อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

คู่มือปฏิบัติงาน
ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์
ห้องปฏิบัติการเคมีและกายภาพ

ศิริวงษ์ นิ่มนงค์

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน ๒๓ ก.ค. ๒๕๕๗
เลขทะเบียน 1.6599813
เลขเรียกหนังสือ QP

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและ
สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

มกราคม 2557

คำนำ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยนเรศวร มีการเรียนการสอนวิชา การวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร (Analysis of Food and Agricultural Product) ในระดับปริญญาตรี วิชานี้มีเนื้อหาเกี่ยวกับการวิเคราะห์อาหาร เช่น การวิเคราะห์องค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีของอาหาร การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ การวิเคราะห์เชิงปริมาณในวัตถุดิบที่นำมาแปรรูปอาหารและในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ มีบทปฏิบัติการทั้งหมด 11 บทปฏิบัติการ

นักวิทยาศาสตร์มีหน้าที่รับผิดชอบในส่วนของปฏิบัติการรายวิชา การวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร เช่นในการเตรียมปฏิบัติการได้แก่ เตรียมตัวอย่างเบื้องต้น อุปกรณ์ เครื่องแก้ว สารเคมี สารละลาย และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ อีกทั้งนักวิทยาศาสตร์ยังมีหน้าที่ให้คำแนะนำด้านเทคนิคการวิเคราะห์ และเทคนิคการใช้เครื่องมือ ให้แก่นิสิต ผู้จัดทำเล็งเห็นความสำคัญของการเตรียมความพร้อมต่อภาคปฏิบัติการ จึงได้จัดทำคู่มือปฏิบัติงาน การวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร เพื่อใช้เป็นคู่มือปฏิบัติงาน การทำคู่มือการเตรียมปฏิบัติการนี้ ผู้จัดทำได้รวบรวมจากประสบการณ์ที่ได้ปฏิบัติงาน และการได้รับความรู้จากการเข้าร่วมฝึกอบรม รวมถึงได้ศึกษาค้นคว้าจากเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เนื้อหาในคู่มือประกอบด้วย ข้อควรปฏิบัติและความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์เครื่องแก้วพื้นฐานในห้องปฏิบัติการ การสุ่มตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร และสารเคมีและความปลอดภัย

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือปฏิบัติงานเล่มนี้จะเป็นประโยชน์แก่ อาจารย์ นักวิทยาศาสตร์ นิสิต และผู้ปฏิบัติงานทางด้านนี้ รวมถึงเกิดประโยชน์แก่ภาควิชาฯ และคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม หากมีข้อเสนอแนะที่ทำให้คู่มือปฏิบัติงานเล่มนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้จัดทำยินดี และพร้อมนำมาปรับปรุง

ศิริวงษ์ นิ่มนงค์
มกราคม 2557

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**ข้อควรปฏิบัติและความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมี**	1
	1.1 ข้อควรปฏิบัติทั่ว ๆ ไปในห้องปฏิบัติการ	1
	1.2 การใช้สารเคมีให้ปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ	4
	1.3 ข้อห้ามในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ	4
	1.4 การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี	5
	1.5 การเกิดอุบัติเหตุขณะปฏิบัติการ	6
	1.6 อุปกรณ์จำเป็นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ	7
	1.7 อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลในห้องปฏิบัติการ	9
2	**อุปกรณ์เครื่องแก้วพื้นฐานในห้องปฏิบัติการ**	13
	2.1 อุปกรณ์ทำด้วยแก้ว	13
	2.1.1 บีกเกอร์	14
	2.1.2 ฟลาสก์	14
	2.1.3 หลอดทดลอง	15
	2.1.4 กระบอกตวง	16
	2.1.5 กรวยกรอง	17
	2.1.6 กระจกนาฬิกา	17
	2.1.7 ขวดชั่ง	18
	2.18 ช้อนตักสาร	18
	2.1.9 หลอดหยด	19
	2.1.10 บิวเรต	19
	2.1.11 ไปเปต	20
	2.2 อุปกรณ์ที่ทำด้วยกระเบื้อง	21
	2.2.1 เบ้าเคลือบและฝา	21
	2.3 อุปกรณ์อื่น ๆ	22
	2.3.1 ที่วางเบ้าเคลือบ	22
	2.3.2 Test Tube Holder	22
	2.3.3 คีม	23
	2.3.4 ตะแกรงลวด	23
	2.3.5 Clamp and Clamp holder	24
	2.3.6 แปรง	24
	2.3.7 ที่ตั้งหลอดทดลอง	25
	2.3.8 Stand and Ring	25
	2.3.9 สามขา	26

สารบัญ (ต่อ)

บทที่			หน้า
3	**เครื่องมือพื้นฐานในห้องปฏิบัติการ**		28
	3.1	โถดูดความชื้น	28
	3.2	เตาให้ความร้อนที่มีและไม่มีเครื่องคนแม่เหล็ก	29
	3.3	เครื่องผสมสารละลาย	31
	3.4	เครื่องลดความดันโดยใช้น้ำ	32
	3.5	เครื่องทำน้ำหล่อเย็น	32
	3.6	ตู้ดูดควัน	33
	3.7	ตู้อบความร้อน	35
	3.8	อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ	36
	3.9	เครื่องชั่ง	38
	3.10	เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง	39
	3.11	เครื่องกลั่นระเหยแห้ง	41
	3.12	เครื่องปั่นเหวี่ยงสารให้ตกตะกอน	42
	3.13	เครื่องวัดความชื้นอัตโนมัติ	44
	3.14	เครื่องวัด water activity	45
	3.15	เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง	46
	3.16	เครื่องวัดความหนืด	48
	3.17	เครื่องวิเคราะห์โปรตีน	52
	3.18	เครื่องวิเคราะห์ไขมัน	56
	3.19	เตาเผา	57
	3.20	เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย	59
4	**การสุ่มตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่าง**		64
	4.1	การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์	65
		4.1.1 อาหารแห้ง	65
		4.1.2 อาหารเหลว	66
		4.1.3 อาหารประเภทเนื้อ	66
		4.1.4 อาหารประเภทไขมัน	67
		4.1.5 อาหารประเภทอื่น ๆ	67
	4.2	เทคนิคการสุ่มตัวอย่าง	68
		4.2.1 การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย	68
		4.2.2 การสุ่มตัวอย่างแบบมีชั้นภูมิ	69
		4.2.3 การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม	69

บทที่		หน้า
	4.2.3 การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม	69
	4.2.4 การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ	70
4.3	ระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์	70
4.4	แผนการสุ่มตัวอย่างชั้นเดียว	70
5	**สารเคมีและความปลอดภัย**	74
5.1	ประเภทของสารเคมี	74
	5.1.1 สารเคมีที่ใช้สำหรับการทดลองทั่วไป	74
	5.1.2 สารเคมีสำหรับการวิจัยหรือการทดลองเฉพาะอย่าง	75
5.2	การตรวจสอบสารเคมีก่อนนำมาใช้	75
	5.2.1 บริษัทผู้ผลิต	75
	5.2.2 ชื่อสารเคมี	75
	5.2.3 ปริมาณสารที่บรรจุ	75
	5.2.4 เกรด	75
	5.2.5 โมเลกุล	75
	5.2.6 ความบริสุทธิ์	76
	5.2.7 จุดหลอมเหลว	76
	5.2.8 ความถ่วงจำเพาะ	76
	5.2.9 ดัชนีหักเหแสง	76
	5.2.10 Catalog Number และ Lot No.	76
	5.2.11 สารเคมีที่เป็นอันตราย	76
5.3	ข้อควรระวังในการใช้สารเคมี	76
	5.3.1 การนำสารเคมีมาใช้	76
	5.3.2 การจัดเก็บสารเคมี	77
5.4	สัญลักษณ์แสดงความอันตรายของสารเคมี	78
6	**การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีอาหาร**	90
6.1	การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น	90
6.2	การวิเคราะห์ปริมาณไขมันในอาหาร โดยวิธี Soxhlet method	93
6.3	การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในอาหาร โดยวิธี Kjeldahl method	97
6.4	การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย โดยวิธี Fibertec system M	101
6.5	การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า	105
6.6	การวิเคราะห์วิตามินซี	108

บทที่		หน้า
6.7	การวิเคราะห์ปริมาณเกลือ.....	112
5.8	การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล.....	115
5.9	การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH.....	122
5.10	การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด โดยวิธี Folin-ciocalteu.....	125
5.11	การวิเคราะห์ปริมาณวัตถุกันเสีย.....	129

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ความยาวกับเส้นผ่าศูนย์กลางริมนอกหรือขนาดความจุเป็นปริมาตร	15
2.2	ความผิดพลาดของบิวเรตขนาดต่าง ๆ	20
2.3	เปรียบเทียบความผิดพลาดของไปเปตชนิดต่าง ๆ	20
4.1	ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการสุ่มตัวอย่าง	71
5.1	สัญลักษณ์แสดงอันตรายของสารเคมีตามระบบ EEC	87
6.1	Invert Sugar for 10 cm^2 of Fehling's solution	118
6.2	Invert Sugar for 25 cm^2 of Fehling's solution	119

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1.1	ตู้ดูดควัน	7
1.2	ตู้เก็บสารละลายไวไฟ	8
1.3	อ่างล้างตาและที่ล้างตัวฉุกเฉิน	8
1.4	อ้างล้างอุปกรณ์	9
1.5	แว่นตาใช้ในห้องปฏิบัติการ	9
1.6	เสื้อกราวน์	10
1.7	รองเท้าในห้องปฏิบัติการ	10
1.8	ถุงมือในห้องปฏิบัติการ	11
1.9	หน้ากากป้องกันไอระเหย	11
2.1	บีกเกอร์ชนิดต่าง ๆ	14
2.2	ขวดปริมาตรชนิดต่าง ๆ	15
2.3	หลอดทดลองขนาดต่าง ๆ	16
2.4	กระบอกตวง	16
2.5	กรวยกรอง	17
2.6	กระจกนาฬิกา	17
2.7	ขวดชั่ง	18
2.8	ช้อนตักสาร	18
2.9	หลอดหยด	19
2.10	บิวเรต	19
2.11	ไปเปตชนิดต่าง ๆ	20
2.12	เบ้าเคลือบและฝา	21
2.13	ที่วางเบ้าเคลือบ	22
2.14	ที่จับหลอดทดลอง	22
2.15	คีม	23
2.16	ตะแกรงลวด	23
2.17	Clam and Clamp holder	24
2.18	แปรง	24
2.19	ที่ตั้งหลอดทดลอง	25
2.20	Stand and Ring	25
2.21	สามขา	26
3.1	โถดูดความชื้น	28
3.2	เตาให้ความร้อนที่มีและไม่มีเครื่องคนแม่เหล็ก	30
3.3	เครื่องผสมสารละลาย	31

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
3.4	เครื่องลดความดันโดยใช้น้ำ	32
3.5	ถังน้ำหล่อเย็น	33
3.6	ตู้ดูดควัน	34
3.7	ตู้อบความร้อน	36
3.8	อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ	37
3.9	เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง	38
3.10	เครื่องวัดพีเอช	40
3.11	เครื่องกลั่นระเหยแห้ง	42
3.12	เครื่องปั่นเหวี่ยงสารให้ตกตะกอน	44
3.13	เครื่องวัดความชื้นอัตโนมัติ	44
3.14	เครื่องวัด Water activity (Aw)	46
3.15	เครื่องวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสง	47
3.16	เครื่องวัดความหนืด	48
3.17	เครื่องย่อยโปรตีน	52
3.18	เครื่องวิเคราะห์โปรตีน	53
3.19	ขั้นตอนการวิเคราะห์โปรตีน	55
3.20	ขั้นตอนการวิเคราะห์ไขมัน	57
3.21	เตาเผา	58
3.22	เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย	60
3.23	ขั้นตอนการวิเคราะห์เยื่อใยแบบ Manual	61
4.1	วิธีทำ Quartering	65
4.2	การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย	68
4.3	การสุ่มตัวอย่างแบบมีชั้นภูมิ	69
4.4	การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม	69
4.5	แผนการสุ่มตัวอย่างขั้นเดียว	70
5.1	สัญลักษณ์แสดงสารระเบิดได้	78
5.2	สัญลักษณ์แสดงก๊าซไวไฟ	79
5.3	สัญลักษณ์แสดงก๊าซไม่ไวไฟและไม่เป็นพิษ	80
5.4	สัญลักษณ์แสดงก๊าซพิษ	80
5.5	สัญลักษณ์แสดงของเหลวไวไฟ	81
5.6	สัญลักษณ์แสดงของแข็งไวไฟ	81
5.7	สัญลักษณ์แสดงการลุกไหม้ได้เอง	82
5.8	สัญลักษณ์แสดงสารที่สัมผัสกับน้ำแล้วทำให้เกิดก๊าซไวไฟ	82
5.9	สัญลักษณ์แสดงสารออกซิไดซ์	83
5.10	สัญลักษณ์แสดงสารอินทรีย์เปอร์ออกไซด์	83

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
5.11	สัญลักษณ์แสดงสารพิษ	84
5.12	สัญลักษณ์แสดงสารติดเชื้อ	84
5.13	สัญลักษณ์แสดงวัสดุกัมมันตรังสี	85
5.14	สัญลักษณ์แสดงสารกัดกร่อน	85
5.15	สัญลักษณ์แสดงวัสดุอันตรายเบ็ดเตล็ด	86
5.16	สัญลักษณ์แสดงอันตรายเป็นรูปเพชร	86
5.17	สัญลักษณ์แสดงสารเคมีในรูปแบบของการแสดงฉลากและเอกสารข้อมูลความปลอดภัยในการทำงานกับสารเคมีระบบ GHS	88

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 1
ข้อควรปฏิบัติและความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมี

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

1.1 ข้อควรปฏิบัติทั่ว ๆ ไปในห้องปฏิบัติการ

1.1.1 ต้องระลึกอยู่เสมอว่า ห้องปฏิบัติการทดลองเป็นสถานที่ทำงาน ต้องทำการทดลองด้วยความตั้งใจ อย่างจริงจัง (พีระพงษ์, 2554)

1.1.2. ต้องรักษาระเบียบบนโต๊ะปฏิบัติการ เพราะการทดลองจะผิดพลาดได้ง่ายถ้าบนโต๊ะปฏิบัติการไม่มีระเบียบ เช่น อาจหยิบหลอดทดลองผิด หรือในกรณีที่ทำสารหกจะต้องรีบทำความสะอาดทันที เครื่องแก้วหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองแล้วต้องล้างให้สะอาดแล้วเก็บเข้าตู้เมื่อไม่ต้องการใช้ทดลองอีก นอกจากนี้การรักษาระเบียบบนโต๊ะปฏิบัติการยังสามารถช่วยลดอุบัติเหตุและประหยัดเวลาในการค้นหาสิ่งของที่ต้องการอีกด้วย

1.1.3 ต้องอ่านคู่มือปฏิบัติการทดลองก่อนที่จะปฏิบัติการทดลองนั้น ๆ และพยายามทำความเข้าใจถึง ขั้นตอนการทดลองให้แจ่มแจ้ง หากมีความสงสัยในตอนใด ๆ จะต้องถามอาจารย์ผู้ควบคุมเสียก่อน ก่อนที่จะลงมือปฏิบัติการทดลอง การอ่านคู่มือปฏิบัติการทดลองมาก่อนที่จะปฏิบัติการทดลองนั้น นับว่ามีประโยชน์มาก เพราะจะช่วยประหยัดเวลาในการทดลองและผู้ทดลองจะทำการทดลองด้วยความเข้าใจ

1.1.4 ต้องไม่ทำการทดลองใด ๆ ที่นอกเหนือไปจากการทดลองที่มีไว้ในคู่มือปฏิบัติการหรือที่ได้รับมอบหมายจากอาจารย์ผู้ควบคุมเท่านั้น แต่ถ้าต้องการทำการทดลองใด ๆ ที่นอกเหนือไปจากหนังสือคู่มือหรือที่อาจารย์มอบหมาย จะต้องได้รับอนุญาตจากอาจารย์ผู้ควบคุมเสียก่อน

1.1.5 อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการทดลองต้องสะอาด ความสกปรกเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ผลการทดลองผิดพลาด หรือคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง

1.1.6 อุปกรณ์หรือเครื่องมืออื่น ๆ เช่น สามขา ที่ยึดสายยาง ฯลฯ ที่นำมาใช้ในการทดลองนั้น ๆ จะต้องนำไปเก็บไว้ที่เดิมหลังจากเสร็จสิ้นการทดลองแล้ว

1.1.7 ควรทำการทดลองในห้องปฏิบัติการตามเวลาที่กำหนดให้เท่านั้น ไม่ควรทำงานในห้องปฏิบัติการเพียงคนเดียว เพราะเมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้นจะไม่มีใครทราบ และไม่อาจช่วยได้ทันท่วงที

1.1.8 เมื่อต้องการใช้สารละลายที่เตรียมไว้ ต้องรินออกจากขวดใส่ลงในบีกเกอร์ก่อน โดยรินออกมาปริมาณเท่ากับจำนวนที่ต้องการจะใช้ อย่ารินออกมามากเกินไปเพราะจะทำให้สิ้นเปลืองสาร โดยเปล่าประโยชน์ ถ้าสารละลายที่รินออกมาแล้วนี้เหลือให้เทส่วนที่เหลือนี้ลงในอ่าง อย่าเทกลับลงในขวดเดิมอีก ทั้งนี้เพื่อป้องกันการปะปนกัน

1.1.9 ถ้ากรดหรือด่างหรือสารเคมีที่เป็นอันตรายถูกผิวหนังหรือเสื้อผ้า ต้องรีบล้างออกด้วยน้ำทันทีเพราะมีสารเคมีหลายชนิดซึมผ่านเข้าไปในผิวหนังได้อย่างรวดเร็ว และเกิดเป็นพิษขึ้นมาได้ ซึ่งแต่ละคนจะมีความรู้สึกหรือเกิดพิษแตกต่างกัน

1.1.10 อย่าทดลองชิมสารเคมีหรือสารละลาย เพราะสารเคมีส่วนมากเป็นพิษ อาจเกิดอันตรายได้นอกเสียจากจะได้รับคำสั่งจากอาจารย์ผู้ควบคุมให้ชิมได้

1.1.11 อย่าใช้มือหยิบสารเคมีใด ๆ เป็นอันขาด และพยายามไม่ให้ส่วนอื่น ๆ ของร่างกายถูกสารเคมีเหล่านี้ด้วย นอกเสียจากจะได้รับคำสั่งจากอาจารย์ผู้ควบคุมให้ปฏิบัติ

1.1.12 อย่าเทน้ำลงบนกรดเข้มข้นใด ๆ แต่ค่อย ๆ เทกรดเข้มข้นลงในน้ำอย่างช้า ๆ พร้อมกับกวนตลอดเวลา เพราะการละลายกรดในน้ำจะเกิดความร้อนขึ้น ความร้อนจะแพร่กระจายไปทั่วในน้ำ

1.1.13 เมื่อต้องการจะดมกลิ่นสารเคมี อย่านำสารเคมีมาดมโดยตรง ควรใช้มือพัดกลิ่นสารเคมีนั้นเข้าจมูกเพียงเล็กน้อย (อย่าสูดแรง ๆ) โดยถือหลอดที่ใส่สารเคมีไว้ห่าง ๆ

1.1.14 ออกไซด์ ของธาตุบางชนิดเป็นก๊าซพิษ เช่น ออกไซด์ของกำมะถัน ไนโตรเจนและก๊าซแฮโลเจน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก็เป็นก๊าซพิษเช่นเดียวกัน การทดลองใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับก๊าซเหล่านี้ควรทำในตู้ดูดควัน

1.1.15 อย่าทิ้งของแข็งต่าง ๆ ที่ไม่ต้องการ เช่น ไม้ขีดไฟหรือกระดาษกรองที่ใช้แล้ว ฯลฯ ลงในอ่างน้ำเป็นอันขาดเพราะจะทำให้เกิดท่อน้ำอุดตัน ควรทิ้งในขยะที่จัดไว้ให้

1.16 อย่านำแก้วอ่อน เช่น กระบอกตวง กรวยแยก ไปให้ความร้อน เพราะจะทำให้ละลายใช้การไม่ได้

1.1.17 อย่านำบีกเกอร์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมาใช้ตักน้ำดื่ม ถึงแม้ว่าจะดูสะอาดก็ตาม เพราะอาจมีสารเคมีตกค้างอยู่

1.1.18 หลังการทดลองแต่ละครั้งต้องล้างมือให้สะอาด โดยเฉพาะอย่างยิ่งก่อนรับประทานอาหาร เพราะในขณะทำการทดลองอาจมีสารเคมีที่เป็นอันตรายติดอยู่ได้

1.1.19 ห้ามสูบบุหรี่ในห้องปฏิบัติการ เพราะการสูบบุหรี่อาจทำให้สารที่ติดไฟง่ายติดไฟได้ หรืออาจทำให้อนุภาคของสารเคมีที่ระเหยกลายเป็นไอถูกเผาผลาญในขณะสูบบุหรี่ แล้วถูกดูดเข้าไปในปอด

1.1.20 อย่ารับประทานอาหารในห้องปฏิบัติการ เพราะอาจมีสารเคมีปะปนกับอาหารที่รับประทานเข้าไป เช่น อาจอยู่ในภาชนะที่ใส่อาหาร ภาชนะที่ใส่น้ำสำหรับดื่มหรือที่มือของผู้ปฏิบัติการ ซึ่งสารเคมีบางชนิดอาจมีพิษหรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้

1.1.21 เมื่อเสื้อผ้าที่สวมอยู่ติดไฟ อย่าวิ่ง ต้องพยายามดับไฟก่อนโดยนอนกลิ้งลงบนพื้นแล้วบอกให้เพื่อน ๆ ช่วย โดยใช้ผ้าหนา ๆ คลุมรอบตัวหรือใช้ผ้าเช็ดตัวที่เปียกคลุมบนเปลวไฟให้ดับก็ได้

1.1.22 เมื่อเกิดไฟไหม้ในห้องปฏิบัติการ จะต้องรีบดับตะเกียงในห้องปฏิบัติการให้หมด และนำสารที่ติดไฟง่ายออกไปให้ห่างจากไฟมากที่สุด ซึ่งผู้ปฏิบัติการทดลองทุกคนควรจะต้องรู้แหล่งที่เก็บเครื่องดับเพลิงและรู้จักวิธีใช้ ทั้งนี้เพื่อสะดวกในการนำมาใช้ได้ทันท่วงที

1.1.23 หากผู้ทดลองเกิดอุบัติเหตุในขณะทำการทดลอง ต้องรายงานอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทุกครั้งต่ออาจารย์ผู้ควบคุม ไม่ว่าจะเกิดมากหรือน้อยเพียงใดก็ตาม

1.1.24 ก่อนนำเอาสารละลายในขวดไปใช้ จะต้องดูชื่อสารบนฉลากติดขวดสารละลายอย่างน้อยสองครั้งเพื่อให้แน่ใจว่าใช้สารที่ต้องการไม่ผิด

1.1.25 เมื่อจะใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายหรือสารที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาหรือสารที่มีกลิ่นเหม็น เช่น เบนโซอิลคลอไรด์ ฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์ โบรมีน ฯลฯ จะต้องทำในตู้ดูดควัน

1.1.26 ภาชนะแก้วที่ร้อนจะดูคล้ายกับภาชนะแก้วที่เย็น ดังนั้นควรให้เวลานานพอสมควรในการให้ภาชนะแก้วที่ร้อนเย็นลง

1.1.27 น้ำที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเคมีจะต้องใช้น้ำกลั่นทุกครั้ง แต่อย่าใช้ฟุ่มเฟือยเกินความจำเป็น เช่น ใช้ล้างอุปกรณ์ เป็นต้น เพราะกว่าจะกลั่นได้ต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายมาก

1.1.28 เมื่อใช้เครื่องควบแน่น อย่าไขน้ำเข้าเครื่องควบแน่นแรงนัก เพราะจะทำให้สูญเสียน้ำไปโดยเปล่าประโยชน์ ควรไขน้ำเข้าเครื่องควบแน่นเบา ๆ

1.1.29 ขณะต้มสารละลายหรือให้สารทำปฏิกิริยากันในหลอดทดลอง จะต้องหันปากหลอดทดลองออกห่างจากตัวเองและห่างจากคนอื่น ๆ ด้วย

1.1.30 การทดลองใด ๆ ที่ทำให้เกิดสูญญากาศ ภาชนะที่ใช้จะต้องหนาพอที่จะทนต่อความดันภายนอกได้

1.1.31 ขวดบรรจุสารละลายหรืออุปกรณ์อื่นใดที่มีตัวทำละลายอินทรีย์บรรจุอยู่ อย่าใช้จุกยางปิดปากขวดเป็นอันขาด เพราะตัวทำละลายอินทรีย์กัดยางได้ ทำให้สารละลายสกปรก และจะเอาจุกยางออกจากขวดได้ยาก เพราะจุกส่วนข้างล่างบวม

1.1.32 อย่าทิ้งโลหะโซเดียมที่เหลือจากการทดลองลงในอ่างน้ำ เพราะจะเกิดปฏิกิริยากับน้ำอย่างรุนแรง จะต้องทำลายด้วยแอลกอฮอล์เสียก่อน แล้วจึงเททิ้งลงในอ่างน้ำ

1.1.33 เมื่อการทดลองใดใช้สารที่เป็นอันตราย หรือเป็นการทดลองที่อาจระเบิดได้ ผู้ทดลองควรสวมแว่นตานิรภัยเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น

1.1.34 เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง ต้องทำความสะอาดพื้นโต๊ะปฏิบัติการ ตรวจของในตู้และใส่กุญแจให้เรียบร้อย แล้วล้างมือให้สะอาดก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ

