

คู่มือปฏิบัติงาน

เรื่อง การวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS  
(Atomic Absorption Spectrophotometer)

นางสาวสุกัญญา ชำมทก

ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

มกราคม 2560

## คำนำ

คู่มือปฏิบัติการเรื่อง การวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS จัดทำขึ้นให้ผู้ปฏิบัติงาน ปฏิบัติงาน  
อย่างเป็นมาตรฐาน และนักวิทยาศาสตร์สามารถปฏิบัติงานแทนกันได้อย่างเป็นมาตรฐานเดียวกัน มีระบบ  
และมีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นเครื่องมือในการศึกษาสำหรับนักวิทยาศาสตร์ นิสิต และผู้สนใจที่  
ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ ซึ่งคู่มือได้อธิบายถึงขั้นตอน วิธีวิเคราะห์ และเทคนิควิธีการใช้เครื่อง AAS  
อย่างละเอียดเพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติและการบำรุงรักษาเครื่อง AAS ให้คงทน ผู้เขียนหวังเป็น  
อย่างยิ่งว่าคู่มือนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจศึกษาทุกท่าน

นางสาวสุกัญญา ชำมทก

9 มกราคม 2560

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญตาราง	ค
สารบัญภาพ	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขอบเขต นิยามศัพท์	4
บทที่ 2 โครงสร้างและหน้าที่รับผิดชอบ	5
โครงสร้างองค์กร (Organization Chart)	5
โครงสร้างการบริหารจัดการ(Administration Chart)	6
บทบาทหน้าที่ของห้องปฏิบัติการ	9
ภาระหน้าที่ของนักวิทยาศาสตร์	9
บทที่ 3 หลักเกณฑ์วิธีการปฏิบัติงานและเงื่อนไข	15
หลักเกณฑ์การปฏิบัติงาน	15
เนื้อหาและความรู้ต่างๆ ที่ใช้ในการปฏิบัติ	15
วิธีการปฏิบัติงาน	39
ข้อควรระวังและสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการปฏิบัติงาน	60
ทฤษฎีหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	61
บทที่ 4 เทคนิคในการปฏิบัติงาน	70
กิจกรรม/แผนปฏิบัติงาน	70
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	75
วิธีการติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงาน	80
จรรยาบรรณ/คุณธรรม/จริยธรรมในการปฏิบัติงาน	83
บทที่ 5 ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ	86
ปัญหาและอุปสรรค	86
แนวทางการแก้ไข	87
ข้อเสนอแนะ	88

### สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บรรณานุกรม	90
ภาคผนวก	93
ภาคผนวก ก แบบฟอร์มรายงานผลการวิเคราะห์	94
ภาคผนวก ข เครื่อง AAS	97
ประวัติผู้เรียบเรียง	99

## สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงชนิดสารและความหมาย	22
ตารางที่ 3.2 หน่วยพื้นฐานในระบบเอสไอ	26
ตารางที่ 3.3 หน่วยอนุพันธ์เอสไอ	26
ตารางที่ 3.4 คำนำน้าหน่วยในระบบเอสไอ	27
ตารางที่ 3.5 แสดงตัวอย่างการเตรียมสารละลายมาตรฐาน	30
ตารางที่ 3.6 แสดงปุ่มการทำงานของเครื่อง	44
ตารางที่ 3.7 ชนิดเชื้อเพลิง AAS	66
ตารางที่ 3.8 ตัวอย่างค่ามาตรฐาน และวิธีวิเคราะห์	69
ตารางที่ 4.1 ภาพร่วมการเตรียมความพร้อมเพื่อการตรวจวิเคราะห์	74
ตารางที่ 4.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	75
ตารางที่ 4.3 ตารางสรุปปริมาตรชุดสารละลายมาตรฐาน	77
ตารางที่ 4.4 ตัวอย่างผลการตรวจวัดสารละลายมาตรฐาน Cd	78
ตารางที่ 4.5 ตัวอย่างผลการตรวจวัดตัวอย่างพืช	79
ตารางที่ 5.1 ปัญหาอุปสรรคที่พบบ่อยในการปฏิบัติงาน	87

## สารบัญภาพ

เรื่อง	หน้า
ภาพประกอบ 2.1 โครงสร้างองค์กร	5
ภาพประกอบ 2.2 โครงสร้างการบริหาร	6
ภาพประกอบ 2.3 โครงสร้างการปฏิบัติงาน	7
ภาพประกอบ 3.1 แปร่งทำความสะอาดเครื่องแก้ว	17
ภาพประกอบ 3.2 ภาพการล้างเครื่องแก้ว	18
ภาพประกอบ 3.3 ตัวอย่างกราฟมาตรฐานโดยใช้โปรแกรม Excel	31
ภาพประกอบ 3.4 การแบ่งตัดตัวอย่างดินออกเป็น 4 ส่วน	38
ภาพประกอบ 3.5 องค์ประกอบหลักเครื่อง AAS	41
ภาพประกอบ 3.6 ส่วนประกอบด้านหน้าเครื่อง AAS	41
ภาพประกอบ 3.7 ส่วนประกอบด้านข้างของเครื่อง AAS	42
ภาพประกอบ 3.8 ส่วนประกอบด้านข้างที่ 2 ของเครื่อง AAS	43
ภาพประกอบ 3.9 ส่วนประกอบด้านข้างที่ 2 ของเครื่อง AAS	43
ภาพประกอบ 3.10 ถังแก๊สอะเซทิลีนและวาล์วควบคุมปริมาณแก๊ส	45
ภาพประกอบ 3.11 หน้าจอการเข้าใช้งานโปรแกรม AAS	46
ภาพประกอบ 3.12 หน้าต่างเชื่อมต่อเครื่องวิเคราะห์และโปรแกรม	47
ภาพประกอบ 3.13 หน้าต่าง optic	47
ภาพประกอบ 3.14 หน้าต่าง Periodic	48
ภาพประกอบ 3.15 หน้าต่าง Optics lamp Adjustment	48
ภาพประกอบ 3.16 แสดงการใส่หลอดกำเนิดแสง	49
ภาพประกอบ 3.17 หน้าต่าง Line Search	49
ภาพประกอบ 3.18 หน้าต่าง Lamp Adjustment	50
ภาพประกอบ 3.19 หน้าต่าง Optics แสดงค่าการตั้งค่าการใช้งานเครื่อง	50
ภาพประกอบ 3.20 หน้าต่าง Auto sampler	51
ภาพประกอบ 3.21 หน้าต่าง Quantitation ใช้สำหรับกำหนดค่าของสารแสดนดาร์ด ที่ใช้ในการวิเคราะห์ และการทำกราฟ Calibration curve	51
ภาพประกอบ 3.22 หน้าต่างแสดงช่องกำหนดการวัด และการทำซ้ำ	52

## สารบัญภาพ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ภาพประกอบ 3.23 หน้าต่างกำหนดวิธีการดูดตัวอย่าง และการช่วงเวลาที่ใช้ในการดูดสารเพื่อวิเคราะห์	52
ภาพประกอบ 3.24 หน้าต่าง Repeat conditions ใช้กำหนดจำนวนซ้ำในการวิเคราะห์ตัวอย่าง	53
ภาพประกอบ 3.25 หน้าต่าง Sample	53
ภาพประกอบ 3.26 หน้าต่าง Sample Into auto creation	54
ภาพประกอบ 3.27 MRT (Measured Result Table)	55
ภาพประกอบ 3.28 หน้าต่าง Optic	56
ภาพประกอบ 3.29 Diagram การทำงานของเครื่อง ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETER	62
ภาพประกอบ 3.30 ทางเดินแสงในเครื่องวัดการดูดกลืนแสงโดยอะตอม	63
ภาพประกอบ 3.31 หลอดและรูปร่างของตัวเผา	65
ภาพประกอบ 3.32 รูปร่างของตัวทำความร้อนแบบต่างๆ	66
ภาพประกอบ 4.1 แผนภูมิขั้นตอนการปฏิบัติงานวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS	70
ภาพประกอบ 4.2 สภาวะที่ใช้ในการตั้งค่าเพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก	78
ภาพประกอบ 4.3 ปริมาณแก๊สอะเซทิลีนและอากาศที่ใช้เพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก Cd	78
ภาพประกอบ 4.4 ตัวอย่างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน Cd	79
ภาพประกอบ 4.5 แบบสำรวจความพึงพอใจของลูกค้า (ผู้ใช้บริการตรวจวิเคราะห์) หน้าที่ 1	81
ภาพประกอบ 4.5 แบบสำรวจความพึงพอใจของลูกค้า (ผู้ใช้บริการตรวจวิเคราะห์) หน้าที่ 2	82
ภาพประกอบ ก-1 แบบประเมินความพึงพอใจของลูกค้า หน้าที่ 1	95
ภาพประกอบ ก-1 แบบประเมินความพึงพอใจของลูกค้า หน้าที่ 1	96
ภาพประกอบ ข-1 เครื่อง AAS ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น 6200F ผลิตภัณฑ์ประเทศญี่ปุ่น	98

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การสนับสนุนการเรียนการสอนของนักวิทยาศาสตร์ เป็นภาระงานหลักที่ต้องปฏิบัติ การนั้น นับเป็นการปฏิบัติงานที่มีกระบวนการที่ไม่เหมือนกับการปฏิบัติงานในสายอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากการปฏิบัติงานในสายนี้ต้องอาศัยทั้งความรู้ทางทฤษฎีและทักษะทางปฏิบัติที่ถูกต้องและแม่นยำ สิ่งเหล่านี้มีผลต่อประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการต่างๆ รวมทั้งการให้บริการด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย

กระบวนการทางด้านนักวิทยาศาสตร์ เพื่อให้บุคลากร นิสิต และผู้ใช้บริการที่เกี่ยวข้องได้เข้าใจถึงกระบวนการปฏิบัติงานรายวิชาปฏิบัติการ และการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยวิธี Atomic absorption spectrophotometers: AAS โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับเทคนิคต่างๆ เกี่ยวกับวิเคราะห์ ซึ่งปัจจุบันพบว่าทักษะต่างๆ ในการใช้งานเครื่อง AAS เพื่อวิเคราะห์โลหะหนักในสิ่งแวดล้อม ยังเป็นปัญหาอยู่ และในปัจจุบันคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร เปิดบริการรับวิเคราะห์คุณภาพตัวอย่างน้ำหลายพารามิเตอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การวิเคราะห์หาโลหะหนักในตัวอย่างสิ่งแวดล้อมด้วยเทคนิค AAS ซึ่งได้รับความนิยมจากผู้ขอความวิเคราะห์เป็นจำนวนมาก เนื่องจากการวิเคราะห์นี้ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการวิเคราะห์ จึงทำให้เป็นข้อจำกัดของการวิเคราะห์ เพราะไม่ได้มีโดยทั่วไป และด้วยเป็นวิธีวิเคราะห์ที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง จึงจำเป็นต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถในการใช้เครื่องมือ ราคาในการวิเคราะห์จึงสูงตามไปด้วย แต่ด้วยปัจจัยหลายๆ อย่าง โดยเฉพาะทางด้านกฎหมายที่บังคับให้ตรวจวัดโลหะหนักในตัวอย่างสิ่งแวดล้อมด้วยเทคนิค AAS จึงมีความสำคัญมากในงานทางด้านสิ่งแวดล้อม

โลหะหนักจัดอยู่ในกลุ่มธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 5 ขึ้นไป ซึ่งส่วนใหญ่เป็นธาตุที่อยู่ในกลุ่มทรานซิชัน (Transition metals) มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต โลหะหนักเป็นสารที่คงตัว ไม่สามารถสลายตัวได้ในกระบวนการธรรมชาติ จึงมีส่วนตกตะกอนสะสมอยู่ในดิน ดินตะกอนที่อยู่ในน้ำ รวมถึงการสะสมอยู่ในสัตว์น้ำ (พรพรรณ, 2549)

โลหะหนัก (Heavy Metallic Elements) หมายถึง ธาตุโลหะที่มีน้ำหนักต่อปริมาตรสูง คือ ในปริมาตรหนึ่งลูกบาศก์เซนติเมตร มีน้ำหนักตั้งแต่ 5.0 กรัม ขึ้นไปเริ่มเป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์ที่ความเข้มข้นต่ำ ตัวอย่างได้แก่ ปรอท (Hg) แคดเมียม (Cd) อาร์เซนิก (As) โครเมียม (Cr) ธาตุเลียม (Ti) ตะกั่ว (Pb) ทองแดง (Cu) เซเรเนียม (Se) และสังกะสี (Zn) ธาตุโลหะหนักบางธาตุ เช่น ทองแดง (Cu) เซเรเนียม (Se) และสังกะสี (Zn) เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ แต่ร่างกายมนุษย์ต้องการเพียงเล็กน้อย และหากได้รับมากเกินไปจะเป็นพิษ (อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, 2553)

การพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน ทำให้เกิดการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง ซึ่งการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมทำให้มีการปล่อยของเสียต่างๆ ออกสู่สิ่งแวดล้อมเกินขีดจำกัด ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่มีความรุนแรง และยากต่อการแก้ไข ผลกระทบที่เกิดจากรั่วไหลและการปนเปื้อนของโลหะหนักส่งผลต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม ทั้งดิน น้ำ และอากาศ และท้ายที่สุดก็



ส่งผลกระทบต่อมนุษย์ตามวัฏจักรของห่วงโซ่อาหารอีกครั้ง ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการปนเปื้อนของโลหะหนักที่ความรุนแรงมากขึ้น จนทำให้มนุษย์ต้องหันมาใส่ใจคุณภาพสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น เกิดการกำหนดกฎเกณฑ์ต่างๆ เพื่อควบคุมการเกิด การปลดปล่อยมลพิษ และการเยียวยาฟื้นฟูสภาพแวดล้อม.

กฎหมายทางด้านสิ่งแวดล้อมกำหนดค่ามาตรฐานของการควบคุมปริมาณโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมไว้แตกต่างกัน การตรวจวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักตามที่กฎหมายรับรองนั้น ต้องใช้วิธีทดสอบโดยใช้วิธี Atomic absorption spectrophotometers: AAS ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma: ICP ซึ่งทั้งสองวิธีสามารถวิเคราะห์โลหะหนักในสิ่งแวดล้อมได้ และเป็นวิธีที่ทั่วโลกให้การยอมรับ แต่สิ่งที่แตกต่างกัน คือ ต้นทุนที่ใช้ในการวิเคราะห์ การวิเคราะห์โลหะหนักโดยการใช้วิธี AAS นั้น มีต้นทุนต่ำกว่า เมื่อเทียบกับการวิเคราะห์ด้วยวิธี ICP ดังนั้นการวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างสิ่งแวดล้อมจึงนิยมวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS กันอย่างกว้างขวาง

การเรียนการสอนในหลักสูตรต่างๆ ของคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มุ่งเน้นให้นิสิตได้ศึกษาและฝึกปฏิบัติงานจริง ดังนั้นในการเรียนการสอนหลายๆ รายวิชา เช่น รายวิชาเคมีน้ำและน้ำเสีย รายวิชาทรัพยากรดินและการใช้ที่ดิน รายวิชาเทคโนโลยีบำบัดน้ำเสีย รายวิชามลพิษอากาศและเสียง รายวิชาจุลชีววิทยาทางสิ่งแวดล้อม รายวิชาชีวเคมีสิ่งแวดล้อม รายวิชาเทคโนโลยีการหล่อแข็ง รายวิชาการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม (EIA) และรายวิชาปัญหาพิเศษ/รายวิชาวิจัยทางด้านจัดการสิ่งแวดล้อม เป็นต้น นิสิตจะได้ศึกษาเรียนรู้ถึงการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างดิน น้ำ พืช ปุ๋ย วัสดุทดแทนดิน หรือแม้แต่ฝุ่น ด้วยวิธี AAS แถบทั้งสิ้น

นอกจากนี้คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ ให้บริการทางวิชาการในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อมแก่ผู้ใช้บริการทั้งภายในมหาวิทยาลัยมหาสารคาม และหน่วยงานภายนอก รวมถึงบุคคลทั่วไป ที่มีความประสงค์ให้ทางคณะฯ วิเคราะห์ปริมาณโลหะในสิ่งแวดล้อม ซึ่งหลายปีที่ผ่านมาคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ได้ให้บริการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างดิน น้ำ พืช และอื่นๆ มากมายจนทำให้คณะฯ เป็นที่รู้จักของหน่วยงานภายในและภายนอก ไม่ว่าจะเป็นโรงพยาบาล องค์กรบริการส่วนจังหวัด องค์กรบริหารส่วนตำบล บริษัทห้างร้านต่างๆ ทำให้คณะฯ มีรายได้ส่วนหนึ่งมาจากการให้บริการทางวิชาการในการตรวจวิเคราะห์

แต่ในการวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างสิ่งแวดล้อมโดยการใช้วิธี AAS นี้ ผู้วิเคราะห์จำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานทางด้านวิทยาศาสตร์หลายประการ โดยเน้นความรู้ทางด้านเคมีเป็นพื้นฐานหลัก เนื่องจากจะต้องมีการจัดเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง ต้องเตรียมสารละลายมาตรฐาน รู้จักธรรมชาติของตัวอย่าง และสามารถเลือกวิธีการเตรียมตัวอย่างได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ทั้งยังต้องมีความรู้ทางด้านเทคนิคและการทำงานของเครื่อง AAS เป็นอย่างดี จึงจะสามารถวิเคราะห์หาโลหะหนักในตัวอย่างได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วนั้น การจัดทำคู่มือการวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างสิ่งแวดล้อมด้วยเครื่อง AAS จึงเป็นสิ่งจำเป็น ที่นักวิทยาศาสตร์ควรจัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้ที่ต้องการใช้งานเครื่องนี้สามารถศึกษาหาข้อมูลก่อนการใช้งานเครื่องจริง ซึ่งจะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อมได้อย่างถูกต้อง สามารถเผยแพร่ให้กับห้องปฏิบัติการต่างๆ ที่มีเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS

รุ่นเดียวกัน ได้ศึกษาเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ในการวิเคราะห์ และเทคนิควิเคราะห์ต่างๆ ให้แก่กันและกัน

1) กรอบภาระงาน กลุ่มงานห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ขอสรุปสั้นๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจเบื้องต้น ซึ่งในรายละเอียดของงานอธิบายไว้ในบทที่ 2 กรอบภาระงานกลุ่มงานห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

(1) ด้านการจัดการเรียนการสอนปฏิบัติการ

- เตรียมความพร้อมห้องปฏิบัติการสำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการตามบทปฏิบัติการทดลอง

- ช่วยสอนและให้คำแนะนำในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

- จัดทำระเบียบและเอกสารการขอใช้บริการห้องปฏิบัติการ

(2) ด้านการจัดการวัสดุและครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์

- จัดทำแผน/ โครงการด้านการจัดการและการซื้อวัสดุและครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์ สำหรับการเรียนการสอนและวิจัย

- จัดทำทะเบียนการเบิกจ่ายวัสดุ และบันทึกการใช้งาน

- เตรียม จัดทำ และเก็บรักษา เครื่องมือเครื่องใช้ในห้องปฏิบัติการ และอุปกรณ์วิทยาศาสตร์

(3) ด้านการพัฒนาและการฝึกอบรม

- พัฒนาเทคนิค หรืออุปกรณ์สำหรับงานทดลองหรืองานวิจัย

- แนะนำ เสนอแนะให้ความรู้แก่นักศึกษาเกี่ยวกับเทคนิคการวิเคราะห์และการใช้ อุปกรณ์

2) ลักษณะการปฏิบัติงานตามวงจร PDCA

P = Plan วางแผนจากวัตถุประสงค์ และเป้าหมายที่กำหนดขึ้น โดยการตั้งปัญหาการปฏิบัติการทดลองของนักศึกษาถึงทักษะการอ่าน การใช้และการบันทึกผล เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานเดียวกัน

D = Do ปฏิบัติตามขั้นตอนในแผนงานที่เขียนไว้ได้อย่างเป็นระบบและมีความต่อเนื่อง โดยการสังเกตพฤติกรรมทดลองและเสนอแนะช่วงการปฏิบัติการของนักศึกษา

C = Check การตรวจสอบผลการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนของแผนงานว่ามีปัญหาอะไรเกิดขึ้น จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงแก้ไขแผนงานในขั้นตอนใดบ้าง พร้อมตรวจถึงปัญหาที่พบเห็นเพื่อเสนอแนะและปรับปรุง

A = Action การปรับปรุงแก้ไขส่วนที่มีปัญหาใดๆ ก็ยอมรับแนวทางการปฏิบัติตามแผนงานที่ได้ผลสำเร็จ เพื่อนำไปใช้ในการทำงานครั้งต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เป็นคู่มือพื้นฐานแนะนำ สร้างความเข้าใจ ในการใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS เพื่อวิเคราะห์ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อม
- 2) เป็นคู่มือสำหรับนิสิตหรือผู้สนใจ สำหรับการปฏิบัติงาน หรือการศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการ

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) เป็นคู่มือของนักวิทยาศาสตร์ที่ปฏิบัติงานเพื่อการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS ในห้องปฏิบัติการ
- 2) นักวิทยาศาสตร์สามารถใช้คู่มือนี้ปฏิบัติงานด้านวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS แทนกันได้
- 3) เป็นคู่มือที่ช่วยให้นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติงานด้านวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS เป็นมาตรฐานเดียวกัน

## 1.4 ขอบเขต

- 1) หลักการพื้นฐานของเครื่อง
- 2) การนำเสนอข้อมูลการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS
- 3) เทคนิคการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น 6200F

## 1.4 นิยามศัพท์

ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อม หมายถึง ตัวอย่างดิน น้ำ พืช ผุ่นละออง

ดัชนี หมายถึง ตัวบ่งชี้คุณภาพสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ/ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา เศรษฐกิจสังคมและวัฒนธรรม” ซึ่งตัวดัชนีสิ่งแวดล้อมต้องสามารถวัดขนาดหรือให้ขนาดได้ เพื่อนำไปสู่การหาสถานภาพ / ศักยภาพ ของสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น อุณหภูมิเป็นองค์ประกอบหนึ่งของอากาศ (สิ่งแวดล้อม) มีตัวดัชนี ได้แก่ อุณหภูมิ สูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย เหล่านี้เป็นต้นหรือคุณภาพน้ำผิวดิน ประกอบด้วยคุณภาพทางกายภาพ เคมี และชีววิทยา ซึ่งต่างก็มีดัชนีมากกว่าหนึ่งเสมอ

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสารใดๆ หรือสิ่งปฏิกูลที่ไม่พึงปรารถนาปนอยู่ การปนเปื้อนของสิ่งสกปรกเหล่านี้ จะทำให้ คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจนอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ สิ่งปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำเสีย ได้แก่ น้ำมัน ไขมัน ผงซักฟอก สบู่ ยาฆ่าแมลง สารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเหม็น และเชื้อโรคต่างๆ

น้ำดี หมายถึง น้ำที่สามารถใช้อุปโภคบริโภคได้ เช่น น้ำประปา น้ำดื่ม น้ำบาดาล เป็นต้น

## บทที่ 2

### โครงสร้างและหน้าที่ความรับผิดชอบ

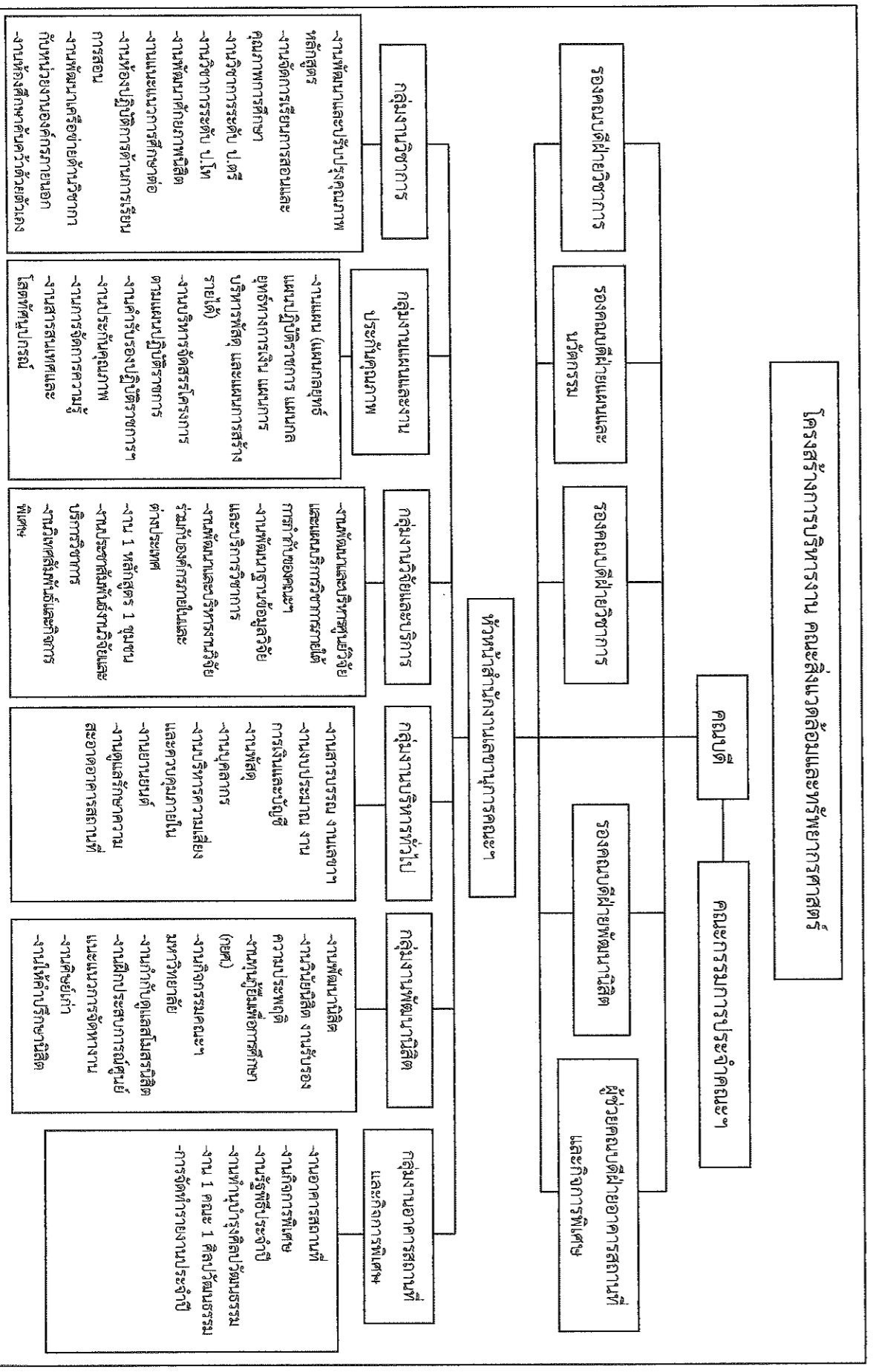
#### 2.1 โครงสร้างองค์กร (Organization Chart)



ภาพประกอบ 2.1 โครงสร้างองค์กร

จากโครงสร้างขององค์กร ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ อยู่ในงานวิชาการ ซึ่งทำหน้าที่สนับสนุนการเรียนการสอน และปฏิบัติงานด้านการวิจัยและบริการวิชาการ ในส่วนการตรวจวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อมตามดัชนีชี้วัดที่ตนเองได้รับมอบหมาย ออกชุมชนในการเผยแพร่ความรู้ด้านการวิเคราะห์และการเป็นวิทยากรให้ความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม และการใช้เครื่องมือวิเคราะห์

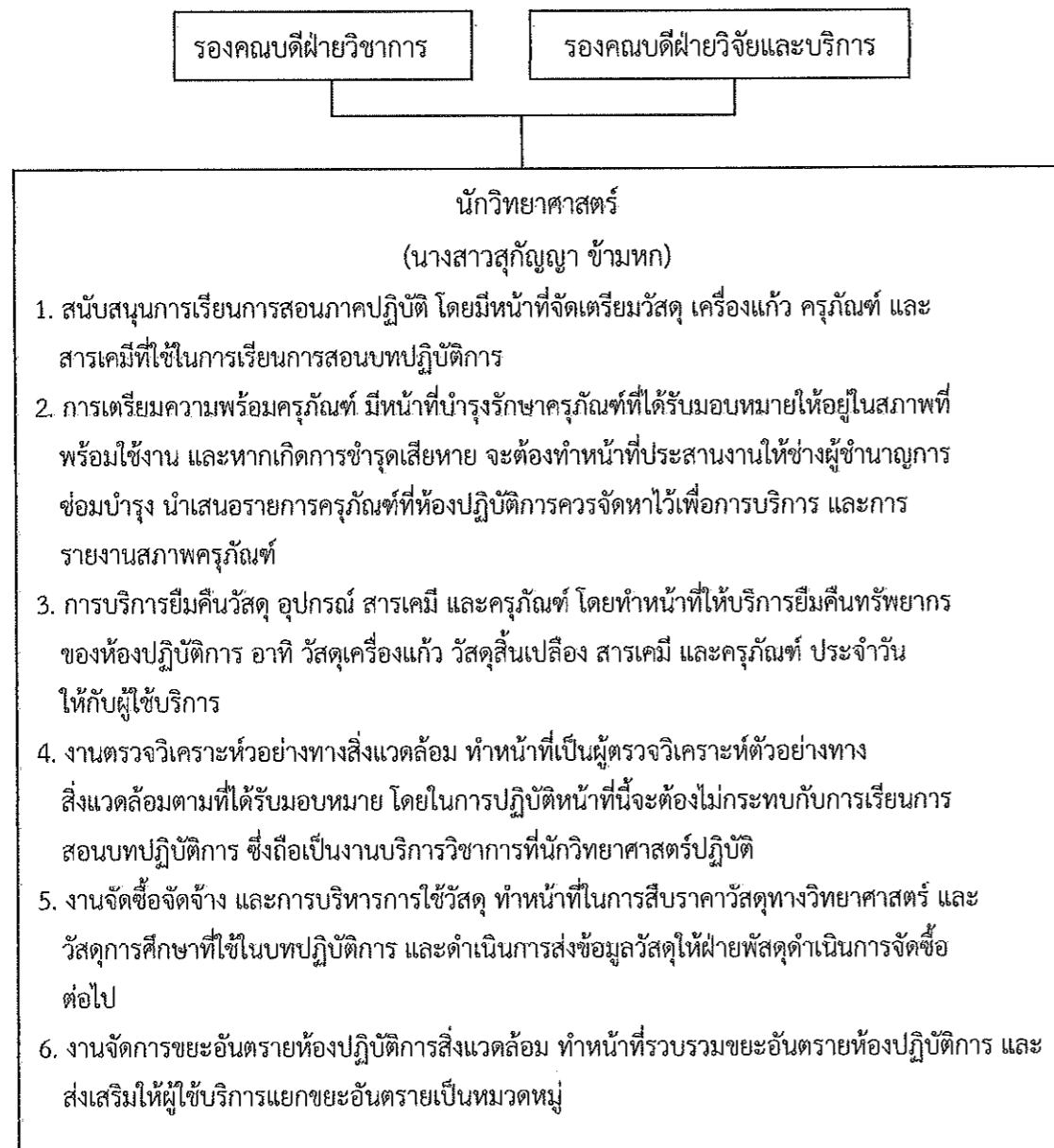
2.2 โครงสร้างการบริหารงาน



ภาพประกอบ 2.2 โครงสร้างการบริหาร

ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์นั้นขึ้นกับผู้บังคับบัญชาชั้นต้น คือ รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ซึ่งในการดำเนินการนั้น หากมีผู้ขอความอนุเคราะห์มายังคณะฯ ให้ดำเนินการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างสิ่งแวดล้อมต่างๆ ผู้บังคับบัญชาสูงสุดหรือผู้บังคับบัญชาหน่วยงาน คือ คณบดี จะสั่งการมายังรองคณบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ เพื่อให้ดำเนินการ และรองคณบดีฝ่ายวิชาการจะสั่งการให้นักวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการแต่งตั้งมอบหมายให้ตรวจวิเคราะห์โลหะหนัก เป็นผู้ดำเนินการต่อไป

### 2.2.1 โครงสร้างการปฏิบัติงาน (Activity Chart) ระบุชื่อผู้ปฏิบัติงาน



ภาพประกอบ 2.3 โครงสร้างการปฏิบัติงาน

จากภาพประกอบ 2.3 ในการปฏิบัติหน้าที่ต่างๆ ของนักวิทยาศาสตร์จะมีส่วนที่ต้องสัมพันธ์กับงานอื่นๆ ภายในคณะฯ หรือภายนอกคณะฯ เพื่อให้การดำเนินงานสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของงานนั้นได้ ในการสนับสนุนการเรียนการสอนนั้น นอกจากจะต้องเตรียมวัสดุ เครื่องแก้ว ครุภัณฑ์ และ สารเคมีที่ใช้ในการเรียนการสอนบทปฏิบัติการ แล้ว นักวิทยาศาสตร์จะต้องประสานงานกับอาจารย์ผู้สอนบทปฏิบัติการนั้นๆ เพื่อยืนยันความถูกต้องของการจัดเตรียมวัสดุ ปริมาณวัสดุที่จัดเตรียม รวมถึงการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นด้วย ยกตัวอย่างเช่น ในบทปฏิบัติการ ต้องใช้อุปกรณ์จำนวนมาก แต่ห้องปฏิบัติการไม่เพียงพอ นักวิทยาศาสตร์อาจจะเสนอความคิดเห็นต่ออาจารย์ผู้สอนให้เปลี่ยนไปใช้วัสดุอื่นๆ ที่สามารถใช้ทดแทนกันได้ หรือการลดปริมาณตัวอย่างที่ใช้ในการเรียนการสอน เพื่อให้สามารถทำการเรียนการสอนได้ เป็นต้น

การเตรียมความพร้อมครุภัณฑ์ มิได้หมายถึงเพียงการทำความสะอาดหรือการประสานช่างมาซ่อมบำรุงเท่านั้น แต่การเตรียมความพร้อมของวัสดุหมายถึง การดูแลรักษา การสอบเทียบเครื่อง (Calibrate) และการรายงานสภาพครุภัณฑ์ต่อผู้บังคับบัญชาเบื้องต้นเป็นระยะ เพื่อให้ทางคณะฯ ได้รับความทราบสภาพ และประสิทธิภาพของครุภัณฑ์ เพื่อประโยชน์ในการวางแผนการจัดหาครุภัณฑ์ต่อไป

การบริการยืมคืนวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และครุภัณฑ์ นั้นนักวิทยาศาสตร์จะคอยให้บริการยืมคืนตามเวลาราชการ และทำหน้าที่ในการแนะนำวิธีการใช้งานวัสดุ อุปกรณ์ และครุภัณฑ์ เพื่อให้ผู้ยืมได้มีความรู้พื้นฐานในการใช้งานควบคู่กับการศึกษาด้วยตนเองจากคู่มือ และนักวิทยาศาสตร์จะต้องทำหน้าที่ตรวจสอบสภาพวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และครุภัณฑ์ ก่อนจ่ายและหลังจากผู้ใช้บริการนำวัสดุมาส่ง เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าวัสดุ อุปกรณ์ และครุภัณฑ์ที่ถูกยืมจากห้องปฏิบัติการนั้นมีสภาพพร้อมใช้งาน

งานตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อม เป็นงานบริการวิชาการอีกอย่างหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์จะต้องปฏิบัติเมื่อมีผู้ใช้บริการขอความอนุเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อมนี้ถือเป็นงานสำคัญที่ช่วยสนับสนุนงานวิจัยหลายๆ งานวิจัยให้สามารถดำเนินการได้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์ยังต้องพัฒนาทักษะต่างๆ ทางด้านการวิเคราะห์และทางด้านเทคนิคอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผู้ใช้บริการมั่นใจในผลวิเคราะห์ที่มาจากห้องปฏิบัติการ ซึ่งปัจจุบันห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมกำลังดำเนินการขอการรับรองห้องปฏิบัติการมาตรฐาน ISO/IEC 17025

งานจัดซื้อจัดจ้าง และการบริหารการใช้วัสดุ เมื่อนักวิทยาศาสตร์ได้สำรวจความต้องการใช้วัสดุจากคณาจารย์ผู้สอนแล้ว จะดำเนินการสืบราคาและวัสดุการศึกษาที่ใช้ในบทปฏิบัติการ และดำเนินการส่งข้อมูลวัสดุให้ฝ่ายพัสดุดำเนินการจัดซื้อ และเมื่อได้รับวัสดุต่างๆ แล้ว จะมีการจัดเก็บและใช้วัสดุเหล่านั้นเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ และวัสดุใดสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ก็จะนำกลับมาใช้ซ้ำอีกเพื่อให้เกิดความประหยัด ลดรายจ่ายที่ไม่จำเป็นได้

งานจัดการขยะอันตรายห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม เป็นงานที่นักวิทยาศาสตร์ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมเห็นความสำคัญที่ต้องมีการควบคุมมิให้ถูกปลดปล่อยสู่ภายนอก ดังนั้นการให้ความรู้ในการจัดการขยะอันตรายแก่ผู้ใช้บริการจึงเป็นสิ่งจำเป็น นอกจากนี้การส่งเสริมให้นิสิตคัดแยกขยะอันตราย

ควบคุมการเกิดขยะจากต้นทางก็เป็นสิ่งสำคัญที่นักวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการจะต้องทำความเข้าใจแก่ผู้ใช้บริการ เพื่อให้เกิดความร่วมมือในการจัดการขยะอันตรายห้องปฏิบัติอย่างยั่งยืนต่อไป

### 2.3 บทบาทหน้าที่ของห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อม

ห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ เป็นฝ่ายงานสนับสนุนการเรียนการสอน และบริการวิชาการด้านการวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม ซึ่งห้องปฏิบัติการฯ ดำเนินการบริการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมมาเป็นระยะเวลานานแล้ว เพื่อให้บริการแก่บุคลากรภายในมหาวิทยาลัยมหาสารคาม หน่วยงานภายนอกทั้งภาครัฐและเอกชน ซึ่งช่วยให้สร้างรายได้ให้กับหน่วยงานได้ด้วย หากกล่าวโดยสรุป งานของห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อมมีดังนี้

- 1) สนับสนุนการเรียนการสอนบทปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมอย่างเต็มประสิทธิภาพ
- 2) ให้การสนับสนุนและร่วมมือวิจัยกับหน่วยงานทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

อย่างเต็มประสิทธิภาพ

- 3) ให้บริการเครื่องมือสำหรับการเรียนการสอนและหรือการทำวิจัยทางวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี และให้บริการทางวิชาการ

- 4) รับวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อมแก่หน่วยงานต่างๆ ทั้งภายใน และภายนอกมหาวิทยาลัย

- 5) ดูแล และรักษาเครื่องมือวิทยาศาสตร์

- 6) ควบคุมให้มีการปฏิบัติตามระเบียบการใช้บริการของศูนย์ปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม

### 2.4 ภาระหน้าที่ของนักวิทยาศาสตร์

นักวิทยาศาสตร์มีหน้าที่ปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ยากพอสมควร โดยมีคู่มือ หรือ แนวปฏิบัติ หรือคำสั่งอย่างกว้างๆ และปฏิบัติหน้าที่อื่นตามที่ได้รับมอบหมายลักษณะงานที่ปฏิบัติ

- 1) ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์

ปฏิบัติงานที่ยากพอสมควรเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยปฏิบัติหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง เช่น วิเคราะห์ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อม รวบรวมข้อมูลและจัดทำรายงานผลการวิเคราะห์ การทดสอบ ช่วยสอนและให้คำแนะนำการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์หรือปฏิบัติงานด้านช่วยนักวิทยาศาสตร์ระดับสูงในการศึกษา วิเคราะห์ในเรื่องต่างๆ ตามที่ได้รับมอบหมาย ให้คำปรึกษาแนะนำในการปฏิบัติงานแก่เจ้าหน้าที่ระดับรองลงมา การปฏิบัติงานด้านการสนับสนุนการเรียนการสอน การศึกษาวิจัยต่างๆ เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ของตน และปฏิบัติหน้าที่อื่นๆ เกี่ยวข้อง

