วิเคราะห์	3 วัน ก่อนวันที่เรียนปฏิบัติการ	-	นักวิทยาศาสตร์
14		อย่างน้อย 1 สัปดาห์ก่อนวันเรียน	ทดสอบ วิเคราะห์ตัวอย่าง ตามวิธีการวิเคราะห์ในเอกสารประกอบการสอน	3 วัน ก่อนวันที่เรียนปฏิบัติการ	เอกสารประกอบการสอน วิชา เทคโนโลยีชีวภาพสำหรับการบำบัดน้ำเสีย	นักวิทยาศาสตร์
15		อย่างน้อย 1 สัปดาห์ก่อนวันเรียน	ผลการวิเคราะห์มีค่าตามที่กำหนด	ผลการทดลองเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของปฏิบัติการ	เอกสารประกอบการสอน วิชา เทคโนโลยีชีวภาพสำหรับการบำบัดน้ำเสีย	นักวิทยาศาสตร์
16		อย่างน้อย 1 วัน ก่อนวันเรียน	รายงานผลการเตรียมปฏิบัติการ แก่อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาทราบ	รายงาน ผลการเตรียมสารละลาย อุปกรณ์ ตัวอย่าง และความพร้อมของเครื่องมือ	-	นักวิทยาศาสตร์
17		ก่อนชั่วโมงเรียนปฏิบัติการ	จัดเตรียมอุปกรณ์ เครื่องแก้ว เครื่องมือที่ต้องใช้ในชั่วโมงปฏิบัติการ	ก่อนถึงชั่วโมงเรียนปฏิบัติการ	-	นักวิทยาศาสตร์

ที่	กระบวนการ	ระยะเวลา	รายละเอียดงาน	มาตรฐานคุณภาพงาน	เอกสารที่เกี่ยวข้อง	ผู้รับผิดชอบ
18		ชั่วโมงปฏิบัติการ	ช่วยควบคุมนิสิตระหว่างชั่วโมงปฏิบัติการ	ปฏิบัติตามระเบียบห้องปฏิบัติการ	เอกสารประกอบการสอนวิชา เทคโนโลยีชีวภาพสำหรับการบำบัดน้ำเสีย	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา
19		หลังชั่วโมงเรียน	เตรียมภาชนะบรรจุของเสียสารเคมีอันตราย ติดฉลากข้างภาชนะชัดเจน	จัดแยกตามประเภทของเสียสารเคมีอันตรายในห้องปฏิบัติการ	แนวปฏิบัติเพื่อการส่งกำจัดของเสียสารเคมีอันตรายในห้องปฏิบัติการ	นักวิทยาศาสตร์
20		หลังชั่วโมงเรียน	จัดเก็บอุปกรณ์ เครื่องแก้ว เครื่องมือที่ใช้ในชั่วโมงปฏิบัติการ	พร้อมใช้งานในรายวิชาต่อไป	-	นักวิทยาศาสตร์

3.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

รายละเอียดงาน	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน
1. ขอเปิดรายวิชา	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาแจ้งภาควิชาฯ โดยเขียนแบบฟอร์มเสนอเปิดรายวิชาเอกเลือกของภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ เพื่อขอเปิดรายวิชาในภาคการศึกษา ตามกำหนดการในปฏิทินการศึกษาของมหาวิทยาลัยบูรพา ทำการระบุรหัสวิชา รายวิชา ผู้สอนในรายวิชา ชั้นปีและจำนวนนิสิตที่รับในรายวิชาฯ
2. รวบรวมเสนอ	ผู้ปฏิบัติงานบริหาร รวบรวมแบบฟอร์มเสนอเปิดรายวิชาเอกเลือกที่ขอเปิดสอนในภาคการศึกษา ของคณาจารย์ เสนอหัวหน้าภาควิชา เพื่อพิจารณาการเปิดรายวิชาฯ
3. การเปิดรายวิชา	หัวหน้าภาควิชา พิจารณาการเปิดรายวิชา ในภาคการศึกษานั้นๆ เมื่ออนุมัติ - แจ้งกลับมายังผู้ปฏิบัติงานบริหาร และอาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาทราบ เพื่อทำการจัดตารางเรียนสำหรับนิสิตแต่ละชั้นปี - ผู้ปฏิบัติงานบริหารจัดทำเอกสารขอเปิดรายวิชาแจ้งไปยังฝ่ายวิชาการเพื่อจองรายวิชาลงทะเบียนให้กับนิสิตในระบบทะเบียนและสถิตินิสิต - เมื่อถึงช่วงเวลาลงทะเบียนเรียนทำการตรวจสอบจำนวนนิสิตที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา ในระบบทะเบียนและสถิตินิสิต https://reg.buu.ac.th/registrar/home.asp
4. กำหนดเอกสารบทปฏิบัติการ	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาตรวจสอบจำนวนนิสิตที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาในระบบทะเบียนและสถิตินิสิต และจัดทำ มคอ.3 ในระบบ ระบบจัดการหลักสูตร ตามกรอบมาตราฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา (TQF) https://tqf.buu.ac.th เพื่อกำหนดแผนการเรียนในภาคการศึกษา ลงรายละเอียดการเรียนปฏิบัติการในแต่ละสัปดาห์ และการจัดการเรียนในห้องเรียน การแบ่งกลุ่มการเรียนปฏิบัติการ
5. ศึกษาและวิเคราะห์บทปฏิบัติการ	อาจารย์ผู้ประสานงานรายวิชา แจ้งแผนการเรียนปฏิบัติการ บทปฏิบัติการที่ทำในแต่ละสัปดาห์ เอกสารประกอบการเรียนปฏิบัติการ และจำนวนนิสิตที่ลงทะเบียนเรียนให้นักวิทยาศาสตร์ทราบ เพื่อใช้ทำการวิเคราะห์แต่ละบทปฏิบัติการ มาทำการคำนวณปริมาณจำนวนวัสดุอุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ที่ต้องใช้ในแต่ละบทปฏิบัติการ ตามทฤษฎีในเอกสารประกอบการเรียนปฏิบัติการ รวมถึงการวางแผนลำดับการทำงานเพื่อเตรียมสารละลายแต่ละชนิดที่จะใช้ในปฏิบัติการต่างๆ

รายละเอียดงาน	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน
	- วางแผนการจัดการอุปกรณ์ เครื่องแก้ว ซึ่งบางบทปฏิบัติการมีการใช้อุปกรณ์ เครื่องแก้วที่ต้องมีการล้างทำความสะอาดด้วยวิธีเฉพาะและใช้เวลาในการเตรียม ต้องมีการเตรียมล่วงหน้า - วางแผนการเตรียมสารเคมีที่ต้องใช้เตรียมสารละลาย บางปฏิบัติการสารเคมีที่ต้องใช้อาจมีเตรียมสารก่อนการใช้งาน เช่น การอบด้วยอุณหภูมิต่างๆ - วางแผนการเตรียมสารละลายโดยคำนึงถึงอายุการใช้งานของสารละลายแต่ละชนิด เนื่องจากสารละลายแต่ละตัวอาจมีอายุการใช้งานต่างกัน หรือสารละลายบางชนิด ต้องตั้งทิ้งไว้ 2-3 วันเพื่อให้ละลาย ก่อนการใช้งาน - วางแผนการจัดวาง และการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือที่ต้องใช้ในชั่วโมงปฏิบัติการ
6. ตรวจสอบจำนวนอุปกรณ์ สารเคมี	- นักวิทยาศาสตร์นำผลการวิเคราะห์แต่ละบทปฏิบัติการ ตรวจสอบจำนวนวัสดุอุปกรณ์ สารเคมี มีเพียงพอหรือไม่ หากมีไม่เพียงพอทำการแจ้งกลับไปยังอาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา โดยระบุจำนวนวัสดุอุปกรณ์ สารเคมี ที่ต้องการเพิ่มเพื่อทำการขอซื้อ - ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือที่ต้องใช้ในแต่ละบทปฏิบัติการ ว่ามีความพร้อมในการใช้งานหรือไม่ หากมีการชำรุดเสียหาย ทำการแจ้งอาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาทราบ หากจำเป็นต้องทำการซ่อมแซม อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาเขียนใบขอซ่อมครุภัณฑ์ เสนอหัวหน้าภาควิชา หรือหากทำการซ่อมไม่ทันในสัปดาห์นั้นๆ ให้ทำการติดต่อกับภาควิชาฯ หรือหน่วยบริการนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ เพื่อขอใช้เครื่องมือในการเรียนปฏิบัติการ
7. ขอซื้ออุปกรณ์/สารเคมี	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาเขียนใบขอซื้อวัสดุอุปกรณ์ สารเคมีที่มีไม่เพียงพอ โดยขอเอกสารใบเสนอราคาจากบริษัทที่ต้องการสั่งซื้อ หรือแจ้งกับนักวิทยาศาสตร์ เพื่อให้สอบถามใบราคาจากบริษัท โดยแจ้งรายละเอียดถึง จำนวน เกรดหรือยี่ห้อที่ต้องการ เพื่อใช้แนบเพื่อขอสั่งซื้อ วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี
8. อนุมัติการสั่งซื้อ	หัวหน้าภาควิชา พิจารณาอนุมัติการสั่งซื้อสารเคมี วัสดุอุปกรณ์ - กรณีอนุมัติ แจ้งอาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาทราบ เพื่อดำเนินการสั่งซื้อต่อไป - หากไม่อนุมัติ แจ้งกลับไปยังอาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาทราบ และแจ้งเหตุผลพิจารณา เพื่อทำการแก้ไขหรือปรับเปลี่ยนรายการ และทำการขอซื้ออีกครั้ง