1.1.35 พึงระลึกอยู่เสมอว่า ต้องทำการทดลองด้วยความระมัดระวังที่สุด ความประมาทเลินเล่ออาจทำให้เกิดอันตรายต่อตัวเองได้ (ประเสริฐ, 2538)

1.1.36 สวมเสื้อปฏิบัติการ (เสื้อกาวน์) รองเท้าหุ้มปลายและส้นเท้า และใช้ที่ครอบตาเมื่อทำงานกับสารเคมีหรือใช้ผ้าปิดปาก (Mask) เมื่อทำงานกับสารเคมีและใช้อุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสมในการปฏิบัติงาน

1.1.37 ปฏิบัติตามระเบียบของห้องปฏิบัติการอย่างเคร่งครัด โดยห้าม ดื่ม รับประทาน และห้ามนำผู้อื่นที่ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาในห้องปฏิบัติการ

1.1.38 ห้ามนำเครื่องมืออุปกรณ์ออกไปใช้นอกห้องปฏิบัติการ หรือวัสดุอุปกรณ์เข้ามา หรือออกไปจากห้องปฏิบัติการโดยไม่ได้รับอนุญาต

1.1.39 หากทำงานกับสารเคมีอันตราย ควรถอดเสื้อกาวน์ที่ใช้หลังปฏิบัติงานไว้ในห้องปฏิบัติการ เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของสารเคมีอั้นตรายที่ปนเปื้อนออกสู่ชุมชนนอกห้องปฏิบัติการ (สุชาดา , 2555)

1.140 ถ้าสารเคมีสัมผัสผิวหนัง ให้ล้างออกด้วยน้ำหลาย ๆ ครั้ง หากยังเกิดความระคายเคืองให้แจ้งอาจารย์ที่ดูแลทราบทันที

1.1.41 ถ้าสารเคมีกระเด็นเข้าตา ให้เปิดน้ำแรง ๆ ล้างตาหลายครั้งจนหมดความระคายเคือง หากยังเกิดความระคายเคืองให้แจ้งอาจารย์ที่ดูแลทราบทันที

1.142 ห้ามจุดไฟเมื่อมีสารไวไฟอยู่ใกล้ (ส่วนมากตัวทำละลายอินทรีย์จะติดไฟง่าย) หรือมีสมุดหรือกระดาษอยู่บริเวณใกล้เคียง เพราะจะทำให้เกิดการติดไฟและลุกไหม้ (ขวัญจิตต์, 2555)

1.2 การใช้สารเคมีให้ปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ

1.2.1 ควรรักษามือและหน้าให้สะอาด โดยล้างด้วยสบู่และน้ำให้สะอาดทุกครั้ง ที่แตะต้องกับสารเคมี

1.2.2 ควรระวังสารอันตรายต่อระบบหายใจ สารที่ใช้กันมากบางตัวเป็นอันตรายต่อระบบหายใจอย่างมาก จึงควรใช้หรือผสมในที่ที่มีระบบถ่ายเทอากาศดี หรือในตู้ดูดควัน เช่น Ammonium hydroxide, Benzene, Carbon tetrachloride, Chlorine, Chloroform, Formaldehyde ฯลฯ

1.2.3 ควรอ่านฉลากภาชนะใส่สารเคมีให้ชัดเจนก่อนและหลังการใช้สารเคมี หรือถ่ายเทออกจากภาชนะบรรจุ และเมื่อใช้เสร็จแล้วต้องปิดฝาให้เรียบร้อย

1.2.4 ควรจับภาชนะให้ฉลากอยู่ระหว่างอุ้งมือเมื่อต้องการถ่ายเท เพื่อป้องกันมิให้ป้ายชื่อหลุดหายหรือถูกทำลาย เนื่องจากสารเคมีหกเลอะหรือไหลมาตามข้างขวดเมื่อถ่ายเทสารจากภาชนะ

1.2.5 ควรสวมใส่ผ้ากันเปื้อนและถุงมือ เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้กับเสื้อผ้า อวัยวะ และผิวหนัง

1.2.6 ควรเทหรือรินสารละลายอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอ เมื่อต้องการถ่ายเทสารหรือผสมสารเคมีเข้าด้วยกัน ควรเทปริมาณเล็กน้อยในครั้งแรก ถ้าไม่มีปฏิกิริยารุนแรงเกิดขึ้นจึงค่อย ๆ เทต่อไปทีละน้อย พร้อมคนตลอดเวลา

1.2.7 ควรเทสารละลายที่เข้มข้นกว่าลงในสารละลายที่เจือจางกว่า เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงปฏิกิริยารุนแรง หรือการกระเด็นของสารละลาย และควรทำในตู้ดูดควันพร้อมสวมแว่นตานิรภัยด้วย

1.2.8 ควรถือบีกเกอร์โดยใช้มือโอบรอบ ถ้าบีกเกอร์มีขนาดใหญ่มากควรใช้มืออีกข้างหนึ่งประคองที่ก้นบีกเกอร์ด้วย และสารละลายที่เทใส่ในบีกเกอร์ควรเทออกมาเท่ากับปริมาตรที่ต้องการใช้เท่านั้น

1.2.9 ควรตรวจภาชนะก่อนที่จะถ่ายเทสารลงไปในภาชนะ เช่น เมื่อต้องการเทของเหลวลงในกรวยแยกหรือกรวยกรอง จะต้องมีบีกเกอร์รองรับไว้ใต้กรวย เพื่อป้องกันการหกเลอะเทอะของของเหลวจากกรวย (ทัศนีย์, 2540)

1.3 ข้อห้ามในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

1.3.1 อย่าแตะต้องสารเคมีโดยไม่จำเป็น สารเคมีส่วนใหญ่หรือเกือบทั้งหมดมีอันตรายทั้งนั้นไม่มากก็น้อย ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงอย่าให้สัมผัสกับสารเคมีใด ๆ โดยไม่จำเป็น

1.3.2 อย่าสูบบุหรี่หรือรับประทานอาหารในบริเวณที่มีสารเคมี เนื่องจากสารเคมีอาจจะเข้าไปในร่างกายโดยปะปนเข้าไปกับอาหาร น้ำดื่มหรือควันบุหรี่ได้ และยังเป็นสาเหตุที่จะทำให้เกิดไฟไหม้อีกด้วย

1.3.3 อย่าใช้สารเคมีที่บรรจุในภาชนะที่มีฉลากป้ายชื่อไม่ชัดเจน เพราะถ้าหยิบไปใช้ผิดจะทำให้เกิดอุบัติเหตุได้

1.3.4 อย่าใช้สารเคมีมากกว่าที่กำหนดไว้ เวลาเทสารเคมีออกจากภาชนะควรเทเท่าที่จำเป็น ส่วนที่เกินควรกำจัดทิ้ง อย่าเทกลับคืนลงไปในภาชนะเดิม

1.3.5 อย่ามองลงไปในภาชนะที่มีสารเคมีอยู่ ทั้งนี้เพราะสารเคมีอาจพุ่งขึ้นมาถูกใบหน้าหรือตาเป็นอันตรายได้

1.3.6 อย่าใช้ปากดูดสารเคมี เมื่อต้องการถ่ายเทสารเคมีโดยใช้ไปเปตอย่าใช้ปากดูดไปเปตเป็นอันขาด ควรใช้ลูกยางหรือใช้สายยางต่อกับท่อน้ำ

1.3.7 อย่าชิมหรือดมสารเคมี นอกจากได้รับคำแนะนำจากนักเคมีก่อน แต่ถ้าต้องการดมกลิ่นสารเคมีใด ๆ ควรใช้มือพัดโบกกลิ่นให้เข้าจมูกเพียงเล็กน้อย อย่าสูดดมโดยตรง

1.3.8 ห้ามเคลื่อนย้ายขวดสารละลายหรือสารเคมีหรือภาชนะบรรจุสารเคมีออกจากโต๊ะที่จัดเตรียมไว้ให้ ส่วนสารเคมีที่เป็นอันตรายหรือมีกลิ่นเหม็นจะจัดไว้ในตู้ดูดควัน

1.3.9 เมื่อต้องใช้มือหยิบสารเคมีโดยตรงให้ใช้คีมคีบ หรือที่จับแทน หากต้องการทิ้งสารเคมีที่เป็นของแข็ง หรือของเหลวให้ทิ้งลงในภาชนะที่จัดไว้ให้เท่านั้น ห้ามทิ้งลงถังขยะหรืออ่างน้ำเด็ดขาด ถ้าเป็นสารละลายที่เหลือจากการทดลองเมื่อเทลงอ่างน้ำควรรีบเปิดน้ำตามลงไปปริมาณมาก ๆ เพื่อเจือจางให้ความเข้มข้นของสารละลายน้อยลง (ทัศนีย์และคณะ, 2540)

1.4 การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี (Chemical handling)

ข้อพึงปฏิบัติทั่วไป ในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

1.4.1 ห้ามใช้เปลวไฟในการให้ความร้อนแก่ของเหลวไวไฟ หรือในขบวนการกลั่น (distillation)

1.4.2 ให้ความระมัดระวังในการจุดไฟในห้องปฏิบัติการ ดับไฟทันทีเมื่อเลิกใช้งาน ไม่ควรปล่อยให้ไฟติดทิ้งไว้โดยไม่มีคนดูแล

1.4.3 ก่อนที่จะทำการจุดไฟ ควรย้ายวัสดุไวไฟออกจากบริเวณดังกล่าว นอกจากนี้ควรแน่ใจว่าได้ปิดภาชนะที่บรรจุของเหลวไวไฟอย่างดีแล้ว

1.4.4 ควรเก็บสารเคมีไวไฟในตู้สำหรับเก็บสารเคมีไวไฟโดยเฉพาะ

1.4.5 ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่ก่อให้เกิดประกายไฟ ในกรณีที่มีสารระเหยไวไฟ (Volatile flammable material)

1.4.6 ควรใช้ตู้ดูดควันในการถ่ายเท ผสม หรือให้ความร้อนสารเคมี

1.4.7 กรณีสามารถเลือกใช้สารเคมีได้ ควรเลือกใช้สารเคมี ที่มีความเป็นพิษน้อยที่สุดในปริมาณน้อยที่สุดเท่าที่พึงกระทำได้

1.4.8 อ่านคู่มือ และเพิ่มความระมัดระวังเป็นพิเศษ เมื่อต้องปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับสารก่อมะเร็ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

1.5 การเกิดอุบัติเหตุขณะปฏิบัติการ

อุบัติเหตุอาจเกิดขึ้นได้ในห้องทดลองหากผู้ทดลองทำด้วยความประมาทเลินเล่อ หรือขาดความระมัดระวัง ขาดความเอาใจใส่ในเรื่องที่ทำการทดลอง ทางหนึ่งที่จะช่วยลดการเกิดอุบัติเหตุคือผู้ทำการทดลองจะต้องอ่านข้อควรปฏิบัติในห้องทดลองเสียก่อน และปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด การเกิดอุบัติเหตุในห้องทดลองนั้นมีได้หลายกรณี พร้อมทั้งวิธีการแก้ไขดังนี้

1.5.1 ไฟไหม้ เนื่องจากการปฏิบัติการทางเคมีในห้องปฏิบัติการนั้นบางครั้งจะต้องใช้ตะเกียงก๊าซด้วย การใช้ตะเกียงก๊าซนั้นหากเปลวไฟอยู่ใกล้กับสารที่ติดไฟง่ายหรือสารที่มีจุดวาบไฟต่ำ โอกาสที่จะเกิดไฟก็ยิ่งมากขึ้นด้วย จึงต้องทำการทดลองด้วยความระมัดระวังและไม่ให้สารที่ติดไฟง่ายอยู่ใกล้ไฟ

วิธีแก้ไขเมื่อเกิดอุบัติเหตุไฟไหม้

สิ่งแรกที่ควรทำคือต้องรีบดับตะเกียงในห้องปฏิบัติการให้หมด แล้วนำสารที่ติดไฟง่ายออกจากห้องปฏิบัติการให้ห่างที่สุด เพื่อไม่ให้สารเหล่านี้เป็นเชื้อเพลิงได้ ในกรณีที่เกิดไฟไหม้เล็กน้อย เช่น เกิดในบีกเกอร์หรือภาชนะแก้วอื่น ๆ ที่ใช้ในการทดลอง จะดับไฟที่เกิดนี้ได้โดยใช้ผ้าขนหนูที่เปียกคลุม แต่ถ้าหากไฟลุกลามออกไปบนโต๊ะปฏิบัติการหรือเกิดในบริเวณกว้าง จะต้องใช้เครื่องดับเพลิงเข้าช่วยทันที

1.5.2 แก้วบาด เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์จำพวกเครื่องแก้วซึ่งแตกได้ง่าย ถ้าอุปกรณ์เหล่านี้แตกผู้ทดลองอาจถูกแก้วบาดได้ การเสียบหลอดแก้วหรือเทอร์โมมิเตอร์ลงในจุกยาง ถ้าหลอดแก้วหักอาจจะทิ่มแทงมือได้เช่นเดียวกัน จึงเห็นได้ว่าอันตรายที่เกิดจากแก้วบาดนั้นมีได้มาก ผู้ทดลองจะต้องระมัดระวังไม่ให้อุปกรณ์พวกแก้วแตกหรือหัก หากพบควรรีบเก็บกวาดโดยเร็วเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ (ประเสริฐ, 2539)

วิธีแก้ไขเมื่อเกิดอุบัติเหตุแก้วบาด

ต้องทำการห้ามเลือดโดยเร็ว โดยใช้นิ้วมือหรือผ้าที่สะอาดกดลงบนแผล ถ้าเลือดยังออกมากให้ยกส่วนที่เลือดออกสูงกว่าส่วนอื่น ๆ ของร่างกาย แล้วห้ามเลือดโดยใช้ผ้าหรือเชือกรัด ระหว่างแผลกับหัวใจแต่ต้องคลายออกเป็นครั้งคราว จนเลือดหยุดไหล แล้วทำความสะอาดแผลด้วยแอลกอฮอล์ ใส่ยาปิดแผล ถ้าหากแผลใหญ่และลึกควรรีบไปหาแพทย์ทันที

1.5.3 สารเคมีถูกผิวหนัง สารเคมีทุกชนิดมีอันตรายมากน้อยแตกต่างกัน บางชนิดมีฤทธิ์กัดกร่อนต่อสิ่งของและเนื้อเยื่อเป็นอันตรายต่อผิวหนัง บางชนิดให้ไอระเหยเป็นอันตรายต่อระบบหายใจ บางชนิดไวไฟเป็นพิษหรือระเบิดได้ บางชนิดสามารถซึมผ่านเข้าไปในผิวหนัง ทำให้เกิดอันตรายได้มากมาย ด้วยเหตุนี้ผู้ทดลองจึงไม่ควรให้สารเคมีถูกผิวหนังหรือเสื้อผ้า ถ้าทราบว่าถูกสารเคมี ไม่ว่าจะเป็นชนิดใดก็ตามจะต้องรีบล้างบริเวณนั้นด้วยน้ำมาก ๆ ทันที เพื่อไม่ให้สารเคมีมีโอกาสทำลายเซลล์ผิวหนังหรือซึมเข้าไปในผิวหนังได้

1.5.4 สารเคมีเข้าตา ขณะทำการทดลองหากก้มหรือมองใกล้เกินไป อาจทำให้ไอของสารเข้าตาหรือสารกระเด็นถูกตาได้

วิธีแก้ไขเมื่อเกิดอุบัติเหตุจากสารเคมีเข้าตา

จะต้องล้างตาด้วยน้ำจำนวนมาก ๆ ทันที พยายามลืมตาและกรอกตาในน้ำนาน ๆ ถ้าสารเคมีที่เป็นด่างเข้าตา เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ แอมโมเนีย ฯลฯ จะเป็นอันตรายต่อตามากกว่ากรด จะต้องรีบล้างตาด้วยสารละลายกรดบอริกที่เจือจาง ในกรณีที่กรดเข้าตา ให้ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่เจือจาง

1.5.5 การสูดไอหรือก๊าซพิษ เมื่อสูดไอของสารเคมีหรือก๊าซพิษ ซึ่งอาจเกิดขึ้น จากการทดลองหรือสารที่ใช้ในการทดลองก็ตาม ปกติจะมีอาการต่าง ๆ เกิดขึ้น เช่น วิงเวียน คลื่นไส้ หายใจขัด ปวดศีรษะ ฯลฯ ซึ่งแล้วแต่พิษของสารเคมีนั้น ๆ หากไอนั้นกัดเนื้อเยื่อก็จะทำให้ระคายต่อระบบหายใจด้วย

วิธีแก้ไขเมื่อสูดไอหรือก๊าซพิษ

เมื่อทราบว่าสูดดมไอของสารเคมี จะต้องรีบออกไปจากที่นั้นและไปอยู่ในที่ที่มีอากาศบริสุทธิ์ หากพบว่ามีผู้หายใจเอาก๊าซพิษเข้าไปมากจนหมดสติหรือช่วยตัวเองไม่ได้ จะต้องรีบนำออกมาจากที่นั้นทันทีซึ่งผู้เข้าไปช่วยต้องใส่หน้ากากป้องกันก๊าซพิษหรือใช้เครื่องช่วยหายใจ

1.5.6 การกลืนกินสารเคมี เนื่องจากอุปกรณ์บางอย่างผู้ทดลองใช้ปากดูด สารเคมีอาจพุ่งเข้าปากได้ หากสารเคมีนั้นเป็นสารพิษก็ย่อมจะเกิดอันตรายต่อผู้ทดลอง

วิธีแก้ไขเมื่อกลืนกินสารเคมี

จะต้องรีบล้างปากให้สะอาดเป็นอันดับแรก และต้องสืบให้รู้ว่ากลืนสารอะไรลงไป ต่อจากนั้นก็ให้ดื่มน้ำหรือนมมาก ๆ เพื่อทำให้พิษเจือจาง แล้วทำให้อาเจียนโดยใช้นิ้วกดโคนลิ้นหรือกรอกไข่ขาวปล่อยให้อาเจียนจนกว่าจะมีน้ำใส ๆ ออกมา (ศุภวรรณ, 2555)

1.6 อุปกรณ์จำเป็นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ

1.6.1 ระบบระบายอากาศ (Ventilation)

ห้องปฏิบัติการที่มีการใช้สารเคมีควรมีการระบายอากาศที่ดี การระบายอากาศในห้องปฏิบัติการ โดยทั่วไปไม่ควรน้อยกว่า 6 เท่าของขนาดห้อง/ชั่วโมง

1.6.2 ตู้ดูดควัน (Fume hood)

การปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีอันตราย ต้องทำในตู้ดูดควันเท่านั้น ตู้ดูดควันต้องสามารถดูดอากาศได้ไม่น้อยกว่า 80-120 ฟุต/นาที เมื่อฝาตู้ (Sash) เปิดที่ระดับ 18 นิ้ว การใช้ตู้ดูดควันควรมีข้อพึงปฏิบัติดังนี้

1.6.2.1 ระหว่างปฏิบัติงาน ฝาตู้ดูดควัน (Sash) ต้องเปิดไม่เกิน 18 นิ้ว

1.6.2.2 อุปกรณ์ สารเคมีที่ใช้ปฏิบัติงานในตู้ดูดควัน ควรอยู่ห่างจากขอบฝาตู้ เข้าไปด้านในอย่างน้อย 6 นิ้ว

1.6.2.3 ควรเปิดพัดลมของตู้ดูดควันให้ทำงานตลอดเวลาที่มีสารเคมีอยู่ภายในตู้ดูดควัน

1.6.2.4 ไม่ควรใช้ตู้ดูดควันเป็นที่เก็บสารเคมี (วริษฎา, 2552)

ภาพ 1.1 ตู้ดูดควัน

1.6.3 ตู้เก็บสารละลายไวไฟ (Flammable liquid storage)

สารเคมีที่ใช้เป็นตัวทำละลาย เช่น Acetone, ether, alcohol รวมทั้งกรด Glacial acetic acid ส่วนใหญ่มักเป็นสารไวไฟ ควรจัดเก็บในที่ห่างจากประกายไฟ รวมทั้งควรแยกเก็บจากสารเคมีอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเคมีในกลุ่มที่เป็น oxidizer อุปกรณ์ที่ใช้เก็บสารเคมีในกลุ่มนี้ได้แก่ ตู้เก็บสารละลายไวไฟ ในส่วนสารเคมีที่ง่ายต่อการเกิดระเบิดควรเก็บในตู้ แต่แยกให้อยู่บริเวณนอกอาคาร

ภาพ 1.2 ตู้เก็บสารละลายไวไฟ

6.1.4 อ่างล้างตาและที่ล้างตัวฉุกเฉิน (Emergency eyewash fountain and safety shower)

อ่างล้างตาและที่ล้างตัวฉุกเฉินเป็นอุปกรณ์จำเป็นสำหรับทุกห้องปฏิบัติการ ใช้ในกรณีเกิดอุบัติเหตุสารเคมีอันตรายหกราดตัว หรือกระเด็นเข้าตา ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายถึงขั้นเสียชีวิตหรือทุพลภาพต่อผู้ปฏิบัติงานได้ สถานที่ติดตั้งอ่างล้างตาและที่ล้างตัว ควรอยู่ในระยะห่างไม่เกิน 10 วินาที จากจุดปฏิบัติงาน ไม่ควรวางสิ่งของกีดขวางเส้นทาง เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเข้าถึงได้โดยสะดวก ควรใช้ระยะเวลาการล้างตา หรือล้างตัวไม่ต่ำกว่า 15 นาที เพื่อให้แน่ใจว่าสารเคมีได้ถูกชะล้างจนหมด

ภาพ 1.3 อ่างล้างตาและที่ล้างตัวฉุกเฉิน

6.1.5 อ่างล้างอุปกรณ์ (Laboratory sink)

เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ ต้องล้างมือด้วยสบู่และน้ำสะอาดทุกครั้งภายหลังจากการถอดถุงมือ และเมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงาน รวมทั้งเมื่อผิวหนังสัมผัสกับสารเคมี อ่างล้างมือยังใช้ในการล้างอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการที่เปื้อนสารเคมีอีกด้วย

ภาพ 1.4 อ่างล้างอุปกรณ์

1.7 อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลในห้องปฏิบัติการ (Personal protective equipment) หรือ PPE

อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลในห้องปฏิบัติการ ประกอบไปด้วยอุปกรณ์เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดกับลูกตา (Eye protection) เครื่องป้องกันหน้า เสื้อ รองเท้า ถุงมือ และหน้ากากกันสารพิษ เป็นต้น การใช้อุปกรณ์เหล่านี้ควรใช้ควบคู่ไปกับการจัดการและมาตรการด้านความปลอดภัยอื่น ๆ ในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ใดที่สามารถป้องกันอันตรายได้ 100 เปอร์เซ็นต์

1.7.1 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่อาจเกิดกับลูกตา (Eye protection) อุปกรณ์เหล่านี้ประกอบไปด้วยแว่นตาประเภทต่าง ๆ (Glasses, goggles, shield) ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการใช้เพื่อป้องกันอันตรายในระดับที่แตกต่างกันออกไป อย่างไรก็ตามควรมีการทำความสะอาด และตรวจสอบอุปกรณ์เหล่านี้อย่างสม่ำเสมอ บางห้องปฏิบัติการกำหนดให้ผู้ปฏิบัติงานต้องใส่แว่นตาตลอดเวลา ยกเว้นหากมีการเทสารเคมีต้องเปลี่ยนมาใช้ goggles

ภาพ 1.5 แว่นตาที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

1.7.2 เสื้อกราวน์ (Laboratory coat) เสื้อกราวน์ ใช้สวมทับชุดปกติระหว่างปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันการปนเปื้อน จากฝุ่น ผง ตลอดจนการหก กระเซ็นของสารเคมี เสื้อกราวน์ควรใช้เนื้อผ้าที่เป็นผ้าฝ้าย หรือทำจากใยสังเคราะห์ประเภท Tyvek หรือ Nomex ไม่ควรใช้วัสดุประเภท Rayon หรือ Polyester เนื่องจากเป็นวัสดุที่ติดไฟง่าย ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้สวมใส่ ควรมีการทำความสะอาดเสื้อกราวน์อย่างสม่ำเสมอ และควรถอดเสื้อกราวน์ออกทุกครั้งเมื่อออกจากห้องปฏิบัติการเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของสารเคมี

ภาพ 1.6 เสื้อกราวน์

1.7.3 รองเท้า ควรสวมรองเท้าตลอดเวลาที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ รองเท้าที่ใช้สวมใส่ในห้องปฏิบัติการ ควรเป็นรองเท้าที่ปกปิดนิ้วเท้า อย่างน้อยด้านบนของรองเท้าควรทำจากหนังสัตว์หรือวัสดุประเภท Polymeric เพื่อป้องกันเท้ากรณีเกิดการหก กระเซ็นของสารเคมี ทั้งนี้ไม่ควรใส่รองเท้าแตะ รองเท้าผ้า หรือรองเท้าส้นสูง

ภาพ 1.7 รองเท้าที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

1.7.4 ถุงมือ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการแบ่งได้เป็นหลายประเภท การจะเลือกใช้ถุงมือประเภทใดขึ้นอยู่กับชนิด และประเภทของสารเคมีที่จะต้องปฏิบัติงานด้วย หลีกเลี่ยงการใช้ถุงมือกันความร้อนหรือความเย็นที่ทำจากวัสดุ Asbestos เนื่องจากเป็นวัสดุที่อาจก่อให้เกิดมะเร็ง (carcinogen) ถุงมือที่ใช้กันสารเคมี ควรทำจากยางธรรมชาติ หรือ วัสดุประเภท Neoprene, Polyvinyl chloride, Nitrile, Butyl ถุงมือที่ใช้กับงานทางชีววิทยามักทำจาก Vinyl หรือ Latex อย่างไรก็ตามหลักในทางปฏิบัติที่สำคัญ ก่อนใช้ถุงมือทุกครั้งควรตรวจสภาพของถุงมือก่อนใช้ นอกจากนี้เมื่อเลิกใช้ ก่อนที่จะถอดถุงมือออกควรล้างมือ ถอดถุงมือทุกครั้งเมื่อออกจากห้องปฏิบัติการ และไม่ควรไปจับอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ลูกบิดประตู โทรศัพท์ ปากกา ขณะที่ยังสวมใส่ถุงมือ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสารเคมีไปยังอุปกรณ์เหล่านั้น

ภาพ 1.8 ถุงมือในห้องปฏิบัติการ

1.7.5 อุปกรณ์ช่วยหายใจและหน้ากากป้องกันไอระเหย (Respirator and face mask) อุปกรณ์ช่วยหายใจ และหน้ากากป้องกันไอระเหย เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เมื่อต้องปฏิบัติงานกับสารเคมีที่มีไอเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ เช่น สารละลายแอมโมเนีย สารละลายฟอร์มาลิน เป็นต้น (วราภรณ์ , 2545)

ภาพ 1.9 หน้ากากป้องกันไอระเหย

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2548. คู่มือประชาชน. การระวังภัยจากสารเคมีอันตราย. http://pcdv1.pcd.go.th. สืบค้นเมื่อวันที่ 6 ธันวาคม 2555.

