อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษ ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

The readiness survey on the chemical and physical practice of the third year students before studying the Special problems subject of Department of Agro-industry, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 31 ส.ค. 2558
เลขทะเบียน 1693909
เลขเรียกหนังสือ ว ดน
ดนพ55
2557

โดย นางสาวศิริวงษ์ นิ่มนงค์

มกราคม 2557

สัญญาเลขที่ R 2556D007

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนเรียน รายวิชาปัญหาพิเศษ ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

The readiness survey on the chemical and physical practice of the third year students before studying the Special problems subject of Department of Agro-industry, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University

ผู้วิจัย สังกัด

นางสาวศิริวงษ์ นิ่มนงค์ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

สนับสนุนโดยกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยสถาบันฉบับนี้สามารถดำเนินการและสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาของมหาวิทยาลัยนเรศวรและคณะกรรมการวิจัยสถาบันมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนทุนวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำให้การทำวิจัยนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ โดยเฉพาะที่ปรึกษาโครงการวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เหรียญทอง สิงจานุสงค์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ตลอดการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งเจ้าหน้าที่และนิสิตที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน

สุดท้ายนี้ต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์ เจ้าหน้าที่ รวมทั้งนิสิตชั้นปีที่ 3 ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ได้กรุณาให้ข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้จนสามารถจัดทำเป็นเล่มฉบับสมบูรณ์ได้ด้วยดี

นางสาวศิริวงษ์ นิ่มนงค์
หัวหน้าโครงการวิจัย

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง การสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษ ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้รายงาน นางสาวศิริวงษ์ นิ่มนงค์

จากการสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษ โดยใช้แบบประเมินที่ประกอบไปด้วยส่วนที่นิสิตเป็นผู้กรอกข้อมูลด้วยตนเองและอาจารย์และเจ้าหน้าเป็นผู้กรอกข้อมูล พบว่า มีนิสิตที่ศึกษาจำนวน 89 คน โดยเป็นเพศหญิง 68 คน และเพศชาย 21 คน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นนิสิตปริญญาตรี โดยเฉพาะชั้นที่ 3 ส่วนอาจารย์และเจ้าหน้าที่พบว่า มีจำนวน 8 คน เป็นเพศหญิงทั้งหมด และความถี่ในการใช้บริการที่ห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ คือ 1-3 ครั้ง/สัปดาห์ จากแบบประเมินทั้ง 2 ส่วน พบว่า นิสิตมีความพร้อมอยู่ในระดับสูงในด้านทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมี ความพร้อมของนิสิต ความพร้อมด้านทักษะการใช้เครื่องมือ ความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการ และการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ โดยเรียงจากมากไปหาน้อย ในส่วนที่อาจารย์และเจ้าหน้าที่ทำการประเมิน พบว่า นิสิตมีความพร้อมสูง ในด้านการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ส่วนความพร้อมด้านอื่น ๆ พบว่า อยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ ความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการ ความพร้อมด้านทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ความพร้อมด้านเครื่องมือ ความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมี และความพร้อมของตัวนิสิตเอง

ABSTRACT

Title The readiness survey on the chemical and physical practices of the third year students before studying the Special problems subject of Department of Agro-industry, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University

Anthor Siriwong Nimnong

The readiness of the chemical and physical practices of the third year students before studying the Special problems subject was surveyed by evaluation form consisting 2 parts: one part was filled by students and another was filled by lecturers and laboratory officer. It was found that there were totally 89 students, 68 females and 21 males. Most of them were undergraduate students especially the third year students. There were 8 female lecturers and officer. The service frequencies of physical and chemical laboratories were about 1-3 times/week. The results from 2 parts of survey reported from high to low readiness, showed that the students had high level of readiness and skills for preparing of chemicals using the equipment of the chemical and physical laboratories. The results evaluated by lecturers and staffs showed that students had high skill in using equipment of both chemical and physical laboratories while the other skills were found in the medium level including the readiness of the laboratory, scientific equipment application, chemical preparation, and the student themselves.

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	2
	วัตถุประสงค์	2
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
	ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	2
	สมมุติฐานของการวิจัย	3
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	3
	วิธีการดำเนินงานวิจัย	3
	วิธีการเก็บข้อมูล	3
	วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล	3
	สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	4
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
	ข้อควรปฏิบัติทั่วไปในการปฏิบัติการเคมี	5
	เทคนิคการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการเตรียมสารละลาย	8
	การเตรียมสารละลาย	8
	เกรดของสารเคมี	9
	หน่วยความเข้มข้นที่ใช้	9
	การเตรียมสารเคมีจากสารเคมีของแข็ง	11
	การเตรียมสารละลายเคมีจากสารของเหลว	11
	ข้อควรปฏิบัติในการเตรียมสารละลายจากสารเคมี	12
	การใช้สารเคมี	12
	การเก็บรักษาสารเคมี	12
	ข้อควรปฏิบัติเมื่อสารเคมีหก	13
	อันตรายจากสารเคมี	14
	เครื่องแก้ว	15
	ขวดวัดปริมาตร	16
	ไปเปต	16
	วิธีการใช้ไปเปต	19
	บิวเรต	20
	การทำความสะอาดเครื่องแก้ว	22
	การใช้อุปกรณ์พื้นฐาน	22
	ตะเกียงแก๊ส	22
	การใช้เครื่องชั่ง	23
	การใช้และการระวังรักษาเครื่องชั่ง	24
	ข้อผิดพลาดจากการชั่งน้ำหนัก	24

บทที่		หน้า
	การใช้งานและการดูแลรักษาเครื่องชั่ง	25
	การใช้งานเครื่องชั่งอย่างถูกวิธี	25
	เทคนิคการเทของเหลวหรือสารละลายออกจากบีกเกอร์หรือภาชนะอื่น ๆ	26
	เทคนิคการถ่ายเทสารละลายจากไปเปตหรือหลอดทดลอง	26
	เทคนิคการเขย่าหลอดทดลอง	26
	เทคนิคการผสมสารละลายในหลอดทดลอง	26
	เทคนิคการต้มของเหลวหรือสารละลาย	27
	เทคนิคการกรองด้วยแรงดึงดูดของโลก	27
	เทคนิคการไตเตรต	27
	เทคนิคการสกัด	28
	การป้องกันอุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการ	28
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
3	วิธีการดำเนินงานวิจัย	30
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	30
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	30
	วิธีการเก็บข้อมูล	31
	เกณฑ์การแปลความหมายข้อมูล	31
	วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล	31
	สถานที่ทำการทดลอง/เก็บตัวอย่าง	31
	ระยะเวลาในการวิจัย	31
4	ผลการวิจัย	32
	ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน	32
	เพศ	32
	อายุของผู้กรอกแบบประเมิน	33
	ระดับการศึกษา	33
	นิสิตชั้นปีที่และอาจารย์สอนนิสิตชั้นปีที่	34
	ความถี่ในการใช้บริการห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ	34
	ข้อมูลส่วนตัวของนิสิต เพื่อสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมี และกายภาพของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนลงเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษ ซึ่งนิสิตเป็นผู้กรอกแบบประเมินด้วยตนเอง	35
	ข้อมูลส่วนตัวของนิสิต เพื่อสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมี และกายภาพของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนลงเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษ โดยอาจารย์และเจ้าหน้าที่ที่ประจำห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพจะเป็นผู้กรอกแบบประเมินโดยที่นิสิตไม่ทราบเกี่ยวกับการกรอกข้อมูลนี้	41

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
5	**บทสรุปและข้อเสนอแนะ**	47
	สรุปผลการวิจัย	47
	ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	48
	ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในครั้งต่อไป	49
	เอกสารอ้างอิง	50
	ภาคผนวก	51
	ภาคผนวก ก. แบบประเมินการสำรวจความพร้อมทางด้านเคมีและกายภาพของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนลงเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษ	52
	ประวัติผู้วิจัย	57

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	เปรียบเทียบความผิดพลาดของขวดวัดปริมาตรเกรด A กับเกรด B	16
2	เปรียบเทียบความผิดพลาดของไปเปตเกรด A กับเกรด B	18
3	เพศของผู้กรอกแบบประเมิน	32
4	อายุของผู้กรอกแบบประเมิน	33
5	ระดับการศึกษาของผู้กรอกแบบประเมิน	33
6	นิสิตชั้นปีที่และอาจารย์สอนนิสิตชั้นปีที่	34
7	ความถี่ในการใช้บริการห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพผู้กรอกแบบประเมิน	34
8	ความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพผู้กรอกแบบประเมิน	35
9	ความพร้อมของนิสิต	36
10	ความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมี	37
11	ความพร้อมด้านทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์	38
12	ความพร้อมด้านทักษะการใช้เครื่องมือ	39
13	การใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ	40
14	ความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ	41
15	ความพร้อมของนิสิต	42
16	ความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมี	43
17	ความพร้อมด้านทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์	44
18	ความพร้อมด้านทักษะการใช้เครื่องมือ	45
19	การใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ	46

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	การอ่านปริมาตรจากเครื่องแก้ววัดปริมาตร	15
2	A. Automatic pipet B. graduate pipet C. volumetric pipet ไปเปตแบบต่าง ๆ	17
3	วิธีการใช้ไปเปตแบบ volumetric	19
4	วิธีการใช้ automatic pipet	20
5	การใช้บิวเรต	21

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในการเรียนการสอนรายวิชา 103491 ปัญหาพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ของนิสิตชั้นปีที่ 4 ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จากอดีตที่ผ่านมาพบว่านิสิตที่ทำปัญหาพิเศษประสบปัญหาต่าง ๆ เช่น การขาดทักษะ ด้านการเตรียมสารเคมี การใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ทักษะการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ และขาดการวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ ซึ่งการสำรวจในครั้งนี้จะทำให้ทราบความพร้อม ของนิสิตสำหรับวิชานี้ที่จะลงทะเบียนเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ต่อไป และเตรียมความพร้อมสำหรับในปีต่อ ๆ ไปด้วย โดยทำการประเมินความพร้อมของนิสิตชั้นปีที่ 3 จำนวน 89 คน ในระหว่างการเรียนรายวิชา 103332 การวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร ที่กำลังศึกษาในภาคการศึกษาปัจจุบัน (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555) เพราะสามารถประเมินนิสิตจากการทำปฏิบัติการจริงได้ โดยจะแบ่งการประเมินออกเป็น 2 กลุ่มคือ 1) นิสิตประเมินตนเอง และ 2) อาจารย์และเจ้าหน้าที่ประเมินนิสิต จากนั้นนำข้อมูลมาประเมินและสรุปผลเพื่อบ่งชี้ปัญหาและสาเหตุที่ทำให้นิสิตประสบปัญหาต่าง ๆ และเพื่อหามาตรการแก้ไขข้อบกพร่องที่พบจากผลการสำรวจเพื่อนำไปใช้ในปีต่อ ๆ ไป

ปี 2554 มีนิสิตลงเรียนรายวิชา 103491 ปัญหาพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เป็นจำนวนมาก โดยนิสิต 3 คน ทำปัญหาพิเศษ 1 เรื่อง ซึ่งบางอย่างนิสิตไม่ได้ทำด้วยตัวเองทั้งหมด จึงทำให้นิสิตบางคนขาดทักษะการใช้อุปกรณ์เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ขาดประสบการณ์ และความชำนาญในด้านปฏิบัติการทางด้านเคมีและกายภาพ ขาดการวางแผน ซึ่งปัญหาดังกล่าวส่งผลทำให้ผลการทดลองเกิดความคลาดเคลื่อนไม่ถูกต้องตามทฤษฎี และไม่เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้ นิสิตจะต้องมีความตระหนักและรับผิดชอบต่อการเรียนในรายวิชาดังกล่าว จะต้องทำการวางแผนและกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ และเลือกวิธีการเรียนรู้ให้เหมาะสม (Hiemstra, 1994) ที่สำคัญการเป็นผู้ที่มีความพร้อมในการเรียนรู้ด้วยตนเองนั้นเป็นสิ่งที่ฝึกฝนได้ (Gibbons, 2002) ซึ่งในรายวิชาปัญหาพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เป็นรายวิชาที่มุ่งเน้นให้นิสิตศึกษาค้นคว้าและรู้จักการแก้ปัญหาจากการทำปฏิบัติการด้วยตนเอง การที่จะได้ข้อมูลที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือนั้น นิสิตจะต้องมีทักษะและความชำนาญทางด้านปฏิบัติการทางด้านเคมีและกายภาพอย่างมาก โดยเฉพาะทักษะทางด้านการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือทางด้านวิทยาศาสตร์รวมถึง ทักษะการเตรียมสารเคมี เพื่อเป็นการลดการสูญเสียทรัพยากรของภาควิชาฯ ทั้งยังช่วย ฝึกนิสัยการทำงานด้วยความรอบคอบ รู้จักคิด รู้จักตัดสินใจแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง รวมถึงการทำงานด้วยความปลอดภัยอีกด้วย นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนานิสิตให้มีคุณภาพก่อนที่จะไปฝึกงานหรือพร้อมที่จะออกไปทำงานในอนาคต

ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่า การสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร จะช่วยพัฒนาทักษะการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมี

ประสิทธิภาพมากขึ้น และเกิดข้อผิดพลาดในการทดลองน้อยลง อีกทั้งนิสิตมีความคิดสร้างสรรมีความกระตือรือร้น เปิดโอกาสให้ทุกคนได้ฝึกฝนตัวเอง และแสดงความสามารถพิเศษของตนออกมา ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์แก่ภาควิชาฯ และจะทำให้นิสิตมีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เหมาะสม ในการพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรของประเทศโดยมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนลงเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
2. เพื่อหามาตรการแก้ไขข้อบกพร่องของนิสิตที่ได้จากผลการสำรวจเพื่อนำไปใช้ในปีต่อไป
3. เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการเรียนการสอนในภาคปฏิบัติการทางด้านเคมีและกายภาพให้สูงขึ้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบความพร้อม ความไม่พร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพ หรือข้อบกพร่องของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนลงเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
2. ทราบมาตรการแก้ไขในความไม่พร้อมหรือข้อบกพร่อง ของนิสิตที่ได้จากผลการสำรวจเพื่อให้การเรียนการสอน มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
3. นิสิตมีทักษะในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ปฏิบัติการทางเคมีและกายภาพ
4. สามารถนำความรู้จากการปฏิบัติการทางเคมีและกายภาพไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

ทฤษฎี สมมุติฐานและกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

การสำรวจความของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ในระหว่างการเรียนรายวิชา 103332 การวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555) โดยจะทำการสำรวจความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการ ความพร้อมของนิสิต ความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมี ความพร้อมด้านทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ความพร้อมด้านทักษะการใช้เครื่องมือ และการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ผลของการสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพ จะทำให้ทราบถึงปัญหาของนิสิต ภาควิชาฯ มีเวลาแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องให้ถูกต้องก่อนเรียนวิชาปัญหาพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร และเตรียมมาตรการแก้ไขและเตรียมความพร้อมสำหรับการเรียนการสอนวิชานี้ต่อไป อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สมมติฐานของการวิจัย

1. นิสิตเพศชายกับเพศหญิงมีปัญหาในการทำในการปัญหาพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารแตกต่างกัน

2. นิสิตในกลุ่มสาขาวิชาที่แตกต่างกัน มีความพร้อมด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพแตกต่างกัน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ส่วนที่ 1 ประชากรในการวิจัยคือนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นที่ปี 3 ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จำนวน 89 คน ทำการสำรวจในระหว่างการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการรายวิชา 103332 การวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร ที่เปิดสอนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555

ส่วนที่ 2 อาจารย์และเจ้าหน้าที่ ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

วิธีดำเนินงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นแบบประเมินระดับความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ของนิสิตชั้นปีที่ 3 ในระหว่างการเรียนภาคปฏิบัติการ ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งแบบประเมินเป็น Likert Scale ที่มีระดับความคิดเห็นของนิสิต ระหว่าง 1-5 ส่วนการสรุปแบบประเมินแบ่งผู้ประเมินเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) นิสิตประเมินตนเอง และ 2) อาจารย์และเจ้าหน้าที่ประเมินนิสิต โดยใช้แบบประเมินในชุดเดียวกัน โดยแบบประเมินแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน เพศ อายุ ระดับการศึกษา นิสิตชั้นปีที่และการใช้บริการห้องปฏิบัติการ

ตอนที่ 2 เป็นแบบประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับการสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

ตอนที่ 3 ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

วิธีการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยขอความร่วมมือจากนิสิตกลุ่มตัวอย่างในการกรอกแบบประเมินที่จัดเตรียมไว้ เมื่อนิสิตกรอกแบบประเมินแล้วเสร็จให้ส่งคืนที่ผู้วิจัย

วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากแบบประเมิน นำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นนำผลการวิเคราะห์มาสรุปหาแนวทางแก้ไข

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อควรปฏิบัติทั่วไปเกี่ยวกับปฏิบัติการเคมี

การเรียนวิชาเคมีนอกจากจะเรียนภาคทฤษฎีแล้วจะต้องเรียนภาคปฏิบัติควบคู่กันไป ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาเพิ่มมากขึ้น การเรียนภาคปฏิบัตินอกจากจะช่วยเสริมภาคทฤษฎีดังกล่าวแล้วยังช่วยฝึกนิสัยการทำงานอีกด้วย เช่น ฝึกให้รู้จักการทำงานด้วยความรอบคอบ รู้จักคิด รู้จักตัดสินปัญหาด้วยตนเอง รู้จักคุณค่าในสิ่งที่ต้องการจะรู้และรู้จักทำงานด้วยความปลอดภัย เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ การเรียนภาคปฏิบัติย่อมก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้เรียนมากมาย เพราะเปิดโอกาสให้ทุกคนได้ฝึกฝนตัวเองและแสดงความสามารถพิเศษของตนออกมา

โดยทั่วไปแล้วการเรียนภาคปฏิบัติมักทำในห้องปฏิบัติการทดลองเสมอ เพื่อให้การทดลองได้ผลดีหรือมีความผิดพลาดน้อยที่สุดและเกิดความปลอดภัยต่อผู้ทดลองเอง จึงขอเสนอแนะข้อควรปฏิบัติทั่ว ๆ ไปในห้องปฏิบัติการดังต่อไปนี้ (ประเสริฐ, 2539; Garfield, 1991; Beran, 1993)

1. ต้องระลึกอยู่เสมอว่า ห้องปฏิบัติการทดลองเป็นสถานที่ทำงาน ต้องทำการทดลองด้วยความตั้งใจ อย่างจริงจัง

2. ต้องรักษาระเบียบบนโต๊ะปฏิบัติการ เพราะการทดลองจะผิดพลาดได้ง่ายถ้าบนโต๊ะปฏิบัติการไม่มีระเบียบ เช่น อาจหยิบหลอดทดลองผิด หรือในกรณีที่ทำสารหกจะต้องรีบทำความสะอาดทันที เครื่องแก้วหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองแล้วต้องล้างให้สะอาดแล้วเก็บเข้าตู้เมื่อไม่ต้องการใช้ทดลองอีก นอกจากนี้การรักษาระเบียบบนโต๊ะปฏิบัติการยังสามารถช่วยลดอุบัติเหตุและยังเป็นการช่วยประหยัดเวลาในการค้นหาสิ่งของที่ต้องการอีกด้วย

3. ต้องอ่านคู่มือปฏิบัติการทดลองก่อนที่จะปฏิบัติการทดลองนั้น ๆ และพยายามทำความเข้าใจถึงขั้นตอนการทดลองให้แจ่มแจ้ง หากมีความสงสัยในตอนใด ๆ จะต้องถามอาจารย์ผู้ควบคุมเสียก่อน ก่อนที่จะลงมือปฏิบัติการทดลอง การอ่านคู่มือปฏิบัติการทดลองมาก่อนที่จะปฏิบัติการทดลองนั้น นับว่ามีประโยชน์มาก เพราะจะช่วยประหยัดเวลาในการทดลองและผู้ทดลองจะทำการทดลอง ด้วยความเข้าใจ

4. ต้องไม่ทำการทดลองใด ๆ ที่นอกเหนือไปจากการทดลองที่มีไว้ในคู่มือปฏิบัติการ หรือที่ได้รับมอบหมายจากอาจารย์ผู้ควบคุมเท่านั้น แต่ถ้าต้องการทำการทดลองใด ๆ ที่นอกเหนือไปจากหนังสือคู่มือหรือที่อาจารย์มอบหมาย จะต้องได้รับอนุญาตจากอาจารย์ผู้ควบคุมเสียก่อน

5. อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการทดลองต้องสะอาด ความสกปรกเป็นปัจจัยสำคัญ ประการหนึ่งที่ทำให้ผลการทดลองผิดพลาด หรือคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง

6. อุปกรณ์หรือเครื่องมืออื่น ๆ เช่น สามขา ที่ยึดสายยาง ฯลฯ ที่นำมาใช้ในการทดลองนั้น ๆ จะต้องนำไปเก็บไว้ที่เดิมหลังจากเสร็จสิ้นการทดลองแล้ว