รายละเอียดงาน	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน
9. เอกสารจัดซื้อ	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาส่งเอกสารใบเสนอราคาให้ผู้ปฏิบัติงานบริหาร เพื่อจัดทำเอกสารการจัดซื้อจัดจ้างตามระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 โดยใช้ระบบ 3 มิติ http://10.5.1.39/acct3d/_login/default.aspx ใช้กระบวนการการจัดซื้อจัดจ้างวงเงินไม่เกิน 100,000 บาท ด้วยวิธีตกลงราคา ตามระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 โดยผู้ขอซื้อทำการสืบราคา โดนขอใบเสนอราคาแนบพร้อมแบบฟอร์มขออนุมัติสั่งซื้อวัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ เสนอต่อหัวหน้าภาควิชา เพื่อขออนุมัติซื้อ เมื่อหัวหน้าภาควิชา อนุมัติซื้อ ส่งใบเสนอราคาที่ผู้ปฏิบัติงานบริหาร เพื่อจัดทำเอกสารทำใบเสนอซื้อจ้าง (PW) ในระบบ 3 มิติ http://10.5.1.39/acct3d/_login/default.aspx เสนอหัวหน้าภาควิชา ลงนาม ส่งเอกสารให้ฝ่ายพัสดุตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นจัดทำขอซื้อ/จ้าง (PR) ในระบบ 3 มิติ ส่งเอกสารให้ฝ่ายพัสดุตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง ดำเนินการสั่งซื้อวัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีตามใบเสนอราคา
10. ตรวจรับอุปกรณ์/สารเคมี	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา ตรวจรับวัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีตรงตามที่ขอซื้อ ส่งเอกสารการจัดส่งสินค้าที่ผู้ปฏิบัติงานบริหาร เพื่อจัดทำเอกสารตรวจรับสินค้า (RC) ในระบบ 3 มิติ และส่งฝ่ายพัสดุเพื่อขึ้นบัญชีพัสดุ - อุปกรณ์/สารเคมี จำนวนถูกต้อง และรายการตรงตามรายการที่ขอสั่งซื้อ เมื่อรายการถูกต้องตามีที่ขอซื้อ ส่งเอกสารใบรับสินค้า ที่ผู้ปฏิบัติงานบริหาร เพื่อดำเนินการต่อ
11. เตรียมปฏิบัติการตามที่วิเคราะห์	- ทำการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ เครื่องแก้วก่อนนำมาใช้เตรียมสารละลาย - เตรียมสารเคมี อุปกรณ์ เครื่องแก้วที่ต้องใช้ในการเตรียมสารละลาย ตามที่ได้วิเคราะห์ไว้ - เตรียมสารละลาย ตามที่ได้ปริมาณที่ได้ทำการวิคราะห์เก็บในภาชนะ พร้อมทั้งติดฉลาก เขียนชื่อสาร วันที่เตรียม และผู้เตรียม - ตรวจสอบเครื่องมือที่ต้องใช้ในปฏิบัติการ ว่ามีความพร้อมใช้งาน หากเครื่องชำรุดเสียหายดำเนินการขอซ่อม หรือติดต่อขอใช้เครื่องของหน่วยบริการนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ (Science innovation facility) หรือภาควิชาอื่นๆ

รายละเอียดงาน	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน
12. ทดสอบปฏิบัติการ	ทดสอบสารละลายที่เตรียมตามที่วิเคราะห์ โดยทำตามเอกสารประกอบการสอน ตรวจสอบผลของปฏิกิริยาของสารละลายต่างๆ มีปฏิกิริยาตามทฤษฎีที่อ้างอิงในเอกสารประกอบการสอนหรือไม่ หากไม่เป็นไปตามทฤษฎีที่อ้างอิง ให้กลับไปทบทวนและตรวจสอบการกระบวนการวิเคราะห์และขั้นตอนการเตรียมว่ามีอะไรผิดพลาดหรือไม่ เมื่อทบทวนและตรวจสอบแล้ว ทำการแก้ไขสาเหตุที่ผิดพลาด และทดสอบอีกครั้ง
13. ตรวจสอบผลการทดลอง	ทำการตรวจสอบผลการทดลอง โดยการนำสารละลายที่เตรียมไว้มาทำการวิเคราะห์ตามวิธีการวิเคราะห์ในเอกสารประกอบการสอน และหากมีค่ามาตรฐานให้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบผลว่ามีค่าที่ถูกต้อง และมีค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ และนำตัวอย่างที่เตรียมไว้สำหรับนิสิตวิเคราะห์ในชั่วโมงปฏิบัติการ มาทำการวิเคราะห์หาค่าในตัวอย่างก่อนเพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสม และอยู่ในช่วงที่สามารถนำมาเทียบกับค่ามาตรฐานและนำมาอธิบายผลการทดลองได้
14. รายงานผลการทดลอง	เมื่อตรวจสอบผลการทดลองแล้ว ทำการรายงานผลการเตรียมปฏิบัติการ แก่อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาทราบ การจัดวางอุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือที่ต้องใช้ในการปฏิบัติการ จำนวนตัวอย่างที่เตรียมไว้ และผลการวิเคราะห์ตัวอย่างว่าตัวอย่างแต่ละตัวอย่างมีค่าเท่าไร
15. เตรียมห้องปฏิบัติการ	ก่อนชั่วโมงปฏิบัติการ ทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ เครื่องแก้ว เครื่องมือที่ต้องใช้ในชั่วโมงปฏิบัติการ จัดวางอุปกรณ์ เครื่องแก้ว เครื่องมือตามแผนที่ได้ทำการวิเคราะห์ไว้ และทำการตรวจสอบจำนวนว่าครบถ้วนตามที่ได้ทำการวิเคราะห์ไว้ ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือที่ต้องใช้อีกครั้ง ว่าพร้อมใช้งานได้ตามปกติ
16. สอนปฏิบัติการ	ช่วยอาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาดูแลนิสิตระหว่างชั่วโมงปฏิบัติการ และเพื่อให้นิสิตปฏิบัติได้ถูกต้อง จำเป็นต้องศึกษาการใช้อุปกรณ์เครื่องแก้วแต่ละชนิด อย่างถูกวิธี และการทำปฏิบัติการอย่างถูกต้องตามเอกสารประกอบการสอน จึงต้องมีการทำการทดลองปฏิบัติการอย่างชำนาญ สอนการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ รวมถึงการดูแลรักษาเครื่องมือที่ต้องใช้ในปฏิบัติการ และควบคุมดูแลระหว่างการใช้งาน เพื่อให้นิสิตใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นต้องอ่านคู่มือการใช้เครื่องมือแต่ละเครื่องอย่างละเอียด ศึกษาการใช้งานเครื่องมืออย่างถูกวิธี ข้อควรระวังในการใช้เครื่องมือต่างๆ

รายละเอียดงาน	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน
17. แยกสารเคมีอันตราย	จัดเตรียมภาชนะบรรจุของเสียสารเคมีอันตราย โดยภาชนะบรรจุเหมาะสมกับประเภทของสารเคมีอันตรายที่บรรจุ ทำการตรวจสอบไม่ให้มีการรั่วซึม ติดฉลากข้างภาชนะระบุว่าเป็นภาชนะสำหรับใส่ของเสียสารเคมีอันตราย ประเภทของสารหรือชื่อสารเคมีที่บรรจุให้ชัดเจน และทำการแยกภาชนะของสารเคมีแต่ละประเภท ไม่ใส่รวมกัน เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาของสารเคมี มีถาดรองภาชนะหากเกิดการรั่วซึมของภาชนะ สารเคมีจะไม่ไหลกระจายในพื้นที่ ตรวจสอบปริมาณของสารสารเคมีอันตรายที่บรรจุในภาชนะ ไม่ควรเกิน 80% ของถัง และจัดวางในจุดจัดวางของเสียสารเคมีอันตราย
18. จัดเก็บห้องปฏิบัติการ	เมื่อสิ้นสุดปฏิบัติการ ทำการจัดเก็บอุปกรณ์ เครื่องแก้ว โดยทำการแยกชนิดอุปกรณ์ เครื่องแก้ว ตรวจสอบจำนวน แล้วจัดเก็บเข้าตู้เก็บอุปกรณ์ เครื่องแก้ว หากมีเครื่องแก้วแตกเสียหาย ให้ทิ้งในถังสำหรับทิ้งแก้วแตก ห้ามทิ้งลงในถังขยะทั่วไป เพื่อป้องกันอันตราย ตรวจสอบความเรียบร้อยและทำความสะอาดเครื่องมือที่ใช้ในชั่วโมงปฏิบัติการ และลงบันทึกการใช้เครื่องมือทุกครั้ง ตรวจสอบและทำความสะอาดโต๊ะปฏิบัติการ อ่างล้างอุปกรณ์ จัดเก็บและทำความสะอาดห้องปฏิบัติการ เพื่อให้พร้อมใช้งานในปฏิบัติการต่อไป