ขวัญจิตต์ เหมะวิบูลย์,จตุรงค์ สภาพพร้อมและจินตนา กล่ำเทศ . 2555. คู่มือปฏิบัติการเคมีทั่วไปและเคมีอินทรีย์. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ทัศนีย์ เชื้อทอง, อัญชัน ชุณหะหิรัณย์, วิชชุดา สังข์แก้ว, เสาวนีย์ เสาวภาพโสภา, สิรินาถ เมฆมณี. 2540. ปฏิบัติการเคมีทั่วไปและปฏิบัติการเคมีทั่วไป 1. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย เทคนิคปฏิบัติการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์. ข้อปฏิบัติการทั่วไปในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ.

ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. 2538. เทคนิคทางเคมี. สำนักพิมพ์ประกายพรึก หน้า 1-4.

ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. 2539. เทคนิคทางเคมี. สำนักพิมพ์ประกายพรึก หน้า 1-4.

พีระพงษ์ เนียมเสวก. 2554. การจัดความปลอดภัยสำหรับห้องปฏิบัติการ. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

ศุภวรรณ ตันตยานนท์. 2555. เคมีกับความปลอดภัย ตอนที่ 1 อุบัติเหตุและการป้องกันอันตรายในห้องปฏิบัติการ : แนวปฏิบัติทั่วไป. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยลัย. http://www.chemsafety.research.chula.ac.th/html/content.html. สืบค้นเมื่อวันที่ 6 ธันวาคม 2555.

วราภรณ์ กัลยาเลิศ. 2545. คู่มือการจัดตั้งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์กองควบคุมตรวจสอบผลิตภัณฑ์และการแปรรูปสัตว์น้ำ. 71 หน้า.

วริษฎา ศิลาอ่อน. 2552. อุปกรณ์จำเป็นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ. http://www.google.co.th/url. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2555.

สุชาดา ไชยสวัสดิ์. 2555. เอกสารประกอบการอบรมวิธีการทำงานอย่างถูกต้องและความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ. ศูนย์การจัดการด้านพลังงานสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยและอาชีวอนามัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สมหมาย ชูช่วย. 2554. ข้อควรระวังในการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ. คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ.

บทที่ 2
อุปกรณ์เครื่องแก้วพื้นฐานในห้องปฏิบัติการ

อุปกรณ์เครื่องแก้วพื้นฐานในห้องปฏิบัติการทั่วไปได้แก่ บีกเกอร์ ฟลาสก์ กระบอกตวง ขวดวัดปริมาตร บิวเรต ไปเปต หลอดทดลอง ฯลฯ เครื่องแก้วเหล่านี้พบว่า ไปเปต บิวเรต และขวดวัดปริมาตร นับว่ามีความสำคัญต่อความถูกต้องของผลการทดลอง เนื่องจากเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้เตรียมสารละลายและการวิเคราะห์ตัวอย่าง การใช้อุปกรณ์เครื่องแก้วในห้องปฏิบัติการให้ถูกต้อง มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการผลการทดลอง เพื่อให้ผลการทดลองถูกต้องและแม่นยำ (ทัศนีย์, 2540)

คำแนะนำเกี่ยวกับอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเคมีทั่วไป

ก่อนที่จะเริ่มทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรู้ชื่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ตลอดจนวิธีการใช้อุปกรณ์นั้น ๆ เสียก่อน ฉะนั้นผู้ทำการทดลอง ควรจะอ่านและทำความเข้าใจให้ดีในเรื่องของอุปกรณ์ทุกชนิด อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองวิชาเคมีนั้นมีหลายชนิด และใช้ในกรณีต่าง ๆ กัน ถ้าจะแบ่งออกเป็นพวกใหญ่ โดยอาศัยวัตถุที่ใช้ทำอุปกรณ์เป็นหลัก อาจแบ่งเป็นพวก ๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์ที่ทำด้วยแก้ว
2. อุปกรณ์ที่ทำด้วยกระเบื้อง
3. อุปกรณ์อื่น ๆ

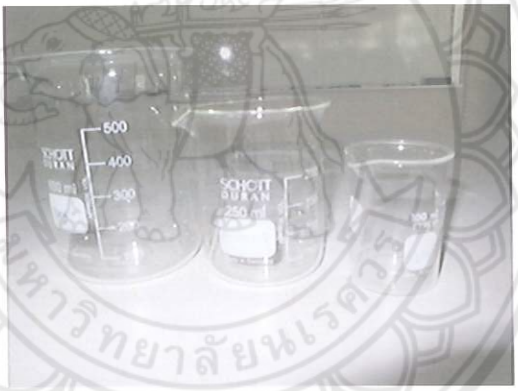
2.1 อุปกรณ์ที่ทำด้วยแก้ว

การใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทดลองวิชาเคมีนั้น ควรจะทราบคุณสมบัติของวัตถุที่นำมาใช้ในการทำอุปกรณ์นั้น ๆ ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการวิเคราะห์หาปริมาณขององค์ประกอบของสารต่าง ๆ ซึ่งจำเป็นต้องป้องกันสารต่าง ๆ ที่จะเข้ามาเจือปนทั้งทางตรงและทางอ้อม ด้วยเหตุนี้จึงควรศึกษา สมบัติของวัตถุที่นำมาใช้ทำอุปกรณ์เสียก่อน อุปกรณ์ส่วนมากที่ใช้ในการทดลองทำด้วยแก้วที่ทนต่อการกัดกร่อนของสารละลายชนิดต่าง ๆ แก้วดังกล่าวนี้มีหลายชนิดในท้องตลาดแต่ทั่ว ๆ ไปส่วนมากเป็นแก้วไพเร็กซ์ (Pyrex glass) ซึ่งเป็นแก้วพวก borosilicate glass และแก้วเจน่า (jena glass) ซึ่งเป็นแก้วที่ใช้กันมาก แก้วเจน่าเป็น zinc borosilicate glass แก้วทั้ง 2 ชนิด มีคุณสมบัติหลายประการที่เหมาะสมใช้ทำอุปกรณ์สำหรับทดลองในวิชาเคมี และมีคุณสมบัติดีกว่าแก้วธรรมดาที่ใช้ทำแก้วหรือขวดต่าง ๆ ซึ่งเป็นแก้วพวก soda-lime glass (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

แก้วไพเร็กซ์สัมประสิทธิ์แห่งการขยายตัวตามเส้น 3.2×10^{-6} ซึ่งต่ำกว่าแก้วธรรมดา ที่มีสัมประสิทธิ์แห่งการขยายตัวตามเส้น 9×10^{-6} ด้วยเหตุนี้อุปกรณ์ที่ทำด้วยแก้วไพเร็กซ์จึงมีความหนาแน่นมากกว่า ซึ่งทำให้ไม่แตกง่าย เนื่องจากการกระทบกระแทก (mechanical shock) และยังทนทาน ไม่ร้าวง่าย เนื่องจากทำให้ร้อนหรือทำให้เย็นโดยเร็ว แก้วไพเร็กซ์ มีจุดอ่อนตัวสูงกว่าแก้วธรรมดา ในการเผาอุปกรณ์ทุกชนิดที่ทำด้วยแก้วไม่ควรเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือเผาโดยทันทีทันใด โดยธรรมดาไม่ควรเผาอุปกรณ์ทำด้วยแก้วด้วยเปลวไฟโดยตรง บีกเกอร์และฟลาสก์ควรตั้งบนตะแกรงลวด (wire gauze) ที่มีใยหินอยู่ตรงกลาง เมื่อต้มด้วยเปลวไฟ

แก้วไพเร็กซ์และแก้วชนิดอื่น ๆ ที่ทนต่อการกัดกร่อนของสารละลายนั้น ถึงแม้ว่าจะมีความทนทานต่อการกัดกร่อนของสารละลายมากว่าแก้วธรรมดา แต่มิได้หมายความว่าสารละลายจะกัดกร่อนไม่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขณะร้อนปริมาณของสารในเนื้อแก้วที่ละลายในสารละลายนั้น จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของแก้ว สมบัติของสารละลาย ระยะเวลาที่บรรจุ และอื่น ๆ โดยเฉพาะสารละลายด่างจะกัดกร่อนแก้วทุกชนิด แต่สารละลายกรดจะกัดกร่อนแก้วได้น้อยมาก (ยกเว้นกรดไฮโดรฟลูออริก) และน้อยกว่าน้ำเสียอีก อุปกรณ์ที่ทำด้วยแก้วที่ใช้ในการทดลองมีดังต่อไปนี้ (ประเสริฐ, 2538)

2.1.1 บีกเกอร์ (Beaker) มีหลายขนาดและมีความจุต่างกัน โดยที่ข้างบีกเกอร์จะมีตัวเลขระบุความจุของบีกเกอร์ ทำให้ผู้ใช้สามารถทราบปริมาตรของของเหลวที่บรรจุอยู่ได้อย่างคร่าว ๆ และบีกเกอร์มีความจุตั้งแต่ 5 มิลลิลิตร จนถึงหลาย ๆ ลิตร อีกทั้งเป็นแบบสูง แบบเตี้ย และแบบรูปทรงกรวย (Conical beaker) บีกเกอร์จะมีปากงอเหมือนปากนกซึ่งเรียกว่า Spout ทำให้การเทของเหลวออกได้โดยสะดวก spout ทำให้สะดวกในการวางไม้แก้วซึ่งยื่นออกมาจากฝาที่ปิดบีกเกอร์และ Spout ยังเป็นทางออกของไอน้ำหรือแก๊สเมื่อทำการระเหยของเหลวในบีกเกอร์ที่ปิดด้วยกระจกนาฬิกา (Watch grass) การเลือกขนาดของบีกเกอร์เพื่อใส่ของเหลวนั้นขึ้นอยู่กับปริมาตรของเหลวที่จะใส่ โดยปกติให้ระดับของเหลวอยู่ต่ำกว่าปากบีกเกอร์ประมาณ 1 - $1^{1/2}$ นิ้ว (เสรี, 2520)



ภาพ 2.1 บีกเกอร์ชนิดต่าง ๆ

2.1.2 ฟลาสก์ (Flask) ขวดปริมาตร เป็นเครื่องมือที่ใช้เตรียมสารละลายมาตรฐานหรือสารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยกว่าสารละลายเดิมได้ ขวดปริมาตรมีหลายขนาดและมีความจุต่าง ๆ กัน เช่น ขนาด 50 มิลลิลิตร 100 มิลลิลิตร 250 มิลลิลิตร 500 มิลลิลิตร 1000 มิลลิลิตร และ 2000 มิลลิลิตร เป็นต้น แบ่งตามรูปร่างและลักษณะการใช้ได้ดังต่อไปนี้ (ประพีร์, 2528)

2.1.2.1 ขวดปริมาตรฟลอเรนส์ (Florence flask) หรือเรียกว่า Flat bottomed flask มีลักษณะคล้ายลูกบอลลูน มักจะใช้สำหรับต้มน้ำ เตรียมแก๊ส และเป็น Wash bottle

2.1.2.2 ขวดปริมาตรก้นกลม (Round bottom flask) ขวดปริมาตรชนิดนี้มีลักษณะเหมือนกับ Florence flask แต่ตรงก้นขวดจะมีลักษณะกลมทำให้ไม่สามารถตั้งได้

2.1.2.3 ขวดปริมาตรทรงกรวย (Erlenmeyer flask หรือ Conical flask) ขวดปริมาตรชนิดนี้มีลักษณะเป็นทรงกรวย และมีความจุขนาดต่าง ๆ กัน แต่ที่นิยมใช้กันมากมีความจุเป็น 250-500 มิลลิลิตร สามารถใช้ได้ในหลายกรณี เช่น ในการไตเตรท

2.1.2.4 ขวดปริมาตรกลั่น (Distilling flask) ขวดปริมาตรชนิดนี้นิยมใช้ในการกลั่นของเหลว

ภาพ 2.2 ขวดปริมาตรชนิดต่าง ๆ

2.1.2.5 Volumetric flask ขวดปริมาตรชนิดนี้มีลักษณะเป็นขวดคอยาวที่มีขีดบอกปริมาตรบนคอขวดเพียงขีดเดียว นิยมใช้ในการเตรียมสารละลาย โดยทั่วไปจะนำสารนั้นมาละลายในบีกเกอร์ก่อนที่จะเทลงในขวดปริมาตรโดยใช้กรวยกรอง แล้วเทน้ำล้างบีกเกอร์หลาย ๆ ครั้งด้วยตัวทำละลายแล้วเทลงในกรวยกรอง เพื่อล้างสารที่ติดอยู่ให้ลงในขวดให้จนหมด อย่าให้สารละลายใน Volumetric flask มีเกิน 2 ใน 3 ของปริมาตรทั้งหมด เทตัวทำละลายลงในขวดโดยผ่านกรวยอีกเพื่อเป็นการล้างกรวย จนขวดมีปริมาตรถึงขีดบอกปริมาตร

2.1.3 หลอดทดลอง มีหลายชนิดและหลายขนาด ชนิดที่มีปาก และไม่มีปาก ชนิดธรรมดาและชนิดทนไฟ ขนาดของหลอดทดลอง ระบุได้ 2 แบบคือ ความยาวกับเส้นผ่าศูนย์กลางริมนอกหรือขนาดความจุเป็นปริมาตร ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตาราง 2.1 ความยาวกับเส้นผ่าศูนย์กลางริมนอกหรือขนาดความจุเป็นปริมาตร

ความยาว * เส้นผ่าศูนย์กลางริมนอก (มิลลิเมตร)	ความจุ (มิลลิเมตร)
75 * 11	4
100 * 12	8
120 * 15	14
120 * 18	18
150 * 16	20
150 * 18	27

ที่มา : http://www.school.net.th/library/snet5/exper.html.

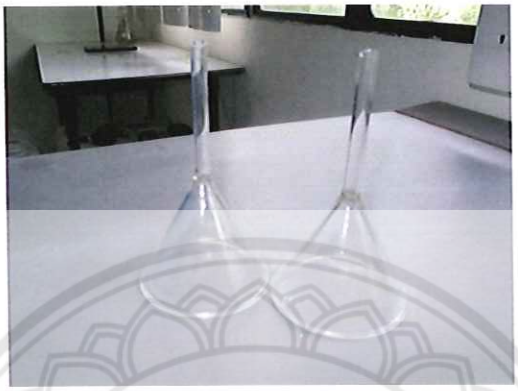
หลอดทดลอง ส่วนมากใช้สำหรับทดลองปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารต่าง ๆ ที่เป็นสารละลาย ใช้ต้มของเหลวที่มีปริมาตรน้อย ๆ โดยมี Test tube holder จับกันร้อนมือ หลอดทดลองแบบทนไฟจะมีขนาดใหญ่ และหนากว่าหลอดธรรมดา ใช้สำหรับเผาสารต่าง ๆ ด้วยเปลวไฟโดยตรงในอุณหภูมิที่สูงหลอดชนิดนี้ไม่ควรนำไปใช้สำหรับทดลองปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารเหมือนหลอดธรรมดา

ภาพ 2.3 หลอดทดลองขนาดต่าง ๆ

2.1.4 กระบอกตวง (Graduated cylinder) มีขนาดต่างๆ กัน ตั้งแต่ 5 มิลลิลิตร จนถึงหลาย ๆ ลิตร ใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดปริมาตรของของเหลวที่มีอุณภูมิไม่สูงกว่าอุณภูมิของห้องปฏิบัติการ กระบอกตวงไม่สามารถใช้วัดของเหลวที่มีอุณภูมิสูงได้เนื่องจากอาจจะทำให้กระบอกตวงแตกได้ (พรพรรณ, 2554) กระบอกตวงจะบอกปริมาตรของของเหลวอย่างคร่าว ๆ ถ้าต้องการวัดปริมาตร ที่แน่นอนต้องใช้อุปกรณ์วัดปริมาตรอื่น ๆ เช่น ไปเปตหรือบิวเรต โดยปกติความผิดพลาดของ กระบอกตวงเมื่อมีปริมาตรสูงสุดจะมีประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ กระบอกตวงขนาดเล็กใช้วัดปริมาตรได้ใกล้เคียงความจริงมากกว่ากระบอกตวงขนาดใหญ่ วิธีอ่านปริมาตรของของเหลวในกระบอกตวงนั้นสามารถทำได้โดยการยกกระบอกตวงให้ตั้งตรงและให้ท้องน้ำอยู่ในระดับสายตา และอ่านค่าปริมาตร ณ จุดต่ำสุดของท้องน้ำ (วันเพ็ญ, 2541)

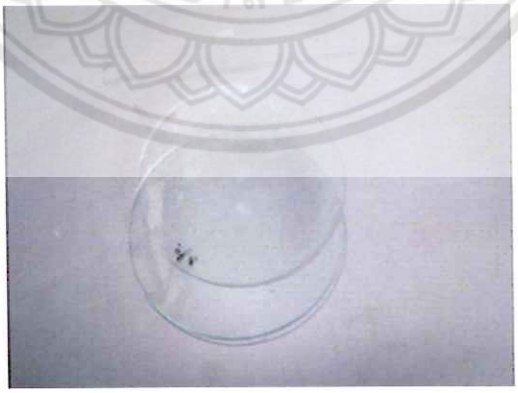
ภาพ 2.4 กระบอกตวง

2.1.5 กรวยกรอง (Funnel) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้คู่กับกระดาษกรอง (Filter paper) ในการแยกของแข็งออกจากของเหลวและมักจะใช้สำหรับสวมบิวเรตเมื่อจะเทสารละลายลงในบิวเรต กรวยกรองมีมุมเกือบ ๆ 60 องศา และมีทั้งแบบก้านสั้นและก้านยาว กรวยก้านยาวจะกรองได้เร็วกว่ากรวยก้านสั้น ขนาดของกรวยกรองจะใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับเส้นผ่าศูนย์ศูนย์กลาง (วัดขอบนอก)



ภาพ 2.5 กรวยกรอง

2.1.6 กระจกนาฬิกา (Watch grass) มีรูปทรงคล้ายกระจกนาฬิกาเรือนกลม มีหลายขนาดขึ้นอยู่กับความยาวของเส้นผ่าศูนย์กลาง กระจกนาฬิกาใช้สำหรับปิดบีกเกอร์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อป้องกันสารอื่น ๆ หรือฝุ่นละอองตกลงในสารละลายที่บรรจุอยู่ในบีกเกอร์และใช้ป้องกันสารละลายกระเด็นออกจากบีกเกอร์เมื่อทำการต้มหรือระเหยสารละลาย



ภาพ 2.6 กระจกนาฬิกา

2.1.7 ขวดชั่ง (Weighing bottle) มีลักษณะเป็นขวดเล็ก ๆ ก้นแบนและข้างตรงที่ปากและขอบของจุกเป็นแก้วฝ้า ขวดชั่งมีหลายแบบทั้งแบบทรงสูง แบบทรงเตี้ย และแบบทรงกรวย และยังมีหลายขนาดขึ้นอยู่กับปริมาตรหรือความสูงกับเส้นผ่าศูนย์กลางของปาก ขวดชั่งใช้สำหรับใส่สารที่จะนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งแบบวิเคราะห์

ภาพ 2.7 ขวดชั่ง

2.1.8 ช้อนตักสาร (spatula) ช้อนตักสารเคมี ทำจาก Polypropylene ปลายด้านหนึ่งเป็นช้อนสำหรับใช้ตักสารเคมี ส่วนอีกด้านเป็นแบบปลายมีดซึ่งสามารถใช้ช่วยบดสารที่มีลักษณะเป็นผลึกหรือใช้สำหรับเกลี่ยสารเคมีใช้ตักสารเคมีที่อยู่ในรูปของแข็ง เพื่อนำไปชั่งน้ำหนักให้ได้ปริมาณสารเคมีตามต้องการ ทำด้วยพลาสติก หรือสแตนเลส เมื่อใช้ช้อนตักสารแล้วต้องทำความสะอาด และผึ่งให้แห้งก่อนที่จะใช้ช้อนตักสารชนิดอื่น ๆ มิเช่นนั้นแล้วจะทำให้สารเคมีในขวดเกิดการปนเปื้อนได้

ภาพ 2.8 ช้อนตักสาร

2.1.9 หลอดหยด (Dropper) มีลักษณะเป็นหลอดแก้วที่ปลายข้างหนึ่งยาวเรียวเล็กและปลายอีกข้างหนึ่งมีกระเปาะยางสวมอยู่ หลอดหยดใช้สำหรับดูดรีเอเจนต์จากขวดไปหยดลงในหลอดทดสอบที่มีสารอื่นบรรจุอยู่ เพื่อใช้ในการดูปฏิกิริยาเคมีของรีเอเจนต์นั้น ๆ ข้อควรระวังในการใช้หลอดหยดก็คือ อย่าให้ปลายของหลอดหยดกระทบหรือแตะกับปากหลอดทดสอบ

ภาพ 2.9 หลอดหยด

2.1.10 บิวเรต (Burette) เป็นอุปกรณ์วัดปริมาตรที่มีขีดบอกปริมาตรต่าง ๆ และมีก๊อกสำหรับเปิด-ปิด เพื่อบังคับการไหลของของเหลว บิวเรตเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ มีขนาดตั้งแต่ 10 มิลลิลิตร จนถึง 100 มิลลิลิตร บิวเรตสามารถวัดปริมาตรได้อย่างใกล้เคียงความจริงมากที่สุด แต่ก็ยังมีความผิดพลาดอยู่เล็กน้อย ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของบิวเรตซึ่งเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของบิวเรตขนาดต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 2.2 (จริยา, 2556)

ภาพ 2.10 บิวเรต

ตาราง 2.2 ความผิดพลาดของบิวเรตขนาดต่าง ๆ

ขนาดบิวเรต (มิลลิลิตร)	ความผิดพลาด (เปอร์เซ็นต์)
10	0.40
25	0.24
50	0.20
100	0.20

ที่มา : http://www.school.net.th/library/snet5/exper.html.

2.1.11 ไปเปต (Pipette) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาตรได้อย่างใกล้เคียง มีอยู่หลายชนิด แต่โดยทั่วไปที่มีใช้อยู่ในห้องปฏิบัติการมีอยู่ 2 แบบ คือ Volumetric pipette หรือ Transfer pipette และ Measuring pipette (ศิริพล, 2552) โดย Transfer pipette ใช้ในการวัดปริมาตรได้เพียงค่าเดียว คือถ้าหาก Transfer pipette จุ 25 มิลลิลิตร ก็จะวัดปริมาตรของของเหลวได้เฉพาะ 25 มิลลิลิตรเท่านั้น Transfer pipette มีหลายขนาดตั้งแต่ 1 มิลลิลิตร ถึง 100 มิลลิลิตร ถึงแม้ไปเปตชนิดนี้จะใช้วัดปริมาตรได้อย่างใกล้เคียงความจริงก็ตาม แต่ก็ยังมีข้อผิดพลาดซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของไปเปต ดังแสดงในตารางที่ 2.3

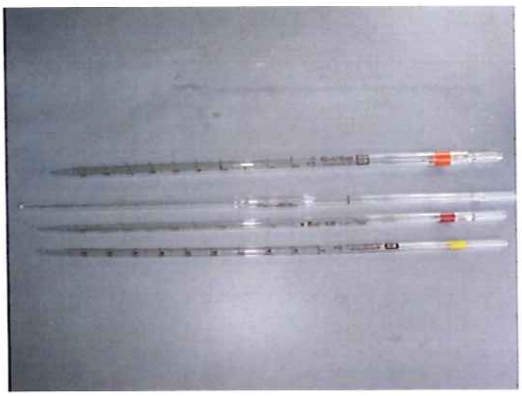
ตาราง 2.3 การเปรียบเทียบความผิดพลาดของไปเปตชนิดต่าง ๆ

Transfer pipette ขนาดไปเปต (มิลลิลิตร)	ความผิดพลาด (เปอร์เซ็นต์)	Measuring pipette ขนาดไปเปต (มิลลิลิตร)	ความผิดพลาด (เปอร์เซ็นต์)
10	0.2	10	0.3
30	0.1	30	0.3
50	0.1	-	-
100	0.2	-	-

ที่มา : http://www.school.net.th/library/snet5/exper.html.