7. ควรทำการทดลองในห้องปฏิบัติการตามเวลาที่กำหนดให้เท่านั้น ไม่ควรทำงานในห้องปฏิบัติการเพียงคนเดียว เพราะเมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้นจะไม่มีใครทราบ และไม่อาจช่วยได้ทันท่วงที

8. เมื่อต้องการใช้สารละลายที่เตรียมไว้ ต้องรินออกจากขวดใส่ลงในบีกเกอร์ก่อน โดยรินออกมาปริมาตรเท่ากับจำนวนที่ต้องการจะใช้ อย่ารินออกมามากเกินไปเพราะจะทำให้สิ้นเปลืองสาร โดยเปล่าประโยชน์ ถ้าสารละลายที่รินออกมาแล้วนี้เหลือให้เทส่วนที่เหลือนี้ลงในอ่าง อย่าเทกลับลงในขวดเดิมอีก ทั้งนี้เพื่อป้องกันการปะปนกัน

9. ถ้ากรดหรือด่างหรือสารเคมีที่เป็นอันตรายถูกผิวหนังหรือเสื้อผ้าต้องรีบล้างออกด้วยน้ำทันที เพราะมีสารเคมีหลายชนิดซึมผ่านเข้าไปในผิวหนังได้อย่างรวดเร็ว และเกิดเป็นพิษขึ้นมาได้ ซึ่งแต่ละคนจะมีความรู้สึกหรือเกิดพิษแตกต่างกัน

10. อย่าทดลองชิมสารเคมีหรือสารละลาย เพราะสารเคมีส่วนมากเป็นพิษอาจเกิดอันตรายได้ นอกเสียจากจะได้รับคำสั่งจากอาจารย์ผู้ควบคุมให้ชิมได้

11. อย่าใช้มือหยิบสารเคมีใด ๆ เป็นอันขาด และพยายามไม่ให้ส่วนอื่น ๆ ของร่างกายถูกสารเคมีเหล่านี้ด้วย นอกเสียจากจะได้รับคำสั่งจากอาจารย์ผู้ควบคุมให้ปฏิบัติ

12. อย่าเทน้ำลงบนกรดเข้มข้นใด ๆ แต่ค่อย ๆ เทกรดเข้มข้นลงในน้ำอย่างช้า ๆ พร้อมกับกวนตลอดเวลา

13. เมื่อต้องการจะดมกลิ่นสารเคมี อย่านำสารเคมีมาดมโดยตรง ควรใช้มือพัดกลิ่นสารเคมีนั้นเข้าจมูกเพียงเล็กน้อย (อย่าสูดแรง ๆ) โดยถือหลอดที่ใส่สารเคมีไว้ห่าง ๆ

14. ออกไซด์ของธาตุบางชนิดเป็นก๊าซพิษ เช่น ออกไซด์ของกำมะถัน ไนโตรเจนและก๊าซแฮโลเจน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก็เป็นก๊าซพิษเช่นเดียวกัน การทดลองใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับก๊าซเหล่านี้ควรทำในตู้ดูดควัน

15. อย่าทิ้งของแข็งต่าง ๆ ที่ไม่ต้องการ เช่น ไม้ขีดไฟหรือกระดาษกรองที่ใช้แล้ว ฯลฯ ลงในอ่างน้ำเป็นอันขาด ควรทิ้งในถังขยะที่จัดไว้ให้

16. อย่านำแก้วอ่อน เช่น กระบอกตวง กรวยแยก ไปให้ความร้อน เพราะจะทำให้ละลายใช้การไม่ได้

17. อย่านำบีกเกอร์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมาใช้ตักน้ำดื่ม ถึงแม้ว่าจะดูสะอาดก็ตาม เพราะอาจมีสารเคมีตกค้างอยู่

18. หลังการทดลองแต่ละครั้งต้องล้างมือให้สะอาด โดยเฉพาะอย่างยิ่งก่อนรับประทานอาหาร เพราะในขณะทำการทดลองอาจมีสารเคมีที่เป็นอันตรายติดอยู่ก็ได้

19. ห้ามสูบบุหรี่ในห้องปฏิบัติการ เพราะการสูบบุหรี่อาจทำให้สารที่ติดไฟง่ายติดไฟได้ หรืออาจทำให้อนุภาคของสารเคมีที่ระเหยกลายเป็นไอถูกเผาผลาญในขณะสูบบุหรี่ แล้วถูกดูดเข้าไปในปอด

20. อย่ารับประทานอาหารในห้องปฏิบัติการ เพราะอาจมีสารเคมีปะปนกับอาหารที่รับประทานเข้าไป เช่น อาจอยู่ในภาชนะที่ใส่อาหาร ภาชนะที่ใส่น้ำสำหรับดื่มหรือที่มือของท่าน ซึ่งสารเคมีบางชนิดอาจมีพิษหรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้

21. เมื่อเสื้อผ้าที่สวมอยู่ติดไฟ อย่าวิ่ง ต้องพยายามดับไฟก่อนโดยนอนกลิ้งลงบนพื้น แล้วบอกให้เพื่อน ๆ ช่วย โดยใช้ผ้าหนา ๆ คลุมรอบตัวหรือใช้ผ้าเช็ดตัวที่เปียกคลุมบนเปลวไฟให้ดับก็ได้

22. เมื่อเกิดไฟไหม้ในห้องปฏิบัติการ จะต้องรีบดับตะเกียงในห้องปฏิบัติการให้หมด และนำสารที่ติดไฟง่ายออกไปให้ห่างจากไฟมากที่สุด ซึ่งผู้ปฏิบัติการทดลองทุกคนควรจะต้องรู้แหล่งที่เก็บเครื่องดับเพลิงและรู้จักวิธีใช้ ทั้งนี้เพื่อสะดวกในการนำมาใช้ได้ทันท่วงที

23. หากผู้ทดลองเกิดอุบัติเหตุในขณะทำการทดลอง ต้องรายงานอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทุกครั้งต่ออาจารย์ผู้ควบคุม ไม่ว่าจะเกิดมากหรือน้อยเพียงใดก็ตาม

24. ก่อนนำเอาสารละลายในขวดไปใช้ จะต้องดูชื่อสารบนฉลากติดขวดสารละลายอย่างน้อยสองครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่าใช้สารได้ถูกต้อง

25. เมื่อจะใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายหรือสารที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาหรือสารที่มีกลิ่นเหม็น เช่น เบนโซอิลคลอไรด์ ฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์ โบรมีน ฯลฯ จะต้องทำในตู้ดูดควัน

26. ภาชนะแก้วที่ร้อนจะดูคล้ายกับภาชนะแก้วที่เย็น ดังนั้นควรให้เวลานานพอสมควรในการให้ภาชนะแก้วที่ร้อนเย็นลง

27. น้ำที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเคมีจะต้องใช้น้ำกลั่นทุกครั้ง แต่อย่าใช้ฟุ่มเฟือยเกินความจำเป็น เช่น ใช้ล้างอุปกรณ์ เป็นต้น เพราะกว่าจะกลั่นได้ต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายมาก

28. เมื่อใช้เครื่องควบแน่น อย่าไขน้ำเข้าเครื่องควบแน่นแรงนัก เพราะจะทำให้สูญเสียน้ำไปโดยเปล่าประโยชน์ ควรไขน้ำเข้าเครื่องควบแน่นเบา ๆ

29. ขณะต้มสารละลายหรือให้สารทำปฏิกิริยากันในหลอดทดลอง จะต้องหันปากหลอดทดลองออกห่างจากตัวเองและห่างจากคนอื่น ๆ ด้วย

30. การทดลองใด ๆ ที่ทำให้เกิดสุญญากาศ ภาชนะที่ใช้จะต้องหนาพอที่จะทนต่อความดันภายนอกได้

31. ขวดบรรจุสารละลายหรืออุปกรณ์อื่นใดที่มีตัวทำละลายอินทรีย์บรรจุอยู่ อย่าใช้จุกยางปิดปากขวดเป็นอันขาด เพราะตัวทำละลายอินทรีย์กัดกร่อนยางได้ ทำให้สารละลายสกปรก และจะเอาจุกยางออกจากขวดได้ยาก เพราะจุกส่วนข้างล่างบวม

32. อย่าทิ้งโลหะโซเดียมที่เหลือจากการทดลองลงในอ่างน้ำ เพราะจะเกิดปฏิกิริยากับน้ำอย่างรุนแรง จะต้องทำลายด้วยแอลกอฮอล์เสียก่อน แล้วจึงเททิ้งลงในอ่างน้ำ

33. เมื่อการทดลองใดใช้สารที่เป็นอันตราย หรือเป็นการทดลองที่อาจระเบิดได้ ผู้ทดลองควรสวมแว่นตานิรภัยเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น

34. เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง ต้องทำความสะอาดพื้นโต๊ะปฏิบัติการ ตรวจของในตู้และใส่กุญแจให้เรียบร้อย แล้วล้างมือให้สะอาดก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ

35. พึงระลึกอยู่เสมอว่าต้องทำการทดลองด้วยความระมัดระวังที่สุด ความประมาทเลินล่ออาจทำให้เกิดอันตรายต่อตัวเองและผู้อื่นได้

การเตรียมสารละลายจำเป็นอย่างมากต่อการปฏิบัติงานวิเคราะห์ ทั้งด้านการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมีที่เป็นพื้นฐาน บุคลากรปฏิบัติงาน และผู้เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ทดสอบทางห้องปฏิบัติการ จะต้องมีความรู้ความเข้าใจ และมีทักษะเกี่ยวกับ **การเตรียมสารละลายชนิดต่างๆ การจัดเก็บ และการเลือกใช้เครื่องมือในการเตรียมเพื่อให้เกิดความมั่นใจในความถูกต้องและแม่นยำตามมาตรฐานสากล และส่งผลให้ผลการวัดน่าเชื่อถือ**

เทคนิคการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการเตรียมสารละลาย

1. การเลือกใช้อุปกรณ์สำหรับงานในห้องปฏิบัติการ

1.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ ต้องมีความเหมาะสมกับงานที่ปฏิบัติ

1.1.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ตรงตามวัตถุประสงค์ของการปฏิบัติงาน เช่น งานที่ต้องการความแม่นยำสูงก็ต้องใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงตามไปด้วย และสามารถตรวจสอบหรือสอบกลับได้

1.1.2 มีขนาดบรรจุและความจุที่เหมาะสมกับชนิดของงาน เช่น ในการเตรียมสารละลายที่ใช้ในปริมาณน้อย ๆ ก็ต้องใช้ขนาดบรรจุที่เหมาะสม เพื่อจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในด้านการจัดซื้อทั้งสารเคมีและอุปกรณ์เครื่องแก้ว

1.1.3 วัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือและอุปกรณ์ ต้องมีความเหมาะสมกับงาน หรือความคงทน เช่น สารละลายกรดและด่างเข้มข้น ความร้อน ต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ ชนิดที่ทนกรด-ด่าง ทนต่อการกัดกร่อนสูง และทนความร้อนสูงด้วย

1.2 ตรวจสอบเครื่องมือและอุปกรณ์ ก่อนนำมาใช้งาน

1.2.1 การตรวจสอบสภาพภายนอกทั่วไป เช่น รอยแตก รอยร้าว รอยรั่ว รอยซึม สนิม สายไฟฟ้า เป็นต้น

1.2.2 การตรวจสอบความสะอาด เช่น รอยหยดน้ำ

1.2.3 ตรวจสอบท่อน้ำและ condenser ของเครื่องกลั่น ต้องสะอาด ไม่อุดตัน (กรณีเครื่องมือ) ก่อนปฏิบัติงานทุกครั้ง เพื่อลดความเสี่ยงในการปฏิบัติงาน

1.3 มีแผนการซ่อมบำรุงประจำปี ปฏิบัติตามแผนที่ได้จัดทำและมีการลงบันทึกการซ่อมบำรุงรวมถึงประวัติการใช้งาน (กรณีเครื่องมือ)

1.4 มีแผนการบำรุงรักษา แผนการสอบเทียบ (calibration) หรือการทวนสอบ (verification) และต้องปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้และผลการสอบเทียบ ทวนสอบที่ได้ อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

การเตรียมสารละลาย

สารละลาย (solution) หมายถึง ของเหลวที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน อาจจะเป็นของผสมระหว่างของเหลวกับของเหลว ของเหลวกับของแข็ง ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป สารละลายประกอบด้วยตัวทำละลาย (solute) กับตัวถูกละลาย (solvent) ตัวทำละลาย เป็นของเหลว เช่น น้ำกลั่น เฮกเซน เมทานอล เป็นต้น ส่วนตัวถูกละลายอาจเป็นของเหลวหรือของแข็งก็ได้

ตัวถูกละลาย หมายถึง ของแข็งหรือของเหลวที่ละลายเข้ากับตัวทำละลายได้ เป็นสารที่มีปริมาณน้อยกว่าตัวทำละลาย

ตัวทำละลาย หมายถึง สารที่ใช้เป็นตัวละลายหรือเป็นสารที่มีปริมาณมากกว่าตัวถูกละลาย น้ำบริสุทธิ์เป็นตัวทำละลายที่ใช้และรู้จักกันมากที่สุด

สารละลายอิ่มตัว (saturated solution) หมายถึง สารละลายที่โมเลกุลของตัวถูกละลายในสารละลายอยู่ในสภาวะสมดุลย์ระหว่างของเหลวกับของแข็งโดยมีโมเลกุลที่ยังไม่ละลายเหลืออยู่อีกมาก เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการละลาย ดังนั้นปริมาณตัวถูกละลายในสารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิต่างกันจึงไม่เท่ากัน

สารละลายอิ่มตัวยวดยิ่ง (supersaturated solution) หมายถึง สารละลายที่ยังมีโมเลกุลของตัวถูกละลายอยู่มากกว่าสารละลายอิ่มตัว ณ ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกันโมเลกุลของตัวถูกละลายไม่อยู่ในสภาวะสมดุลย์กับส่วนที่ยังไม่ละลาย

เกรดของสารเคมี

สารเคมีถือเป็นหัวใจสำคัญในการวิเคราะห์ จำเป็นต้องเลือกใช้ให้ตรงกับงานที่ต้องการจะวิเคราะห์เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความถูกต้องมากที่สุด อีกทั้งยังเป็นการประหยัดงบประมาณอีกด้วย ปัจจุบันสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ มีอยู่หลายเกรดด้วยกัน แต่ที่รู้จักกันทั่วไปมีดังนี้ (Shugar and Dean, 1989)

1. Technical grade สารเคมีเกรดนี้จะไม่ใช้สำหรับห้องปฏิบัติการ เนื่องจากมีสารเจือปนอยู่เป็นจำนวนมาก แต่จะใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต

2. Practical grade สารเคมีเกรดนี้จะมีสารเจือปนอยู่น้อยกว่า Technical grade

3. Reagent grade สารเคมีเกรดนี้ถูกกำหนดโดย American Chemical Society (ACS) (Harvey, 2000) เป็นสารเคมีที่ใช้ในงานทั่วไป สารเคมีเกรดรีเอเจนต์เป็นสารเคมีที่ห้องปฏิบัติการต่าง ๆ ใช้กันมากที่สุด

4. Special purpose reagent chemical grade เป็นสารเคมีที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้งานพิเศษ เช่น HPLC grade, Pesticide grade ซึ่งสารเคมีจะระบุความบริสุทธิ์ไว้ เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีเกรดมาตรฐานปฐมภูมิ (primary standard grade) ซึ่งเป็นสารเคมีที่มีความบริสุทธิ์สูง สารเคมีเกรดนี้นิยมใช้เป็นสารมาตรฐาน เกรดของสารเคมีชนิดนี้ถูกกำหนดโดย National Institute of Standard and Technology (NIST)

หน่วยความเข้มข้นที่ใช้

สำหรับหน่วยความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณ ในห้องปฏิบัติการทั่ว ๆ ไปแบ่งได้เป็น 3 แบบคือ

1. หน่วยน้ำหนัก-ปริมาตร (weight-volume : w/v)

เป็นหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย ซึ่งแสดงโดยน้ำหนักของตัวถูกละลายในสารละลายที่กำหนดปริมาตรให้บางครั้งแสดงเป็นร้อยละเพื่อความสะดวก

ตัวอย่าง จงคำนวณหาว่ามี Sodium Chloride อยู่กี่กรัม ในสารละลาย 500 มิลลิลิตร ของน้ำเกลือ ซึ่งบอกไว้ว่าเป็น 2.5 % (w/v)

วิธีทำ ในสารละลาย 100 มิลลิลิตร มี Sodium Chloride 2.5 กรัม

ถ้าสารละลาย 500 มิลลิลิตร มี Sodium Chloride $\frac{2.5 \times 500}{100}$ กรัม

สารละลาย 500 มิลลิลิตร มี Sodium Chloride 12.5 กรัม

ตอบ ใช้ Sodium Chloride 12.5 กรัม ละลายน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรของสารละลายเป็น 500 มิลลิลิตร จะได้สารละลายเข้มข้น 2.5 %w/v จำนวน 500 มิลลิลิตร

2. หน่วยร้อยละโดยน้ำหนักและหน่วยร้อยละโดยปริมาตร (percent by weight : (w/w) and percent by volum : (v/v)

ความเข้มข้นของสารละลายอาจแสดงเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก หรือเป็นร้อยละโดยปริมาตร ในกรณีที่ตัวถูกละลายเป็นของเหลว หน่วยร้อยละโดยน้ำหนัก (w/w) คือ น้ำหนักเป็นกรัมของตัวถูกละลายที่มีอยู่ใน 100 กรัม ของสารละลาย ส่วนหน่วยร้อยละโดยปริมาตรคือ จำนวนเป็นมิลลิลิตรของตัวถูกทำละลายใน 100 มิลลิลิตร ของสารละลาย

$$\%w/w = \frac{\text{weight solution (g)}}{\text{weight solution (g)}} \times 100$$

$$\%v/v = \frac{\text{volume solution (ml)}}{\text{volume solution (ml)}} \times 100$$

ตัวอย่าง จงแสดงหน่วยร้อยละโดยน้ำหนักของสารละลายซึ่งมีน้ำหนัก 200 กรัม และมี Sodium sulphate อยู่ 25.0 กรัม

วิธีทำ $\%w/w = \frac{25.0 \text{ กรัม}}{200 \text{ กรัม}} \times 100\%$

ตอบ = 12.5 (w/w)

ตัวอย่าง จงแสดงหน่วยร้อยละโดยปริมาตรของสารละลายที่เตรียมโดยเติม methanol 50 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร

วิธีทำ Volume solution = 50+200 = 250 มิลลิลิตร

$$\%v/v = \frac{50 \text{ มิลลิลิตร}}{250 \text{ มิลลิลิตร}} \times 100\%$$

ตอบ = 20% (v/v)

3. หน่วยความเข้มข้น Molar, Formal และ Normal

หน่วยความเข้มข้น Molar เป็นหน่วยที่มาจากจำนวน moles (gram molecular weight, M.W.) ของตัวถูกละลายที่มีอยู่ในสารละลาย 1 ลิตร ส่วน Formal เป็นหน่วยที่มาจากจำนวน gram formular weight (F.W) ของตัวถูกละลายที่มีอยู่ในสารละลาย 1 ลิตร ความแตกต่างของทั้งสองหน่วยคือ Molar หมายถึง ความเข้มข้นของสารละลายและตัวถูกละลายที่สมดุลย์ ส่วนหน่วย Formal หมายถึง ความเข้มข้นโดยไม่คำนึงถึงสภาวะที่สมดุลย์โดยทั่วไปจึงนิยมใช้หน่วย Molar มากกว่า ส่วนหน่วย Normal เป็นหน่วยที่มาจากจำนวน gram equivalent weight ของตัวถูกละลายที่มีอยู่ในสารละลาย 1 ลิตร

3.1 การเตรียมสารเคมีจากสารเคมีของแข็ง

ตัวอย่าง ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย Sodium hydroxide เข้มข้น 0.01 M จำนวน 500 มิลลิลิตร ต้องใช้ Sodium hydroxide หนักกี่กรัม

วิธีทำ ถ้าต้องการ Sodium hydroxide เข้มข้น 1 M จำนวน 1 ลิตร ต้องใช้ Sodium hydroxide = 40 กรัม (น้ำหนักโมเลกุล Sodium hydroxide)

ถ้าต้องการเตรียม 0.01 M จำนวน 1000 มิลลิลิตร ใช้ Sodium hydroxide = 40 x 0.01

= 0.40 กรัม

ต้องการ 500 มิลลิลิตร แสดงว่าต้องใช้ Sodium hydroxide $= \frac{0.40 \times 500}{1000}$

= 0.200 กรัม

นั่นคือจะต้องชั่ง Sodium hydroxide หนัก 0.200 กรัม มาละลายด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 500 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้นของสารละลาย Sodium hydroxide 0.01 M

3.2 การเตรียมสารละลายเคมีจากสารของเหลว

สารเคมีที่เป็นของเหลวที่มาจากโรงงานหรือบริษัท จะต้องบอกคุณสมบัติของสารไว้ที่ขวดเสมอ คุณสมบัติของสารที่จำเป็นต้องทราบเพราะต้องใช้ในการคำนวณคือ เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ (Assay) ความถ่วงจำเพาะหรือความหนาแน่น และน้ำหนักโมเลกุล