- 2) คุณสมบัติเฉพาะสำหรับตำแหน่ง

ได้รับปริญญาตรีหรือเทียบได้ไม่ต่ำกว่านี้

- 3) ความรู้ความสามารถที่ต้องการ

(1) มีความรู้ความสามารถในงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างเหมาะสมแก่การ

ปฏิบัติงานในหน้าที่



(2) มีความรู้ความเข้าใจในกฎหมายว่าด้วยระเบียบข้าราชการพลเรือนในสถาบันอุดมศึกษา กฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน และกฎหมาย กฎ ระเบียบ และข้อบังคับอื่นที่ใช้ในการปฏิบัติงานในหน้าที่

(3) มีความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเหตุการณ์ปัจจุบันในด้านการเมือง เศรษฐกิจและสังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งของประเทศไทย

(4) มีความรู้ความสามารถในการใช้ภาษาและคอมพิวเตอร์อย่างเหมาะสมแก่การปฏิบัติงานในหน้าที่

(5) มีความสามารถในการศึกษาหาข้อมูล วิเคราะห์ปัญหาและสรุปเหตุผล

(6) มีความสามารถในการติดต่อประสานงาน

นักวิทยาศาสตร์ ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหาสารคามมีภาระงานที่ต้องปฏิบัติราชการ ตามที่ได้รับมอบหมายด้วย ดังนี้

4) ภาระงานตามที่ได้รับมอบหมาย

(1) การสนับสนุนการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ (บทปฏิบัติการ)

- การประสานงานขอความอนุเคราะห์บทปฏิบัติการ (Direction Lab) และประมวลรายวิชา (Course syllabus) จากอาจารย์ผู้สอน

- การจัดทำแผนการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ

- การประมาณการการใช้วัสดุ อุปกรณ์ ครุภัณฑ์ ในบทปฏิบัติการต่างๆ ตามที่ได้รับมอบหมาย

- การจัดเตรียมวัสดุ สารเคมี อุปกรณ์ ครุภัณฑ์ เพื่อใช้ในการเรียนการสอน

- การประสานงานกับอาจารย์ผู้สอนระหว่างปฏิบัติงาน กรณีมีข้อสงสัยต่างๆ หรือประสบปัญหา เพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ร่วมกับอาจารย์ผู้สอน

- การบริการเบิกจ่ายวัสดุ สารเคมี อุปกรณ์ ครุภัณฑ์ เพื่อใช้ในการเรียนการสอน

- การสรุปรายการวัสดุ อุปกรณ์ ค้างส่ง รายงานต่ออาจารย์ผู้สอน และการติดตามวัสดุ อุปกรณ์ ครุภัณฑ์ คืนห้องปฏิบัติการ

- จัดทำแบบประเมิน และการประเมินผลการปฏิบัติงานในการสนับสนุนการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ

- การวิเคราะห์ความเสี่ยง และรายงานความเสี่ยง

- จัดทำรายงานผลการปฏิบัติงานในการสนับสนุนการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ และ

ปัญหา/อุปสรรค และข้อเสนอแนะ เสนอต่อผู้บังคับบัญชา

(2) การเตรียมความพร้อมครุภัณฑ์

- ศึกษาวิธีใช้งาน การบำรุงรักษาครุภัณฑ์ที่ได้รับมอบหมาย

- จัดทำวิธีการใช้งานอย่างย่อ (Quick Start) ประจำครุภัณฑ์ที่ได้รับมอบหมาย

- จัดทำแผนการบำรุงรักษาประจำปี

- ออกแบบแบบฟอร์มสำหรับการบำรุงรักษา/ตรวจสอบสภาพครุภัณฑ์

- ประสานงานช่างชำนาญการเฉพาะครุภัณฑ์ เพื่อดำเนินการประเมินสภาพครุภัณฑ์

การซ่อมบำรุง และการนัดหมาย

- การจัดทำเอกสารขออนุมัตินำครุภัณฑ์ออกจากห้องปฏิบัติการ เพื่อซ่อมบำรุง และ การตรวจรับครุภัณฑ์คืนห้องปฏิบัติการ

- การตรวจสอบสภาพครุภัณฑ์หลังการซ่อมบำรุง
- การจัดทำประวัติการซ่อมบำรุงครุภัณฑ์
- การเขียนและการตรวจสอบหมายเลขครุภัณฑ์ใหม่ และครุภัณฑ์ที่เลขครุภัณฑ์สลับเปลี่ยน
- การจัดทำรายงานรายการครุภัณฑ์ที่เสื่อมสภาพเพื่อแจ้งจำหน่าย
- ดำเนินการตรวจสอบ ตรวจนับ ครุภัณฑ์ประจำปี
- จัดเก็บครุภัณฑ์ให้ถูกต้องตามหลักการจัดเก็บครุภัณฑ์นั้นๆ และจัดทำป้ายติดชื่อ

ครุภัณฑ์บริเวณจัดเก็บ

- จัดเก็บคู่มือการใช้งาน, ใบรับประกันสินค้า และอุปกรณ์ประกอบของครุภัณฑ์
- จัดทำ/จัดเก็บบันทึกการใช้งานประจำครุภัณฑ์
- การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้บริการครุภัณฑ์
- การจัดทำรายงานสภาพครุภัณฑ์ประจำปี
- การวิเคราะห์ความเสี่ยง และรายงานความเสี่ยง

(3) การบริการยืมคืนวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และครุภัณฑ์

- การจัดทำบันทึกยืมคืนวัสดุ สารเคมี และครุภัณฑ์รายวิชาที่ได้รับมอบหมาย
- การจัดทำบันทึกยืมคืนวัสดุคงรูป/ครุภัณฑ์ สำหรับบริการผู้ใช้บริการทั่วไป
- การตรวจสอบเอกสารยืมคืนวัสดุ สารเคมี และครุภัณฑ์ ให้ถูกต้อง ก่อนการจ่าย
- การจ่ายครุภัณฑ์ตามเอกสารการขอยืมครุภัณฑ์ และการลงบันทึกประจำวัน
- การตรวจรับและตรวจสอบสภาพครุภัณฑ์จากผู้ยืม
- การตรวจสอบรายการค้างส่งและติดตามถ่วงถ่วงวัสดุคงรูปและครุภัณฑ์ และการ

เร่งรัดเพื่อให้ผู้ยืมคืนครุภัณฑ์

- การจัดเก็บวัสดุคงรูปและครุภัณฑ์ในจุดที่จัดเตรียมไว้
- การวิเคราะห์ความเสี่ยง และรายงานความเสี่ยง

(4) งานตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อม

- รับเรื่อง ลงบันทึกคุม
- การประสานและมอบหมายงาน
- การเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ ครุภัณฑ์ เพื่อใช้ในงานตรวจวัดและงานวิเคราะห์
- การปฏิบัติงานตรวจวัดและงานวิเคราะห์
- การจัดทำรายงานผลการตรวจวัดและงานวิเคราะห์ เสนอต่ออาจารย์เพื่อตรวจสอบผล
- การจัดทำรายงานผลการตรวจวัดและงานวิเคราะห์ เสนอต่อคณบดี
- ดำเนินการจัดส่งผลการตรวจวัดและงานวิเคราะห์ ผู้ขอความอนุเคราะห์
- การประเมินผลการปฏิบัติงาน และการรายงานผลการประเมิน

ในการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อมนั้น มี 2 ประเภท ได้ประเภทตรวจ

วิเคราะห์ตัวอย่างสิ่งแวดล้อมแบบให้เปล่า และประเภทการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างสิ่งแวดล้อมแบบมีค่าใช้จ่าย ซึ่งการให้บริการนั้น ผู้ขอความอนุเคราะห์จะต้องจัดทำเอกสารเพื่อขอความอนุเคราะห์

วิเคราะห์ตัวอย่าง การบริการแบบให้เปล่า หมายถึง การให้บริการยืมเครื่องมือโดยไม่คิดค่าอัตราค่าเสียครุภัณฑ์ ชั่วโมงการใช้งาน ค่าบำรุงรักษา หรือค่าไฟฟ้า แต่ผู้ใช้บริการจะต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายที่เกิดจากวัสดุสิ้นเปลืองที่ใช้กับเครื่องมือต่างๆ

สำหรับการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างสิ่งแวดล้อมแบบมีค่าใช้จ่าย ผู้ขอความอนุเคราะห์สามารถนำตัวอย่างมาขอรับบริการได้ภายใต้โครงการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างสิ่งแวดล้อม โดยมีอัตราเรียกเก็บค่าวิเคราะห์ตัวอย่างภายใต้โครงการฯ ซึ่งรายได้จากการวิเคราะห์นี้จะนำส่งคณะฯ และมหาวิทยาลัยมหาสารคามตามระเบียบการให้บริการวิชาการ พ.ศ. 2553 ต่อไป

(5) งานจัดซื้อจัดจ้าง และการบริหารการใช้วัสดุ

- การจัดทำแผนการจัดซื้อจัดจ้าง
- ดำเนินการสืบราคาจากผู้ประกอบการ
- ดำเนินการเทียบราคา คุณภาพ และพิจารณาความเหมาะสม
- เสนอขออนุมัติเห็นชอบผลการเทียบราคา
- ดำเนินการขอใบเสนอราคาใหม่
- ดำเนินการขออนุมัติรายการซื้อเพื่อจัดหาพัสดุ หรือรายการซ่อมครุภัณฑ์
- ดำเนินจัดส่งเอกสารขออนุมัติจัดซื้อ/จัดจ้างกับงานพัสดุประจำคณะฯ
- แต่งตั้งคณะกรรมการตรวจรับพัสดุ คณะกรรมการตรวจรับงานจ้าง
- รับสินค้า ตรวจสอบสินค้า ตรวจสอบความถูกต้องตามคุณลักษณะพัสดุที่ระบุ
- ลงบันทึกจำนวนวัสดุในสมุดบันทึกจำนวน
- จัดทำบันทึกการเบิกจ่ายวัสดุ
- ควบคุมการใช้วัสดุให้เกิดประสิทธิภาพและประหยัด
- จัดทำรายงานยอดการใช้วัสดุประจำปี
- จัดทำสรุ่ยยอดการจัดจ้างประจำปี

(6) งานจัดการขยะอันตรายห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม

- สำรอง ตรวจสอบวัสดุที่จำเป็นในการจัดเก็บขยะแต่ละประเภท
- ดำเนินการจัดส่งรายการสำรวจเพื่อขอความเห็นชอบในการจัดหาจัดซื้อ
- จัดเก็บข้อมูลขยะ ประกอบด้วย ประเภท ชนิด และปริมาณ ของขยะที่เกิดขึ้นใน

ห้องปฏิบัติการ

- จัดทำ/จัดหาพื้นที่สำหรับวางภาชนะรองรับของเสียประจำห้องปฏิบัติการในจุดต่างๆ
- จัดหาพื้นที่สำหรับจัดเก็บของเสียอันตรายเพื่อรอการจัดเก็บโดยมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป
- จัดทำรายงาน ประเภท ชนิด และปริมาณ ของขยะอันตราย เสนอต่อคณะฯ และต่อ

มหาวิทยาลัยฯ

- ประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในมหาวิทยาลัยมหาสารคาม และหน่วยงานภายนอกในการจัดการขยะอันตรายของห้องปฏิบัติการ

- จัดกิจกรรมหรือโครงการเพื่อณรงค์ ปลุกฝัง และกระตุ้นให้มีการทิ้งขยะอันตรายอย่างถูกต้อง และเพื่อส่งเสริมให้เกิดการจัดการขยะอันตรายอย่างเป็นระบบ
  - จัดทำรายงานการดำเนินงาน ปัญหาและอุปสรรค และเสนอแนะการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคที่พบ
  - จัดทำรายงานการแก้ไขปัญหาที่พบในการดำเนินการ
- (7) งานบริการวิชาการและวิจัย
- พัฒนาฐานข้อมูลบริการวิชาการในรูปแบบเอกสารและออนไลน์
  - ประชาสัมพันธ์งานบริการวิชาการสู่หน่วยงานภายนอก
  - งานภายใต้ กพร. และประกันคุณภาพการศึกษา ระดับคณะ (ส่วนงานบริการวิชาการ โดยรับผิดชอบร่วมกับ ฝ่ายสนับสนุนบริหารงานบริการวิชาการ คนที่ 2)
  - บริหารงบประมาณเพื่อสนับสนุนศูนย์หรือหน่วยบริการวิชาการ
  - กำกับ ติดตามให้เป็นไปตามมติที่ประชุม (เฉพาะส่วนงานบริการวิชาการที่เกี่ยวกับ ศูนย์หรือหน่วยบริการวิชาการ)

#### 2.4.1 การวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม ของนักวิทยาศาสตร์ จะปฏิบัติวิเคราะห์เมื่อได้รับการขอความอนุเคราะห์ให้ดำเนินการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นงานที่ต้องใช้ความชำนาญในการปฏิบัติงาน เนื่องจากตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อมนั้นมีความหลากหลาย เช่น ตัวอย่างดิน ตัวอย่างน้ำ ตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดิน ตัวอย่างพืช เป็นต้น ซึ่งการวิเคราะห์ตัวอย่างแต่ละครั้งจะต้องปฏิบัติงานโดยมีขั้นตอนในการปฏิบัติ ดังนี้

- 1) ได้รับเรื่องขอความอนุเคราะห์ให้ตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อม
- 2) นักวิทยาศาสตร์จะดำเนินการติดต่อผู้ขอความอนุเคราะห์เพื่อสอบถามรายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น วัตถุประสงค์ของการตรวจวัด วันเก็บตัวอย่าง จำนวนตัวอย่างที่ต้องการใช้ในการวิเคราะห์ และจะแจ้งวันรับผลการวิเคราะห์ต่อผู้ขอความอนุเคราะห์ เป็นต้น
- 3) ทำการเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ให้เหมาะสมกับจำนวนตัวอย่างที่ได้รับ โดยต้องคำนึงถึงปริมาณที่ใช้งานที่แท้จริง ซึ่งไม่ควรเตรียมสารเคมีในปริมาณมากเกินไป เพราะสารละลาย หรือสารที่ใช้ทดสอบที่เตรียมหลายๆ ชนิด มีอายุการใช้งานสั้น บางชนิดเมื่อเตรียมเสร็จจะต้องใช้ให้หมด ไม่สามารถเก็บไว้เพื่อใช้ในครั้งต่อไปได้ นอกจากนี้ยังช่วยให้ประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อสารเคมีเหล่านั้นด้วย
- 4) ทำการเตรียมวัสดุเครื่องแก้วให้สะอาด เพื่อลดการปนเปื้อนของภาชนะจากการใช้งานก่อนหน้านี้
- 5) เตรียมความพร้อมของครุภัณฑ์ที่ใช้ในการเตรียมสารเคมี และการวิเคราะห์ เช่น การปรับเทียบเครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง หรือค่า pH การปรับเทียบเครื่องชั่งตามระยะเวลาที่เหมาะสม การปรับเทียบเครื่อง AAS ตามกำหนด (ปีละ 1 ครั้ง) เป็นต้น

- 6) การวิเคราะห์ตัวอย่างตามวิธีมาตรฐาน ซึ่งจะขอกล่าวในบทต่อไป
- 7) การจัดทำรายงานผลการวิเคราะห์
- 8) การส่งผลวิเคราะห์แก่ผู้ขอความอนุเคราะห์

## บทที่ 3

### หลักเกณฑ์วิธีการปฏิบัติงาน

ในการปฏิบัติงานด้านการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS นั้น มีหลักเกณฑ์หลายข้อที่ผู้ปฏิบัติงานจะต้องคำนึงถึง เพื่อให้ได้มาซึ่งผลวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือ ดังนั้นแม้เป็นการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีจำนวนน้อยๆ หรือจำนวนมาก วิธีปฏิบัติในการวิเคราะห์ตัวอย่างแล้วแต่ใช้หลักเกณฑ์เดียวกันในการวิเคราะห์ ซึ่งหลักเกณฑ์การปฏิบัติงาน ประกอบด้วย ความรู้เบื้องต้นที่ผู้วิเคราะห์จะต้องทราบเมื่อจะต้องวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่าง มีดังต่อไปนี้

- 1) หลักเกณฑ์การปฏิบัติงาน
- 2) วิธีปฏิบัติงาน
- 3) ข้อควรระวังและสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการปฏิบัติงาน
- 4) แนวคิด/ทฤษฎีหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 3.1 หลักเกณฑ์การปฏิบัติงาน

มีปัจจัยหลายๆ ปัจจัยที่ผู้ปฏิบัติงานจะต้องให้ความใส่ใจ ตั้งแต่ขั้นตอนการทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ การเลือกใช้สารเคมีที่ถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์ของงาน การเตรียมสารละลายมาตรฐานที่เหมาะสม การเลือกวิธีการเตรียมตัวอย่างที่เหมาะสม ตลอดจนการดูแลรักษาสภาพของเครื่องวิเคราะห์ และการปรับเทียบสอบเทียบเครื่องมือ เหล่านี้ล้วนแล้วแต่ส่งผลถึงความแม่นยำของผลการตรวจวัดทั้งสิ้น

ตัวอย่างที่จะนำมาตรวจวัดจะต้องเป็นสารละลายที่มีลักษณะใส ไม่มีตะกอน และในการใช้งานเครื่อง AAS นั้น ผู้ใช้งานจะต้องมีความรู้ความชำนาญในการใช้งานเครื่อง โดยสามารถขอรับการฝึกอบรมการใช้งานเครื่องได้ที่เจ้าหน้าที่ประจำเครื่องมือ หรือศึกษาด้วยตนเองจากคู่มือการใช้งาน เป็นต้น ในการเตรียมความพร้อมด้านต่างๆ เพื่อปฏิบัติงานในการวิเคราะห์โลหะหนัก มีดังต่อไปนี้

##### 3.1.1) เนื้อหาและความรู้ต่างๆ ที่ใช้ในการปฏิบัติ

###### 1. หลักการทำความสะอาดเครื่องแก้ว

การล้างเครื่องแก้ว (Basic cleaning concepts) โดยเฉพาะเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย นับเป็นสิ่งที่ไม่ควรมองข้าม เพราะส่งผลโดยตรงต่อความถูกต้องของผลการทดสอบ เพราะผลการทดสอบที่ผิดพลาดนั้น อาจเกิดจากการรวมตัวของสารเคมีที่ติดอยู่บนเครื่องแก้ว และสารเคมีตัวใหม่ที่ใส่ลงไป เกิดผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซพิษ (Toxic gas) หรือเกิดปฏิกิริยารุนแรงระเบิดได้ (Explosion)

การสังเกตอย่างง่ายด้วยตาเปล่าว่าเครื่องแก้วสะอาดหรือไม่ สามารถสังเกตได้จากลักษณะของหยดน้ำที่เกาะบนเครื่องแก้ว หากมีหยดน้ำเกาะเครื่องแก้วลักษณะเป็นหยด แสดงว่าเครื่องแก้วนั้นไม่สะอาด หากน้ำที่เกาะมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ แสดงว่าแก้วนั้นสะอาด

จะเห็นได้ว่าเครื่องแก้วมีความจำเป็นต้องทำความสะอาดก่อนใช้งานเสมอ แต่ก็ไม่ควรใช้เวลาในการทำความสะอาดนานเกินไป หรือทำความสะอาดผิดวิธี จะทำให้เสียเวลา เสียค่าใช้จ่ายโดยใช่เหตุ จึงจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการทำความสะอาด เหมือนกับจำเป็นต้องรู้ขั้นตอนต่างๆ ในการใช้เครื่องมือต่างๆ ด้วย กล่าวคือ สารเคมีประเภทกรดมักจะใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์ที่ติดอยู่บนเครื่องแก้ว และสารเคมีประเภทเบสจะใช้สำหรับกลั้วสะเทินกรดที่เหลือในขั้นตอนสุดท้าย นอกจากนั้นในการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณสารที่มีความเข้มข้นน้อยๆ (0.001 พีพีเอ็ม) โดยเครื่องมือที่มีความละเอียดสูง จะต้องมีระบบการล้างที่พิเศษกว่าปกติ

การทำทำความสะอาดเครื่องแก้ว (Cleaning glassware) มีหลายขั้นตอนด้วยกัน ขึ้นอยู่กับสิ่งสกปรกหรือสิ่งเจือปน เช่น ถ้าสิ่งสกปรกสามารถทำความสะอาดได้ด้วยน้ำยาล้างจานและน้ำ อย่างน้อยก็มี 2 ขั้นตอนหรือมากกว่า คือ ล้างด้วยน้ำยาล้างจาน ตามด้วยล้างด้วยน้ำประปา สุดท้ายกลั้วด้วยน้ำกลั่น และตากแห้ง หรือถ้ามีเศษวัสดุติดอยู่ที่แก้ว ก็ให้ใช้แปรงหรือผ้าเช็ดสิ่งสกปรกนั้นออกก่อน แล้วจึงทำการล้างตามปกติ เช่นเดียวกันหากมีการทากรีส (Grease) หรือวาสลีนกับเครื่องแก้วจะต้องกำจัดกรีสออกก่อนโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ หลังจากนั้นจึงทำการล้างตามปกติ

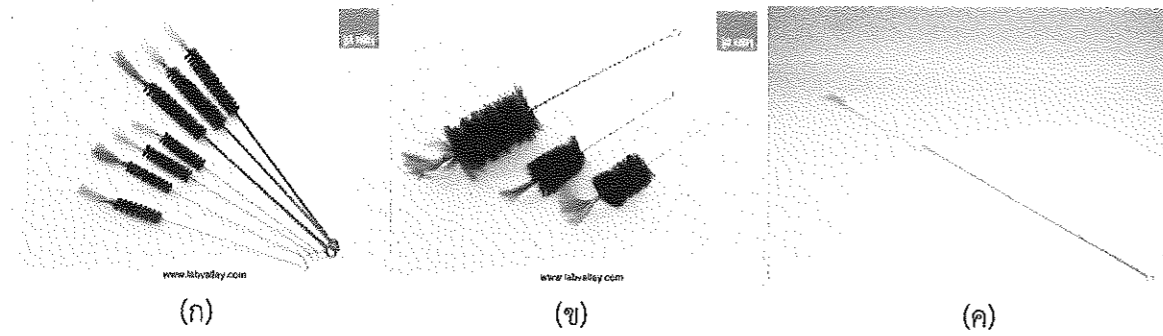
ในบางครั้งเครื่องแก้วมีความสกปรกมากเนื่องจากสิ่งสกปรก และการเกาะติดผิวเครื่องแก้วอย่างเหนียวแน่น จำเป็นต้องละลายผิวแก้วออกบางส่วน เรียกว่า Stripping โดยใช้กรดกัดแก้ว เป็นต้น เพื่อกำจัดสิ่งสกปรก ผลที่ตามมาคือแก้วจะบาง อายุการใช้งานจะสั้นลง โดยมากจะทำการ Stripping กับเครื่องแก้วที่ไม่ใช้ในการวัดปริมาตร เช่น ปีกเกอร์ ส่วนแก้วที่ใช้ในการวัดปริมาตรจะไม่ใช้วิธีนี้เพราะจะทำให้ปริมาตรเปลี่ยนไปต้องทำการปรับเทียบมาตรฐานใหม่จึงจะนำมาใช้งานได้

จากที่กล่าวมาทั้งหมด การล้างเครื่องแก้วจึงเป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ เราจำเป็นต้องรู้ว่าสิ่งสกปรกคืออะไร และจะละลายสิ่งสกปรกนั้นด้วยสารใด โดยหลักการละลายทั่วไปที่พูดติดปากกันว่า “Like dissolves like” นั้นหมายความว่าสารที่จะละลายกันได้จะมีคุณสมบัติของควมมีขั้วคล้ายกัน เช่น สารที่มีขั้วจะละลายได้ดีกับสารที่มีขั้ว ส่วนสารที่ไม่มีขั้วจะละลายได้ดีกับสารที่ไม่มีขั้ว

ในการล้างทำความสะอาดเครื่องแก้วนั้น อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำทำความสะอาดเครื่องแก้วก็เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญ ที่ช่วยให้การทำความสะอาดเครื่องแก้วมีประสิทธิภาพมากขึ้น

#### 1) อุปกรณ์ที่ใช้ทำความสะอาดเครื่องแก้ว

##### 1.1) แปรงทำความสะอาด



ภาพประกอบ 3.1 แปรงทำความสะอาดเครื่องแก้ว

ก : แปรงทำความสะอาดหลอดทดสอบ (Test Tube Brush)

ข.แปรงทำความสะอาดฟลาสก์ (Flask Brush) ค.แปรงทำความสะอาดบิวเรตต์ (Buret Brush)

ที่มาภาพ : ก และ ข จาก <http://www.labvalley.com/product>

ที่มาภาพ : ค จาก <http://www.aliexpress.com/popular/burette-brush.html>

แปรงทำความสะอาด (Brush) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้คู่กับการล้างทำความสะอาดเครื่องแก้ว ซึ่งจะต้องเลือกใช้แปรงทำความสะอาดเครื่องแก้วให้เหมาะสมกับลักษณะของเครื่องแก้ว เช่น Test Tube Brush ใช้สำหรับทำความสะอาดหลอดทดสอบ Flask Brush ใช้สำหรับทำความสะอาดขวดปริมาตร และ Burette Brush ที่มีลักษณะเป็นแปรงก้านยาวใช้สำหรับทำความสะอาดบิวเรตต์ การใช้แปรงล้างเครื่องแก้วต้องระมัดระวังให้มาก อย่าถูแรงเกินไป เนื่องจากก้านแปรงเป็นโลหะเมื่อไปกระทบกับแก้วอาจทำให้แตกและเกิดอันตรายได้

## 2) การล้างทำความสะอาดเครื่องแก้ว

ก่อนนำเครื่องแก้วไปใช้งานทุกครั้ง นักวิทยาศาสตร์มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญกับความสะอาดของเครื่องแก้ว โดยเฉพาะเครื่องแก้วที่มีการใช้งานที่หลากหลาย จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดำเนินการล้างทำความสะอาดก่อนใช้งานอย่างถูกวิธี เพื่อลดข้อผิดพลาดเกี่ยวกับความสกปรก และสารปนเปื้อนที่ติดกับเครื่องแก้วเหล่านั้น การล้างทำความสะอาดเครื่องแก้วมีหลายแบบหลายวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะของความสกปรก และสิ่งเจือปนบนเครื่องแก้ว สารที่ใช้ในการทำความสะอาดจึงมีหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะมีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดคราบสกปรกได้แตกต่างกัน เช่น การทำความสะอาดปิเปตต์ จะทำได้ยากเนื่องจากไม่สามารถนำแปรงล้างเครื่องแก้ว เข้าไปภายในปิเปตต์ได้ จึงต้องอาศัยการแช่ด้วยสารละลายที่ใช้ทำความสะอาดเครื่องแก้ว เป็นต้น ในการเตรียมสารละลายที่ใช้ทำความสะอาดเครื่องแก้วนี้ จำเป็นต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ ต้องมีอุปกรณ์ความปลอดภัยให้ครบ เช่น ถุงมือ แว่นตา และระบบระบายอากาศ เพราะใช้สารเคมีที่อันตรายมากพอสมควร





ภาพประกอบ 3.2 ภาพการล้างเครื่องแก้ว

### 3) สารละลายทำความสะอาดเครื่องแก้ว

3.1) สารละลายไดโครเมต-กรดซัลฟิวริก เตรียมได้โดยการผสมโซเดียมไดโครเมต ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 92 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 458 มิลลิลิตร จากนั้นค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  conc.) ปริมาณ 800 มิลลิลิตร คนด้วยแท่งแก้วจนกระทั่งสารละลายเข้ากันดี จะได้สารละลายสีแดง ระหว่างการเทกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงไป สารละลายจะมีความร้อนเกิดขึ้นในปริมาณมาก จะต้องคนด้วยแท่งแก้วคนสลับกับการเทกรดลงไป หลังจากเตรียมเสร็จแล้วทิ้งไว้ให้เย็นก่อนใช้งาน

3.2) สารละลายกรดไนตริกเจือจาง ที่มีความเข้มข้นประมาณ 10 % ใช้ทำความสะอาดเครื่องแก้วต่างๆ ที่มีลักษณะเป็นผ้า โดยการแช่ด้วยกรดไนตริกเจือจาง แล้วล้างออกด้วยน้ำสะอาด

3.3) สารละลายกรดกัดทอง กรดกัดทองทำได้โดยการผสมกรดเกลือ (HCl) และกรดไนตริกเข้มข้น ( $\text{HNO}_3$ ) ในอัตราส่วน 3:1 โดยปริมาตร

3.4) สารละลายโพแทสเซียมหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ในแอลกอฮอล์ (KOH หรือ NaOH ใน alcohol) เตรียมได้โดยละลาย NaOH 120 กรัม หรือ KOH 150 กรัม ในน้ำกลั่น 120 มิลลิลิตร จากนั้นเติมเอทานอล ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) ความเข้มข้น 95% ลงไปเพื่อทำให้มีปริมาตรเป็น 1 ลิตร

3.5) สารละลายไตรโซเดียมฟอสเฟต ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) เตรียมได้โดยละลาย  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  57 กรัมและโซเดียมโอเลอเตด 28.5 กรัม ในน้ำกลั่น 470 มิลลิลิตร เหมาะสำหรับการกำจัดสารพวกคาร์บอน

## 2. หลักการเตรียมสารเคมีเพื่อการวิเคราะห์

การจำแนกสารเคมีตามคุณภาพ สารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ตามคุณภาพ คือ

1) สารเคมีสำหรับการวิจัยหรือการทดลองเฉพาะอย่าง สารเคมีประเภทนี้มีเปอร์เซ็นต์

ความบริสุทธิ์สูงมาก มีราคาแพงกว่าสารเคมีทั่วไป ใช้สำหรับการวิจัยหรือการทดลองเฉพาะอย่างตามวัตถุประสงค์ที่ผลิตสารนั้นขึ้นมา โดยจะมีเกรดระบุไว้ที่ฉลากภาชนะบรรจุสารเคมี ตัวอย่างของสารเคมีประเภทนี้ ได้แก่

1.1) Spectrophotometric Grade เป็นสารเคมีที่เป็นสารมาตรฐานสำหรับใช้งานกับเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer หรือเป็นสารเคมีที่เป็นตัวทำลายสำหรับการวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer หรือเป็นตัวทำลาย และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Infrared Spectrophotometer เป็นต้น

1.2) Chromatographic Grade เป็นสารเคมีที่เป็นสารมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์โดยใช้ Gas Chromatography หรือเป็นตัวทำลายสำหรับการใช้งานเครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

1.3) Pesticide Grade (Nanograde, for Residue Analysis) เป็นตัวทำลายในการวิเคราะห์ปริมาณตกค้างของสารฆ่าแมลง

1.4) Scintillation Grade เป็นสารเคมีที่ใช้ในงานวิเคราะห์ทางเรดิโอเคมี (Radiochemistry) โดยใช้เครื่อง Liquid Scintillation Counter

1.5) Ultra-pure Grade เป็นสารเคมีความบริสุทธิ์สูงมากมีปริมาณสิ่งเจือปนในระดับต่ำมาก เช่น ระดับพีพีเอ็ม (PPM)

## 2) สารเคมีสำหรับการวิจัยหรือการทดลองทั่วไป

สารเคมีประเภทนี้นิยมใช้ทั่วไปในห้องปฏิบัติการ สามารถแยกเกรดตามระดับความบริสุทธิ์ออกได้เป็น 3 เกรด ดังนี้

2.1) เกรดอุตสาหกรรม (technical grade หรือ commercial grade) สารเคมีเกรดนี้มีความบริสุทธิ์ต่ำ ผู้ผลิตมักไม่รับรองปริมาณสารปนเปื้อน ขนาดบรรจุมีปริมาณมาก และราคา ต่อหน่วยน้ำหนักหรือปริมาตรถูกกว่าสารในเกรดอื่น สารเคมีในเกรดนี้ควรใช้เมื่อความบริสุทธิ์หรือสารปนเปื้อน ไม่มีผลเสียต่อการวิเคราะห์ เช่น ใช้เป็นสารดูดความชื้น ใช้เป็นสารทำความสะอาดเครื่องแก้ว หรือใช้เป็นตัวทำลาย ในบางกรณี เป็นต้น นอกจากนี้ควรพิจารณาใช้เมื่อจำเป็นต้องใช้สารเคมีชนิดนั้นปริมาณมาก และสามารถนำมาทำให้บริสุทธิ์ได้ง่ายในห้องปฏิบัติการ สารเคมีในเกรดนี้ไม่ควรใช้เป็นสารทำปฏิกิริยา (Reagent) เพื่อการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

2.2) เกรดห้องปฏิบัติการ (Laboratory reagent grade ย่อ LR grade) สารเคมีในเกรดนี้ผู้ผลิตรับรองความบริสุทธิ์ และปริมาณสูงสุดของสารปนเปื้อน สารเคมีในเกรดนี้มีความบริสุทธิ์สูงพอที่จะใช้เป็นสารทำปฏิกิริยาโดยทั่วไป แต่ไม่เหมาะที่จะใช้เป็นสารมาตรฐานปฐมภูมิ

2.3) เกรดวิเคราะห์ (Analytical reagent grade ย่อ AR grade) สารเคมีในเกรดนี้มีความบริสุทธิ์สูงกว่าสารในเกรดห้องปฏิบัติการ และอาจมีราคาแพงกว่า (ราคาสารเคมี ในประเทศไทยไม่ได้

ขึ้นอยู่กับต้นทุนการผลิตแต่เพียงอย่างเดียว บางครั้งสาร AR grade และ LR grade มีราคาเท่ากัน) สาร AR grade เหมาะที่จะใช้ป็นสารทำปฏิกิริยาและสารมาตรฐานปฐมภูมิ

### 3) ข้อควรปฏิบัติในการใช้สารเคมี

สารเคมีแต่ละขวดมักใช้หลายครั้งกว่าจะหมด ถึงแม้สารที่ซื้อมาจะมีความบริสุทธิ์สูงเพียงใด หากไม่ระวังการปนเปื้อน ขณะแบ่งใช้แต่ละครั้ง การใช้งานในครั้งต่อไปก็อาจมีปัญหาได้ ดังนั้นในการใช้สารเคมีควรปฏิบัติดังนี้

3.1) ควรปิดฝาขวดทันทีหลังใช้เสร็จ อย่างคิดว่าจะมีผู้มาใช้ต่อจากเรา การปิดฝาขวดควรปิดให้แน่นทุกครั้ง ไม่ควรปิดไว้อย่างหลวม ๆ หรือวางฝาครอบไว้เฉยๆ สารที่ดูดความชื้นได้ง่าย เช่น NaOH หรือ  $CaCl_2$  จะจับตัวเป็นก้อนแข็ง หรือเยิ้มเหลวหากปล่อยทิ้งไว้ให้สัมผัสกับอากาศ สารที่ระเหยง่าย เช่น HCl หรือ  $NH_4OH$  ความเข้มข้นจะลดลง และไอที่ระเหยออกมาอาจไปทำปฏิกิริยากับสารอื่นที่อยู่ใกล้เคียง

3.2) ฝาขวดที่เปิดออกควรวางบนพื้นโต๊ะที่สะอาด และระวังไม่ให้ส่วนที่จะสัมผัสกับปากขวดแตะพื้นโต๊ะ หากเป็นไปได้ควรหีบไว้ระหว่างนิ้ว หรือใช้กระดาษรองก่อนวางบนพื้นโต๊ะ

3.3) การตักแบ่งสารที่เป็นของแข็ง จะต้องใช้ช้อนที่แน่ใจว่าสะอาดตักสารออกจากขวด และตักออกใน ปริมาณที่จำเป็นต้องใช้เท่านั้น หากสารจับตัวเป็นก้อนแข็ง ปิดฝาให้แน่นแล้วเขย่าขวดแรง ๆ หรือ เคาะกับขอบโต๊ะเบาๆ เพื่อให้สารแตกเป็นก้อนเล็กๆ ก่อนตัก ไม่ควรใช้มีดหรือของมีคมอื่นใดสอด เข้าไปในขวด เพื่อให้ก้อนของสารแตกออก ห้องปฏิบัติการที่เคร่งครัดกับความบริสุทธิ์ของสาร อาจไม่ยินยอมให้ใช้ช้อนตักสารจากขวดโดยตรง แต่จะต้องเทสารออกจากขวดใส่ภาชนะอื่น เช่น บีกเกอร์ โดยใช้มือเคาะขวดเบาๆ จากนั้นจึงตักแบ่งสารไปใช้ สารที่เหลือใช้อาจเก็บในโถแก้วดูดความชื้น เพื่อรอใช้ครั้งต่อไป หรือเททิ้งไป

3.4) สารที่เป็นของเหลว ไม่ควรใช้ปิเปตต์ดูดจากขวดโดยตรง ควรเทสารใส่บีกเกอร์ที่สะอาดในปริมาณที่มากกว่าต้องการใช้เล็กน้อย แล้วจึงใช้ปิเปตต์ดูดไปใช้หากเคร่งครัดกับการปนเปื้อน ควรทิ้งสารที่เหลือ หรือเทรวมไว้เพื่อใช้งานอื่นที่ไม่ต้องการความบริสุทธิ์มาก

3.5) อ่านฉลากให้แน่ใจว่าเป็นสารเคมีที่ต้องการใช้สารเคมีที่ผลิตจากบริษัทเดียวกัน มักบรรจุในขวดรูปทรงเดียวกัน จึงไม่ควรหยิบใช้โดยคิดว่าจำขวดได้

3.6) สารละลายที่เตรียมขึ้นควรปิดฉลาก หรือเขียนข้อความระบุชื่อ และความเข้มข้นให้ชัดเจน ฉลากที่ลบเลือน หรือฉีกขาดควรเปลี่ยนใหม่ทันที สารที่จำเป็นต้องเก็บไว้ในตู้เย็นฉลากอาจขึ้นหลุดได้ง่าย ควรปิดทับด้วยเทป พลาสติคใส หรือใช้ฉลากที่ไม่เปียกชื้น เมื่อเทสารที่เป็นของเหลวออกจากขวด ควรเทด้านตรงข้ามกับฉลากเสมอเพื่อป้องกันสารหกทำลายฉลาก

3.7) ระวังไม่ให้สารเคมีสัมผัสผิวหนัง หรือเข้าตา ควรสวมเสื้อคลุมเสมอขณะทำงานในห้องปฏิบัติการ ปฏิกิริยาที่รุนแรงควรทำในตู้ดูดควันและสวมแว่นตาป้องกันสารกระเด็นเข้าตา การถ่ายเทของเหลวที่มีฤทธิ์กัดกร่อน รุนแรงควรสวมถุงมืออย่างป้องกันมือ

3.8) ไม่ปิเปตต์สารโดยใช้ปากดูด ควรใช้ลูกยางดูดไม่ว่าสารนั้นจะมีพิษหรือไม่ การใช้ลูกยางนอกจากป้องกันสารพิษเข้าสู่ร่างกายแล้ว ยังป้องกันน้ำลาย และเหงื่อปนเปื้อนในกระบวนการวิเคราะห์อีกด้วย