3.3 หลักการ หลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติงาน

รายวิชาเทคโนโลยีชีวภาพสำหรับการบำบัดน้ำเสีย มีเนื้อหาเกี่ยวกับหลักการการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ การบำบัดน้ำเสียจากชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม และจากเกษตรกรรม การบำบัดน้ำเสียทางกายภาค เคมี และชีวภาพ ระบบบำบัดแบบใช้อากาศ ระบบตะกอนเร่ง ระบบโปรยกรอง ระบบจานหมุนชีวภาพ บ่อธรรมชาติ และระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ การจัดการกากตะกอน การเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม ซึ่งจากเนื้อหาข้างต้นต้องมีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามวิธีมาตรฐานกำหนด ซึ่งในส่วนที่เป็นปฏิบัติการจะเป็นทำการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ที่เป็นวิธีมาตรฐานตามที่กำหนดของกรมควบคุมมลพิษ ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ หรือในระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อบำบัดปล่อยน้ำเสียที่บำบัดแล้วออกสู่สิ่งแวดล้อม เช่น ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) ค่าของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายได้ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสฟอรัส การทำ MPN และ Membrane filtration และการทำจาร์เทส

ในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการต้องทำตามข้อปฏิบัติในการใช้ห้องปฏิบัติอย่างถูกต้อง เพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ อย่างถูกต้องเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้ความเข้าใจในการใช้สารเคมี ตั้งแต่ประเภทของสารเคมี การคำนวณสารเคมีในการเตรียมสารละลาย ข้อควรระวัง จนถึงการจัดการของเสียสารเคมีอันตรายจากห้องปฏิบัติการ

ข้อปฏิบัติในการทำงานในห้องปฏิบัติการ

1. ไม่ควรปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการโดยลำพัง โดยเฉพาะกรณีที่ต้องปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารอันตราย
2. สวมเสื้อคลุมปฏิบัติการที่พอดีตัว ติดกระดุมตลอดเวลารวมทั้งสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลตามความเหมาะสมทุกครั้งขณะทำการทดลอง
3. ห้ามนำอาหาร เครื่องดื่ม เข้ามาเก็บหรือรับประทานในห้องปฏิบัติการ
4. ห้ามนำเครื่องแก้ว หรือภาชนะที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ไปใช้เพื่อการปรุงอาหาร
5. ห้ามนำเด็กและสัตว์เลี้ยงเข้ามาในห้องปฏิบัติการ
6. ขณะอยู่ในห้องปฏิบัติการ
    - ห้ามรบกวนผู้ที่กำลังปฏิบัติการวิจัยทดลอง
    - ห้ามใช้เครื่องมือผิดประเภท
    - ห้ามหยิบอุปกรณ์หรือเครื่องมือวิจัยของผู้อื่นก่อนได้รับอนุญาต
    - ห้ามวิ่งเล่นหยอกล้อกัน
    - ห้ามใช้อ่างน้ำในห้องปฏิบัติการล้างจานหรือแก้วน้ำ
    - ห้ามทำกิจกรรมการแต่งใบหน้า
    - ต้องสวมรองเท้าที่ปิดหน้าเท้าและ/หรือส้นเท้าตลอดเวลา ห้ามสวมรองเท้าแตะ
    - รวบผมให้เรียบร้อยขณะทำปฏิบัติการ
7. ปิดเครื่องปรับอากาศทุกครั้ง เมื่อเลิกใช้ห้องปฏิบัติการ
8. ต้องลงบันทึกการใช้งาน (log book) เมื่อมีการใช้เครื่องมือ
9. รักษาพื้นที่ทำวิจัยส่วนตนและส่วนรวมให้สะอาดเรียบร้อยและห้ามวางของเกะกะ
10. ล้างมือทุกครั้งก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ
11. ห้ามปิดกั้นทางออก และทางเข้าถึงเครื่องมือรับเหตุฉุกเฉิน หรือแผงไฟ

อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล

อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล หมายถึง ถุงมือ อุปกรณ์กรองอากาศ อุปกรณ์ป้องกันตา และเสื้อผ้าที่ป้องกันร่างกาย ความต้องการในการใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลขึ้นกับชนิดหรือประเภทของการปฏิบัติงาน เป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับป้องกันผู้สวมใส่จากอันตรายที่เกิดจากการปฏิบัติการ อุปกรณ์เครื่องมือและสารเคมีอันตราย พึงระลึกอยู่เสมอว่าอุปกรณ์เหล่านี้ไม่ได้ช่วยลด หรือกำจัดความเป็นอันตรายของสารเคมีแต่อย่างใด เพียงแค่ทำหน้าที่ป้องกันผู้สวมใส่เท่านั้น ซึ่งต้องมีการประเมินความเสี่ยงแต่ละกรณีเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการตัดสินใจเลือกใช้อุปกรณ์ร่วมกับความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกันว่าแต่ละชนิดแต่ละประเภทใช้สำหรับงานประเภทใดและมีข้อจำกัดในการใช้งานอย่างไร เพื่อให้สามารถเลือกแบบที่เหมาะสมและต้องใช้ให้ถูกวิธีด้วย จึงจะสามารถป้องกันภัยได้ ดังนั้นควรมีคำแนะนำการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสมให้แก่ผู้ปฏิบัติการ อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ได้แก่

1. อุปกรณ์ป้องกันร่างกาย (body protection) เสื้อผ้าเพื่อป้องกันร่างกายผู้ปฏิบัติงานไม่ให้สัมผัสกับสิ่งส่งตรวจหรือสารเคมีโดยตรงเมื่ออยู่ในห้องปฏิบัติการต้องสวมเสื้อคลุมปฏิบัติการ (lab coat) ตลอดเวลา เสื้อคลุมปฏิบัติการควรมีความทนทานต่อสารเคมีและการฉีกขาดมากกว่าเสื้อผ้าโดยทั่วไป

- เสื้อกาวน์ (Gown) นิยมใช้มากในห้องปฏิบัติการทั่วๆ ไป เป็นเสื้อที่มักสวมใส่เข้าทางด้านหน้าและทำการผูกมัด เชือกทางด้านหลัง

- เสื้อคลุมปฏิบัติการ (Lab coat) ส่วนมากมีสีขาว เป็นเสื้อมีปก มีกระดุม ติดด้านหน้า เหมาะสำหรับห้องปฏิบัติการทั่วไป

- Coverall coat เป็นเสื้อคลุมชนิดคลุมทั้งตัว กางเกงจะเป็นชิ้นเดียวกับตัวเสื้อ ซึ่งกางเกงจะยาวถึงข้อเท้า “ห้ามสวมเสื้อผ้าที่หลวมไม่พอดีตัว ใหญ่เกินไปหรือรัดมากเกินไป เสื้อผ้าที่มีรอยฉีกขาดอาจทำให้เกิดอันตรายในห้องปฏิบัติการได้ และควรติดกระดุมเสื้อคลุมปฏิบัติการตลอดเวลา”

2. อุปกรณ์ป้องกันมือ (hand protection) ถุงมือ (gloves) มีหน้าที่ในการป้องกันมือจากสิ่งต่อไปนี้

- สารเคมี สิ่งปนเปื้อนและการติดเชื้อ (เช่น ถุงมือลาเท็กซ์/ถุงมือไวนิล/ถุงมือไนไทรล์)
- ไฟฟ้า เมื่อความต่างศักย์สูงมากเกินไป
- อุณหภูมิที่สูง/ร้อนมาก (เช่น ถุงมือที่ใช้สำหรับตู้อบ)
- อันตรายของเครื่องมือ/เครื่องกล สิ่งของมีคมซึ่งอาจทำให้เกิดบาดแผลได้

การปฏิบัติการทดลองจำเป็นต้องสวมถุงมือ เพราะสารเคมีหลายชนิดทำให้ผิวหนังเกิดอาการระคายเคืองและไหม้ได้ และยังสามารถถูกดูดซึมผ่านผิวหนังได้ด้วย อัตราการเกิดโรคผิวหนังอักเสบมีมากถึง 40-45% ของโรคที่เกี่ยวข้องกับการทำงานในห้องปฏิบัติการวิจัยที่มีสารเคมีอันตราย การใช้ถุงมือจึงจำเป็นอย่างยิ่ง นอกจากนี้สารเคมีพวกไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (dimethyl sulfoxide, DMSO), ไนโตรเบนซีน (nitrobenzene) และตัวทำละลายหลายๆ ชนิดสามารถถูกดูดซึมผ่านผิวหนังและเข้าสู่กระแสโลหิตได้เช่นกัน ซึ่งจะก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพของผู้ที่สัมผัสสารเคมีอันตรายเหล่านั้น ถุงมือแต่ละชนิดมีสมบัติและอายุการใช้งานแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องพิจารณาเลือกใช้ให้ถูกต้อง เพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด

3. อุปกรณ์ป้องกันตา (eye protection) ควรสวมใส่เพื่อป้องกันดวงตาจากอนุภาค แก้ว เศษเหล็ก และสารเคมี ลักษณะของแว่นตาที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมี 2 ประเภท คือ

3.1) แว่นตากันไอระเหย/ฝุ่น/ลม (goggle) เป็น แว่นตาที่ป้องกันตาและพื้นที่บริเวณรอบดวงตาจากอนุภาค ของเหลวติดเชื้อ หรือสารเคมี/ไอสารเคมี

3.2) แว่นตานิรภัย (safety glasses) จะคล้ายกับแว่นตาปกติที่มีเลนส์ซึ่งทนต่อการกระแทก และมีกรอบแว่นตาที่แข็งแรงกว่าแว่นตาทั่วไป แว่นตานิรภัยมักมีการชี้บ่งด้วยอักษรเครื่องหมาย "Z87" ตรงกรอบแว่นตาหรือบนเลนส์