ตัวอย่าง แอมโมเนียเข้มข้นจากโรงงานมีเปอร์เซ็นต์แอมโมเนีย 27% ความถ่วงจำเพาะ 0.90 จงคำนวณว่าต้องใช้แอมโมเนียจากโรงงานจำนวนเท่าไร เพื่อเตรียมเป็นสารละลาย 250 มิลลิลิตร เข้มข้น 6.0 M

วิธีทำ น้ำหนักโมเลกุลของแอมโมเนีย = 17

แอมโมเนียเข้มข้น 6.0 M จำนวน 250 มิลลิลิตร แสดงว่ามีเนื้อสารแอมโมเนียเท่ากับ

$= 250 \times 6.0 \times \frac{17}{1000}$

= 25.5 กรัม

เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์แอมโมเนีย = 27%

แสดงว่าแอมโมเนีย 27 กรัม จะมาจากแอมโมเนียเข้มข้น = 100 กรัม

ถ้าแอมโมเนีย 25.5 กรัม จะมาจากแอมโมเนียเข้มข้น $= \frac{100 \times 25.5}{27}$

= 94.44 กรัม

จากความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.90 แสดงว่า

แอมโมเนียหนัก 0.90 กรัม มีปริมาตรเท่ากับ = 1

เพราะฉะนั้นแอมโมเนียหนัก 94.44 กรัม มีปริมาตรเท่ากับ = $\frac{1 \times 94.44}{0.90}$ มิลลิลิตร

= 105 มิลลิลิตร

ต้องนำแอมโมเนียมา 105 มิลลิลิตร แล้วทำให้เป็นสารละลายที่มีปริมาตรเท่ากับ 250 มิลลิลิตร

ข้อควรปฏิบัติในการเตรียมสารละลายจากสารเคมี

สารเคมีทุกชนิดจัดไว้ว่ามีราคาแพง และบางชนิดเป็นอันตรายมาก ดังนั้นในการใช้สารเคมีจึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ การนำมาใช้ควรใช้อย่างประหยัด ข้อควรปฏิบัติที่ถูกต้องในการเตรียมสารละลายเคมีเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการมีดังนี้

1. อ่านฉลากข้างขวดสารเคมีที่จะนำมาใช้ให้ถูกต้องตามที่ต้องการ
2. ต้องใช้ช้อนที่สะอาดและแห้งตักสารเคมีออกจากขวด
3. ไม่ควรเอาสารเคมีออกจากขวดมากเกินความต้องการ
4. สารเคมีที่นำออกจากขวดแล้วต้องไม่เทกลับคืนเมื่อเหลือใช้ เพราะสารนั้นอาจเปลี่ยนสภาพจากเดิมไปเมื่อตั้งทิ้งไว้ในอากาศ เช่น ถ้าสารนั้นถูกความชื้นจะทำให้มีลักษณะเยิ้มเหลวหรือเปลี่ยนสีจากเดิมหรืออาจมีฝุ่นผงและสิ่งเจือปนอื่นตกลงไปในสารเคมีที่ตั้งทิ้งไว้นั้นก็ได้ ดังนั้นถ้าเทกลับคืนในขวดจะทำให้สารนั้นใช้ไม่ได้ทั้งขวด
5. ไม่ควรเปิดขวดสารเคมีตั้งทิ้งไว้นาน ๆ ควรปิดทันทีหลังตักสารที่ต้องการออกมาแล้ว
6. ถ้าสารเคมีที่ต้องการนำมาใช้เป็นของเหลว ห้ามใช้ไปเปตจุ่มลงในขวดสารเคมีโดยเด็ดขาด เพราะไปเปตอาจไม่สะอาดพอ จะทำให้เกิดการปนเปื้อนกับสารเคมีทั้งขวด ควรเทสารเคมีที่เป็นของเหลวใส่บีกเกอร์ก่อน
7. สารเคมีที่เตรียมเสร็จแล้ว ควรบรรจุในขวดเก็บสารเคมีพร้อมทั้งติดฉลากให้เรียบร้อย บอกชื่อสาร, ความเข้มข้น, วันที่เตรียมสารละลายและชื่อผู้เตรียมสารละลาย

การใช้สารเคมี

ไม่ควรใส่สารเคมีหรือตัวทำละลายที่เป็นอันตรายไว้ในภาชนะที่แตกง่ายเกิน 5 ลิตร (Rump, 1999) ยกเว้นกรณีที่ภาชนะที่บรรจุมีอุปกรณ์ป้องกันพิเศษ อย่างเช่น สารดูดซับหรือสารดับไฟ ในการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีแบคทีเรียที่นำโรค (น้ำเสีย อาหารเลี้ยงเชื้อ) จำเป็นต้องมีอุปกรณ์พิเศษ เช่น ถุงมือ อุปกรณ์ป้องกันปาก (mouth protection)

การเก็บรักษาสารเคมี

โดยทั่วไปสารเคมีและตัวอย่างในห้องปฏิบัติการควรเก็บไว้ในที่เย็นและแห้ง ไม่ควรเก็บสารเคมีไว้ในห้องปฏิบัติการเป็นจำนวนมาก แต่ควรเก็บไว้ในที่เก็บต่างหาก สารเคมีที่ไวไฟและระเบิดต้องเก็บแยกจากสารเคมีอื่น ๆ สารเคมีต่อไปนี้ควรเก็บในที่เย็น

- ของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำ เช่น อะซีโตน (acetone) เพนเทน (pentane) ไดเอธิลอีเทอร์ (diethyl ether) เฮกเซน (hexane) และปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether)

- แก๊สไวไฟ สารเคมีที่มีสัญลักษณ์ที่แสดงถึงอันตรายควรเก็บไว้ในห้องที่ใส่กุญแจ หรือในตู้เก็บสารเคมี สารอันตรายเหล่านั้นได้แก่ ไซยาไนด์ (cyanides) ปรอท และสารประกอบของปรอท สารหนูและสารประกอบของสารหนู สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (pesticides)

- สารเคมีที่ปล่อยควันที่กัดกร่อนจะต้องเก็บไว้ในที่ที่มีการระบายอากาศได้ดี เช่น กรดไฮโดรฟลูออริก (hydrofluoric acid) กรดไนตริก (nitric acid) กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid) และแอมโมเนียเหลว (aqueous ammonia)

ข้อควรปฏิบัติเมื่อสารเคมีหก

เมื่อสารเคมีหกอาจเกิดอันตรายได้หากไม่ระมัดระวังให้ดีทั้งนี้เพราะสารเคมีบางชนิด เป็นพิษต่อร่างกายเมื่อถูกกับผิวหนังหรือสูดดม บางชนิดติดไฟได้ง่าย ดังนั้นเมื่อสารเคมีหกจะต้องรีบเก็บกวาดให้เรียบร้อยทันที ซึ่งเมื่อสารเคมีแต่ละชนิดหกควรปฏิบัติดังนี้ (ประเสริฐ, 2539)

1. สารที่เป็นของแข็ง เมื่อสารเคมีที่เป็นของแข็งหกควรใช้แปรงกวาดรวมกันใส่ในช้อนตักหรือกระดาษแข็งก่อน แล้วจึงนำไปใส่ในภาชนะสำหรับเก็บสารที่ไม่ใช้

2. สารละลายที่เป็นกรด เมื่อกรดหกจะต้องรีบทำให้เจือจางด้วยน้ำก่อน แล้วโรยโซดาแอสหรือโซเดียมไบคาร์บอเนต หรือเทสารละลายด่าง เพื่อทำให้กรดเป็นกลาง ต่อจากนั้นจึงล้างด้วยน้ำให้สะอาด

ข้อควรระวัง เมื่อเทน้ำลงบนกรดเข้มข้นที่หก เช่น กรดซัลฟูริกเข้มข้น จะมีความร้อนเกิดขึ้นมากและกรดอาจกระเด็นออกมา จึงควรค่อย ๆ เทน้ำลงไปมาก ๆ เพื่อให้กรดเจือจาง

3. สารละลายที่เป็นด่าง เมื่อสารเคมีที่เป็นด่างหกจะต้องเทน้ำลงไป เพื่อลดความเข้มข้นของด่างแล้วเช็ดให้แห้งโดยใช้ไม้ที่มีปุยผูกที่ปลายสำหรับซับน้ำบนพื้น พยายามอย่าให้กระเด็นขณะเช็ด เนื่องจากสารละลายด่างจะทำให้พื้นลื่นเมื่อล้างด้วยน้ำหลาย ๆ ครั้งแล้วยังไม่หายควรใช้ทรายโรยบริเวณที่ด่างหกแล้วเก็บกวาดทรายออกไป จะช่วยแก้ปัญหานี้ได้

4. สารที่เป็นน้ำมัน สารพวกนี้เช็ดออกได้โดยใช้น้ำมาก ๆ เมื่อเช็ดออกแล้วพื้นบริเวณที่สารหกจะลื่น จึงต้องล้างด้วยผงซักฟอกอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้สารที่ติดอยู่ออกไปให้หมด

5. สารปรอท เนื่องจากสารปรอทไม่ว่าจะอยู่ในรูปใดล้วนเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทั้งสิ้น เพราะทำอันตรายต่อระบบประสาท ทำให้มีอาการทางประสาท เช่น กล้ามเนื้อเต้น มึนงง ความจำเสื่อม ถ้าได้รับเข้าไปมาก ๆ อาจทำให้แขนขาพิการหรือถึงตายได้ ดังนั้นการวิเคราะห์ใดที่เกี่ยวข้องกับสารปรอทต้องใช้ความระมัดระวังให้มาก ในกรณีที่สารปรอทหกวิธีการที่ถูกต้องควรปฏิบัติดังนี้

1) กวาดสารปรอทมากองรวมกัน

2) เก็บสารปรอทโดยใช้เครื่องดูด

3) ถ้าพื้นที่สารปรอทหกมีรอยแตกหรือรอยร้าว จะมีสารปรอทเข้าไปอยู่ข้างในจึงไม่สามารถเก็บปรอทโดยใช้เครื่องดูดดังกล่าวได้ ควรปิดรอยแตกหรือรอยร้าวนั้นด้วยขี้ผึ้งทาพื้นหนา ๆ เพื่อกันการระเหยของปรอทหรืออาจใช้ผงกำมะถันพรมลงไปปรอทจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบซัลไฟต์แล้วเก็บกวาดอีกครั้งหนึ่ง

อันตรายจากสารเคมี

เนื่องจากสารเคมีทุกชนิดมีอันตรายอยู่ในตัวของมันมากน้อยแตกต่างกัน ผู้ทำการวิเคราะห์ทางเคมีควรที่จะต้องรู้ถึงอันตรายจากสารเคมีเหล่านี้ด้วยเพื่อเป็นการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ วิธีหนึ่งที่จะช่วยลดอันตรายจากสารเคมีได้ก็คือ ถ้าเป็นไปได้พยายามหลีกเลี่ยงการใช้สารที่เป็นพิษ แต่ถ้าหากจำเป็นต้องใช้ก็ควรใช้ด้วยความระมัดระวังหรือหาวิธีป้องกันไว้ก่อน เช่น การใช้กรดเข้มข้นในการวิเคราะห์จะต้องเทกรดเข้มข้นในตู้ดูดควัน หรือถ้าทราบว่าผลของปฏิกิริยาจะเกิดก๊าซพิษ ก็ต้องทำในตู้ดูดควัน เป็นต้น

อันตรายจากสารเคมีต่อสุขภาพของคนนั้นเกิดจากสารเคมีเข้าไปในร่างกาย ซึ่งเข้าได้ 3 ทาง คือ ทางปาก ทางจมูก และทางผิวหนัง เมื่อสารเคมีเข้าไปในร่างกายจะทำให้เกิดอันตรายได้มากน้อยขึ้นกับชนิดและปริมาณของสารเคมี รวมทั้งระยะเวลาที่ได้สัมผัสหรือสูดดมสารนั้น ๆ ด้วย สารเคมีบางชนิดเมื่อเข้าไปในร่างกายอาจถูกทำลายได้ บางชนิดอาจถูกขับออกมาทางปัสสาวะ บางชนิดอาจทำปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ ได้สารใหม่เกิดขึ้น และอาจออกฤทธิ์เมื่อมีความเข้มข้นมากพอ ด้วยเหตุนี้การใช้สารเคมีจึงจำเป็น จะต้องศึกษาให้เข้าใจอย่างลึกซึ้งถึงอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นเพื่อหาทางป้องกันไว้ก่อน

อันตรายของสารเคมีเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของสารเคมีแต่ละชนิด สารเคมีบางชนิดมีพิษมาก มีสมบัติกัดกร่อน ไอระเหยเป็นอันตราย ทำให้ระคายตาและระบบหายใจ ฯลฯ บางชนิดมีพิษน้อยแต่ติดไฟได้ง่ายหรือรวมกับสารบางชนิดจะระเบิดได้ ข้อมูลเหล่านี้เราควรจะต้องศึกษาไว้บ้าง เมื่อนำสารเคมีเหล่านั้นมาใช้ จะได้ใช้ด้วยความระมัดระวังและหาทางป้องกันอันตรายไว้ก่อน จะเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยลดอันตรายที่จะเกิดขึ้นแก่ตัวเราได้ อันตรายทั่ว ๆ ไปที่เกิดจากสารเคมีนั้นอาจแบ่งได้ดังนี้

1. สารที่เข้ากันไม่ได้ มีสารเคมีบางชนิดเมื่อผสมกับสารอื่นจะเกิดปฏิกิริยารุนแรง ระเบิด ลุกติดไฟ หรือให้ก๊าซพิษเกิดขึ้น ดังนั้นจึงไม่ควรให้สารเคมีเหล่านี้ผสมกันเพราะจะเกิดอันตรายขึ้นได้

2. สารไวไฟ หมายถึง สารเคมีที่ไวไฟ ลุกติดไฟได้ง่าย สารไวไฟมีทั้งที่เป็นของแข็ง ของเหลวและก๊าซ ของแข็งไวไฟจะมีอันตรายน้อยกว่าของเหลวและก๊าซ สำหรับของเหลวไวไฟนั้นมักจะมีสมบัติระเหยกลายเป็นไอได้ดี เพราะมีจุดวาบไฟต่ำ (จุดวาบไฟ หมายถึงอุณหภูมิต่ำสุดที่จะทำให้สารเกิดการระเหยเป็นไอที่มีความเข้มข้นในอากาศเพียงพอที่จะเกิดการลุกติดไฟได้เมื่อมีเปลวไฟจ่ออยู่ที่ผิวหน้าของของเหลวนั้น) เมื่อไอติดไฟจะลุกลามไปยังต้นตอได้ สารเคมีประเภทนี้นับว่าเป็นอันตรายมากและถ้าหากมีจุดวาบไฟต่ำกว่าหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องเท่าใดอันตรายก็จะยิ่งมีมากขึ้น เช่น โทลูอีน มีจุดวาบไฟที่ 4 องศาเซลเซียส จะลุกติดไฟได้ง่ายกว่าเมทานอลซึ่งมีจุดวาบไฟที่ 16 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปแล้วสารที่จัดว่าไวไฟมากจะมีจุดวาบไฟต่ำกว่า 22 องศาเซลเซียส ส่วนสารที่จัดว่าไวไฟนั้นจะมีจุดวาบไฟระหว่าง 22 องศาเซลเซียส ถึง 66 องศาเซลเซียส

3. สารกัดกร่อน หมายถึง สารเคมีที่สามารถกัดผิวหนังหรือทำอันตรายต่อเนื้อเยื่อของร่างกาย เมื่อสัมผัสทำให้เป็นรอยไหม้หรือคัน สารกัดกร่อนส่วนมากได้แก่ สารพวกกรดและด่างต่าง ๆ โดยเฉพาะกรดและด่างที่มีความเข้มข้นสูง ๆ จะแสดงคุณสมบัตินี้ได้ดี ดังนั้นในการเข้าห้องปฏิบัติการจึงไม่ควรให้ร่างกายหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกายสัมผัสสารเหล่านี้และถ้าหากทราบว่าถูกสารเคมีจะต้องรีบล้างออกด้วยน้ำทันที

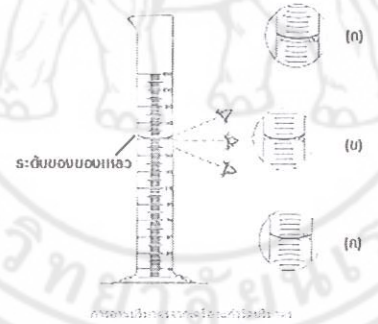
4. สารเคมีที่ให้ไอระเหยเป็นพิษ หมายถึง สารเคมีที่ให้ไอระเหยซึ่งเมื่อสูดดมเข้าไปในร่างกายจนมีปริมาณมากพอ จะเป็นอันตรายหรือเป็นพิษต่อร่างกายได้แต่ความรุนแรงและลักษณะของ

การเกิดพิษนั้นแตกต่างกันออกไปตามชนิดของไอระเหยของสารเคมี และความต้านทานต่อสารเคมีของแต่ละคน

เครื่องแก้ว

เครื่องแก้วทั่วไปที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ฟลาสก์ บีกเกอร์ กระบอกตวง ไปเปต ขวดวัดปริมาตร บิวเรต ฯลฯ ในบรรดาเครื่องแก้วเหล่านี้พบว่า ไปเปต ขวดวัดปริมาตร และบิวเรต นับว่ามีความสำคัญต่อความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ เนื่องจากเป็นเครื่องแก้วพื้นฐานที่ใช้เตรียมสารละลายมาตรฐานและวิเคราะห์ตัวอย่าง สิ่งสำคัญในการใช้เครื่องแก้ววัดปริมาตรเหล่านี้ก็คือการอ่านปริมาตรให้ถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งการอ่านปริมาตรที่ถูกต้องนั้นจะต้องให้สายตาอยู่ในระดับเดียวกันกับจุดต่ำสุดของส่วนโค้งเว้า ส่วนโค้งเว้านี้เกิดจากแรงดูดผิวระหว่างผิวแก้วกับของเหลว ตำแหน่งของระดับสายตาในการอ่านปริมาตรมีความสำคัญต่อค่าที่ได้จากการอ่านปริมาตรมาก กล่าวคือ

1. ถ้าระดับสายตาอยู่เหนือส่วนโค้งเว้าต่ำสุดของของเหลว ปริมาตรที่อ่านได้จะต่ำกว่าปริมาตรจริง
2. ถ้าระดับสายตาอยู่ในระดับเดียวกันกับส่วนโค้งเว้าต่ำสุดของของเหลว ปริมาตรที่อ่านได้จะมีค่าถูกต้อง
3. ถ้าระดับสายตาอยู่ต่ำกว่าส่วนโค้งเว้าต่ำสุดของของเหลว ปริมาตรที่อ่านได้จะสูงกว่าปริมาตรจริง (ประเสริฐ, 2539)



ภาพ 1 การอ่านปริมาตรจากเครื่องแก้ววัดปริมาตร
ที่มา : Beran (1993)

เครื่องแก้วที่ใช้กันในห้องปฏิบัติการมีระดับคุณภาพ (grade หรือ class) แยกเป็น A กับ B (พงศ์ศรีและภิญญา, 2540) เครื่องแก้วเกรด A มีความถูกต้องมากที่สุด ส่วนเครื่องแก้วเกรด B มีความถูกต้องพอสมควร ดังนั้นผู้วิเคราะห์ต้องเลือกใช้เครื่องแก้วให้เหมาะสมกับงาน โดยทั่วไปนั้นเครื่องแก้วที่เกี่ยวข้องกับงานเตรียมสารละลายมาตรฐานต่าง ๆ จะใช้เกรด A ส่วนเครื่องแก้วเกรด B จะใช้กับงาน ๆ ทั่วไปในห้องปฏิบัติการ อย่างเช่น ใช้ไปเปตเกรด B เพื่อเติมน้ำยาเคมีเพื่อเร่งปฏิกิริยาหรือทำให้เกิดสี เป็นต้น

ตาราง 1 เปรียบเทียบความผิดพลาดของขวดวัดปริมาตรเกรด A กับเกรด B

ความจุ (mL)	ความผิดพลาด (±mL)		ความจุ (mL)	ความผิดพลาด (±mL)	
	class A	class B		class A	class B
5	0.02	0.04	200	0.10	0.20
10	0.02	0.04	250	0.12	0.24
25	0.03	0.06	500	0.20	0.40
50	0.05	0.10	1,000	0.30	0.60
100	0.08	0.16	2,000	0.50	1.00

ที่มา : Shugar and Dean (1989)

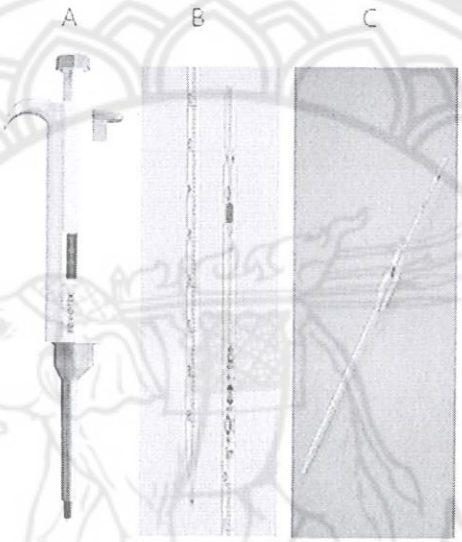
ขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flask)