3.9) ไม่ควรใช้สารเคมีมากกว่าที่กำหนด เพราะอาจทำให้ปฏิกิริยารุนแรงจน

ควบคุมไม่ได้หรือเกิดระเบิดขึ้นได้

3.10) ตู้เย็นที่ใช้เก็บสารเคมีไม่ควรเก็บอาหารและเครื่องดื่มร่วมด้วย

3.11) ไม่ทานอาหาร หรือสูบบุหรี่ในห้องปฏิบัติการอย่างเด็ดขาด เพื่อป้องกันการรับสารพิษเข้าสู่ร่างกายและขณะเดียวกันก็ป้องกันอาหารและควันบุหรี่ปนเปื้อนตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ด้วย นอกจากนี้บุหรี่ยังอาจเป็นสาเหตุให้เกิดไฟไหม้ได้ โดยเฉพาะห้องปฏิบัติการที่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์

3.12) การเจือจางกรดเข้มข้นควรเทกรดลงในน้ำ ห้ามทำสลับกัน (ข้อกำหนดนี้เป็นจริงกับกรดซัลฟูริก)

3.13) สารที่มีพิษมาก และสารก่อมะเร็งควรแยกเก็บต่างหาก และปิดป้ายเตือนอันตรายให้ชัดเจน

3.14) ไม่วางสารเคมีที่เกิดปฏิกิริยาระหว่างกันได้ง่ายไว้ใกล้กัน

3.15) ไม่ควรเก็บตัวทำละลายอินทรีย์ในห้องปฏิบัติการมากเกินไปจนความจำเป็น หากต้องใช้ปริมาณมากควรมีสถานที่เก็บแยกต่างหากจากห้องปฏิบัติการ สารที่เหลือจากการใช้แต่ละวันไม่ควรวางทิ้งค้างคืนไว้บนโต๊ะปฏิบัติการ

3.16) กรดเข้มข้นควรแยกเก็บต่างหาก และไม่ควรเก็บไว้ใกล้กับตัวทำละลายอินทรีย์

3.17) ตู้เก็บสารเคมีไม่ควรวางบริเวณทางเดินหรือใกล้ประตูเข้าออก สารเคมีที่เป็นของแข็งควรจัดเรียงอย่างเป็นหมวดหมู่ เพื่อสะดวกในการหยิบใช้และป้องกันการหยิบสารผิด

#### 4) ฉลากสารเคมี

ฉลากสารเคมีเป็นสิ่งที่ใช้ต้องทำความเข้าใจอย่างถี่ถ้วนเสียก่อน เพื่อป้องกันความผิดพลาดและอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยทั่วไปฉลากสารเคมีจะระบุถึงสิ่งต่อไปนี้ (ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2537)

4.1) บริษัทผู้ผลิต

4.2) ชื่อสารเคมี

4.3) เกรด

4.4) ปริมาณสุทธิของสารเคมีที่บรรจุในภาชนะ

4.5) สูตรโมเลกุลหรือสูตรโครงสร้างพร้อมมวลโมเลกุล

4.6) ข้อมูลเกี่ยวกับ

(1) ความบริสุทธิ์

(2) สิ่งเจือปน

(3) ข้อมูลอื่น ๆ เช่น จุดหลอมเหลว จุดเดือด ความถ่วงจำเพาะ ดัชนีหักเห

4.7) รหัสประจำสารเคมี รหัสประจำสารเคมีแต่ละตัวของแต่ละบริษัท หรือรหัสของการผลิตแต่ละครั้ง เพื่อประโยชน์ในการจัดซื้อหรือตรวจสอบ

4.8) รหัสแสดงอันตราย และรหัสความปลอดภัย เป็นตัวเลขรหัสให้สามารถตรวจสอบได้ว่าสารนั้นสามารถก่อให้เกิดอันตรายอะไรได้บ้าง และมีข้อควรปฏิบัติเพื่อป้องกันอันตรายอย่างไร

ตารางที่ 3.1 แสดงชนิดสารและความหมาย

ชนิดสาร	หมายถึง
สารติดไฟ (Flammable)	ของแข็งที่ติดไฟได้เองเมื่อสัมผัสอากาศ ก๊าซไวไฟ ของเหลว ไวไฟ มีอุณหภูมิจุดวาบไฟ (Flash point) ต่ำ และของแข็งที่ไวต่อความชื้น เกิดก๊าซที่ไวไฟมากเมื่อสัมผัสกับน้ำความชื้น ข้อควรระวังของสารติดไฟคือ หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับความร้อน เปลวไฟ ประกายไฟ การสัมผัสอากาศหรือความชื้น
สารที่ก่อให้เกิดการติดไฟ (Oxidizing)	สารเคมีที่ให้ออกซิเจนออกมาช่วยการเผาไหม้ สามารถก่อให้เกิดการลุกไหม้เมื่อสัมผัสกับสารที่ติดไฟได้ ดังนั้นควรเก็บให้ห่างจากสารไวไฟหรือสารที่ติดไฟได้ง่าย
สารที่ก่อให้เกิดการระเบิด (Explosive)	สารเคมีที่อาจก่อให้เกิดการระเบิดเมื่อได้รับความร้อน การสั่นสะเทือน การเสียดสี หรือมีเปลวไฟ ประกายไฟ ควรหลีกเลี่ยงการได้รับความร้อน การสั่นสะเทือน การเสียดสี หรือมีเปลวไฟและประกายไฟ สำหรับสารที่บรรจุโดยถูกทำให้เปียกเพื่อลดอันตรายในข้อนี้ ต้องระวังอย่าให้สารแห้ง
สารกัดกร่อน (Corrosive)	คือสารเคมีที่มีอำนาจกัดกร่อนทำลายอย่างรุนแรง เมื่อสัมผัสกับสารหรือไอของสาร ข้อควรระวังคือ ไม่สูดดมไอของสารประเภทนี้ หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับ ผิวหนัง ดวงตา หรือเสื้อผ้า
สารระคายเคือง (Irritant)	คือสารเคมีที่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบหายใจ ผิวหนัง หรือเนื้อเยื่อโดยไม่มีผลที่รุนแรง อาจเห็นผลเมื่อสัมผัสหลาย ๆ ครั้ง ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการสูดไอหรือละอองสาร และหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับผิวหนังหรือดวงตา
สารอันตราย (Harmful)	คือสารเคมีที่ก่อให้เกิดอันตรายเมื่อเข้าสู่ร่างกายทางระบบทางเดินหายใจ ทางเดินอาหาร หรือการดูดซึมทางผิวหนัง ควรหลีกเลี่ยงการสูดไอของสาร และการสัมผัสร่างกาย ถ้าสัมผัสสารเคมีและรู้สึกไม่ปกติควรไปพบแพทย์
สารพิษ (Toxic)	คือสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อชีวิต เมื่อเข้าสู่ร่างกายไม่ว่าจะเป็นทางระบบทางเดินหายใจ ระบบทางเดินอาหาร หรือดูดซึมทาง

ตารางที่ 3.1 แสดงชนิดสารและความหมาย (ต่อ)

ชนิดสาร	หมายถึง
สารกัมมันตรังสี (Radioactive)	ผิวหนังอาจแสดงพิษอย่างเฉียบพลัน หรือมีการสะสมในร่างกายจนถึงระดับหนึ่งจึงจะแสดงอาการออกมา ควรหลีกเลี่ยงการสูดไอของสาร และการสัมผัสร่างกาย ไปพบแพทย์เมื่อสัมผัสวัสดุสารเคมี คือสารเคมีที่ให้กัมมันตภาพรังสีออกมาในปริมาณที่มากกว่า 0.002 ไมโครคูรีต่อกรัม ควรเก็บสารนี้ในภาชนะที่เหมาะสมและมิดชิด หลีกเลี่ยงการอยู่ในบริเวณที่มีสารกัมมันตรังสีโดยไม่จำเป็น สวมหน้ากาก ถุงมือยาง และเสื้อคลุมเมื่อใช้สารประเภทนี้

## 5) การเก็บสารเคมี

การเก็บสารเคมีเป็นเรื่องที่มีปัญหาอยู่มาก เนื่องจากสารเคมีมีอยู่จำนวนมากและมีสมบัติแตกต่างกัน สารเคมีบางชนิดยังอาจก่อให้เกิดอันตรายได้หลายอย่าง ดังนั้นในการเก็บจึงต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของสารนั้นๆ เสียก่อน อย่างไรก็ตามพอจะมีแนวทางที่เป็นข้อเสนอแนะกว้างๆ ดังนี้ (ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2537)

5.1) สถานที่เก็บ ต้องเป็นที่ที่มีอากาศถ่ายเทได้ดี เย็น มีบริเวณมิดชิดเพื่อความปลอดภัย และควรอยู่ห่างจากบริเวณอื่น มีชั้นสำหรับวางและเก็บสารเคมีให้เป็นระเบียบ นอกจากนี้ยังต้องมีอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย เช่น อุปกรณ์ดับเพลิงที่เหมาะสม อ่างน้ำ ที่ล้างตา อุปกรณ์สำหรับการเคลื่อนย้ายสารเคมี ค่าเตือนอันตรายต่าง ๆ ตามบริเวณอันตราย วิธีและอุปกรณ์การปฐมพยาบาลสำหรับผู้ได้รับอันตราย

## 5.2) วิธีเก็บ ต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

- (1) แยกเก็บสารเคมีแต่ละชนิดตามอุณหภูมิและสภาวะที่เหมาะสม เช่น เก็บไว้ในที่มืด ที่เย็น หรือที่แห้ง
- (2) จัดชั้นสำหรับวางสารเคมีให้เป็นสัดส่วน มีระเบียบ
- (3) สารเคมีที่มีการใช้งานมาก มีปริมาณที่ต้องเก็บมาก เช่น กรดต่าง ๆ หรือตัวทำละลายอินทรีย์ อาจจัดชั้นแยกไว้ให้ เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการใช้งานหรือตรวจสอบ
- (4) สารกัมมันตรังสี แยกเก็บไว้ต่างหากและมีภาชนะเก็บมิดชิดป้องกันกัมมันตภาพรังสีรั่วไหล
- (5) สารเคมีจำพวกก๊าซ ให้จัดวางในแนวตั้งและมีอุปกรณ์ป้องกันการล้ม และจะต้องเก็บไว้ให้ห่างจากสารไวไฟ
- (6) แยกเก็บสารเคมีไวไฟไว้ในที่ปลอดภัยและระวังเรื่องความร้อน เปลวไฟ และไฟฟ้า

(7) ไม่เก็บสารเคมีที่เป็นตัวออกซิไดส์ ไวไฟ และสารเคมีที่ระเบิดได้ไว้ในบริเวณเดียวกัน

(8) สารเคมีที่มีปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำ เช่น โลหะอัลคาไล โลหะไฮไดรด์ จะต้องเก็บในบริเวณที่ห่างจากน้ำ และบริเวณที่ชื้น

(9) มีบัญชีบันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับสถานที่เก็บ ปริมาณสารที่มีอยู่เดิม ที่จ่ายออกไป แหล่งที่จ่ายออกไป และปริมาณที่เหลือ ซึ่งจะ เป็นประโยชน์ต่อการจัดหา หรือการหมุนเวียนหยิบยืมมาใช้งาน

(10) การรักษาความสะอาด เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการเก็บสารเคมี เมื่อมีสารเคมีตกหล่นอยู่บริเวณใด จะต้องทำความสะอาดทันที เพราะการปล่อยทิ้งไว้จะทำให้เกิดอันตราย เนื่องจากสารเคมีอาจทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ ที่อยู่บริเวณรอบๆ นั้น หรือระเหยเป็นไอหรือฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศ ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ห้องทดลอง ตลอดจนผู้ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงด้วย

การรักษาความสะอาดของห้องเก็บสารเคมี จะช่วยให้การทำงานในห้องปฏิบัติการมีความปลอดภัยสูง นอกจากนี้การกำจัดสารเคมีที่ใช้แล้ว ที่เหลือใช้และที่ตกหล่นที่เหมาะสมเป็นการลดอันตรายต่อผู้ใช้ ภาชนะ อุปกรณ์ เครื่องมือวิทยาศาสตร์และสิ่งอื่นๆ ที่มีในห้องปฏิบัติการ

#### 6) หลักการการเลือกใช้สารเคมีให้เหมาะสมกับลักษณะงาน

การเลือกใช้สารเคมีให้เหมาะสมกับลักษณะงานนั้นจำเป็นอย่างยิ่ง โดยจะต้องพิจารณาทั้งคุณภาพและราคาของสารเคมี การใช้สารเคมีที่มีคุณภาพดีเกินไปย่อมหมายถึงการสิ้นเปลืองเงินโดยไม่คุ้มค่า ในมุมกลับกันการใช้สารเคมีที่มีคุณภาพต่ำเกินไปก็จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนหรือผิดไปจากที่ควรจะเป็น ในงานวิจัยที่ต้องการความถูกต้องสูง และเน้นถึงการวิเคราะห์ทางปริมาณจำเป็นต้องใช้สารเคมีที่บริสุทธิ์มาก แต่สำหรับงานทดลองในงานวิจัยที่ต้องการศึกษาเพียงด้านคุณภาพ และเป็นการศึกษาเพียงเพื่อต้องการทราบการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้น ก็ไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีที่มีความบริสุทธิ์สูง อาจใช้สารเคมีเกรดการค้าก็เพียงพอแล้ว

#### 7) หลักการเตรียมสารเคมี

ในการเตรียมสารเคมีต่างๆ เพื่อการวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม นั้น สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์มักเป็นสารละลาย ดังนั้นในการเตรียมสารละลายต่างๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผู้เตรียมสารเคมี จึงต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเทคนิคการเตรียมสารละลายต่างๆ ด้วย เช่น หน่วยหรือตัวย่อต่างๆ ที่ใช้ในเตรียมสารเคมี หน่วยของความเข้มข้นของสารละลาย เป็นต้น

การเตรียมสารละลาย หมายถึง การเตรียมสารละลายโดยนำตัวถูกละลายมาเติมตัวทำละลายให้ได้ปริมาตรและความเข้มข้นตามต้องการ และในการเตรียมต้องทราบ ความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลาย การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักนั้นจำเป็นต้องใช้สารละลายที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนซึ่งเรียกว่า สารละลายมาตรฐาน ดังนั้นการชั่งสารให้ทราบค่าอย่างละเอียด

การเตรียมสารละลายด้วยวิธีการที่ถูกต้องและมีความแม่นยำจึงเป็นเรื่องสำคัญ แต่มีสารบางชนิดอาจขังให้แม่นยำได้ยาก เนื่องจากสารเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือทำปฏิกิริยากับสารที่เป็นองค์ประกอบกับสารในบรรยากาศ เช่น น้ำ เมื่อนำมาเตรียมสารละลายจึงได้สารละลายที่มีความเข้มข้นไม่ถูกต้องด้วย การเตรียมสารละลายของสารชนิดนี้ให้ได้ความเข้มข้นตามต้องการ ทำได้โดยนำสารละลายของสารชนิดนี้ที่ทราบปริมาตรแน่นอนมาไทเทรต หรือทำปฏิกิริยากับสารละลายมาตรฐานอีกชนิดหนึ่งซึ่งเรียกว่า สารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ เมื่อทราบปริมาตรและความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิแล้วจะสามารถคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายที่เตรียมขึ้นได้ กระบวนการเตรียมสารละลายมาตรฐานดังกล่าวเรียกว่า การเทียบมาตรฐาน สารละลายที่ผ่านการเทียบมาตรฐานแล้วเรียกว่า สารละลายมาตรฐานทุติยภูมิ ซึ่งสามารถนำไปใช้วิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารละลายอื่นๆที่ไม่ทราบความเข้มข้นต่อไปได้ สารที่สามารถใช้เตรียมสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิต้องมีสมบัติดังนี้คือ ไม่ทำปฏิกิริยาหรือไม่ดูดซับสารในบรรยากาศ เช่น ไอน้ำ ออกซิเจน หรือคาร์บอนไดออกไซด์ ที่มีความบริสุทธิ์สูง มีมวลโมเลกุลหรือมวลสูตรสูง ละลายในตัวทำละลายได้ดีและไม่เป็นพิษ (ประเสริฐ, 2538)

#### 7.1 การใช้หน่วยวัดระบบเอสไอ (สุกัลยา, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์)

ระบบการวัดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันคือระบบหน่วยพื้นฐาน SI ซึ่งเป็นระบบ การวัดแบบเมตริก “SI” ย่อมาจากคำว่า “The international System of Units” ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อระบบการวัด ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปัจจุบันพบว่าระบบการวัดแบบ เมตริก “SI” เป็นที่ยอมรับทางการค้าระหว่างประเทศทั่วโลก ดังนั้นหน่วยงาน The American Nation Institute of Standards and Technology (NIST) จึงได้จัดทำ หนังสือ “Guide for the use of the Inter-national System Units (SI)” ซึ่งเป็นคู่มือ แนะนำการใช้ระบบหน่วย SI อย่างถูกต้องและเป็นสากล หน่วยวัดระบบเอสไอ (SI) ประกอบด้วย

(1) หน่วยพื้นฐานในระบบเอสไอ (SI Base Units) เป็น หน่วยการวัดพื้นฐานของหน่วยวัดอื่น ๆ ทั้งหมดซึ่งสามารถ สอบกลับได้ (Traceability) หน่วยพื้นฐานทั้ง 7 หน่วย ดังแสดงในตารางที่ 3.2

(2) หน่วยอนุพันธ์เอสไอ (SI Derived Units) หน่วยอนุพันธ์เกิดจากการ พิสูจน์ทางพีชคณิตระหว่างหน่วยพื้นฐาน หรือระหว่างหน่วยอนุพันธ์ ดังแสดงในตารางที่ 3.3

(3) คำนำหน้าหน่วยในระบบเอสไอ (SI Prefixes) คือ สัญลักษณ์ที่ถูกนำมาวางไว้หน้าหน่วยมีจุดประสงค์เพื่อให้การแสดงผลปริมาณมีความกะทัดรัดมากขึ้นสัญลักษณ์เหล่านี้จะเข้าไปคู่กับหน่วยจึงมีผลเท่ากับการเพิ่มหรือลดขนาดของหน่วยดังแสดงในตาราง 3.4



ตารางที่ 3.2 หน่วยพื้นฐานในระบบเอสไอ (SI Base Units)

เชิงปริมาณ (Quantity)	หน่วยพื้นฐาน (Base Unit)	สัญลักษณ์ (Symbol)
ความยาว (length)	เมตร (meter)	m
มวล (mass)	กิโลกรัม (kilogram)	kg
เวลา (time)	วินาที (second)	s
กระแสไฟฟ้า (electric current)	แอมแปร์ (ampere)	A
อุณหภูมิจลึง (thermodynamic temperature)	เคลวิน (Kelvin)	K
ปริมาณสาร (amount of substance)	โมล (mole)	mol
ความเข้มของการส่องสว่าง (luminous intensity)	แคนเดลา (candela)	cd

ที่มา : สุกัลยา, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์

ตารางที่ 3.3 หน่วยอนุพันธ์เอสไอ (SI Derived Units)

เชิงปริมาณอนุพันธ์ (Derived Quantity)	หน่วยอนุพันธ์ (Derived Unit)	สัญลักษณ์ (Symbol)
พื้นที่ (area)	ตารางเมตร (square meter)	$m^2$
ปริมาตร (Volume)	ลูกบาศก์เมตร (cubic meter)	$m^3$
อัตราเร็ว, ความเร็ว (speed, velocity)	เมตรต่อวินาที (meter per second)	$m \cdot s^{-1}$
ความเร่ง (acceleration)	เมตรต่อวินาทีกำลังสอง (meter per second squared)	$m \cdot s^{-2}$
ความหนาแน่นกระแส (current density)	แอมแปร์ต่อลูกบาศก์เมตร (ampere per cubic meter)	$A \cdot m^{-3}$
ความแรงสนามไฟฟ้า (electric field strength)	โวลต์ต่อเมตร (volt per meter)	$V \cdot m^{-1}$
การซึมผ่านได้ (permeability)	เฮนรีต่อเมตร (henry per meter)	$H \cdot m^{-1}$
ความเข้มข้นเชิงปริมาณสาร (amount-of-substance concentration)	โมลต่อลูกบาศก์เมตร (mole per cubic meter)	$mol \cdot m^{-3}$

ที่มา : สุกัลยา, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์

ตารางที่ 3.4 คำนำน้าหน่วยในระบบเอสไอ (SI Prefixes)

ตัวประกอบ (Factor)	ชื่อคำนำหน้าหน่วย (Prefix Name)	สัญลักษณ์ (Symbol)
$10^1$	เดคา (deka)	da
$10^2$	เฮกโต (hecto)	h
$10^3$	กิโล (kilo)	k
$10^6$	เมกะ (mega)	M
$10^9$	กิกะ (giga)	G
$10^{12}$	เทระ (tera)	T
$10^{15}$	เพตะ (peta)	P
$10^{18}$	เอกซะ (exa)	E
$10^{21}$	เซตตะ (zetta)	Z
$10^{24}$	ยอตตะ (yotta)	Y
$10^{-1}$	เดซี (deci)	d
$10^{-2}$	เซนติ (centi)	c
$10^{-3}$	มิลลิ (milli)	m
$10^{-6}$	ไมโคร (micro)	$\mu$
$10^{-9}$	นาโน (nano)	n
$10^{-12}$	พิโก (pico)	p
$10^{-15}$	เฟมโต (femto)	f
$10^{-18}$	อัตโต (atto)	a
$10^{-21}$	เซปโต (zepto)	z
$10^{-24}$	ยอกโต (yocto)	y

ที่มา : สุกัลยา, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์

## 7.2) หน่วยของความเข้มข้นของสารละลาย

ความเข้มข้นของสารละลาย เป็นค่าที่แสดงปริมาณของตัวละลายที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายหรือในสารละลายนั้น การบอกความเข้มข้นของสารละลายบอกได้หลายวิธี ดังนี้

(1) ร้อยละ หรือส่วนใน 100 ส่วน (part per hundred ใช้อักษรย่อ pph)

จำแนกได้เป็น

- ร้อยละโดยมวล (มวล/มวล) หมายถึง มวลของตัวละลายที่ละลายในสารละลาย 100 หน่วยมวลเดียวกัน เช่น สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวล หมายความว่า สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 100 กรัม มีโซเดียมคลอไรด์ละลายอยู่ 5 กรัม และมีน้ำ 95 กรัม เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยมวลของ A} = \frac{\text{มวลของ A (หน่วยมวล)}}{\text{มวลของสารละลาย (หน่วยมวล)}} \times 100$$

- ร้อยละโดยปริมาตร (ปริมาตร/ปริมาตร) หมายถึง ปริมาตรของตัวละลายที่ละลายในสารละลาย 100 หน่วย ปริมาตรเดียวกัน เช่น สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร หมายความว่าสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีกรดไฮโดรคลอริกบริสุทธิ์ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร (หน่วยปริมาตรอาจเป็นลูกบาศก์เดซิเมตร (dm<sup>3</sup>) หรือลิตร (L) ก็ได้) เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยปริมาตรของ A} = \frac{\text{ปริมาตรของ A (หน่วยปริมาตร)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (หน่วยปริมาตร)}} \times 100$$

- ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (มวล/ปริมาตร) หมายถึง มวลของตัวละลายที่ละลายในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร โดยที่หน่วยของมวลและปริมาตรต้องสอดคล้องกัน เช่น ถ้ามวลของตัวละลายมีหน่วยเป็นกรัม ปริมาตรของสารละลายจะมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร หรือถ้ามวลของตัวละลายมีหน่วยเป็นกิโลกรัม ปริมาตรของสารละลายจะมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เดซิเมตร หรือลิตร เช่น สารละลาย เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร หมายความว่า สารละลาย 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ละลายอยู่ 10 กรัม เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตรของ A} = \frac{\text{มวลของ A (หน่วยมวล)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (หน่วยปริมาตร)}} \times 100$$

(2) ส่วนในล้านส่วน (parts per million ใช้อักษรย่อ ppm) และ ส่วนในพันล้านส่วน (parts per billion ใช้อักษรย่อ ppb) เป็นหน่วยที่บอกปริมาณตัวละลายเป็นมวลหรือปริมาตรที่ละลายในสารละลาย 1 ล้านหน่วย และ 1 พันล้านหน่วยตามลำดับ เช่น ในแหล่งน้ำแห่งหนึ่งมีสารตะกั่วปนเปื้อน 0.1 ppm หมายความว่าน้ำในแหล่งน้ำนั้น 1 ล้านกรัมมีตะกั่วละลายอยู่ 0.1 กรัม หรือในเนื้อปลาที่มีสารปรอทปนเปื้อนอยู่ 1 ppb หมายความว่า ในเนื้อปลานั้น 1 พันล้านกรัม มีสารปรอทปนเปื้อนอยู่ 1 กรัม ความเข้มข้นในหน่วยนี้เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{ppm (มวล)} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย} \times 10^6}{\text{มวลของสารละลาย}}$$

$$\text{ppb (มวล)} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย} \times 10^9}{\text{มวลของสารละลาย}}$$

$$\text{ppm (ปริมาตร)} = \frac{\text{ปริมาตรของตัวละลาย} \times 10^6}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}}$$

$$\text{ppb (ปริมาตร)} = \frac{\text{ปริมาตรของตัวละลาย} \times 10^9}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}}$$

### 7.3) การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

สารละลายมาตรฐาน หมายถึง สารละลายที่ทราบความเข้มข้นที่แท้จริงของ active substance ในสารละลายนั้น การวิเคราะห์ทั้งโดยการตวงปริมาตร และการใช้เครื่องมือ จำเป็นต้องใช้สารละลายมาตรฐานเพื่อเทียบความเข้มข้นกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ ความเข้มข้นของ สารละลายมาตรฐานสามารถทราบได้ 2 วิธี คือ

(1) โดยละลายรีเอเจนต์ที่มีความบริสุทธิ์สูงซึ่งทราบค่าน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว ในตัวทำละลายที่เหมาะสม แล้วเจือจางให้มีปริมาตรที่แน่นอนอันหนึ่ง ในกรณีนี้เรียกรีเอเจนต์ที่ใช้ว่าสาร มาตรฐาน ปฐมภูมิ (Primary standard) และเรียกสารละลายที่ได้ว่าสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ (Primary standard solution)

(2) โดยเทียบความเข้มข้น (Standardize) กับสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ เรียกสารละลายที่ทราบความเข้มข้นโดยวิธีนี้ว่าสารละลายมาตรฐานทุติยภูมิ (Secondary standard solution) นิยมใช้วิธีนี้ในกรณีที่ไม่สามารถหาสารมาตรฐานที่เหมาะสมได้ สารละลายมาตรฐานทุติยภูมิ มัก มีระดับความบริสุทธิ์หรือเสถียรภาพต่ำกว่าสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ

สารละลายมาตรฐานสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของการ วิเคราะห์อาจหาได้จาก Nation Bureau of standard (USA), International Atomic Energy Agency (ออสเตรเลีย), The National Institute for Environmental studies (JAPAN) หรือจากผู้อำนวยการ สารละลายมาตรฐาน การเตรียมสารละลายมาตรฐานที่ดีควรคำนึงถึง ความบริสุทธิ์ของน้ำ ความบริสุทธิ์ ของสาร ความสะอาดและความถูกต้องของภาชนะที่เก็บ วิธีการเตรียมที่ถูกต้องและเหมาะสม

ตาราง 3.5 แสดงตัวอย่างการเตรียมสารละลายมาตรฐาน

ธาตุ	วิธีการเตรียม
Al	ละลายลวดอลูมิเนียมหนัก 1,000 กรัม ใน 1+1 ของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร หรือใน 1 นอร์มอล (N) ของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร
As	ละลาย $As_2O_3$ หนัก 1.320 กรัม ที่ผ่านการอบ 105 °C ในเวลา 2 ชั่วโมง แล้วใน 1N HCL ปริมาณ 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร
Cr	ละลาย $K_2Cr_2O_7$ หนัก 1.000 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น
Fe	ละลายเหล็กที่บริสุทธิ์หนัก 1.000 กรัม ใน 5M HCL จำนวน 20 มิลลิลิตร เติมน้ำบริสุทธิ์ให้ครบ 1 ลิตร
Pb	ละลาย $Pb(NO_3)_2$ หนัก 1.985 กรัม ในน้ำบริสุทธิ์ เติมน้ำ $HNO_3$ ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำบริสุทธิ์ให้ครบ 1 ลิตร

### 7.3.1 ความสำคัญของสารละลายมาตรฐาน (สุทธิณี, ไม่ทราบปีที่พิมพ์)

ในการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS นั้น จำเป็นต้องใช้สารละลายมาตรฐาน เนื่องจากเป็นพื้นฐานของการวิเคราะห์ทดสอบที่ใช้หาความเข้มข้นของสารตัวอย่างโดยการเทียบความเข้มข้นกับสารละลายมาตรฐาน หากเปรียบเทียบการวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธีปริมาตรวิเคราะห์นี้กับการวิเคราะห์หาปริมาณโดยใช้เครื่องมือ (Instrumental Analysis) แล้วนั้น สารละลายมาตรฐานก็เปรียบได้กับกราฟมาตรฐาน (Standard Curve) ที่ใช้ในการเทียบหา ความเข้มข้นของสารตัวอย่างกับความเข้มข้นของสารละลายเช่นกัน

### 7.3.2 ไรโอเจนท์ที่เลือกใช้เป็นสารมาตรฐานปฐมภูมิควรมีสมบัติ ดังนี้

- (1) มีความบริสุทธิ์สูง ไม่ควรมีสิ่งเจือปน (impurity) อยู่มากกว่า 0.01 - 0.02 % และสามารถทดสอบสิ่งเจือปนในเชิงคุณภาพได้
- (2) มีเสถียรภาพสูง นั่นคือสามารถเก็บรักษาในสภาพที่บริสุทธิ์ได้นาน ไม่ดูดความชื้นง่าย ไม่ทำปฏิกิริยากับแก๊สในอากาศ และไม่เกิดปฏิกิริยาเมื่อได้รับแสง เป็นต้น
- (3) มีน้ำหนักโมเลกุล หรือน้ำหนักสูตรสูง เพื่อให้ปริมาณ active Substance มีความผิดพลาดจากการชั่งน้อย โดยทั่วไปความผิดพลาดจากการชั่งจะอยู่ประมาณ 0.1 - 0.2 mg ดังนั้นเพื่อความผิดพลาด จากการชั่งไม่เกิน 1 ppt ควรใช้ไรโอเจนท์ไม่น้อยกว่า 200 mg
- (4) ไม่เป็นสารที่มีน้ำผลึก (Hydrated substance) ยกเว้นสารที่น้ำผลึกมีเสถียรภาพสูง จำนวนโมลของน้ำผลึกไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อนำไปอบหรือเก็บไว้ในโถดูดความชื้น
- (5) สามารถเตรียมได้ในเชิงพาณิชย์
- (6) ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ต้องการใช้
- (7) เมื่อเตรียมเป็นสารละลายแล้ว สามารถเก็บรักษาได้นานโดยความ

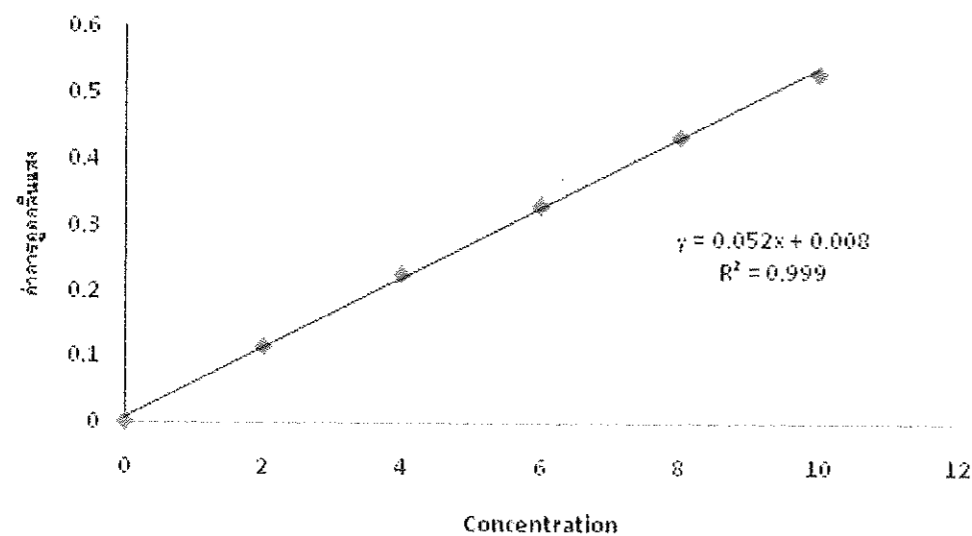
เข้มข้นไม่เปลี่ยน สารละลายมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ นอกจากจะพิจารณาโดยยึดหลักที่กล่าวแล้ว ยังต้องพิจารณาธรรมชาติของเครื่องมือที่ประกอบด้วย เพื่อไม่ให้สารมาตรฐานรบกวนการวิเคราะห์ ผู้วิเคราะห์สามารถศึกษารายละเอียดได้จากคู่มือการใช้เครื่องมือ และตำราที่อธิบายรายละเอียดของเครื่องมือที่นั้นๆ

### 7.3.3) กราฟสารละลายมาตรฐาน

กราฟสารละลายมาตรฐานเกิดจากความสัมพันธ์เชิงเส้น ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัวแปร คือตัวแปรที่ทราบปริมาณ กับตัวแปรที่ได้จากการวัด ที่มีความสัมพันธ์เป็นสัดส่วนกัน แสดงด้วยสมการ หรือ กราฟเส้นตรง ดังแสดงในภาพประกอบ 3.3

การหาความสัมพันธ์เชิงเส้นต้องมีการยืนยันว่า สมการหรือ กราฟมาตรฐาน (Calibration Curve) ดังกล่าวมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ค่า r ควร เข้าใกล้ 1 หรือค่า สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R_2$ ) ไม่น้อยกว่า 0.995 และการทำ Residual Plot ควรได้การกระจายของข้อมูลแบบสุ่ม (Barwick and Ellison., 2000)

การสร้างกราฟของสารละลายมาตรฐานเพื่อใช้วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง AAS สามารถทำได้เองในห้องปฏิบัติการ โดยการกำหนดค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน และนำไปตรวจวัดด้วยเครื่อง AAS ซึ่งในโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องวิเคราะห์จะมีคำสั่งของการทำกราฟมาตรฐานบรรจุอยู่ในโปรแกรมแล้ว และสามารถสร้างกราฟมาตรฐานด้วยโปรแกรม Excel จากข้อมูลการตรวจวัดได้ ตัวอย่างเช่น การเตรียมสารละลายมาตรฐาน K ที่ความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 mg/l นำไปตรวจวัดด้วยเครื่อง AAS ได้ค่าการดูดกลืนแสง ดังนี้ 0.0015, 0.1154, 0.2257, 0.3293, 0.4334 และ 0.5288 สามารถนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นได้ ดังนี้



ภาพประกอบ 3.3 ตัวอย่างกราฟมาตรฐาน โดยการใช้โปรแกรม Excel ใน Microsoft office

## 8) เทคนิคการคำนวณสารเคมี

ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการเตรียมสารเคมี เทคนิคสำคัญที่ผู้เตรียมควรมีความชำนาญ ได้แก่ เทคนิคการคำนวณสาร และเทคนิคการใช้เครื่องแก้ว เนื่องจากเทคนิค 2 ประการนี้เป็นปัจจัยสำคัญของความถูกต้องแม่นยำในการจัดเตรียมสารเคมี ซึ่งในบทนี้จะขอกกล่าวถึงเทคนิคการคำนวณสารเคมีก่อน เพื่อให้ผู้ที่ทำหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ได้ทบทวน หรือเป็นความรู้เพิ่มเติมก่อนการเตรียมสารเคมี

## (1) การหาจำนวนโมล

โมล คือ หน่วยของปริมาณสารหน่วยหนึ่งที่มีความหมายเช่นเดียวกับกรัม โมเลกุล กรัมอะตอมหรือกรัมไอออน สามารถเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$\text{จำนวนโมลของสารใดๆ (n)} = \frac{\text{น้ำหนักของสารนั้น (g)}}{\text{มวลโมเลกุล(Mw, g/mol)}} = n = g / Mw$$

ตัวอย่างที่ 1 โซเดียมไฮดรอกไซด์หนัก 0.8 กรัม มีความเข้มข้นโมล เมื่อน้ำหนักโมเลกุลของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 40

วิธีทำ จากสูตร  $n = g / Mw$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนโมลของโซเดียมไฮดรอกไซด์} &= (0.8 \text{ g}) / (40 \text{ g/mol}) \\ &= 0.02 \text{ mol} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 2 สารละลาย 0.1 M NaOH ปริมาตร 30 ml มีจำนวนโมลของ NaOH อยู่เท่าใด

วิธีทำ สารละลาย 1000 ml มี NaOH อยู่ 0.1 mol

ถ้าสารละลาย 30 ml จะมี NaOH อยู่  $(0.1 \text{ mol} \times 30 \text{ ml}) / 1000 \text{ ml} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol}$

หมายเหตุ กรณีที่เป็นสารละลายอาจใช้สูตร  $n = CV / 1000$  ได้

โดยที่ n คือจำนวนโมล

C คือ ความเข้มข้นหน่วยโมลาร์ และ

V คือปริมาตรสารละลายหน่วย, ml

## (2) การเจือจางสารละลาย

การเจือจางสารละลายเป็นการทำให้สารละลายมีความเข้มข้นลดลงตามที่ต้องการ โดยจะต้องมีการเติมตัวทำละลายลงในสารละลายนั้น ซึ่งสามารถคำนวณความเข้มข้นของสารละลายได้ ดังนี้

$$C_1V_1 = C_2V_2 \quad \text{เมื่อ } C_1 = \text{ความเข้มข้นเริ่มต้น}$$

$$V_1 = \text{ปริมาตรเริ่มต้น}$$

$$C_2 = \text{ความเข้มข้นสุดท้าย}$$

$$V_2 = \text{ปริมาตรสุดท้าย}$$

ตัวอย่างที่ 3 ถ้าต้องการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ (M) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ต้องปิเปตต์สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1 M มากี่มิลลิลิตร

วิธีทำ จาก  $C_1V_1 = C_2V_2$   
 $(0.1 \text{ M}) \times V_1 = (0.01 \text{ M}) \times (100 \text{ ml})$   
 $V_1 = 10 \text{ ml}$

ดังนั้น ต้องปิเปตต์สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.1 M มา 10 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำให้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร

(3) การคำนวณความหนาแน่นของสาร

ความหนาแน่นของสารคำนวณจากสมการ  $D = \frac{M}{V}$

M

เมื่อ D คือความหนาแน่น, กรัมต่อมิลลิลิตร (g/ml)

M คือมวล, กรัม (g)

V คือปริมาตร, มิลลิลิตร (ml)

ตัวอย่างที่ 4 ตวงโซโคเลเฮกเซนมา 10 มิลลิลิตร จงหาน้ำหนักของโซโคเลเฮกเซน (ความหนาแน่นของโซโคเลเฮกเซน = 0.779 กรัมต่อมิลลิลิตร)

วิธีทำ จากสูตร  $D = \frac{M}{V}$

$$M = DV$$

$$M = (0.779 \text{ g/ml}) \times 10 \text{ ml}$$

$$M = 7.8 \text{ g}$$

ดังนั้น โซโคเลเฮกเซน 10 มิลลิลิตร จะหนัก 7.8 กรัม

(4) การคำนวณความเข้มข้นโมลาริตี

- โมลาริตี (Molarity, M) หมายถึง จำนวนโมลของตัวถูกละลายที่ละลายในสารละลาย 1 ลิตร

$$M = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวถูกละลาย}}{\text{ปริมาตรสารละลาย, ลิตร (L)}}$$

ตัวอย่างที่ 5 จงคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย A เมื่อละลายสาร A 25 กรัม (g) ในน้ำจนมีปริมาตรครบ 250 มิลลิลิตร (ml) (Mw ของ A = 113.6 g/mol)