4. อุปกรณ์ป้องกันหน้า (face protection or face shield) เมื่อทำงานกับสารเคมีอันตราย ต้องใส่หน้ากากป้องกันการกระเด็นของสารเคมีโดนใบหน้า ซึ่งสามารถใช้ร่วมกันกับแว่นตาได้ หน้ากากป้องกันใบหน้าบางประเภท เช่น หน้ากากที่มีกระบังหน้าเลนส์ใส

5. อุปกรณ์ป้องกันเท้า (foot protection) รองเท้าที่ใช้สวมใส่ในห้องปฏิบัติการ ต้องเป็นรองเท้าที่ปิดนิ้วเท้าและสวมใส่ตลอดเวลา รองเท้าควรทำจากวัสดุที่สามารถทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี ตัวทำละลาย หรือการซึมผ่านของน้ำได้ เช่น รองเท้ายางที่สวมหุ้มรองเท้าธรรมดาและรองเท้าบูท

<u>ข้อพึงปฏิบัติเมื่อต้องปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี</u>

1. ทราบอันตรายของสารเคมีที่ตนต้องใช้ในการปฏิบัติงาน ซึ่งสามารถทราบได้จากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ (Material safety data sheets) หรือ MSDS
2. ทราบสถานที่และวิธีการเก็บรักษาสารเคมีที่เหมาะสม
3. ทราบวิธีการเคลื่อนย้ายสารเคมีภายในห้องปฏิบัติการ
4. ทราบวิธีการใช้เครื่องป้องกันตนเองที่เหมาะสมต่อสารเคมี
5. ทราบจุดเก็บ และวิธีใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในกรณีสัมผัสสารเคมี

6. ทราบแนวทางการปฏิบัติในกรณีเกิดอุบัติเหตุ เช่น เส้นทางออกจากห้องปฏิบัติการ วิธีปฏิบัติตนเมื่อสัมผัสสารเคมีอันตราย รวมถึงแนวทางการจัดการของเสีย

ระบบการจัดการสารเคมีในห้องปฏิบัติการ

1. การจัดการข้อมูลสารเคมี และเอกสารข้อมูล ความปลอดภัย (Safety Data Sheet: SDS) โดยจัดทำบัญชีข้อมูลสารเคมี ควรบันทึกข้อมูล ปริมาณการใช้ และเชื่อมโยงกับข้อมูลความปลอดภัยที่มีการตรวจสอบความถูกต้องและความทันสมัยของข้อมูลความปลอดภัยอยู่เสมอ ที่สำคัญคือต้องจัดเก็บข้อมูลความปลอดภัยในตำแหน่งที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถนำมาใช้งานได้ทันที

2. การจัดซื้อสารเคมี ต้องจัดซื้อสารเคมีตามความจำเป็น หากเป็นไปได้ควรเลือกสารเคมีที่มีความเป็นอันตรายน้อยที่สุด และเลือกซื้อจากผู้ขายที่มีคุณภาพน่าเชื่อถือ มีข้อมูล SDS มาพร้อมกับสารเคมีที่ซื้อด้วย ห้องปฏิบัติการควรมีระบบบันทึกข้อมูลการจัดซื้อและตรวจรับเพื่อสะดวกต่อการสืบค้นและตรวจติดตาม

3. การจัดเก็บสารเคมี ควรจัดเก็บในบริเวณที่มีความปลอดภัย มีการจัดเรียงอย่างเป็นระบบ จัดเก็บตามลำดับการเข้ามาก่อน-หลัง และต้องมีตำแหน่งการเก็บที่แน่นอนสะดวกต่อการนำสารเคมีมาใช้งาน จัดเก็บสารเคมีโดยแยกตามประเภทของสารเคมีหรือคำแนะนำใน SDS เช่น

3.1) การแยกตามสถานะของแข็ง เช่น ของแข็งไวไฟ (flammable solid) ของแข็งทำปฏิกิริยาว่องไวกับน้ำ (water reactive solids) ของเหลว เช่น ของเหลวออกซิไดส์ (oxidizing liquids) ของเหลวที่มีฤทธิ์เป็นกรด (acid liquids) แก๊สบรรจุท่ออัดความดัน เช่น แก๊สพิษ (toxic gases) แก๊สเฉื่อย (inert gases)

3.2) การแยกตามความเป็นอันตราย เช่น สารที่ไม่เสถียร (unstable chemicals) สารที่ทำปฏิกิริยากับน้ำ (chemicals that react with water) สารกัดกร่อน (corrosive chemicals) สารเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ (organic peroxides)

3.3) แยกตามความเข้ากันได้/ไม่ได้ ซึ่งสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ (incompatible chemicals) ต้องจัดเก็บให้ห่างกันเพราะหากสารสัมผัสกันจะเกิดอันตรายจากการที่สารทำปฏิกิริยากันก่อให้เกิดความร้อนสูงจนลุกไหม้หรือระเบิด หรือให้แก๊สพิษออกมาได้ ตัวอย่างสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ เช่น nitrate เข้าไม่ได้กับ sulfuric acid หรือ arsenic compounds เข้าไม่ได้กับ reducing agents

3.4) ระบบการจำแนกประเภท การติดฉลากและข้อมูลเกี่ยวกับความเป็นอันตรายของสารเคมี (Globally Harmonized System, GHS) โดยใช้สัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตราย และระดับความรุนแรงของอันตรายจากสารเคมีซึ่งแบ่งความเป็นอันตรายเป็น 3 ด้าน คือ ด้านกายภาพ สุขภาพ และสิ่งแวดล้อม

4. การสำรวจและคัดออกของสารเคมีที่หมดอายุ และเลิกใช้เป็นการกำจัดสารเคมีที่ไม่ต้องการใช้หรือใช้ไม่ได้ออกจากห้องปฏิบัติการ เพื่อลดความเสี่ยงอันตรายจากสารเคมีที่ไม่จำเป็น ทั้งนี้ต้องปรับข้อมูลในระบบให้ถูกต้องและทันสมัยอยู่เสมอ

5. การเคลื่อนย้ายสารเคมีต้องทำด้วยความระมัดระวังปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัยของสารเคมีนั้นๆ ผู้เคลื่อนย้ายต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เช่น ถุงมือ แว่นตานิรภัย เสื้อคลุมปฏิบัติการระหว่างการเคลื่อนย้าย ใช้ภาชนะบรรจุหรืออุปกรณ์สำหรับเคลื่อนย้าย และวิธีเคลื่อนย้ายที่ถูกต้องเหมาะสมกับลักษณะและสมบัติของสาร

เกรดของสารเคมี (Chemical grade)

สารเคมี (reagent) หมายถึงสารประกอบอินทรีย์หรืออนินทรีย์ที่ทราบน้ำหนักสูตรโมเลกุลที่แน่นอนและมีความบริสุทธิ์เพียงพอที่ใช้กับงานวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อทำการทดสอบการวัดและการตรวจสอบค่าต่างๆ สารเคมีที่ผลิตขายมีความบริสุทธิ์ต่างๆ กัน และแบ่งเป็นหลายเกรดตามความบริสุทธิ์ของสาร

1. เกรด ACS reagent เป็นเกรดที่มีความบริสุทธิ์สูงสุด และความบริสุทธิ์ได้มาตรฐานตามที่สมาคมเคมีอเมริกัน (American Chemical Society หรือ ACS) กำหนดไว้และมีใบประกันรับรองให้เหมาะสำหรับใช้ในงานวิเคราะห์

2. เกรดวิเคราะห์ (analytical reagent (AR)/reagent grade) เป็นเกรดที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่า 99% มีสิ่งเจือปนในระดับที่น้อยมาก โดยทั่วไปจะมีข้อมูลแสดงปริมาณสิ่งเจือปนไว้ด้วยและเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์และสิ่งเจือปนจะต้องอยู่ในมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้เหมาะสำหรับใช้ในงานด้านการวิเคราะห์และห้องปฏิบัติการทั่วไป ถ้าสารเคมีได้มาตรฐานตามที่สมาคมเคมีอเมริกัน (ACS) กำหนดไว้จะเขียนบ่งไว้ AR (ACS) reagent

3. เกรด USP เป็นเกรดที่มีความบริสุทธิ์ได้มาตรฐานตามที่ U.S. Pharmacopoeia กำหนดไว้เหมาะสำหรับใช้ในงานด้านอาหาร ยา ทางการแพทย์และห้องปฏิบัติการทั่วไป สารเกรดโดยมีสารเจือปนที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ

4. เกรด purified/practical grade เป็นเกรดที่มีคุณภาพดีแต่ไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้ไม่เหมาะใช้ในงานด้านอาหาร ยา ทางการแพทย์

5. เกรด C.P. (chemical pure) รีเอเจนต์เกรดนี้บริสุทธิ์เกือบเทียบเท่าเกรดวิเคราะห์ (reagent grade) มาตรฐานของความบริสุทธิ์ของสารเคมีเกรดนี้ไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับโรงงานผู้ผลิต

6. เกรดปฏิบัติการ (lab หรือ practical) เป็นสารเคมีที่มีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์สูงกว่า 95% มีปริมาณสิ่งเจือปนมากกว่าเกรดงานวิเคราะห์ แต่บางครั้งสามารถใช้แทนสารเคมีเกรดวิเคราะห์ได้ หากมีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์สูงพอและสิ่งเจือปนไม่มีผลต่อการทดลอง เหมาะสำหรับใช้ในงานที่ไม่ต้องคำนึงถึงความบริสุทธิ์ของสารเคมี