ขวดวัดปริมาตรเป็นอุปกรณ์ที่วัดปริมาตรได้ถูกต้องสูง ขวดวัดปริมาตรมีหลายขนาด ตั้งแต่ 1 มิลลิลิตรจนถึง 5 ลิตร แต่ที่พบเห็นและใช้งานกันบ่อยส่วนใหญ่จะเป็นขนาด 50 มิลลิลิตร ขนาด 100 มิลลิลิตรไปจนถึงขนาด 1 ลิตร ที่คอขวดวัดปริมาตรจะมีขีดหรือรอยแสดงสัญลักษณ์บอกปริมาตรบรรจุ และที่ขวดมักจะมีตัวหนังสือ TC (ย่อมาจาก to contain) แสดงว่า ขวดมีความจุเท่าใด ขวดวัดปริมาตรใช้สำหรับเตรียมสารละลายมาตรฐาน ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานจากสารเคมีที่เป็นของแข็งจะต้องชั่งสารเคมีอย่างละเอียด ละลายด้วยตัวทำละลายในปริมาณน้อย ๆ ในบีกเกอร์ก่อน ถ่ายสารละลายสู่ขวดวัดปริมาตร จากนั้นชะด้วย ตัวทำละลาย และเทตัวทำละลายดังกล่าวสู่ขวดวัดปริมาตร ทำเช่นนี้หลาย ๆ ครั้ง จากนั้นจึงเติมตัวทำละลายจนถึงระดับขีดที่บอกไว้ ซึ่งต้องทำด้วยความระมัดระวังเป็นพิเศษ ปิดจุกขวดแล้วพลิกคล่ำพลิกหงายประมาณ 8-10 ครั้ง จนสารละลายผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานจากสารเคมีที่เป็นของแข็ง ไม่ควรเติมสารเคมีที่เป็นของแข็งลงในขวดวัดปริมาตรโดยตรง เมื่อปรับปริมาตรเรียบร้อยและสารละลายผสมเข้ากันดีแล้วถ่ายสารละลายที่ได้ลงในขวดเก็บสาร ไม่ควรใช้ขวดวัดปริมาตรเก็บสารละลาย

ไปเปต (Pipet)

ไปเปตเป็นเครื่องแก้วที่ใช้ในการวัดปริมาตร หรือใช้ถ่ายเทของเหลวหรือสารละลาย ไปเปตมีหลายขนาด ที่พบเห็นและใช้อยู่ทั่วไป มีขนาดตั้งแต่ 1 มิลลิลิตรจนถึง 50 มิลลิลิตร ไปเปตที่ใช้กันมี 2 ชนิด คือ ชนิดที่ใช้วัดปริมาตร (volumetric pipet หรือ transfer pipet) กับชนิดที่ใช้ถ่ายเทของเหลว (graduate pipet หรือ measuring pipet) (Black, 1977; Shugar and Dean, 1989) ไปเปตที่ใช้วัดปริมาตรหรือที่เรียกกันทั่วไปว่า ไปเปตแบบกระเปาะ ไปเปตแบบนี้มีขีดบอกระดับความจุไว้และมีตัวหนังสือบอกระดับอุณหภูมิและคำว่า TD 20 $^{\circ}$C หมายถึง เพื่อใช้ในการถ่ายเทสาร (to deliver) ไปเปตชนิดนี้ถูกออกแบบมาเพื่อให้ถ่ายเทสารตามปริมาตรที่ถูกกำหนดไว้ที่ไปเปตนั้น จัดเป็นไปเปตที่ให้ความถูกต้องสูง โดยมีระดับนัยสำคัญถึง 5 ตำแหน่ง ไปเปตแบบกระเปาะมีอยู่ 2 เกรด คือ เกรด A กับเกรด B ไปเปตแบบกระเปาะชนิดที่เป็นเกรด A นั้นใช้ในงาน

ที่ต้องการความถูกต้องสูง เช่น การเตรียมสารละลายมาตรฐาน ความแตกต่างระหว่างไปเปตแบบกระเปาะเกรด A กับเกรด B สังเกตได้จากตัวอักษรที่อยู่บนไปเปต ที่ไปเปตจะมีคำว่า TD 20 °C และ TC 20 °C เขียนติดอยู่ คำว่า TD 20 °C จะปรากฏบน volumetric pipet ซึ่งมีหมายความว่าได้ calibrate ปริมาตรของไปเปตตามที่ระบุไว้บนไปเปตนั้น ด้วยการปล่อยให้สารละลายไหลลงสู่ภาชนะด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ที่อุณหภูมิ 20 °C และในการ calibration จะรวมเอาของเหลวหรือสารละลายที่เหลืออยู่ที่ปลายไปเปตด้วย (Beran, 1993)



ภาพ 2 ไปเปตแบบต่าง ๆ A. Automatic pipet B. graduate pipet C. volumetric pipet
ที่มา : ชูชาติและเปรมใจ (2525)

ส่วนไปเปตอีกชนิดหนึ่งใช้สำหรับถ่ายเทของเหลวหรือสารละลายเรียกกันทั่วไปว่า ไปเปตแบบธรรมดา ไปเปตชนิดนี้มี 2 แบบ คือ (ชูชาติและเปรมใจ, 2525)

1. Mohr pipet : มีขีดแบ่งปริมาตรบนตัวไปเปต แต่ไม่รวมปริมาตรที่ส่วนปลายไปเปต มีความถูกต้องใกล้เคียง volumetric pipet ใช้แทนกันได้ถ้าจำเป็น

2. Serological pipet : มีขีดแบ่งปริมาตรบนตัวไปเปต รวมทั้งปริมาตรบริเวณปลายไปเปตด้วย มีปากใหญ่กว่า Mohr pipet สารละลายไหลออกเร็วกว่าทำให้ความถูกต้องลดลง ใช้ดูดสารละลายที่ไม่ต้องการความถูกต้องมากนัก มักเป็นชนิดที่เป่าหยดสุดท้ายออกด้วย

ตาราง 2 เปรียบเทียบความผิดพลาดของไปเปตเกรด A กับเกรด B

Volumetric transfer pipets			Measuring and Serological pipets	
ความจุ (mL)	ความผิดพลาด (±mL)		ความจุ (mL)	ความผิดพลาด (±mL)
	class A	class B		class B
0.5	0.006	0.012	0.1	0.005
1	0.006	0.012	0.2	0.008
2	0.006	0.012	0.25	0.008
3	0.01	0.02	0.5	0.01
4	0.01	0.02	0.6	0.01
5	0.01	0.02	1	0.02
10	0.02	0.04	2	0.02
15	0.03	0.06	5	0.04
20	0.03	0.06	10	0.06
25	0.03	0.06	25	0.10
50	0.05	0.10		
100	0.08	0.16		

ที่มา : Shugar and Dean (1989)

ดังนั้นในการใช้ไปเปตแบบกระเปาะจึงไม่ต้องเป่า เพียงแต่ให้ใช้ปลายไปเปตแตะที่ด้านข้างภาชนะประมาณ 10 วินาที ของเหลวจะมีแรงดึงดูดกับผิวภาชนะทำให้ไหลลงได้เอง (Shugar and Dean, 1989) ส่วนไปเปตที่มีคำว่า TC 20 $^{\circ}$C เขียนติดอยู่ซึ่งมักปรากฏใน graduate pipet นั้นหมายความว่าในการ calibration ได้รวมเอาของเหลวหรือสารละลายทั้งหมดในไปเปตนั้นจึงจะครบปริมาตร ไปเปตที่มีคำว่า TC 20 $^{\circ}$C เขียนติดอยู่จึงต้องเป่าของเหลวหรือสารละลายที่ปลายลงไปในภาชนะให้หมด (Beran, 1993) ในการใช้ไปเปตทั้ง graduate pipet และ volumetric pipet จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเช็ดปลายไปเปตให้แห้งหลังจากดูดสารตามปริมาตรมาแล้ว มิฉะนั้นจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ถ้าจะนำไปดูดสารต่ออีก และการใช้ทุกครั้งจะต้องดูดของเหลวหรือสารละลายโดยการใช้ลูกยาง ห้ามใช้ปากดูดไปเปตเด็ดขาด เพราะอาจเกิดอันตรายได้ (Shugar and Dean, 1989) นอกจาก graduate pipet และ volumetric pipet แล้วยังมีไปเปตอีกแบบหนึ่งที่นิยมใช้กันคือ automatic pipet ไปเปตแบบนี้เหมาะสำหรับงานประจำที่มีตัวอย่างเป็นจำนวนมาก เพราะใช้ง่าย ไม่ต้องล้างเพียงแต่เปลี่ยน tip เท่านั้น (ชูชาติและเปรมใจ, 2525)

วิธีการใช้ไปเปต

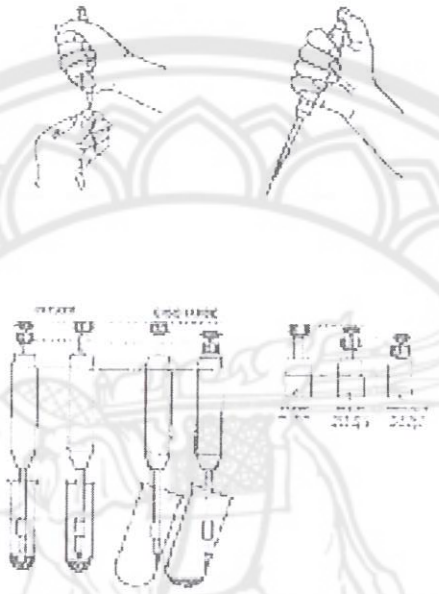
1. สำหรับ volumetric และ measuring pipet มีหลักการใช้ดังนี้ (ชูชาติและเปรมใจ, 2525)

- ล้างมือให้สะอาด เช็ดให้แห้ง
- เลือกไปเปตให้เหมาะสมกับสารที่จะดูด
- จับไปเปตด้วยมือขวา จับลูกยางด้วยมือซ้าย
- rinsed ด้วยสารละลายหรือตัวอย่างที่จะดูดอย่างน้อย 2 ครั้ง
- ดูดสารละลายด้วยลูกยางจนสารละลายเลยขีดปริมาตรที่ต้องการเล็กน้อย จากนั้นใช้นิ้วชี้ปิดรูด้านบนไปเปต ถ้าปิดไม่อยู่ให้ใช้นิ้วแตะน้ำเล็กน้อย แล้วปิดรูอีกครั้ง
- ใช้ผ้าสะอาดหรือกระดาษชำระเช็ดบริเวณปลายไปเปตให้แห้งแต่ถ้าเป็นกรดหรือด่างเข้มข้นหรือสารที่ระเหยเร็วไม่ต้องเช็ด
- ยกไปเปตให้อยู่ในระดับสายตาในแนวดิ่ง ปล่อยของเหลวออกช้า ๆ โดยการหมุนไปเปตเล็กน้อย จนส่วนโค้งเว้า (menicus) ส่วนล่างตรงกับขีดปริมาตรที่ต้องการจึงหยุด (อัตราเร็วในการไหลไม่ควรเกิน 5 มม./วินาที)
- ไปเปตชนิด T.D. หลังจากปล่อยของเหลวลงในภาชนะแล้ว ต้องแตะปลายไปเปตกับข้างภาชนะอีกประมาณ 10 วินาที ยกเว้นไปเปตชนิดที่มีวงแหวนขาวขุ่นในเนื้อแก้วให้เป่าหยดสุดท้ายออก
- ไปเปตชนิด T.D. หลังจากปล่อยของเหลวออกหมดแล้วต้องดูดของเหลวขึ้นไปล้างไปเปต 2-3 ครั้ง

ภาพ 3 วิธีการใช้ไปเบตแบบ volumetric
ที่มา : Shugar and Dean (1989)

2. Automatic pipet มีวิธีการใช้ดังนี้ (ชูชาติและเปรมใจ, 2525)

- กดปุ่มด้านบนไล่อากาศออกจาก air chamber ให้หมด โดยกดลงมาถึง calibration stop พอดี
- ดูดของเหลวเข้าใน tip โดยให้ลูกสูบดูดขึ้นเองโดยการทำงานของสปริงและปล่อยให้สารละลายใน tip ไหลออกหมด โดยกดปุ่มให้ต่ำลงไปกว่า calibration stop



ภาพ 4 วิธีใช้ automatic pipet
ที่มา : ชูชาติและเปรมใจ (2525)

บิวเรต (Buret)

บิวเรตเป็นอุปกรณ์วัดปริมาตรที่มีลักษณะคล้ายกับ measuring pipet ที่มีก๊อกปิดเปิดควบคุมการปล่อยของเหลว บิวเรตมีขนาดตั้งแต่ 10 - 50 มิลลิลิตร มีความละเอียด 1 ใน 10 ของมิลลิลิตร เพื่อความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ เมื่อใช้บิวเรตควรปฏิบัติดังนี้ (ชูชาติและเปรมใจ, 2525 ; ประเสริฐ, 2539)

1. ก่อนนำบิวเรตไปใช้ต้องล้างบิวเรตให้สะอาดด้วยน้ำยาทำความสะอาดแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นอีก 2-3 ครั้ง

2. ล้างบิวเรตอีกครั้งด้วยสารละลายที่จะใช้เพียงเล็กน้อยอีก 2-3 ครั้ง แล้วปล่อยให้สารละลายนี้ไหลออกทางปลายบิวเรต

3. ก่อนที่จะเทสารละลายลงในบิวเรตต้องปิดบิวเรตก่อนเสมอ และเทสารละลายในบิวเรตโดยผ่านทางกรวยกรอง ให้มีปริมาตรเหนือขีดศูนย์เล็กน้อย เอากรวยออกแล้วเปิดก๊อกให้สารละลายไหลออกทางปลายบิวเรตเพื่อปรับให้ปริมาตรของสารละลายอยู่ที่ขีดศูนย์พอดี (ที่บริเวณปลาย

บิวเรตจะต้องไม่มีฟองอากาศเหลืออยู่ หากมีฟองอากาศจะต้องเปิดก๊อกให้สารละลายไล่อากาศออกไปจนหมด)

4. ถ้าปลายบิวเรตมีหยดน้ำของสารละลายติดอยู่ ต้องเอาออกโดยให้ปลายบิวเรตแตะกับบีกเกอร์ หยดน้ำก็จะไหลออกไป

5. การจับปลายบิวเรตที่ถูกต้องมีลักษณะดังภาพ 5 หากใช้บิวเรตเพื่อการไตเตรต หรือเพื่อการถ่ายเทสารในบิวเรตลงสู่ภาชนะที่รองรับจะต้องให้ปลายบิวเรตอยู่ในภาชนะนั้น ทั้งนี้เพื่อไม่ให้สารละลายหก

6. เมื่อปล่อยสารละลายออกจากบิวเรตจนสารละลายลดลงถึงขีดบอกปริมาตรสุดท้ายของบิวเรตนั้น ๆ ต้องรีบปิดบิวเรตทันที หากปล่อยให้สารละลายเลยขีดบอกปริมาตรสุดท้ายลงมาจะไม่ทราบปริมาตรที่แน่นอนของสารละลายที่ผ่านบิวเรตลงมา

อนึ่งในกรณีที่ต้องใช้สารละลายที่มีจำนวนมากเมื่อปล่อยสารละลายจนถึงขีดบอกปริมาตรสุดท้ายแล้วต้องปิดบิวเรตก่อนแล้วจึงเติมสารละลายลงในบิวเรต ปรับให้มีระดับอยู่ที่ขีดศูนย์ใหม่ ต่อจากนั้นก็ปล่อยสารละลายลงมาจนกว่าจะได้ปริมาตรตามต้องการ

ภาพ 5 การใช้บิวเรต

ที่มา : ประเสริฐ (2539)

การทำความสะอาดเครื่องแก้ว

ความสะอาดมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ตัวอย่างมาก การวิเคราะห์ตัวอย่างที่ใช้เครื่องแก้วที่ไม่สะอาดทำให้ได้ข้อมูลที่ผิดพลาดได้ ดังนั้นการดูแลรักษาเครื่องแก้วให้สะอาดจึงเป็นสิ่งสำคัญ ควรทำความสะอาดเครื่องแก้วทันทีหลังจากใช้งานเสร็จแล้ว ขั้นตอนการทำความสะอาดเครื่องแก้วมีดังนี้ (Black, 1977)

1. ล้างด้วยน้ำประปา 1 ครั้ง
2. จากนั้นล้างด้วยน้ำยาทำความสะอาดชนิดที่ใช้สำหรับทำความสะอาดอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ หรือสารละลายกรดซัลฟูริก 10 %
3. ล้างด้วยน้ำประปาหลาย ๆ ครั้งจนสะอาด ไม่ควรใช้น้ำกลั่น หรือน้ำ deionized ล้างเครื่องแก้ว เพราะต้นทุนในการผลิตสูง
4. เสร็จแล้วจึงล้าง (rinse) ด้วยน้ำกลั่นหรือน้ำ deionized
5. เมื่อล้างด้วยน้ำกลั่นหรือน้ำ deionized เสร็จแล้วจึงนำไปทำให้แห้ง
6. สำหรับเครื่องแก้ววัดปริมาตร เช่น ไปเปต บิวเรต สามารถตรวจสอบความสะอาดได้โดยเติมน้ำกลั่นแล้วปล่อยน้ำกลั่นทิ้ง เครื่องแก้วที่สะอาดจะไม่มีหยดน้ำเกาะที่ผิวด้านใน ในการวิเคราะห์ไม่ควรนำเครื่องแก้วไปอบด้วยเตาอบ (oven) เพราะจะทำให้เครื่องแก้วเสียรูปทรงไป เมื่อต้องการใช้งานเร่งด่วนแต่เครื่องแก้วยังไม่แห้ง ควรล้างเครื่องแก้วที่ต้องการใช้ด้วยตัวทำละลายหรือสารละลายที่จะใช้

การใช้อุปกรณ์พื้นฐาน

ตะเกียงแก๊ส

ตะเกียงแก๊สที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทั่วไปมี 2 แบบ ดังนี้

1. ตะเกียงแบบบุนเสน สามารถปรับปริมาณของอากาศได้
2. ตะเกียงแบบเทอร์ริลล์ สามารถปรับได้ทั้งปริมาณของอากาศและแก๊สเชื้อเพลิง

ตะเกียงทั้ง 2 แบบมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันแต่มีการใช้งานที่แตกต่างกัน ทำให้มีความสะดวกปลอดภัยในการใช้งานไม่เหมือนกัน เพื่อให้ผู้ใช้ตะเกียงได้เลือกใช้ให้มีความเหมาะสมและปลอดภัย

การใช้ตะเกียงแก๊ส

1. สวมปลายสายยางข้างหนึ่งกับส่วนที่ยื่นออกมาจากฐานของตะเกียง ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งของสายยางต่อกับท่อแก๊สเชื้อเพลิง ซึ่งตามปกติจะอยู่ตรงกลางโต๊ะปฏิบัติการ
2. ปิดช่องทางเข้าของอากาศที่ฐานของตะเกียงให้สนิท
3. จุดไม้ขีดไฟไปรอไว้ที่หัวตะเกียง แล้วเปิดแก๊สเชื้อเพลิงเข้ามาในตะเกียง ในขณะเดียวกันก็ค่อย ๆ เปิดช่องทางเข้าของอากาศที่ฐานของตะเกียงแล้วปรับให้ได้เปลวไฟไม่มีสีซึ่งเป็นเปลวไฟที่ให้ความร้อนสูงที่สุด
4. การดับตะเกียงแก๊สทำได้โดยลดปริมาณของก๊าซที่เข้ามาในตะเกียงให้น้อยลง โดยการปรับก๊อกก๊าซจนกระทั่งเปลวไฟที่หัวตะเกียงเลื่อนลงมาเกิดที่ฐานของตะเกียง แล้วจึงปิดก๊อกก๊าซทันที

ข้อควรระวัง

1. การสวมสายยางกับท่อแก๊สของตะเกียงหรือท่อแก๊สเชื้อเพลิงที่โต๊ะปฏิบัติการ ต้องสวมให้แน่นหากสายยางหลุดขณะใช้ตะเกียงไฟอาจจะลุกไหม้ได้

2. การจุดไม้ขีดไฟไปรอไว้ที่หัวตะเกียงก่อนที่จะเปิดแก๊ส อย่าใช้วิธีหย่อนไม้ขีดไฟจากระยะสูงเหนือตะเกียง เพราะจะทำให้แก๊สที่ออกจากตะเกียงติดไฟในระดับสูง อาจเกิดอันตรายได้

3. สีของเปลวไฟและลักษณะของเปลวไฟ ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของแก๊สเชื้อเพลิงและอากาศที่เข้ามาในตะเกียงดังต่อไปนี้