วิธีทำ จำนวนโมลของ A =  $0.25 \text{ g} / (113.6 \text{ g/mol}) = 0.0022 \text{ mol}$

สารละลาย 250 ml มีสาร A อยู่ 0.0022 mol



$$\begin{aligned} \text{ถ้าสารละลาย } 1000 \text{ ml จะมี A อยู่} &= \frac{(1000 \text{ ml}) \times 0.0022}{250 \text{ ml}} \\ &= 0.0088 \text{ mol/L} \end{aligned}$$

ดังนั้น ความเข้มข้นของสารละลาย A = 0.0088 molar (M) โมแลลิตี

- โมแลลิตี (Molality, m) หมายถึง จำนวนโมลของตัวถูกละลายที่ละลายในตัวทำละลาย 1 กิโลกรัม

$$m = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวถูกละลาย}}{\text{น้ำหนักตัวทำละลาย (Kg)}}$$

ตัวอย่างที่ 6 ละลายกลูโคส 0.5 กรัม (g) ในน้ำ 100 กรัม (g) คิดเป็นกิโลโมแลล (Mw ของกลูโคส = 180.16 g/mol)

วิธีทำ จำนวนโมลของกลูโคส =  $0.5 \text{ g} / (180.16 \text{ g/mol}) = 0.0028 \text{ mol}$

น้ำ 100 g มีกลูโคส อยู่ 0.0028 mol

$$\text{ถ้า น้ำ } 1000 \text{ g จะมี กลูโคส อยู่ } \frac{(1000 \text{ g}) \times 0.0028}{100 \text{ g}} = 0.028 \text{ mol/Kg}$$

ดังนั้น ความเข้มข้นของสารละลายกลูโคส = 0.028 molal

- ร้อยละโดยมวล (%w/w) หมายถึง ปริมาณตัวถูกละลาย, กรัม (g) ที่มีอยู่ในสารละลายทั้งหมด 100 กรัม (g)

ตัวอย่างที่ 7 จงคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไนเตรต ( $\text{KNO}_3$ ) ที่เตรียมโดยการละลายโพแทสเซียมไนเตรต 15 กรัม (g) ในน้ำ 250 กรัม (g)

วิธีทำ สารละลาย 265 g มี  $\text{KNO}_3$  อยู่ 15 g

$$\text{ถ้าสารละลาย } 100 \text{ g จะมี } \text{KNO}_3 \text{ อยู่ } \frac{(15 \text{ g}) \times 100 \text{ g}}{265 \text{ g}} = 5.7 \% \text{ (w/w)}$$

ดังนั้น ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก = 5.7 % (w/w)

- ร้อยละโดยปริมาตร (%v/v) หมายถึง ปริมาตรตัวถูกละลาย (ml) ที่มีอยู่ในสารละลายทั้งหมด 100 ml

ตัวอย่างที่ 8 จงคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่เตรียมโดยการละลายเติมกรดไฮโดรคลอริก 10 มิลลิลิตร (ml) ลงในน้ำปริมาตร 40 มิลลิลิตร (ml)

วิธีทำ สารละลาย 50 ml มี HCl อยู่ 10 ml

$$\text{ถ้าสารละลาย } 100 \text{ cm}^3 \text{ จะมี HCl อยู่ } \frac{(10 \text{ ml}) \times 100 \text{ cm}^3}{50 \text{ ml}} = 20 \% \text{ (v/v)}$$

ดังนั้น ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก = 20% (v/v)

- ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (%w/v) หมายถึงปริมาณตัวถูกละลาย (g) ที่มีอยู่ในสารละลาย ทั้งหมด 100 มิลลิลิตร (ml)

ตัวอย่างที่ 9 จงคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่เตรียมโดยการละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 9 กรัม (g) ด้วยน้ำจนครบปริมาตร 2 ลิตร (L)

วิธีทำ สารละลาย 2 L หรือ 2000 ml มี KCl อยู่ 9 g

$$\text{ถ้าสารละลาย 100 ml จะมี KCl อยู่ } (9 \text{ g}) \times \frac{100 \text{ ml}}{2000 \text{ ml}} = 0.45 \% \text{ (w/v)}$$

ดังนั้น ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ = 0.45% (w/v)

### 3. หลักการเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS

#### 1) การเตรียมตัวอย่างน้ำ

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำ เป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่ง ซึ่งหากเตรียมตัวอย่างไม่ถูกต้องจะทำให้ค่าที่วิเคราะห์ไม่ถูกต้องเช่นกัน ดังนั้นในการเตรียมตัวอย่างน้ำก่อนการนำไปตรวจวัดด้วยเครื่อง AAS นักวิทยาศาสตร์จะต้องทราบชนิดของน้ำตัวอย่างว่าเป็นน้ำจากแหล่งใด ตัวอย่างน้ำที่นิยมเรียกกันมากในการวิเคราะห์ มี 2 ชนิด คือ น้ำเสีย และน้ำดี

##### 1.1) การเตรียมตัวอย่างน้ำเสีย (ขี้มูลสัตว์ สางขุมคี้, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์)

การเตรียมตัวอย่างน้ำเสียเพื่อใช้ในวิเคราะห์ทดสอบ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์สามารถเลือกวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมสารละลายตัวอย่างได้จาก วิธีมาตรฐาน โดยพิจารณาจากคุณสมบัติเฉพาะตัวของธาตุที่จะทำการวิเคราะห์ เช่น ตัวอย่างการวิเคราะห์ Cu ในน้ำเสียโดยใช้ Flame Atomization Technique เลือกการเตรียมตัวอย่างโดยวิธี Nitric Acid Digestion มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้

(1) นำตัวอย่างน้ำออกมาจากห้องเย็นต้องตั้งทิ้งไว้ให้อุณหภูมิของตัวอย่างน้ำเท่ากับหรือใกล้เคียงอุณหภูมิห้อง

(2) จากนั้นเปิดตัวอย่างน้ำ ที่เขย่าเข้ากันดีแล้ว 100 มิลลิลิตร ด้วยปิเปตต์แบบวัดปริมาตร (Volumetric Pipette) ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร

(3) ใส่ Glass bead

(4) เติมนกรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร โดยใช้ Dispenser แล้วแกว่งเบาๆ ให้เข้ากันปิดกระจกนาฬิกา แล้วนำไปวางบนเตาไฟฟ้า (Hot plate) ซึ่งตั้งเตาไฟฟ้าไว้ในตู้ดูดควัน ให้ความร้อนที่อุณหภูมิเหมาะสมโดยให้เดือดเบาๆ ค่อย ๆ ระเหยจนกระทั่งการย่อยสมบูรณ์สังเกตจากสารละลายจะใสขึ้น จนปริมาตรเหลือประมาณ 10-20 มิลลิลิตร แล้วยกลงปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

(5) Rinse ข้างๆ บีกเกอร์ และกระจกนาฬิกาด้วยน้ำ Deionized water 1 ครั้ง แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 42 หรือเทียบเท่าใส่ในขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) 100 มิลลิลิตร เมื่อสารละลายกรองหมดแล้ว Rinse กระดาษกรองด้วยน้ำ Deionization water อีกครั้ง แล้วปรับปริมาตร ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำ Deionization water แล้วถ่ายใส่ขวดพลาสติกโพลีเอธิลีน นำไปเก็บในห้อง AAS รอการวิเคราะห์ต่อไป

1.2) การเตรียมตัวอย่างน้ำดี (วิธีชั่ง เรืองศรีตระกูล และธัญญาภรณ์ สุวรรณไพบูรณ์, 2011) สำหรับการเตรียมตัวอย่างสารละลายน้ำ มีวิธีการเตรียมดังนี้

(1) บีบเปิดน้ำตัวอย่างมา 50 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร

(2) บีบเปิดสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ (%v/v) จำนวน 40 มิลลิลิตร ลงบีกเกอร์ ปิดด้วยกระจกนาฬิกา ตั้งบนเตาให้ความร้อน (Hot plate) ประมาณ 2 ชั่วโมง ในระหว่างการย่อยสารละลายตัวอย่าง ต้องระวังไม่ให้สารละลายแห้ง หากสารละลายจะแห้งให้เติมน้ำกลั่น ชนิดปราศจากไอออนลงไปให้เหมาะสม และสารละลายที่ผ่านการย่อยตัวอย่าง ควรจะมีปริมาตรรวมน้อยกว่า 25 มิลลิลิตร

(3) ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วกรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 40 การถ่ายเทสารละลายต้องทำการกลับริเวณด้านในของกระจกนาฬิกา รวมทั้ง ด้านในของบีกเกอร์ตัวอย่าง และปรับปริมาตรสุดท้ายให้มีปริมาตรเท่ากับ 25 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดปรับปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 25 มิลลิลิตร โดยใช้ น้ำกลั่นปราศจากไอออน แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS

## 2) การเตรียมตัวอย่างดิน

การเก็บตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์หรือการวิจัย เพื่อทราบถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ปริมาณทั้งหมดของธาตุอาหาร สมบัติทางเคมีของดินบางประการ เช่น ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน เนื้อดิน ปริมาณปูนที่ใช้แก้ความเป็นกรดของดิน ทั้งนี้เพราะผลของการวิเคราะห์ดินจะมีความถูกต้อง เชื่อมั่นได้เพียงใด ขึ้นอยู่กับตัวอย่างดินที่เก็บมา โดยทั่วไป การที่จะเก็บตัวอย่างดินให้มีปริมาณและสมบัติทุกประการเหมือนกับดินทั้งหมดในบริเวณนั้น เป็นสิ่งที่เป็นไปไม่ได้ ทั้งนี้เพราะว่าดินมีสมบัติและปริมาณธาตุต่าง ๆ ที่ไม่สม่ำเสมออยู่แล้ว ดังนั้นการเก็บตัวอย่างดินจึงต้องทำให้ถูกหลักเกณฑ์ เพื่อว่าตัวอย่างดินที่เก็บมาวิเคราะห์นั้น จะเป็นตัวแทนที่ดีของดินส่วนใหญ่ในพื้นที่นั้นๆ ให้มากที่สุด

การเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหาร ทั้งเพื่อการวิจัยและเพื่อประโยชน์ในการแนะนำการแก้ไขปรับปรุงบำรุงดินและการใช้ปุ๋ยนั้น ตัวเลขที่ได้จากการวิเคราะห์จะมีค่าถูกต้องเพื่อการประเมินความอุดมสมบูรณ์และปรับปรุง ควรคำนึงถึงความสำคัญต่าง ๆ

(1) ตัวอย่างดินนั้นต้องเป็นตัวแทนที่แท้จริง ซึ่งมีปริมาณธาตุต่าง ๆ และคุณสมบัติเหมือนกับดินบริเวณนั้น

(2) จากระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างดินจนถึงขณะที่เตรียมตัวอย่างดิน ต้องไม่มีปฏิกิริยาอันใดเกิดขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้สมบัติดินเปลี่ยนไป เช่น ดินเปรี้ยวจัด หรือดินกรดจัด ถ้าดินที่เก็บมามีปริมาณสารไพไรต์ ( $FeS_2$ ) อยู่ด้วย เมื่อสารไพไรต์ถูกอากาศจะมีปฏิกิริยาเกิดขึ้น กลายเป็นสาร จาโรไซต์ และกรดกำมะถัน ดังนั้น ถ้าดินเป็นดินเปรี้ยวจัด และมีชั้นเลนลึก ซึ่งมีธาตุกำมะถันสูง ถ้าจะเก็บดินชั้นนี้มาวิเคราะห์จำเป็นต้องเก็บวิธีพิเศษ

(3) การแบ่งตัวอย่างดินที่จะใช้วิเคราะห์นั้นต้องแน่ใจว่ามีปริมาณและคุณสมบัติเป็นตัวแทนของตัวอย่างเดิม

### 2.1) การเก็บตัวอย่างดิน

ก. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

(1) หลอดเจาะ (Soil sampling tube)

(2) จอบ

- (3) ส่วนเจาะ (Soil auger)
- (4) กระบอกล้อเจาะ (Core type auger)
- (5) พลั่ว
- (6) ถังพลาสติกขนาดกลาง
- (7) ผ้าพลาสติก ขนาดประมาณ 30"x30"
- (8) ถุงพลาสติก หรือกล่องกระดาษ

ข. วิธีเก็บตัวอย่างดิน

วิธีการเก็บตัวอย่างดินนั้นเป็นที่ทราบกันทั่วไปแล้วว่าจะต้องเก็บให้ถูกต้องเป็นตัวแทนของพื้นที่ที่ต้องการทราบสมบัติและความอุดมสมบูรณ์ของดิน

(1) ช่วงเวลาที่เหมาะสม เวลาที่เหมาะสมที่สุด คือ ตอนปลายฤดูปลูก หรือภายหลังจากเก็บเกี่ยวพืชผลไปแล้ว

(2) ความชื้นในดิน ไม่ควรเก็บตัวอย่างดินในขณะที่ดินยังเปียกมากหรือมีน้ำขังอยู่

(3) สถานที่เก็บตัวอย่างดิน เป็นส่วนสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงโดยใช้การสังเกต โดยอย่าเก็บตัวอย่างดินในบริเวณที่เป็นบ้านเก่า หรือคอกสัตว์เก่า หรือบริเวณที่มีปุ๋ยตกค้างอยู่

(4) เครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างดิน

(4.1) เครื่องมือสำหรับเจาะชุดตัวอย่างดิน อาจจะใช้เครื่องมือที่ทำได้ทั่วไปตามบ้านเรือน เช่น พลั่ว จอบ เสียม หรือใช้เครื่องมือสำหรับเจาะเก็บตัวอย่างดินเฉพาะ เช่น ส่วนเจาะ (Soil Auger) หลอดเจาะ (Soil sampling tube) และกระบอกล้อเจาะ (Core Type Auger)

(4.2) ภาชนะสำหรับเก็บรวบรวมตัวอย่างดินและบรรจุตัวอย่างดินได้แก่ ถังพลาสติก ผ้าพลาสติก ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก หรือกล่องกระดาษ เครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างดินและบรรจุดินจะต้องสะอาด ไม่มีดิน ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง ยากำจัด โรคพืช และวัชพืช หรือผงสกปรกอื่น ๆ ติดอยู่ แม้จะเข้าไปปะปนเพียงเล็กน้อยก็ตาม

(5) วิธีเก็บตัวอย่างดิน การเก็บตัวอย่างดินนั้นมีจุดประสงค์ที่จะได้ตัวแทนของดินทั้งหมด ดังนั้นการชุดเจาะความลึกและจำนวนหลุมที่เจาะหรือชุดนั้น จะต้องมึหลักเกณฑ์ที่แน่นอน เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดี และต้องมีการบันทึกระดับความลึก เช่น ดินชั้นบน 0 - 10 เซนติเมตร

นำตัวอย่างดินไปผึ่งให้แห้งโดยกระจายตัวอย่างดินบนกระดาษเพื่อให้ดินแห้ง (ถ้าทำให้พื้นที่โล่งต้องมั่นใจว่าไม่มีฝุ่นหรือควันมารบกวน) หลังจากนั้นก็บดดินให้แตกเป็นชิ้นเล็กๆ และกำจัดพวกรากไม้หรือหินก้อนใหญ่ๆ จะใช้เวลา 5 - 7 วัน เพื่อให้ดินแห้ง (air drying) โดยการตากที่อุณหภูมิห้องเมื่อดินแห้ง ร่อนดินผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตร ถ้าดินยังเป็นก้อนใหญ่อยู่ก็ให้บด หลังจากนั้นก็เอามาผสมกัน ถ้าดินที่ผ่านการร่อนเกินกว่า 1 กิโลกรัม ทั้งส่วนที่เกินโดยการทิ้งจะทำได้ โดยขบวนการ Coning และ quartering กระจายตัวอย่างดินบนกระดาษเป็น 4 ส่วน เท่าๆ กัน

1	2
3	4

ภาพประกอบ 3.4 การแบ่งตัดตัวอย่างดินออกเป็น 4 ส่วน

นำดินตัวอย่างส่วนที่ 1 และ 4 ที่หึ่งหรือเก็บไว้ในห้องเก็บตัวอย่างดิน และนำดินตัวอย่างส่วนที่เหลือ 2 กับ 3 ผสมเข้าด้วยกันอีกครั้ง แล้วทำเช่นเดิมจนได้ดินในปริมาณที่ต้องการ ดินที่ได้ให้เก็บในขวดพลาสติก หรือภาชนะอื่นที่สามารถป้องกันดินจากความชื้นและสิ่งปลอมปนอื่นๆ นำดินไปร่อนให้มีขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร ด้วยตะแกรงร่อน ซึ่งขนาดอนุภาคดินดังกล่าวเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับใช้วัดคุณภาพดินเกือบทุกประเภท การวิเคราะห์ดินตามวิธีมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยใช้การย่อยสลายตัวอย่างดินด้วยวิธี Nitric Acid Hydrochloric Acid Digestion (US EPA., 1995) ดังนี้

(1) นำตัวอย่างดิน ไปอบที่อุณหภูมิ 103 - 105 องศาเซลเซียส (°C) เป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง ในตู้อบ (Hot Air Oven)

(2) นำดินที่ผ่านการอบแล้วมาร้อนผ่านตะแกรง

(3) ชั่งดิน 1 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติมกรดไนตริกเข้มข้น (Conc. HNO<sub>3</sub>) 10 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปทำการระเหยใน Hot plate จนเกือบแห้งโดยใช้ความร้อนต่ำๆ จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็น

(4) หลังจากเย็นแล้ว นำไปเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (Conc. HCl) 10 มิลลิลิตร แล้วนำไประเหยจนเกือบแห้ง ที่อุณหภูมิ 40 - 45 °C ทิ้งไว้ให้เย็นจากนั้นจึงเติมน้ำกลั่นลงในบีกเกอร์ที่มีตัวอย่างดินที่ผ่านการต้มให้ระเหยแล้ว นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 แล้วล้างส่วนที่ติดกับบีกเกอร์ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 นอร์มอล (N)

(5) นำส่วนที่กรองแล้วไปปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร เพื่อนำไปตรวจวัดโลหะหนักในดิน (ตะกั่ว สังกะสี แคดเมียม โครเมียม) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS

### 3) การเตรียมตัวอย่างพืช

การวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างพืชนั้น สามารถวิเคราะห์พืชได้ทุกส่วน โดยมีวิธีการเตรียมตัวอย่างพืชก่อนการวิเคราะห์ ซึ่งหาปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ สารหนู แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี เหล็ก และแมงกานีส ในพืช (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) ดังนี้

#### (1) สารเคมี

(1.1) กรดเปอร์คลอริกเข้มข้น(HClO<sub>4</sub>) 70% เกรด Analytical Reagent ยี่ห้อ Ajax Finechem ผลิตภัณฑ์ประเทศ Australia

(1.2) กรดไนตริกเข้มข้น (HNO<sub>3</sub>) 70 % เกรด Analytical Reagent ยี่ห้อ Ajax Finechem ผลิตภัณฑ์ประเทศ Australia

(1.3) สารละลายมาตรฐาน Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb และ Zn เข้มข้น 1,000 ppm เกรด Standard Solution for AAS ยี่ห้อ Merck ผลิตภัณท์ประเทศ เยอรมันนี

(2) การเตรียมสารเคมี

(2.1) เตรียมกรดเปอร์คลอริกและกรดไนตริกอัตราส่วน 1:2 จำนวน 1 ลิตร

- เกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น (HClO<sub>4</sub>) 70 - 72 % ใส่ปิ๊กเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ปริมาตร 120 มิลลิลิตร ในตู้ดูดควัน เกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น (HClO<sub>4</sub>) 70 - 72 % ลงในกระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตรจำนวน 4 ครั้งแล้วเทกรดลงในปิ๊กเกอร์ขนาด 1 ลิตร

- เกรดไนตริกเข้มข้น (HNO<sub>3</sub>) 65% ใส่ปิ๊กเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ปริมาตรประมาณ 120 มิลลิลิตร กรดไนตริกเข้มข้น (HNO<sub>3</sub>) 65% ลงในกระบอกตวง ขนาด 100 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง

- เทผสมกรดไนตริก และกรดเปอร์คลอริกลงในปิ๊กเกอร์ขนาด 1 ลิตร แล้วใช้แท่งแก้วคนผสมให้เข้ากัน จากนั้นเทใส่ขวดแก้วคอแคบปิดฝาขวด

(3) การเตรียมตัวอย่าง (Zarcinas et al., 1983)

(3.1) ชั่งตัวอย่างพืชโดยเครื่องชั่ง ชนิดละเอียด (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) แล้วบันทึกน้ำหนัก โดยใช้พืชจำนวน 0.1 - 0.5 ±0.01 กรัม ใส่ลงในหลอดแก้วขนาด 50 มิลลิลิตร

(3.2) เติม HClO<sub>4</sub>/HNO<sub>3</sub> (1:2) 5 มิลลิเมตร ตั้งทิ้งไว้ค้างคืน นำไปใส่ใน Block Digestion ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 85±5 °C เมื่อควันสีน้ำตาลหมดไปเพิ่มอุณหภูมิเป็น 128 ±3 °C เป็น เวลา 3 - 4 ชั่วโมง และค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิ

หมายเหตุ ห้ามเพิ่มอุณหภูมิของ Block digestion สูงจนถึง 210 °C เพราะจะทำให้เกิดการระเบิดได้เนื่องจากจุดเดือดของ HClO<sub>4</sub> เท่ากับ 210 °C

(3.3) ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

(3.4) เติม de-ionized water ประมาณ 5 มิลลิลิตร เขย่าหลอดด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ล้างหลอดด้วย de-ionized water แล้วกรองใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร โดยกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.42

### 3.2 วิธีการปฏิบัติงาน

ในการปฏิบัติงานในการตรวจวิเคราะห์หาโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม มีขั้นตอนการปฏิบัติงานหลายขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดของการปฏิบัติงานหลายประการ จึงขอสรุปเป็นภาพรวมของการปฏิบัติงาน และมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

1) การรับตัวอย่างจากผู้ขอความอนุเคราะห์ และการเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างต้องเลือกวิธีการเตรียมตัวอย่างให้ถูกต้องเหมาะสม ตามหลักการเตรียมตัวอย่างที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ประกอบด้วย การเตรียมตัวอย่างน้ำ การเตรียมตัวอย่างดิน และการเตรียมตัวอย่างพืช ซึ่งการเตรียมตัวอย่างจะต้องใช้ความระมัดระวังในการเตรียม เนื่องจาก ในขั้นตอนการย่อยตัวอย่างเพื่อให้องค์ประกอบต่างๆ ในตัวอย่างละลายออกมาอยู่ในสารละลายนั้น ใช้กรดแก่ที่มีความเข้มข้น

สูงร่วมกับการใช้อุณหภูมิสูงในการย่อย เมื่อเกิดปฏิกิริยาของสารเคมีกับความร้อนมักจะเกิดควันของสารเคมีเกิดขึ้น ดังนั้นในขั้นตอนการย่อยตัวอย่างจึงต้องเตรียมตัวอย่างในตู้ดูดไอระเหยสารเคมี (Hood)

## 2) การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

การเตรียมสารละลายมาตรฐานนั้น จะต้องเลือกช่วงของความเข้มข้นที่ทราบค่าที่แน่นอนเพื่อกำหนดเป็นค่าความเข้มข้นมาตรฐาน และสารละลายมาตรฐานที่ดีจะต้องครอบคลุมค่าที่ต้องการวัด และกราฟของสารละลายมาตรฐานจะมีลักษณะเป็นเส้นตรง โดยเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้น (Absorbance and Concentration)

## 3) การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง AAS

เมื่อได้ตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีที่ถูกต้องแล้ว ตัวอย่างจะมีลักษณะใส ไม่มีตะกอน มีค่าความเป็นกรดต่างที่พอเหมาะ ดังนั้นสารที่ต้องการวิเคราะห์ จะต้องกรองผ่านการกรองด้วยกระดาษที่มีคุณสมบัติเหมาะสม แต่หากค่าความเป็นกรดสูงหรือมีความเป็นด่างมากๆ อาจจะต้องทำการปรับสภาพของตัวอย่างให้มีค่าพอเหมาะก่อนนำไปทำการตรวจวัด ซึ่งในการใช้งานเครื่อง AAS นั้นจะต้องเตรียมสารเคมีวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

(1) ตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์

(2) สารละลายมาตรฐานความเข้มข้นตามความต้องการ และไม่เกินกว่าหรือต่ำกว่าความสามารถของเครื่องที่ตรวจวัดได้

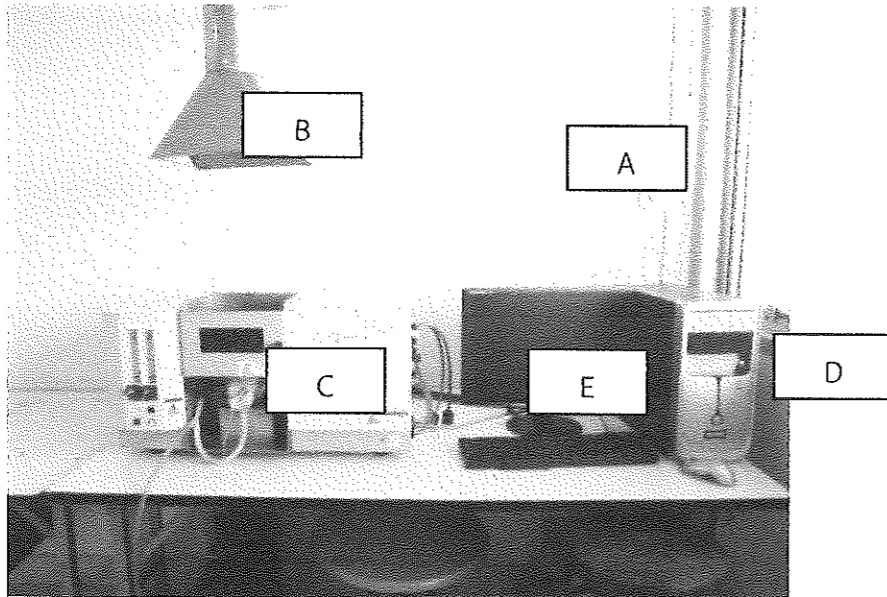
(3) น้ำกลั่น/น้ำปราศจากไอออน

(4) กรดไนตริก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (%) สำหรับล้างท่อต่างในเครื่อง AAS

(5) อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เช่น Mask, ถุงมือ เป็นต้น

(6) กระดาษชำระ และอุปกรณ์อื่นๆ ที่จำเป็น

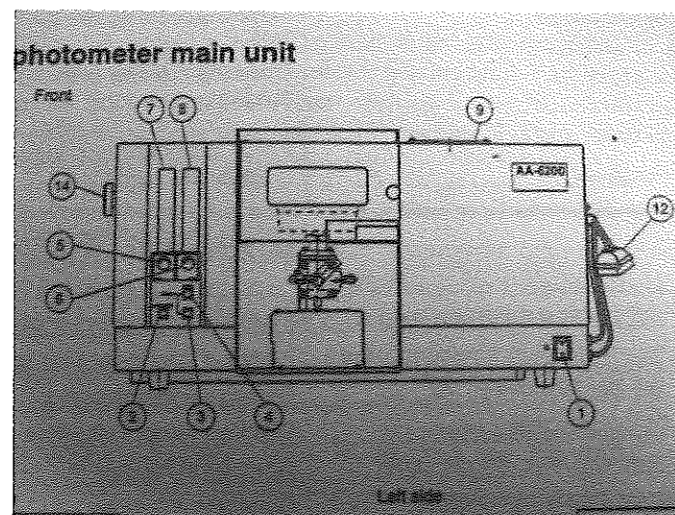
### 3.2.1) วิธีการใช้งานเครื่อง



ภาพประกอบ 3.5 องค์ประกอบหลักเครื่อง AAS

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

องค์ประกอบหลักเครื่อง AAS ประกอบด้วย A=ปุ่มปิดเปิด Hood และปรับระดับความแรงของ Hood, B= Hood หรือปล่องดูดไอสารระเหยของโลหะหนัก, C=เครื่องวิเคราะห์ AAS, D= CPU คอมพิวเตอร์ประมวลผล และ E = หน้าจอแสดงผลการวิเคราะห์



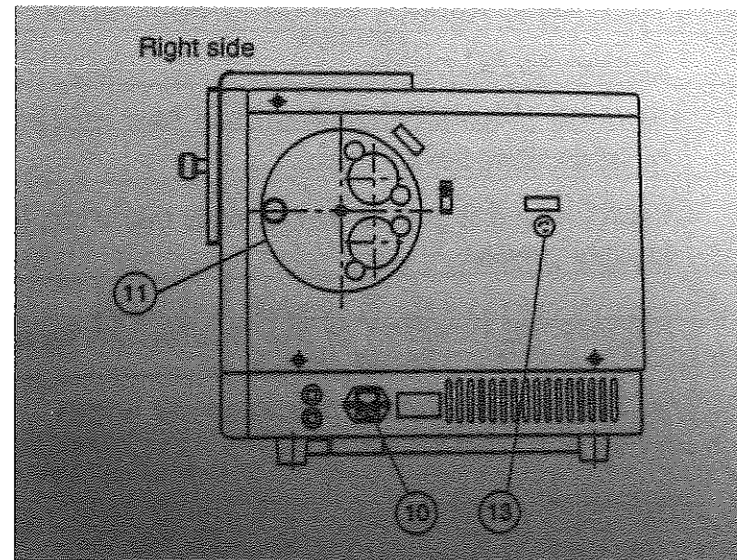
ภาพประกอบ 3.6 ส่วนประกอบด้านหน้าเครื่อง AAS

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997



ส่วนประกอบด้านหน้าเครื่อง AAS อธิบายโดยใช้หมายเลขได้ ดังนี้

- 1 = Power switch
- 2 = Extinguish button
- 3 = Ignite button
- 4 = Purge button
- 5 = Fuel gas flow adjusting knob
- 6 = Oxidant gas flow adjusting knob
- 7 = Fuel gas flow meter
- 8 = Oxidant gas flow meter
- 9 = Deuterium lamp house cover
- 12 = Hollow cathode lamp socket
- 14 = Slit changing knob

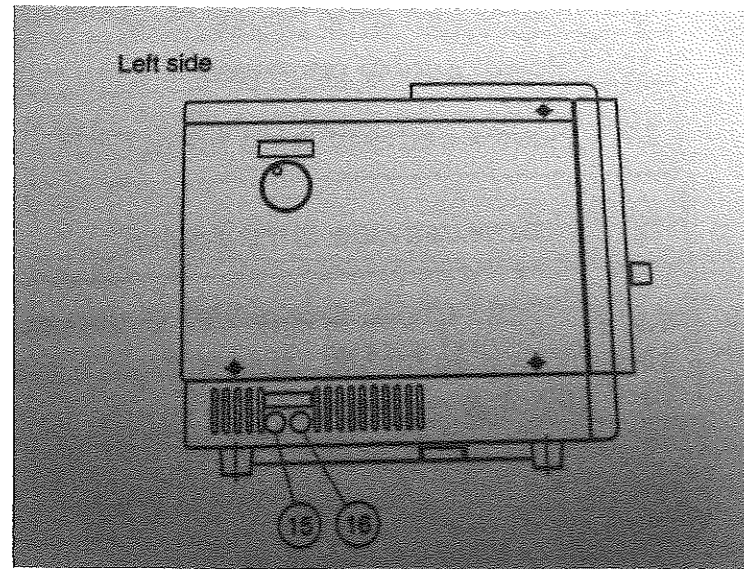


ภาพประกอบ 3.7 ส่วนประกอบด้านข้างของเครื่อง AAS

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

ส่วนประกอบด้านข้างของเครื่อง AAS อธิบายโดยใช้หมายเลขได้ ดังนี้

- 10 = power supply connection
- 11 = Hollow cathode lamp turret
- 13 = Deuterium lamp position adjusting crew



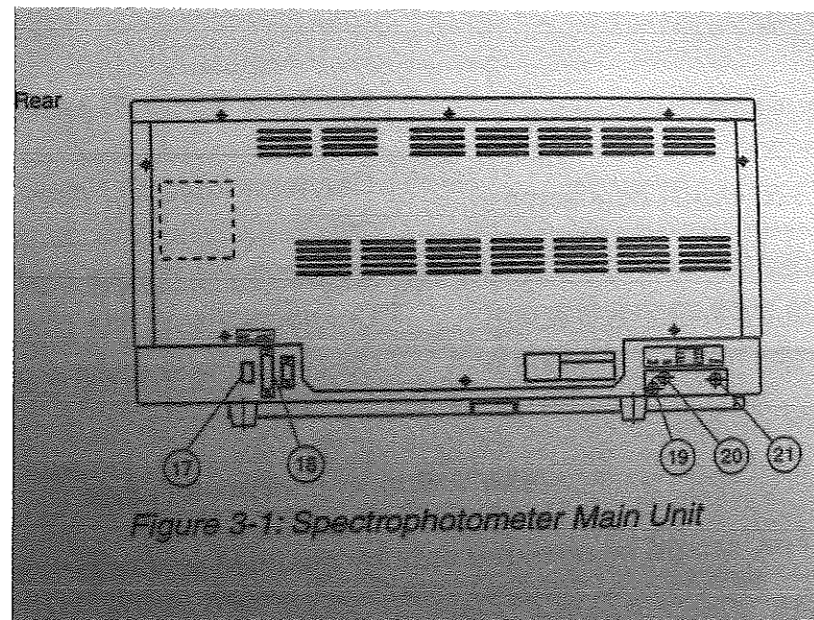
ภาพประกอบ 3.8 ส่วนประกอบด้านข้างที่ 2 ของเครื่อง AAS

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

ส่วนประกอบด้านข้างที่ 2 ของเครื่อง AAS อธิบายโดยใช้หมายเลขได้ ดังนี้

15 = Pilot flame flow adjusting knob

16 = Fuel gas bypass flow adjusting knob



ภาพประกอบ 3.9 ส่วนประกอบด้านข้างที่ 2 ของเครื่อง AAS

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

ส่วนประกอบด้านข้างที่ 2 ของเครื่อง AAS อธิบายโดยใช้หมายเลขได้ ดังนี้

17 = PC connector

18 = ASC connector

19 = N<sub>2</sub>O gas hose connecting port

20 = Air gas hose connecting port

21 = C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> gas hose connecting port

นอกจากองค์ประกอบดังกล่าวมาแล้ว เครื่องวิเคราะห์โลหะหนัก AAS ยังประกอบด้วยปุ่มควบคุมการทำงานต่างๆ ซึ่งใช้ปรับแต่งสถานะของกรวิเคราะห์ให้เหมาะสมกับการตรวจวิเคราะห์ ประกอบไปด้วยปุ่มการทำงานต่างๆ มากมาย รายละเอียดแสดงในตาราง 3.5

ตาราง 3.6 แสดงปุ่มการทำงานของเครื่อง AAS

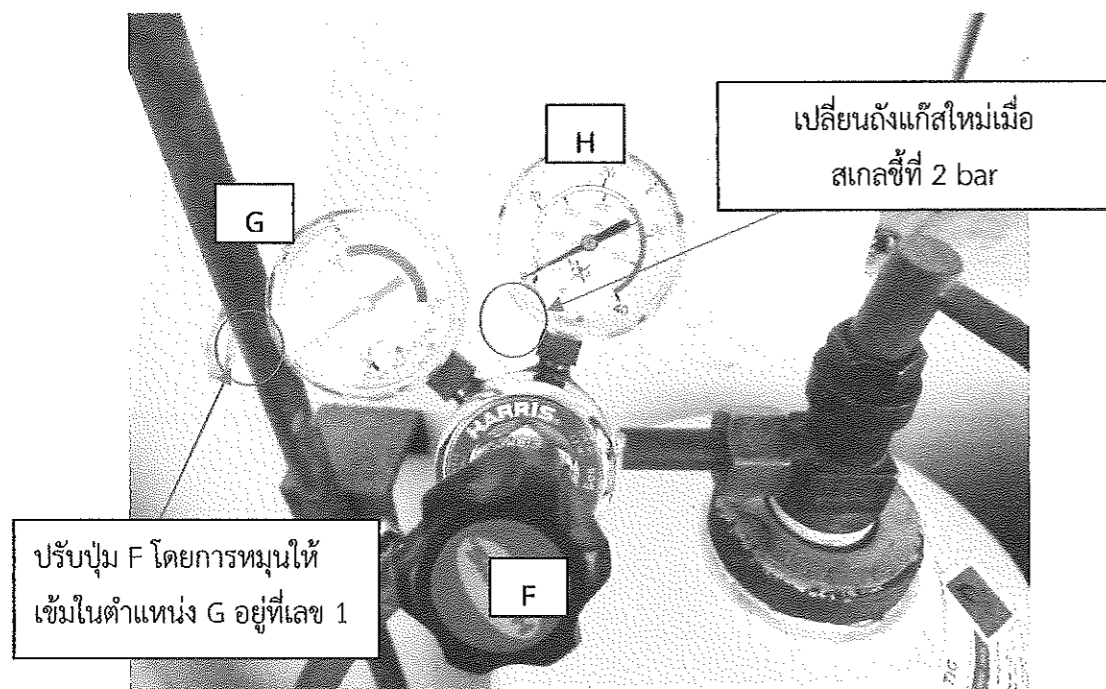
หมายเลข	ชื่อปุ่มการทำงาน	การทำงาน
1	Power switch	ปุ่มปิดเปิด
2	Extinguish button	ปุ่มดับเพลิง (Flame)
3	Ignite button	ปุ่มจุดไฟ
4	Purge button	ปุ่มจุดไฟ
5	Fuel gas flow adjusting knob	ปุ่มปรับปริมาณแก๊สอะเซทิลีน
6	Oxidant gas flow adjusting knob	ปุ่มปรับปริมาณอากาศ
7	Fuel gas flow meter	มิเตอร์บอกปริมาณแก๊สอะเซทิลีน
8	Oxidant gas flow meter	มิเตอร์บอกปริมาณอากาศ
9	Deuterium lamp house cover	ช่องใส่ deuterium lamp
10	power supply connection	จุดเชื่อมต่อแหล่งสำรองไฟ
11	Hollow cathode lamp turret	สายเชื่อมต่อ lamp (HCL1 และ HCL2)
12	Hollow cathode lamp socket	ช่องใส่ Lamp (ช่องที่ 1, 2)
13	Deuterium lamp position adjusting crew	ปุ่มตั้งค่า deuterium lamp
14	slit changing knob	ช่องปรับค่าความกว้างของช่องทางเดินแสง
15	Pilot flame flow adjusting knob	ช่องปรับค่าอัตราการไหลของแก๊สในการเกิดเพลิง

ตาราง 3.6 (ต่อ) แสดงปุ่มการทำงานของเครื่อง AAS

หมายเลข	ชื่อปุ่มการทำงาน	การทำงาน
16	Fuel gas bypass flow adjusting knob	ช่องปรับค่าอัตราการไหลของแก๊สอะเซทิลีน
17	PC connector	ช่องเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์
18	ASC connector	ช่องเชื่อมต่อ ASC
19	N <sub>2</sub> O gas hose connecting port	ช่องเชื่อมต่อแก๊ส N <sub>2</sub> O
20	Air gas hose connecting port	ช่องเชื่อมต่ออากาศ
21	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> gas hose connecting port	ช่องเชื่อมต่อแก๊ส C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>

## 3.3.2) เชื้อเพลิง

ในการเลือกใช้เชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง เช่น อุณหภูมิในการก่อให้เกิดสถานะแตกตัวของอะตอมสาร สำหรับเครื่อง AAS ที่ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมมีอยู่นั้น ใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างแก๊สอะเซทิลีน บริสุทธิ์ 99.9 % และอากาศที่ผ่านการกรองด้วยใยแก้ว ซึ่งทำให้มีอุณหภูมิในการเผาไหม้ที่ 3,300 องศาเซลวิน (°K)