Transfer pipette ใช้สำหรับส่งผ่านของสารละลาย ที่มีปริมาตรตามขนาดของไปเปต เมื่อปล่อยสารละลายออกจากไปเปตแล้ว ห้ามเป่าสารละลายที่ตกค้างอยู่ที่ปลายของไปเปต แต่ควรแตะปลายไปเปตกับข้างภาชนะเหนือระดับสารละลายภายในภาชนะนั้นประมาณ 30 วินาที เพื่อให้สารละลายที่อยู่ข้างในไปเปตไหลออกมาอีก ไปเปตชนิดนี้ใช้ได้ง่ายและเร็วกว่าบิวเรต

Measuring pipette หรือ Graduated pipette (บางทีเรียกว่า Mohr pipette) จะมีขีดบอกปริมาตรต่าง ๆ ไว้ ทำให้สามารถใช้ได้อย่างกว้างขวาง คือสามารถใช้แทน Transfer pipette ได้ แต่ใช้วัดปริมาตรได้แน่นอนน้อยกว่า Transfer pipette และมีความผิดพลาดมากกว่า (ชัยวัฒน์, 2555)



ภาพ 2.11 ไปเปตชนิดต่าง ๆ

2.2 อุปกรณ์ที่ทำด้วยกระเบื้อง

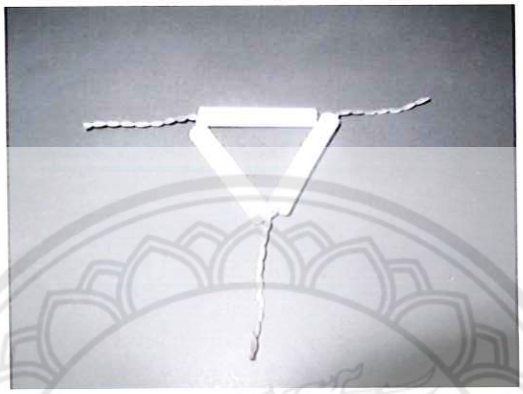
โดยทั่วไปกระเบื้องเคลือบมีความต้านทานต่อปฏิกิริยาของสารละลายมากกว่าแก้ว ความแตกต่างนี้จะเห็นได้ชัดในกรณีของสารละลายด่าง อุปกรณ์ทำด้วยกระเบื้องเคลือบเหมาะในการนำมาใช้ระเหยสารละลายมากกว่าแก้วหรือในกรณีอื่น ๆ ที่ต้องให้ของเหลวที่ร้อนแช่อยู่ในอุปกรณ์เป็นเวลานาน ๆ กระเบื้องเคลือบทนทานต่อการกระทบกระแทกได้ดีกว่าแก้ว และมีสัมประสิทธิ์แห่งการขยายตัวต่ำ 3×10^{-6} การทนทานของกระเบื้องเคลือบต่อรีเอเจนต์และอุณหภูมิที่สูงนั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพของสารที่นำมาเคลือบอุปกรณ์ มีดังต่อไปนี้ (ชัยวัฒน์, 2555)

2.2.1 เบ้าเคลือบและฝา (Porcelain crucible and lid) เบ้าเคลือบมีอยู่ 2 ขนาด คือ แบบทรงเตี้ยและแบบทรงสูง และมีขนาดต่าง ๆ กันขึ้นอยู่กับความจุ เบ้ามักจะเคลือบทั้งข้างนอกและข้างใน ยกเว้นที่ก้นด้านนอก โดยทั่วไปใช้ในการเผาสารต่าง ๆ ที่อุณภูมิสูงและมักจะใช้ในการเผาตะกอน เนื่องจากเบ้าเคลือบสามารถถูกเผาในอุณภูมิสูงได้ (ประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส) ถึงแม้เบ้าเคลือบจะถูกเผาในอุณภูมิที่สูง แต่น้ำหนักของเบ้าเคลือบก็ไม่เปลี่ยนแปลง

ภาพ 2.12 เบ้าเคลือบและฝา

2.3 อุปกรณ์อื่น ๆ

2.3.1 ที่วางเบ้าเคลือบ (Triangle) มีทั้งที่ทำจากหลอดดินเหนียวสวมคลุมลวดเหล็ก ที่เรียกว่า Pipestem clay triangle และที่ทำจากลวด Nichrome หรือ Chromel สวมคลุมด้วย Silliminite หรือ Fused silica โดย Triangle ที่ใช้กันมากและมีราคาถูกก็คือ Triangle ที่ทำจากหลอดดินเหนียว แต่ Triangle ที่ทำจากลวดจะมีความทนทานกว่าและมีราคาที่แพงกว่า ส่วนมาก Triangle ใช้สำหรับตั้งเบ้าเคลือบเมื่อเผาด้วยเปลวไฟจากตะเกียงบุนเซ็น (ประเสริฐ์, 2538)

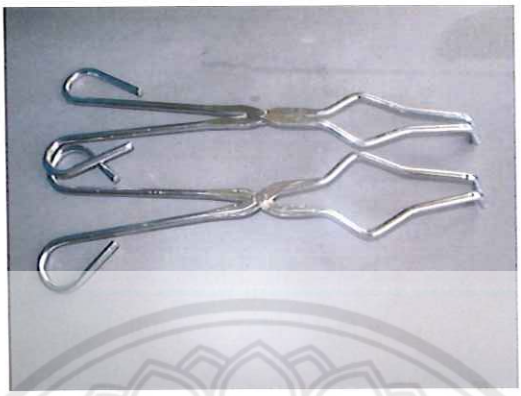


ภาพ 2.13 ที่วางเบ้าเคลือบ

2.3.2 Test tube holder ทำจากวัตถุหลายชนิดเช่น ไม้หรือลวดเหล็ก ใช้สำหรับจับหลอดทดลอง เนื่องจากเมื่อใช้หลอดทดลองที่บรรจุของเหลวต้ม ไอระเหยที่เกิดจากการต้มของเหลวภายในหลอดจะทำให้มือที่จับร้อน ฉะนั้นจึงควรใช้ Test tube holder ในการจับหลอดทดลอง แต่อย่าใช้ Test tube holder จับบีกเกอร์หรือขวดปริมาตรเพราะจะทำให้ลื่นตกแตกได้ และอย่าใช้คีบหรือจับเบ้าเคลือบและฝา เพราะเบ้าเคลือบต้องใช้จับด้วย Crucible tong

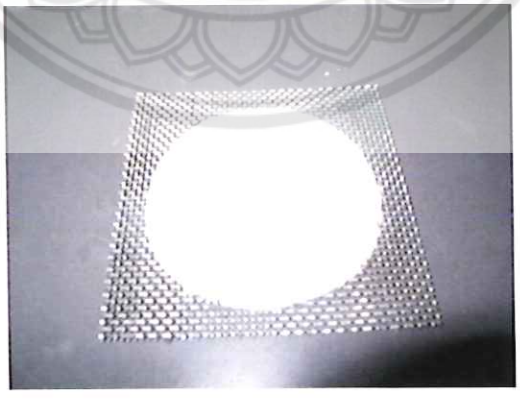
ภาพ 2.14 ที่จับหลอดทดลอง

2.3.3 คีม (Tong) มีอยู่หลายชนิด คีมที่ใช้กับขวดปริมาตรเรียกว่า Flask tong คีมที่ใช้กับบีกเกอร์เรียกว่า Beaker tong และคีมที่ใช้กับเบ้าเคลือบเรียกว่า Crucible tong ซึ่งทำด้วยนิเกิ้ลหรือโลหะเจือเหล็กที่ไม่เป็นสนิม แต่อย่านำ Crucible tong ไปใช้จับบีกเกอร์หรือขวดปริมาตรเพราะจะทำให้ลื่นตกแตกได้



ภาพ 2.15 คีม

2.3.4 ตะแกรงลวด (Wire gauze) มีทั้งที่ทำจากลวดเหล็กและที่ทำด้วยลวด Nichrome หรือ Chromel ซึ่งไม่เกิดสนิมและใช้ได้ระยะเวลานานกว่า ตะแกรงลวดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสและมีใยหิน (Asbestos) คลุมเป็นวงกลมที่ตากึ่งกลางตะแกรง ตะแกรงลวดใช้สำหรับตั้งบีกเกอร์ขวดปริมาตรและอื่น ๆ ที่นำมาต้มสารละลายด้วยเปลวไฟ



ภาพ 2.16 ตะแกรงลวด

2.3.5 Clamp and Clamp holder ทำด้วยเหล็กและมีไม้คอร์กหุ้มด้านในที่แตะกับแก้ว มักจะใช้ร่วมกับ Stand โดยมี Clamp holder เป็นตัวเชื่อม Clamp ใช้สำหรับจับอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ขวดปริมาตร Clamp ที่ใช้จับบิวเรตเรียกว่า Burette Clamp

ภาพ 2.17 Clamp and Clamp holder

2.3.6 แปรง (Brush) ใช้สำหรับทำความสะอาดอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ แปรงล้างเครื่องแก้วมีหลายขนาดและมีหลายชนิด ควรจะเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะของเครื่องแก้วนั้น ๆ เช่น Test tube brush ใช้สำหรับทำความสะอาดหลอดทดลอง Flask brush ใช้สำหรับทำความสะอาดขวดปริมาตร และ Burette brush ที่มีลักษณะเป็นแปรงก้านยาวใช้สำหรับทำความสะอาดบิวเรต การใช้แปรงล้างเครื่องแก้วต้องระมัดระวังให้มาก อย่าถูแรงเกินไป เนื่องจากก้านแปรงเป็นโลหะเมื่อไปกระทบกับแก้วอาจทำให้แตกและเกิดอันตรายได้

ภาพ 2.18 แปรง

สำนักหอสมุด
i.6599813
๒๓ ก.ค. ๒๕๕๗
QD
51
ต๓๑๑๑
2557

2.3.7 ที่ตั้งหลอดทดลอง (Test tube rack) ใช้สำหรับตั้งหลอดทดลอง มีทั้งทำด้วยไม้และโลหะ

ภาพ 2.19 ที่ตั้งหลอดทดลอง

2.3.8 Stand and ring เป็นอุปกรณ์สำหรับติดตั้ง Clamp โดยมี Clamp holder เป็นตัวเชื่อมและติดตั้ง Burette clamp ส่วน Iron ring ซึ่งติดกับ Stand ใช้สำหรับวางหรือตั้งขวดปริมาตรโดยมีตะแกรงลวดรองรับ

ภาพ 2.20 Stand and ring

2.3.9 สามขา (Tripod) ทำด้วยเหล็ก และความสูงของสามขาที่ใช้ขึ้นอยู่กับความสูงของตะเกียงบุนเซ็น สามขาใช้สำหรับตั้งบีกเกอร์หรือขวดปริมาตรเมื่อต้มสารละลายที่บรรจุอยู่โดยมีตะแกรงรองรับ หรือตั้งเบ้าเคลือบเมื่อเผาด้วยเปลวไฟโดยวางบน Triangle

ภาพ 2.21 สามขา

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2547. คู่มือความรู้พื้นฐานสำหรับเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม. ฝ่ายคุณภาพสิ่งแวดล้อมและห้องปฏิบัติการกรมควบคุมมลพิษ. กรุงเทพมหานคร.

จริยา ใจยศ. 2556. ข้อควรปฏิบัติทั่วไปในการใช้ห้องปฏิบัติการเคมี. กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ น่าน.

ชัยวัฒน์ กันหารี, สร้อยพัทธา สร้อยสุวรรณและ แดง แซ่เบ๊. 2555. คู่มือปฏิบัติการเคมีสำหรับวัสดุวิศวกรรมและกระบวนการเปลี่ยนแปลง. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา.

ทัศนีย์ เชื้อทอง, อัญชัน ชุณหะหิรัณย์, วิชชุดา สังข์แก้ว, เสาวนีย์ เสาวภาพโสภา, สิรินาถ เมฆมณี. 2540. ปฏิบัติการเคมีทั่วไปและปฏิบัติการเคมีทั่วไป 1. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย เทคนิคปฏิบัติการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์. ข้อปฏิบัติการทั่วไปในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ.

ประพีร์ ผลอนันต์. 2538. เคมีวิเคราะห์ 1. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. 2538. เทคนิคทางเคมี. สำนักพิมพ์ประกายพรึก. http://www.school.net.th/library/snet5/exper.html. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 มกราคม 2556.

พรพรรณ. ผายพิมพ์. 2554. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องแก้ววัดปริมาตร. ฝ่ายบริการสอบเทียบและวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม ส.ส.ท.

วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2541. บทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง.

ศิริพล กำแพงทอง. 2552. เครื่องแก้วและสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ. สำนักงานสิ่งแวดล้อม ภาคที่ 6 นนทบุรี.

เสรี ไตรรัตน์. 2520. ปฏิบัติการเคมีทั่วไป. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. http://www.school.net.th/library/snet5/exper.html. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 มกราคม 2556.

บทที่ 3
เครื่องมือพื้นฐานในห้องปฏิบัติการ

ในการทำปฏิบัติการจะต้องรู้จักอุปกรณ์พื้นฐานในห้องปฏิบัติการ ตลอดจนรู้วิธีใช้และข้อควรระวังและใช้ให้ถูกวัตถุประสงค์ ก่อนที่จะทำการทดลองจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ ต้องเรียนรู้เทคนิคการใช้ ตลอดจนการเก็บรักษาและการทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้ประจำได้แก่ เครื่องชั่ง เตาเผา ตู้อบ และเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง เป็นต้น การเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานที่ทำงานทดลองและใช้อย่างถูกวิธีจะทำให้ผลการวิเคราะห์ถูกต้องยิ่งขึ้น (วันเพ็ญ, 2541)

3.1 โถดูดความชื้น (Desiccator)

อุปกรณ์สำหรับเก็บวัตถุต่าง ๆ ในบรรยากาศที่แห้ง ทั้งนี้เพื่อป้องกันความชื้นมาเกาะที่วัตถุนั้น desiccator จะบรรจุที่ดูดความชื้นซึ่งเรียกว่า desiccatant ไว้ตอนล่าง สารที่ใช้ดูดความชื้นโดยมากแล้วจะใช้ซิลิกาเจล (silica gel) หรือสารจำพวกสารกรองโมเลกุล (molecular sieve) ซึ่งถ้าสารซิลิกาเจลดูดความชื้นไว้จนเต็ม สังเกตุได้จากสีของซิลิกาเจลจะเปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นสีชมพู ตอนบนมีแผ่นกระเบื้องเคลือบสำหรับวางวัตถุต่าง ๆ desiccator เป็นแก้วขัด ซึ่งจะต้องทาด้วยวาสลิน เพื่อให้เนื้อแก้วและฝาแนบสนิทกันและเปิดได้ง่าย แต่อย่าทาจนมากเกินไป ซึ่งจะทำให้ฝาลื่นตกแตก

ถ้านำวัตถุร้อน ๆ ใส่ลงใน desiccator แบบ vacuum ก่อนจะปิดฝาควรเปิดก๊อกที่จุกของฝาเสียก่อน เพื่อให้อากาศร้อนถ่ายเทออกมา เมื่อจะเปิดฝาจะต้องทำด้วยความระมัดระวังค่อย ๆ เปิด ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้อากาศเข้า desiccator อย่างแรง ซึ่งจะทำให้วัตถุภายในล้มหรือปลิวเสียหายได้ (ทัศนีย์, 2540)

ภาพ 3.1 โถดูดความชื้น

วิธีการใช้โถดูดความชื้น

จะต้องทาวาสลีนที่ฝา ส่วนที่สัมผัสกับตัวของ desiccator เพื่อให้เปิด-ปิดได้ง่าย การเปิดทำได้โดยเลื่อนฝาออกอย่างช้า ๆ หากดึงฝาขึ้นจะเปิดไม่ออก จากนั้นนำสารที่ต้องการดูดความชื้นวางลงบนแผ่นกระเบื้องเคลือบ และเลื่อนฝาปิดกลับคืนที่เดิม หากไม่สามารถเลื่อนเพื่อเปิด desiccator อาจเนื่องมาจากความดันภายใน และภายนอกมีความแตกต่างกันมาก จะต้องเปิดจุกด้านบนเพื่อทำให้ความดันภายในและภายนอกเท่ากันเสียก่อนจึงจะสามารถเปิดได้ ทั้งนี้จะต้องทำด้วยความรวดเร็วเพื่อป้องกันความชื้นจากภายนอกเข้าไปภายใน desiccator หลังจากใช้งานไประยะหนึ่งจนกระทั่งสารดูดความชื้นอิ่มตัวด้วยน้ำแล้ว สังเกตได้จากการเปลี่ยนสีของสารดูดความชื้น จะต้องนำไปอบไล่ความชื้นออกที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ทำได้โดยการเปิดฝาและนำสารเคมีต่าง ๆ ออกให้หมด จากนั้นนำแผ่นกระเบื้องเคลือบ และสารดูดความชื้นออกมา นำไปอบจนกระทั่งสีของสารดูดความชื้นเปลี่ยนแปลงจากสีชมพูเป็นสีน้ำเงิน จากนั้นนำมาเทใส่ desiccator โดยใช้กระดาษช่วยในการเท และวางแผ่นกระเบื้องเคลือบลงไปวางสารเคมีที่ต้องการดูดความชื้น และปิดฝาให้เรียบร้อย (วรางคณา, 2553)

ข้อควรระวัง

เนื่องจาก desiccator ทำด้วยวัสดุเป็นแก้ว และกระเบื้องเคลือบ ทำให้แตกได้ง่าย นอกจากนั้นยังมีน้ำหนักมากอีกด้วย จึงต้องทำด้วยความระมัดระวัง และซิลิกาเจลมีลักษณะเป็นเม็ดกลมมีสีชมพูและสีน้ำเงินเล็ก ๆ อาจนึกว่าเป็นของที่รับประทานได้ แต่ไม่สามารถรับประทานได้เนื่องจากมีการเติมสารที่ทำให้เกิดสีลงไปโดยเป็นสารเคมีที่ประกอบด้วยโลหะหนัก ซึ่งเป็นอันตรายต่อร่างกาย (วันเพ็ญ, 2541)

3.2 เตาให้ความร้อนที่มีและไม่มีเครื่องคนแม่เหล็ก (Stirrer hotplates)

เป็นเครื่องมือที่ให้ความร้อนที่สามารถควบคุมระดับความร้อนได้ โดยใช้กระแสไฟฟ้าและมีระบบการคนสารละลายด้วยแท่งกวนแม่เหล็กที่ปรับระดับความเร็วของการกวนได้ ใช้สำหรับเตรียมสารละลายต่าง ๆ ที่ละลายยาก หรือการเตรียมสารครั้งละปริมาณมาก ๆ อุปกรณ์ให้ความร้อนชนิดนี้ออกแบบมาสำหรับเครื่องแก้วที่มีก้นแบน (flat-bottomed vessels) เช่น บีกเกอร์ ขวดรูปกรวย มีทั้งแบบที่ไม่มีเครื่องคนแม่เหล็ก และแบบที่มีเครื่องคนแม่เหล็กเป็นส่วนประกอบอยู่ภายใน ทำให้สามารถให้ความร้อนไปพร้อมกับการคนสาร หากต้องการให้ความร้อนขวดก้นกลมก็สามารถทำได้โดยการจุ่มขวดลงในบีกเกอร์หรือภาชนะก้นแบบอื่น ๆ ที่ทำหน้าที่เป็นอ่างให้ความร้อน การใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ควรให้ความระมัดระวังเป็นอย่างมากเนื่องจากมีบริเวณที่กว้างในการให้ความร้อน ไม่สามารถบอกได้ว่าร้อนหรือไม่หากไม่สัมผัสด้านบน ดังนั้นหลังจากใช้งานเสร็จแล้วควรจะปรับปุ่มให้ความร้อนมาที่ต่ำสุดและอาจนำบีกเกอร์บรรจุน้ำธรรมดาวางบนแผ่นให้ความร้อนเพื่อช่วยทำให้เย็นเร็วขึ้นและเป็นจุดให้สังเกตว่าเตายังร้อนอยู่หรือไม่ สิ่งที่ควรระวังเป็นอย่างมากคือ ไม่ควรวางภาชนะที่เปียกบนเตาที่ร้อนจัดเพราะการขยายตัวด้วยความร้อนอย่างกระทันหันจะทำให้แก้วแตกได้และยังอาจทำให้พื้นผิวเตาเสียหาย ก่อนวางเครื่องแก้วบนแผ่นให้ความร้อนจึงควรเช็ดให้แห้งเสียก่อน และไม่ควรให้ความร้อนจนกระทั่งของเหลวในภาชนะระเหยจนแห้งเพราะอาจจะทำให้ภาชนะที่เป็นแก้วแตกได้เช่นกัน (วันเพ็ญ, 2541)

เตาไฟฟ้า (Hot plate) เป็นเครื่องมือให้ความร้อนแก่สารตัวอย่าง มักใช้ในการระเหยหรือต้มสารละลาย โดยภายในตัวเครื่องจะมีขดลวดให้ความร้อนหรือตัวต้านทาน ซึ่งเมื่อได้รับกระแสไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจะถูกป้อนไปยังขดลวดและถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนผ่านไปยังแป้นบนของตัวเครื่อง ซึ่งเป็นอุปกรณ์พิเศษที่ทนต่อความร้อนและถ่ายเทความร้อนได้ดี (ดลฤดี, 2556)

ภาพ 3.2 เตาให้ความร้อนที่มีและไม่มีเครื่องคนแม่เหล็ก

วิธีการใช้งาน

1. ต่อสายไฟที่ 220 V
2. เปิดสวิตซ์โดยกดปุ่ม (สีเขียว) ซึ่งอยู่ด้านหน้าทางด้านซ้ายมือของเครื่อง
3. เลือกระดับความเร็วโดยหมุนปุ่ม sterrer เมื่อเครื่องทำงานจะมีไฟใต้ปุ่มแสดงขึ้น
4. ปรับอุณหภูมิโดยหมุนปุ่ม heating เมื่อเครื่องทำงานจะมีไฟใต้ปุ่มแสดงขึ้นและมี themostate ตัดกระแสไฟฟ้าเมื่อได้ระดับอุณหภูมิที่ปรับไว้
5. เมื่อเลิกใช้งานหมุนปุ่ม sterrer และ heating มาที่ off ปิดสวิตซ์สีเขียวถอดปลั๊กออก (www.chatchree.com)

การทำความสะอาดและการบำรุงรักษา

ก่อนทำความสะอาดต้องถอดปลั๊กออกก่อนเสมอ และต้องปล่อยให้เย็นเสียก่อน จากนั้นใช้ผ้าชุมน้ำหมาด ๆ เช็ด และห้ามใช้ผงซักฟอกในการทำความสะอาด

ข้อควรระวัง

1. อย่าให้น้ำหรือของเหลวอื่นไหลลงบนแผ่นหน้าเตา
2. อย่าให้ปลั๊กเสียบหรือสายเตาไฟฟ้าถูกน้ำเป็นอันขาด เพื่อป้องกันไฟฟ้าดูดไฟฟ้าช็อต
3. การปลดปลั๊กไฟฟ้า ควรจับที่หัวปลั๊กแล้วดึงออกอย่าใช้กระชาก
4. อย่าให้สายเตาไฟฟ้าสัมผัสกับผิววัตถุความร้อน
5. อย่าใช้เตาไฟฟ้า เมื่อสายไฟชำรุด หรือเตาไฟฟ้าตกหล่น หรือชำรุด เพื่อหลีกเหลี่ยงอันตรายจากไฟฟ้า อย่าถอดชิ้นส่วนใด ๆ ของเตาไฟฟ้า ควรนำไปให้ช่างตรวจเช็คและซ่อมแซมให้เรียบร้อยเสียก่อน การซ่อมแซมอย่างไม่ถูกวิธีอาจเป็นสาเหตุให้เกิดไฟฟ้าช็อตได้
6. อย่าวางเตาไฟฟ้าอยู่ใกล้มือเด็กอาจจะเป็นอันตราย เมื่อเสียบปลั๊กหรือร้อนอยู่
7. อย่าเสียบปลั๊กเตาไฟฟ้าทิ้งไว้เป็นอันขาด ควรปลดปลั๊กเตาไฟฟ้าออกทุกครั้ง เมื่อเลิกใช้งาน

3.3 เครื่องผสมสารละลาย Vortex mixer

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการผสมสารละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน ที่นิยมใช้กันมากในห้องวิจัยและในห้องปฏิบัติการ โดยมีเครื่องมือหลายแบบให้เลือกใช้ตามการใช้งาน

ภาพ 3.3 เครื่องผสมสารละลาย

วิธีการใช้งาน

1. เปิดเครื่องและตั้งความเร็วตามที่ต้องการ
2. นำหลอดทดลองที่ต้องการเขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกันมาวางบนแท่นปั่น ที่อยู่ตรงกลาง
3. จับหลอดทดลองที่ต้องการเขย่าให้แน่นในขณะปั่น เครื่องจะทำการสั่นอย่างอัตโนมัติ
4. เมื่อต้องการหยุดการผสม ให้ยกหลอดทดลองขึ้น ก็จะหยุดการสั่น
5. ปิดเครื่องเมื่อจะเลิกใช้แล้ว

ข้อควรระวัง

1. จับหลอดทดลองให้แน่นขณะปั่น
2. ระวังอย่าให้สารละลายหกใส่เครื่องปั่น

การทำความสะอาดและการบำรุงรักษา

ถอดปลั๊กก่อนทำความสะอาดเสมอ ตัว heating plate จะต้องไม่มีความร้อน ใช้ผ้าหมาด ๆ เช็ด ไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนหรือใช้สารประเภท detergen (www.chatchree.com)

3.4 เครื่องลดความดันโดยใช้น้ำ (Vacuum pump)

เป็นปั๊มที่ใช้สำหรับดูดอากาศออกจากระบบ จนกระทั่งเหลือแรงดันภายในระบบน้อยมาก จนมีค่าเข้าใกล้ความเป็นสูญญากาศ อัดอากาศได้ไม่น้อยกว่า 15 ลิตร/นาที มี 2 หัว สำหรับทำสูญญากาศ ซึ่งทำจากพลาสติกอย่างดีและทนทานต่อแรงอัดที่สูง ทำสูญญากาศได้ไม่น้อยกว่า 600 mmHg มีถังบรรจุน้ำพร้อมวาล์วถ่ายเทน้ำ มีมิเตอร์แสดงระดับสูญญากาศ มีอุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติเมื่อมอเตอร์ทำงานขัดข้อง (บริษัทไซแอนติฟิคโปรโมชั่น จำกัด, 2552)