- ถ้าปริมาณของแก๊สเชื้อเพลิงมากกว่าปริมาณของอากาศที่เข้ามาในตะเกียงทั้ง ๆ ที่เปิดให้อากาศผ่านเข้าไปอย่างเต็มที่แล้ว หรือเป็นการปล่อยให้แก๊สเชื้อเพลิงผ่านเข้าไปในตะเกียง มากเกินไปนั่นเอง เปลวไฟที่ได้จะไม่สม่ำเสมอหรือเกิดมีช่องว่างระหว่างเปลวไฟกับหัวตะเกียง ซึ่งเปลวไฟจะเป็นสีม่วง และบางครั้งเปลวไฟที่เกิดขึ้นจะเต้นและอาจดับได้

- ถ้าปริมาณของแก๊สเชื้อเพลิงมากกว่าปริมาณของอากาศที่เข้ามาในตะเกียง โดยไม่ได้เปิดช่องทางให้อากาศเข้ามาในตะเกียงหรือเปิดเพียงเล็กน้อยจะได้เปลวไฟสีเหลือง เปลวไฟสีเหลืองนี้ไม่เหมาะที่จะใช้ในการทดลองเพราะอุณหภูมิของเปลวไฟไม่สูงพอมีเขม่าจับอุปกรณ์ที่ใช้ทดลองและทำให้ตะแกรงลวดผุเร็วกว่าปกติ เนื่องจากคาร์บอน ในเปลวไฟทำปฏิกิริยากับเหล็กเกิดสารประกอบพวกคาร์ไบด์

- ถ้าปริมาณของแก๊สเชื้อเพลิงน้อยกว่าปริมาณของอากาศมาก เปลวไฟจะเกิดในตะเกียงเรียกว่าเปลวไฟย้อนกลับ ซึ่งถ้าเกิดขึ้นนาน ๆ จะทำให้ตะเกียงร้อนจัดเป็นเหตุให้โลหะตรงช่องทางเข้าของแก๊สเชื้อเพลิงในตะเกียงหลอมเหลวได้ สายยางอาจละลายและลุกเป็นไฟ นอกจากนี้ยังเกิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซึ่งเป็นแก๊สพิษอีกด้วยถ้าปริมาณของแก๊สเชื้อเพลิงมีอัตราส่วนเหมาะสมกับอากาศที่ผ่านเข้าไปในตะเกียงจะได้เปลวไฟเกือบไม่มีสี เป็นเปลวไฟที่มีอุณหภูมิสูง ซึ่งการใช้ตะเกียงในการทดลองทั่ว ๆ ไปจะต้องปรับให้มีเปลวไฟในลักษณะนี้เสมอ นอกจากจะระบุไว้ในการทดลองว่าให้ใช้เปลวไฟเหลือง

การใช้เครื่องชั่ง

ชนิดของเครื่องชั่ง เครื่องชั่งนับเป็นอุปกรณ์พื้นฐานในห้องปฏิบัติการทั่วไป ปัจจุบันมีเครื่องชั่งหลายชนิด แต่ละชนิดมีหลายแบบ ซึ่งมีผู้ผลิตออกมาจำหน่ายมากมาย เครื่องชั่งแต่ละชนิดมีความเหมาะสมกับงานแต่ละประเภท จึงควรเลือกใช้ให้ถูกต้อง ถ้าจะแบ่งเครื่องชั่งตามหลักการทำงานแล้วอาจแบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ ระบบกล และระบบไฟฟ้า เครื่องชั่งระบบกลจะอาศัยการทำงานของคานและจุดหมุน ส่วนเครื่องชั่งระบบไฟฟ้าจะแสดงการชั่งน้ำหนักจาก**ความต่างศักย์ไฟฟ้า และเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ ก่อนการเลือกใช้หรือซื้อเครื่องชั่ง ควรทราบประเภทของสิ่งของที่จะชั่งน้ำหนัก และวัตถุประสงค์ในการชั่ง เช่น ชั่งเพื่อการทดสอบ ชั่งเพื่อการค้า หรือชั่งเพื่อคัดแยกน้ำหนัก เพราะการชั่งแต่ละประเภทต้องการความละเอียดที่แตกต่างกัน เพื่อจะใช้เครื่องชั่งได้อย่างเหมาะสมกับการชั่งนั้น ๆ**

เครื่องชั่ง (balance) เป็นเครื่องมือพื้นฐาน ที่พบได้ทั่วไปในห้องปฏิบัติการ ใช้ในการชั่งสารให้ได้ปริมาณตามต้องการ โดยส่วนใหญ่ในปัจจุบันจะเป็นเครื่องชั่งแบบไฟฟ้า แสดงผลเป็นตัวเลข ความละเอียดของการชั่ง 0.01 ถึง 0.00001 กรัม บริษัทผู้ผลิตมีหลายรุ่น หลายแบบให้เลือก เช่น ของ Satories Pprecision และ Mettle (ประเสริฐ, 2539)

การใช้และการระวังรักษาเครื่องชั่ง

การใช้เครื่องชั่งต้องระวังรักษาให้ดี หากชำรุดเสียหายการชั่งน้ำหนักอาจคลาดเคลื่อนจนไม่สามารถนำมาใช้งานได้ ด้วยเหตุนี้ผู้ใช้เครื่องชั่งควรปฏิบัติดังนี้

1. ต้องตั้งเครื่องชั่งบนที่แน่นหนา มั่นคงอย่าให้มีการสั่นสะเทือน และฐานของเครื่องชั่งต้องอยู่ในแนวระนาบ
2. ก่อนชั่งต้องปรับให้เข็มของเครื่องชั่งอยู่ที่ขีด 0 พอดี
3. ขณะชั่งต้องนั่งตรงกึ่งกลางของเครื่องชั่งเสมอ เพื่อไม่ให้การอ่านน้ำหนักผิดพลาด
4. ห้ามวางสารเคมี ที่จะชั่งบนจานเครื่องชั่งโดยตรง เพราะสารเคมีอาจทำให้จานชำรุดเสียหายได้ วิธีที่ถูกต้องก็คือจะต้องใส่สารเคมีบนกระจกนาฬิกา หรือขวดชั่งสารหรือครูซิเบิล อย่าใช้กระดาษรองสารเคมีในการชั่งสารเป็นอันขาด
5. การชั่งสารที่กัดโลหะจะต้องใส่สารในขวดชั่งสารที่มีฝาปิดมิดชิด
6. ห้ามนำวัตถุหรือสารเคมีที่ยังร้อนอยู่ไปชั่ง ควรตั้งทิ้งไว้ให้เย็นเท่ากับอุณหภูมิห้องก่อน
7. อย่าใช้มือหยิบตุ้มน้ำหนักหรือวัตถุที่จะชั่ง เพราะน้ำหนักอาจเปลี่ยนแปลงเนื่องจากเหงื่อที่ติดอยู่ที่นิ้วมือ วิธีที่ถูกต้องก็คือใช้ปากคีบหยิบ หรือใช้กระดาษพับเป็นแผ่นเล็ก ๆ คาดรอบขวดชั่งหรือตุ้มน้ำหนัก
8. เมื่อชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้ว หากมีสารเคมีตกหล่นอยู่บนจานชั่งต้องทำความสะอาดทันที
9. อย่าชั่งสารที่มีน้ำหนักมากกว่าความสามารถของเครื่องชั่งที่จะชั่งได้
10. เมื่อชั่งเสร็จเรียบร้อยแล้วควรจัดเครื่องชั่งให้อยู่ในลักษณะเดิม เช่น เอาตุ้มน้ำหนักออกหรือเลื่อนตุ้มน้ำหนักมาอยู่ที่ขีด 0 เป็นต้น
11. ต้องรักษาเครื่องชั่งให้สะอาดอยู่เสมอ หลังจากใช้ทุกครั้งควรคลุมเครื่องชั่งเพื่อป้องกันฝุ่นละออง

ข้อผิดพลาดจากการชั่งน้ำหนัก

การชั่งหาน้ำหนักของวัตถุหรือสารเคมีใด ๆ อาจคลาดเคลื่อนไปจากน้ำหนักที่แท้จริงของวัตถุหรือสารนั้น ๆ ได้ ความคลาดเคลื่อนอาจเกิดจากสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. การเปลี่ยนแปลงความชื้นหรือ CO_2 ของสารในขณะชั่ง สารบางชนิดสามารถดูดน้ำหรือ CO_2 จากอากาศในระหว่างการชั่งหาน้ำหนักได้ ทำให้น้ำหนักที่ชั่งได้คลาดเคลื่อนไปจากน้ำหนักที่แท้จริงของสารนั้น วิธีแก้ไขก็คือควรให้สารที่นำมาชั่งนั้นอยู่ในระบบที่ปิดมิดชิด
2. การระเหยของสารในขณะชั่ง การชั่งสารที่ระเหยง่ายที่อุณหภูมิห้องจะได้น้ำหนักของสารน้อยกว่าน้ำหนักจริง ๆ เพราะในขณะชั่งสารระเหยออกไป ดังนั้นการชั่งสารที่มีคุณสมบัติเช่นนี้จึงควรให้สารอยู่ในระบบที่ปิดมิดชิดเช่นเดียวกัน

๑ QD
S1
ศนธร
2557

1 6823907
31 ส.ค. 2558

สำนักหอสมุด

3. อุณหภูมิของสารในขณะชั่ง ถ้าสารที่ชั่งมีอุณหภูมิสูงจะทำให้อากาศบริเวณจานของเครื่องชั่งร้อนและจะดันจานให้ลอยสูงขึ้น เป็นเหตุให้น้ำหนักที่ชั่งได้น้อยกว่าน้ำหนักจริง ๆ ของสารนั้น เพื่อแก้ข้อผิดพลาดนี้จึงควรชั่งสารที่มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของห้องทดลอง

4. การลอยตัวของจานในขณะชั่ง เนื่องจากรอบ ๆ จานชั่งเป็นอากาศซึ่งถือว่าเป็นของไหลจะช่วยพยุงจานของเครื่องชั่งไว้ได้ ทำให้น้ำหนักของวัตถุหรือสารที่ชั่งได้น้อยกว่าน้ำหนักจริง ๆ ของวัตถุหรือสารนั้นเสมอ หรือน้ำหนักที่แท้จริงของวัตถุจะมากกว่าน้ำหนักที่ชั่งในอากาศนั่นเอง แต่สำหรับการชั่งวัตถุเล็ก ๆ หรือสารที่มีปริมาณเพียงเล็กน้อยข้อผิดพลาด อันเกิดจากการลอยตัวของจานชั่งไม่มีผลมากนักจึงไม่จำเป็นต้องคำนึงถึง

การใช้งานและการดูแลรักษาเครื่องชั่ง

สาเหตุที่ทำให้เครื่องชั่งชำรุดเสียหาย

1. เสื่อมสภาพจากการใช้งานปกติเป็นเวลาหลายปี
2. สารเคมีหกลงในตัวเครื่องให้รีบปิดเครื่องหรือดึงสายที่เข้าเครื่องออกทันที และนำเครื่องส่งซ่อม
3. เศษผงและวัสดุที่ชั่งตกหล่นลงไปในระบบของเครื่องชั่ง ให้ทำการเปิดฝาจานชั่งออกและใช้ลมเป่า
4. ถ้าเครื่องชั่งได้รับการกระแทก ทำให้ระบบ Load Cell ได้รับความเสียหาย
5. ถ้าระบบไฟ Over Load ทำให้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในตัวเครื่องเสียหาย
6. การใช้งานผิดประเภท หรือไม่เหมาะกับสภาพแวดล้อม เช่น ในห้องเย็นควรเลือกใช้เครื่องชั่งประเภทป้องกันความชื้น

การใช้งานเครื่องชั่งอย่างถูกวิธี

1. โต๊ะสำหรับวางเครื่องชั่ง จะต้องมีความแข็งแรง ไม่อ่อนตัว
2. เครื่องชั่งจะต้องตั้งระดับลูกน้ำเพื่อให้เครื่องจานชั่งสมดุล
3. ขาของเครื่องชั่งขาใดขาหนึ่งจะต้องไม่กระเผลก
4. ควรเปิดเครื่องชั่งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที ก่อนใช้งานเพื่อเป็นการ Warm เครื่อง
5. การชั่งน้ำหนักควรวางสิ่งที่ต้องการชั่งตรงกลางจาน
6. ควรรีบนำสิ่งของที่ชั่งออกจานชั่ง เมื่อเสร็จแล้ว เพื่อหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นภายในเครื่องชั่ง Load Cell
7. อุณหภูมิภายในห้องเครื่องชั่งควรคงที่ เนื่องจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป 1 องศาจะทำให้เครื่องชั่งอ่านค่าผิดไป 1-2 ส่วนในล้านส่วนและไม่ควรชั่งของที่ร้อน
8. ความชื้นสัมพัทธ์ในห้องเครื่องชั่งควรอยู่ระหว่าง 45-60 %
9. ป้องกันกระแสลมจากเครื่องปรับอากาศ หรือเครื่องมือที่ทำให้เกิดกระแสลม ซึ่งจะรบกวนการชั่ง
10. การชั่งน้ำหนักควรชั่งในช่วง 1/3-2/3 ของค่าพิกัดสูงสุดของเครื่อง
11. ไม่ควรชั่งน้ำหนักเกินค่าพิกัดสูงสุดของเครื่อง

เทคนิคการเทของเหลวหรือสารละลายออกจากบีกเกอร์หรือภาชนะอื่นๆ

การเทของเหลวหรือสารละลายที่อยู่ในบีกเกอร์หรือภาชนะอื่น ๆ ลงในภาชนะอีกชนิดหนึ่งนั้น มีวิธีทำดังนี้

1. แท่งแก้วคน (Glass Stirring rod) ให้สัมผัสกับปากของบีกเกอร์ตรงบริเวณที่จะให้สารละลายไหลออกมา

2. เอียงบีกเกอร์เพื่อให้สารละลายไหลลงมาตามแท่งแก้วคนลงสู่ภาชนะที่รองรับ

3. เมื่อได้ปริมาณของของเหลวตามต้องการแล้วให้ถือบีกเกอร์ในแนวที่ตั้งฉากกับพื้น และให้ของเหลวจากปากบีกเกอร์ไหลลงไปตามแท่งแก้วคนจนหมด

เทคนิคการถ่ายเทสารละลายจากไปเปตหรือหลอดหยด

การถ่ายเทสารละลายที่อยู่ในไปเปตหรือหลอดหยดลงในภาชนะที่บรรจุสารละลายอีกชนิดหนึ่งนั้น หากไม่รู้เทคนิคหรือวิธีการที่ถูกต้องแล้วอาจเกิดผลเสียต่อการทดลองได้ วิธีการที่ถูกต้องนั้นควรทำดังนี้

1. ทำให้ไปเปต (pipet) หรือหลอดหยด (Medicine dropper) มีสารละลายอยู่เต็ม

2. ถือไปเปตหรือหลอดหยดให้อยู่เหนือสารละลายที่ต้องการจะเติมสารในไปเปตหรือหลอดหยดลงไป ระวังอย่างให้ปลายของไปเปตหรือหลอดหยดจุ่มอยู่ในสารละลาย เพราะจะทำให้สารละลายปะปนกัน

3. ค่อย ๆ ปล่อยให้สารละลายในไปเปตหรือหลอดหยดไหลลงไป

เทคนิคการเขย่าหลอดทดลอง

เมื่อต้องการเขย่าหลอดทดลองเพื่อให้สารผสมกันอย่างสม่ำเสมอเท่ากันทุกส่วน วิธีทำที่ถูกต้องก็คือ จะต้องใช้จุกคอร์หรือจุกยางที่สะอาดปิดหลอดทดลองแล้วเขย่าขึ้นลง ไม่ควรใช้นิ้วมือปิดปากหลอดทดลอง เพราะของเหลวอาจจะถูกผิวหนังทำให้เกิดอันตรายได้ และถ้านิ้วมือสกปรกจะทำให้สารละลายนั้นไม่บริสุทธิ์หรือมีสารอื่นเข้าไปปะปน (Contaminate)

เทคนิคการผสมสารละลายในหลอดทดลอง

วิธีที่ 1 การกวนสารละลาย เป็นการกวนของแข็งให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับสารละลายหรือเป็นการกวนให้สารละลายผสมกันโดยใช้แท่งแก้ว การกวนสารละลายต้องกวนไปในทิศทางเดียวกันและระวังอย่าให้แท่งแก้วกระทบกับข้างหลอดทดลองหรือก้นหลอดทดลอง เพราะจะทำให้หลอดทดลองทะลุได้ หากเป็นการผสมสารละลายที่มีจำนวนมากก็ควรใช้บีกเกอร์แทนหลอดทดลองและใช้เทคนิคการกวนสารละลายเช่นเดียวกัน

วิธีที่ 2 การหมุนสารละลายด้วยข้อมือ เป็นเทคนิคการผสมสารละลายในหลอดทดลอง กระบอกตวง หรือฟลาสก์ ให้มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันทุกส่วนวิธีหนึ่ง โดยใช้มือจับทางส่วนปลายของอุปกรณ์ดังกล่าว แล้วหมุนด้วยข้อมือให้สารละลายไหลวนไปทิศทางเดียวกัน

เทคนิคการต้มของเหลวหรือสารละลาย

เพื่อป้องกันอันตรายจากการให้ความร้อนที่สูงเกินไปนี้ นิยมใช้ Boiling stone หรือ Boiling chip ใส่ลงไปในของเหลวก่อนที่จะนำของเหลวไปต้ม เพื่อลดความรุนแรงของการเกิดฟองก๊าซขณะต้ม เมื่อใช้ความร้อนมากเกินไป

Boiling stone เป็นซิลิกาบริสุทธิ์ (Pure silica) 99.6 % เป็นสารที่ไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมี (Inert) เมื่อนำไปใช้จะช่วยลดความรุนแรงของการเกิดฟองก๊าซในขณะต้มได้ นอกจากนี้ Boiling stone ยังช่วยให้การกลั่นมีอัตราเร็วสูงขึ้นอีกด้วย

Boiling chips ทำด้วยคาร์บอนหรือวัตถุอื่นๆ ที่ไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมี นำมาใช้ประโยชน์เช่นเดียวกับ Boiling stone

ข้อควรระวัง อย่าใส่ Boiling stone หรือ Boiling chips ในของเหลวที่ร้อน เพราะจะทำให้เกิดไอหรือฟองก๊าซเป็นจำนวนมากอย่างทันทีทันใดทำให้ของเหลวในภาชนะนั้นพุ่งออกมาได้ ถ้าต้องการจะใส่ Boiling stone หรือ Boiling chips ต้องใส่เมื่อของเหลวหรือสารละลายเย็น

เทคนิคการกรองด้วยแรงดึงดูดของโลก

ความเร็วของการกรองโดยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับการพับกระดาษกรอง และการวางตำแหน่งของกระดาษกรองในกรวยกรองตลอดจนชนิดของกรวยกรองที่ใช้ นอกจากนี้ผู้ทดลองจะต้องเลือกกระดาษกรองให้เหมาะสมกับขนาดและปริมาณของตะกอนอีกด้วย เมื่อเลือกกระดาษกรองได้แล้วก็นำกระดาษกรองมาพับเป็นรูปกรวย ซึ่งพับได้หลายวิธี

เมื่อพับกระดาษกรองเรียบร้อยแล้วก็นำใส่ในกรวยกรอง วางให้ขอบตอนบนของกระดาษกรองแนบสนิทกับผิวแก้วของกรวย ซึ่งทำได้โดยทำกระดาษกรองให้เปียกด้วยน้ำก่อน แล้วใช้นิ้วมือกดขอบตอนบนกระดาษกรองให้แนบสนิทกับกรวยกรอง

เทคนิคการไตเตรต

การไตเตรต (Titration) เป็นการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารละลายที่ยังไม่ทราบความเข้มข้น (Titrant) จากสารละลายที่ทราบความเข้มข้นแล้วหรือที่เรียกกันว่าสารละลายมาตรฐาน (Standard solution) อุปกรณ์ที่ใช้ในการไตเตรตก็คือ บิวเรต (Burette) ตามปกติจะบรรจุสารละลายที่ต้องการหาความเข้มข้นลงในบิวเรต ส่วนสารละลายมาตรฐานบรรจุอยู่ฟลาสก์ (Flask)

1. ล้างบิวเรตให้สะอาดแล้วนำบิวเรตไปตั้งบน Stand clamp
2. เติมสารละลายที่ต้องการหาความเข้มข้นลงในบิวเรต (ใช้กรวยกรอง) ให้มีปริมาตรเหนือขีดศูนย์เล็กน้อย
3. ปล่อยสารละลายออกทางปลายบิวเรตอย่างช้า ๆ ลงในบีกเกอร์ เพื่อไล่ฟองอากาศที่อยู่ทางปลายบิวเรตออกไปให้หมด แล้วปรับระดับสารละลายในบิวเรตให้อยู่ตรงขีดศูนย์พอดี
4. ใช้ไปเปตดูดสารละลายมาตรฐานตามปริมาตรที่ต้องการใส่ลงในฟลาสก์แล้วหยดอินดิเตอร์ (Indicator) 2-3 หยด เพื่อใช้เป็นตัวบอกจุดยุติ (End point)
5. หยดสารละลายในบิวเรตลงในฟลาสก์อย่างช้า ๆ พร้อมทั้งแกว่ง (Swirl) ฟลาสก์ด้วยมือขวา ให้วนไปในทิศทางเดียวกัน จนกระทั่งถึงจุดยุติ