ภาพประกอบ 3.10 ถังแก๊สอะเซทิลีนและวาล์วควบคุมปริมาณแก๊ส

(F = ปุ่มปรับปริมาณแก๊ส, H= วาล์วบอกปริมาณแก๊สในถัง, G= วาล์วบอกปริมาณแก๊ส Outlet Pressure)

### 3.3.3) การใช้เครื่อง AAS

(1) เปิดถัง Gas  $C_2H_2$  หมุน Valve ที่ถัง Gas ประมาณ 1-1.5 รอบ ตั้ง Outlet Pressure ประมาณ  $1 \text{ kg/cm}^2$  หรือ 0.1 MPA และในการใช้งานหากพบว่าปริมาณแก๊สอะเซทิลีนในถังเหลือน้อย เข้าใกล้ 0 (2 bar) ให้เปลี่ยนแก๊สถังใหม่ และขณะใช้งานต้องหมั่นตรวจสอบปริมาณแก๊สเสมอ เนื่องจากภายในถังแก๊สไม่ได้บรรจุเฉพาะแก๊สอะเซทิลีน แต่มีอะซิโตนผสมอยู่ ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวด้วย หากใช้งานจนแก๊สหมดถัง สารดังกล่าวจะไหลเข้าสู่ระบบทำให้เกิดการอุดตันของบีมอากาศภายในเครื่องวิเคราะห์ได้

(2) เสียบปลั๊กไฟของ Air Compressor ทำการ drain valve ด้านล่างเครื่อง เพื่อไล่ น้ำที่ขังในเครื่องออก แล้วปิดวาล์วหลังจาก drain น้ำออกแล้ว

(3) เปิด Hood สำหรับดูดไอสารระเหย

(4) เปิด power on ที่หน้าเครื่อง AAS และเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ เปิดโปรแกรม AAS ที่หน้าคอมพิวเตอร์ จะปรากฏหน้าจอขึ้น

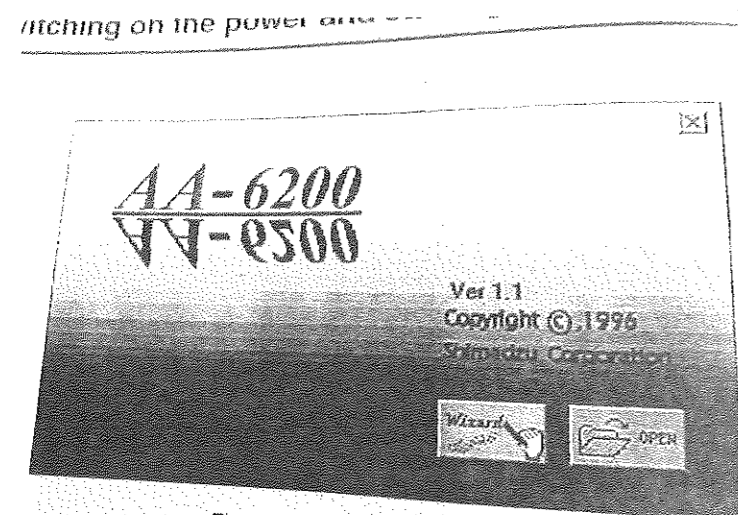


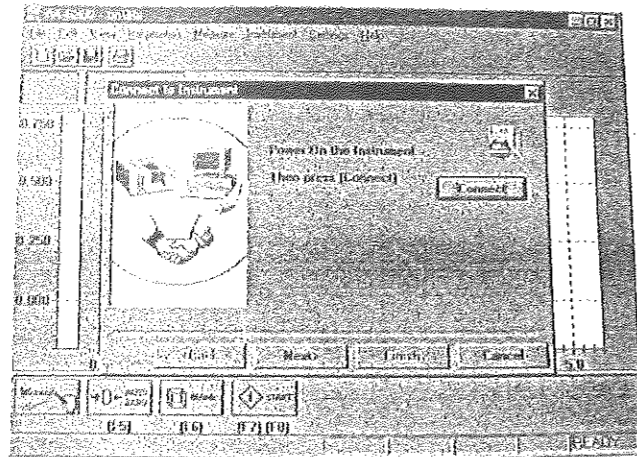
Figure 4-2: Introductory Screen

ภาพประกอบ 3.11 หน้าจอการเข้าใช้งานโปรแกรม AAS

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

(5) การใช้งาน folder Wizard

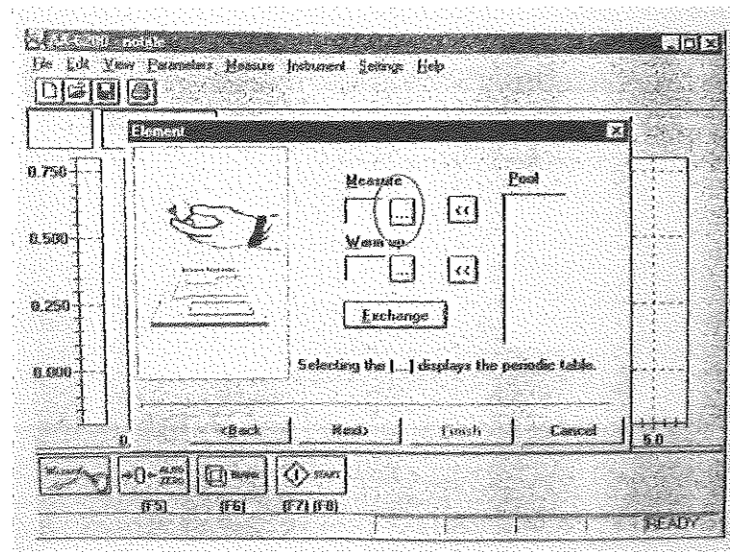
- คลิก Wizard จะปรากฏหน้าจอตอบสนอง ดังนี้



ภาพประกอบ 3.12 หน้าต่างแสดงเชื่อมต่อเครื่องวิเคราะห์และโปรแกรม

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

- คลิกเลือก connect เครื่องจะทำ ตรวจสอบภายใน ประมาณ 1-3 นาที เมื่อเครื่องทำการเชื่อมต่อเครื่อง กับโปรแกรมแล้วเสร็จ คลิก OK หน้าจอจะปรากฏหน้าจอเดิม
- คลิก NEXT จะปรากฏหน้าจอ Element

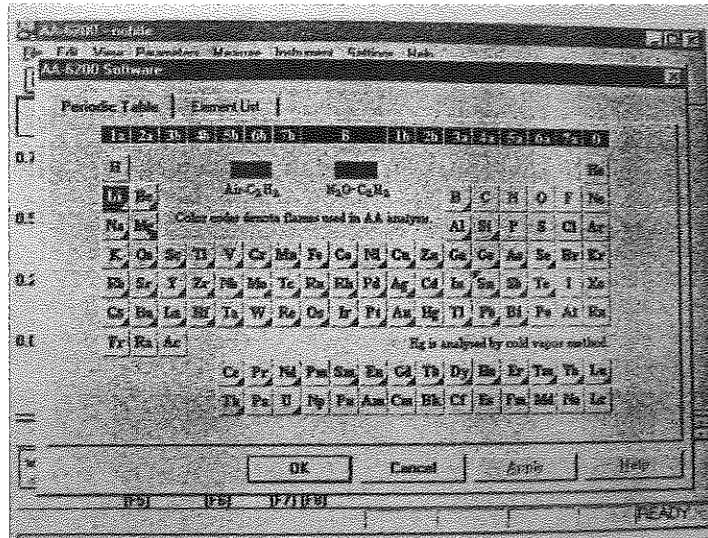


ภาพประกอบ 3.13 หน้าต่าง optic

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

- ให้คลิก ปุ่มไขปลา ... (บริเวณที่วงกลมไว้) ที่ Measure จะปรากฏหน้าจอ Periodic

Table

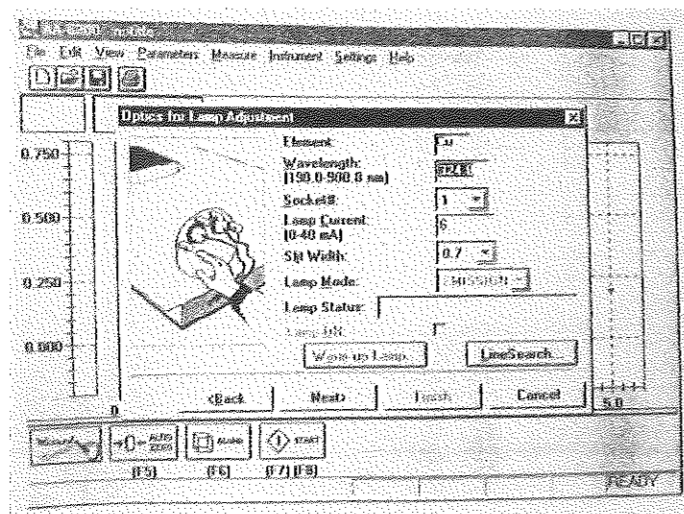


ภาพประกอบ 3.14 หน้าต่าง Periodic

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

- ให้คลิกเลือกธาตุที่ต้องการ แล้วคลิก OK แล้วคลิก NEXT หน้าจอจะปรากฏหน้า

Optics for Lamp Adjustment



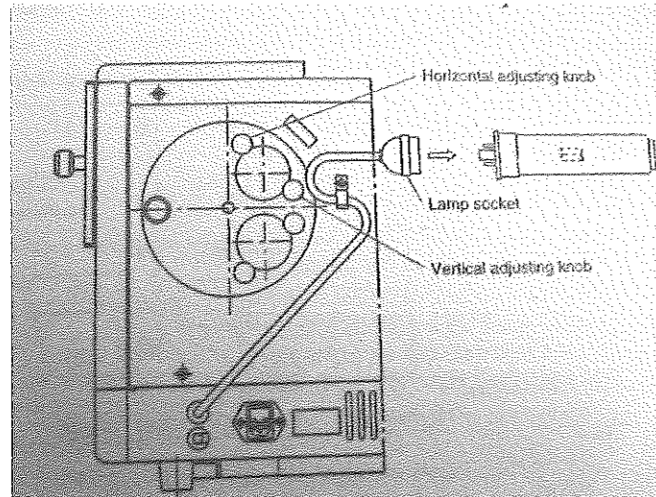
ภาพประกอบ 3.15 หน้าต่าง Optics lamp Adjustment

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

- ให้ใส่ Lamp ลงในช่องด้านข้างของเครื่อง โดยใส่ lamp นั้นจะต้องใช้ความระมัดระวัง อย่างจับบริเวณหน้าตัดของ Lamp และจะต้องใส่ให้ถูกต้อง กล่าวคือ หากเลือกใช้ช่อง socket ที่ 1



จะต้องเลือกสายเชื่อมต่อ HCL ที่ 1 และหมุน lamp ให้มาอยู่ที่ช่องการใช้งาน (Operation) ดังแสดงในภาพ



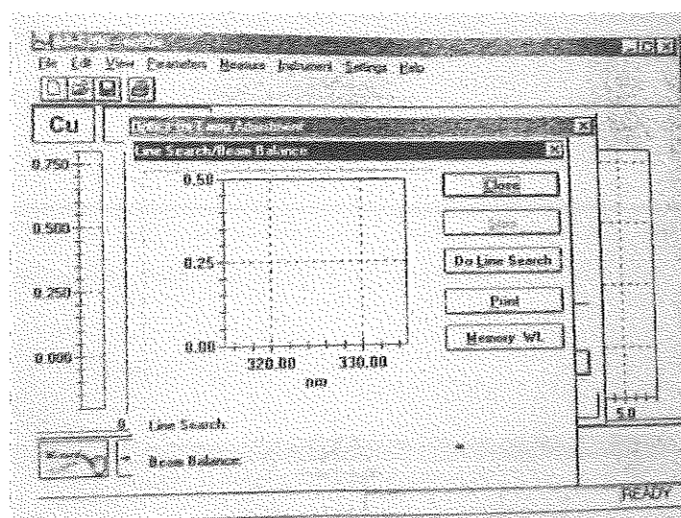
ภาพประกอบ 3.16 แสดงการใส่หลอดกำเนิดแสง

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

- ให้ Click เลือกช่องที่ Socket ว่าเป็นช่องใด
- ดู ช่อง Slit width ที่เครื่องว่าตรงกับคอมพิวเตอร์หรือไม่ ถ้าไม่ตรงให้ เลื่อนปุ่มช่องให้
- Click ที่ Lamp On และคลิก Line Search จะปรากฏหน้า Line Search/Beam

ตรง

Balance

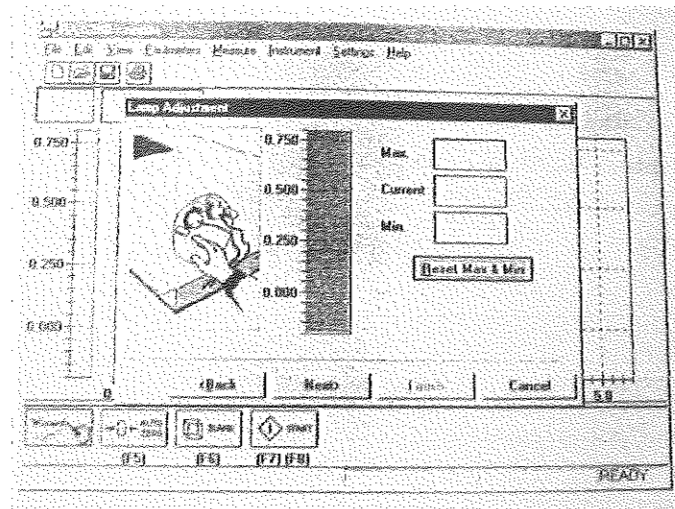


ภาพประกอบ 3.17 หน้าต่าง Line Search

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

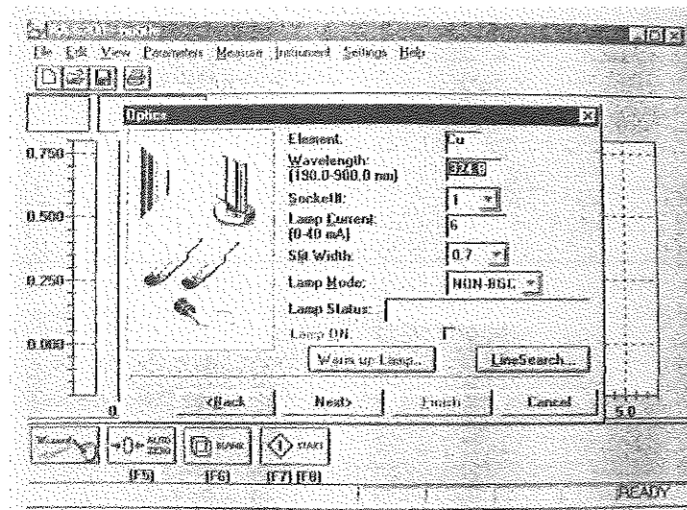


- คลิกที่ Do line Search เมื่อเครื่องทำการปรับ Line Search แล้วเสร็จ จะปรากฏหน้าจอเดิม Optics for Lamp Adjustment ขึ้น
- ให้ Click NEXT จะปรากฏหน้าจอ Lamp Adjustment ขึ้น แล้วทำการปรับ Hollow Cathode lamp (โดยการหมุน Hollow Cathode lamp ใน Torrent หรือหมุนปุ่มปรับตำแหน่ง Horizontal และ Vertical ที่ใกล้ Turret นั้น แต่ถ้าค่า Energy เกิน 1 ให้กด black เพื่อกลับไปทำ Line Search อีกครั้ง แล้วจึงกลับมาปรับ Hollow Cathode lamp ใหม่) และกด Click ปุ่ม Reset Max & Min แล้วคลิก NEXT จะปรากฏหน้าจอ Optics



ภาพประกอบ 3.18 หน้าต่าง Lamp Adjustment

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

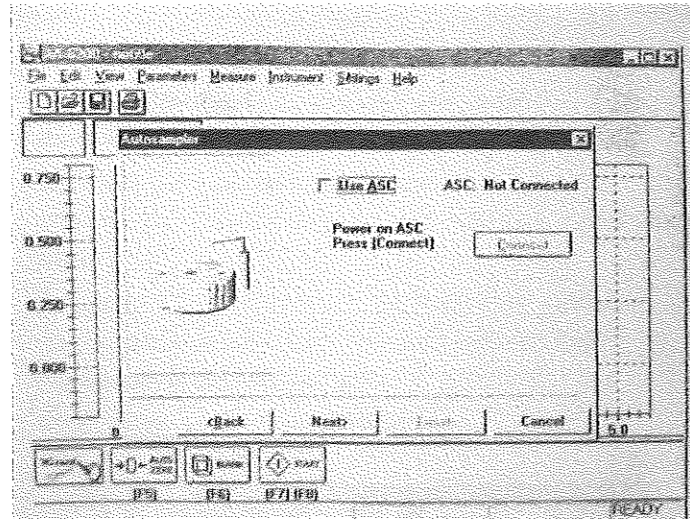


ภาพประกอบ 3.19 หน้าต่าง Optics แสดงค่าการตั้งค่าการใช้งานเครื่อง

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

- click ลูกศร ▾ ที่ Lamp Mode แล้วจึงเลือก Mode ที่จะวิเคราะห์

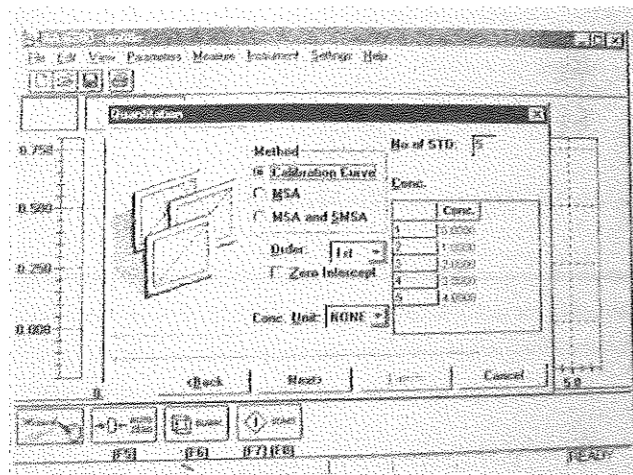
- คลิก Line Search จะปรากฏหน้าต่าง Line Search/Beam Balance คลิกที่ Do line Search เมื่อเรียบร้อยคลิก Close เครื่องจะกลับไปหน้าจอเดิม คลิก NEXT จะปรากฏหน้าจอ Autosampler



ภาพประกอบ 3.20 หน้าต่าง Auto sampler

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

ถ้ามีการต่อเครื่อง ASC ให้กดปุ่ม POWER ON ถ้าไม่ได้ติดตั้งให้คลิก NEXT จะปรากฏหน้าจอ Quantitation ลงจำนวนสารละลายมาตรฐานใน No of STD เปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นตามต้องการในช่อง Conc.

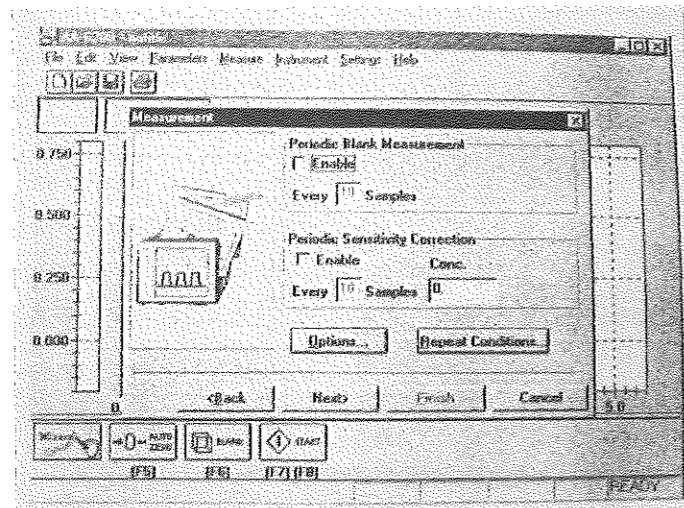


ภาพประกอบ 3.21 หน้าต่าง Quantitation ใช้สำหรับกำหนดค่าของสารมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ และการทำกราฟ calibration curve

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

จากหน้าต่างนี้ (ภาพประกอบ 3.20) ทำการเลือก method ที่ต้องการวัด ซึ่งโดยมากนิยมใช้ Calibration curve ในกรณีที่ต้องการให้เส้นตรงในกราฟมาตรฐานตัดแกนศูนย์ ให้เลือก zero Intercept และหากไม่ต้องการให้เส้นตรงตัดที่แกนศูนย์ ไม่ต้องทำการเลือกคำสั่งใดๆ จากนั้นให้ทำการเลือกหน่วยความเข้มข้นที่ต้องการวัดที่ Con. Unit

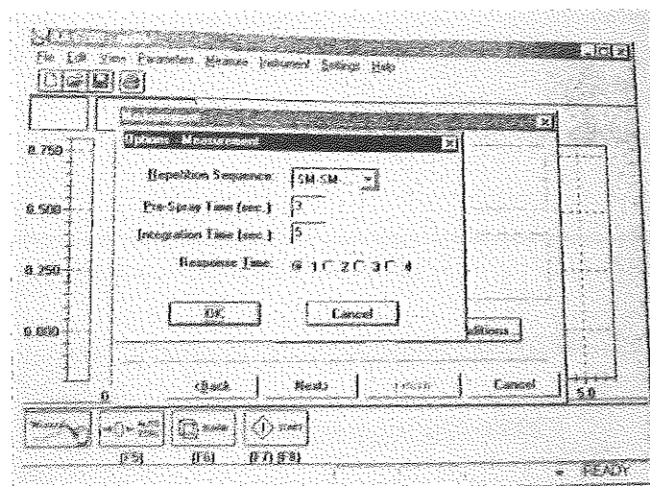
-คลิก NEXT จะปรากฏหน้าจอ Measurement



ภาพประกอบ 3.22 หน้าต่างแสดงช่องกำหนดการวัด และการทำซ้ำ

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

- กดเลือก Option เพื่อกำหนดลักษณะการดูดตัวอย่าง และลักษณะการวิเคราะห์

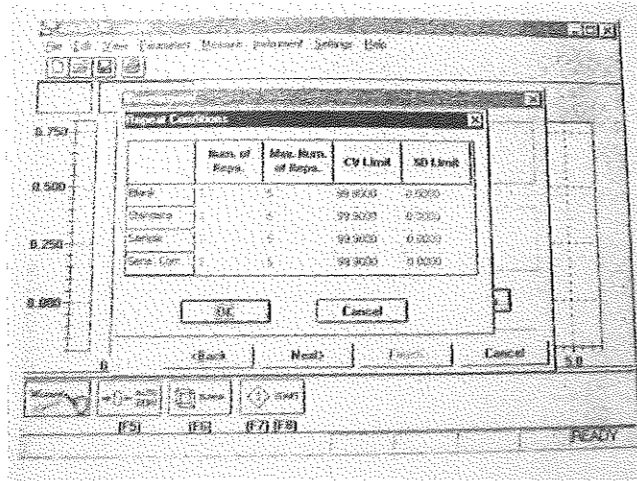


ภาพประกอบ 3.23 หน้าต่างกำหนดวิธีการดูดตัวอย่าง และการช่วงเวลาที่ใช้ในการดูดสารเพื่อวิเคราะห์

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

จากหน้าต่างนี้ ผู้ใช้งานจะต้องกำหนดวิธีการดูตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ (SM-SM หมายถึง การวิเคราะห์ตัวอย่างทีละครั้งเมื่อได้รับคำสั่ง Start และ SM-M-M หมายถึง การดูตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างต่อเนื่องจากจำนวนค่า Repeat ที่ตั้งไว้ หลังจากได้รับคำสั่งให้วิเคราะห์ ด้วยคำสั่ง Start เพียงครั้งเดียว) จากนั้น คลิก OK

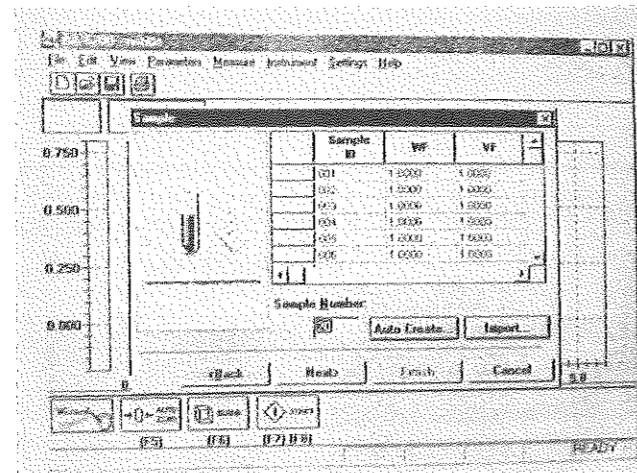
-คลิก Repeat conditions ในกรณีที่ต้องการให้เครื่องทำการวิเคราะห์ตัวอย่างซ้ำ ซึ่งจะปรากฏหน้าต่าง Repeat conditions ขึ้น



ภาพประกอบ 3.24 หน้าต่าง Repeat conditions

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

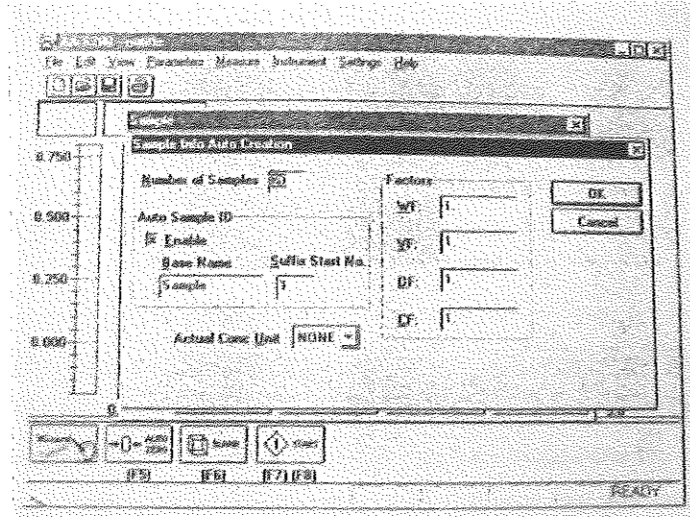
ในการตั้งค่าหน้าต่างนี้ ผู้ใช้งานเครื่องจะต้องกำหนดจำนวนซ้ำที่ต้องการในคอลัมน์ Num.of Repea. และกำหนดค่า Max. Num.of Repea ให้มีค่ามากกว่าคอลัมน์ Num.of Repea. เพื่อกำหนดให้เครื่องทำซ้ำเพิ่มขึ้นอีกในกรณีที่เกิดข้อผิดพลาดต่างๆ เช่น กระแสไฟไม่นิ่ง เป็นต้น จากนั้น คลิก OK แล้วคลิก Next



ภาพประกอบ 3.25 หน้าต่าง Sample

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

- กำหนดจำนวนตัวอย่างในช่อง Sample number แล้วคลิกเลือก Auto Create จะปรากฏหน้าจอ

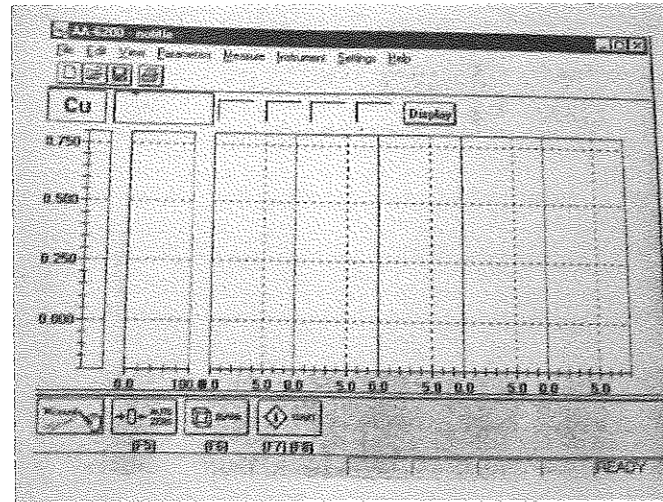


ภาพประกอบ 3.26 หน้าต่าง Sample Into auto creation

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

จากหน้าต่างนี้ สามารถลงข้อมูลของจำนวนตัวอย่างว่ามีทั้งหมดกี่ตัวอย่างในช่อง Number of sample หากต้องการทำรหัสตัวอย่างให้กด  ที่ Enable แล้วตั้งชื่อของตัวอย่าง ที่ Base Name และตั้ง Suffix start No. กำหนดหน่วยความเข้มข้นโดยคลิก  ที่ Actual Conc. Unit และกำหนด Factor ต่างๆ ที่นำมาใช้ในการคำนวณ

- คลิก NEXT จะปรากฏหน้าต่าง Gas Condition ให้สังเกต Fuel gas และ Oxidant Gas แล้วปรับที่เครื่อง AA 6200F แล้วทำการปรับอัตราการไหลของอากาศ และแก๊สอะเซทิลีนให้เหมาะสมกับโลหะที่ต้องการวิเคราะห์ โดยการกดปุ่ม Purge ค้างไว้ แล้วหมุนปุ่มปรับ Flow rate ให้ลูกลอยอยู่กึ่งกลางสเกล ในการปรับปุ่ม Purge ค้างไว้ นั้น ห้ามกดค้างไว้นานกว่า 5 วินาที และถ้าต้องการกดปุ่ม Purge อีกครั้ง ให้รออีกประมาณ 10 วินาที จึงจะกดได้ เมื่อปรับอัตราการไหลเสร็จแล้ว คลิก Finish จะปรากฏหน้าจอ MRT (Measured Result Table)



ภาพประกอบ 3.27 MRT (Measured Result Table)

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

- ทำการจุดไฟโดยกด ปุ่ม PURG และ IGNITE ไฟจะติดที่เฟรม
- เตรียม STD และ sample ที่จะทำการวิเคราะห์
- กดปุ่ม Start เพื่อเริ่มต้นในการวิเคราะห์ ซึ่งจะทำการวิเคราะห์โดยเริ่ม ตั้งแต่

Auto Zero → วัดสารละลาย Blank → วัด Standard ตัวที่ 1 →  
 → วัด Standard ตัวที่ 2...และวัดตัวอย่าง (Sample) ตามลำดับ

(6) การใช้งานในโหมดการวัด Folder OPEN (กรณี Save ข้อมูลในเครื่อง AA ไว้แล้ว)

- เมื่อทำการเตรียมความพร้อมของเครื่องวัดเรียบร้อยแล้ว
- กดโปรแกรม AAS ที่หน้า Desktop จากนั้น
- ให้เลือก OPEN
- หน้าจอจะปรากฏข้อมูลที่เคย save ไว้
- กด Instrument ที่ เมนูบาร์ ด้านบน เครื่องจะเชื่อมต่อการทำงานระหว่างเครื่องมือวัด

และหน่วยแสดงผลการวัด รอนวงกลมกลายเป็นสีเขียวทั้งหมด

- จากนั้นกดเลือก Parameter เลือก Properties ไปตั้งค่าที่ช่อง Optic และเปิด Lamp ON แล้วทำ lines search 1 ครั้ง แล้วกด OK

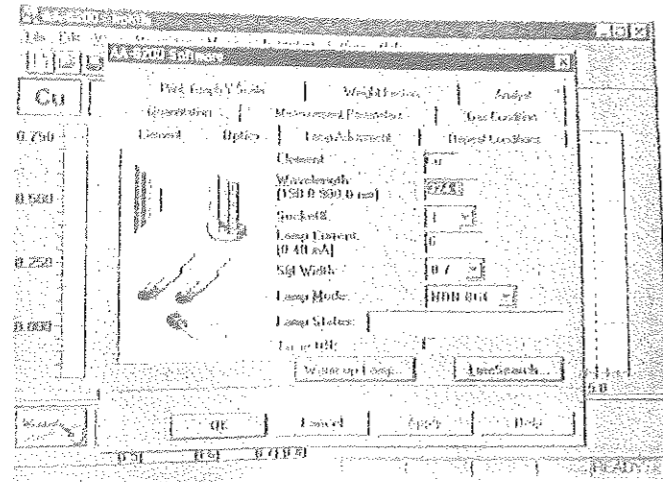
- จากนั้นกดเลือก Parameter เลือก sample จะปรากฏหน้าจอของ Standard ขึ้น ให้เปลี่ยน No of STD ให้เป็น 0 กด Next

- จะปรากฏหน้าต่างของ Sample ให้ระบุจำนวนตัวอย่างที่ต้องการจะฉีดลงไปทำการวิเคราะห์ตัวอย่างตามปกติ

(7) ขั้นตอนการปิดเครื่อง

- คลิก Parameter ที่เมนูบาร์ แล้วเลือก Properties แล้วกดเลือก Optics เครื่องจะ

ปรากฏหน้าจอ



ภาพประกอบ 3.28 หน้าต่าง Optic

ที่มาภาพ : คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

- คลิก Lamp on จาก  เป็น  เพื่อทำการปิด lamp

- ให้ผ่านสารละลาย blank เข้าไปในเปลวไฟประมาณ 50 ml (หรือประมาณ 1 - 2 นาที)

เพื่อทำความสะอาดสายดูด sample, Nebulizer, Chamber และ Burner

- ในกรณีที่ blank ไม่ใช่ น้ำกลั่น ให้ผ่านน้ำกลั่นเข้าไปในเปลวไฟ ประมาณ 50 - 100 ml (หรือประมาณ 3 - 5 นาที) เพื่อทำความสะอาดเข็มดูดตัวอย่าง, Nebulizer, Chamber และ Burner

- จากนั้นให้ผ่านอากาศเข้าไปในเปลวไฟ โดยให้เข็มดูดตัวอย่าง ดูดอากาศเปล่าเข้าไปในเครื่องแทน โดยใช้เวลาโดยประมาณ 1 - 2 นาที เพื่อให้ส่วนต่างๆ ได้แก่ สายดูด sample, Nebulizer, Chamber และ Burner แห้งสนิท

- ดับ Flame โดยกดปุ่ม Extinguishing

- ปิดถังแก๊ส ทุกถังที่ใช้งาน, ปิด Air Compressor กดปุ่ม Purge ค้างไว้ เพื่อไล่ แก๊สที่ค้าง

ในสายออกให้หมด, เปิด Valve Drain น้ำที่ Air Compressor ออกเพื่อ Drain น้ำทิ้ง

- ปิด Hood สำหรับดูดไอสารระเหย

- เข้า Instrument แล้วทำการคลิก Connect ให้เครื่องหมาย ✓ ที่อยู่บนหน้า Connect

หายไป

- เข้า File แล้วทำการคลิกเลือก Exit

- ปิด Power ของเครื่อง AA, Computer และ Printer

## (8) การดูแลรักษา

- ติดตั้งเครื่องมือในสถานที่ที่ไม่มีการสั่นสะเทือน หรือสั่นสะเทือนน้อย ปราศจากความชื้น และมีพื้นที่มากพอสำหรับปฏิบัติงาน
- ติดตั้งตู้ดูดควันเหนือเตาเผา และติดตั้งพัดลมระบายอากาศออกจากห้อง
- ทำความสะอาดภายในตัวเผาโดยการถอดองค์ประกอบและทำความสะอาดร่องบริเวณหัวเผาหลังการใช้งาน
- ตรวจสอบความไวในการวิเคราะห์เป็นระยะๆ โดยใช้สารละลายมาตรฐานที่ทราบค่า บันทึกและเปรียบเทียบ
- เปลี่ยนแท่งกราไฟท์เมื่อครบอายุการใช้งาน
- ตรวจสอบระดับน้ำในถังซึ่งควรมีน้ำสูงพอที่จะปิดปลายท่อที่ต่อออกมาจากตัวเผา
- ทำความสะอาดหรือเปลี่ยนตัวกรองที่ต่อกับท่อส่งแก๊สเชื้อเพลิงและท่อส่งแก๊สช่วยเผาใหม่เป็นระยะ ๆ
- ในกรณีที่ใช้เครื่องอัดอากาศ ควรระบายน้ำในถังเก็บอากาศออกทุกครั้ง หลังการใช้งานเสร็จ
- การทำความสะอาดท่อภายในระบบทำได้โดย ดูดสารละลายไนตริก ความเข้มข้น 1 % ปริมาณ 20 ml หรือนาน 5 นาที จากนั้นให้ดูดน้ำกลั่น/น้ำ demonized ปริมาตร 20 ml จากนั้นให้เครื่องดูดอากาศเปล่า ใช้เวลา 5 - 10 นาที หรือจนกว่าท่อดูดตัวอย่างจะแห้งสนิท ปราศจากไอน้ำ

## (9) ข้อควรระวัง

- ในการใช้เข็ม Injection ในการดูดตัวอย่าง ไม่ควรยกก้านเข็ม Injection ขึ้นสูงจนทำให้ก้านเข็มโค้งงอ เนื่องจากจะทำให้ท่อที่ใช้เชื่อมระหว่างเข็ม Injection กับตัวกระจายตัวอย่างหักได้
- ในขณะที่ใช้งานเครื่องต้องมั่นใจไปตรวจสอบปริมาณแก๊สอะเซทิลีนที่ถังว่ามีปริมาณมากพอในการใช้งานหรือไม่ และจะต้องแจ้งเจ้าหน้าที่ทันทีที่พบว่าแก๊สอะเซทิลีนลดลงจนถึงหมดถัง อาจกำหนดระดับเพื่อเป็นจุดสังเกตปริมาณแก๊ส เช่น ห้องปฏิบัติการกำหนดไว้ที่ระดับ 2 bar เป็นต้น
- ให้สำรวจระดับน้ำในถังเก็บ Waste ด้านล่างเครื่องมือวัดว่าใกล้เต็มถึงหรือไม่ และทำการนำ waste ไปจัดเก็บในที่ที่ห้องปฏิบัติการกำหนด ทำการเปลี่ยนถังเก็บ waste

## (10) ขั้นตอนการทดสอบ

- ทำการสร้างกราฟมาตรฐาน โดยให้มีค่า Correlation of determination  $\geq 0.995$  เริ่มจาก Blank standard ก่อนและหลัง ตามลำดับจากความเข้มข้นน้อยไปมากอ่านค่า Blank standard ให้ได้ 0.000 หรือใกล้เคียงจากนั้นทดสอบความเข้มข้นจนครบทุกความเข้มข้น กราฟมาตรฐานที่ได้จะเป็นเส้นตรง ( $R^2 \geq 0.995$ )
- ทำการทดสอบสารละลายโลหะมาตรฐานที่ทราบค่าแน่นอน โดยใช้ความเข้มข้นตรงกลางของสารละลายโลหะมาตรฐานที่ใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน หลังจากที่ทำกรการสร้างกราฟมาตรฐานทุกครั้ง (Continuing Calibration Standard, CCS)



- ทำการทดสอบสารละลายโลหะมาตรฐานที่เตรียมจากแหล่งที่มาที่ต่างจากสารละลายโลหะมาตรฐานที่ใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน โดยใช้ความเข้มข้นตรงกลางสารละลายโลหะมาตรฐานรับรอง (Calibration Verification Standard, CVS)

- ทำการทดสอบสารละลายโลหะมาตรฐานที่ทราบค่าแน่นอน ช่วงความเข้มข้นตรงกลางของสารละลายโลหะมาตรฐานที่ใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน โดยที่ต้องผ่านกระบวนการย่อยให้เหมือนกับตัวอย่าง (Laboratory Control Standard, LCS)

- ทำการทดสอบ Blank

- ทำการทดสอบสารละลายตัวอย่างและตัวอย่างที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ และบันทึกค่า Absorbance และค่า Concentration

- ทำ Dilution สารละลายตัวอย่างที่ทดสอบได้ค่า Absorbance เกิน Range ของกราฟมาตรฐาน ตามความเหมาะสม เช่น 2, 5, 10, 20, 50 เท่า