7. เกรด NF เป็นเกรดที่มีความบริสุทธิ์ได้มาตรฐานตามที่ national formulary (NF) กำหนด เหมาะสำหรับใช้ในงานที่ไม่ต้องคำนึงถึงความบริสุทธิ์ของสารเคมีจะมีสารเคมีอื่นเจือปน (impurities) อยู่ในปริมาณปานกลาง

8. เกรดทางการค้า (technical หรือ commercial) เป็นสารเคมีที่ใช้งานอุตสาหกรรม จัดเป็นสารเคมีเกรดต่ำสามารถใช้ได้ดีกับงานทดลองบางอย่าง โดยปกติสารเคมีชนิดนี้ไม่บอกรายละเอียดของสิ่งเจือปน (impurity) หรือเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารเคมี ไม่เหมาะใช้ในห้องปฏิบัติการ

การจัดการของเสียสารเคมีอันตราย

คณะวิทยาศาสตร์มีแนวปฏิบัติเพื่อการส่งกำจัดของเสียสารเคมีอันตราย ใช้ระบบ Waste Track เพื่อรวบรวมข้อมูลของเสียสารเคมีอันตรายของแต่ละภาควิชา โดยภาควิชาทำการกรอกข้อมูลของเสียสารเคมีอันตรายที่มีอยู่แยกตามประเภทเข้าระบบเมื่อถึงช่วงเวลาที่กำหนด และทำการติดฉลากที่ภาชนะบรรจุก่อนขนย้ายไปยังจุดเก็บของเสียสารเคมีอันตรายเพื่อให้บริษัทรับกำจัดสารเคมีนำไปกำจัดต่อไป

แนวปฏิบัติเพื่อการส่งกำจัดของเสียสารเคมีอันตราย

1. การจำแนกของเสียสารเคมีอันตราย
   - จำแนกตามแผนผังการจำแนกของเสียจากห้องปฏิบัติการทางด้านสารเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2. การเตรียมภาชนะที่บรรจุ
   - ใช้ภาชนะบรรจุของเสียที่เหมาะสมตามประเภท พร้อมทั้งตรวจเช็คสภาพภาชนะก่อนบรรจุ เช่น รอยรั่ว หรือภาชนะที่ปิดไม่สนิท
   - บรรจุไม่เกินกว่า 80% ของความจุภาชนะหรือปริมาณของเสียต้องอยู่ต่ำกว่าปากภาชนะอย่างน้อย 1 นิ้ว
   - ควรมีถาดรองภาชนะบรรจุอีก 1 ชั้น เพื่อป้องกันถังเสียหายและเกิดการรั่วไหล
3. การบันทึกข้อมูลของเสียสารเคมีอันตรายในระบบ Waste Track
   - สามารถบันทึกข้อมูลได้ที่ http://sc.buu.ac.th/wastetrack/
4. การกรอกข้อมูลของเสียสารเคมีอันตรายในฉลาก
   - ฉลากจำแนกตามชนิดของของเสียสารเคมีอันตราย
   - ปริมาณใส่ตามที่บรรจุอยู่ในภาชนะ
   - ส่วนประกอบใส่ชื่อสารที่บรรจุ พร้อมระบุอัตราส่วน
   - ใส่ชื่อผู้รับผิดชอบ
   - ระบุสัญลักษณ์ความเป็นอันตราย (ศึกษาได้จาก SDS ของสารเคมี)
5. การขนย้ายเพื่อส่งบริษัทรับไปกำจัด
   - ตรวจสอบภาชนะบรรจุไม่มีรอยรั่วซึม ปริมาณไม่เกิน 80% ของความจุภาชนะ และมีฉลากชัดเจน
   - ควรขนย้ายของเสียสารเคมีอันตรายด้วยรถเข็น และลิฟต์ขนของ
   - ของเสียสารเคมีอันตรายทุกประเภทห้ามวางกลางแจ้ง และไม่วางทิ้งไว้ข้ามวัน
   - ผู้ส่งควรอยู่ในบริเวณจุดส่งสารเคมีอันตรายระหว่างบริษัททำการจัดเก็บ เพื่อเตรียมพร้อมในสถานการณ์ฉุกเฉิน

ของเสียสารเคมีอันตรายที่มีในรายวิชา และต้องทำการจัดเตรียมภาชนะบรรจุสารสำหรับจัดเก็บเพื่อส่งกำจัด ได้แก่

- ของเสียโลหะหนักที่มีปรอท ที่เกิดจากการทดลอง การวิเคราะห์ค่าซีโอดี
- ของเสียกรดที่เกิดจากการทดลอง การวิเคราะห์ค่า TKN
- ภาชนะปนเปื้อน เศษแก้วแตก ขวดบรรจุสารเคมีที่หมดแล้ว

<u>การจัดซื้อวัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี</u>

ในการซื้อวัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี ใช้กระบวนการการจัดซื้อจัดจ้างวงเงินไม่เกิน 100,000 บาท ด้วยวิธีตกลงราคา ตามระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 โดยผู้ขอซื้อทำการสืบราคา ขอใบเสนอราคาแนบพร้อมแบบฟอร์มขออนุมัติสั่งซื้อวัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ เสนอต่อหัวหน้าภาควิชา เพื่อขออนุมัติซื้อ เมื่อหัวหน้าภาควิชาอนุมัติซื้อ ส่งใบเสนอราคาที่ผู้ปฏิบัติงานบริหาร เพื่อจัดทำเอกสารทำใบเสนอซื้อจ้าง (PW) ในระบบ 3 มิติ http://10.5.1.39/acct3d/_login/default.aspx เสนอหัวหน้าภาควิชาลงนาม ส่งเอกสารให้ฝ่ายพัสดุตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นจัดทำขอซื้อ/จ้าง (PR) ในระบบ 3 มิติ ส่งเอกสารให้ฝ่ายพัสดุตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง ดำเนินการสั่งซื้อวัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีตามใบเสนอราคา ผู้ซื้อตรวจรับวัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี ตรงตามที่ขอซื้อ ส่งเอกสารการจัดส่งสินค้าที่ผู้ปฏิบัติงานบริหาร เพื่อจัดทำเอกสารตรวจรับสินค้า (RC) ในระบบ 3 มิติ และส่งฝ่ายพัสดุเพื่อขึ้นบัญชีพัสดุ

3.4 แนวทางในการปฏิบัติ

เพื่อให้การเตรียมปฏิบัติการเป็นไปอย่างถูกต้องตามทฤษฎี ผู้ปฏิบัติงานต้องวิเคราะห์บทปฏิบัติการที่ได้รับมาจนเข้าใจขั้นตอนกระบวนการทำปฏิบัติการและวัตถุประสงค์ของปฏิบัติการ โดยใช้เอกสารประกอบการสอนรายวิชาเทคโนโลยีชีวภาพสำหรับการบำบัดน้ำเสีย (Biotechnology for Wastewater Treatment), คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และมั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศน์ และ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ประกอบกับต้องมีความรู้ในการใช้อุปกรณ์และเครื่องแก้วอย่างถูกวิธี ศึกษาได้จากหนังสือ “รู้ใช้...รู้เทคนิคในห้องปฏิบัติการ (Lab Technique Manual) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ” และมีความรู้ทางด้านการคำนวณและเทคนิคการเตรียมสารละลาย ศึกษาจาก เอกสารโครงการเทคนิคการเตรียมสารละลาย (Solution Preparation Techniques for Scientist)

การใช้เครื่องมือ ก่อนใช้งานเครื่องมือ ต้องอ่านคู่มือการใช้งานเครื่องนั้นๆ ให้ทราบถึงการใช้งานเครื่องมืออย่างถูกต้อง การใช้งานเครื่องมือทุกครั้งต้องปฏิบัติตามคู่มือทุกครั้ง และลงบันทึกการใช้งานเครื่องทุกครั้ง หากเครื่องเกิดปัญหาให้ตรวจสอบสาเหตุที่เกิดขึ้น และดูการแก้ปัญหาจากเล่มคู่มือ หรือแจ้งช่างเพื่อเข้าซ่อมเครื่องมือ

การแต่งกาย ควรใส่เครื่องแต่งกายให้รัดกุมและเหมาะสม ไม่ควรใส่เสื้อผ้าหลวม ผ้าคลุมผม ควรใส่เสื้อคลุมปฏิบัติการ (Lab coat) แขนยาวตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันการกระเซ็นและปนเปื้อนของสารเคมี ไม่ควรใส่กางเกงขาสั้น หรือกระโปรงสั้น รวมทั้งไม่ควรใส่รองเท้าแตะในการปฏิบัติงาน ไม่ควรสวมเครื่องประดับในระหว่างปฏิบัติงานเพราะอาจได้รับการปนเปื้อนของสารเคมี เมื่อต้องปฏิบัติงานกับสารเคมีอันตรายควรสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสม (Personal protective equipment) เช่น เมื่อต้องปฏิบัติงานกับสารเคมีที่มีฤทธิ์กัดกร่อน ควรใส่ถุงมือที่เหมาะสม และสามารถป้องกันการซึมผ่านของสารเคมีนั้นได้ ใส่แว่นตาเพื่อป้องกันการกระเซ็นของสารเคมีเข้าตา อย่างไรก็ตามควรถอดถุงมือที่ใส่ระหว่างปฏิบัติงานเมื่อต้องรับโทรศัพท์เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสารเคมี ไปยังอุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งควรถอดเสื้อคลุมปฏิบัติการ เมื่อออกจากห้องปฏิบัติการเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของสารเคมีจากห้องปฏิบัติการ