เทคนิคการสกัด

การสกัดเป็นการเคลื่อนย้ายตัวถูกละลายจากตัวทำละลายชนิดหนึ่งไปยังตัวทำละลายอีกชนิดหนึ่ง โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า กรวยแยก (Separating funnel) มีวิธีการทำดังนี้

1. ทำความสะอาดกรวยแยกที่ใช้ให้สะอาด สำหรับที่ก๊อกปิดเปิด (Stop cork) ให้ทำเช่นเดียวกับบิวเรต (Burette)

2. เทสารละลายที่จะสกัดลงในกรวยแยก ไม่ควรใส่สารละลายมากเกินไป เพราะจะต้องเติมตัวทำละลายเพื่อสกัดตัวถูกละลายในสารละลายนั้นอีก หากมีมากควรแบ่งเป็น 2 หรือ 3 ครั้งก็ได้

3. เติมตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดแล้วปิดจุกให้แน่น

4. เขย่ากรวยแยกเบา ๆ ในแนวนอน แล้วเปิดก๊อกเป็นครั้งคราว หลังจากหยุดเขย่าเพื่อลดแรงดันภายในกรวยแยก

5. นำกรวยแยกไปตั้งในแนวดิ่งบน Ring stand เพื่อให้สารละลายแยกเป็น 2 ชั้น

6. เปิดก๊อกให้สารละลายที่อยู่ชั้นล่างไหลลงในภาชนะรองรับอย่างช้า ๆ

7. ทำซ้ำ โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนที่ 3 และใช้ตัวทำละลายในการสกัดใหม่

8. รวมสารละลายที่แยกออกมาจากชั้นล่างเข้าด้วยกัน จะเป็นสารที่สกัดได้ทั้งหมด

การป้องกันอุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการ

อุบัติเหตุที่เกิดในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่นั้นมีสาเหตุมาจากตัวบุคคลเป็นผู้กระทำด้วยความประมาทหรือความมักง่าย เช่น ไม่ปฏิบัติตามระเบียบคำสั่งและคำแนะนำหรือกระทำในสิ่งที่ไม่ได้รับอนุญาตจากผู้ควบคุม การใช้อุปกรณ์หรือการติดตั้งอุปกรณ์ไม่เหมาะสมถูกต้องกับกระบวนการวิเคราะห์ หรือใช้อุปกรณ์ผิดประเภทก็ย่อมจะเกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ นอกจากนี้การไม่ใช้เครื่องป้องกันอันตรายก็ถือได้ว่าเป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้นหลักการป้องกันอุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการที่สำคัญก็คือ จะต้องให้ความรู้ความเข้าใจแก่ผู้วิเคราะห์เป็นประการสำคัญในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้ (ประเสริฐ, 2539)

1. การปฏิบัติตามระเบียบข้อบังคับหรือคำแนะนำ ระเบียบข้อบังคับต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในการเข้าห้องปฏิบัติการถือได้ว่าเป็นการป้องกันอุบัติเหตุได้เพราะหากผู้วิเคราะห์ปฏิบัติตามระเบียบข้อบังคับแล้วอุบัติเหตุก็จะไม่เกิดขึ้น ดังนั้นผู้วิเคราะห์จึงควรปฏิบัติตามระเบียบข้อบังคับอย่างเคร่งครัด เพื่อป้องกันอันตรายจากอุบัติเหตุนั่นเอง จึงเห็นได้ว่าระเบียบข้อบังคับต่าง ๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเป็นสิ่งสำคัญมาก ผู้ควบคุมจะต้องเข้มงวดดูแลให้ทุกคนปฏิบัติตามระเบียบอย่างเคร่งครัด อันตรายที่เกิดขึ้นจากอุบัติเหตุ ก็จะน้อยลงหรือไม่เกิดขึ้นได้

2. ความเป็นระเบียบเรียบร้อยของห้องปฏิบัติการ ความเป็นระเบียบเรียบร้อย เช่น การจัดวางสิ่งของต่าง ๆ ให้เป็นหมวดหมู่ในที่ที่เหมาะสม นอกจากจะทำให้หาง่ายและหยิบใช้ไม่ผิดแล้ว ยังจะช่วยป้องกันอุบัติเหตุได้อีกทางหนึ่งด้วย ทั้งนี้เพราะการวางของเกะกะไม่เป็นระเบียบเรียบร้อย เวลาเดินอาจสะดุดหกล้ม เป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุได้ การตั้งเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ก็เช่นเดียวกันควรตั้งให้อยู่ในบริเวณที่เหมาะสม มีความเป็นระเบียบเรียบร้อย ไม่กีดขวางการปฏิบัติการวิเคราะห์

3. การให้ความรู้ความเข้าใจแก่ผู้ทำการวิเคราะห์ เช่น ไม่ทราบว่าสารสองชนิดนั้นผสมกันไม่ได้เพราะจะทำให้เกิดการระเบิดอย่างรุนแรง แต่ผู้วิเคราะห์ก็นำมาผสมกันจึงเกิดอุบัติเหตุขึ้น เพื่อแก้ปัญหานี้จำเป็นจะต้องให้ความรู้ความเข้าใจแก่ผู้วิเคราะห์ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องอันตราย

ของสารเคมีที่ผสมกันไม่ได้ สารเคมีที่ติดไฟง่าย ฯลฯ รวมทั้งวิธีปฏิบัติที่ถูกต้องเพื่อ ผู้วิเคราะห์จะได้เพิ่มความระมัดระวังมากขึ้น จะเป็นทางหนึ่งที่จะช่วยป้องกันอุบัติเหตุจากการวิเคราะห์ได้

4. จัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกัน อุปกรณ์ป้องกันจะช่วยลดอุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการได้ จึงจำเป็นจะต้องจัดเตรียมไว้ เช่น อุปกรณ์ดับไฟ อุปกรณ์ที่ช่วยป้องกันอันตรายที่เกิดกับร่างกาย ได้แก่ เสื้อคลุม หน้ากาก แว่นนิรภัย ถุงมือ เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้ควรเก็บไว้ในที่ที่หยิบใช้ง่าย และอยู่ในสภาพดี ดังนั้นในการเข้าห้องปฏิบัติการใด ๆ ก็ตาม ขอให้ผู้วิเคราะห์ระลึกอยู่เสมอว่าต้องทำการวิเคราะห์ด้วยความระวังที่สุด ความประมาทเลินเล่อจะทำให้เกิดอันตรายต่อตัวเองได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์และศิริวงษ์ นิ่มนงค์ (2551) ทำการสำรวจความพร้อมของนิสิตต่อการเรียนภาคปฏิบัติการ ที่ห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร พบว่ามีนิสิตจำนวน 148 คน ที่กรอกแบบสอบถามโดยเป็นเพศหญิง 94 คนและเพศชาย 54 คน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นนิสิตระดับปริญญาตรี โดยเฉพาะชั้นปีที่ 3 และความถี่ในการมาใช้บริการที่ห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพคือ 1-3 ครั้งต่อสัปดาห์ ($P \leq 0.05$) จากแบบสอบถามทั้ง 2 ส่วน พบว่า นิสิตขาดความพร้อมสำหรับการเรียนในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพเป็นอย่างมาก ($P \leq 0.05$) จากความพร้อมของนิสิต ใน 7 ด้านที่ทำการศึกษาซึ่งได้แก่ ความพร้อมด้านสุขภาพ ด้านเวลา ด้านทุนทรัพย์ และด้านเทคนิค ความพร้อมของนิสิตต่อการเรียนการสอน ความพร้อมของนิสิตต่อการปฏิบัติตามกฎระเบียบในการใช้ห้องปฏิบัติการ และความพร้อมด้านตัวนิสิตในการใช้ห้องปฏิบัติการ นิสิตขาดความพร้อมด้านต่าง ๆ โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยคือ ด้านเทคนิค ด้านสุขภาพ ด้านตัวนิสิตในการใช้ห้องปฏิบัติการ ด้านการปฏิบัติตามกฎระเบียบในการใช้ห้องปฏิบัติการ ด้านเวลา ด้านความพร้อมของนิสิตต่อการเรียนการสอน และด้านทุนทรัพย์ ซึ่งคะแนนในแต่ละด้านนั้นส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับน้อยถึงน้อยที่สุด ($P \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าควรมีมาตรการแก้ไขอย่างเร่งด่วนเพื่อให้การเรียนการสอนภาคปฏิบัติการ ที่ห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

อภิญญา กวดแก้ว (2554) ทำการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมเพื่อการพัฒนาทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ขั้นพื้นฐานในกิจกรรมชุมนุม Gift Chemistry ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนจุฬาภรณ์ราชวิทยาลัย ชลบุรี จำนวน 10 คน ซึ่งได้ทำการจัดกิจกรรมฝึกทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เรียนหลักการใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกวิธีโดยการชมวีดิทัศน์เรื่องเครื่องชั่งและอุปกรณ์วัดปริมาตร และการสาธิตการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ จากการวิจัยผลที่ได้คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการประเมินการทดลอง ก่อนเรียน นักเรียนแต่ละกลุ่มได้คะแนนเฉลี่ย 10 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.581 ส่วนคะแนนของนักเรียนแต่ละกลุ่มหลังเรียนเฉลี่ยได้คะแนน 18 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.707

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ เพื่อการสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษ ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยมีรายละเอียดของวิธีการศึกษา ดังต่อไปนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยคือนิสิตชั้นที่ปี 3 ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จำนวน 89 คน ทำการสำรวจในระหว่างการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการรายวิชา 103332 การวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร ที่เปิดสอนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 และอาจารย์และเจ้าหน้าที่ ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จำนวน 8 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นแบบประเมินระดับความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษ ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งแบบประเมินเป็น Likert Scale ที่มีระดับความคิดเห็นของนิสิต ระหว่าง 1-5 ส่วนการสรุปแบบประเมินแบ่งผู้ประเมินเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) นิสิตประเมินตนเอง และ 2) อาจารย์และเจ้าหน้าที่ประเมินนิสิต โดยใช้แบบประเมินในชุดเดียวกัน โดยแบบประเมินแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ตอนที่ 1 สอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา นิสิตชั้นปีที่ และการใช้บริการห้องปฏิบัติการ

ตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษ ซึ่งประกอบไปด้วย 6 ด้าน จำนวน 69 ข้อ โดยแบ่งเป็น

1. ความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการ จำนวน 8 ข้อ
2. ความพร้อมของนิสิต จำนวน 10 ข้อ
3. ความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมี จำนวน 14 ข้อ
4. ความพร้อมด้านทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ จำนวน 7 ข้อ
5. ความพร้อมด้านทักษะการใช้เครื่องมือ จำนวน 10 ข้อ
6. การใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ จำนวน 20 ข้อ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

วิธีการเก็บข้อมูล

การเตรียมแบบประเมิน

แบบประเมินที่ใช้สำหรับการวิจัยนี้ แบ่งเป็น 2 ชุด ชุดละ 89 Copies ดังนี้

- ชุดที่ 1 แจกแบบประเมินการสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ให้กับนิสิตชั้นปีที่ 3 เพื่อให้นิสิตกรอกข้อมูลประเมินตนเอง

- ชุดที่ 2 แจกแบบประเมินการสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ให้กับอาจารย์และเจ้าหน้าที่ เพื่อให้อาจารย์และเจ้าหน้าที่ประเมินนิสิต

เมื่อนิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่ ทำแบบประเมินแล้วเสร็จ จากนั้นผู้ประเมินเก็บรวบรวมแบบประเมินคืน และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากแบบประเมิน นำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นนำผลการวิเคราะห์มาสรุปและเสนอแนะแนวทางแก้ไข

เกณฑ์การแปลความหมายข้อมูล

เกณฑ์การแปลความหมายข้อมูลแบบประเมินระดับความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษ ซึ่งแบบประเมินเป็น Likert Scale ที่มีระดับความพร้อมของนิสิต เป็น 5 ระดับ โดยแบ่งระดับความพร้อมของนิสิต โดยจะเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.50– 5.00	หมายถึง	สูงที่สุด
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.50– 4.49	หมายถึง	สูง
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.50– 3.49	หมายถึง	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.50– 2.49	หมายถึง	ต่ำ
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00–1.49	หมายถึง	ต่ำที่สุด

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

ระยะเวลาในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ คือ 12 เดือน นับตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2556 ถึงวันที่ 31 มกราคม 2557 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. พัฒนาแบบประเมิน
2. แจกแบบประเมิน
3. วิเคราะห์ข้อมูล
4. สรุปและจัดทำรูปเล่มฉบับสมบูรณ์
5. เผยแพร่/ประชาสัมพันธ์

บทที่ 4
ผลงานวิจัย

จำนวนนิสิตที่ตอบแบบประเมิน "การสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนลงเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษ ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร" จำแนกตามกลุ่มตัวอย่าง คือ นิสิต จำนวน 89 คน อาจารย์และเจ้าหน้าที่ จำนวน 8 คน รวมทั้งสิ้น 97 คน ซึ่งมีผลการวิจัย ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้กรอกแบบประเมิน เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา นิสิตชั้นปีที่ สอนนิสิตชั้นปีที่ และการใช้บริการห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งนิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่เป็นผู้กรอกแบบประเมิน

1.1 เพศ

จากตาราง 3 พบว่า ข้อมูลทั่วไปของผู้กรอกแบบประเมินของกลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมากว่าเพศชาย โดยผู้กรอกแบบประเมินมีทั้งหมด จำนวน 97 คน เป็นเพศหญิง จำนวน 76 คน คิดเป็นร้อยละ 78.4 และเป็นเพศชาย จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 21.6

ตาราง 3 เพศของผู้กรอกแบบประเมิน

เพศ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
หญิง	76	78.4
ชาย	21	21.6
รวม	97	100.0

1.2 อายุของผู้กรอกแบบประเมิน

จากตาราง 4 พบว่า อายุของผู้กรอกแบบประเมินที่เข้ามาใช้บริการห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพส่วนใหญ่อยู่ในช่วงระหว่าง 20-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 88.7 ซึ่งมีอายุมากกว่าช่วงอายุอื่น ๆ รองลงมาคือ อายุ 41-50 ปี คิดเป็นร้อยละ 5.2 และอายุต่ำกว่า 20 ปีและอายุ 31-40 ปี คิดเป็นร้อยละ 3.1 ซึ่งนิสิตที่มาใช้การบริการจะเป็นนิสิตปริญญาตรีเป็นส่วนใหญ่

ตาราง 4 อายุของผู้กรอกแบบประเมิน

อายุ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ต่ำกว่า 20 ปี	3	3.1
อายุ 20-30 ปี	86	88.7
อายุ 31-40 ปี	3	3.1
อายุ 41-50 ปี	5	5.2
รวม	97	100.0

1.3 ระดับการศึกษา

ระดับการศึกษาของผู้กรอกแบบประเมินมีตั้งแต่วุฒิการศึกษาในระดับปริญญาตรี จำนวน 89 คน คิดเป็นร้อยละ 91.8 ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นนิสิตระดับปริญญาตรี การศึกษาในระดับปริญญาโท จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 2.0 และมีวุฒิการศึกษาในระดับปริญญาเอก จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 6.2 ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเจ้าหน้าที่และอาจารย์ (ตาราง 5)

ตาราง 5 ระดับการศึกษาของผู้กรอกแบบประเมิน

ระดับการศึกษา	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ต่ำกว่าปริญญาตรี	0	0.0
ปริญญาตรี	89	91.8
ปริญญาโท	2	2.0
ปริญญาเอก	6	6.2
รวม	97	100.0

1.4 นิสิตชั้นปีที่และอาจารย์สอนระดับชั้นปีที่

จากตาราง 6 พบว่า ผู้กรอกแบบประเมินส่วนใหญ่จะเป็นนิสิตชั้นปีที่ 3 จำนวน 89 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ส่วนอาจารย์จะสอนนิสิตชั้นปีที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 58.3 รองลงมาคือ ปริญญาเอก คิดเป็นร้อยละ 23.1 ปริญญาโท คิดเป็นร้อยละ 15.4 และนิสิตชั้นปีที่ 4 คิดเป็นร้อยละ 7.7 ตามลำดับ ข้อมูลนี้สอดคล้องกับตาราง 5 โดยส่วนใหญ่จะเป็นนิสิตระดับปริญญาตรี และอาจารย์สอนนิสิตชั้นปีที่ 3

ตาราง 6 นิสิตชั้นปีที่และอาจารย์สอนระดับชั้นปีที

นิสิตชั้นปีที่	จำนวน (คน)	ร้อยละ	อาจารย์สอนนิสิตชั้นปีที่	ร้อยละ
ชั้นปีที่ 3	89	100	7	58.3
ชั้นปีที่ 4	0	0	1	7.7
ปริญญาโท	0	0	2	15.4
ปริญญาเอก	0	0	3	23.1
รวม	89	100	13	100.0

1.5 ความถี่ในการใช้บริการห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ

จากตาราง 7 นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่ จำนวน 97 คน พบว่า ความถี่ในการใช้ห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพที่มากที่สุดคือ 1-3 ครั้ง/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 92.8 รองลงมาคือ 4-5 ครั้ง/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 4.1 และน้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 3.1 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาตามแผนการศึกษาแล้ว นิสิตปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 ซึ่งมาใช้บริการห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพมากที่สุด (ตาราง 6) ซึ่งจะเข้ามาเรียนในภาคปฏิบัติการเคมีและกายภาพสัปดาห์ละ 3 ครั้ง

ตาราง 7 ความถี่ในการใช้บริการห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพผู้กรอกแบบประเมิน

ความถี่ในการใช้ห้องปฏิบัติการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	3	3.1
1-3 ครั้ง/สัปดาห์	90	92.8
4-5 ครั้ง/ สัปดาห์	4	4.1
1 ครั้ง/เดือน	0	0
ไม่เคยใช้บริการ	0	0
อื่น ๆ	0	0
รวม	97	100

2. ข้อมูลส่วนตัวของนิสิต เพื่อการสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนลงเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษ ซึ่งนิสิตจะเป็นผู้กรอกแบบประเมินด้วยตนเอง

ข้อมูลในส่วนที่ 2 นี้เป็นข้อมูลเกี่ยวกับความพร้อมของนิสิตที่จะเข้าเรียนในภาคปฏิบัติการของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งจะเป็นห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ซึ่งนิสิตจะเป็นผู้กรอกแบบประเมินด้วยตนเอง ซึ่งจะประกอบไปด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้ ความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการ ความพร้อมของนิสิต ความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมี ความพร้อมด้านทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ความพร้อมด้านทักษะการใช้เครื่องมือ และการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ (ตาราง 8) โดยคะแนนแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ สูงที่สุด สูง ปานกลาง ต่ำ และต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 4.50-5.00, 3.50-4.49, 2.50-3.49, 1.50-2.49 และ 1.00-1.49 ตามลำดับ

จากตาราง 8 แสดงให้เห็นว่าระดับความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพของนิสิตโดยรวมอยู่ในระดับสูง ($\bar{x}$ = 3.70) เมื่อพิจารณาในหัวข้อ พบว่า ค่าเฉลี่ยในระดับสูงมี 7 ข้อ ได้แก่ ขนาดและจำนวนห้องปฏิบัติการเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน ($\bar{x}$ = 3.80) มีคู่มือการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ ($\bar{x}$ = 3.52) ห้องปฏิบัติการมีวัสดุวิทยาศาสตร์และสารเคมีที่เพียงพอต่อการปฏิบัติงาน ($\bar{x}$ = 3.67) ห้องปฏิบัติการมีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีความพร้อมต่อการปฏิบัติงาน ($\bar{x}$ = 3.51) ระบบความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ($\bar{x}$ = 3.73) สภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการมีบรรยากาศที่เอื้อต่อการปฏิบัติงาน ($\bar{x}$ = 3.61) และเจ้าหน้าที่ให้บริการดูแลเอาใส่ กระตือรือล้น เต็มใจบริการ ($\bar{x}$ = 4.45) ส่วนจำนวนอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการมีความเพียงพอ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.34)

ตาราง 8 ความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพผู้กรอกแบบประเมิน

ความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. ขนาดและจำนวนห้องปฏิบัติการเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน	3.80	0.69	สูง
2. จำนวนอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการมีความเพียงพอ	3.34	0.85	ปานกลาง
3. มีคู่มือการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ	3.52	0.85	สูง
4. ห้องปฏิบัติการมีวัสดุวิทยาศาสตร์และสารเคมีที่เพียงพอต่อการปฏิบัติงาน	3.67	0.78	สูง
5. ห้องปฏิบัติการมีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีความพร้อมต่อการปฏิบัติงาน	3.51	0.76	สูง
6. ระบบความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ	3.73	0.69	สูง
7. สภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการมีบรรยากาศที่เอื้อต่อการปฏิบัติงาน	3.61	0.70	สูง
8. เจ้าหน้าที่ให้บริการดูแลเอาใจใส่ กระตือรือล้น เต็มใจบริการ	4.45	0.66	สูง
ภาพรวมทั้งหมด	3.70	0.74	สูง