- เมื่อเสร็จขั้นตอนการทดสอบแล้วทำความสะอาดเครื่อง และปิดเครื่อง

(11) การควบคุมคุณภาพการทดสอบ

(1) Method blank เพื่อเป็นการตรวจสอบความปนเปื้อนที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการทดสอบตั้งแต่การเตรียมตัวอย่างจนถึงสิ้นสุดการทดสอบ

(2) Duplicate sample เป็นการควบคุมความแม่นยำ (precision) ของการทดสอบถ้าผลที่ได้แตกต่างกันจะบอกถึงความแปรปรวนของวิธีวิเคราะห์ สูตรการคำนวณดังนี้

$$\% \text{ RPD} = \frac{(\text{Sample result} - \text{Duplicate result}) \times 100}{(\text{Sample result} + \text{Duplicate result}) / 2}$$

(3) การทำ Laboratory-fortified Matrix (LFM) เป็นการควบคุมความถูกต้อง (Accuracy) ของการทดสอบสูตรการคำนวณดังนี้

$$\% \text{ recovery} = \frac{(\text{LFM sample result} - \text{Sample result}) \times 100}{(\text{Known LFM added concentration})}$$

(4) ทำการตรวจสอบ Sensitivity ของเครื่องมือ 1 ครั้ง/เดือนโดยนำสารละลายสำหรับตั้งศูนย์ของเครื่องมาบันทึกค่า Absorbance 5 ครั้ง และนำสารละลายโลหะมาตรฐานความเข้มข้นที่ให้ค่า Absorbance ประมาณ 0.200 หรือความเข้มข้นตรงกลางที่ใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐานมาบันทึกค่า Absorbance 5 ครั้ง ค่าที่ยอมรับได้จะต้องอยู่ในช่วง  $\pm 20\%$  ของค่าจริง

$$\text{Sensitivity} = \frac{\text{Conc. Of Std.} \times 0.0044}{\text{Measured}}$$

(Measured Abs.= Average Abs. of Std.–Average Abs. of Zero Concentration)

(5) การสร้างกราฟมาตรฐาน โดยให้มีค่า Correlation of determination  $\geq 0.995$

(6) การตรวจสอบคุณภาพ continuing Calibration Standard (CCS)

(7) ใช้ QC Check Standard (Calibration Verification Standard, CVS)

(8) การตรวจสอบ (Laboratory Control Standard, LCS)

(12) การคำนวณ

- กรณีไม่มีการเจือจางตัวอย่าง

$$Me = Ct - Cb$$

เมื่อ Me = ความเข้มข้นของโลหะ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

Ct = ความเข้มข้นของโลหะหนักจาก test portion (มิลลิกรัมต่อลิตร)

Cb = ความเข้มข้นของโลหะหนักจาก Blank sample (มิลลิกรัมต่อลิตร)

- กรณีมีการเจือจางตัวอย่าง (Post dilution)

$$Me = [Ct \times (F/V)] - Cb$$

เมื่อ Me = ความเข้มข้นของโลหะ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

Ct = ความเข้มข้นของโลหะจาก test portion (มิลลิกรัมต่อลิตร)

Cb = ความเข้มข้นของโลหะจาก Blank (มิลลิกรัมต่อลิตร)

Fv = ปริมาตรสุดท้ายของตัวอย่าง (Final volume, มิลลิลิตร)

V = ปริมาตรของสารละลาย (Original Sample, มิลลิลิตร)

4) การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ใช้พื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ย ในการวิเคราะห์ข้อมูล และค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง AAS ยังไม่ใช่ค่าที่แท้จริงที่จะสรุปว่ามีปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างเท่าไร หรืออาจเรียกว่า ยังไม่ใช่ค่าที่แท้จริงที่จะนำไปสรุปว่าเป็นค่าปริมาณโลหะหนักของตัวอย่างทั้งหมด ดังนั้น เมื่อได้ทราบค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่อง AAS แล้ว จะต้องทำค่าที่ได้ไปคำนวณเทียบกับปริมาณตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ แล้วจึงเทียบไปยังปริมาณทั้งหมดของตัวอย่าง จึงจะทำให้ทราบว่าตัวอย่างทั้งหมดมีปริมาณโลหะหนักเท่าใด ทั้งนี้อาจจะต้องมีการคำนวณและการเปลี่ยนหน่วยเพื่อให้ตรงตามหน่วยที่ต้องการตรวจวัด

5) การจัดทำรายงานผลการตรวจวิเคราะห์

การจัดทำรายงานผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนัก จะรายงานปริมาณโลหะหนักในรูปแบบต่างๆ เช่น mg/ml, mg/l, mg/g, mg/kg เป็นต้น ซึ่งการรายงานปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่าง และหน่วยที่ยอมรับ

#### 6) ส่งผลวิเคราะห์

การส่งผลวิเคราะห์นั้น มี 2 ลักษณะ คือ ผู้ขอความอนุเคราะห์รับผลการวิเคราะห์ด้วยตัวเอง และ การจัดส่งเอกสารให้กับผู้ขอความอนุเคราะห์ ทั้งนี้ในการจัดส่งผลการวิเคราะห์นั้นขึ้นอยู่กับขอความอนุเคราะห์

### 3.3 ข้อควรระวังและสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการปฏิบัติงาน

ในการเตรียมตัวอย่างสิ่งแวดล้อมเพื่อการวิเคราะห์โลหะหนักนั้น ส่วนใหญ่จะต้องใช้กรดเข้มข้นในการย่อยให้ตัวอย่างกลายเป็นสารละลาย ผู้เตรียมตัวอย่างควรมีความรู้ความเข้าใจในการใช้สารเคมีประเภทนี้ เพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุที่ไม่คาดคิด และสามารถจัดการกับสารเคมีเหล่านี้ กรณีที่เกิดการหกได้ นอกจากนี้หลังการวิเคราะห์ตัวอย่างแล้วเสร็จ เพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมให้คงอยู่ยาวนาน นักวิทยาศาสตร์จะต้องรู้จักวิธีการจัดเก็บขยะอันตรายที่เกิดจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วหากเป็นการวิเคราะห์ตัวอย่างทางธรรมชาติ โลหะหนักที่ปนเปื้อนในตัวอย่างจะถูกย่อยและอยู่ในรูปของสารละลาย หากขาดการจัดเก็บขยะที่เหมาะสมอาจรั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นเพื่อป้องกันขยะอันตรายเหล่านั้นปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม นักวิทยาศาสตร์ผู้วิเคราะห์ตัวอย่างควรมีวิธีการจัดการตัวอย่างประเภทนี้เสียจากการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS ดังนี้

#### 3.3.1) การจัดการขยะอันตรายห้องปฏิบัติการ

##### 1) ประเภทของเสียอันตราย

ของเสียห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เป็นของเสียที่มาจากสารเคมี ซึ่งสารเคมีบางประเภทหากนำไปทิ้งปะปนกับสารเคมีประเภทอื่นอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ ดังนั้นในการคัดแยกของเสียในห้องปฏิบัติการจึงจำเป็นต้องคัดแยกออกเป็นประเภทต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการบำบัดของเสียแต่ละประเภทต่อไป โดยทั่วไปแล้วของเสียในห้องปฏิบัติการถูกแบ่งเป็น 11 ชนิด ดังนี้

(1) ของเสียที่เป็นกรด หมายถึง ของเสียที่มีค่า pH ต่ำกว่า 7 และมีกรดแปรนอยู่ในสารละลายมากกว่า 5% เช่น กรดซัลฟูริก, กรดไนตริก, กรดไฮโดรคลอริก

(2) ของเสียที่เป็นเบส หมายถึงของเสียที่มีค่า pH สูงกว่า 7 และมีเบสปนอยู่ในสารละลายมากกว่า 5% เช่น แอมโมเนีย, คาร์บอนेट, ไฮดรอกไซด์

(3) ของเสียที่เป็นเกลือ หมายถึงของเสียที่มีคุณสมบัติเป็นเกลือ หรือของเสียที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการทำปฏิกิริยาของกรดกับเบส เช่น โซเดียมคลอไรด์, แอมโมเนียมไนเตรท

(4) ของเสียที่เป็นสารไวไฟ หมายถึงของเสียที่สามารถลุกติดไฟได้ง่าย ซึ่งต้องแยกเก็บให้ห่างจากแหล่งกำเนิดไฟ ความร้อน, ปฏิกิริยาเคมี, เปลวไฟ เครื่องไฟฟ้า, ปลั๊กไฟ เป็นต้น สารไวไฟ เช่น อะซิโตน, เบนซิน, เฮกเซน, เอทานอล, เมทานอล, โทลูอิน และ ไซลีน

(5) ของเสียที่เป็นสารฮาโลเจน หมายถึง ของเสียที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ของธาตุฮาโลเจน เช่น คาร์บอนเตตราคลอไรด์ คลอโรเบนซิน

(6) ของเสียที่เป็นของเหลวอินทรีย์ที่ประกอบด้วยน้ำ หมายถึง ของเสียที่เป็นของเหลวอินทรีย์ที่มีน้ำผสมอยู่ เช่น น้ำมันผสมน้ำ สารที่เผาไหม้ได้ผสมน้ำ เช่น แอลกอฮอล์ผสมน้ำ, ฟีนอลผสมน้ำ, กรดอินทรีย์ผสมน้ำ เอมีน หรืออัลดีไฮด์ผสมน้ำ

(7) ของเสียประเภทออกซิไดซ์เชิงเอเจนต์ หมายถึง ของเสียที่มีคุณสมบัติในการที่ให้อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งอาจเกิดปฏิกิริยารุนแรงกับสารอื่นทำให้เกิดการระเบิดได้ เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, เปอร์แมงกาเนต, ไฮโปคลอไรท์

(8) ของเสียประเภทรีดิวซ์เชิงเอเจนต์ หมายถึง ของเสียที่มีคุณสมบัติในการรับอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งอาจเกิดปฏิกิริยารุนแรงกับสารอื่นทำให้เกิดการระเบิดได้ เช่น กรดซัลฟิวริก และกรดไฮโอ ซัลฟูริก

(9) ของเสียที่ประกอบด้วยโครเมียม หมายถึงของเสียที่มีโครเมียมเป็นองค์ประกอบ เช่น สารประกอบ  $Cr^{6+}$  และกรดโครมิก ของเสียที่ได้จากการวิเคราะห์ COD

(10) ของเสียที่เป็นไอออนของโลหะหนักอื่นๆ หมายถึงของเสียที่มีไอออนของโลหะหนักอื่นซึ่งไม่ใช่โครเมียม อาร์เซนิก ไซยาไนต์ และปรอท เป็นส่วนผสม ได้แก่ แบเรียม แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง เหล็ก แมงกานีส สังกะสี โคบอล นิเกิล เงิน ดีบุก แอนติโมนี ทั้งสแตน วาเนเดียม

(11) ของเสียที่มีจุลินทรีย์ หมายถึงของเสียที่ได้จากกิจกรรมการเลี้ยงเชื้อ หรือบ่มเพาะจุลินทรีย์ หากปล่อยลงสู่ชุมชนและสิ่งแวดล้อม อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ ของเสียประเภทนี้ควรที่จะทำการนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) ก่อนกำจัดในขั้นต่อไป

น้ำเสียที่เกิดจากการวิเคราะห์โลหะหนักจากตัวอย่างสิ่งแวดล้อม คือสารละลายประเภทกรด และมักมีโลหะหนักปลอมปนอยู่ ซึ่งปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดตัวอย่าง วิธีการจัดการน้ำเสียเบื้องต้นก่อนทิ้ง มีดังนี้

### 3.3.2) วิธีการจัดการน้ำเสีย

การจัดการน้ำเสียที่มีลักษณะเป็นกรดในทางปฏิบัติจะทำการเก็บไว้เพื่อปรับสภาพด้วยน้ำเสียที่มีสภาพเป็นด่าง ซึ่งน้ำเสียสภาพเป็นด่างเหล่านั้นมาจากกระบวนการเรียนการสอน แต่หากไม่มีน้ำเสียสภาพต่างดังกล่าว นักวิทยาศาสตร์จะทำการวัดค่าความเป็นกรดต่างที่เกิดขึ้นว่าอยู่ในช่วง 5.5 - 9 ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ใน ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13ง ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539 นั้นสามารถทิ้งลงอ่างล้างได้ปกติ แต่หากมีค่าความเป็นกรดต่างสูงกว่าที่กล่าวมา อาจจะมีการจัดเก็บไว้ในถังเก็บน้ำเสียเพื่อรอนำไปกำจัดต่อไป

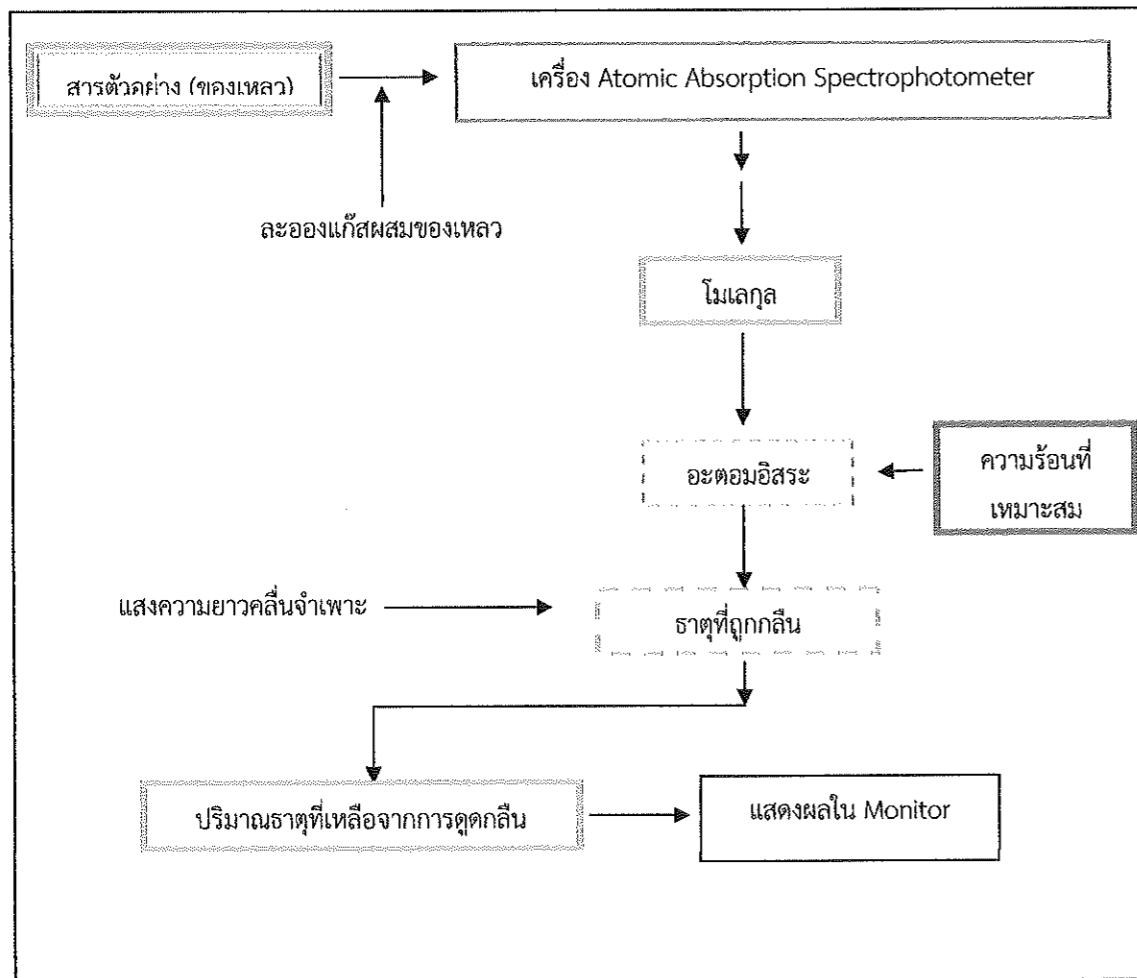
### 3.4 ทฤษฎีหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เครื่องวัดการดูดกลืนแสงโดยอะตอม (Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS) เป็นเครื่องมือที่ใช้จำแนกธาตุต่าง ๆ โดยอาศัยการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นจำเพาะของอะตอมธาตุแต่ละ

ชนิด เป็นเครื่องมือที่มีความสามารถในการวิเคราะห์ธาตุที่มีปริมาณน้อย ๆ ได้ดี และมีความแม่นยำสูง ในปัจจุบัน เครื่องมือนี้ถูกพัฒนาจนสามารถวิเคราะห์ธาตุได้ไม่น้อยกว่า 61 ชนิด ตัวอย่างเช่น Cu, Zn, Cd, Ni, Ag, Pb, Ru ฯลฯ

#### 1) หลักการวิเคราะห์ของเครื่อง AAS

เมื่อสารตัวอย่างถูกฉีดเข้าสู่เปลวไฟ ความร้อนจะทำให้ละอองแก๊สผสมของเหลวกลายเป็นแก๊สผสมของแข็ง เมื่อโมเลกุลของธาตุตัวอย่างได้รับความร้อนที่เหมาะสม โมเลกุลก็จะแตกตัวเป็นอะตอมอิสระ ซึ่งเมื่อปล่อยพลังงานแสงที่มีความยาวคลื่นจำเพาะของธาตุตัวอย่างนั้น ๆ ผ่านอะตอมอิสระ พลังงานแสงนี้จะถูกกลืนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนอะตอมอิสระ ดังนั้นเมื่อวัดความเข้มของแสงที่เหลือจากการดูดกลืนโดยอะตอม จึงสามารถหาความเข้มข้นของธาตุได้

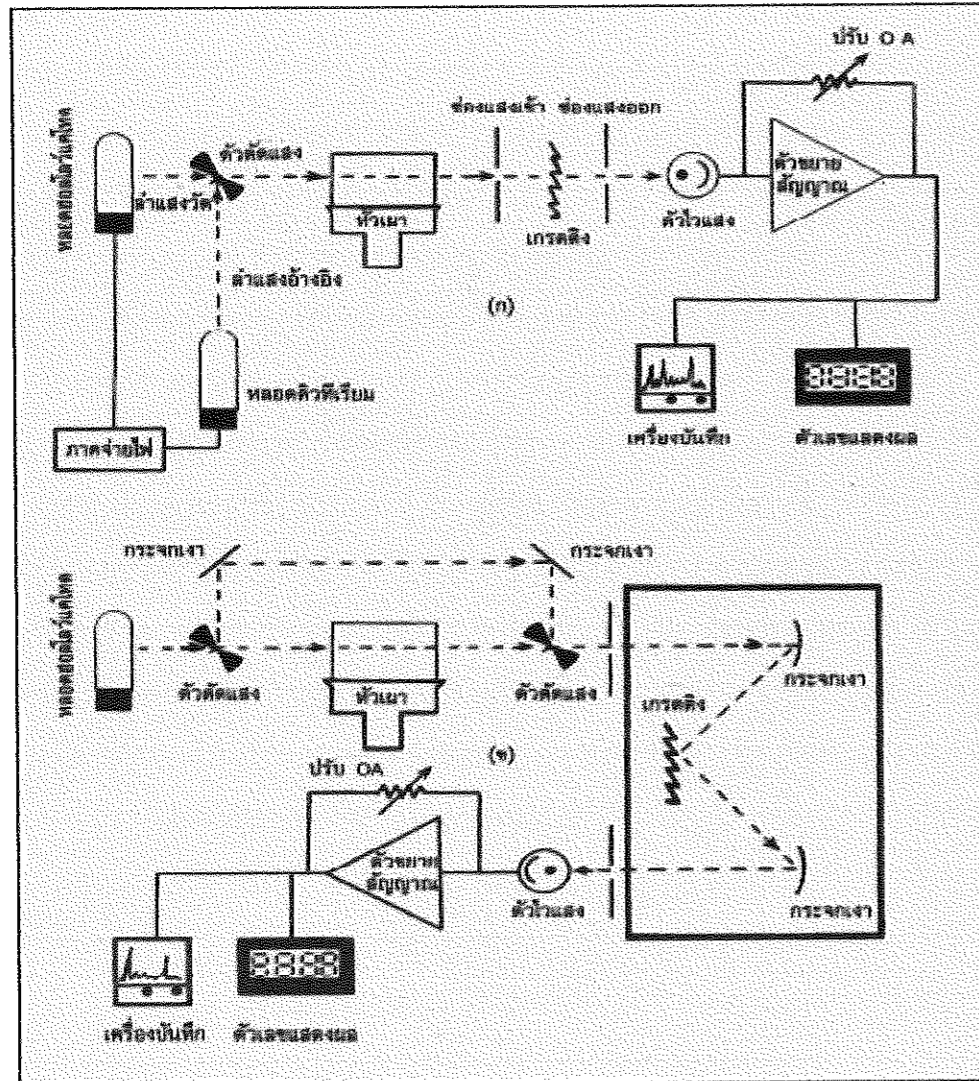


ภาพประกอบ 3.29 Diagram การทำงานของเครื่อง ATOMIC Absorption Spectrophotometer

#### 2) ชนิดของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงโดยอะตอม

2.1) ชนิดลำแสงเดี่ยว (Single beam type) องค์ประกอบหลัก คือ หลอดไฟกำเนิดแสง หลอดไฟกำเนิดแสงอ้างอิง ตัวเผา ช่องแสง ตัวแยกแสง ตัวไวแสง ภาชนะยาสัญญาณและภาคแสดงผล

2.2) ชนิดลำแสงคู่ (Double beam type) สร้างขึ้นเพื่อแก้ความไม่คงที่ของหลอดไฟกำเนิดแสง โดยแยกแสงจากหลอดไฟกำเนิดแสงออกเป็น 2 ลำแสงด้วยตัวตัดแสง (Chopper) ที่มีกระจกเงาติดอยู่ ลำแสงหนึ่งจะไปตกกระทบตัวไวแสงโดยไม่ผ่านเปลวไฟถูกขยายเปรียบเทียบกับสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากลำแสงอ้างอิงตลอดเวลา จึงสามารถแก้ไขความผิดพลาดอันเนื่องมาจากความไม่คงที่ของหลอดไฟกำเนิดแสงได้ แสดงในภาพประกอบ 3.30



ภาพประกอบ 3.30 ทางเดินแสงในเครื่องวัดการดูดกลืนแสงโดยอะตอม  
 (ก) ชนิดลำแสงเดี่ยว และ (ข) ชนิดลำแสงคู่  
 ที่มา : ชูชาติ, 2534

3) ส่วนประกอบของเครื่อง

3.1) แหล่งกำเนิดแสง เพื่อให้การวัดมีความไวมากที่สุด หลอดไฟกำเนิดแสงที่ดีควรปล่อยคลื่นแสง จำเพาะที่มีความเข้มและแคบมากออกมาอย่างสม่ำเสมอ หลอดกำเนิดแสงที่มีคุณสมบัติดังกล่าวและนิยมใช้ทั่ว ๆ ไปคือ หลอดฮอลโลแคโทด

3.2) หลอดไฟกำเนิดแสงอ้างอิง (Reference light source) นิยมใช้หลอดไฮโดรเจนซึ่งปล่อยแสงในช่วงคลื่น 190-280 นาโนเมตร หรือหลอดดิวทีเรียม ที่ปล่อยแสงในช่วงคลื่น 190-325 นาโนเมตร

3.3) ตัวสร้างอะตอม (Atomizer) เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้ธาตุแตกตัวเป็นอะตอมอิสระโดยใช้พลังงานความร้อนจากเปลวไฟหรือกระแสไฟฟ้า

- สร้างอะตอมด้วยเปลวไฟ โดยเปลี่ยนของเหลวให้เป็นละอองขนาดเล็ก ซึ่งอาศัยแรงดูดสูญญากาศ ที่ไหลผ่านเหนือหลอดรูเล็กอย่างรวดเร็ว ละอองจะฉีดเข้าตัวเผาที่มีอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยเชื้อเพลิง อะเซทิลีน ไฮโดรเจน บิวเทน แก๊สหุงต้ม หรือแก๊สโพรเพน

- ตัวเผาแบบผสมแก๊สเชื้อเพลิงและแก๊สช่วยเผาไหม้ก่อนผ่านเข้าสู่เปลวไฟ

- สร้างอะตอมด้วยไฟฟ้า ใช้กระแสไฟฟ้าผ่านบนตัวทำความร้อนและใช้แก๊สอาร์กอนไหลผ่านเพื่อลดการเกิดออกซิเดชันของตัวทำความร้อน

3.4) ช่องแสง (Slit) ใช้สำหรับปรับความกว้างของแสง ที่ตกกระทบตัววิเคราะห์ โดยทั่วไปนิยมใช้ช่องแสงกว้าง 0.7 นาโนเมตร การใช้ช่องแสงที่แคบลงจะช่วยลดการรบกวนจากความยาวคลื่นแสงข้างเคียงอื่น ๆ ได้

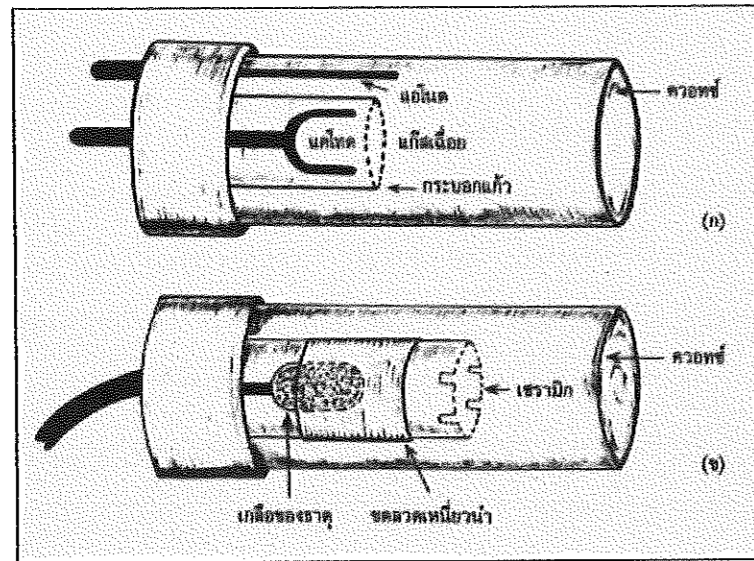
3.5) ตัวแยกแสง (Monochromatic) นิยมใช้เกรตติงที่แยกแสงหลายความยาวคลื่นที่ผ่านออกจากเปลวไฟให้กลายเป็นลำแสงสีแสงสีเดียวที่มีความยาวคลื่นที่ต้องการ

3.6) ตัวไวแสง (Photo sensor) เป็นหลอดที่สามารถวัดความเข้มของแสงปริมาณน้อย ๆ ได้ดี

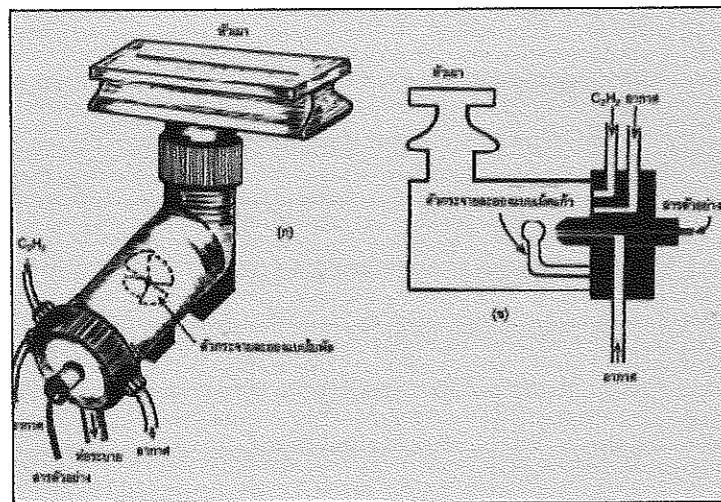
3.7) ภาคขยายสัญญาณ อาจประกอบด้วยการขยายวงจรแบบบล็อก เพื่อเปลี่ยนสัญญาณจาก %T ให้เป็น A และวงจรขยายความแตกต่างของสัญญาณ และวงจรขยายแบบเส้นตรง

3.8) ภาคแสดงผล อาจประกอบด้วยตัวเลขแสดงผล เครื่องพิมพ์ผล จอภาพ และเครื่องบันทึก

3.9) แผงควบคุมอาจประกอบด้วยปุ่มและสวิตช์ควบคุม



(ก)



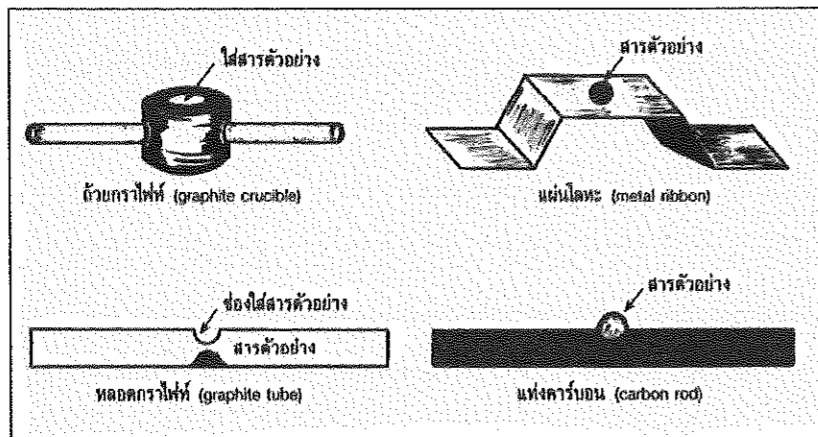
(ข)

ภาพประกอบ 3.31 หลอดและรูปร่างของตัวเผา

(ก) โครงสร้างของหลอดฮอลโลว์แคโทด (ข) รูปร่างของตัวเผาแบบผสมแก๊สเชื้อเพลิง

ที่มา : ชูชาติ, 2534





ภาพประกอบ 3.32 รูปร่างของตัวทำความร้อนแบบต่าง ๆ

ที่มา : ชูชาติ, 2534

4) เชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงเป็นตัวให้ความร้อนเพื่อให้สารละลายสารที่ต้องการวิเคราะห์แตกพันธะเป็นอะตอมอิสระ ซึ่งในเครื่อง AAS แต่ละชนิดย่อมมีการใช้เชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน

ตาราง 3.7 ชนิดเชื้อเพลิง

แก๊สเชื้อเพลิง	แก๊สช่วยเผาไหม้	อุณหภูมิ (K)
แก๊สหุงต้ม	อากาศ	1,980
บิวเทน	อากาศ	2,170
โพรเพน	อากาศ	2,200
อะเซทิลีน (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	อากาศ	2,600
อะเซทิลีน (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	ออกซิเจน	3,300
อะเซทิลีน (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	ไนตรัสออกไซด์	3,200
อะเซทิลีน (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	ออกซิเจน ผสม ไนโตรเจน อัตราส่วน 1: 1 โดยปริมาตร	2,300
ไฮโดรเจน	ออกซิเจน	2,900

5) เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ของเครื่อง AAS

แม้ว่าการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS นี้จะเป็นเทคนิคที่ค่อนข้างเฉพาะมาก ทั้งแหล่งกำเนิดและการดูดกลืนแสง แต่ก็มีโอกาสที่สเปกตรัมของธาตุอื่นที่ปนอยู่มารบกวนได้ทำให้ค่า absorbance วัดได้มากหรือ น้อยกว่าปกติ สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลวิเคราะห์ผิดพลาดได้ ดังนั้น

นักวิทยาศาสตร์หรือผู้วิเคราะห์ควรศึกษาก่อนว่า สารตัวอย่างเป็นอะไร จะละลายด้วยอะไร มีองค์ประกอบอะไรบ้าง และจะวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอะไร สิ่งเหล่านี้จะช่วยทำให้ผลการวิเคราะห์ผิดพลาดน้อยที่สุด สิ่งรบกวนสามารถจำแนกได้ ดังนี้

5.1) Physical affects เป็นผลเนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพของสารละลายที่จะวิเคราะห์ซึ่งไปเกี่ยวข้องกับอัตราการไหลของสารละลายเข้าไปใน nebulizer ขนาดของหยดสารละลาย (drop size) ได้แก่ Volatility ของตัวสารละลาย surface tension, viscosity ซึ่งสามารถแก้ไขได้คือทำให้สารละลายเจือจางลง หรือเติม Organic solvents หรือเตรียมสารละลายให้มี matrix อย่างเดียวกับสารตัวอย่าง

5.2) Chemical affects ได้แก่ แอนไอออน เช่น ฟอสเฟต ซัลเฟต อะลูมิเนียม ซิลิเกต หรือ แอนไอออนที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบบางตัวทำให้ผลการหาปริมาณของพวก Alkaline earth metals ได้น้อยกว่าปกติ เมื่อใช้ air-CH flame หรือ flame temperature ต่ำ เพราะมีการเกิดสารประกอบที่อยู่ตัวบางชนิดเรียกว่า refractory compound จึงทำให้การแตกตัวเป็นอะตอมของธาตุที่จะวิเคราะห์น้อยกว่าที่ควรจะเป็น

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS นั้นอาจทำได้หลายวิธี แต่ละเทคนิคมีข้อดีข้อเสียและการใช้งานแตกต่างกัน และอาจกล่าวได้ว่ากระบวนการทำให้สารเกิด Atomization ไม่มีวิธีไหนเลยที่จัดว่าดีที่สุด ดังนั้น ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ต้องเลือกให้เหมาะสมกับความต้องการ โดยคำนึงถึงองค์ประกอบหลายๆ อย่าง เช่น ความรวดเร็วของการวิเคราะห์ ความยากง่าย ความเข้มข้น สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของสารที่จะวิเคราะห์ ตลอดทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่สามารถอำนวยให้ แต่ละเทคนิคมีหลักการทั่วไป ดังนี้

### 5.3) Flame Techniques

เทคนิคนี้ใช้ Flame ทำให้เกิด atomization โดยทั่วไปแล้วเป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างกว้างขวางสารตัวอย่างควรจะต้องมีลักษณะ ดังต่อไปนี้

- (1) สารตัวอย่างต้องเป็นสารละลายหรือของเหลว
- (2) สารตัวอย่างควรมีสารที่เป็นของแข็งละลายอยู่ไม่เกิน 5% มิฉะนั้นจะมีผลต่อการเกิด Atomization
- (3) สารตัวอย่างควรจะสลายตัวได้ดีด้วยความร้อน
- (4) ควรมีความเข้มข้นอยู่ในช่วงที่เหมาะสม
- (5) สารละลายตัวอย่างจะต้องมีอย่างน้อย 1 ml.

เทคนิคนี้ผู้วิเคราะห์ไม่จำเป็นต้องมีความชำนาญมากนัก ค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่อยู่ที่การเตรียมสารตัวอย่างให้เป็นสารละลาย มีความแม่นยำในการวิเคราะห์สูง

### 5.4) Graphite Furnace สารตัวอย่างที่จะใช้เทคนิคนี้ในการวิเคราะห์ควรมีลักษณะดังนี้

- (1) สารตัวอย่างอาจเป็นของแข็ง หรือของเหลว หรือของแข็งละลายในของเหลวซึ่งถ้าละลายเป็นเนื้อเดียวกันก็ยิ่งดี
- (2) สารตัวอย่างต้องสลายตัวด้วยความร้อน และทำให้สารเจือปนกับสารที่จะวิเคราะห์แยกออกจากกันได้
- (3) ควรจะต้องมีช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสม

(4) สารตัวอย่างและสารมาตรฐานควรจะต้องเปรียบเทียบกันได้

(5) ปริมาตรของสารตัวอย่างที่ต้องใช้อาจเป็น 0.5  $\mu\text{L}$ .