ภาพ 3.4 เครื่องลดความดันโดยใช้น้ำ

วิธีการใช้งาน

1. เสียบปลั๊กไฟฟ้า
2. ต่อสายยางจากปั๊มสูญญากาศ เข้ากับขวดกรองสาร Suction flask ส่วนบนเป็น Buchner funnel วางกระดาษกรองบน Buchner funnel (สำหรับใส่ของเหลว)
3. กดสวิตซ์เปิดเมื่อจะทำการกรองตัวอย่าง โดยที่ปั๊มแรงดันสูญญากาศจะช่วยในการไหลของตัวอย่าง
4. ปิดสวิตซ์และถอดปลั๊กไฟฟ้าทุกครั้งเมื่อหยุดการใช้งาน (ดวงฤดี, 2554)

3.5 เครื่องทำน้ำหล่อเย็น (Cooling bath)

เครื่องทำน้ำหล่อเย็น Cooling bath พร้อมระบบการควบคุมเป็นแบบ Digital Control มีขนาดความจุ 30 ลิตร มีขีดความสามารถในการทำความเย็นสำหรับการลดอุณหภูมิ เพื่อให้เหมาะสมกับการทดลอง โครงตู้ อ่าง และท่อแลกเปลี่ยนอุณหภูมิ ทำจาก Stainless steel เพื่อให้อายุการใช้งานที่ยาวนาน เครื่องทำน้ำหล่อเย็น คือ เครื่องทำน้ำเย็นที่บรรจุน้ำหล่อเย็น สามารถตั้งอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0-40 องศาเซลเซียส มีปั๊มทำหน้าที่ปล่อยน้ำออกจากถังน้ำหล่อเย็นไปยังชุดกลั่น ลักษณะของเครื่องทำน้ำหล่อเย็น ดังแสดงในภาพ 3.5 เครื่องทำน้ำหล่อเย็นใช้ในการให้ความเย็นแก่คอนเดนเซอร์ชุดกลั่น Soxhlet การกลั่นแบบ Soxhlet จะให้ความร้อนแก่ตัวทำละลายเพื่อให้กลายเป็นไอ และเมื่อไอของตัวทำละลายสัมผัสกับน้ำหล่อเย็นที่บริเวณคอนเดนเซอร์ จะเปลี่ยนเป็นของเหลวอีกครั้ง หลังจากตัวทำละลายได้เปลี่ยนเป็นของเหลวจะทำหน้าที่สกัดไขมันออกจากตัวอย่าง เมื่อครบรอบตัวทำละลายจะถูกให้ความร้อน และกลายเป็นไออีกครั้ง หมุนเวียนอย่างนี้จนครบเวลาที่สกัด ถ้าความเย็นของน้ำหล่อเย็นไม่เพียงพอจะทำให้ไอของตัวทำละลายระเหยออกจากชุดกลั่น

ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ทดลองและทำให้ตัวทำละลายที่ใช้สกัดมีปริมาณน้อยลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพการสกัดไขมันในตัวอย่างลดลงตามไปด้วย (วรางคณา, 2553)

ภาพ 3.5 ถังน้ำหล่อเย็น

วิธีการใช้เครื่อง

1. เสียบปลั๊กไฟฟ้า
2. กดปุ่ม Power เพื่อเปิดเครื่อง
3. กดปุ่ม Set 1 ครั้ง จะปรากฏค่าอุณหภูมิ (ตัวเลข) ที่ได้ทำการตั้งค่าไว้ โดยให้ทำการตั้งค่าของตัวเลขดังกล่าวไว้ที่ 10 องศาเซลเซียส ด้วยการกดปุ่มลูกศรขึ้นหรือกดปุ่มลูกศรลง
4. กดปุ่ม Cool ระบบทำความเย็นจะเริ่มทำงาน
5. กดปุ่ม Pump เมื่อน้ำมีอุณหภูมิเท่ากับค่าที่ได้ทำการตั้งค่าไว้
6. กดปุ่ม Pump, Cool, Power ตามลำดับ เมื่อเลิกใช้งาน
7. แล้วทำการถอดปลั๊กให้เรียบร้อย

3.6 ตู้ดูดควัน (Fume hood)

ตู้ดูดควันหรือที่เรามักเรียกกันว่า Fume hood เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ดูดไอกรดและสารเคมีในห้องปฏิบัติการขณะทำการทดลอง เพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานเองและผู้อื่น โครงสร้างของตู้ดูดควันมีความทนทานต่อสารเคมีและทนต่อการกัดกร่อนของกรด – ด่าง เป็นอย่างดี ทนต่อความร้อน ใช้สำหรับการเตรียมสารละลาย การถ่ายสารละลายที่มีไอระเหยที่เป็นพิษ ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ กรดซัลฟูริก สารพวกอีเทอร์ ซึ่งสารเหล่านี้ไม่ควรทำภายนอกตู้ดูดควัน เพราะจะเกิดเป็นไอหรือควันระเหยไปทั่วห้อง เป็นพิษต่อระบบทางเดินหายใจได้ การใช้ตู้ดูดควันจะต้องเปิดพัดลมทุกครั้งเพื่อดูดเอาไอระเหยไปตามท่อเพื่อถ่ายทิ้งนอกตัวอาคาร ตู้ดูดควันมีลักษณะเป็นตู้มีบานเลื่อนเปิด-ปิดขึ้นลง ตู้ดูดควันควรทำจากวัสดุที่ทนต่อการ กัดกร่อนได้ดี เช่น ไฟเบอร์กราสที่ทนการกัดกร่อน และมีน้ำหนักเบา หรือโลหะเคลือบสีอีฟ็อกซี่ ตู้ดูดควันที่ใช้งานควรเลือกให้เหมาะสมกับสารเคมีที่ใช้ เช่น หากใช้สารเคมีที่มีความเข้มข้นสูงและสามารถละลายน้ำได้ ต้องใช้ตู้ดูดควันประเภทที่มีชุดกำจัดไอกรด หรือ Scrubber เพื่อลดปริมาณการปล่อยออกของไอสารเคมีสู่บรรยากาศ ส่วนสารเคมีที่มีความเข้มข้นสูงแต่ไม่สามารถละลายน้ำได้ ควรใช้ตู้ดูดควันที่มีแผ่นกรอง

ที่เรียกว่า คาร์บอนฟิลเตอร์ เป็นตัวกรองก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ ฉะนั้นผู้ที่ใช้ตู้ดูดควันควรรู้ว่าสารเคมีที่ใช้เป็นประเภทใด และควรใช้กับตู้ดูดควันประเภทไหน ตู้ดูดควันแบ่งออกเป็น 4 ระบบ คือ

1. Constant Air Volume (CAV) อากาศที่ดูดออกจากตู้ขึ้นอยู่กับความสูงของการเปิด-ปิดหน้าบานตู้ (SASH) กล่าวคือ ระดับความสูงตามมาตรฐานของ ASTM, BS7258 อยู่ที่ 30-50 เซนติเมตร เช่น หากเปิดหน้าบานตู้ให้อยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐาน ความเร็วลมหน้าตู้ (Velocity) จะเพิ่มขึ้น หรือหากเปิดหน้าบานตู้ให้อยู่ในระดับสูงกว่ามาตรฐาน ความเร็วลมหน้าตู้จะลดลง

2. Variable Air Volume (VAV) ปริมาณอากาศที่ดูดออกจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของหน้าบานตู้ (SASH) ซึ่งความเร็วลมหน้าตู้สามารถผ่านหน้าบานตูเข้าไปโดยเพิ่มระบบ VAV Control system เพื่อให้ควบคุม Variable speed motor เพื่อรักษาปริมาณอากาศให้คงที่ ที่ 100 fpm ทุกระยะการเปิด–ปิดหน้าบานตู้ และสามารถประหยัดพลังงาน (Energy) ได้โดยการลดปริมาณอากาศดูดได้

3. Low Flow (CV = Constant-volume) การออกแบบนี้ทำให้ลดปริมาณอากาศที่ดูดซึ่งเป็นผลมาจากความต้องการความเร็วลมหน้าตู้ที่ 100 fpm เมื่อมีการเปิดหน้าบานตู้ (SASH) ตามแนวตั้งแบบเต็มที่ โดยเพิ่มระบบ CV Valve Control เพื่อควบคุมความเร็วลมที่ดูดออก ดังนั้นหากขนาดของตู้ดูดควันลดลงและควบคุมการเปิดหน้าบานตู้ จะมีผลให้อากาศลดลงด้วย

4. Low Velocity (LV) การออกแบบนี้ทำให้ปริมาณการดูดลดลงและทำให้เกิดการสมดุลเมื่อเปิดหน้าบานตู้ (SASH) ตามแนวตั้งแบบเต็มที่ที่ความเร็วลมหน้าตู้ 60 fpm หรือน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานของตู้ดูดควันที่ความเร็วลมหน้าตู้ 100 fpm (สมศักดิ์, 2553)

ภาพ 3.6 ตู้ดูดควัน

วิธีการใช้เครื่อง

1. เปิดสวิตช์ไฟฟ้าให้ทำงาน
2. จากนั้นเปิดพัดลมดูดอากาศ เพื่อให้อยู่ในสภาวะพร้อมใช้งาน
3. เปิดสวิตช์ไฟฟ้าเมื่อต้องการแสงสว่างภายในตู้ดูดควัน

4. ภายหลังเลิกใช้งานทุกครั้ง ให้ใช้น้ำสะอาดผสมน้ำยาฆ่าเชื้อล้างทำความสะอาดโดยปล่อยให้พัดลมทำงานต่อไปเป็นเวลาประมาณ 10 นาที จึงปิดเครื่อง

5. ค่าความเร็วลมปกติที่เกจวัด จะอยู่ที่ 100 พาสคาล หากความเร็วลมมากกว่า 500 พาสคาล แสดงว่าฟิลเตอร์หมดอายุการใช้งาน

3.7 ตู้อบความร้อน (Hot air oven)

เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและมีการหมุนเวียนของอากาศร้อนภายในตู้โดยใช้แรงลม มักใช้ในการอบตัวอย่างเพื่อหาความชื้น ทำให้แห้งหรือเพื่อไล่ความชื้น และใช้สำหรับอบวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้แห้ง โดยทั่วไปจะมีช่วงการให้ความร้อนสูงถึง 220 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า (ดลฤดี, 2556) ตู้อบความร้อนที่ใช้สำหรับทำให้สารแห้ง โดยใช้ไฟฟ้าอบบางชนิดมีพัดลมอยู่ข้างในเพื่อทำให้อุณหภูมิเท่ากันทั่วบริเวณภายในตู้ ตู้อบความร้อนต้องมีเครื่องควบคุมอุณหภูมิติดอยู่และสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ถึง 300 องศาเซลเซียส แต่การใช้ตู้อบความร้อนในการทำให้แห้งมักจะใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ถ้าสารที่จะทำให้แห้งนั้นทำให้เกิดไอที่กัดกร่อน ควรทำการสลายตัวอย่างจนทำให้การเกิดไอที่กัดกร่อนน้อยที่สุดก่อนที่จะใส่เข้าไปในตู้อบความร้อน มิฉะนั้นจะทำให้เกิดการสึกกร่อนของขดลวดความร้อน หรือวัสดุภายในตู้อบความร้อน สารที่ทำให้แห้งควรบรรจุในภาชนะที่มีฝาปิดเพื่อป้องกันผงฝุ่นหรือสนิมเหล็กอันเกิดจากภายในตู้อบความร้อน และป้องกันการกระเด็นของสารอื่นที่มาจากสารที่อยู่ในตู้อบความร้อน (วันเพ็ญ, 2541) ตู้อบความร้อนไฟฟ้าที่ทำด้วยโลหะสแตนเลสทั้งภายในและภายนอก โดยมีแผ่นภายนอกด้านหลังทำด้วยเหล็กเคลือบกันสนิม สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 5 - 300 องศาเซลเซียส มีความละเอียดในการปรับตั้ง 0.5 องศาเซลเซียส มีขนาดความจุประมาณ 108 ลิตร โดยมีขนาดภายใน กว้างxสูงxลึก 56x48x40 เซนติเมตร มีระบบป้องกันอันตรายจากอุณหภูมิสูงเกิน 2 ชั้น คือ แบบ fixed cut-out และแบบ OPR และมีสัญลักษณ์แสดงกรณีเครื่องเกิดปัญหา ระบบควบคุมอุณหภูมิเป็นแบบ Electronic pid controller มีค่าความสม่ำเสมอของอุณหภูมิ (uniformity) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2.7 องศาเซลเซียส และมีค่าความถูกต้องของอุณหภูมิ (accuracy) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส มีประตูเปิด-ปิดตู้ทำด้วยสแตนเลสสตีลแบบบานเดียว แสดงอุณหภูมิเป็นตัวเลขเรืองแสง มีสวิตช์ ปิด-เปิด ให้เครื่องทำงานตลอดเวลา หรือการทำงานผ่านปุ่มโรตารี่ ผนังภายในตู้มีครีบ (Support ribs) เพื่อเป็นที่วาง ซึ่งสามารถวางชั้นได้ถึง 5 ชั้น มีชั้นวางของทำด้วยสแตนเลสเจาะรู จำนวน 2 ชั้น ถอดเข้า-ออก และสามารถปรับระดับสูง-ต่ำ สามารถตั้งเวลาในการปิดเครื่องเองโดยอัตโนมัติ สามารถตั้งเวลาในการทำงานได้ ตั้งแต่ 1 นาที ถึง 99 ชั่วโมง 59 นาที โดยแสดงเป็นตัวเลขดิจิตอลและสามารถแสดงเวลาในการทำงานที่คงเหลืออยู่ได้(http://green-innovatech.nanasupplier.com)

ภาพ 3.7 ตู้อบความร้อน

วิธีการใช้เครื่อง

1. นำของที่ต้องการอบเข้าวางในตู้อบความร้อน
2. เปิดเครื่องโดยกดปุ่ม main switch ไฟสีเขียวที่ตำแหน่ง Power และไฟสีเหลืองที่ตำแหน่ง heat จะติด
3. หมุนปุ่มปรับเวลาตั้งเวลาตามที่ต้องการจะใช้
4. หมุนปุ่มปรับอุณหภูมิปรับอุณหภูมิที่ต้องการจะใช้
5. ถ้าอุณหภูมิถึงจุดที่กำหนดไฟสีเหลืองที่ตำแหน่ง heat จะดับลง
6. เมื่อใช้งานเสร็จแล้วให้ปิดเครื่อง โดยกดปุ่ม main switch ไฟสีเขียวที่ตำแหน่ง Power จะดับลง

3.8 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ เป็นอ่างน้ำที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ ใช้สำหรับการเตรียมตัวอย่างทางด้านเคมีวิเคราะห์อาหาร สามารถควบคุมอุณหภูมิของน้ำในอ่างได้ตั้งแต่ 15-95 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิในแต่ละจุดไม่เกิน ± 0.1 องศาเซลเซียส ทำด้วยสแตนเลสสตีลทั้งภายในและภายนอก มีระบบหมุนเวียนน้ำเพื่อรักษาอุณหภูมิของน้ำภายในอ่างให้คงที่ สามารถตั้งเวลาการทำงานตั้งแต่ 1 นาที ถึง 99.59 ชั่วโมง (กลุ่มผู้ปฏิบัติงานประจำห้องปฏิบัติการ, 2551) เป็นเครื่องมือให้ความร้อนที่มีลักษณะเป็นอ่างสำหรับบรรจุน้ำ เครื่องจะทำงานโดยอาศัยพลังงานไฟฟ้าด้วยการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นความร้อน และส่งผ่านแท่งความร้อนที่อยู่รอบ ๆ อ่างเพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำ สามารถตั้งปรับระดับอุณหภูมิได้ตามต้องการโดยให้ความร้อนได้ไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส มักใช้สำหรับให้ความร้อนกับตัวอย่างโดยผ่านทางน้ำร้อน ใช้ในการทำปฏิกิริยาของสารหรือเร่งปฏิกิริยาต่าง ๆ และใช้ในการระเหยสาร ซึ่งภายหลังจากการใช้งานควร ถ่ายน้ำออกทุกครั้งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดตะกรันในอ่างต้มน้ำ (ดลฤดี, 2556)

วิธีการใช้งาน

1. ให้เติมน้ำจนถึงขีดที่กำหนดในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
2. เสียบปลั๊ก
3. เปิด main switch
4. ตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการใช้โดยกดปุ่ม set ค้างไว้แล้วหมุนปุ่มปรับอุณหภูมิตามที่ต้องการ
5. รอจนค่าอุณหภูมิถึงจุดที่กำหนดแล้ว จึงนำของที่ต้องการอุ่นมาอุ่นในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
6. ถ้าอุณหภูมิไม่ถึงจุดที่กำหนดและไฟที่ตำแหน่ง alarm ติด ให้กดปุ่ม reset เครื่องใหม่ (ปุ่ม reset อยู่ด้านหลังเครื่อง)
7. เมื่อใช้เสร็จให้ปิดฝาเครื่องและ main switch

ภาพ 3.8 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

วิธีการบำรุงรักษาหลังจากปิดเครื่องและหยุดการทำงาน

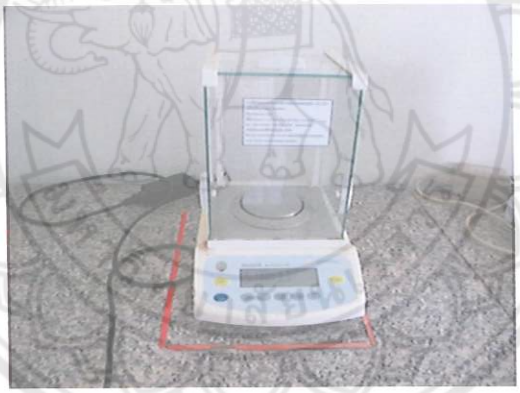
1. เปลี่ยนถ่ายน้ำในอ่าง เมื่อสังเกตเห็นความสกปรกของน้ำในอ่าง หรืออย่างน้อยสัปดาห์ละหนึ่งครั้ง
2. การทำความสะอาด ควรเช็ดทำความสะอาดที่ขดลวดทำความร้อน อ่าง ให้สะอาดและแห้ง โดยไม่ควรใช้ของมีคมหรือกระดาษทรายขัดถูอุปกรณ์ไฟฟ้า (Heater) และอ่าง
3. สารเคมีที่นำมาใช้ภายในอ่างที่ทำปฏิกิริยากับอุปกรณ์ไฟฟ้า และอ่าง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความเสียหายเมื่อใช้งานเสร็จ ให้รีบทำความสะอาด
4. ตรวจสอบระดับน้ำในอ่างก่อนการใช้งานทุกครั้ง
5. ควร Drain น้ำทิ้งและทำความสะอาดทุกครั้ง เมื่อหยุดการใช้งานหลาย ๆ วัน
6. ควรใช้น้ำกลั่นหรือน้ำกรองเท่านั้น เพื่อป้องกันตะกรันจับที่ตัว Heater หรืออ่าง
7. ต่อสายดินเพื่อป้องกันไฟดูด

3.9 เครื่องชั่ง (Balances)

เครื่องชั่งนับเป็นอุปกรณ์พื้นฐานในห้องปฏิบัติการทั่วไป ปัจจุบันมีเครื่องชั่งหลายชนิด แต่ละชนิดมีหลายแบบ ซึ่งมีผู้ผลิตออกมาจำหน่ายมากมาย เครื่องชั่งแต่ละชนิดมีความเหมาะสมกับงานแต่ละประเภท จึงควรเลือกใช้ให้ถูกต้อง ถ้าจะแบ่งเครื่องชั่งตามการทำงานแล้ว อาจแบ่งเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ Mechanical balance และ Electrical balance เครื่องชั่ง Mechanical balance เป็นเครื่องชั่งที่มีตุ้มน้ำหนักเพื่อปรับให้แขนเครื่องชั่งอยู่ในสมดุล ได้แก่ Equal-arm balance และ Triple-beam ปัจจุบันใช้น้อย ส่วนเครื่องชั่งชนิด Electrical balance ซึ่งใช้กันอย่างกว้างขวางในห้องปฏิบัติการ คือ

1. Toploading balance เป็นเครื่องชั่งชนิดหยาบ ชั่งน้ำหนักได้ละเอียด 0.1 กรัม (น้ำหนักมากสุด 4,000 กรัม) หรือ 0.01 กรัม (น้ำหนักมากสุด 300 กรัม)

2. Analytical balance เป็นเครื่องชั่งชนิดละเอียด พัฒนามาจาก Toploading balance โดยมีตู้ (draft shield) ครอบจานชั่งน้ำหนัก มีความไวมากกว่า Toploading balance สามารถชั่งน้ำหนักได้ละเอียด 0.1 มิลลิกรัม (น้ำหนักมากสุด 200 กรัม) หรือ 0.01 มิลลิกรัม (น้ำหนักมากสุด 40 กรัม) ดังนั้น เครื่องชั่งชนิดนี้ต้องการระวังการสั่นสะเทือนและไม่ควรปรับชิ้นส่วนของเครื่องชั่ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)



ภาพ 3.9 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

โดยทั่วไป มีวิธีการใช้เครื่องชั่ง ดังนี้

1. ตรวจสอบว่าลูกน้ำอยู่ตรงกลาง เพื่อให้เครื่องชั่งตั้งได้ระดับ ถ้าลูกน้ำไม่อยู่ตรงกลางให้ปรับที่ขาเครื่องชั่งจนลูกน้ำอยู่ตรงกลาง
2. ทำการเปิดสวิตช์เครื่อง
3. กด Tare น้ำหนักจานเปล่าให้อ่านน้ำหนักเป็นศูนย์
4. เลือกตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน วางลงบนจานชั่ง โดยใช้คีมคีบ ชั่งน้ำหนักอ่านค่าที่คงที่ และบันทึกน้ำหนักไว้ ถ้าน้ำหนักอยู่ภายในค่า Tolerance ของตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน จึงใช้เครื่องชั่งได้
5. วางภาชนะบรรจุตรงกลางของจานชั่ง และอ่านค่าเมื่อค่าคงที่ กด Tare bar เพื่อให้อ่านน้ำหนักเป็นศูนย์

6. เติมสารลงในภาชนะบรรจุอย่างระมัดระวัง

- ถ้าเป็นของแข็ง ควรใช้ Spatula ที่สะอาด และเหมาะสม

- ถ้าเป็นของเหลวที่ไม่ระเหย ควรใช้ Pasture pipet แต่เอาภาชนะออกจากจานชั่งก่อนเติมสารและชั่งน้ำหนักของสารรวมกับน้ำหนักภาชนะ ทำซ้ำจนกระทั่งได้น้ำหนักที่ต้องการ

7. รอให้การอ่านน้ำหนักคงที่ และบันทึกน้ำหนัก

8. ถ้าสารเคมีน้ำหนักเกินที่ต้องการ ให้เอาสารออกอย่างระมัดระวัง เอาภาชนะออกจากจานชั่ง และเอาสารของแข็งออกด้วย Spatula หรือเอาของเหลวออกด้วย Pasture pipet และชั่งน้ำหนักใหม่

9. ถ้าหากสารที่ชั่งหกเปื้อนบริเวณจานหรือเครื่องชั่ง จะต้องทำความสะอาดทันที โดยใช้แปรงปัดทำความสะอาด

3.10 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

pH ย่อมาจาก Positive of the hydrogen ions เป็นการวัดปริมาณของ H^+ (ไฮโดรเจนอิออน) ในสารละลาย

การวัด pH คือการวัดสภาพความเป็นกรดหรือเป็นด่างของสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย (Aqueous solution) วิธีการวัดทำได้หลายวิธี คือใช้กระดาษ pH ใช้เทียบสีกับสารมาตรฐานที่ทราบค่า pH และใช้เครื่องวัดคือ pH meter ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ผลการวัดที่น่าเชื่อถือและถูกต้องมากกว่าวิธีอื่น pH meter ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

1. อิเลคโทรด (electrode) ทำหน้าที่เป็นภาคตรวจรับความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนในสารละลายที่ pH 7 (Standard pH buffer) ความต่างศักย์ระหว่างอิเลคโทรดทั้งสองคือ อิเลคโทรดอ้างอิง กับอิเลคโทรดตรวจวัด จะมีค่าความต่างศักย์เท่ากับศูนย์มิลลิโวลท์ (0 mV) ถ้าความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนเพิ่มขึ้นหรือลดลง ความต่างศักย์ก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนในสารละลายนั้น โดยมีอิเลคโทรดเป็นตัวทำหน้าที่รับสัญญาณ

2. ตัวเครื่อง pH meter ก็คือ Potentiometer ทำหน้าที่

1.1 ปรับความต่างศักย์ให้กับอิเลคโทรดอ้างอิง ให้มีความต่างศักย์เป็นศูนย์และคงที่

1.2 แปลงสัญญาณจากความต่างศักย์ของอิออนของอิเลคโทรด ให้เป็นความต่างศักย์ไฟฟ้า

1.3 ขยายสัญญาณค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้าให้เพิ่มมากขึ้นอย่างเพียงพอ ให้แสดงผลที่มิเตอร์แบบเข็มหรือตัวเลข

อิเลคโทรดปัจจุบันส่วนใหญ่เป็น Combination pH electrode ซึ่งออกแบบไว้ให้สะดวกในการใช้งาน โดยรวมส่วนของ Reference electrode และ Glass electrode มาอยู่ด้วยกัน

Glass electrode หรืออิเลคโทรดตรวจวัด ทำด้วยแก้วชนิดพิเศษที่ยอมให้เฉพาะไฮโดรเจนอิออนผ่าน ส่วนใหญ่ออกแบบเป็นรูปกระเปาะ ภายในบรรจุ buffer เอาไว้ แต่มีบางประเภทเป็นรูปอื่น เช่น รูปเข็ม ทุกชนิดจะเหมือนกันตรงบริเวณที่ไฮโดรเจนอิออนผ่านผิวแก้วจะบางมาก ส่วน Reference electrode ทำหน้าที่ให้ศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ขั้วตรวจวัดเดินทางครบวงจร โดยโปแตสเซียมคลอไรด์ชนิดอิ่มตัวที่อยู่ในอิเลคโทรดอ้างอิงซึมผ่านออกมาเป็น Salt bridge เชื่อม Glass electrode