การจัดการของเสียสารเคมี ให้ปฏิบัติตาม แนวปฏิบัติเพื่อการส่งกำจัดของเสียในห้องปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา โดยจัดเตรียมภาชนะบรรจุที่เหมาะสมกับสารเคมีที่ต้องการส่งกำจัด พร้อมทั้งติดฉลากระบุประเภทของเสียอย่างชัดเจน

3.5 มาตรฐานคุณภาพงาน

1. จำนวนวันที่เปิดรายวิชาฯ ก่อนเปิดภาคเรียน (ค่าเป้าหมาย 30 วัน)
2. จำนวนวันที่ทำการตรวจสอบวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ต้องใช้ในปฏิบัติการได้เสร็จสิ้นตามที่ทำการวิเคราะห์ไว้ (ค่าเป้าหมาย 21 วันก่อนเปิดภาคเรียน)
3. จำนวนวันที่ดำเนินการจัดซื้อวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีเสร็จสิ้น และได้รับสินค้าครบถ้วนก่อนวันเรียนปฏิบัติการ (ค่าเป้าหมาย 7 วัน ก่อนวันเรียนปฏิบัติการ)
4. ร้อยละของการดำเนินการเตรียมปฏิบัติการ และทำการทดสอบปฏิบัติการ ได้เสร็จสิ้นตามที่วิเคราะห์ปฏิบัติการ มีค่าตามที่กำหนด ก่อนวันเริ่มปฏิบัติการ อย่างน้อย 3 วัน (ค่าเป้าหมายร้อยละ 70)

3.6 ระบบติดตามและประเมินผล

การขอเปิดรายวิชาฯ ผู้ปฏิบัติงานบริหารรายงานไปที่หัวหน้าภาควิชา หากอาจารย์ผู้สอนไม่ได้ทำการขอเปิดรายวิชาฯ ในช่วงเวลาที่กำหนด และหัวหน้าภาควิชาทำการสอบถามอาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาในการประชุมภาควิชา เพื่อยืนยันการขอเปิดรายวิชาฯ

นักวิทยาศาสตร์ต้องมีการทดสอบปฏิบัติการว่าเตรียมได้ถูกต้อง เป็นไปตามทฤษฎี อุปกรณ์และสารเคมีเพียงพอในการทำปฏิบัติการ ตัวอย่างที่ใช้ในปฏิบัติการต้องทำการวิเคราะห์เพื่อทราบค่าก่อนใช้ในปฏิบัติการ โดยทำการทดสอบปฏิบัติการหลังจากเตรียมปฏิบัติการตามเอกสารประกอบการเรียน และตรวจสอบผลการทดสอบว่าเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่ ทำการรายงานผลการเตรียม และการทดสอบปฏิบัติการ แก่อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาทราบโดยส่งเอกสารรายงานผลการเตรียมปฏิบัติการ ก่อนถึงวันที่ทำปฏิบัติการ

เมื่อเสร็จสิ้นปฏิบัติการทำการตรวจสอบผลของปฏิบัติการของนิสิต โดยตรวจสอบกระบวนการทำปฏิบัติการของนิสิตว่าเป็นขั้นตอนที่ถูกต้องตามกระบวนการวิเคราะห์ และมีผลการวิเคราะห์ที่ได้ถูกต้องตามที่ได้ทำการทดสอบผลไว้

บทที่ 4 ปัญหา อุปสรรค แนวทางแก้ไข และการพัฒนางาน

1. ปัญหา อุปสรรค และความเสี่ยง

ปัญหาส่วนมากที่พบในการเตรียมปฏิบัติการมีการใช้อุปกรณ์ และสารเคมีจำนวนมาก หากไม่มีการวางแผนการทำปฏิบัติการที่ดี อาจทำให้ไม่สามารถดำเนินการเรียนการสอนปฏิบัติการได้ ส่งผลกระทบต่อแผนการเรียนและการทำปฏิบัติการ ปัญหาสำคัญที่พบ คือ

1. อุปกรณ์ และสารเคมีที่ต้องใช้ในปฏิบัติการไม่เพียงพอ เนื่องจากมีการใช้งานในรายวิชาอื่นแล้วไม่แจ้งเมื่ออุปกรณ์ และสารเคมีใกล้หมด
2. นิสิตขาดความรู้เรื่องวิธีการใช้งานเครื่องมือวิทยาศาสตร์อย่างถูกวิธี ทำให้เครื่องมือมีความเสี่ยงต่อการชำรุดเสียหาย
3. เครื่องมือชำรุด หรือใช้งานไม่ได้ เนื่องจากมีการใช้งานในรายวิชาอื่นก่อนวันทำปฏิบัติการ
4. นิสิตขาดความรู้เรื่องสารเคมี หรือประเภทของสารเคมีอันตราย ทำให้การแยกของเสียสารเคมีอันตรายที่จะทำการกำจัดไม่ถูกต้อง

2. แนวทางแก้ไข และการพัฒนางาน

1. อุปกรณ์ และสารเคมีที่ต้องใช้ในปฏิบัติการไม่เพียงพอ ต้องทำการอ่าน วิเคราะห์ และวางแผนการเตรียมแต่ละปฏิบัติการ ก่อนเปิดภาคเรียน เพื่อให้ทราบปริมาณอุปกรณ์และสารเคมีที่ต้องใช้ หากไม่เพียงพอให้แจ้งอาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาทราบ และทำการเขียนแบบฟอร์มขออนุมัติสั่งซื้ออุปกรณ์และสารเคมี ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อขออนุมัติภาควิชาดำเนินการซื้ออุปกรณ์ และสารเคมี
2. ปัญหาการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่มักพบได้บ่อยๆ ในห้องปฏิบัติการก็คือ นิสิตขาดความรู้เรื่องวิธีการใช้งานเครื่องมือวิทยาศาสตร์ จึงทำให้เกิดปัญหาและความเสียหายกับเครื่องมือตามมา ดังนั้น ก่อนการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์นั้น นิสิตจะต้องศึกษาวิธีการใช้เครื่องมือให้ถูกต้องจากคู่มือหรือขอคำแนะนำจากผู้ควบคุมเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ และต้องฝึกใช้เครื่องมือให้มีทักษะและความชำนาญ เพื่อลดปัญหาเรื่องความเสียหายกับตัวเครื่องมือและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์
3. หากมีเครื่องมือชำรุด หรือใช้งานไม่ได้ ให้แจ้งอาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาทราบแล้วทำการเขียนแบบฟอร์มแจ้งครุภัณฑ์ชำรุดเสียหายภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อแจ้งภาควิชาฯ ทราบ จากนั้นเขียนแบบฟอร์มขออนุมัติซ่อมครุภัณฑ์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หากทำการซ่อมเครื่องมือไม่ทันต่อการทำปฏิบัติการ ให้ทำการติดต่อขอใช้งานเครื่องมือของหน่วยบริการนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ (Science innovation facility) หรือภาควิชาอื่นๆ
4. ในการจัดเก็บของเสียสารเคมีอันตรายจากห้องปฏิบัติการ จัดเตรียมภาชนะสำหรับบรรจุของเสียและติดฉลากชัดเจน ทำการแจ้งนิสิตที่ทำปฏิบัติการให้ทราบถึงการทิ้งสารเคมีลงในภาชนะให้ถูกต้อง ทำการอธิบายถึงความสำคัญของการแยกประเภทของของสารเคมีอัตราย และเข้าใจระบบการจัดการเพื่อที่จะส่งกำจัด

การดูแลเครื่องมือวิทยาศาสตร์ เพื่อลดความเสี่ยงในการดำเนินงาน

ในการเตรียมความพร้อมของการเตรียมปฏิบัติการ ที่มีการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ในการวัดค่าเพื่อหาปริมาณสารที่ต้องการในตัวอย่าง เครื่องมือจึงจำเป็นต้องให้ผลการวัดมีความถูกต้อง เชื่อถือได้ ต้องมีหลักฐานที่มั่นใจได้ว่า เครื่องมือที่ใช้มีความคลาดเคลื่อนของการวัดต่ำ และค่าความไม่แน่นอนของการวัดเหมาะสมต่อการใช้งาน มีการบำรุงรักษาที่เหมาะสม มีการสอบเทียบ และมีการตรวจสอบสมรรถนะ

การจัดการให้เครื่องมือมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ต้องดำเนินการตั้งแต่ขั้นตอนการจัดหาเครื่องมือ การติดตั้ง การทดสอบว่าเครื่องมือมีคุณลักษณะตรงตามที่ระบุ และการตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องมือทั้งระบบเพื่อยืนยันความเหมาะสมต่อการใช้งาน และหลังจากการนำเครื่องมือมาใช้งานแล้ว ควรจัดทำแผนการซ่อมบำรุง และการตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องมือเป็นระยะๆ ตามความเหมาะสม ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่วิเคราะห์ ว่าต้องการความเที่ยง ความแม่น ของผลการวัด มาก-น้อย แค่ไหน

การตรวจสอบสมรรถนะเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)

มีความจำเป็นต้องการตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องมือ ดังตาราง

การทดสอบ	วิธีทดสอบ
ปรับตั้งความยาวคลื่น (Wavelength calibration) ปรับตั้งความยาว	คลื่น 2 ค่า ครอบคลุมช่วงการใช้งาน
ตรวจสอบความถูกต้องของการวัดค่า (Photometric accuracy)	วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน ที่ความยาวคลื่นที่กำหนด
ช่วงการวัดที่เป็นเส้นตรง (Photometric linearity)	ทดสอบความถูกต้องของค่าการดูดกลืนแสงในช่วงที่กำหนด
สัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (signal to noise ratio)	วัดสารละลายมาตรฐานที่เจือจางมากๆ
แสงรบกวน (stray light) บันทึกสัญญาณ แบบ Single beam ไม่ทำ Baseline correction	เซลล์บรรจุสารละลาย เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของการวัดเซลล์ที่บรรจุน้ำกลั่นและวัดโดยหมุนเซลล์ 180 องศา

การตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องมือ สำหรับแต่ละการทดสอบมีรายการที่ตรวจสอบ ช่วงเวลาในการตรวจสอบ และเกณฑ์การยอมรับแตกต่างกัน ซึ่งอาจกำหนดไว้ในวิธีมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ หรือตามข้อแนะนำของผู้ผลิต

การดูแลเครื่องชั่งไฟฟ้า

1. ตรวจสอบสภาพเครื่องชั่งว่าส่วนประกอบต่างๆ มีสภาพสมบูรณ์พร้อมใช้งาน เช่น ประตูเครื่องชั่งปิดสนิททุกครั้ง จานชั่งสะอาด ไม่มีรอยเปรอะเปื้อนเศษหรือคราบตัวอย่าง

2. ตรวจสอบการตั้งตรงของเครื่องชั่ง โดยสังเกตจากระดับลูกน้ำที่ติดอยู่ที่เครื่องชั่งต้องอยู่ตรงกลาง หากไม่อยู่ตรงกลางแสดงว่าเครื่องชั่งไม่อยู่ในสภาพตั้งตรง ให้ปรับระดับโดยหมุนที่ปุ่มปรับระดับซึ่งมักจะอยู่ที่ขาเครื่องชั่ง

3. เปิดเครื่องชั่งก่อนใช้งานเวลาไม่น้อยกว่า 30 นาที หรือตามเวลาที่กำหนดตามคู่มือเครื่อง เพื่อให้เครื่องชั่งอยู่ในสภาพพร้อมทำงาน

4. ชั่งน้ำหนักสิ่งที่ต้องการ โดยวางให้อยู่ตรงกลางจานชั่ง เพื่อลดความผิดพลาดในการอ่านค่า

5. หลังใช้งานเครื่องชั่งเสร็จแล้ว ปรับเครื่องชั่งให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน เช่น การปรับ 0 และการทำความสะอาดเครื่องชั่งหลังการใช้งานแต่ละครั้ง

<u>การดูแลเครื่องกลั่นไนโตรเจน</u>

1. เมื่อเลิกใช้งานเครื่องควรทำความสะอาดส่วนต่างๆ ของเครื่องโดยใช้ผ้าชุบน้ำหมาดๆ เช็ดเครื่อง
2. เมื่อไม่ใช้งานเครื่องเป็นเวลานานเกิน 1 สัปดาห์ควรล้างปั้ม NaOH ด้วยน้ำสะอาด ไม่ควรปล่อยให้สารค้างอยู่ในระบบ
3. ตั้งโปรแกรมการกลั่นล้างเครื่องดังนี้

Addition H_2O	ca.	120	ml
Addition NaOH	0		ml
Reactiom time	0		s
Distillation time	7		min
Steam power	100		%
Suction time	20		s

นำหลอดกลั่นเปล่าที่เติมน้ำกลั่นประมาณ 120 มิลลิลิตร ประกอบกับเครื่องและภาชนะใส่ที่รองรับการกลั่น และเริ่มการทำงานเหมือนกันการกลั่นตัวอย่างปกติ ในกรณีที่กลั่นด้วยน้ำแล้วไม่สะอาด ให้ใส่ sulfuric acid ประมาณ 10 มิลลิลิตร เพื่อช่วยให้การกลั่นสะอาดยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2549). *รู้ใช้...รู้เทคนิคในห้องปฏิบัติการ (Lab Technique Manual)*. ปทุมธานี: กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *คู่มือปฏิบัติด้านความปลอดภัย ห้องปฏิบัติการกรมวิทยาศาสตร์บริการ*. กรุงเทพฯ: กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และมั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศน์. (2551). *คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ*. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2554). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554*. เข้าถึงได้จาก http://www.royin.go.th/dictionary/

วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ. (2561). *คู่มือด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมี*. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. เข้าถึงได้จาก http://web.rmutp.ac.th/woravith/?page_id=459

วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. (2557). *ความสำคัญของการได้รับการรับรอง ความสามารถบุคลากรสาขาการควบคุมและกรจัดการสารเคมีในห้องปฏิบัติการ*. เข้าถึงได้จาก http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_j/2557_62_194_P20-22.pdf

APHA, AWWA and WEF. 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16th edition*. Maryland: Port City Press.

ภาคผนวก

ก. ตัวอย่างแบบฟอร์ม

- แบบฟอร์มเสนอเปิดรายวิชาเอกเลือกของภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
- แบบฟอร์มขออนุมัติสั่งซื้ออุปกรณ์และสารเคมี ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
- แบบฟอร์มแจ้งครุภัณฑ์ชำรุดเสียหาย ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
- แบบฟอร์มขออนุมัติซ่อมครุภัณฑ์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
- แผนผังการจำแนกของเสียจากห้องปฏิบัติการทางด้านสารเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

แบบฟอร์มเสนอเปิดรายวิชาเอกเลือกของภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
ภาคปลาย ปีการศึกษา ๒๕๖๓

เรียน หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

ข้าพเจ้า.....มีความประสงค์ขอเปิดรายวิชาเอกเลือก จำนวน.....รายวิชา ดังนี้

รหัสวิชา	ชื่อรายวิชา	ชื่อผู้สอน/ผู้สอนร่วม	คิดเป็นสัดส่วน %	เปิดให้นิสิตชั้นปี	จำนวนรับ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและพิจารณา

.....

(.....)

วันที่.....

<u>โปรดส่งคืนที่ คุณอุษา ภายในวันพุธที่ ๓๐ กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๓</u>

แบบฟอร์มแจ้งครุภัณฑ์ชำรุดเสียหาย ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา	รับที่..... วันที่..... เวลา.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เรื่อง แจ้งครุภัณฑ์ชำรุดเสียหาย

เรียน หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

ข้าพเจ้า.....ขอแจ้งครุภัณฑ์ชำรุดเสียหายโดยมีรายละเอียดดังนี้

❒ ชื่อครุภัณฑ์ที่ชำรุดเสียหาย.....

❒ รหัสครุภัณฑ์.....

❒ ห้องที่ครุภัณฑ์นั้นใช้ประจำการอยู่.....

❒ วันเวลาที่พบ.....

❒ ระบุความชำรุดเสียหายที่เกิดขึ้นกับครุภัณฑ์.....

.....

.....

❒ ชื่อผู้ใช้งานคนสุดท้าย.....

❒ ระบุความผิดปกติที่พบ.....

.....

❒ ระบุชื่อรายวิชาที่ใช้ครุภัณฑ์ดังกล่าว (ในกรณีที่ครุภัณฑ์ชำรุดในระหว่างการเรียนการสอน).....

.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการต่อไป

(ลงชื่อ).....

...../...../.....

ความเห็นนักวิทยาศาสตร์/อาจารย์ผู้สอน	ความเห็นหัวหน้าภาควิชา
(ลงชื่อ)..... ...../...../.....	(ลงชื่อ)..... ...../...../.....

แบบฟอร์มขออนุมัติซ่อมครุภัณฑ์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา	รับที่..... วันที่..... เวลา.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เรื่อง ขออนุมัติซ่อมครุภัณฑ์

เรียน หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนประจำภาคการศึกษาที่.....ปีการศึกษา.....

ในรายวิชา.....

ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพข้าพเจ้า ขอซ่อมครุภัณฑ์ดังต่อไปนี้ เนื่องจาก (ระบุเหตุผล)

.....

.....

รายการที่	ครุภัณฑ์	จำนวน	ราคาประมาณการ	ราคาตามใบเสนอราคา (สำหรับนักวิทย์)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการต่อไป