(6) วิธีนี้ให้ความแม่นยำ และ sensitivity ในการวิเคราะห์ดี แต่ผู้วิเคราะห์จำเป็นต้อง

มีประสบการณ์และความชำนาญพอสมควร อัตราค่าวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับสารเคมีที่ต้องใช้ Graphite tube และเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์

5.4) Vapor Generation Techniques สำหรับเทคนิคนี้จำเป็นต้องทำสารตัวอย่างให้มีลักษณะ ดังต่อไปนี้

(1) สารตัวอย่างจำเป็นต้องย่อยให้อยู่ในสภาพที่เป็นกรดและมี oxidation state ที่

เหมาะสม

(2) ใช้วิเคราะห์ได้เฉพาะบางธาตุเท่านั้น

(3) ควรจะต้องปราศจากสิ่งรบกวนทางเคมี

(4) ช่วงความเข้มข้นจะต้องพอเหมาะ

(5) เป็นเทคนิคที่ให้ sensitivity สูงสำหรับธาตุที่สามารถวิเคราะห์ได้

(6) ค่าใช้จ่ายขึ้นอยู่กับสารเคมีและเวลาที่ใช้

(7) การเตรียมตัวอย่างต้องใช้ความชำนาญ แต่การทำวิเคราะห์สามารถทำได้ง่าย

(8) ความแม่นยำของการวิเคราะห์สูง 2 วิธีแรกไม่ได้

การเลือกใช้เทคนิคที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์นั้น ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ควรพิจารณาเลือกใช้เทคนิคที่เหมาะสมกับความต้องการและผลวิเคราะห์ที่ได้ถูกต้อง

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง AAS นั้น เป็นวิธีมาตรฐานที่สากลยอมรับ และถูกกำหนดไว้ในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 กฎ ประกาศ และระเบียบที่เกี่ยวข้องด้านการควบคุมมลพิษ (พิมพ์ครั้งที่ 5 แก้ไขเพิ่มเติม) เช่น มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม เป็นต้น ได้กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง เกี่ยวกับโลหะหนักชนิดต่างๆ สามารถสรุปได้ดังแสดงในตาราง 3.8

ตาราง 3.8 ตัวอย่างค่ามาตรฐาน และวิธีวิเคราะห์

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
โลหะหนัก (Heavy Metal)		
สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 0.5 มก./ล.	Atomic Absorption Spectrophotometer ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma: ICP
โครเมียม ชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Hexavalent Chromium)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
โครเมียม ชนิดไตรวาเลนต์	ไม่เกิน 0.75 มก./ล.	
ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 0.20 มก./ล.	
แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มก./ล.	
แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	
นิกเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	
อาร์เซนิก (As)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	Atomic Absorption Spectrophotometer ชนิด Hydride Generation หรือวิธี Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma: ICP
เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มก./ล.	
ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มก./ล.	Atomic Absorption Cold Vapour Technique

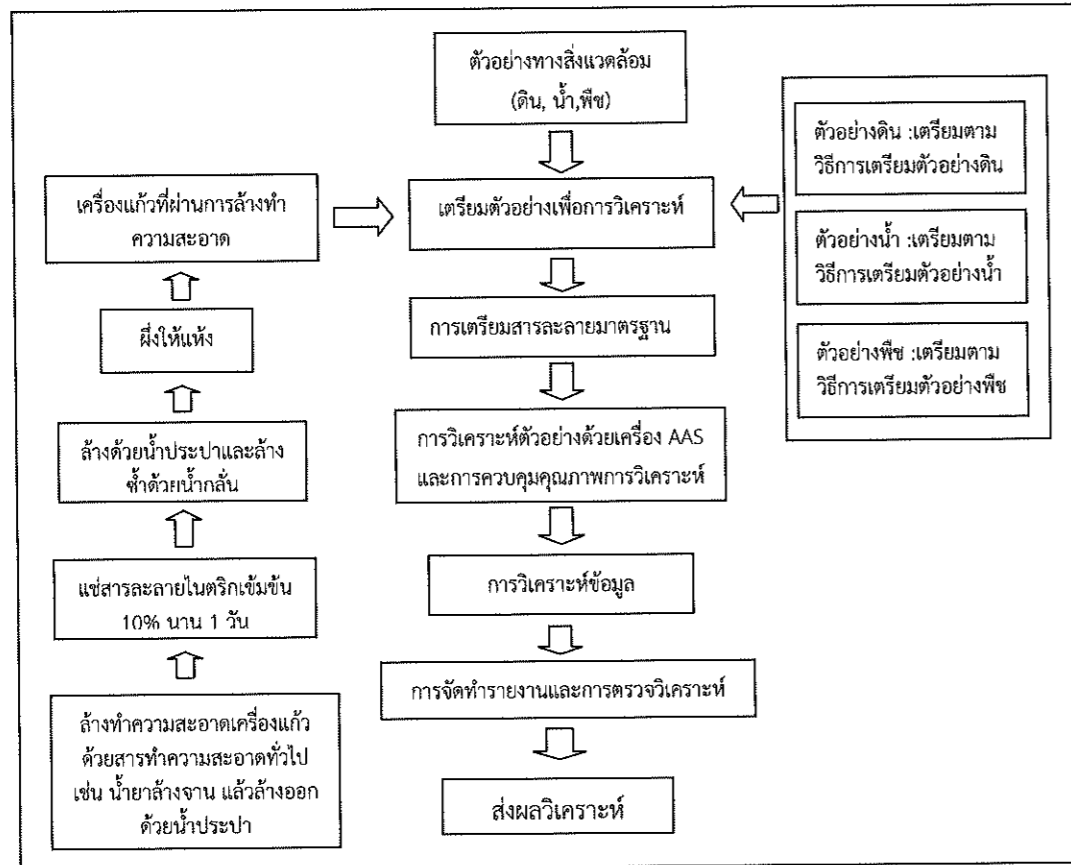
ที่มา: ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539

## บทที่ 4

### เทคนิคในการปฏิบัติงาน

#### 4.1 กิจกรรม/แผนปฏิบัติงาน

4.1.1) กิจกรรมต่างๆ ในงานวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS นั้น แสดงภาพประกอบ 4.1 มีรายละเอียดของกิจกรรม หรือการดำเนินการต่างๆ ดังนี้



ภาพประกอบ 4.1 แผนภูมิขั้นตอนการปฏิบัติงานวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS

#### 1) รับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อมที่นำส่งห้องปฏิบัติการจะต้องมีปริมาณที่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ ซึ่งปริมาณของตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่าง

#### 2) การตรวจสอบเช็คความเรียบร้อยของอุปกรณ์ เครื่องแก้ว สารเคมี

ทำการตรวจสอบเช็คเครื่องแก้วที่จะต้องใช้ แล้วทำการล้างทำความสะอาดตามวิธีการเตรียมเครื่องแก้วในบทที่ 3 และเตรียมสารละลายมาตรฐานที่จะใช้ รวมถึงการตรวจสอบสภาพเครื่อง AAS ซึ่งโดยปกติแล้ว เครื่อง AAS นั้นจะถูกดูแลรักษาขั้นพื้นฐานอย่างสม่ำเสมอตามระยะเวลาการบำรุงรักษา

### 3) การเตรียมตัวอย่าง

ในการเตรียมตัวอย่างมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่างที่ได้รับ ซึ่งได้อธิบายโดยละเอียดไว้ในบทที่ 3 แล้ว และขอเพิ่มเติมในส่วนของเทคนิคในการเตรียมตัวอย่างให้ได้ตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน ดังนี้

#### (1) การเตรียมตัวอย่างของแข็ง

ในกรณีที่ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อมมีลักษณะเป็นของแข็ง เช่น ดิน ปุ๋ย วัสดุปรับปรุงดิน หรือพืช นั้น เทคนิคสำคัญคือ การแยกเอาสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องออกจากตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อม เช่น ตัวอย่างดินปลูกที่มีเป็นดินร่วน จะต้องแยกเศษหิน เศษหญ้า หรือวัสดุปะปนอื่นๆ ออกจากตัวอย่างออกก่อนทำการ Coning และ quartering จากนั้นจะต้องนำมาบดให้มีขนาดเท่าๆ กัน โดยบดและร่อนผ่านตะแกรงร่อน ให้น้ำดินปลูกมีขนาดก้อนดินประมาณ 2 มิลลิเมตร แล้วจึงนำไปย่อยหรือสกัดสารต่อไป ตัวอย่างปุ๋ยและวัสดุทดแทนดิน ใช้เทคนิคเดียวกันกับการเตรียมตัวอย่างดิน

ตัวอย่างที่เป็นพืช หากต้องการหาปริมาณโลหะหนักในแต่ละส่วนของพืช ก่อนทำการตัดแยกจะต้องล้างทำความสะอาดพืชนั้นด้วยน้ำสะอาด และล้างซ้ำด้วยน้ำกลั่นอีกครั้ง แล้วจึงตัดแบ่งออกเป็นส่วนๆ จากนั้นทำการตัดซอยให้พืชมีขนาดเล็ก ก่อนนำไปอบด้วยความร้อนไม่สูงมากนัก โดยส่วนใหญ่จะใช้อุณหภูมิที่ 103 - 105 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาทำการบดด้วยโกร่งที่สะอาด ในการเก็บตัวอย่างที่ผ่านการบดแล้ว จะต้องเก็บในที่แห้ง จากนั้นจึงนำตัวอย่างที่ได้ไปทำการย่อยหรือสกัดสารต่อไปตามวิธีการที่เหมาะสม

#### (2) การเตรียมตัวอย่างที่เป็นของเหลว

ในกรณีที่ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อมมีลักษณะเป็นของเหลว เช่น น้ำดี น้ำเสีย หรือปุ๋ยน้ำ นั้นจะต้องทำการคัดแยกเอาส่วนต่างๆ ที่ไม่ใช่ตัวอย่างออก เช่น เศษวัชพืชที่ติดมากับน้ำ หรือแยกเอาดินที่ติดมากับน้ำออกก่อน เป็นต้น เพื่อให้เราจะได้เฉพาะตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์จริงมาทำการวิเคราะห์ ในการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์นั้นในบางครั้งไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ทันที จำเป็นจะต้องทำการรักษาสภาพน้ำให้มีลักษณะเดิมมากที่สุด ดังนั้น ในการเก็บตัวอย่างน้ำ จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องรักษาสภาพของน้ำก่อนนำส่งห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบ โดยการเติมกรดไนตริกเข้มข้น (HNO<sub>3</sub>) ให้มีค่า pH น้อยกว่า 2 (APHA, AWWA and WEF, 1995) ซึ่งกรดไนตริกจะทำหน้าที่ในการละลายโลหะและป้องกันการตกตะกอนของโลหะในน้ำตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างสุดท้ายที่ได้จะมีลักษณะใสไม่ขุ่น มีความหนืดพอเหมาะ ค่าความเป็นกรดต่ำไม่สูงหรือต่ำเกินไป ซึ่งตัวอย่างที่จะนำไปวัดด้วยเครื่อง AAS นั้น

### 4) การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ในการวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่าง ดำเนินการตามวิธีวิเคราะห์ที่ระบุในบทที่ 3 และเทคนิคในการวิเคราะห์ตัวอย่างให้ได้ผลวิเคราะห์ที่ถูกต้องนั้น ต้องควบคุมปัจจัยที่จะทำให้เกิดการคลาดเคลื่อน/ความไม่แน่นอนของผลวิเคราะห์ (วัฒนา, 2549) ได้แก่

(1) ความคลาดเคลื่อนเชิงบุคคล (Personal Errors) เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความบกพร่องของผู้วัดหรือผู้ทดลอง ซึ่งสามารถลดความคลาดเคลื่อนชนิดนี้ได้ถ้าผู้ทดลองใช้ความระมัดระวังในการอ่านข้อมูลจากเครื่องมือวัดพร้อมทั้งระมัดระวังหน่วยของปริมาณที่วัด นอกจากนั้นต้องบันทึกข้อมูลให้มีระเบียบแบบแผน มีรายละเอียดที่สามารถสื่อความหมายของข้อมูลดิบ จนสามารถนำข้อมูล

ไปวิเคราะห์หรือคำนวณหาค่าตอบได้โดยไม่ผิดพลาด การแก้ไขทำได้โดยพัฒนานิสัยผู้วัดให้มีลักษณะนิสัยมีความละเอียด สุขุม รอบคอบ

(2) ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (Symantec's Errors) เป็นความคลาดเคลื่อนเกิดจากเครื่องมือที่ใช้ทดลอง สามารถลดให้น้อยลงได้โดยใช้เครื่องมือ ที่มีคุณภาพ ความคลาดเคลื่อนชนิดนี้เกิดขึ้นเสมอไม่ขึ้นกับผู้ทดลอง ผู้ทดลองจึงต้องเลือกอุปกรณ์ หรือเครื่องมือทดลองให้เหมาะสม โดยมีสิ่งควรคำนึงถึง ดังนี้

(2.1) ความแม่นยำ (Precision) หมายถึงเครื่องมือที่วัดได้ค่าเดิมแม้ว่าจะวัดหลายๆ ครั้ง

(2.2) ความถูกต้อง (Accuracy) หมายถึงเครื่องมือที่วัดได้ค่าเท่ากับค่ามาตรฐานหรือใกล้เคียง กับค่ามาตรฐาน

(2.3) ความไว (Sensitivity) หมายถึงเครื่องมือที่สามารถวัดค่าได้ แม้ว่าจะมีปริมาณหรือปริมาณ ฟิสิกส์ปริมาณนั้นจะมีค่าน้อยมากๆ

(3) ความคลาดเคลื่อนเชิงสถิติ (Statistical Errors) เรียกอีกอย่างว่า ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (Random Errors) เป็นความคลาดเคลื่อนในลักษณะที่ข้อมูลหรือตัวเลขที่วัดได้ มีค่าต่างๆ กันกระจายออกไปจากค่าตัวเลขที่เป็นไปได้มากที่สุดค่าหนึ่งซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของข้อมูลตัวเลขนั้น ความคลาดเคลื่อนชนิดนี้เป็นความคลาดเคลื่อนที่เราไม่สามารถกำหนดหรือคาดคะเนได้แม้จะพยายามและระมัดระวังอย่างดีที่สุดแล้วก็ตาม เช่น การอ่านข้อมูลตัวเลขจากเครื่องมือวัดที่ต้องอาศัยการประมาณค่าในหลักสุดท้ายของสเกลจะมีขนาดไม่เท่ากัน และมีการกระจายแบบสุ่ม (Random distribution) หมายความว่า แม้ว่าจะพยายามวัดหลายๆ ครั้ง จะพบว่าตัวเลขการวัดแต่ละครั้งจะไม่เท่ากัน แต่ตัวเลขที่วัดได้มีแนวโน้มจะเท่าหรือใกล้เคียงค่าๆ หนึ่ง ซึ่งค่าๆ นี้เราหาได้โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical analysis) ยังมีความคลาดเคลื่อนเชิงสถิติอีกแบบหนึ่งซึ่งเป็นธรรมชาติของปรากฏการณ์นั้นๆ ซึ่งมีสาเหตุจากสภาวะของตัวแปรภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความดัน ฯลฯ หรือตัวแปรภายในที่ไม่สามารถ ควบคุมได้ ความคลาดเคลื่อนแบบนี้มีลักษณะสุ่มเหมือนการเคลื่อนที่แบบแรก เช่น การสลายตัวของ สารกัมมันตรังสี อัตราการสลายตัวหรือปริมาณรังสีที่แผ่ออกมาต่อหน่วยเวลาจะมีค่าไม่เท่ากัน แม้จะวัดในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันก็ตาม ดังนั้นเพื่อให้เกิดความแม่นยำที่สุดของค่าที่ได้จากการวัด จึงควรปฏิบัติ ดังนี้

(3.1) ฝึกทักษะการวัด เรียนรู้การวัด การบันทึกข้อมูล และเรียนรู้หลักการเลือกใช้เครื่องมือวัด ที่เหมาะสมกับปริมาณที่ต้องการวัด เพื่อลดความคลาดเคลื่อนเชิงบุคคลให้น้อยมากที่สุด

(3.2) พยายามเลือกใช้เครื่องมือที่มีมาตรฐาน มีการปรับแต่งสม่ำเสมอ และรู้จักจำกัดการวัดของ เครื่องมือแต่ละชิ้น เพื่อลดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ ซึ่งโดยปกติเครื่องมือวัดแต่ละเครื่องจะระบุ ความละเอียดมากที่สุดเท่าที่จะวัดได้ในรูปของความผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อนเป็นเปอร์เซ็นต์ เช่น ถ้าแอมมิเตอร์ระบุไว้ที่ตัวเครื่องว่า มีความคลาดเคลื่อน 5% หมายความว่าถ้าวัดกระแสไฟฟ้า 100 แอมแปร์ ค่าที่อ่านได้อาจจะผิดไปจากค่าจริง 5 แอมแปร์ 3 ต้องวัดซ้ำหลายๆ ครั้ง ซึ่งตัวเลขที่วัดได้ควรจะมีการกระจายแบบสุ่มหรือมีแนวโน้มจะเท่า หรือใกล้เคียงกับค่าๆ หนึ่ง จากนั้นใช้การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่าๆ นี้ เพื่อใช้เป็นค่าสุดท้าย การ กระทำเช่นนี้เป็นการลดความคลาดเคลื่อนเชิงสถิตินั่นเอง

ในการเตรียมความพร้อมเพื่อการบริการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS นั้นมีการวางแผนเพื่อจัดหาวัสดุ สารเคมี และการสรุปผลการดำเนินงานด้านการวิเคราะห์ ตามการทำงานแบบ PCA

ตลอดปีงบประมาณ โดยแผนการเตรียมความพร้อมสำหรับงานในการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม มีดังนี้

#### 5) การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ใช้พื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ย ในการวิเคราะห์ข้อมูล และค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง AAS ยังไม่ใช่ค่าที่แท้จริงที่จะสรุปว่ามีปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างเท่าไร หรืออาจเรียกว่า ยังไม่ใช่ค่าที่แท้จริงที่จะนำไปสรุปว่าเป็นค่าปริมาณโลหะหนักของตัวอย่างทั้งหมด ดังนั้น เมื่อได้ทราบค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่อง AAS แล้ว จะต้องทำค่าที่ได้ไปคำนวณเทียบกับปริมาณตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ แล้วจึงเทียบไปยังปริมาณทั้งหมดของตัวอย่าง จึงจะทำให้ทราบว่าตัวอย่างทั้งหมดมีปริมาณโลหะหนักเท่าใด ทั้งนี้อาจจะต้องการคำนวณและการเปลี่ยนหน่วยเพื่อให้ตรงตามหน่วยที่ต้องการตรวจวัด

#### 6) การจัดทำรายงานผลการวิเคราะห์

การจัดทำรายงานผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนัก จะรายงานปริมาณโลหะหนักในรูปต่างๆ เช่น mg/ml, mg/l, mg/g, mg/kg เป็นต้น ซึ่งการรายงานปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่าง และหน่วยที่ยอมรับ

#### 7) การส่งผลวิเคราะห์

การส่งผลวิเคราะห์นั้น มี 2 ลักษณะ คือ ผู้ขอความอนุเคราะห์รับผลการวิเคราะห์ด้วยตัวเอง และการจัดส่งเอกสารให้กับผู้ขอความอนุเคราะห์ ทั้งนี้ในการจัดส่งผลการวิเคราะห์นั้นขึ้นอยู่กับขอความอนุเคราะห์

### 4.1.2 แผนการปฏิบัติงานเพื่อสนับสนุนงานวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างสิ่งแวดล้อมด้วยเครื่อง AAS

การวางแผนเพื่อให้สามารถตรวจวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS นั้น ต้องมีการจัดทำแผนเพื่อเตรียมความพร้อมด้านอื่นๆ ด้วยเพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพ โดยนักวิทยาศาสตร์จะต้องดำเนินการด้านอื่นๆ ด้วย นอกเหนือจากการวางแผนหรือเตรียมความพร้อมของวัสดุ สารเคมี อุปกรณ์ และเครื่องมือ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการมีแผนการสนับสนุนงานด้านการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS ไว้ดังนี้

#### 1) การจัดทำแผนการจัดซื้อวัสดุ

นักวิทยาศาสตร์จะวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างและประมาณการปริมาณวัสดุสิ้นเปลืองที่ใช้กับเครื่องมือ เพื่อใช้ในการจัดทำแผนเพื่อของงบประมาณจากคณะฯ โดยมีหลักการดำเนินการ ดังนี้

(1) การจัดส่งรายการวัสดุสารเคมีประจำเครื่องมือเพื่อขออนุมัติหลักการจัดซื้อต้น

ปีงบประมาณ

(2) ดำเนินการขอใบเสนอราคาจากผู้ประกอบการต่างๆ เมื่อได้รับการอนุมัติหลักการขอ

จัดซื้อ

(3) ทำการเปรียบเทียบราคาวัสดุ โดยทำการเปรียบเทียบราคา คุณภาพ และปริมาณ จาก

ผู้ประกอบการหรือผู้ขาย อย่างน้อย 3 แห่ง

(4) คัดกรองวัสดุที่มีคุณภาพ คุณลักษณะตรงตามวัตถุประสงค์การใช้งาน เพื่อดำเนินการ





## 4.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ตาราง 4.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ลำดับ	ผังกระบวนการ	เวลา	รายละเอียด ของงาน	ผู้รับผิดชอบ	เอกสารอ้างอิง
1	หนังสือขอความอนุเคราะห์ วิเคราะห์โลหะหนัก	1 วัน	ผู้ขอความ อนุเคราะห์ส่ง หนังสือขอความ อนุเคราะห์	งานสารบรรณ คณะ สิ่งแวดล้อม	หนังสือขอ ความ อนุเคราะห์
2	การตรวจเช็คความเรียบร้อย ของอุปกรณ์ เครื่องแก้ว สารเคมี และเครื่อง AAS	2-3 วัน	นักวิทยาศาสตร์ ทำการตรวจสอบ และจัดเตรียม	นักวิทยาศาสตร์	คู่มือการ ปฏิบัติงาน
3	การเตรียมตัวอย่าง	2-3 วัน	นักวิทยาศาสตร์ เตรียมตัวอย่าง ตามวิธีการ เตรียม	นักวิทยาศาสตร์	คู่มือการ ปฏิบัติงาน
4	การวิเคราะห์ตัวอย่าง	1 วัน	นักวิทยาศาสตร์ ใช้เครื่อง AAS วิเคราะห์ ตัวอย่าง	นักวิทยาศาสตร์	คู่มือการ ปฏิบัติงาน
5	การวิเคราะห์ข้อมูล	1 วัน	นักวิทยาศาสตร์ นำข้อมูลความ เข้มข้นที่ได้จาก เครื่อง มา วิเคราะห์ปริมาณ ที่แท้จริงใน ตัวอย่าง	นักวิทยาศาสตร์	คู่มือการ ปฏิบัติงาน
6	การจัดทำรายงานผลการ วิเคราะห์	1 วัน	นักวิทยาศาสตร์ เขียนรายงาน ปริมาณโลหะหนัก ระบุหน่วย	นักวิทยาศาสตร์	คู่มือการ ปฏิบัติงาน
7	การส่งผลวิเคราะห์	1-3 วัน	นักวิทยาศาสตร์ ส่งผลวิเคราะห์ให้ ฝ่ายเอกสารจัดส่ง	นักวิทยาศาสตร์ และฝ่าย เอกสาร ห้องปฏิบัติการ	คู่มือการ ปฏิบัติงาน

## 4.2.1 ตัวอย่างการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง AAS

ตัวอย่างการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะแคดเมียม (Cd) ในพืช และต้องการทราบว่า พืช

ตัวอย่าง 1 กรัมมีปริมาณโลหะแคดเมียม (Cd) อยู่เท่าใด

1) การเตรียมเครื่องแก้ว ทำตามระบุไว้ในบทที่ 3 เรื่องหลักการทำความสะอาดเครื่องแก้ว

2) การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Cd จากความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L) ให้เป็น 0, 2, 4, 6, 8, 10 mg/L มีวิธีการเตรียมดังนี้

(1) เตรียมสารละลายมาตรฐาน Cd ให้มีความเข้มข้นจาก 1,000 mg/L เป็น 100 mg/L โดยทำการเจือจางสารละลายมาตรฐาน Cd ให้มีความเข้มข้นจาก 1,000 mg/L โดยใช้สูตร

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

เมื่อ  $C_1$  = ความเข้มข้นเริ่มต้น = 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร, mg/L

$V_1$  = ปริมาตรเริ่มต้น = ? มิลลิลิตร, ml

$C_2$  = ความเข้มข้นสุดท้าย = 100 มิลลิกรัมต่อลิตร, mg/L

$V_2$  = ปริมาตรสุดท้าย = 50 มิลลิลิตร, ml

นั่นคือ  $1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 100 \text{ mg/L} \times 50 \text{ ml}$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mg/L} \times 50 \text{ ml}}{1,000 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 5 \text{ ml}$$

ดังนั้น ปิเปตต์ สารละลายมาตรฐาน Cd ความเข้มข้นจาก 1,000 mg/L มา 5 ml ใส่ในขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

(2) การเตรียมชุดสารละลายมาตรฐาน 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 mg/L แต่ละความเข้มข้น 25 ml จากสารละลายมาตรฐาน Cd ความเข้มข้น 100 mg/L (จากสารละลายมาตรฐานในข้อ (1)) โดยใช้

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

- การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Cd ความเข้มข้น 2 mg/L ปริมาตร 25 ml

นั่นคือ  $100 \text{ mg/L} \times V_1 = 2 \text{ mg/L} \times 25 \text{ ml}$

$$V_1 = \frac{2 \text{ mg/L} \times 25 \text{ ml}}{100 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 0.5 \text{ ml}$$

ดังนั้น ปิเปตต์ สารละลายมาตรฐาน Cd ความเข้มข้นจาก 100 mg/L มา 0.5 ml ใส่ในขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 25 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

- การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Cd ความเข้มข้น 4, 6, 8 และ 10 mg/L คำนวณเช่นเดียวกับการเตรียมสารละลายมาตรฐาน Cd ความเข้มข้น 2 mg/L สามารถสรุปได้ ดังนี้

ตาราง 4.3 ตารางสรุปปริมาณมาตรฐานละลายมาตรฐาน

ลำดับ	ความเข้มข้น (mg/l)	ปริมาตรปิเปตต์ (ml) จากสารละลายมาตรฐาน Cd ความเข้มข้น 100 mg/l	ปรับปริมาตรสุดท้าย (ml) ด้วยน้ำกลั่น
1	0	0	25
2	2	0.5	25
3	4	1.0	25
4	6	1.5	25
5	8	2.0	25
6	10	2.5	25

## 3) การเตรียมตัวอย่างพืช

## 3.1) ตัวอย่างการเตรียมตัวอย่างพืช

(1) ทำความสะอาดพืชที่ต้องการตรวจวิเคราะห์โลหะหนัก Cd ทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด และล้างซ้ำด้วยน้ำกลั่น กรณีที่ต้องการทราบว่าพืชทั้งต้นมีโลหะหนัก Cd สะสมอยู่ปริมาณเท่าไร ไม่ต้องแยกชิ้นส่วนพืช

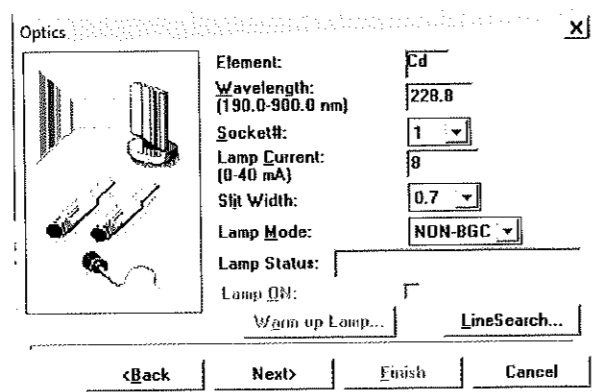
(2) นำพืชที่ผ่านการล้างทำความสะอาดแล้ว สอยให้เป็นชิ้นเล็ก แล้วนำไปอบด้วยลมร้อนของตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) โดยใช้อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส จนแห้ง

(3) นำไปบดให้ละเอียด

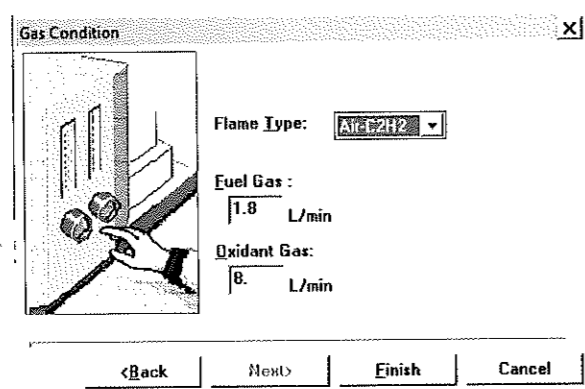
(4) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างพืช 2.5 กรัม และจดบันทึกค่าน้ำหนักที่ใช้

(5) นำไปย่อยตามกระบวนการเตรียมตัวอย่างพืช ซึ่งมีปริมาตรสุดท้าย 25 มิลลิลิตร (ml) มีลักษณะใส ไม่มีตะกอนโดย 1 ตัวอย่างให้ทำซ้ำ 2 ซ้ำ และเตรียมแบลลง (Blank) ของตัวอย่าง ซึ่งกรณีนี้ในขั้นตอนการย่อยให้เติมสารที่ใช้ในการย่อยลงหลอดที่ไม่มีตัวอย่างแล้วนำไปย่อยตามปกติ

(6) นำชุดสารละลายมาตรฐาน Cd วัดด้วยเครื่อง AAS โดยปรับค่าต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการวัด Cd ดังนี้



ภาพประกอบ 4.2 สภาวะที่ใช้ในการตั้งค่าเพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก  
ที่มาภาพ: คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

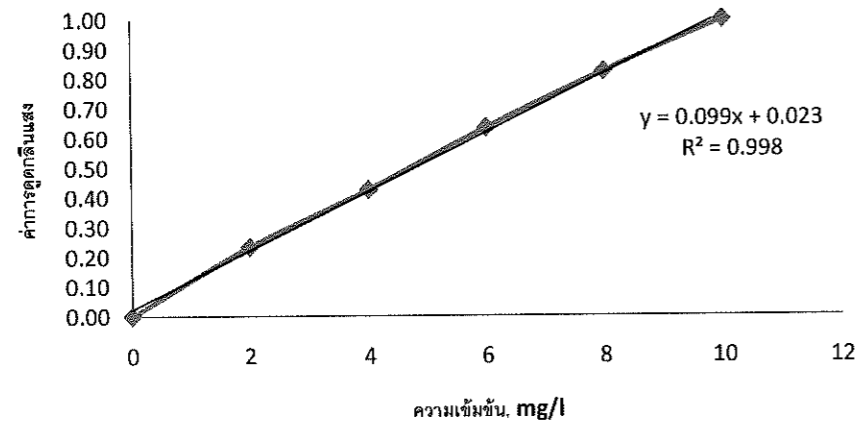


ภาพประกอบ 4.3 ปริมาณแก๊สอะซิโตนและอากาศที่ใช้เพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก Cd  
คู่มือการใช้งานเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer AA-6200, 1997

ตาราง 4.4 ตัวอย่างผลการตรวจวัดสารละลายมาตรฐาน Cd

ลำดับ	ความเข้มข้น (mg/l)	ค่าการดูดซับ		
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3
1	0	0.0016	0.0017	0.0017
2	2	0.2469	0.2465	0.2466
3	4	0.4443	0.4443	0.4445
4	6	0.6352	0.635	0.6348
5	8	0.8125	0.8234	0.8252
6	10	0.9856	0.9845	0.9879

สามารถสร้างความสัมพันธ์ของกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน Cd กับค่าการดูดกลืนแสง



ภาพประกอบ 4.4 ตัวอย่างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน Cd

จากกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) เท่ากับ 0.998 ซึ่งเข้าใกล้ 1 และไม่น้อยกว่า 0.995 จึงสามารถนำไปใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อหาความเข้มข้นของโลหะหนัก Cd ในตัวอย่างพืชได้

(7) นำสารละลายตัวอย่างตรวจวัดตรวจเครื่อง AAS และเทียบกับกราฟมาตรฐานจากข้อ (6)

ตาราง 4.5 ตัวอย่างผลการตรวจวัดตัวอย่างพืช

ลำดับ	ชื่อตัวอย่าง	ค่าการดูดซับ			ความเข้มข้น mg/l			ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
1	Pt0001	0.1350	0.1360	0.1370	1.1313	1.1414	1.1515	1.1414

จากตาราง 4.4 ตัวอย่าง Pt0001 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร (ml) โดยใช้ตัวอย่างพืชจำนวน 2.5 กรัม พบว่ามีความเข้มข้นของโลหะหนัก Cd อยู่ 1.1414 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l) และจากโจทย์ข้างต้นต้องการให้รายงานผลเป็น mg/g ดังนั้นจะต้องคำนวณใหม่

นั่นคือ สารละลายพืชตัวอย่าง 1000 ml ตรวจพบโลหะหนัก Cd = 1.1414 มิลลิกรัม (mg)

$$\begin{aligned} \text{สารละลายพืชตัวอย่าง } 25 \text{ ml ตรวจพบโลหะหนัก Cd} &= \frac{1.1414 \text{ mg} \times 25 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} \\ &= 0.0285 \text{ mg} \end{aligned}$$

หรือใน 1 กรัมจะมีโลหะหนัก Cd =  $\frac{0.0285 \text{ mg}}{2.5 \text{ g}}$

$$= 0.0114 \text{ mg/g}$$

ดังนั้นในการรายงานผลจะรายงานค่า ตัวอย่างพืช รหัส Pt0001 มีโลหะหนัก Cd อยู่ 0.0114 mg/g


(8) การรายงานผลการตรวจวัด

ในการรายงานผลการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช จะรายงานในหน่วย mg/g เนื่องจากเป็นหน่วยที่ผู้ขอความอนุเคราะห์ต้องการ คือ 0.011 mg/g รายงานที่สามารถส่งต่อให้กับฝ่ายที่เกี่ยวข้องเพื่อดำเนินการนำส่งให้ผู้ขอความอนุเคราะห์ จะต้องผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ และลงนามรับรองโดยนักวิทยาศาสตร์วิเคราะห์ อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ และลงนามด้วยหัวหน้าหน่วยงาน แล้วจึงสามารถจัดส่งไปยังผู้ขอความอนุเคราะห์ต่อไป

#### 4.3 วิธีการติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงาน

ในการติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงานในการวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างสิ่งแวดล้อมด้วยเครื่อง AAS นั้น ใช้แบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้บริการตรวจวิเคราะห์ ซึ่งมีรูปแบบ ดังนี้

## เอกสารควบคุม

	ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	แบบฟอร์ม
		หมายเลขเอกสาร: EL-F407-001 ครั้งที่แก้ไข : 0
อนุมัติโดย : ผู้จัดการด้านคุณภาพ	วันที่บังคับใช้ : 27 มิถุนายน 2559	หน้า : 1 / 2
เรื่อง : แบบสำรวจความพึงพอใจของลูกค้า (Customer survey)		


ผู้กรอกแบบสำรวจ \_\_\_\_\_ ตำแหน่ง \_\_\_\_\_  
 สถานที่ทำงาน \_\_\_\_\_ วันที่ \_\_\_\_\_

คุณลักษณะ	มาก (5)	ปานกลาง (4)	พอใช้ (3)	ปรับปรุง (2)
1. หน่วยงานผลการทดสอบทันตามเวลาที่กำหนด	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.1 กรณีเลือก "ปรับปรุง" โปรดระบุสิ่งที่ควรปรับปรุง.....				
2. แบบฟอร์มส่งตัวอย่างตัววิเคราะห์ชัดเจนและเข้าใจง่าย	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.1 กรณีเลือก "ปรับปรุง" โปรดระบุสิ่งที่ควรปรับปรุง.....				
3. รายงานผลการทดสอบชัดเจนและเข้าใจง่าย	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1 กรณีเลือก "ปรับปรุง" โปรดระบุสิ่งที่ควรปรับปรุง.....				
4. หน่วยงานผลการทดสอบมีข้อมูลเพียงพอและเหมาะสม	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.1 กรณีเลือก "ปรับปรุง" โปรดระบุสิ่งที่ควรปรับปรุง.....				
5. ขั้นตอนการส่งตัวอย่างชัดเจนและสามารถปฏิบัติตามได้ง่าย	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.1 กรณีเลือก "ปรับปรุง" โปรดระบุสิ่งที่ควรปรับปรุง.....				

ภาพประกอบ 4.5 แบบสำรวจความพึงพอใจของลูกค้า (ผู้ใช้บริการตรวจวิเคราะห์) หน้าที่ 1



## เอกสารควบคุม

	ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	แบบฟอร์ม
		หมายเลขเอกสาร: EL-F407-001 ครั้งที่แก้ไข : 0
อนุมัติโดย : ผู้จัดการด้านคุณภาพ	วันที่บังคับใช้ : 27 มิถุนายน 2559	หน้า : 2 / 2
เรื่อง : แบบสำรวจความพึงพอใจของลูกค้า (Customer survey)		

ข้อมูลและเพิ่มเติม			
ทำแบบสำรวจให้ห้องปฏิบัติการ ให้นักวิจัยทดสอบผลิตภัณฑ์หรือไม่ (นอกเหนือจากวิธีทดสอบที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ในปัจจุบัน) ถ้ามีโปรดระบุ			
รายการทดสอบ	ชนิดตัวอ้างอิง	ช่วงเวลา	หมายเหตุ

ภาพประกอบ 4.6 แบบสำรวจความพึงพอใจของลูกค้า (ผู้ใช้บริการตรวจวิเคราะห์) หน้าที่ 2

การประเมินผลการปฏิบัติงานนั้นมีเกณฑ์ (บุญชม, 2532) ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80	ระดับคะแนน 50 – 59	มีระดับความพึงพอใจ น้อยที่สุด
คะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.40	ระดับคะแนน 60 – 69	มีระดับความพึงพอใจ น้อย
คะแนนเฉลี่ย 2.41 – 2.80	ระดับคะแนน 70 – 79	มีระดับความพึงพอใจ ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 2.81 – 4.00	ระดับคะแนน 80 – 89	มีระดับความพึงพอใจ ดี
คะแนนเฉลี่ย 4.01 – 5.00	ระดับคะแนน 90 – 100	มีระดับความพึงพอใจ ดีมา

#### 4.4 จรรยาบรรณ/คุณธรรม/จริยธรรมในการปฏิบัติงาน

จรรยาบรรณ/คุณธรรม/จริยธรรมในการปฏิบัติงาน ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ ในการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างสิ่งแวดล้อมนั้น ยึดหลักของการปฏิบัติงานเช่นเดียวกันกับนักวิจัยทั่วไป โดยมีจรรยาบรรณในการปฏิบัติงาน (ดัดแปลงจาก สภาวิจัยแห่งชาติ, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์) ดังนี้

นักวิทยาศาสตร์ หมายถึง ผู้ที่ปฏิบัติหน้าที่ในการดำเนินงานด้านการค้นคว้า การวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ เพื่อตอบประเด็นที่สงสัย โดยมีระเบียบวิธีอันเป็นที่ยอมรับในแต่ละศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งครอบคลุมทั้งแนวคิด ทฤษฎี และวิธีการ ที่ใช้ในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งในการวิเคราะห์ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อมนั้นจะต้องปฏิบัติตามวิธีมาตรฐานที่ได้กำหนดขึ้นอย่างมีระบบเช่นเดียวกับนักวิจัย

จรรยาบรรณ หมายถึง หลักความประพฤติอันเหมาะสม แสดงถึงคุณธรรมและจริยธรรมในการ ประกอบอาชีพ ที่กลุ่มบุคคลแต่ละสาขาวิชาชีพประมวลขึ้นไว้เป็นหลัก เพื่อให้สมาชิกในสาขาวิชาชีพนั้นๆ ยึดถือ ปฏิบัติ เพื่อรักษาชื่อเสียง และส่งเสริมเกียรติคุณของสาขาวิชาชีพของตน

จรรยาบรรณนักวิจัยและนักวิทยาศาสตร์ หมายถึง หลักเกณฑ์ควรประพฤติปฏิบัติของนักวิจัย และนักวิทยาศาสตร์ทั่วไป เพื่อให้การดำเนินงานที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของจริยธรรมและหลักวิชาการที่เหมาะสม ตลอดจนประกันมาตรฐานของการศึกษาค้นคว้า ให้เป็นไปอย่างสมศักดิ์ศรี และเกียรติภูมิของนักวิจัย ในการปฏิบัติให้เกิดพฤติกรรมที่เหมาะสมและมีคุณธรรมจริยธรรม อาศัยแนวปฏิบัติหลัก 9 ข้อ มีรายละเอียด ดังนี้

1) มีชื่อเสียงและมีคุณธรรมในทางวิชาการและการจัดการ นักวิจัย นักวิทยาศาสตร์ต้องมีความซื่อสัตย์ต่อตนเอง ไม่นำผลงานของผู้อื่นมาเป็นของตน ไม่ลอกเลียนงานของผู้อื่น ต้องให้เกียรติและอ้างถึงบุคคลหรือแหล่งที่มาของข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย ต้องซื่อตรงต่อการแสวงหาทุนวิจัย และมีความเป็นธรรมเกี่ยวกับผลประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย มีแนวทางในการปฏิบัติ ดังนี้

1.1) มีความซื่อสัตย์ต่อตนเองและผู้อื่น ในการปฏิบัติงานทุกขั้นตอนของกระบวนการวิจัย และให้เกียรติผู้อื่นเสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การอ้างอิงบุคคลหรือแหล่งที่มาของข้อมูล และความคิดเห็นที่นำมาใช้ในงานวิจัยเสมอ

1.2) มีความซื่อตรงต่อการแสวงหาทุนวิจัย กล่าวคือต้องเสนอข้อมูล และแนวคิดอย่างเปิดเผย และตรงไปตรงมา ในการเสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับทุนด้วยความซื่อสัตย์ โดยไม่ขอทุนซ้ำซ้อน

1.3) มีความเป็นธรรมเกี่ยวกับผลประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย การจัดสรรสัดส่วนของผลงานวิจัยแก่ผู้ร่วมวิจัยต้องกระทำด้วยความยุติธรรม ตรงไปตรงมา และไม่นำผลงานของผู้อื่นมาอ้างว่าเป็นของตน

2) มีความตระหนักถึงพันธกรณีในการทำงานวิเคราะห์ ตามข้อตกลงที่ทำไว้กับผู้ขอความอนุเคราะห์ ทำงานให้ได้ผลดีที่สุด และเป็นไปตามกำหนดเวลา มีความรับผิดชอบไม่ละทิ้งงานระหว่างดำเนินการ โดยมีแนวทางปฏิบัติ ดังนี้

2.1) มีความตระหนักถึงพันธกรณีในการทำงาน กล่าวคือ ต้องศึกษาเงื่อนไข และกฎเกณฑ์ของงานวิเคราะห์อย่างละเอียดรอบคอบ และปฏิบัติตามเงื่อนไข ระเบียบ และกฎเกณฑ์ ตามข้อตกลงอย่างครบถ้วน

2.2) อุทิศเวลาทำงาน พุ่มทศความรู้ ความสามารถ และเวลาให้กับการทำงานวิเคราะห์ เพื่อให้ได้มาซึ่งผลงานการวิเคราะห์ที่มีคุณภาพ แม่นยำ

2.3) มีความรับผิดชอบในการทำการวิเคราะห์ ไม่ละทิ้งงานโดยไม่มีเหตุผลอันควร และส่งงานตามกำหนดเวลา ไม่ทำผิดสัญญาข้อตกลงจนก่อให้เกิดความเสียหาย

2.4) มีความรับผิดชอบในการจัดทำรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เพื่อให้ผลอันเกิดจากการวิจัยได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