ภาพ 3.10 เครื่องวัดพีเอช

การใช้เครื่องวัด pH โดยทั่วไปมีดังนี้

1. กวนสารละลายที่ต้องการวัดให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนการวัด วิธีที่ดีที่สุดคือใช้ Magnetic stirrer ตั้งสารละลายทิ้งไว้นานเพียงพอที่จะเกิดสารสมดุลที่อุณหภูมิห้อง

2. บันทึกอุณหภูมิของสารละลายทุกครั้ง การวัดค่า pH รวมทั้งการทำ pH calibration ที่อุณหภูมิเดียวกันจะทำให้ค่า pH ที่วัดได้มีความถูกต้อง

3. ตั้ง Temperature compensator บนเครื่องวัด เพื่อชดเชยอุณหภูมิ กรณีเครื่องมือแบบง่ายจะไม่มี Temperature compensator ดังนั้น ควรวัดที่อุณหภูมิ 20 หรือ 25 องศาเซลเซียส มิฉะนั้นจะให้ค่าการวัดไม่ถูกต้อง

4. ล้างอิเลคโทรดด้วยน้ำกลั่น และซับน้ำให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู ตรวจสอบว่า Glass electrode แตกหรือมีสิ่งปนเปื้อนหรือไม่

5. ปรับเทียบเครื่องมือ ตั้งเครื่องมิเตอร์ไปที่โหมด pH จุ่มอิเลคโทรดลงในสารละลายมาตรฐานบัฟเฟอร์ที่รู้ค่า pH ปกติคือ pH 7 ควบคุมการปรับเทียบให้อ่านค่าให้ถูกต้อง

6. เอาอิเลคโทรดออกจากสารมาตรฐานบัฟเฟอร์และล้างอีกครั้งด้วยน้ำกลั่น กรณีเครื่องมือแบบง่ายมีการปรับเทียบเพียงค่าเดียว เรียกว่า Single point standardization ซึ่งสารมาตรฐานบัฟเฟอร์ที่ใช้ปรับเทียบ ควรใกล้เคียงกับค่า pH ของตัวอย่าง ถ้าไม่ใกล้เคียงจะทำให้ผลที่อ่านได้มีความผิดพลาดสูง โดยปกติค่า pH ของตัวอย่างที่นำมาวัดควรอยู่ในช่วงค่าสารมาตรฐานบัฟเฟอร์ ± 1.5 pH กรณีเครื่องมืออย่างละเอียด จะมีการปรับเทียบสารมาตรฐานบัฟเฟอร์ 2 ค่า (pH 4-7 หรือ 7-10) เรียกว่า Two point standardization เมื่อเครื่องปรับเทียบที่ pH 7 แล้ว จุ่มอิเลคโทรดลงในสารละลายมาตรฐานตัวที่ 2 (pH 4 หรือ pH 10) ที่อุณหภูมิเดียวกันกับสารมาตรฐานแรก ปรับตัวควบคุม Slope จนกระทั่งได้ค่าจริงของสารมาตรฐานที่ 2 ปกติเครื่องจะแสดงเปอร์เซ็นต์ Slope ให้ทราบ ซึ่งควรอยู่ในช่วง 80-120 เปอร์เซ็นต์

ในการปรับเทียบแบบ 2 จุด จะไม่ครอบคลุมช่วง pH ในการใช้งาน ถ้าหากปรับเทียบด้วยสารมาตรฐานบัฟเฟอร์ pH 4-7 ผู้ใช้จะสามารถวัดตัวอย่างที่มีอยู่ในช่วง pH ที่เป็นกรด ถ้าต้องการวัดตัวอย่างที่มี pH ที่เป็นด่าง ค่าที่อ่านได้จะมีความผิดพลาด ดังนั้น ต้องปรับเทียบใหม่อีกครั้งด้วยสารมาตรฐานบัฟเฟอร์ pH 7-10

7. เมื่อปรับเทียบเครื่องแล้ว ให้วัดค่า pH ของตัวอย่าง ล้างอิเลคโทรดระหว่างการวัดแต่ละครั้ง จุ่มอิเลคโทรดลงในตัวอย่างให้นานพอที่อ่านค่า pH ได้คงที่

8. หลังจากเลิกใช้อิเลคโทรดแล้ว อย่าปล่อยให้อิเลคโทรดแห้ง เก็บ pH electrode ไว้ในสารละลายโปแตสเซียมคลอไรด์ในบีกเกอร์ หรือโดยใช้ Electrode cap ที่เติมด้วยสารละลาย 1.0 โมลาร์ โปแตสเซียมคลอไรด์ (pH 7)

9. เปลี่ยนสวิตช์ Meter ไปที่ศูนย์ แต่อย่าปิดกระแสไฟ เครื่องวัด pH จะอ่านค่าได้คงที่ถ้าเปิดเครื่องไว้

3.11 เครื่องกลั่นระเหยแห้ง Rotary Evaporator

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการระเหยสารตัวอย่างที่เป็นของเหลวโดยการกลั่นเพื่อแยกตัวทำละลายที่ผสมอยู่ออกจากสารที่ต้องการ ทำให้สารที่ต้องการเข้มข้นขึ้น โดยตัวทำละลายที่ละลายสารที่ต้องการจะถูกทำให้กลายเป็นไอ ด้วยระบบสูญญากาศจาก Pump และให้ความร้อนแก่ตัวอย่างเพื่อทำให้การกลายเป็นไอง่ายขึ้น จากนั้นไอสารละลายจะผ่าน Condenser ที่มีระบบหล่อเย็นทำให้ไอสารควบแน่นกลายเป็นของเหลว ไหลลงสู่ Receiving flask โดยระบบประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

ส่วนประกอบของเครื่อง

1. ส่วนให้ความร้อนและกลั่นแยกสาร (Rotary Evaporator)

1.1. เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการระเหยสารตัวอย่าง โดยกลั่นเพื่อแยกตัวทำละลายที่ผสมอยู่

1.2. สามารถควบคุมความเร็วในการหมุนได้

1.3. มีอ่างให้ความร้อนที่สามารถใช้กับของเหลวที่เป็นน้ำหรือน้ำมัน ในกรณีน้ำช่วงที่เหมาะสมตั้งแต่ 20-85 องศาเซลเซียส และใช้ได้ถึง 250 องศาเซลเซียส ในกรณีน้ำมัน

2. ส่วนทำสูญญากาศภายในระบบ

2.1 เป็นส่วนทำสูญญากาศภายในระบบส่วนใหญ่ เป็นแบบ Pump สูญญากาศ

2.2 เครื่องในปัจจุบันควบคุมความดันแบบอิเล็กทรอนิค สามารถควบคุมความดันได้ตั้งแต่ความดันบรรยากาศ ถึง 0 mbar

2.3 เครื่องใหม่ ๆ จะมีระบบ Condenser ชุดที่สอง ในการควบแน่นตัวทำละลายที่ระเหยผ่าน Condenser ชุดที่หนึ่งออกมา

3. **ส่วนควบคุมอุณหภูมิภายในระบบ**

3.1. เป็นอ่างน้ำหมุนเวียนที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง

3.2. ช่วงปรับอุณหภูมิที่เหมาะ ควรอยู่ในช่วง น้ำไม่เป็นน้ำแข็ง (มากว่า 0 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส)

วิธีการใช้เครื่องกลั่นระเหยแห้ง

1. ต่อเครื่องทำสูญญากาศ เครื่องทำน้ำหล่อเย็น เข้ากับเครื่องกลั่นระเหยให้เรียบร้อย

2. เปิดสวิตช์อ่างน้ำ และปรับอุณหภูมิให้พอเหมาะ คืออุณหภูมิของ Water bath 60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิไอสารที่กลั่น 40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของ Cooling water 20 องศาเซลเซียส

3. เติมสารละลายตัวอย่างที่ต้องการกลั่นลงไปในขวดกลั่น กลั่นระเหยในปริมาณที่พอเหมาะ

4. ปรับความเร็วรอบในขวดกลั่นให้หมุน พร้อมปรับขาตั้งให้ขวดกลั่นจุ่มลง ใน Water bath

5. เปิดเครื่องทำสูญญากาศ และเครื่องทำน้ำหล่อเย็น โดยปรับตั้งความดันสูญญากาศให้เหมาะกับจุดเดือดของสารละลายที่ต้องการระเหยแยกออกจากตัวอย่าง

6. เมื่อเวลาผ่านไป จะเห็นไอของสารละลายที่ต้องการระเหยเกิดการควบแน่น และไหลลงสู่ขวดแก้วรองรับ เหลือตัวอย่างในขวดกลั่น

ข้อควรระวัง

1. หากต้องการกลั่นแยกแบบ Reflux ให้ปิด Stop cock ตรงช่องขวดรองรับสาร เมื่อกลั่นครบระยะเวลาที่ต้องการแล้วให้เปิด Stop cock เพื่อให้สารไหลลงสู่ขวดรองรับ

2. หากสารตัวอย่างหมด และต้องการเติมสารในขวดกลั่นโดยไม่ต้องเปิดเครื่อง และถอดขวดกลั่นออกให้เปิด Stop cock ตรงช่องเติมสาร จุ่มสาย Teflon ลงในขวดสารละลายที่ต้องการเติมสารนั้นจะไหลลงสู่ขวดกลั่นโดยอัตโนมัติ

3. Cooling bath ให้เติมน้ำกลั่นให้ถึงขีดที่กำหนดก่อนใช้งาน และเมื่อใช้เสร็จแล้วต้องเทน้ำออกทุกครั้ง

4. Water bath ให้เติมน้ำกลั่นเท่านั้น และเมื่อใช้งานเสร็จให้เทน้ำออกทุกครั้ง

(http://www.technoinhome.com)

ภาพ 3.11 เครื่องกลั่นระเหยแห้ง

3.12 เครื่องปั่นเหวี่ยงสารให้ตกตะกอน (Centrifuge)

เป็นเครื่องมือสำหรับการใช้แยกตะกอนออกจากสารละลาย โดยใช้หลอดขนาดเดียวกันบรรจุของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากัน วางในทิศทางตรงกันข้าม อาจใช้เพียง 2 หลอด หรือ 4 หลอดก็ได้ โดยให้ทิศตรงข้ามเท่ากัน เมื่อวางเข้าที่เรียบร้อยแล้วปิดฝาเครื่อง กดสวิตซ์ให้เครื่องทำงาน เวลาที่จะใช้ขึ้นกับชนิดของตะกอน ถ้าตะกอนหนักเหวี่ยงไม่นานก็นอนก้น แต่ถ้าตะกอนเบาขนาดเล็กจะใช้เวลานานกว่าปกติ เมื่อเปิดเครื่องทำงานตามเวลาที่กำหนดแล้วเครื่องจะหมุนช้าลง ๆ จนหยุดสนิท เปิดฝาหยิบหลอดทดลองไปแยกสารละลายออกจากตะกอนให้เอียงหลอด แล้วแยกสารละลายออกโดยวิธีรินหรือใช้หลอดหยดดูดขึ้นมาก็ได้ แต่ถ้าตะกอนยังไม่นอนก้นต้องปั่นเหวี่ยงใหม่ เครื่องปั่นเหวี่ยงสารให้ตกตะกอน (Centrifuge) มีให้เลือกใช้งานหลายชนิด ทั้งแบบไฟฟ้าหรือมือหมุน ตามความต้องการของผู้ใช้งาน (ทัศนีย์, 2540)

ชนิดของเครื่องปั่นเหวี่ยงสารให้ตกตะกอน

เครื่องปั่นเหวี่ยงสารให้ตกตะกอนมีรูปแบบแตกต่างกันมีทั้งขนาดเล็ก ขนาดปานกลาง ที่สามารถตั้งบนโต๊ะได้ ตลอดจนขนาดใหญ่ที่สามารถปั่นเหวี่ยงสารละลายได้ครั้งละมาก ๆ ซึ่งต้องตั้งบนพื้นในขณะใช้งาน เครื่องปั่นเหวี่ยงสามารถแบ่งตามแรงหนีศูนย์กลางออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

1. เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วรอบต่ำ (low speed centrifuge) เป็นเครื่องหมุนเหวี่ยงที่มีขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ นิยมใช้ในงานทั่ว ๆ ไปในห้องปฏิบัติการมีความเร็วรอบไม่เกิน 6,000 รอบต่อนาที มีแรงหนีศูนย์กลางสูงสุดในช่วง 1,800-7,000 g

2. เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วรอบสูง (high speed centrifuge) มีความเร็วรอบไม่เกิน 28,000 รอบต่อนาที มีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางสูงสุดถึง 80,000 g จึงนิยมใช้เฉพาะงานที่ต้องการความแรงในการปั่นแยกปานกลาง ตัวอย่างเช่น การแยกอนุภาคขนาดเล็ก ๆ หรือมีน้ำหนักเบาออกจากของเหลว

3. เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วรอบสูงมาก (ultra speed centrifuge) เป็นเครื่องปั่นเหวี่ยงที่มักมีขนาดใหญ่มีความเร็วรอบของการปั่นสูงถึง 150,000 รอบต่อนาที สามารถสร้างแรงหนีศูนย์กลางได้สูงถึง 800,000 g

วิธีการใช้เครื่อง

1. กดปุ่ม ON/OFF ด้านหลังของเครื่องเพื่อเปิดเครื่อง
2. เปิดฝาครอบโดยกดปุ่มด้านหน้าเครื่อง
3. ใส่ตัวอย่างใน Rotor ให้อยู่ในตำแหน่งที่สมดุลกัน
4. ปิดฝาเครื่อง Centrifuge
5. ปรับความเร็วรอบที่ต้องการด้วยการกดปุ่มลูกศร up/down
6. ปรับเวลา เลือกเวลาตามต้องการด้วยการหมุนปุ่มนาฬิกา ปรับขึ้นลงได้ประมาณ 5 นาที การเพิ่มเวลาสามารถทำได้ระหว่างการทำงานด้วยการหมุนไปยังเวลาใหม่ที่ต้องการ ถ้าต้องการหยุดเครื่องกะทันหันให้ใช้ปุ่มปิดเวลา
7. การควบคุม Brake เมื่อตั้งเวลาเป็นศูนย์ เป็นการปิดการตั้งเวลา ทำให้เครื่องหยุดอัตโนมัติเมื่อ Rotor หยุด หน้าจอจะแสดงข้อความ Open lid
8. การเปิดฝาเมื่อหน้าจอแสดงข้อความ Open lid ฝาจะเปิดออก
9. การทำงานซ้ำ ถ้าตั้ง speed ถูกต้องแล้ว ตั้งเวลาตามต้องการและเครื่องจะเริ่มทำงาน
10. การทำงานตาม memory สุดท้าย ถ้าปิดสวิตช์เครื่อง หรือไฟดับ speed สุดท้ายที่ตั้งไว้จะอยู่ใน memory
11. การหยุดใช้กับการปั่นในระยะเวลาสั้น ๆ ตั้ง speed ตามต้องการแล้วกดแช่แป้น Pulse ไว้นานตามต้องการ เมื่อปล่อยมือจากแป้น Rotor จะหยุดโดยอัตโนมัติ แล้วจะปรากฏข้อความ Open lid

ภาพ 3.12 เครื่องปั่นเหวี่ยงสารให้ตกตะกอน

ข้อควรระวัง

1. ถ้าสารละลายที่จะปั่นเหวี่ยงเกินครึ่งหลอด ให้แบ่งสารละลายเป็น 2 หลอดเท่ากัน แล้วนำไปปั่นเหวี่ยง
2. ขณะที่เครื่องกำลังทำงาน ถ้ามีเสียงผิดปกติให้หยุดเครื่องทันที เปิดฝาแล้วตรวจดูความเรียบร้อย ถ้าหลอดแตกให้เก็บเศษแก้วออกจนหมด เช็ดให้แห้ง และทำความสะอาด
3. ถ้าเปิดเครื่องทำงานแล้วมีเสียงครืดคราด แสดงว่าเครื่องไม่สมดุล จะต้องหยุดแล้วทำให้เครื่องสมดุลเสียก่อน จึงจะใช้งานต่อไป

3.13 เครื่องวัดความชื้นอัตโนมัติ

เป็นเครื่องวัดความชื้นระบบอิเลคโทรนิคสมบูรณ์แบบอัตโนมัติ โดยใช้ไฟอินฟราเรต 185 วัตต์ เพื่อถนอมวัตถุดิบทดลองและการอบแห้งอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถอบแห้งได้โดยการตั้งเวลาอบต่อเนื่อง หรือโหมดอบอัตโนมัติ ด้วยการใช้งานที่สะดวก สามารถวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว ทำให้เครื่องวัดความชื้นอัตโนมัติได้รับการยอมรับในห้องปฏิบัติการทดลองและเป็นที่นิยมโดยทั่วไป

ภาพ 3.13 เครื่องวัดความชื้นอัตโนมัติ

วิธีการใช้เครื่อง

1. เปิดเครื่องวัดความชื้นอัตโนมัติ โดยกดปุ่มเปิด-ปิดที่หน้าเครื่อง
2. เปิดฝาเครื่องวัดความชื้น แล้ววางถาดอลูมิเนียมเปล่าที่ตัวเครื่อง กด Enter เครื่องจะอ่านน้ำหนักถาดอลูมิเนียม จากนั้นกด Tare ให้น้ำหนักเป็นศูนย์ก่อนการใส่ตัวอย่าง เครื่องจะให้ใส่ตัวอย่างลงที่ถาดอลูมิเนียม
3. ใส่ตัวอย่างลงในถาดอลูมิเนียม ประมาณ 2-5 กรัม จากนั้นทำการปิดฝาเครื่อง เครื่องจะเริ่มทำงาน (start) เครื่องจะทำการวัดน้ำหนักที่ชั่งไว้แล้วเก็บข้อมูลเป็น w1 แล้วเครื่องก็จะทำการให้ความร้อนจาก Infrared lamp เมื่อเวลาผ่านไปเป็นเวลา t1 เครื่องก็จะทำการวัดน้ำหนักเป็น w2 จากนั้นก็จะให้ความร้อนอีกครั้งเป็นเวลา t2 แล้วจึงวัดน้ำหนักเป็น w3 โดยตัวเครื่องจะนำค่า w3 นี้ไปเปรียบเทียบกับ w2 ว่ามีค่าน้อยกว่าหรือไม่หาก w3 มีค่าน้อยกว่า w2 เครื่องก็จะทำงานต่อไปจนกระทั่งถึงเวลาที่ tn ใด ๆ หรือน้ำหนักไม่ลดลงอีกแล้วเครื่องก็จะทำการยุติการให้ความร้อน แล้วคำนวนปริมาณความชื้นออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ที่หน้าปัด เมื่อสิ้นสุดการทำงานจะปรากฏคำว่า end (ณัฏชา, 2547)

3.14 เครื่องวัด Water Activity (Aw)

Water Activity เป็นอัตราส่วนความดันไอน้ำของอาหารต่อความดันไอน้ำของน้ำบริสุทธิ์ภายใต้สภาวะเดียวกัน ดังนั้นค่าของ Water Activity จึงแสดงในรูปสัดส่วน ซึ่งถ้าคูณด้วย 100 จะได้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของวัตถุที่สมดุล (Equilibrium) ของความชื้นแรงดันบรรยากาศและอุณหภูมิในภาชนะที่ปิดผนึก (Chamber) เป็นจุดที่ไม่มีการดูดหรือคายความชื้น ระหว่างภายในวัตถุที่ต้องการวัดและบรรยากาศรอบข้าง โดยปกติแล้วจะมีค่าการวัดได้จาก 0-1 การวัดค่า Water Activity นี้ใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อกำหนดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เป็นการวัดที่แม่นยำ ค่า Water Activity เป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร จึงมีผลโดยตรงต่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากค่า Water Activity เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ เราสามารถใช้ค่า Water Activity ในการประเมินว่าเชื้อจุลินทรีย์ชนิดใดเป็นหรือไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเสีย ตลอดจนใช้ในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารที่เกิดขึ้นจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ เพราะเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ภายใต้ค่า Water Activity ที่จำกัด โดยเราจะทำให้อาหารมีค่า Water Activity ต่ำกว่าที่เชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ ตัวอย่างเช่น แบคทีเรียเกือบทุกชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่า Water Activity ต่ำกว่า 0.9 และราส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ค่า Water Activity ต่ำกว่า 0.7 ในการวัด Water Activity จะบรรจุตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารในภาชนะเล็ก ๆ แล้วสอดภาชนะนั้นไว้ในช่องที่ปิดกั้นตัวอย่างจากสิ่งแวดล้อมภายนอก หัววัดภายในช่องจะทำหน้าที่วัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่อยู่เหนืออาหาร หลังจากทิ้งไว้ระยะหนึ่งจนการวัดความชื้นสัมพัทธ์นี้ให้ค่าคงที่ เนื่องจากการเกิดสมดุลระหว่างอากาศกับอาหาร ค่าสุดท้ายที่อ่านได้อาจเป็นเปอร์เซ็นต์ ERH (0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์) หรือ a_w (0 ถึง 1.0)

ภาพ 3.14 เครื่องวัด Water Activity (Aw)

วิธีการใช้เครื่อง

1. ใช้หาค่า Water Activity ของ Sample ต่าง ๆ และอาหาร
2. วิธีตังค่าอุณหภูมิ
   - ปรับตั้งค่าอุณหภูมิได้ที่ส่วน REG-03
   - ดูค่าสมมูลระหว่างค่าที่จะ SET กับอุณหภูมิจากตาราง TEMP/SET ด้านล่าง
   - หมุนปุ่มสวิตช์ตั้งค่า SET ที่ตรงกับอุณหภูมิที่ต้องการ
3. การใส่ Sample
   - เปิดฝาของ Aw-Box
   - หมุนฝาปิดหัว Sensors ออก
   - ใส่ Sample ในตลับ แล้วค่อย ๆ วางลงที่หลุม Sample
   - ปิดฝาปิดหัว Sensors
   - ปิดฝาของ Aw-Box
4. การอ่านค่าจากเครื่อง จะแสดงผลเป็นตัวเลขเมื่อถึงจุดสภาวะคงที่ของค่า Aw ที่วัดได้ สังเกตุจากตัวเลขจะคงที่ หรือเครื่องหมาย ∇ จะขึ้นครบ 4 อัน ทั้งบนและล่าง
5. การบันทึกเป็นกราฟ Sorption isotherms desorption curve / adsorption curve จะต้องใช้โปรแกรมทาง Sorftware เป็นตัวช่วยโดยการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับเครื่อง (บริษัทอีฟอร์เอ็มอินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด, 2539)

3.15 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (Spectrophotometer)

เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ช่วงคลื่นต่าง ๆ ของสารละลายที่บรรจุในหลอดคิวเวตต์ (Cuvette) หรือเซลล์ มีลักษณะคล้ายหลอดทดลอง หรือเป็นหลอดสี่เหลี่ยม ทำมาจากวัสดุใสที่มีขนาดแน่นอน ได้แก่ Quartz ใช้วัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ช่วงคลื่นอัลตราไวโอเลต (UV) ที่ 200-400 นาโนเมตร และพลาสติกหรือแก้วใช้วัดค่าการดูดกลืนแสงที่เห็นด้วยตาเปล่า (Visible light) ที่ 400–700 นาโนเมตร สำหรับคิวเวตต์ที่เป็นหลอดสี่เหลี่ยมจะทำให้มีด้านเป็นฝ้าไว้สองด้าน เพื่อกำหนดเป็นด้านที่มือจับป้องกันการเกิดรอยนิ้วมือรบกวนการวัดแก่ด้านใสที่ให้แสงผ่าน เครื่องมือวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงนี้มีหลายแบบขึ้นอยู่กับความละเอียด และช่วงคลื่นของแสงที่ใช้

องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่อง ได้แก่ แหล่งกำเนิดแสง (light source) ตัวเลือกช่วงคลื่นแสง (Monochromator) ที่บรรจุสารละลายตัวอย่าง (Cuvettes) ตัววัดความเข้มของแสง (Detector) อาจจะเป็นหน้าปัดสเกล หรือจอ LCD บอกค่าการดูดแสงหรือเปอร์เซ็นต์แสงส่องผ่าน (Absorbance หรือเปอร์เซ็นต์ Transmittance) และอาจมีเครื่องบันทึกประกอบด้วย

วิธีการใช้เครื่อง

กรณีที่ใช้วัดค่า Absorbance และ Transmittance มีดังนี้

1. เปิดสวิตช์เครื่อง กดปุ่ม nm (325 ถึง 1100 nm) เลือกค่าความยาวคลื่นที่ต้องการ
2. กดปุ่ม A/T/C (A=Absorbance, T=Transmittance, C=Concentration) เลือก Mode ที่ต้องการ
3. ใส่ Blank แล้วกดปุ่ม 0 ABS/100 เปอร์เซ็นต์ T เพื่อทำการ Setting blank
4. ใส่ตัวอย่างแล้วอ่านค่าที่วัดได้
5. เมื่อทำการวัดตัวอย่างทั้งหมดแล้ว นำ Cuvettes ที่บรรจุสารตัวอย่างออกจากเครื่อง ล้าง Cuvettes ด้วยน้ำสะอาดหรือน้ำกลั่น คว่ำให้แห้ง ห้ามเช็ดด้วยกระดาษทิชชู ผ้า หรือนำไปอบแห้ง ปิดเครื่องให้เรียบร้อย ก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ (http://www.upmarketing.co.th)

กรณีการใช้วัดค่าความเข้มข้น

1. เลือก Mode การวัดค่าความเข้มข้น จากปุ่ม A/T/C เลือก C
2. ใส่สารละลายมาตรฐาน (Standard solution) ในช่องใส่สาร
3. กดปุ่มเข้าไปที่ Standard จากหน้าจอเครื่องแล้วป้อนค่าความเข้มข้นสารละลายมาตรฐาน
4. นำสารละลายมาตรฐาน (Standard solution) ออกจากช่องใส่สาร
5. ใส่สารตัวอย่างที่ต้องการวัดลงในช่องใส่สาร
6. อ่านค่าที่วัดได้