จากตาราง 9 แสดงให้เห็นว่าระดับความพร้อมของนิสิต โดยรวมอยู่ในระดับสูง ($\bar{x}$ = 3.90) เมื่อพิจารณาในหัวข้อ พบว่า ทุกข้อมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง

ตาราง 9 ความพร้อมของนิสิต

ความพร้อมของนิสิต	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. ปฏิบัติตามกฎ ระเบียบ และข้อบังคับในการใช้ห้องปฏิบัติการ	3.98	0.67	สูง
2. แต่งกายถูกระเบียบก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ	3.96	0.64	สูง
3. มีการวางแผนการปฏิบัติงาน การจัดทำขั้นตอนการปฏิบัติงาน	3.67	0.65	สูง
4. มีความตั้งใจ กระตือรือร้น และรับผิดชอบต่อการปฏิบัติงาน	3.88	0.62	สูง
5. มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	4.01	0.59	สูง
6. มีน้ำใจ ไม่เพิกเฉยในการช่วยเหลือผู้อื่นในการปฏิบัติงาน	4.00	0.58	สูง
7. มีการประสานงานและให้ความร่วมมือกับผู้อื่นสามารถทำงานเป็นทีม	4.02	0.56	สูง
8. มีความรวดเร็วและความถูกต้องในการปฏิบัติงาน	3.57	0.71	สูง
9. ทำความสะอาดบริเวณปฏิบัติงานทุกครั้งเมื่อเสร็จงาน	3.83	0.76	สูง
10. เมื่อออกจากห้องปฏิบัติการต้องไม่สวมเสื้อกาวน์หรือสวมถุงมือ	4.16	0.77	สูง
ภาพรวมทั้งหมด	3.90	0.65	สูง

จากตาราง 10 แสดงให้เห็นว่าระดับความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมีของนิสิตโดยรวมอยู่ในระดับสูง ($\bar{x}$ = 3.94) และเมื่อพิจารณาในหัวข้อ พบว่า ระดับความพร้อมของสารเคมีที่เป็นอันตราย มีการใช้อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัย เช่น (ถุงมือ แว่นตา) ทุกครั้งที่ใช้ ($\bar{x}$ = 3.45) และเมื่อสารเคมีหกหรือรั่วไหล รู้ขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติ ($\bar{x}$ = 3.45) มีค่าเฉลี่ยระดับความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมีของนิสิตอยู่ในระดับปานกลาง

ตาราง 10 ความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมี

ความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมี	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. มีความรู้เรื่องความปลอดภัยเกี่ยวกับสารเคมีก่อนปฏิบัติงาน	3.56	0.69	สูง
2. อ่านฉลากที่ปิดบนภาชนะบรรจุสารเคมีทุกครั้ง ก่อนการนำไปใช้เพื่อป้องกันการหยิบผิด	3.61	0.81	สูง
3. สารเคมีที่เป็นอันตราย มีการใช้อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัย เช่น (ถุงมือ แว่นตา) ทุกครั้งที่ใช้	3.45	0.80	ปานกลาง
4. การเตรียมสารเคมีที่เป็นอันตรายควรทำในตู้ดูดควันทุกครั้ง	4.09	0.76	สูง
5. การเตรียมสารเคมีให้เทกรดลงน้ำ ห้ามเทน้ำลงกรด	3.97	0.88	สูง
6. เมื่อสารเคมีหกหรือรั่วไหล รู้ขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติ	3.45	0.75	ปานกลาง
7. เมื่อเตรียมสารเคมีลงในภาชนะบรรจุขวดควรมีป้ายฉลากที่ชัดเจน	3.81	0.85	สูง
8. การเตรียมสารเคมีและการจัดเก็บที่ถูกวิธีเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นขณะปฏิบัติงาน	3.84	0.80	สูง
9. ไม่ควรใช้ปากดูดไปเปตในการดูดสารละลายทุกชนิด ให้ใช้ลูกยาง	4.45	0.84	สูง
10. ก่อนที่จะทำการจุดไฟ ควรย้ายวัสดุไวไฟออกจากบริเวณดังกล่าวก่อน และต้องแน่ใจว่าได้ปิดภาชนะที่บรรจุของเหลวไวไฟอย่างดีแล้ว	4.28	0.69	สูง
11. ไม่ควรเก็บสารเคมีในบริเวณทางเดิน หรือวางบนพื้น ควรเก็บในพื้นที่ที่จัดไว้โดยเฉพาะ	4.33	0.81	สูง
12. ของเสียที่เป็นสารเคมีควรแยกเก็บ พร้อมติดป้ายฉลากระบุชนิดของสารเคมีให้ชัดเจน	4.06	0.74	สูง
13. เมื่อสิ้นสุดการทำปฏิบัติการในแต่ละครั้ง ควรเก็บขวดสารเคมีกลับเข้าที่เดิม	4.16	0.71	สูง
14. เมื่อเลิกปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการแล้ว ควรล้างมือด้วยสบู่และน้ำสะอาด	4.22	0.75	สูง
ภาพรวมทั้งหมด	3.94	0.77	สูง

จากตาราง 11 แสดงให้เห็นว่าระดับความพร้อมด้านทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ของนิสิต โดยรวมอยู่ในระดับสูง ($\bar{x}$ = 3.97) เมื่อพิจารณาในหัวข้อ พบว่า ทุกข้อมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง

ตาราง 11 ความพร้อมด้านทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์

ความพร้อมด้านทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. สามารถอ่านปริมาตรในบิวเรตได้อย่างถูกต้อง โดยให้สายตาอยู่ในระดับเดียวกันกับจุดต่ำสุดของส่วนโค้งเว้า	4.27	0.72	สูง
2. สามารถใช้ไปเปตได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน	4.25	0.71	สูง
3. สามารถอ่านปริมาตรของเหลวในกระบอกตวง โดยการยกกระบอกตวงให้ตั้งตรงและให้ท้องน้ำอยู่ในระดับสายตา	4.19	0.84	สูง
4. มีทักษะและวิธีการไตเตรตที่ถูกต้อง	3.93	0.75	สูง
5. มีทักษะในการใช้เดซิกเคเตอร์ได้อย่างถูกต้อง	3.74	0.72	สูง
6. ผู้ปฏิบัติงานรู้จักและใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง	3.71	0.64	สูง
7. ผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ให้ถูกต้องกับงานที่ทำการทดลอง	3.72	0.71	สูง
ภาพรวมทั้งหมด	3.97	0.72	สูง

จากตาราง 12 แสดงให้เห็นว่าระดับความพร้อมด้านทักษะการใช้เครื่องมือของนิสิต โดยรวมอยู่ในระดับสูง ($\bar{x}$ = 3.81) เมื่อพิจารณาในหัวข้อ พบว่า ทุกข้อมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง

ตาราง 12 ความพร้อมด้านทักษะการใช้เครื่องมือ

ความพร้อมด้านทักษะการใช้เครื่องมือ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. ความพร้อมของเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ	3.60	0.70	สูง
2. ความสะดวกในการขอใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์	3.61	0.70	สูง
3. ปฏิบัติตามกฎข้อบังคับและคำแนะนำในการใช้ครุภัณฑ์การศึกษาอย่างเคร่งครัด	3.81	0.77	สูง
4. อ่านคู่มือการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ก่อนทำการปฏิบัติงาน	3.67	0.81	สูง
5. คำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ก่อนทำการปฏิบัติงาน	3.97	0.68	สูง
6. ใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมในการปฏิบัติงาน	3.84	0.74	สูง
7. ควรเลือกเครื่องมือประกอบการใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสม	3.90	0.74	สูง
8. มีความรู้ หรือทักษะการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ก่อนที่จะใช้เครื่องปฏิบัติงาน	3.73	0.73	สูง
9. ตรวจเช็คเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ชำรุดก่อนปฏิบัติงาน	3.76	0.77	สูง
10. เมื่อใช้เสร็จเรียบร้อยแล้ว มีการทำความสะอาดวัสดุอุปกรณ์ประกอบเครื่องทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน	4.24	0.72	สูง
ภาพรวมทั้งหมด	3.81	0.73	สูง

จากตาราง 13 แสดงให้เห็นว่าการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพของนิสิต โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง ($\bar{x}$ = 3.51) เมื่อพิจารณาในหัวข้อ พบว่า ข้อที่ 4, 5, 6, 7, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19 และข้อที่ 20 มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง

ตาราง 13 การใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ

การใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. เครื่องชั่ง	4.36	0.63	สูง
2. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง	3.84	0.77	สูง
3. เครื่องกรองสุญญากาศ	3.60	0.81	สูง
4. เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย	3.37	0.80	ปานกลาง
5. เครื่องวิเคราะห์ไขมัน	3.37	0.80	ปานกลาง
6. เครื่องวิเคราะห์โปรตีน	3.31	0.83	ปานกลาง
7. เครื่องวิเคราะห์เถ้า	3.08	0.88	ปานกลาง
8. เครื่องเขย่าผสมสาร	4.07	0.82	สูง
9. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง	4.06	0.76	สูง
10. เครื่องเขย่าผสมสาร	3.88	0.84	สูง
11. เครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ	3.12	0.84	ปานกลาง
12. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ	4.15	0.72	สูง
13. ตู้อบความร้อน	3.98	0.84	สูง
14. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส	2.99	0.95	ปานกลาง
15. เครื่องวัดความชื้นอัตโนมัติ	2.98	0.99	ปานกลาง
16. เครื่องวัดความหนืด	2.99	0.91	ปานกลาง
17. เครื่องวัดสี	3.19	1.00	ปานกลาง
18. เครื่องวัด Aw	3.31	0.94	ปานกลาง
19. เครื่องปั่นเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง	3.47	0.95	ปานกลาง
20. ตู้เทียบสี	3.22	0.94	ปานกลาง
ภาพรวมทั้งหมด	3.51	0.85	สูง

3. ข้อมูลส่วนตัวของนิสิต เพื่อการสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนลงเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษ โดยอาจารย์และเจ้าหน้าที่ที่ประจำห้องปฏิบัติการเคมีและภายภาพจะเป็นผู้กรอกแบบประเมิน โดยที่นิสิตไม่ทราบเกี่ยวกับการกรอกข้อมูลนี้

ข้อมูลในส่วนที่ 3 นี้เป็นข้อมูลเกี่ยวกับความพร้อมของนิสิตที่จะเข้าเรียนในภาคปฏิบัติการของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งจะเป็นห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ โดยที่อาจารย์และเจ้าหน้าที่จะเป็นผู้กรอกแบบประเมิน ซึ่งจะประกอบไปด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้ ความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการ ความพร้อมของนิสิต ความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมี ความพร้อมด้านทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ความพร้อมด้านทักษะการใช้เครื่องมือ และการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ (ตาราง 14) โดยคะแนนแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ สูงที่สุด สูง ปานกลาง ต่ำ และต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 4.50-5.00, 3.50-4.49, 2.50-3.49, 1.50-2.49 และ 1.00-1.49 ตามลำดับ

จากตาราง 14 แสดงให้เห็นว่าระดับความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพของนิสิตโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.42) เมื่อพิจารณาในหัวข้อ พบว่า ทุกข้อมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง ยกเว้นหัวข้อที่มีคู่มือการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ ($\bar{x}$ = 3.75) และห้องปฏิบัติการมีวัสดุวิทยาศาตร์และสารเคมีที่เพียงพอต่อการปฏิบัติงาน ($\bar{x}$ = 3.63) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง ส่วนหัวข้อเจ้าหน้าที่ให้บริการดูแลเอาใจใส่ กระตือรือล้น เต็มใจบริการ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 4.63)

ตาราง 14 ความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ

ความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. ขนาดและจำนวนห้องปฏิบัติการเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน	2.75	1.04	ปานกลาง
2. จำนวนอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการมีความเพียงพอ	3.00	0.76	ปานกลาง
3. มีคู่มือการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ	3.75	0.89	สูง
4. ห้องปฏิบัติการมีวัสดุวิทยาศาสตร์และสารเคมีที่เพียงพอต่อการปฏิบัติงาน	3.63	0.74	สูง
5. ห้องปฏิบัติการมีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีความพร้อมต่อการปฏิบัติงาน	3.25	0.71	ปานกลาง
6. ระบบความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ	3.13	0.64	ปานกลาง
7. สภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการมีบรรยากาศที่เอื้อต่อการปฏิบัติงาน	3.25	0.71	ปานกลาง
8. เจ้าหน้าที่ให้บริการดูแลเอาใจใส่ กระตือรือล้น เต็มใจบริการ	4.63	0.52	สูงที่สุด
ภาพรวมทั้งหมด	3.42	0.75	ปานกลาง

จากตาราง 15 แสดงให้เห็นว่าระดับความพร้อมของนิสิต โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.06) เมื่อพิจารณาในหัวข้อ พบว่า ทุกข้อมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง ยกเว้นหัวข้อที่แต่งกายถูกระเบียบก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง ($\bar{x}$ = 3.63)

ตาราง 15 ความพร้อมของนิสิต

ความพร้อมของนิสิต	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. ปฏิบัติตามกฎ ระเบียบ และข้อบังคับในการใช้ห้องปฏิบัติการ	3.38	0.52	ปานกลาง
2. แต่งกายถูกระเบียบก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ	3.63	0.74	สูง
3. มีการวางแผนการปฏิบัติงาน การจัดทำขั้นตอนการปฏิบัติงาน	2.50	0.53	ปานกลาง
4. มีความตั้งใจ กระตือรือร้น และรับผิดชอบต่อการปฏิบัติงาน	2.75	0.46	ปานกลาง
5. มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	3.25	0.46	ปานกลาง
6. มีน้ำใจ ไม่เพิกเฉยในการช่วยเหลือผู้อื่นในการปฏิบัติงาน	3.13	0.83	ปานกลาง
7. มีการประสานงานและให้ความร่วมมือกับผู้อื่นสามารถทำงานเป็นทีม	3.13	0.35	ปานกลาง
8. มีความรวดเร็วและความถูกต้องในการปฏิบัติงาน	2.63	0.52	ปานกลาง
9. ทำความสะอาดบริเวณปฏิบัติงานทุกครั้งเมื่อเสร็จงาน	2.88	0.64	ปานกลาง
10. เมื่อออกจากห้องปฏิบัติการต้องไม่สวมเสื้อกาวน์หรือสวมถุงมือ	3.38	0.92	ปานกลาง
ภาพรวมทั้งหมด	3.06	0.59	ปานกลาง

จากตาราง 16 แสดงให้เห็นว่าระดับความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมีของนิสิต โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.11) และเมื่อพิจารณาในหัวข้อ พบว่า ไม่ควรใช้ปากดูดไปเปต ในการดูดสารละลายทุกชนิด ให้ใช้ลูกยาง ($\bar{x}$ = 4.13) มีค่าเฉลี่ยระดับความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมีของนิสิตอยู่ในระดับสูง

ตาราง 16 ความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมี

ความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมี	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. มีความรู้เรื่องความปลอดภัยเกี่ยวกับสารเคมีก่อนปฏิบัติงาน	2.75	0.46	ปานกลาง
2. อ่านฉลากที่ปิดบนภาชนะบรรจุสารเคมีทุกครั้ง ก่อนการนำไปใช้เพื่อป้องกันการหยิบผิด	2.50	0.53	ปานกลาง
3. สารเคมีที่เป็นอันตราย มีการใช้อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัย เช่น (ถุงมือ แว่นตา) ทุกครั้งที่ใช้	2.63	0.52	ปานกลาง
4. การเตรียมสารเคมีที่เป็นอันตรายควรทำในตู้ดูดควันทุกครั้ง	3.38	0.74	ปานกลาง
5. การเตรียมสารเคมีให้เทกรดลงน้ำ ห้ามเทน้ำลงกรด	3.25	0.71	ปานกลาง
6. เมื่อสารเคมีหกหรือรั่วไหล รู้ขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติ	2.88	0.83	ปานกลาง
7. เมื่อเตรียมสารเคมีลงในภาชนะบรรจุขวดควรมีป้ายฉลากที่ชัดเจน	3.00	0.93	ปานกลาง
8. การเตรียมสารเคมีและการจัดเก็บที่ถูกวิธีเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นขณะปฏิบัติงาน	3.13	0.83	ปานกลาง
9. ไม่ควรใช้ปากดูดไปเปตในการดูดสารละลายทุกชนิด ให้ใช้ลูกยาง	4.13	0.64	สูง
10. ก่อนที่จะทำการจุดไฟ ควรย้ายวัสดุไวไฟออกจากบริเวณดังกล่าวก่อน และต้องแน่ใจว่าได้ปิดภาชนะที่บรรจุของเหลวไวไฟอย่างดีแล้ว	3.25	0.71	ปานกลาง
11. ไม่ควรเก็บสารเคมีในบริเวณทางเดิน หรือวางบนพื้น ควรเก็บในพื้นที่ที่จัดไว้โดยเฉพาะ	3.25	0.89	ปานกลาง
12. ของเสียที่เป็นสารเคมีควรแยกเก็บ พร้อมติดป้ายฉลากระบุชนิดของสารเคมีให้ชัดเจน	3.00	0.53	ปานกลาง
13. เมื่อสิ้นสุดการทำปฏิบัติการในแต่ละครั้ง ควรเก็บขวดสารเคมีกลับเข้าที่เดิม	3.13	0.64	ปานกลาง
14. เมื่อเลิกปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการแล้ว ควรล้างมือด้วยสบู่และน้ำสะอาด	3.38	0.52	ปานกลาง
ภาพรวมทั้งหมด	**3.11**	**0.67**	**ปานกลาง**

จากตาราง 17 แสดงให้เห็นว่าระดับความพร้อมด้านทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ของนิสิต โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.41) เมื่อพิจารณาในหัวข้อ พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง ยกเว้นข้อที่ 1, 2, 3 และ 5 ที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง

ตาราง 17 ความพร้อมด้านทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์

ความพร้อมด้านทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. สามารถอ่านปริมาตรในบิวเรตได้อย่างถูกต้อง โดยให้สายตาอยู่ในระดับเดียวกันกับจุดต่ำสุดของส่วนโค้งเว้า	3.63	0.52	สูง
2. สามารถใช้ไปเปตได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน	3.75	0.46	สูง
3. สามารถอ่านปริมาตรของเหลวในกระบอกตวง โดยการยกกระบอกตวงให้ตั้งตรงและให้ท้องน้ำอยู่ในระดับสายตา	3.50	0.53	สูง
4. มีทักษะและวิธีการไตเตรตที่ถูกต้อง	3.38	0.52	ปานกลาง
5. มีทักษะในการใช้เดซิกเคเตอร์ได้อย่างถูกต้อง	3.50	0.53	สูง
6. ผู้ปฏิบัติงานรู้จักและใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง	3.00	0.00	ปานกลาง
7. ผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ให้ถูกต้องกับงานที่ทำการทดลอง	3.13	0.64	ปานกลาง
ภาพรวมทั้งหมด	3.41	0.45	ปานกลาง

จากตาราง 18 แสดงให้เห็นว่าระดับความพร้อมด้านทักษะการใช้เครื่องมือของนิสิต โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.17) เมื่อพิจารณาในหัวข้อ พบว่า ความสะดวกในการขอใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ($\bar{x}$ = 3.75) และเมื่อใช้เสร็จเรียบร้อยแล้ว มีการทำความสะอาดวัสดุอุปกรณ์ประกอบเครื่องทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน ($\bar{x}$ = 3.50) ที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง

ตาราง 18 ความพร้อมด้านทักษะการใช้เครื่องมือ

ความพร้อมด้านทักษะการใช้เครื่องมือ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. ความพร้อมของเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ	3.25	0.71	ปานกลาง
2. ความสะดวกในการขอใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์	3.75	0.71	สูง
3. ปฏิบัติตามกฎข้อบังคับและคำแนะนำในการใช้ครุภัณฑ์การศึกษาอย่างเคร่งครัด	3.13	0.83	ปานกลาง
4. อ่านคู่มือการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ก่อนทำการปฏิบัติงาน	2.88	0.64	ปานกลาง
5. คำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ก่อนทำการปฏิบัติงาน	2.88	0.83	ปานกลาง
6. ใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมในการปฏิบัติงาน	3.00	0.76	ปานกลาง
7. ควรเลือกเครื่องมือประกอบการใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสม	3.00	0.76	ปานกลาง
8. มีความรู้ หรือทักษะการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ก่อนที่จะใช้เครื่องปฏิบัติงาน	3.13	0.83	ปานกลาง
9. ตรวจเช็คเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ชำรุดก่อนปฏิบัติงาน	3.25	0.89	ปานกลาง
10. เมื่อใช้เสร็จเรียบร้อยแล้ว มีการทำความสะอาดวัสดุอุปกรณ์ประกอบเครื่องทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน	3.50	0.76	สูง
ภาพรวมทั้งหมด	3.17	0.77	ปานกลาง

จากตาราง 19 แสดงให้เห็นว่าการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพของนิสิต โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง ($\bar{x}$ = 3.70) เมื่อพิจารณาในหัวข้อ พบว่า ข้อที่ 4, 5, 11, 14 และ ข้อที่ 16 มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนการใช้ตู้อบความร้อน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 4.63)