3) มีพื้นฐานความรู้ในสาขาวิชาการที่ทำการวิเคราะห์อย่างเพียงพอ และมีความรู้ความชำนาญ หรือมีประสบการณ์เกี่ยวกับการวิเคราะห์ เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ที่มีคุณภาพ และเพื่อป้องกันปัญหา การวิเคราะห์ การตีความ หรือการสรุปที่ผิดพลาด อันอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลงานวิเคราะห์ โดยมีแนวทางปฏิบัติ

3.1) มีพื้นฐานความรู้ ความชำนาญ หรือประสบการณ์เกี่ยวกับการวิเคราะห์ตัวอย่างสิ่งแวดล้อมอย่างเพียงพอ เพื่อนำไปสู่การวิจัยที่มีคุณภาพ

3.2) รักษามาตรฐาน และคุณภาพของผลการวิเคราะห์ เพื่อป้องกันความเสียหาย ต่อวงการวิชาการ

4) มีความรับผิดชอบต่อผลการวิเคราะห์ ไม่ว่าจะเป็นสิ่งมีชีวิตหรือไม่มีชีวิต ต้องดำเนินการด้วยความรอบคอบ ระมัดระวัง และเที่ยงตรงในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับคน สัตว์ พืช ศิลปวัฒนธรรม ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม มีจิตสำนึกและปณิธานที่จะอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรม ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม โดยแนวทางปฏิบัติ ดังนี้

4.1) การใช้คนหรือสัตว์เป็นตัวอย่างทดลองต้องทำในกรณีที่ไม่มีทางเลือกอื่นเท่านั้น

4.2) ดำเนินการวิจัยโดยมีจิตสำนึกที่จะไม่ก่อความเสียหายต่อคน สัตว์ พืช ศิลปวัฒนธรรม ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม

4.3) มีความรับผิดชอบต่อผลที่จะเกิดแก่ตนเอง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา และสังคม

5) เคารพศักดิ์ศรี และสิทธิของมนุษย์ที่ใช้เป็นตัวอย่างในการวิจัย และไม่คำนึงถึงผลประโยชน์ทางวิชาการจนละเลย และขาดความเคารพในศักดิ์ศรีของเพื่อนมนุษย์ ต้องถือเป็นภาระหน้าที่ที่จะอธิบายจุดมุ่งหมายของการวิจัยแก่บุคคลที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยไม่หลอกลวง หรือบีบบังคับ และไม่ละเมิดสิทธิส่วนบุคคล โดยแนวทางปฏิบัติ ดังนี้

5.1) มีความเคารพในสิทธิมนุษยชนที่ใช้ในการทดลอง โดยต้องได้รับความยินยอม ก่อนทำการวิจัย

5.2) ปฏิบัติต่อมนุษย์และสัตว์ที่ใช้ในการทดลองด้วยความเมตตา ไม่คำนึงถึงแต่ผลประโยชน์ทางวิชาการจนเกิดความเสียหายที่อาจก่อให้เกิดความขัดแย้ง

5.3) ดูแลปกป้องสิทธิประโยชน์ และรักษาความลับของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

6) มีอิสระทางความคิด โดยปราศจากอคติในทุกขั้นตอนของการทำวิจัย ตระหนักว่าอคติส่วนตัว หรือความลำเอียงทางวิชาการอาจส่งผลให้มีการบิดเบือนข้อมูล และข้อค้นพบทางวิชาการอันเป็นเหตุให้เกิดผลเสียหายต่องานวิจัย โดยแนวทางปฏิบัติ

- 6.1) มีอิสระทางความคิด ไม่ทำงานวิจัยด้วยความเกรงใจ
- 6.2) ปฏิบัติงานวิจัยโดยใช้หลักวิชาการเป็นเกณฑ์ และไม่มีอคติมาเกี่ยวข้อง
- 6.3) เสนอผลงานวิจัยตามความเป็นจริง ไม่จงใจเบี่ยงเบนผลการวิจัย โดยหวังผลประโยชน์ส่วนตน หรือต้องการสร้างความเสียหายแก่ผู้อื่น
- 7) พึงนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ในทางที่ชอบ เผยแพร่ผลงานวิจัยเพื่อประโยชน์ทางวิชาการ และสังคม ไม่ขยายผลข้อค้นพบจนเกินความเป็นจริง และไม่ใช้ผลงานวิจัยไปในทางมิชอบ มีแนวทางปฏิบัติ ดังนี้
  - 7.1) พึงมีความรับผิดชอบและรอบคอบในการเผยแพร่ผลงานวิจัย
  - 7.2) พึงเผยแพร่ผลงานวิจัยโดยคำนึงถึงประโยชน์ทางวิชาการและสังคม ไม่เผยแพร่ผลงานวิจัย เกินความเป็นจริงโดยเห็นแก่ประโยชน์ส่วนตนเป็นที่ตั้ง
  - 7.3) พึงเสนอผลงานวิจัยตามความเป็นจริง ไม่ขยายผลข้อค้นพบโดยปราศจากการตรวจสอบ ยืนยันในทางวิชาการ
- 8) เคารพความคิดเห็นทางวิชาการของผู้อื่น มีใจกว้าง พร้อมทั้งจะเปิดเผยข้อมูลและขั้นตอนการวิจัย ยอมรับฟังความคิดเห็นและเหตุผลทางวิชาการของผู้อื่น และพร้อมที่จะปรับปรุงแก้ไขงานวิจัยของตนให้ถูกต้อง มีแนวทางปฏิบัติ ดังนี้
  - 8.1) มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี ยินดีแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสร้างความเข้าใจในงานวิจัย กับเพื่อนร่วมงานและนักวิชาการอื่นๆ
  - 8.2) ยอมรับฟัง แก้ไขการทำวิจัย และการเสนอผลงานวิจัยตามข้อเสนอแนะที่ดี เพื่อสร้างความรู้ที่ถูกต้อง และสามารถนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้
- 9) มีความรับผิดชอบต่อสังคมทุกระดับ มีจิตสำนึกที่จะอุทิศกำลังสติปัญญาในการทำวิจัย เพื่อความก้าวหน้าทางวิชาการ เพื่อความเจริญ และประโยชน์สุขของสังคมและมวลมนุษยชาติ โดยมีแนวทางปฏิบัติ ดังนี้
  - 9.1) ไตร่ตรองหาหัวข้อการวิจัยด้วยความรอบคอบ และทำการวิจัยด้วยจิตสำนึกที่จะอุทิศกำลังปัญญาของตน เพื่อความก้าวหน้าทางวิชาการ เพื่อความเจริญของสถาบันและประโยชน์สุขต่อสังคม
  - 9.2) รับผิดชอบในการสร้างสรรค์ผลงานวิชาการ เพื่อความเจริญของสังคม ไม่ทำการวิจัยที่ขัดกับกฎหมาย ความสงบเรียบร้อยและศีลธรรมอันดีของประชาชน
  - 9.3) พัฒนาบทบาทของตนให้เกิดประโยชน์ยิ่งขึ้น และอุทิศเวลา มีน้ำใจ กระทำการส่งเสริมพัฒนาความรู้ จิตใจ พฤติกรรมของนักวิจัยรุ่นใหม่ ให้มีส่วนสร้างสรรค์ความรู้แก่สังคมสืบไป

## บทที่ 5

### ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS เป็นวิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐานการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ทั่วโลกให้การยอมรับ นอกเหนือจากการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma-Mass Spectroscopy (ICP) ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวแม้ว่าจะสามารถทำการวิเคราะห์โลหะหนักได้ในระดับต่ำได้ และมีประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่อง AAS ในบางด้าน แต่ด้วยเป็นเทคโนโลยีขั้นสูงจึงทำให้มีต้นทุนในการวิเคราะห์สูงกว่ามาก ด้วยเหตุนี้การวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS จึงเป็นนิยม

เครื่อง AAS ที่ใช้วิเคราะห์โลหะหนักนั้น เป็นครุภัณฑ์ที่มีอัตราการใช้งานสูง เฉลี่ยต่อปีมีการใช้งานมากกว่า 150 ครั้ง จึงควรมีการบำรุงรักษาเป็นระยะๆ และต้องมีการสอบเทียบเครื่องอย่างน้อย ปีละ 1 ครั้ง เพื่อทวนสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง และช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่อง AAS ด้วย

ในการใช้งานร่วมกันนั้น พึงระวังอย่างยิ่งคือ ความเที่ยงตรงของค่าที่ได้จากการตรวจวัด นักวิทยาศาสตร์จะต้องทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องอยู่เสมอ และต้องตรวจสอบเมื่อจะใช้งานจริงอีกครั้ง เพื่อสังเกตความผิดปกติต่างๆของเครื่อง AAS ด้วย ตัวอย่างเช่น ได้ทำการบันทึกไฟล์งานตรวจวัดความเข้มข้นของแคดเมียม (Cd) ไว้ในฐานข้อมูลของโปรแกรม เมื่อเวลาผ่านไปหากต้องการใช้งานไฟล์งานนี้ซ้ำอีก สามารถดึงข้อมูลออกมาใช้งานได้ แต่จะต้องดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องของฐานข้อมูลอีกครั้ง และตรวจสอบว่าเครื่อง AAS ยังสามารถวัดความเข้มข้นของแคดเมียม (Cd) ได้หรือไม่ โดยเอาสารละลายมาตรฐาน Cd ที่ทราบความเข้มข้นมาทำการตรวจวัด หากผลการตรวจวัดให้ค่าการตรวจวัดตรงตามความเข้มข้นที่ทราบค่า นั้น ถือว่าสารละลายมาตรฐานในไฟล์ข้อมูลนั้นยังใช้งานได้ และหากพบว่าตรวจวัดได้ค่าไม่ตรงกับความเข้มข้นที่ตรวจวัด ต้องทำการตั้งค่าสถานะใหม่ทั้งหมด เป็นต้น

#### 5.1 ปัญหาและอุปสรรค

ในการดำเนินการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS นั้น พบปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ ดังนี้

1) การจัดส่งตัวอย่างมายังห้องปฏิบัติการโดยปราศจากความเข้าใจในการเก็บตัวอย่าง

ในการจัดส่งตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ส่งตัวอย่างจะต้องดำเนินการจัดส่งตัวอย่างให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ เนื่องจากคุณภาพของตัวอย่างขึ้นอยู่กับวิธีการจัดเก็บตัวอย่าง และส่งผลถึงผลการวิเคราะห์ด้วย ซึ่งผู้ขอความอนุเคราะห์ (บางท่าน) ไม่เข้าใจในขั้นตอนและวิธีการเก็บตัวอย่าง ทำให้หลายครั้งที่ต้องให้ผู้ขอความอนุเคราะห์จัดส่งใหม่ เนื่องจากยังไม่มีคำสั่งให้ความอนุเคราะห์

2) เครื่องแก้วที่นำมาใช้ในการบริการตรวจวิเคราะห์ไม่สะอาด และบางชนิดปริมาตรเปลี่ยน หรือแตก

3) สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ถูกปนเปื้อนจากสารอื่น

4) เครื่องมือบางชนิดสกปรก

5) น้ำกลั่นที่ใช้ในการเตรียมสารเคมีไม่ได้คุณภาพ มีค่า pH ที่เป็นกรด เนื่องจากผลิตจากครุภัณฑ์ที่มีอายุการใช้งานมาก ประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นลดลง เนื่องจากมีนิสิตใช้งานแล้วไม่ทำความสะอาด

6) การส่งผลวิเคราะห์ล่าช้า เนื่องจากเครื่อง AAS มีอัตราการใช้งานสูง ใช้ทั้งการเรียนการสอนและบริการวิชาการ ทำให้ในการตรวจวัด ต้องรอลำดับก่อนหลังในการใช้งานเครื่อง

## 5.2 แนวทางการแก้ไข

ปัญหาอุปสรรคที่พบระหว่างการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS นั้นมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ โดยสรุปจากขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

ตาราง 5.1 ปัญหาอุปสรรคที่พบบ่อยในการปฏิบัติงานด้านการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปัญหา/อุปสรรค	แนวทางแก้ไข
รับตัวอย่างสิ่งแวดล้อม	ผู้ขอความอนุเคราะห์ (บางท่าน) ไม่เข้าใจในขั้นตอนและวิธีการเก็บตัวอย่าง ทำให้หลายครั้งที่ต้องให้ผู้ขอความอนุเคราะห์จัดส่งใหม่ เนื่องจากยังไม่มีคำสั่งให้ความอนุเคราะห์	จัดทำเอกสารประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับการบริการวิเคราะห์ตัวอย่าง และแนะนำวิธีการส่งตัวอย่าง
การตรวจเช็คความเรียบร้อยของอุปกรณ์ เครื่องแก้ว สารเคมี	1) เครื่องแก้วที่นำมาใช้ในการบริการตรวจวิเคราะห์ไม่สะอาด และบางชนิดปริมาณเปลี่ยน หรือแตกบิ่น 2) สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ถูกปนเปื้อนจากสารอื่น 3) เครื่องมือบางชนิดสกปรก เนื่องจากมีนิสิตใช้งานแล้วไม่ทำความสะอาด	- เป็นแบบอย่าง เป็นต้นแบบที่ดีให้นิสิต การตัวอย่างที่ดีมีประโยชน์มากกว่ากฎระเบียบ ข้อบังคับ - การฝึกอบรมให้ความรู้เพิ่มเติมในการดูแลวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องแก้วและครุภัณฑ์แก่นิสิต - การจัดแบ่งเครื่องแก้ว สารเคมี ครุภัณฑ์ เพื่องานบริการวิชาการด้านการวิเคราะห์ตัวอย่างสิ่งแวดล้อม
การเตรียมตัวอย่าง	น้ำกลั่นที่ใช้ในการเตรียมสารเคมีไม่ได้คุณภาพ มีค่า pH ที่เป็นกรด	น้ำกลั่นมีค่า pH เป็นกรด มีหลายสาเหตุ เช่น ทากรบบการกลั่นไม่ใช่ระบบปิด น้ำกลั่นที่ได้จะมีค่า pH เป็นกรดอ่อนๆ ซึ่งเกิดจากการที่น้ำกลั่นดึงเอา CO <sub>2</sub> มาทำปฏิกิริยาแล้วทำให้เกิดกรดคาร์บอนิก ขึ้น หรืออาจมีโลหะทองแดงเจือปน ซึ่งมาจากเครื่องกลั่นที่ทำด้วยขดลวดทองแดง

ตาราง 5.1 (ต่อ) ปัญหาอุปสรรคที่พบบ่อยในการปฏิบัติงานด้านการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปัญหา/อุปสรรค	แนวทางแก้ไข
		และแม้แต่น้ำคอกที่เข้าเครื่องกลั่นเอง มักมีคาร์บอน และไบคาร์บอนละลายอยู่ ซึ่งจะแตกตัวเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และทำปฏิกิริยากับน้ำได้กรดคาร์บอนิก ขึ้นแนวทางการแก้ไข จึงทำได้โดยการนำน้ำกลั่นดังกล่าวต้มให้เดือด 15 นาที แล้วทิ้งให้เย็นก่อนนำไปใช้ในการเตรียมสารเคมี
การวิเคราะห์ตัวอย่าง	เครื่อง AAS มีอัตราการใช้งานสูง การตรวจวัด ในบางครั้ง ต้องรอลำดับก่อนหลังในการจองใช้งานเครื่อง	ขออนุมัติใช้งานเครื่อง AAS นอกเวลาราชการ
การวิเคราะห์ข้อมูล	-	-
การจัดทำรายงานผลการวิเคราะห์	-	-
การส่งผลวิเคราะห์	ส่งผลวิเคราะห์ล่าช้ากว่ากำหนด	-หากไม่สามารถวิเคราะห์ในวันทำการได้ ควรเพิ่มการปฏิบัติงานการวิเคราะห์นอกเวลาราชการ เพื่อให้ได้ผลวิเคราะห์โดยเร็ว

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

1) ส่งเสริมความเอาใจใส่ในเรื่องการใช้งานครุภัณฑ์ต่างๆ ให้กับอาจารย์ นิสิต และบุคลากร ที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ ด้วยการจัดอบรม หรือมีชั่วโมงแนะนำความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเพิ่มขึ้น และเน้นให้ฝึกปฏิบัติจริงสำหรับนิสิตที่จะใช้งานเครื่องมือวิเคราะห์ เช่น เครื่อง AAS โดยให้มีการประเมินผู้ใช้งานเครื่องว่าสามารถใช้งานเครื่องได้เองหรือไม่ หรือต้องใช้เวลาในการควบคุมของนักวิทยาศาสตร์

2) ควรมีการจัดตั้งหน่วยงานภายในคณะฯ เพื่อรองรับการวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะ เพื่อให้สามารถบริหารจัดการระบบต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีวัสดุ อุปกรณ์ และครุภัณฑ์ที่แยกไว้สำหรับงานวิเคราะห์นี้โดยเฉพาะ

3) ควรมีการสนับสนุนและส่งเสริมให้ห้องปฏิบัติการยื่นขอการรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025 เพื่อสร้างความมั่นใจในมาตรฐานการตรวจวัด

4) เพิ่มระบบจัดการในกรณีที่มีนิสิตทำอุปกรณ์ ชำรุดเสียหาย โดยให้มีระบบตรวจสอบการค้างส่งวัสดุ อุปกรณ์ หรือครุภัณฑ์ร่วมกับการชำระค่าเทอม หรือการขอสำเร็จการศึกษา โดยร่วมมือกับงานคลัง หรืออยู่ในกระบวนการขออนุมัติสอบรายวิชาปัญหาพิเศษ/วิจัยการจัดการสิ่งแวดล้อม

5) นักวิทยาศาสตร์ควรมีสิทธิในการระงับการให้บริการแก่นักศึกษาในการทำปัญหาพิเศษนั้นๆ แล้วทำเรื่องแจ้งปัญหาแก่อาจารย์ที่ปรึกษา ผ่านทางประธานสาขาวิชาที่ห้องปฏิบัติการนั้นๆ สังกัด เพื่อช่วยให้นักวิทยาศาสตร์สามารถกำกับดูแลการใช้งานวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมีต่างๆ ได้

6) นิสิตหรือบุคลากรที่ต้องการใช้งานเครื่องวิเคราะห์เฉพาะทาง ควรได้รับการฝึกฝนและได้รับการทดสอบเพื่อประเมินว่าสามารถใช้งานเครื่องมือวิเคราะห์เฉพาะทางได้ จึงอนุญาตให้ใช้งานเครื่องมือต่างๆ ได้

7) ส่งเสริมความเอาใจใส่ในเรื่องความปลอดภัยในการใช้ห้องปฏิบัติการสำหรับอาจารย์ นิสิต และบุคลากร ที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ ด้วยการจัดอบรม หรือมีชั่วโมงแนะนำความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเพิ่มขึ้น



**บรรณานุกรม**


- กรมควบคุมมลพิษ. คู่มือประชาชน การระงับภัยจากสารเคมีอันตราย[Online]. [สืบค้นเมื่อ (12 ธันวาคม 2559)]; Available from: <http://pcdv1.pcd.go.th>
- กรรณิการ์ ชูเกียรติวัฒนา. (2543). เอกสารประกอบการสอน วิชา 805241 เคมีของน้ำและน้ำเสีย. คณะเทคโนโลยีมหาวิทาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- กรรณิการ์ สิริสิงห์. (2525). เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ประยูรวงศ์ จำกัด.
- การคำนวณเบื้องต้น [Online]. รายวิชา 1102105 ปฏิบัติการเคมีทั่วไป ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. [สืบค้นเมื่อ (3 มีนาคม 2560)]; Available from: [http://chem.sci.ubu.ac.th/announcements/1102105/2\\_2557pdf](http://chem.sci.ubu.ac.th/announcements/1102105/2_2557pdf)
- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2542). การบำบัดน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สยามสเตชันเนอร์รี่ซ์ไฟต์; 422 หน้า.
- ความปลอดภัยในการทำงานห้องปฏิบัติการ. (2541).ศูนย์อาชีวอนามัยมาบตาพุด กองอาชีวอนามัย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. ชลบุรี: ไม้ระบูนสำนักพิมพ์.
- คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2537). การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชนัญชิตา สายชุมดี. ไม่ปรากฏ. การวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสียโดยการใช้เครื่อง AAS. ไม้ระบูนี่พิมพ์. 13 หน้า.
- ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์. (2534). เครื่องมือวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1, โรงพิมพ์ศิริภรณ์ ออกเซฟ, ขอนแก่น.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2532). วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัยเล่ม 1. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพื้นฐาน ของการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ; มหาสารคาม.
- ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. (2538). เทคนิคทางเคมี. กรุงเทพฯ: ประกายพริก.
- พรพรรณ พนาปฎิกุล. โลหะหนัก : ตัวการปัญหาสิ่งแวดล้อม. ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยสารเคมี. [Online]. 12 ตุลาคม 2559 [สืบค้นเมื่อ (17 พฤษภาคม 2560)]; Available from: <http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=4&ID=7>
- ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2537). คู่มือเตรียมปฏิบัติการเคมี. เชียงใหม่: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ไม่ปรากฏชื่อผู้แต่ง, Instruction Manual AA-6200. Kyoto: Shimadzu Corporation; 1997.
- สารละลายในการทำความสะอาดเครื่องแก้ว [Online]. [สืบค้นเมื่อ (3 มีนาคม 2558)]; Available from: <http://glasswarechemical.com/category/cleaning-glassware>.
- วิรัช เรื่องศรีตระกูล และธัญญาภรณ์ สุวรรณไพบูรณ์. (2011). การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในน้ำดื่มที่ให้บริการในมหาวิทยาลัยขอนแก่น. *Journal of KKU Res.* 16:(7).
- วิธีการกำจัดของเสียประเภทสารเคมีจากห้องปฏิบัติการ. ไม้ระบูนี่พิมพ์. กรุงเทพฯ: ฝ่ายจัดการสารพิษ กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ;

- วัฒนา สุนทรชัย. (2549). สถิติพื้นฐาน, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ, กรุงเทพฯ.
- สุทธิณี มีสุข. สารละลายมาตรฐาน[Online]. [สืบค้นเมื่อ (3 มีนาคม 2560)]; Available from:  
[http://reo13.go.th/KM\\_reo13/data\\_know/54-01-28\\_Standard%20solution.pdf](http://reo13.go.th/KM_reo13/data_know/54-01-28_Standard%20solution.pdf)
- สุกัญญา พลเดช, การใช้หน่วยวัดระบบเอสไอ (SI Unit) อย่างถูกต้อง. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ ปีที่ 60 ฉบับที่ 189. 44-46
- เสถียร คามิศักดิ์. (2556). การเขียนคู่มือปฏิบัติงาน, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ; 52 หน้า.
- เสรี ไตรรัตน์. (2520). ปฏิบัติการเคมีทั่วไป. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. (2553). ปู่กับการเกษตรและสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อุมาพร สุขมวง. สารแนะนำ การใช้ประโยชน์จากความสัมพันธ์เชิงเส้น [Online]. [สืบค้นเมื่อ (25 พฤษภาคม 2560)]; Available from: [http://blpd.dss.go.th/knowledge\\_el/knowledge\\_uma.pdf](http://blpd.dss.go.th/knowledge_el/knowledge_uma.pdf), 2 หน้า
- APHA, AWWA and WEF. (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19<sup>th</sup> ed. United Book Press, USA.
- Barwick V J and Ellison S L R., (2000). VAM Project 3.2.1 Development and Harmonization of Measurement Uncertainty Principles.
- Lenore S. Clesceri, Arnold E. Greenberg, Andrew D. Eaton, APHA, AWWA and WEF. (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20<sup>th</sup> edition. Rules and Style Conventions. [Online] [Cite dated (10 January 2016)]; Available from:  
<http://physics.nist.gov/cuu/pdf/checklist.pdf>
- SI Unit. [Online] [cite dated (10 January 2016)]; Available from: [http://www.nimt.or.th/nimt/upload/linkfile/CD\\_SI\\_Units SI Unit](http://www.nimt.or.th/nimt/upload/linkfile/CD_SI_Units%20SI%20Unit)
- US EPA. (1995). SW-846 EPA Method 3050B: Acid digestion of sediments, sludges, and soils In Test Methods for Evaluating Solid Waste. 3rd edition, 3rd update. U.S. EPA: Washington DC.
- Zarcinas BA, Cartwright B, Spouncer LR. (1983). Nitric digestion and multi-element analysis of plant material by inductive coupled plasma spectrometry. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 18, 131-146.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก  
แบบฟอร์มรายงานผลการวิเคราะห์

## เอกสารควบคุม


	ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	แบบฟอร์ม
		หมายเลขเอกสาร: EI-F407-001 ครั้งที่แก้ไข : 0
อนุมัติโดย : ผู้จัดการด้านคุณภาพ	วันที่บังคับใช้ : 27 มิถุนายน 2559	หน้า : 1 / 2
เรื่อง : แบบสำรวจความพึงพอใจของลูกค้า (Customer survey)		

ผู้กรอกแบบสำรวจ \_\_\_\_\_ ตำแหน่ง \_\_\_\_\_  
 สถานที่ทำงาน \_\_\_\_\_ วันที่ \_\_\_\_\_

คุณลักษณะ	มาก (5)	ปานกลาง (4)	พอใช้ (3)	ปรับปรุง (2)
1. เวลาตามผลการทดสอบให้ผลรวดเร็วทันใจ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.1 กรณีเลือก "ปรับปรุง" โปรดระบุสิ่งที่ควรปรับปรุง : .....				
2. แบบฟอร์มส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ ชัดเจนและเข้าใจง่าย	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.1 กรณีเลือก "ปรับปรุง" โปรดระบุสิ่งที่ควรปรับปรุง : .....				
3. รายงานผลการทดสอบชัดเจนและเข้าใจง่าย	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1 กรณีเลือก "ปรับปรุง" โปรดระบุสิ่งที่ควรปรับปรุง : .....				
4. ในรายงานผลการทดสอบมีข้อมูลเพียงพอและเหมาะสม	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.1 กรณีเลือก "ปรับปรุง" โปรดระบุสิ่งที่ควรปรับปรุง : .....				
5. ขั้นตอนการส่งตัวอย่างชัดเจนและสามารถปฏิบัติตามได้	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.1 กรณีเลือก "ปรับปรุง" โปรดระบุสิ่งที่ควรปรับปรุง : .....				

ภาพประกอบ ก-1 แบบประเมินความพึงพอใจของลูกค้า หน้า ที่ 1

เอกสารควบคุม

	ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	แบบฟอร์ม
		หมายเลขเอกสาร: EL-F407-001 ครั้งที่แก้ไข : 0
อนุมัติโดย : ผู้จัดการด้านคุณภาพ	วันที่บังคับใช้ : 27 มิถุนายน 2559	หน้า : 2 / 2
เรื่อง : แบบสำรวจความพึงพอใจของลูกค้า (Customer survey)		

ข้อมูลรายละเอียดเพิ่มเติม

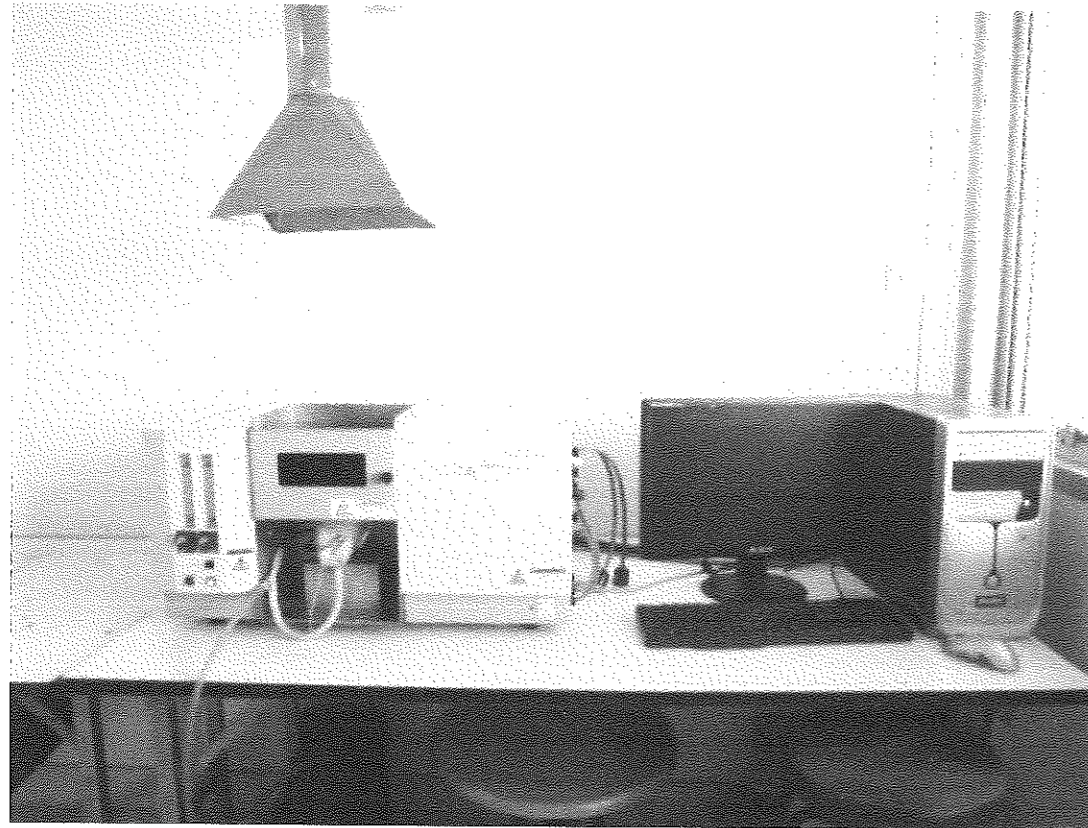
ท่านต้องการให้ห้องปฏิบัติการ พัฒนาการทดสอบใดเพิ่มเติมหรือไม่ (นอกเหนือจากวิธีทดสอบที่ห้องปฏิบัติการรับวิเคราะห์ในปัจจุบัน) ถ้ามีโปรดระบุ.

รายการทดสอบ	ชนิดตัวอย่าง	ช่วงเวลา	หมายเหตุ

ภาพประกอบ ก-2 แบบประเมินความพึงพอใจของลูกค้า หน้า ที่ 2

ภาคผนวก ข  
เครื่อง AAS





ภาพประกอบ ข-1 เครื่อง AAS ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น 6200F ผลิตภัณฑ์ประเทศญี่ปุ่น

## ประวัติผู้เรียบเรียง

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวสุกัญญา ชำมหก  
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss. Sukanya Khamhok
2. ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์
3. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้  
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44000  
โทรศัพท์ 043-754436 โทรสาร 043-754436 E-mail: Kaminsjames@hotmail.com

## 4. ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	สาขา	ปีที่จบ	สถาบัน	ประเทศ
วท.บ.	เทคโนโลยีชีวภาพ	2546	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ไทย
วท.ม.	บริหารจัดการสิ่งแวดล้อม	2553	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ไทย

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา
  - 5.1 การวิเคราะห์ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อมทางเคมี
  - 5.2 เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS (Atomic absorption spectrophotometer)

## 6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

## 1) หัวหน้าโครงการวิจัย

(1) Phytoremediation of Toluene Contaminate in Air Offset Printing System by *Epipremnum arrium* (Lindl&Andre) Bunting : faculty of Environmental and resource studies, March 2009-September 2009

(2) Removal of Mix Heavy Mental from COD Analysis Wastewater by Chitosan immobilized. : faculty of Environmental and resource studies, March 2012-September 2012

## 2) ผู้ร่วมโครงการวิจัย

- (1) Extraction of essential oil using distillation technique and antimicrobial activity in Isan local vegetables : Faculty of Technology, September 2002-March 2003
- (2) A study separation from wastewater by evaporation technique : Faculty of Environmental and resource studies, October 2007-September 2008
- (3) Effect of temperature for pollutant in distilled water form offset printing wastewater evaporation. Faculty of Environmental and resource studies, October 2008-September 2009.
- (4) สุกัญญา ข้ามทก, พลกฤษณ์ จิตรโต และ วรนันต์ นาคบรรพต, 2009, “Passive Diffusion of Toluene to Leaf of *Epipremnum aureum* (Lindl&Andre) Bunting”, International Conference on Green and Sustainable Innovation 2009 December 2 – 4, 2009, Chiang Rai, (Oral presentation)

## 7. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว (ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่)

### 1) National Conferences

- (1) Nakbanpote, W., Chomchuen, S., Jitto, P. and Chimpalee, K. (2007) “Heavy metal accumulation in *Gynura pseudochina* (L.) DC.”, the 19th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology, 9-12 Oct, Department of Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Pathumthani, Thailand. (Poster)
- (2) พลกฤษณ์ จิตรโต, สุกัญญา ขมชื่น, 2549, “สมรรถนะการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการระเหย”, มหาสารคามวิจัย, ครั้งที่ 3, 3-5 ตุลาคม 2549, โรงแรมตักศิลา, มหาสารคาม. (โปสเตอร์)
- (3) พลกฤษณ์ จิตรโต, สุกัญญา ขมชื่น, 2551, “ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณมลพิษในน้ำจากการระเหยน้ำเสียโรงพิมพ์ระบบออฟเซท”, มหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 4, 4-5 กันยายน 2551, โรงแรมตักศิลา มหาสารคาม. (โปสเตอร์)
- (4) Sukanya Khamhok and Ponlakit Jitto, 2011, “ Performance of *Epipremnum aureum* (Lind. and Andre) Bunting to Remove Toluene”, *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 6: 6, 354-357

### 2) HONORS & AWARDS

- (1) The 2nd Poster presentation Award, the 19th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology, 9-12 2007. (Nakbanpote, W., Chomchuen, S., Jitto, P. and Chimpalee, K. (2007) “Heavy metal accumulation in *Gynura pseudochina* (L.) DC.”,

Proceeding of the 19th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology, 9-12 October, at Department of Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Pathumthani, Thailand, p.66)

(2) ใบประกาศเกียรติคุณ ผู้ปฏิบัติงานด้วยความมุ่งมั่น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ จิตสาธารณะ พัฒนางานและพัฒนาผู้อื่นอยู่เสมอ ปี พ.ศ.2556

#### 8) ประวัติการทำงาน

- พ.ศ. 2546- 2547 ปฏิบัติงานตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- พ.ศ. 2548 ปฏิบัติงานในตำแหน่ง พนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาควิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- พ.ศ. 2549-2553 ปฏิบัติงานในตำแหน่ง พนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สังกัดคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
- พ.ศ. 2554-จนถึงปัจจุบัน ปฏิบัติงานในตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ สังกัดคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

#### 9) ประวัติการฝึกอบรม

- (1) การวิเคราะห์โปรตีนโดยวิธี Dumas และการวิเคราะห์ไขมันโดยวิธี Supercritical Fluid Extraction วันที่ 3 มิถุนายน 2548 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
- (2) ISO 14001:2004, Requirements and Implementation มหาวิทยาลัยมหาสารคาม วันที่ 2-3 กันยายน 2549
- (3) Has attended for IKA Bomb Calorimeter Training and workshop seminar ขอนแก่น วันที่ 6 ตุลาคม 2549
- (4) Has participated in the training course on "ISO 9001: 2000, Internal Quality Auditors" มหาวิทยาลัยมหาสารคาม วันที่ 16 - 17 กุมภาพันธ์ 2552
- (5) ข้อกำหนดระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการตามมาตรฐานสากล ISO/IEC 17025:2005 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย วันที่ 16-17 มิถุนายน 2554
- (6) ISO/IEC 17025:2005 Requirements, Central Laboratory (Thailand) Co.,Ltd. วันที่ 8 พฤษภาคม 2555
- (7) Method Validation in Chemical Analysis, Central Laboratory (Thailand) Co.,Ltd. วันที่ 29-30 เมษายน 2556

(8) การควบคุมคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการในภูมิภาค กรมวิทยาศาสตร์บริการ วันที่ 20 - 21 พฤศจิกายน 2557

(9) การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัดสำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบในภูมิภาค กรมวิทยาศาสตร์บริการ วันที่ 26-28 พฤศจิกายน 2557

(10) การใช้แก๊สโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography) ในการทดสอบ (อบรมผ่านเครื่องช่ายอินเทอร์เน็ต) กรมวิทยาศาสตร์บริการ วันที่ 21 มิถุนายน 2557 ถึง 19 กันยายน 2557

(11) การควบคุมคุณภาพสำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบน้ำด้านจุลชีววิทยา (อบรมผ่านเครื่องช่ายอินเทอร์เน็ต) กรมวิทยาศาสตร์บริการ วันที่ 13 มิถุนายน 2557 ถึง 11 กันยายน 2557

(12) การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัด (อบรมผ่านเครื่องช่ายอินเทอร์เน็ต) กรมวิทยาศาสตร์บริการ วันที่ 13 มิถุนายน 2557 ถึง 11 กันยายน 2557

(13) การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัดด้วยเทคนิคการชั่งน้ำหนัก (อบรมผ่านเครื่องช่ายอินเทอร์เน็ต) กรมวิทยาศาสตร์บริการ วันที่ 21 มิถุนายน 2557 ถึง 19 กันยายน 2557

(14) การสอบเทียบเครื่องชั่ง (อบรมผ่านเครื่องช่ายอินเทอร์เน็ต) กรมวิทยาศาสตร์บริการ วันที่ 13 มิถุนายน 2557 ถึง 11 กันยายน 2557

(15) เทคนิคพื้นฐานสำหรับนักจุลชีววิทยา (อบรมผ่านเครื่องช่ายอินเทอร์เน็ต) กรมวิทยาศาสตร์บริการ วันที่ 13 มิถุนายน 2557 ถึง 11 กันยายน 2557

(16) เทคนิคการใช้พีเอชมิเตอร์สำหรับห้องปฏิบัติการ (อบรมผ่านเครื่องช่ายอินเทอร์เน็ต) กรมวิทยาศาสตร์บริการ วันที่ 13 มิถุนายน 2557 ถึง 11 กันยายน 2557

(17) การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัดด้วยเทคนิคการไทเทรต (อบรมผ่านเครื่องช่ายอินเทอร์เน็ต) กรมวิทยาศาสตร์บริการ วันที่ 13 มิถุนายน 2557 ถึง 11 กันยายน 2557

(18) เทคนิคการใช้เครื่องแก้ววัดปริมาตร (อบรมผ่านเครื่องช่ายอินเทอร์เน็ต) กรมวิทยาศาสตร์บริการ วันที่ 13 มิถุนายน 2557 ถึง 11 กันยายน 2557

(19) Flam Atomic Absorption Spectroscopy (FAAS) (อบรมผ่านเครื่องช่ายอินเทอร์เน็ต) กรมวิทยาศาสตร์บริการ วันที่ 13 มิถุนายน 2557 ถึง 11 กันยายน 2557

(20) เทคนิคการเตรียมสารละลาย (อบรมผ่านเครื่องช่ายอินเทอร์เน็ต) กรมวิทยาศาสตร์บริการ วันที่ 13 มิถุนายน 2557 ถึง 11 กันยายน 2557

(21) การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี (อบรมผ่านเครื่องช่ายอินเทอร์เน็ต) กรมวิทยาศาสตร์บริการ วันที่ 11 มิถุนายน 2557 ถึง 9 กันยายน 2557

(22) การควบคุมคุณภาพผลการวิเคราะห์ทดสอบ (อบรมผ่านเครื่องช่ายอินเทอร์เน็ต) กรมวิทยาศาสตร์บริการ วันที่ 13 มิถุนายน 2557 ถึง 11 กันยายน 2557

(23) การสอบเทียบพีเอชมิเตอร์ (อบรมผ่านเครื่องช่ายอินเทอร์เน็ต) กรมวิทยาศาสตร์บริการ วันที่ 13 มิถุนายน 2557 ถึง 11 กันยายน 2557

(24) การสอบเทียบเครื่องแก้ววัดปริมาตร (อบรมผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต) กรมวิทยาศาสตร์  
บริการ วันที่ 14 มิถุนายน 2557 ถึง 12 กันยายน 2557