ภาพ 3.15 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสง

3.16 เครื่องวัดความหนืด (Viscosity)

วัดความหนืดสามารถวัดได้ตั้งแต่ 1 - 320,000,000 cP (mPa.s) มีความเร็วรอบให้เลือกการใช้งาน 2600 ระดับ

- LVDV-III Ultra: 1+ - 6,000,000 cP (mPa.s) - ความเร็วรอบ 0.01 - 250 RPM
- RVDV-III Ultra: 100++ - 40,000,000 cP (mPa.s) - ความเร็วรอบ 0.01 - 250 RPM
- HADV-III Ultra: 200++ - 80,000,000 cP (mPa.s) - ความเร็วรอบ 0.01 - 250 RPM
- HBDV-III Ultra: 800++ - 320,000,000 cP (mPa.s) - ความเร็วรอบ 0.01 - 250 RPM

จอแสดงผลรายงานค่าต่าง ๆ ในรูปแบบดิจิตอล ค่าความหนืด (สามารถเปลี่ยนการแสดงผลในหน่วย cP หรือ mPa.s ได้) เปอร์เซ็นต์ Torque ความเร็วรอบและเบอร์ Spindle อุณหภูมิใช้ร่วมกับ RTD Temperatur Probe ซึ่งเป็นอุปกรณ์มาตรฐาน อัตราเฉือนและแรงเฉือนขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ตั้งไว้เมื่อมีการทดสอบความแม่นยำตลอดช่วงการวัด มีค่าการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน + 0.2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีการทดสอบซ้ำสามารถตั้งค่าโปรแกรมการทดสอบได้ถึง 10 โปรแกรม โดยการตั้งค่าที่หน้าจอของตัวเครื่องได้ทันทีมีฟังก์ชั่น Auto Range สำหรับการประมาณค่าความหนืดสูงสุดที่สามารถวัดได้ ณ สภาวะที่เลือกใช้งานสามารถปรับตั้งค่าต่าง ๆ ได้ง่ายเพียงกดปุ่มตัวเลขด้านหน้าของเครื่องวัดความหนืด มี Analog Output สำหรับเชื่อมต่อเครื่องพิมพ์แสดงผล และ RS 232 สำหรับเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ มีฟังก์ชันในการคำนวณการทดสอบในรูปแบบของสมการซึ่งสามารถใช้งานผ่านด้านหน้าของตัวเครื่องได้โดยตรง สามารถศึกษาค่า Yield Stress เมื่อใช้ร่วมกับ Vane Spindle ซึ่งเป็นอุปกรณ์เพิ่มเติม (http://www.spcgroup.co.th)

ภาพ 3.16 เครื่องวัดความหนืด

การเลือกใช้

1. ใช้วัดความหนืด (Viscosity) หรือความสามารถในการต้านทานการไหลของของไหล ซึ่งมีหน่วยเป็น centipoises (cP) หรือ milliPascal-seconds (mPa.s)

2. ตัวอย่างและการเลือกใช้หัวเข็ม

- น้ำมัน น้ำเชื่อม น้ำผึ้ง (พวก Newtonian Fluid) ใช้เข็ม Standard
- น้ำผลไม้ น้ำนม (ความหนืดต่ำกว่า 10 cP) ใช้เข็ม UL Adapter
- มายองเนส มะเขือเทศ (พวก Non Newtonian Fluid) ใช้เข็ม Helipath Stand

3. สามารถเพิ่ม speed ความเร็วรอบ ได้ตั้งแต่ 0.1-250 rpm

- Standard speed 0.1-250 rpm
- UL Adapter speed 0.1-250 rpm
- Helipath Stand speed 0.1-12 rpm

4. ปริมาณตัวอย่างที่ใช้

- Standard 500 ml ด้วยบีกเกอร์แก้วขนาด 500 มิลลิลิตร
- Small Sample Adapter 7.1 ml ด้วยอุปกรณ์ของ Small Sample
- Helipath Stand 500 ml ด้วยบีกเกอร์แก้วขนาด 600 ml

ขั้นตอนการใช้งาน

วัดแบบ Standard

1. เช็คระดับลูกน้ำ เปิด Switch Power ด้านหลังของเครื่อง
2. กดปุ่ม Moter On/Off เครื่องจะปรับศูนย์อัตโนมัติ (ไม่ต้องใส่เข็มที่จะวัด)
3. จุ่มเข็มเบอร์ที่ต้องการลงในตัวอย่างจนถึงรอย "MARK" ของเข็ม **ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ** กรณีตัวอย่าง เช่น น้ำมัน เป็นต้น
4. ป้อนข้อมูลของเข็มที่จะใช้วัดโดย
   - กดปุ่ม Select Spdl
   - กดปุ่มเบอร์ของเข็มจาก Key Pad ด้านหน้าเครื่อง **(รหัสของเข็ม** LV1=61,LV2=62,LV3=63,LV4=64)
   - กดปุ่ม Enter เพื่อยืนยันค่าของเข็มที่ป้อนในเครื่อง
5. เลือกความเร็วรอบที่จะใช้ใหม่
   - กดตัวเลขของ Speed ที่จะใช้จาก Key Pad ด้านหน้าเครื่อง
   - กดปุ่ม Enter เพื่อยืนยันค่าของ Speed ที่ป้อนในเครื่อง
6. ในกรณีที่ต้องการหยุดเครื่องขณะทำการวัดให้กดปุ่ม Moter On/Off
7. ในกรณีที่ต้องการดูข้อมูลในค่าอื่น ๆ เช่น เปอร์เซ็นต์ Scale, Viscosity (cP), Shear Rate, Shear Stress ให้เลือกดูได้โดยการกดปุ่ม Select Disp
8. กรณีต้องการทราบอุณหภูมิตัวอย่าง ขณะวัดให้ตัวปลั๊ก Rtd Prope เขากับด้านหลังเครื่องและจุ่มปลาย Rtd Prope ลงในตัวอย่าง

9. ปุ่ม Auto Range ใช้ในกรณีที่เราต้องการทราบว่าเข็ม ความเร็วรอบที่ใช้ในขณะนั้นสามารถวัดค่าความหนืดสูงสุดได้เท่าไหร่ โดยวัดจาก Speed ต่ำ แล้วค่อยเพิ่มอุณหภูมิของตัวอย่างปกติ ควรเป็น 25 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ ผู้ใช้สามารถเปลี่ยน Speed ขณะทำการวัดได้ โดยไม่ต้องปิดเครื่องก่อน

วิธีการใช้ UL Adapter

1. UL Adapter จะใช้กับตัวอย่างที่มีค่าความหนืดค่าน้อยมาก ๆ (<10 cP) เช่น นมสด น้ำผลไม้ เป็นต้น

2. ประกอบ UL Adapter เข้ากับตัวเครื่อง และ Set เบอร์ของเข็มที่ใช้กับ UL Adapter เป็นเบอร์ 00

3. ปริมาณตัวอย่างที่ใส่ลงใน Chamber คือ 16 mL

4. เริ่มหาความหนืดโดยใช้ Speed ให้สูงขึ้น โดยดูที่ค่าเปอร์เซ็นต์ Torgue เช่นเดียวกับการวัดแบบStandard

วิธีการใช้ Helipath Stand

1. Helipath Stand จะใช้กับตัวอย่างที่ไม่มีการไหลคืน เช่น มายองเนส มะเขือเทศ เป็นต้น
2. ประกอบเครื่อง Rhemoeter เข้ากับ Stand ของ Helipath
3. ตั้งราย 2 Gap ในการ Drive ของ Moter ให้เหมาะสมกับปริมาณตัวอย่าง ในการอ่านค่าของความหนืด จะอ่านในช่วงขาขึ้นของการ Drive Moter
4. Speed ในการใช้โดยการวัดของ Helipath จะไม่ใช้สูงเกิน 12 rpm
5. เบอร์ของเข็ม Helipath จะมีทั้งหมด 6 เบอร์โดยการ Set ดังนี้ T – A = 1, T – B = 92, T – C = 93, T – D = 94, T – E = 95, T – F = 96
6. เริ่มหาค่าความหนืดเช่นเดียวกับการวัดแบบ Standard

ข้อควรระวัง

1. การใส่และถอดเข็ม จะต้องมีการยกแกน Shaft ขึ้นและจับให้แน่นแล้วจึงหมุนเข็มใส่ประกอบกับแกน Shaft เพื่อลดการสึกหรอที่จะเกิดขึ้นกับจุดหมุน หรือใช้ชุด Quick connect coupling
2. ควรมีการใส่ Guard leg ทุกครั้ง เพื่อป้องกันเข็มกระแทกกับภาชนะใส่ตัวอย่าง
3. ควรระมัดระวังอย่าให้เข็มมีการตกหล่น อาจทำให้ เกิดการเสียรูปและคดงอ
4. ถ้าต้องเคลื่อนย้ายเครื่องวัดความหนืด ควรมีการล็อกแกน Shaft และใส่ Guard leg ทุกครั้งเพื่อลดการสึกหรอ ที่จะเกิดขึ้นกับจุดหมุน

การดูแลรักษา

1. การตรวจสอบเครื่องวัดความหนืดเบื้องต้น

1.1 ทดสอบการทำงานสภาวะของจุดหมุน

1.1.1 เปิดเครื่องวัดความหนืดถ้าเป็น รุ่นที่เป็น Digital ให้ทำการปรับศูนย์อัตโนมัติก่อน

1.1.2 หลังจากที่ทำการปรับศูนย์อัตโนมัติแล้วให้ดูค่าเปอร์เซ็นต์ Torque ที่หน้าจอเครื่องว่าเปอร์เซ็นต์ Torque ที่แสดงนั้นอยู่ในตำแหน่ง 0.0 เปอร์เซ็นต์ ± 0.3 เปอร์เซ็นต์ หรือไม่

1.1.3 จับแกน Shaft และหมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา จนกระทั่งหน้าจอโชว์ EEE

1.1.4 หลังจากนั้นปล่อยแกน Shaft จะเกิดการสวิงของ แกน Shaft รอจนกระทั่งแกน Shaft หยุดสวิง แล้วจึงดูค่าเปอร์เซ็นต์ Torque ที่หน้าจอว่าอยู่ ในตำแหน่งเดิมหรือไม่

- ค่าเปอร์เซ็นต์ Torque 0.0 เปอร์เซ็นต์ ± 0.3 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าจุดหมุนอยู่ในสภาพร้อมใช้งาน

- ค่าเปอร์เซ็นต์ Torque 0.0 เปอร์เซ็นต์ ± 0.3 เปอร์เซ็นต์-1.0 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าจุดหมุนอยู่ในสภาพเริ่มมีปัญหา

- ค่าเปอร์เซ็นต์ Torque 0.0 เปอร์เซ็นต์ ± 1.0 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป แสดงว่าจุดหมุ่นมีปัญหาต้องแก้ไข

1.2 ทดสอบการทำงานการแกว่งของเข็ม

1.2.1 เปิดเครื่องพร้อมการใช้งาน

1.2.2 ใส่เข็มเข้ากับแกน Shaft โดยใช้เข็ม #3

1.2.3 เลือกความเร็วรอบที่ 10, 12 rpm

1.2.4 ดูการแกว่งออกจากจุดศูนย์กลาง ไม่ควรเกิน ±3 mm. ถ้าเกินต้องทำการแก้ไข

2. การดูแลรักษาอื่นๆ

2.1 เครื่องวัดความหนืดต้องตั้งอยู่ที่พื้นแน่นหนามั่นคงแข็งแรง และก่อนการใช้ควรมีการตรวจสอบว่าตำแหน่งของการวางเครื่องวัดความหนืดอยู่ในแนวระนาบ

2.2 การใช้งานเครื่องวัดความหนืด ควรมีการใช้ร่วมกับเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้า (Stabilizer) โดยค่าความเคลื่อนของแรงดันไฟฟ้าไม่มากกว่า 230 Volt. ± 5 เปอร์เซ็นต์

2.3 หลังจากการใช้เครื่องวัดความหนืด จะต้องทำความสะอาดเข็มทุกครั้ง

2.4 การทำความสะอาดเข็ม สามารถใช้น้ำยาทำความสะอาดหรือสารเคมีได้ แต่ไม่ควรแช่ทิ้งไว้ อาจทำให้เกิดการกัดกร่อนได้

2.5 ในการทำความสะอาดเข็ม ห้ามใช้สก็อตไบร์ททำความสะอาด เนื่องจากจะทำให้เกิดการขีดข่วน

2.6 ควรมีการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของการวัดค่าความหนืด โดยใช้สารความหนืดมาตรฐาน หรือมีการส่งสอบเทียบภายนอก เพื่อให้เกิดความมั่นใจกับค่าที่ทำการวัด (ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556)

3.17 เครื่องวิเคราะห์โปรตีน

ชุดย่อยโปรตีนประกอบด้วย เตาหลุมให้ความร้อนจำนวน 8 หลุม ทำจากอลูมิเนียม สามารถให้ความร้อนสูงสุด 430 องศาเซลเซียส เพื่อให้ตัวอย่างที่มี Sulfuric acid และคะตะลิสต์ ถูกย่อยดังปฏิกิริยา

ตัวอย่างที่มีสารประกอบไนโตรเจน+ $H_2SO_4 \longrightarrow CO_2 \uparrow H_2O + (NH_4)_2\ SO_4 + SO_2 \uparrow$

CO_2 น้ำ และ SO_2 ที่เกิดขึ้นจะถูกเครื่อง Vacuum pump ดูดมาเก็บในถังบรรจุ Sodium hydroxide ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อปรับสภาพให้เป็นกลางจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ควรติดตั้งชุดย่อยโปรตีนในตู้ดูดควัน จากนั้นให้นำ Sodium hydroxide ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ใส่ในขวดดักกรด ปริมาตร 1 ลิตร ตรวจสอบชุดย่อยไม่ให้มีรอยรั่วบริเวณสายยางและท่อต่าง ๆ ควรสวมสายยางและท่อให้แน่น ๆ เพื่อป้องกันการรั่วของไอ Sulfuric acid และไอของ Sodium hydroxide หลังจากนั้นให้เติมน้ำในถังน้ำของเครื่อง Vacuum pump ให้อยู่ในระดับ Min ถึง Max จึงทำการเปิดเครื่อง (http://www.cjp-scientific.com)

ภาพ 3.17 เครื่องย่อยโปรตีน

เครื่องกลั่นโปรตีนมีหลักการทำงาน คือ เครื่องจะดูด Sodium hydroxide ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ ที่บรรจุในถังสีขาวด้านข้างเครื่อง เพื่อเติมลงในตัวอย่างซึ่งผ่านการย่อยโปรตีนเรียบร้อยแล้ว จากนั้นไอร้อนจากหม้อต้มน้ำภายในเครื่องจะทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่ตัวอย่าง เพื่อให้ได้ NH_3 ดังปฏิกิริยา

$$(NH_4)_2\ SO_4 + 2NaOH \longrightarrow 2NH_3 \uparrow + Na_2SO_4 + H_2O$$

NH_3 ที่ได้จะถูกเก็บในสารละลาย H_3BO_3 เกิดเป็นสารละลาย H_3BO_3 NH_3 ดังปฏิกิริยา

$$NH_3 + H_3BO_3 \longrightarrow H_3BO_3\ NH_3$$

สารละลาย H_3BO_3 NH_3 ที่ได้นำไปไตเตรตกับ H_2SO_4 ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล หรือ HCl ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เพื่อหาความเข้มข้นของไนโตรเจนและโปรตีน

จากหลักการทำงานของเครื่องจึงควรคำนึงถึงปริมาณ Sodium hydroxide ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ ที่ใช้หากพบว่าสารนี้มีปริมาณน้อยกว่า ¼ ของถัง ให้เติมเพิ่มในถัง อย่างน้อย 1 ลิตร ในการกลั่นโปรตีนจะใช้ Sodium hydroxide ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ เติมลงในตัวอย่างเพื่อให้ตัวอย่างมีสภาพเป็นด่างเกินพอ และให้เกิด NH_3 ออกมา ดังนั้นปริมาณ Sodium hydroxide ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ ที่ใช้จึงขึ้นกับความเป็นกรดและด่างของตัวอย่าง โดยทั่วไปการกลั่นโปรตีนจะใช้ Sodium hydroxide ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 70-90 มิลลิลิตร วิธีการสังเกตความเป็นด่างเกินพอของตัวอย่าง ให้สังเกตจากสีของตัวอย่าง ซึ่งจะมีสีดำเข้มหรือน้ำเงินเข้มเท่านั้น

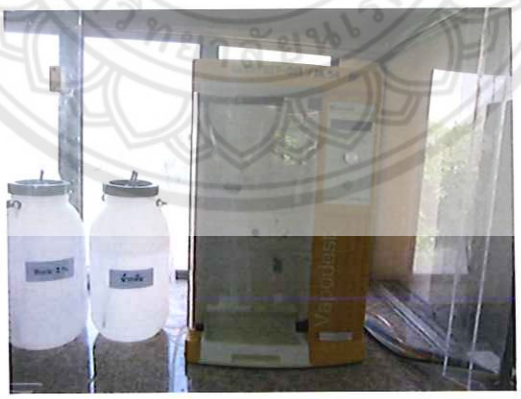
การวิเคราะห์หาโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ

1. การย่อยตัวอย่าง (Digestion) ด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น ไนโตรเจนในตัวอย่างจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมซัลเฟต $(NH_4)_4\ SO_4$ ภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูงโดยมีสารเร่งปฏิกิริยา เช่น $CuSO_4$, Se, $HgSO_4$, HgO หรือ $FeSO_4$

2. การกลั่นแอมโมเนีย (Distillation) โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ มาทำปฏิกิริยากับเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตที่ได้จากการย่อยตัวอย่างแล้ว จะได้ก๊าซแอมโมเนีย ซึ่งจับก๊าซนี้ได้ด้วยสารละลายบอริค

3. การไตเตรตเพื่อหาปริมาณไนโตรเจน (Titration) เป็นการนำสารละลายกรดบอริค ซึ่งจับก๊าซแอมโมเนียไว้ มาไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก

4. การคำนวณ นำปริมาณสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรต ไปคำนวณหาปริมาณไนโตรเจน แล้วคูณกับ Kjeldahl factor ซึ่งค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนในโปรตีนอยู่ที่ร้อยละ 16 ได้เป็นค่าโปรตีนหยาบ (Crude protein) (พิมพ์เพ็ญ, 2553)



ภาพ 3.18 เครื่องวิเคราะห์โปรตีน

วิธีการใช้เครื่องโปรตีน

ขั้นตอนการย่อย

1. ชั่งตัวอย่างของแข็งให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 0.5-1 กรัม (ตัวอย่างของเหลวใช้ปริมาตร 10-15 มิลลิลิตร) ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีนและทำแบลงค์ด้วย

2. เติม Mixed Catalyst ปริมาณ 10 กรัม หรือประมาณ 1 ช้อนชา เติมในหลอดย่อยที่มีตัวอย่างอยู่

3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 98 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 20 มิลลิลิตร นำหลอดย่อยที่บรรจุตัวอย่างมาใส่ Rack (การเติมกรดซัลฟูริกลงในหลอดย่อยให้ชะตัวอย่างที่ติดข้าง ๆ หลอดด้วย โดยหมุนหลอดย่อยไปรอบ ๆ)

4. นำ Rack พร้อมหลอดย่อยที่บรรจุตัวอย่างอาหารไปย่อยในเตาย่อย โดยใส่ให้ก้นหลอดย่อยลงอยู่ในหลุมเตาและปิดหลอดย่อยด้วยอุปกรณ์ดักจับไอกรด

5. เปิดสวิตช์เครื่องดักจับไอกรด เตาย่อย และตู้ดูดควัน กดปุ่ม Set ที่เตาย่อยเพื่อตั้งอุณหภูมิที่ 430 องศาเซลเซียส ทำการย่อยจนได้สารละลายเป็นสีเขียว-น้ำเงินใส ในขณะทำการย่อยสามารถยก Rack เพื่อเช็คดูตัวอย่างที่ย่อยได้

6. เมื่อย่อยจนได้สารละลายในหลอดเป็นสีเขียว-น้ำเงินใส ปิดสวิตช์เตาย่อย ยก Rack ที่มีหลอดย่อยวางไว้บนขาตั้งเหนือเตาย่อย ทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ดูดควัน

7. เมื่อสารละลายเย็นลงจะเป็นสีฟ้า ปิดก๊อกน้ำโดยหมุนตามลูกศรในทิศ Close ยกสวิตช์เครื่องดูดควันไปที่ OFF

8. นำหลอดย่อยออก เพื่อนำไปกลั่นต่อไป

ขั้นตอนการกลั่นและไตเตรต

1. เปิดสวิตช์เครื่องวิเคราะห์โปรตีนและเปิดเครื่องทำน้ำหล่อเย็น

2. เตรียมสารละลายบอริค 2 เปอร์เซ็นต์ เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 เปอร์เซ็นต์ และเตรียมน้ำกลั่นใส่ในถังของเครื่องให้เรียบร้อยก่อนการกลั่น

3. นำหลอดเปล่าวางใต้ก้าน Condenser เพื่อทำการ Cleaning เครื่องก่อนการใช้งาน โดยกดโปรแกรมไปที่ M 00 Selection จากนั้นกด Continue เครื่องจะเริ่มทำการ Cleaning เมื่อล้างเครื่องเสร็จแล้วให้นำหลอดย่อยออกจากเครื่องกลั่น โดยใช้น้ำกลั่นล้างท่อนำก๊าซ จากนั้นนำขวดรูปชมพู่ออกจากเครื่องโดยใช้น้ำกลั่นล้างท่อนำก๊าซ

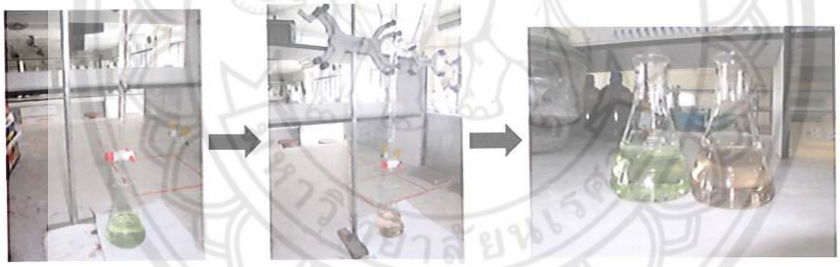
4. หยด Mixed indicator 3 หยด ลงในขวดรูปชมพู่ จากนั้นนำมาเข้าเครื่องกลั่น

5. นำหลอดย่อยที่บรรจุตัวอย่างเข้าเครื่องกลั่น ทำการกดโปรแกรมไปที่ M 01 Selection จากนั้นกด Continue เครื่องจะทำการเติมน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร เติมบอริค จำนวน 20 มิลลิลิตร และเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 90 มิลลิลิตร โดยอัตโนมัติ ทำการกลั่นนานประมาณ 4 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา นำขวดรูปชมพู่และหลอดย่อยออกจากเครื่องกลั่น ให้ใช้น้ำกลั่นล้างท่อนำก๊าซทั้ง 2 หลอด

6. นำตัวอย่างในขวดรูปชมพู่ที่ได้จากข้อ 5 มาไตเตรต ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐานความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนได้จุดยุติเป็นสีชมพู บันทึกปริมาตร

ขั้นตอนการย่อย

ขั้นตอนการกลั่น



ขั้นตอนการไตเตรต

ภาพ 3.19 ขั้นตอนการวิเคราะห์โปรตีน

ข้อควรระวัง

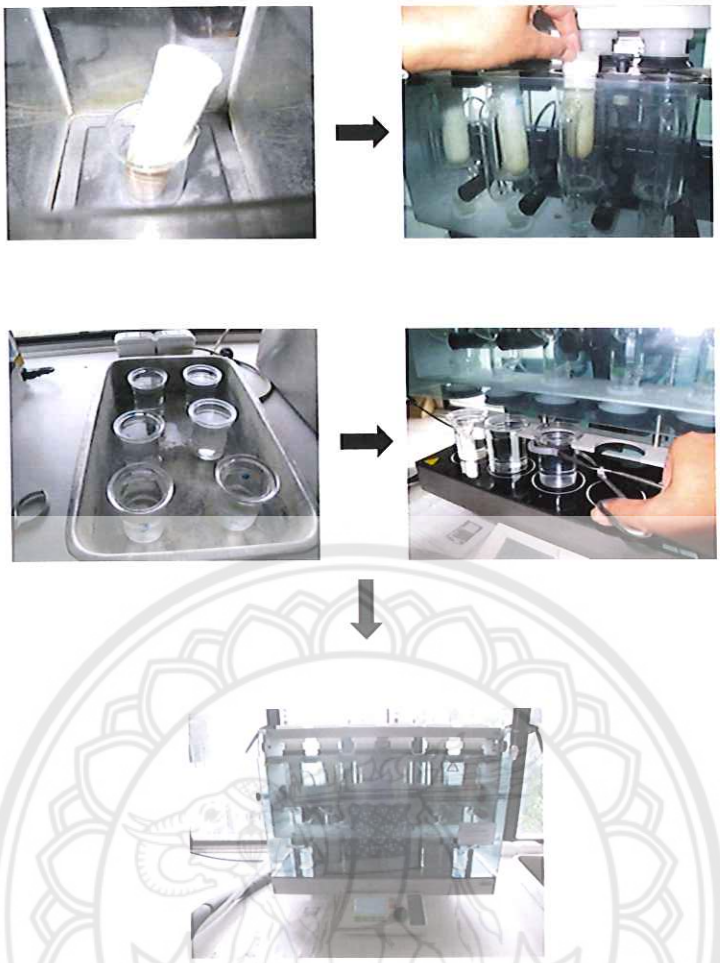
เมื่อย่อยตัวอย่างจนเป็นสีเขียว-น้ำเงินใสแล้ว รอจนสารละลายเย็น ให้เช็คดูข้างหลอดย่อย หากมีคราบสีดำติดข้างหลอดให้เอียงหลอด ระวังอย่าเอียงมากเกินไปสารละลายในหลอดจะหก และหมุนหลอดเป็นวงกลม เพื่อชะล้างคราบสีดำที่ติดข้างหลอดและนำไปย่อยต่อจนคราบสีดำละลายหมด