ตาราง 19 การใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ

การใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. เครื่องชั่ง	4.25	0.46	สูง
2. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง	3.75	0.46	สูง
3. เครื่องกรองสุญญากาศ	3.88	0.83	สูง
4. เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย	3.38	0.52	ปานกลาง
5. เครื่องวิเคราะห์ไขมัน	3.38	0.52	ปานกลาง
6. เครื่องวิเคราะห์โปรตีน	3.50	0.53	สูง
7. เครื่องวิเคราะห์เถ้า	3.63	0.52	สูง
8. เครื่องเขย่าผสมสาร	4.25	0.71	สูง
9. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง	4.00	0.53	สูง
10. เครื่องเขย่าผสมสาร	3.63	0.52	สูง
11. เครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ	3.13	0.35	ปานกลาง
12. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ	4.00	0.53	สูง
13. ตู้อบความร้อน	4.63	0.52	สูงที่สุด
14. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส	3.00	0.00	ปานกลาง
15. เครื่องวัดความชื้นอัตโนมัติ	3.63	0.52	สูง
16. เครื่องวัดความหนืด	3.25	0.46	ปานกลาง
17. เครื่องวัดสี	3.50	0.76	สูง
18. เครื่องวัด Aw	3.50	0.76	สูง
19. เครื่องปั่นเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง	3.75	0.46	สูง
20. ตู้เทียบสี	4.00	0.53	สูง
ภาพรวมทั้งหมด	3.70	0.52	สูง

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนลงเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษ เพื่อหามาตรการแก้ไขข้อบกพร่องของนิสิตที่ได้จากผลการสำรวจ เพื่อนำไปใช้ในปีต่อไป รวมทั้งเป็นการพัฒนาประสิทธิภาพการเรียนการสอนในภาคปฏิบัติการทางด้านเคมีและกายภาพให้สูงขึ้น โดยทำการกรอกแบบประเมิน ประชากรในการวิจัยคือนิสิตชั้นปีที่ 3 จำนวน 89 คน อาจารย์และเจ้าหน้าที่ จำนวน 8 คน แบ่งแบบประเมินออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มนิสิตที่กรอกแบบประเมินด้วยตนเอง และกลุ่มอาจารย์และเจ้าหน้าที่เป็นผู้กรอกแบบประเมินโดยที่นิสิตไม่ทราบข้อมูล โดยใช้แบบประเมินในชุดเดียวกัน จำนวน 1 ชุด ทำการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

สรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

โดยจำแนกตาม เพศ อายุ ระดับการศึกษา นิสิตชั้นปีที่ อาจารย์สอนระดับชั้นปีที่ และการใช้บริการห้องปฏิบัติการ ผลการวิจัย ดังนี้

เพศ กลุ่มประชากรที่ตอบแบบประเมินในการวิจัยครั้งนี้ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย โดยผู้กรอกแบบประเมินมีทั้งหมด จำนวน 97 คน เป็นเพศหญิง จำนวน 76 คน คิดเป็นร้อยละ 78.4 และเป็นเพศชาย จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 21.6

อายุ สำหรับอายุของกลุ่มผู้ตอบแบบประเมิน ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 20-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 88.7 ซึ่งมีอายุมากกว่าช่วงอายุอื่น ๆ รองลงมาคือ อายุ 41-50 ปี คิดเป็นร้อยละ 5.2 อายุต่ำกว่า 20 ปี และอายุ 31-40 ปี คิดเป็นร้อยละ 3.1 ตามลำดับ

ระดับการศึกษา กลุ่มของผู้กรอกแบบประเมินส่วนใหญ่มีวุฒิการศึกษาในระดับปริญญาตรี จำนวน 89 คน คิดเป็นร้อยละ 91.8 การศึกษาในระดับปริญญาโท จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 2.0 และมีวุฒิการศึกษาในระดับปริญญาเอก จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 6.2 ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเจ้าหน้าที่และอาจารย์

นิสิตชั้นปีที่และอาจารย์สอนระดับชั้นปีที่ ผู้กรอกแบบประเมินส่วนใหญ่จะเป็นนิสิตชั้นปีที่ 3 จำนวน 89 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ส่วนอาจารย์สอนนิสิตชั้นปีที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 58.3 รองลงมาคือ ปริญญาเอก คิดเป็นร้อยละ 23.1 ปริญญาโท คิดเป็นร้อยละ 15.4 และนิสิตชั้นปีที่ 4 คิดเป็นร้อยละ 7.7 ตามลำดับ ข้อมูลนี้สอดคล้องกับตาราง 5 โดยส่วนใหญ่จะเป็นนิสิตระดับปริญญาตรีและอาจารย์สอนนิสิตชั้นปีที่ 3

ความถี่ในการใช้บริการห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 1-3 ครั้ง/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 92.8 รองลงมาคือ 4-5 ครั้ง/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 4.1 และน้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 3.1 ตามลำดับ ซึ่งจะเป็นนิสิตชั้นปีที่ 3 ที่เข้ามาเรียนในภาคปฏิบัติการเคมีและกายภาพสัปดาห์ละ 3 ครั้ง

ตอนที่ 2 ข้อมูลส่วนตัวของนิสิต เพื่อการสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนลงเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษ ซึ่งนิสิตจะเป็นผู้กรอกแบบประเมินด้วยตนเอง

ข้อมูลในส่วนที่ 2 นี้เป็นข้อมูลเกี่ยวกับความพร้อมของนิสิตที่จะเข้าเรียนในภาคปฏิบัติการของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งจะเป็นห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ซึ่งนิสิตจะเป็นผู้กรอกแบบประเมินด้วยตนเอง ซึ่งจะประกอบไปด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้ ความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการ ความพร้อมของนิสิต ความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมี ความพร้อมด้านทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ความพร้อมด้านทักษะการใช้เครื่องมือ และการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ

ความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการ ความพร้อมของนิสิต ความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมี ความพร้อมด้านทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ความพร้อมด้านทักษะการใช้เครื่องมือและการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ โดยรวมอยู่ในระดับสูง ($\bar{x}$ = 3.70), ($\bar{x}$ = 3.90), ($\bar{x}$ = 3.94), ($\bar{x}$ = 3.97), ($\bar{x}$ = 3.81) และ ($\bar{x}$ = 3.51) ตามลำดับ

ความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการ ความพร้อมของนิสิต ความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมี ความพร้อมด้านทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ความพร้อมด้านทักษะการใช้เครื่องมือและการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.42), ($\bar{x}$ = 3.06), ($\bar{x}$ = 3.11), ($\bar{x}$ = 3.41), ($\bar{x}$ = 3.17) ตามลำดับ ยกเว้นการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ โดยรวมอยู่ในระดับสูง ($\bar{x}$ = 3.70)

ตอนที่ 3 ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ

จากผลการสำรวจนิสิตที่เข้ามาใช้บริการห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ที่กรอกแบบประเมิน จำนวน 97 คน มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ต้องการมีเครื่องมือใหม่ ๆ ในห้องปฏิบัติการให้มากกว่าเดิม เพื่อให้เพียงพอต่อการเรียนการสอน และงานวิจัย
2. เครื่องมือในห้องปฏิบัติการของภาควิชาฯ ส่วนใหญ่เป็นเครื่องมือที่มีอายุการใช้งานนานหลายปี ทำให้เครื่องมือดังกล่าวล้าสมัย
3. เครื่องมือในห้องปฏิบัติการบางเครื่องมีจำนวนไม่เพียงพอต่อการทำปฏิบัติการ ต้องรอทำ lab ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้
4. เครื่องมือที่เสียแล้วไม่ได้ทำการซ่อม ควรแยกเก็บออกจากห้องปฏิบัติการ
5. ต้องการวัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และสารเคมีให้เพียงพอต่อการทำ lab
6. ไม่ควรเปิดแอร์ในห้องปฏิบัติการ ขณะทำการทดลองที่เป็นอันตราย

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในครั้งต่อไป

1. งานวิจัยนี้เป็นการทำวิจัยและเก็บข้อมูลเฉพาะนิสิตชั้นปีที่ 3 เท่านั้น ซึ่งเป็นเพียงช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น ควรทำการวิจัยอย่างต่อเนื่อง เพราะนิสิตจะได้มีการพัฒนาการปฏิบัติงานตลอดเวลา ส่งผลต่อการรับรู้ที่อาจเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

2. ควรทำการสำรวจในช่วงที่มีการเรียนการสอนตามปกติ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนที่ดีสำหรับการเรียนภาคปฏิบัติการ

3. ควรสำรวจความพร้อมของนิสิตชั้นปีอื่น ๆ ไปด้วย

4. ควรทำการสำรวจข้อมูลจากห้องปฏิบัติการอื่น ๆ ด้วย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ทันสมัย และนำผลจากการสำรวจมาใช้ในการเรียนการสอน

เอกสารอ้างอิง

ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์และเปรมใจ จรัสดำรงนิตย์. 2525. อุปกรณ์และเทคนิคทางห้องปฏิบัติการ. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 270 หน้า.

ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. 2539. เทคนิคทางเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 4 ห้างหุ้นส่วนจำกัด สำนักพิมพ์ประกายพรึก กรุงเทพฯ. 154 หน้า.

พงศ์ศรี ใบอดุลย์ และภิญญา จำรัสกุล. 2540. เล่าเรื่องไปฝึกอบรมที่ RIVM ประเทศเนเธอร์แลนด์. ข่าวสารวัตถุมีพิษ. 24(2) : 85-90.

เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์และศิริวงษ์ นิ่มนงค์. 2551. การสำรวจความพร้อมของนิสิตต่อการเรียนภาคปฏิบัติการที่ห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

อภิญญา กวดแก้ว. 2554. ผลของการจัดกิจกรรมเพื่อการพัฒนาทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานในกิจกรรมชุมนุม Gift Chemistry ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนจุฬาภรณ์ราชวิทยาลัย ชลบุรี.

Beran, J. A. 1993. Chemistry in the Laboratory : A study of chemical and physical changes. John Wiley & Sons, Inc. 407 pp.

Black, J. A. 1977. Water Pollution Technology. Reston Publishing Company, Inc, Virginia. 260 pp.

Garfield, F. 1991. Quality Assurance Principles for Analytical Laboratory. 2 nd ed. AOAC. 195 pp.

Gibbons, 2002. The Self-Directed Learning Handbook: Challenging Adolescent Students to Excel.(On-line): Available: http://www.josseybass.com/WileyCDA/WileyTitle/productCD-0787959553.html (2008, July 4)

Harvey, D. 2000. Modern Analytical Chemistry. McGraw-Hill, Singapore. 798 pp.

Hiemstra, R. 1994. Self-Directed Learning (On-line):Available:http://home.twcny.rr.com/hiemstra/sdlhdbk.html (2007, July 11)

Rump, H. H. 1999. Laboratory manual for the examination of water, waste water and soil. 3 rd edition. Wiley-Vch, Weinheim. 225 pp.

Shugar, G. J. and Dean. J. A. 1989. The Chemist's ready reference handbook. McGraw- Hill, Inc., New York. pp 24.1-31.13.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แบบสอบถามเกี่ยวกับการสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนลงเรียนปัญหาพิเศษ

แบบประเมิน

การสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ของนิสิตชั้นปีที่ 3
ก่อนลงเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษ ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์
ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

คำชี้แจง

แบบประเมินการสำรวจความพร้อมทางด้านปฏิบัติการเคมีและกายภาพ ของนิสิตชั้นปีที่ 3 ก่อนลงเรียนรายวิชาปัญหาพิเศษ ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีทั้งหมด 3 ตอน ขอให้นิสิตตอบแบบประเมินให้ครบทั้ง 3 ตอน เพื่อให้การดำเนินโครงการเป็นไปตามวัตถุประสงค์ ขอให้ท่านให้ข้อมูลตามความเป็นจริง โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จะรวบรวมและนำเสนอในโครงการเพื่อประโยชน์ต่องานวิจัยและปรับปรุงพัฒนาห้องปฏิบัติการในการนำไปใช้ต่อไป

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ในวงเล็บ หรือตอบคำถามในช่องว่างที่เห็นว่าตรงตามความเป็นจริง

1. เพศ

( ) หญิง ( ) ชาย

2. อายุ

( ) ต่ำกว่า 20 ปี ( ) อายุ 20-30 ปี ( ) อายุ 30- 40 ปี ( ) อายุ 40-50 ปี

3. ระดับการศึกษา

( ) ต่ำกว่าปริญญาตรี ( ) ปริญญาตรี ( ) ปริญญาโท ( ) ปริญญาเอก

4. นิสิตชั้นปีที่

( ) ชั้นปีที่ 3 ( ) ชั้นปีที่ 4 ( ) ปริญญาโท ( ) ปริญญาเอก

5. **การใช้บริการห้องปฏิบัติการ**

( ) น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์ ( ) 1-3 ครั้ง/สัปดาห์ ( ) 4-5 ครั้ง/สัปดาห์

( ) 1 ครั้ง/เดือน ( ) ไม่เคยใช้บริการ ( ) อื่นๆ โปรดระบุ.....

<u>ตอนที่ 2</u> โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านโดยทำเครื่องหมาย / ในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

5 = สูงที่สุด, 4 = สูง, 3 = ปานกลาง, 2 = ต่ำ, 1 = ต่ำที่สุด

หัวข้อการประเมิน	ระดับความพร้อมของนิสิต				
	5	4	3	2	1
1. ความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการ					
1.1 ขนาดและจำนวนห้องปฏิบัติการเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน					
1.2 จำนวนอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการมีความเพียงพอ					
1.3 มีคู่มือการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ					
1.4 ห้องปฏิบัติการมีวัสดุวิทยาศาสตร์และสารเคมีที่เพียงพอต่อการปฏิบัติงาน					
1.5 ห้องปฏิบัติการมีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีความพร้อมต่อการปฏิบัติงาน					
1.6 ระบบความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ					
1.7 สภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการมีบรรยากาศที่เอื้อต่อการปฏิบัติงาน					
1.8 เจ้าหน้าที่ให้บริการดูแลเอาใจใส่ กระตือรือล้น เต็มใจบริการ					
2. ความพร้อมของนิสิต					
2.1 ปฏิบัติตามกฎ ระเบียบ และข้อบังคับในการใช้ห้องปฏิบัติการ					
2.2 แต่งกายถูกระเบียบก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ					
2.3 มีการวางแผนการปฏิบัติงาน การจัดทำขั้นตอนการปฏิบัติงาน					
2.4 มีความตั้งใจ กระตือรือร้น และรับผิดชอบต่อการปฏิบัติงาน					
2.5 มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย					
2.6 มีน้ำใจ ไม่เพิกเฉยในการช่วยเหลือผู้อื่นในการปฏิบัติงาน					
2.7 มีการประสานงานและให้ความร่วมมือกับผู้อื่นสามารถทำงานเป็นทีม					
2.8 มีความรวดเร็วและความถูกต้องในการปฏิบัติงาน					
2.9 ทำความสะอาดบริเวณปฏิบัติงานทุกครั้งเมื่อเสร็จงาน					
2.10 เมื่อออกจากห้องปฏิบัติการต้องไม่สวมเสื้อกาวน์หรือสวมถุงมือ					
3. ความพร้อมด้านทักษะการเตรียมสารเคมี					
3.1 มีความรู้เรื่องความปลอดภัยเกี่ยวกับสารเคมีก่อนปฏิบัติงาน					
3.2 อ่านฉลากที่ปิดบนภาชนะบรรจุสารเคมีทุกครั้ง ก่อนการนำไปใช้ เพื่อป้องกันการหยิบผิด					
3.3 สารเคมีที่เป็นอันตราย มีการใช้อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัย เช่น (ถุงมือ แว่นตา) ทุกครั้งที่ใช้					

หัวข้อการประเมิน	ระดับความพร้อมของนิสิต				
	5	4	3	2	1
3.4 การเตรียมสารเคมีที่เป็นอันตรายควรทำในตู้ดูดควันทุกครั้ง					
3.5 การเตรียมสารเคมีให้เทกรดลงน้ำ ห้ามเทน้ำลงกรด					
3.6 เมื่อสารเคมีหกหรือรั่วไหล รู้ขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติ					
3.7 เมื่อเตรียมสารเคมีลงในภาชนะบรรจุขวดควรมีป้ายฉลากที่ชัดเจน					
3.8 การเตรียมสารเคมีและการจัดเก็บที่ถูกวิธีเพื่อป้องกันอันตราย ที่อาจจะเกิดขึ้นขณะปฏิบัติงาน					
3.9 ไม่ควรใช้ปากดูดไปเปตในการดูดสารละลายทุกชนิด ให้ใช้ลูกยาง					
3.10 ก่อนที่จะทำการจุดไฟ ควรย้ายวัสดุไวไฟออกจากบริเวณดังกล่าวก่อน และต้องแน่ใจว่าได้ปิดภาชนะที่บรรจุของเหลวไวไฟอย่างดีแล้ว					
3.11 ไม่ควรเก็บสารเคมีในบริเวณทางเดิน หรือวางบนพื้น ควรเก็บในพื้นที่ ที่จัดไว้โดยเฉพาะ					
3.12 ของเสียที่เป็นสารเคมีควรแยกเก็บ พร้อมติดป้ายฉลากระบุชนิด ของสารเคมีให้ชัดเจน					
3.13 เมื่อสิ้นสุดการทำปฏิบัติการในแต่ละครั้ง ควรเก็บขวดสารเคมี กลับเข้าที่เดิม					
3.14 เมื่อเลิกปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการแล้ว ควรล้างมือด้วยสบู่ และน้ำสะอาด					
4. ความพร้อมด้านทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์					
4.1 สามารถอ่านปริมาตรในบิวเรตได้อย่างถูกต้อง โดยให้สายตาอยู่ในระดับ เดียวกันกับจุดต่ำสุดของส่วนโค้งเว้า					
4.2 สามารถใช้ไปเปตได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน					
4.3 สามารถอ่านปริมาตรของเหลวในกระบอกตวง โดยการยกกระบอกตวง ให้ตั้งตรงและให้ท้องน้ำอยู่ในระดับสายตา					
4.4 มีทักษะและวิธีการไตเตรตที่ถูกต้อง					
4.5 มีทักษะในการใช้เดซิกเคเตอร์ได้อย่างถูกต้อง					
4.6 ผู้ปฏิบัติงานรู้จักและใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง					
4.7 ผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ให้ถูกต้องกับงาน ที่ทำการทดลอง					

หัวข้อการประเมิน	ระดับความพร้อมของนิสิต				
	5	4	3	2	1
5. ความพร้อมด้านทักษะการใช้เครื่องมือ					
5.1 ความพร้อมของเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ					
5.2 ความสะดวกในการขอใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์					
5.3 ปฏิบัติตามกฎข้อบังคับและคำแนะนำในการใช้ครุภัณฑ์การศึกษาอย่างเคร่งครัด					
5.4 อ่านคู่มือการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ก่อนทำการปฏิบัติงาน					
5.5 คำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ก่อนทำการปฏิบัติงาน					
5.6 ใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมในการปฏิบัติงาน					
5.7 ควรเลือกเครื่องมือประกอบการใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสม					
5.8 มีความรู้ หรือทักษะการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ก่อนที่จะใช้เครื่องปฏิบัติงาน					
5.9 ตรวจเช็คเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ชำรุดก่อนปฏิบัติงาน					
5.10 เมื่อใช้เสร็จเรียบร้อยแล้ว มีการทำความสะอาดวัสดุอุปกรณ์ประกอบเครื่องทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน					
6. การใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ					
6.1 เครื่องชั่ง					
6.2 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง					
6.3 เครื่องกรองสุญญากาศ					
6.4 เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย					
6.5 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน					
6.6 เครื่องวิเคราะห์โปรตีน					
6.7 เครื่องวิเคราะห์เถ้า					
6.8 เครื่องเขย่าผสมสาร					
6.9 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง					
6.10 เครื่องเขย่าผสมสาร					
6.11 เครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ					
6.12 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ					
6.13 ตู้อบความร้อน					
6.14 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส					

หัวข้อการประเมิน	ระดับความพร้อมของนิสิต				
	5	4	3	2	1
6.15 เครื่องวัดความชื้นอัตโนมัติ					
6.16 เครื่องวัดความหนืด					
6.17 เครื่องวัดสี					
6.18 เครื่องวัด Aw					
6.19 เครื่องปั่นเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง					
6.20 ตู้เทียบสี					

ตอนที่ 3 ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขอขอบคุณที่ตอบแบบประเมิน

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – ชื่อสกุล	นางสาวศิริวงษ์ นิ่มนงค์
วัน เดือน ปีเกิด	29 มีนาคม 2509
สถานที่เกิด	จังหวัดพิษณุโลก
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	30 หมู่ 2 ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก รหัสไปรษณีย์ 65000
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิทยาศาสตร์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก รหัสไปรษณีย์ 65000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2537	หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดพิษณุโลก
พ.ศ. 2554	หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2538	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 (สวพ. 2) ตำบลวังทอง อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก รหัสไปรษณีย์ 65000
พ.ศ.2539-ปัจจุบัน	ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก รหัสไปรษณีย์ 65000