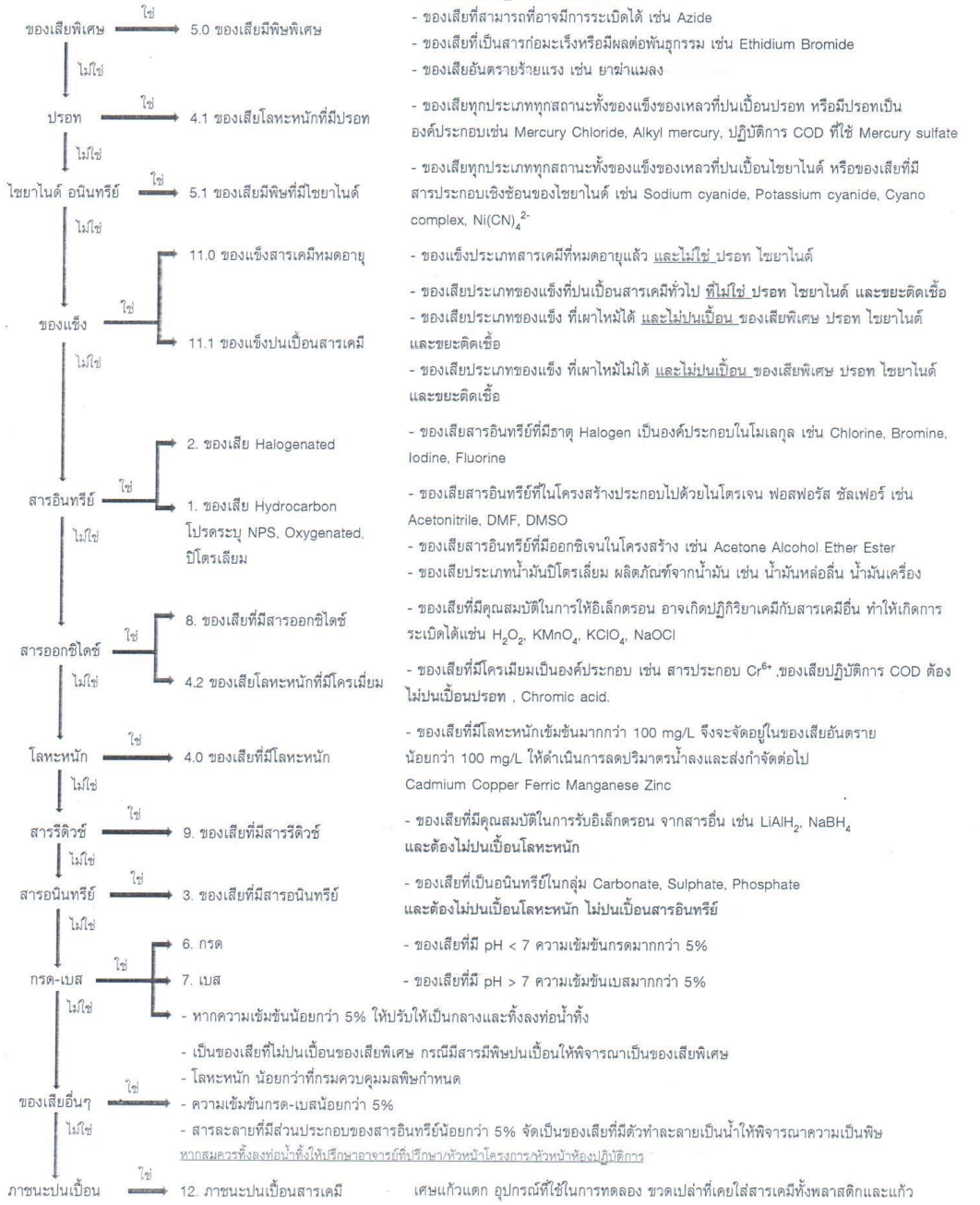
(ลงชื่อ).....อาจารย์ผู้สอน/นักวิทยาศาสตร์/
ผู้ปฏิบัติงานบริหาร

...../...../.....

ความเห็นนักวิทยาศาสตร์	ความเห็นผู้ปฏิบัติงานบริหาร	ความเห็นหัวหน้าภาควิชา
❒ ตรวจสอบราคาแล้ว		❒ อนุมัติ
❒ ยังไม่ได้ตรวจสอบราคา		
		❒ ไม่อนุมัติ
(ลงชื่อ)..... ...../...../.....	ลงชื่อ)..... ...../...../.....	(ลงชื่อ)..... ...../...../.....

แผนผังการจำแนกของเสียจากห้องปฏิบัติการทางด้านสารเคมี

ห้องปฏิบัติการเครื่องมือวิจัยขั้นสูง คณะวิทยาศาสตร์



ข. เอกสารที่เกี่ยวข้องในการปฏิบัติงาน

- เอกสารประกอบการสอน รายวิชาเทคโนโลยีชีวภาพสำหรับการบำบัดน้ำเสีย (Biotechnology for Wastewater Treatment)
- คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และมั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศน์.
- รู้ใช้...รู้เทคนิคในห้องปฏิบัติการ (Lab Technique Manual) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
- เอกสารโครงการ เทคนิคการเตรียมสารละลาย (Solution Preparation Techniques for Scientist)
- คู่มือปฏิบัติด้านความปลอดภัย ห้องปฏิบัติการกรมวิทยาศาสตร์บริการ. กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

ค. การคำนวณ สารเคมี

ชนิดของสารละลาย (type of solutions)

ในขั้นตอนการจำแนกชนิดของสารละลาย โดยทั่วไปจะจำแนกสารละลายตามสถานะ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ สารละลายของแข็ง สารละลายของเหลว และสารละลายแก๊ส ซึ่งตัวทำละลายจะต้องมีสถานะเช่นเดียวกับสถานะของสารละลาย กล่าวคือ สารละลายของแข็ง ตัวทำละลายจะต้องเป็นของแข็ง สารละลายของเหลว ตัวทำละลายจะต้องเป็นของเหลว และสารละลายแก๊ส ตัวทำละลายจะต้องเป็นแก๊ส ส่วนตัวถูกละลายในสารละลายทั้ง 3 ชนิด เป็นได้ทั้งของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

หน่วยของความเข้มข้นและวิธีการคำนวณ

1. ร้อยละความเข้มข้น

1.1 ร้อยละโดยมวล (percent mass by mass)

เป็นอัตราส่วนร้อยละของมวลของตัวถูกละลายต่อมวลของสารละลาย มีสูตรดังนี้

$$\textbf{ร้อยละโดยมวล (w/w)} = \frac{\textbf{มวลของตัวถูกละลาย}}{\textbf{มวลของสารละลาย}} \times 100$$

1.2 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (percent mass by volume)

เป็นอัตราส่วนร้อยละของมวลของตัวถูกละลายต่อปริมาตรของสารละลาย มีสูตรดังนี้

$$\textbf{ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (w/v)} = \frac{\textbf{มวลของตัวถูกละลาย}}{\textbf{ปริมาตรของสารละลาย}} \times 100$$

1.3 ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร (percent volume by volume)

เป็นอัตราส่วนร้อยละของปริมาตรของตัวถูกละลายต่อปริมาตรของสารละลาย มีสูตรดังนี้

$$\textbf{ร้อยละปริมาตรต่อปริมาตร (v/v)} = \frac{\textbf{ปริมาตรของตัวถูกละลาย}}{\textbf{ปริมาตรของสารละลาย}} \times 100$$

2. โมลาริตี (molarity : M)

โมลาริตี หรือ โมลาร์ เป็นหน่วยความเข้มข้น ที่เป็นอัตราส่วนของจำนวนโมลของตัวถูกละลายที่อยู่ในสารละลาย ปริมาตร 1 ลิตร (L) จะเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ M สามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\textbf{โมลาร์ (M)} = \frac{\textbf{จำนวนโมลของตัวถูกละลาย (mol)}}{\textbf{ปริมาตรของสารละลาย (L)}}$$

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายจากฉลากที่ปิดข้างขวด

ฉลากที่ปิดข้างขวดสารละลายจะระบุความเข้มข้นในขวด %(w/w) และระบุความหนาแน่น (g/mL) หรือความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)

ตัวอย่างเช่น HCl ตามฉลากระบุความบริสุทธิ์ หรือความเข้มข้น 37 %(w/w) ความหนาแน่น 1.19 g/mL มวลโมเลกุล 36.46 g/mol

จาก d = 1.19 g/mL

HCl 1 L = 1.19 x 1,000

= 1,190 กรัม

Mol HCl = 1,190 g. / 36.46 g/mol

= 32.64 M

37 %(w/w) = 32.64 mol x 37 %(w/w) / 100 %(w/w)

= 12.07 M

ดังนั้น HCl ความเข้มข้น 37 %(w/w) ในขวดมีความเข้มข้น เท่ากับ 12.07 M

3. นอร์มาลิตี (Normality : N)

นอร์มาลิตี หรือ นอร์มอล คือ จำนวนกรัมสมมูลของตัวถูกละลายอยู่ในสารละลายปริมาตร 1 ลิตร (L) จะเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ N สามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\textbf{นอร์มอล (N)} = \frac{\textbf{จำนวนกรัมสมมูล}}{\textbf{ปริมาตรสารละลาย (L)}}$$

จำนวนกรัมสมมูล = น้ำหนัก (กรัม)/น้ำหนักกรัมสมมูล (กรัม)

น้ำหนักกรัมสมมูลของกรด : น้ำหนักเป็นกรัมของกรดที่สามารถให้ H^+ ได้ 1 โมล

= มวลโมเลกุลของกรด/จำนวนโมลของ H^+ ที่แตกตัว

น้ำหนักกรัมสมมูลของเบส : น้ำหนักเป็นกรัมของเบสที่สามารถให้ OH^- หรือรับ H^+ 1 โมล

น้ำหนักกรัมสมมูลของเกลือ : น้ำหนักเป็นกรัมของเกลือที่สามารถให้ประจุบวกหรือลบ 1 โมล

นอร์มาลิตี (Normality : N) และ โมลาริตี (molarity : M) มีความสัมพันธ์กัน ดังนี้

$$N = nM$$

เมื่อ n = จำนวน H^+ ในโมเลกุลของกรด หรือจำนวน OH^- ในเบส

หน่วยความเข้มข้น ppt, ppm, ppb

ppt = ปริมาณของสารละลาย/ปริมาณของสารละลาย x 10^3

1 ppt หมายถึง มีตัวถูกละลาย 1 กรัม ในสารละลาย 10^3 มิลลิลิตร

ppm = ปริมาณของสารละลาย/ปริมาณของสารละลาย x 10^6

ppm = mg/kg = mg/L = µg/g = µg/mL

1 ppm หมายถึง มีตัวถูกละลาย 1 กรัม ในสารละลาย 10^6 มิลลิลิตร

ppb = ปริมาณของสารละลาย/ปริมาณของสารละลาย x 10^9

ppb = µg/kg = µg/L = ng/g = ng/ml

1 ppb หมายถึง มีตัวถูกละลาย 1 กรัม ในสารละลาย 10^9 มิลลิลิตร