3.18 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน

เป็นเครื่องมือสกัดหาปริมาณไขมันด้วยระบบอัตโนมัติ (Fully automatic) สามารถทำการสกัดได้ ครั้งละ 6 ตัวอย่าง ส่วนที่ให้ความร้อน เป็นแท่นให้ความร้อน (Hot plate) ทำด้วยเซรามิค สามารถให้ความร้อนรวดเร็วและทำความสะอาดง่าย มีชุดควบแน่น (Coil condenser) ทำด้วยแก้วภายในขดเป็นเกลียว เชื่อมต่อกับบริเวณ PTFE cylinder เพื่อทำให้การควบแน่นตัวทำละลายเป็นไปอย่างสมบูรณ์ มีระบบ Solvent recovery เก็บตัวทำละลายลงในถังเก็บ (Solvent-recovery tank) ที่อยู่ภายในเครื่อง โดยมี level indicator บอกระดับปริมาตรตัวทำละลายภายในถังเก็บ และมีวาล์วสำหรับไขตัวทำละลายออก เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้ สามารถใช้ได้กับ Thimble หลายขนาด เพื่อความเหมาะสมในการวิเคราะห์ตัวอย่างชนิดต่าง ๆ เครื่องวิเคราะห์ไขมันจะใช้ตัวทำละลายในปริมาณน้อย เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้สกัดสารแล้วจะถูกทำให้ระเหยและควบแน่นกลับมาเมื่อเจอกับระบบน้ำหล่อเย็น ทำให้สกัดได้อีกเป็นลักษณะหมุนเวียน โดยตัวทำละลายที่ใส่เข้าไปในเครื่องจะหมุนเวียนผ่านสารที่ต้องการสกัดหลาย ๆ ครั้ง เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัด จนกระทั่งสารที่ต้องการสกัดออกมามีปริมาณเข้มข้นมากพอ

วิธีการใช้เครื่อง

1. เปิดเครื่องทำน้ำหล่อเย็น
2. บดตัวอย่างที่ต้องการจะวิเคราะห์ให้ละเอียด ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง จำนวน 2 กรัม ใส่ลงในทิมเบิล (Thimble)
3. นำทิมเบิล (Thimble) ใส่ใน Extraction Chamber
4. นำบีกเกอร์ไปอบและชั่งน้ำหนัก แล้วเติมตัวละลาย (ปิโตรเลียมอิเทอร์) ลงในบีกเกอร์จำนวน 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำบีกเกอร์มาวางบนแท่นให้ความร้อน
5. เปิดเครื่องทำความร้อน เพื่อให้เกิดการกลั่นตัวของตัวทำละลาย นานประมาณ 2 ชั่วโมง หรือประมาณ 20 ไซฟอน
6. หลังจากสกัดครบตามจำนวนชั่วโมง เครื่องจะเตือนให้เอาตัวทำละลายออกจากเครื่อง จากนั้นนำบีกเกอร์ที่มีไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (http://www.buchi.co.th/Features.21128.0.html)



ภาพ 3.20 ขั้นตอนการวิเคราะห์ไขมัน

3.19 เตาเผา (Muffle furnace)

เตาเผาเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเผาตะกอนที่อุณหภูมิสูง ๆ เตาเผาประกอบด้วยห้องเล็ก ๆ มีฉนวนเป็นอิฐทนความร้อนหุ้มอยู่โดยรอบ เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนออกมาภายนอก และสามารถคงความร้อนภายในเตาเผาไว้ได้ และมีประตูปิด-เปิดได้ ไฟฟ้าจะทำให้ขดลวดเกิดความร้อนและสามารถให้อุณหภูมิสูงถึง 1,400 องศาเซลเซียส จึงเหมาะที่จะใช้เผาตะกอนตัวอย่าง ตะกอนที่เผาแล้วจะเปลี่ยนอยู่ในรูปของออกไซด์ นอกจากนี้ยังใช้เตาเผาสำหรับเผาทำลายสารอินทรีย์ที่ปะปนอยู่ในตัวอย่างสารอนินทรีย์ได้อีกด้วย การเผาตัวอย่างที่เป็นสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ การให้ความร้อนแก่โลหะ การทดสอบการเผาไหม้ gravimetric analysis การทดสอบการระเหย และ suspended soil อุปกรณ์ทำความร้อน (Heating element) เป็น Kanthal และชนิดของ Thermocouple K type ตัวตู้ทำจากสเตนเลสสตีล เคลือบภายนอกด้วย Powder coated steel มีฉนวนทำจากใยเซรามิค ขึ้นรูปมี Heating element ฝังอยู่ที่ผนังทั้ง 4 ด้าน ทำให้มีความทนต่อไอกรด ไอน้ำ และการปนเปื้อน และยังช่วยให้อุณหภูมิในตู้มีความสม่ำเสมอ สำหรับการใช้งานในห้องปฏิบัติการ เตาเผาใช้ในการเผาตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า และวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย โดยใช้อุณหภูมิในการเผาตัวอย่าง 525-550 องศาเซลเซียส (ประพีร์, 2528)

ในการวิเคราะห์เถ้า อุณหภูมิที่เผาไหม้สารอินทรีย์ต้องสูงเพียงพอที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ต้องให้ความร้อนจนกระทั่งได้เถ้าที่มีสีสม่ำเสมอ เป็นสีขาวหรือเทา ไม่เป็นก้อน หรือไม่เหลือคาร์บอนที่เผาไหม้ไม่หมด ความคลาดเคลื่อนของปริมาณเถ้าเกิดได้จากการสลายของคาร์บอเนตที่เกิดอย่างต่อเนื่อง หรือการสูญเสียสารระเหย เช่น คลอไรด์ นอกจากนี้น้ำหนักเถ้าจะเปลี่ยนอย่างเร็วเนื่องจากสามารถดูดความชื้นได้ดี ดังนั้นต้องระมัดระวังระหว่างการชั่งน้ำหนักด้วย (วรางคณา, 2553)

ภาพ 3.21 เตาเผา

วิธีการใช้เครื่อง

1. เปิดสวิตซ์ไฟฟ้าปุ่มสีดำทางด้านหน้า
2. กดโหมดเพื่อทำการตั้งเวลา และอุณหภูมิ ตามที่ต้องการ
3. นำตัวอย่างที่ใส่ใน Crucible ใส่ในเตาเผา จะต้องเปิดฝา Crucible เล็กน้อย (ตัวอย่างต้องผ่านการไล่ความชื้นแล้ว)
4. ปิดฝาเครื่อง เครื่องจะเริ่มทำงานด้วยการเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 550 องศาเซลเซียส และเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิดังกล่าวเป็นเวลา 3 ชั่วโมง
5. ถอดปลั๊ก และปิดเตาด้วยสวิตซ์ด้านหน้า (เมื่ออุณหภูมิแสดงผลที่หน้าจอต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส)
6. นำ crucible ที่ใส่ตัวอย่าง จากการเผาแล้วไปวิเคราะห์หาค่าเถ้าต่อไป

3.20 เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย

เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย Crude fiber เป็นเครื่องมือสำหรับหาปริมาณกากและเยื่อใย ได้ครั้งละ 6 ตัวอย่างพร้อมกัน ตัวเครื่องทำจากโลหะเคลือบสี Epoxy มีความทนทานสูง สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ตั้งแต่ 0.5-3.0 กรัม โดยมีความแม่นยำในการวิเคราะห์ Reproducibility ± 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำการสกัดและการกรองได้ในระบบเดียวกันและไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนถ้วย Crucible ใส่ตัวอย่าง ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการวิเคราะห์

ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ คือ

1. มี Air pump สำหรับเป่าลมดันตัวอย่างขึ้น ป้องกันตัวอย่างติด Crucible เพื่อช่วยในการกรอง
2. มี Peristaltic pump สำหรับดูดกำจัด Reagent หรือ Solvent ออกจากระบบ
3. สามารถตั้งเวลาในการสกัด 0-60 นาที เมื่อสิ้นสุดเวลาที่ตั้งและจะมีเสียงเตือน Acoustic alarm
4. มีท่อน้ำทิ้งของ Cooling water และของ Reagent แยกกันคนละท่อ
5. ที่ตั้ง Crucible จะประกอบด้วยสปริง เพื่อเพิ่มความสะดวกในการปรับถ้วย Crucible
6. สามารถควบคุมการทำงานในขั้นตอนการล้างและการกรอง แต่ละตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน
7. มีฟิวส์สำหรับตัดการทำงานในกรณีที่เครื่องทำงาน Over load
8. มีฝาปิดป้องกันฝุ่นและแมลง
9. ระบบให้ความร้อนเป็นหลอด Infrared monotube

วิธีการใช้เครื่อง

1. เปิด cooling bath (ตามวิธีการใช้งาน cooling bath)
2. เสียบปลั๊กไฟฟ้าที่ 220 V. AC. และเปิดเครื่องด้วยสวิตช์ทางด้านหน้า
3. นำตัวอย่างใส่ใน glass crucible แล้ววางลงบนหลุมที่อยู่บนตัวเครื่อง
4. ดึงคานสีดำลงมา เพื่อให้ส่วนท่อแก้วคอนแดนเซอร์ประกบติดแน่นกับ glass crucible
5. เติม 1.25 เปอร์เซ็นต์ sulfuric acid (ต้มให้เดือดก่อน) ใส่ในท่อแก้วคอนแดนเซอร์ที่มีตัวอย่างอยู่จนถึงระดับ 150 มล. (เส้นสีขาวขีดที่ 2) พร้อมกับหยด n-octanol 3–5 หยด
6. หมุนปุ่ม “Heating” ไปที่หมายเลข 8 รอจนส่วนผสมเดือดแล้วต้มต่อไปอีก 30 นาที (ตำแหน่ง “valve” ด้านหน้าเครื่องให้อยู่ที่ตำแหน่ง close)
7. หมุนปุ่ม “Heating” ไปที่เลข 0 เปิด valve ไปที่ตำแหน่ง “ vacuum ” เพื่อระบาย sulfuric acid ออก
8. ล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน 3 ครั้ง ๆ ละ 50 มล. โดยการล้างแต่ละครั้งให้ปิด valve ไปที่ตำแหน่ง “ Pressure” แล้วกดสวิตช์ “ Pressure” เพื่อดันให้อากาศผ่านฐานของ glass crucible ทำให้ส่วนผสมใน glass crucible คลุกเคล้ากันตลอด แล้วค่อยเปิด valve ไปที่ตำแหน่ง “ vacuum ” แล้วกดสวิตช์ “ vacuum ” เพื่อระบายน้ำกลั่นที่ใช้ล้างออก แล้วปิด valve ไปที่ตำแหน่ง “ Closed ”

9. เติม 1.25 เปอร์เซ็นต์ sodium hydroxide (ต้มให้เดือดก่อน) ใส่ในท่อแก้วคอนแดนเซอร์ ที่มีตัวอย่างอยู่จนถึงระดับ 150 มิลลิลิตร (เส้นสีขาวขีดที่ 2) พร้อมกับหยด n – octanol 3-5 หยด

10. ทำตามขั้นตอนข้อ 6 , 7 และ 8 อีกครั้ง

11. ล้างด้วยน้ำกลั่น จำนวน 50 มิลลิลิตร อีก 1 ครั้ง แล้วล้างด้วย acetone 2 ครั้ง ๆ ละ 25 มิลลิลิตร (ทำเหมือนข้อ 8 แต่เปลี่ยนสารละลายที่ใช้)

12. ปลดคานสีดำขึ้นไป เพื่อให้ส่วนท่อแก้วคอนเดนเซอร์ แยกออกจาก glass crucible

13. นำ glass crucible ออกจากหลุมที่อยู่ในตัวเครื่อง เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่า เปอร์เซ็นต์เยื่อใยต่อไป

14. ถอดปลั๊กแล้วปิดเครื่องด้วยสวิตซ์ทางด้านหน้า

15. ปิด cooling bath (www.chatchree.com)

ภาพ 3.22 เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย

วิธีการใช้เครื่องเยื่อใยแบบ Manual

1. เปิดเครื่องทำน้ำหล่อเย็น สำหรับระบบ Reflux ให้มีน้ำไหลในอัตรา 1-2 ลิตรต่อนาที
2. เปิดสวิตซ์เครื่องวิเคราะห์
3. ชั่งตัวอย่าง จำนวน 1.0 กรัม (W) ใส่ในบีกเกอร์สำหรับสำหรับวิเคราะห์เยื่อใย ขนาด 600 มิลลิลิตร ที่สะอาด ผ่านการอบแห้ง
4. เติมกรด Sulfuric acid 0.128 โมลาร์ จำนวน 150 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ ให้สัมผัสกับตัวอย่างอาหารโดยตรง
5. เติม n.Octanol 3-5 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟอง
6. วาง beaker บน heater ค่อย ๆ ยกปุ่มลง-ขึ้นช้า ๆ จนกระทั้งสวมเข้าพอดีกับ condenser ซึ่งอยู่ด้านบน เปิด main power switch ทางขวาของเครื่องไปที่ตำแหนง่ “ON”แล้วเปิดปุ่มที่ควบคุม heater เฉพาะหน่วย ไปที่หมายเลข 6 ต้มจนเดือดเป็นเวลา 30 นาที
7. เมื่อครบกำหนดเวลา นำบีกเกอร์ออกจากเครื่อง ใช้ถุงมือกันความร้อนจับกับบีกเกอร์ จากนั้นค่อย ๆ ยกปุ่มลงนำบีกเกอร์ออกจากเครื่อง

8. นำบีกเกอร์มากรองสารละลายกรด Sulfuric acid ออก โดยใช้เครื่อง Vaccum Pump ติดตั้งกับชุดกรองเยื่อใยที่มี Crucible อยู่

9. ล้าง Crucible ที่มีกรดเหลืออยู่ด้วยน้ำกลั่น (น้ำกลั่นให้อุ่นในเตาให้ความร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียส) 3 ครั้ง ครั้งละ 30 มิลลิลิตร

10. นำ Crucible ที่มีตัวอย่างอยู่ เทลงในบีกเกอร์ เติม Potassium hydroxide 0.223 โมลาร์ จำนวน 150 มิลลิลิตร ทำซ้ำข้อ 5-7

11. นำบีกเกอร์มากรองสารละลายกรด Potassium hydroxide ออก โดยใช้เครื่อง Vaccum Pump ติดตั้งกับชุดกรองเยื่อใยที่มี Crucible อยู่

12. ล้าง Crucible ที่มีด่างเหลืออยู่ด้วยน้ำกลั่น (น้ำกลั่นให้อุ่นในเตาให้ความร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียส) 3 ครั้ง ครั้งละ 30 มิลลิลิตร

13. ล้างตัวอย่างด้วยสารละลาย Acetone 3 ครั้ง ครั้งละ 25 มิลลิลิตร

14. นำ Crucible ที่มีตัวอย่างอยู่ออกจากเครื่อง แล้วไปอบในตู้อบความร้อน ที่อุณหภูมิ 100-102 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง หรืออบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน โถดูดความชื้น นำ Crucible ไปชั่งน้ำหนัก (W1)

15. นำ Crucible จากข้อ 14 ไปเผาใน Furnance ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น นำ Cruciber ไปชั่งน้ำหนัก (W2)

ภาพ 3.23 ขั้นตอนการวิเคราะห์เยื่อใยแบบ Manual

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2547. คู่มือความรู้พื้นฐานสำหรับเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม. ฝ่ายคุณภาพสิ่งแวดล้อมและห้องปฏิบัติการกรมควบคุมมลพิษ. กรุงเทพมหานคร.

กลุ่มผู้ปฏิบัติงานประจำห้องปฏิบัติการ. 2551. คู่มือการให้ห้องปฏิบัติการ. คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ดลฤดี พิชัยรัตน์. 2556. บทปฏิบัติการวิชาเคมีอาหาร. สาขาอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์ประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง.

ดวงฤดี ภู่พระประเสริฐ. 2554. เคล็บลับวิธีการใช้เครื่อง Vaccum pum อย่างง่าย. เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 15 ภูเก็ต.

บริษัทซี เจ พี ไซแอนติฟิค จำกัด. 2556. คู่มือการใช้และรายละเอียดเครื่องย่อยโปรตีน. http://www.cjp-scientific.com สืบค้นเมื่อวันที่ 13 มิถุนายน 2556.

บริษัทชัชรีย์ โฮลดิ้ง จำกัด. 2547. คู่มือการใช้เครื่องกวนสารละลายแบบมีแผ่นให้ความร้อน. www.chatchree.com สืบค้นเมื่อวันที่ 6 มกราคม 2557.

บริษัทชัชรีย์ โฮลดิ้ง จำกัด. 2540. คู่มือการใช้เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย. www.chatchree.com สืบค้นเมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม 2557.

บริษัทไซแอนติฟิค โปรโมชั่น จำกัด. 2510. คู่มือการใช้และรายละเอียดเครื่องวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (Spectrophotometer). http://www.upmarketing.co.th/Thermo%20Genesys%2020.html สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มิถุนายน 2556.

บริษัทไซแอนติฟิค โปรโมชั่น จำกัด. 2552. คู่มือการใช้และรายละเอียดเครื่องลดความดันโดยใช้น้ำ. เขตพระโขนง กรุงเทพฯ.

บริษัทไซแอนติฟิค โปรโมชั่น จำกัด. 2539. คู่มือการใช้และรายละเอียดเครื่องวัดความหนืด. (http://www.spcgroup.co.th) สืบค้นเมื่อวันที่ 25 เมษายน 2557.

บริษัทอีฟอร์เอ็มอินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด, 2539. คู่มือการใช้และรายละเอียดเครื่องวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water Activity) เขตสัมพันธวงศ์ กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ เชื้อทอง, อัญชัน ชุณหะหิรัณย์, วิชชุดา สังข์แก้ว, เสาวนีย์ เสาวภาพโสภา, สิรินาถ เมฆมณี. 2540. ปฏิบัติการเคมีทั่วไปและปฏิบัติการเคมีทั่วไป 1. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย เทคนิคปฏิบัติการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์. ข้อปฏิบัติการทั่วไปในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ.

นัฏชา เปี่ยมคล้า. 2547. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทอดทุเรียนสุกแช่แข็งด้วยเครื่องทอดสูญญากาศ. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอาหาร) สาขาวิชาวิศวกรรมการอาหาร ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร 95 หน้า.

บริษัทนานาซัพพลายเออร์ ดอท คอม จำกัด. 2551. คู่มือการใช้ตู้อบความร้อน. http://green-innovatech.nanasupplier.com สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน 2556.

บริษัทบูชิ (ไทยแลนด์) จำกัด. 2551. คู่มือการใช้และรายละเอียดเครื่องกลั่นระเหยแห้ง Rotary Evaporator. http://www.technoinhome.com สืบค้นเมื่อวันที่ 6 มิถุนายน 2556.

บริษัทบูชิ (ไทยแลนด์) จำกัด. 2551. คู่มือการใช้และรายละเอียดเครื่องวิเคราะห์ไขมัน http://www.buchi.co.th/Features.21128.0.html สืบค้นเมื่อวันที่ 12 มิถุนายน 2556.

ประพีร์ ผลอนันต์. 2538. เคมีวิเคราะห์ 1. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2553. ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. http://www.foodnetworksolution.com สืบค้นเมื่อวันที่ 12 มิถุนายน 2556.

วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2541. บทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง.

วรางคณา เตมียะ. 2553. คู่มือปฏิบัติงานกระบวนวิชา Food Analysis. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2556. เอกสารการอบรมและสอบวัดผลความรู้ทางด้านความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือและห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักศึกษาทำโครงการพิเศษ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

สมศักดิ์ วาทินชัย. 2553. การใช้ตู้ดูดควันสารเคมีเพื่อความปลอดภัย. บริษัทดีไซน์ออลเทอร์เนทีฟ จำกัด. http://www.ashraethailand.org สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มิถุนายน 2556.

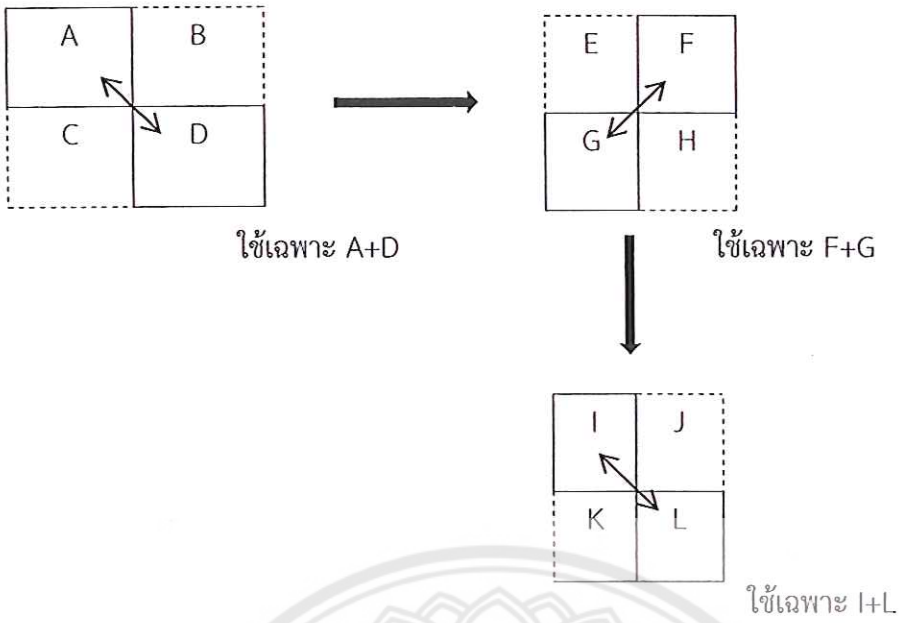
บทที่ 4
การสุ่มตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่าง

สิ่งที่สำคัญที่สุดในการวิเคราะห์อาหารคือ การสุ่มตัวอย่างอาหารสำหรับนำมาวิเคราะห์ เพราะผลการทดลองจะถูกต้อง หรือคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากการเตรียมตัวอย่างอาหารสำหรับการวิเคราะห์ ตัวอย่างอาหารที่จะนำไปวิเคราะห์จะต้องเป็นตัวแทนของตัวอย่างทั้งหมดได้ ดังนั้นก่อนที่จะแบ่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ จะต้องผสมตัวอย่างอาหารให้เป็นเนื้อเดียวกันเสียก่อน และจะต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับอาหารที่จะนำไปวิเคราะห์ด้วย โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้ (วันเพ็ญ, 2541)

1. ทราบข้อมูลตัวอย่างอาหารนั้น ๆ ได้แก่ ปริมาณ หรือจำนวนตัวอย่าง วันเดือนปีที่ผลิตหรือวันเดือนปีที่หมดอายุ ผู้ผลิต และสถานที่ผลิต เป็นต้น
2. ทราบ หรือสังเกตสภาพระหว่าง หรือภายหลังการเก็บตัวอย่างมาแล้ว เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และแสง เป็นต้น
3. ตัวอย่างอาหารต้องไม่เน่าเสียอันเนื่องมาจากแบคทีเรีย หรือเกิดจากปฏิกิริยาการย่อยสลายของเอนไซม์ หรือเกิดจากการเหม็นหืนเนื่องจากความชื้น แสง และความร้อน หรือเกิดจากการปนเปื้อนจากสิ่งอื่น ๆ ภายหลังการเก็บตัวอย่างแล้ว
4. ภายหลังการเก็บตัวอย่างมาแล้วควรเก็บไว้ในภาชนะที่แห้ง สะอาด มีฝาปิดสนิท บางครั้งอาจจำเป็นต้องเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำ
5. ถ้าตัวอย่างอาหารมีจำนวนมากให้สุ่มออกมาประมาณร้อยละ 10-20 ของจำนวนที่มีอยู่ในกลุ่มนั้น หรือประมาณร้อยละ 5-10 โดยน้ำหนักของตัวอย่างอาหารนั้น ถ้าตัวอย่างอาหารเป็นกองใหญ่มากจะเท่ากับรากที่สองของจำนวนที่มีทั้งหมดในกองนั้น

การสุ่มตัวอย่างจากตัวอย่างอาหารที่มาก ๆ จะต้องสุ่มออกมาจากหลาย ๆ แห่ง แล้วมารวมกัน แล้วสุ่มใหม่เพื่อให้จำนวนตัวอย่างอาหารลดลง โดยใช้วิธีที่เรียกว่า Quartering

การทำ Quartering นำตัวอย่างอาหารทั้งหมดที่สุ่มได้มารวมกันและผสมให้เข้ากัน นำไปวางบนแผ่นกระดาษหรือผิวโต๊ะที่สะอาด แห้ง และเรียบ จัดตัวอย่างอาหารให้อยู่ในรูปวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส แล้วแบ่งออกเป็นสี่ส่วนเท่า ๆ กัน เอาสองส่วนที่อยู่ตรงข้ามทะแยงมุมกันมารวมกัน อีกสองส่วนที่เหลือแยกออกไปใช้ ทำซ้ำอีกครั้งและเก็บส่วนที่อยู่ตรงข้ามคนละด้านกับครั้งแรก ทำซ้ำสลับกันไปจนตัวอย่างอาหารเหลือจำนวนพอเหมาะสำหรับที่จะนำไปวิเคราะห์



ภาพ 4.1 วิธีการทำ Quartering
ที่มา : ลักขณาและนิธิยา (2536)

ภาชนะบรรจุตัวอย่างอาหาร ภาชนะที่ใช้ใส่ตัวอย่างต้องสะอาด ถ้าตัวอย่างต้องการวิเคราะห์หาความชื้น ภาชนะหรือขวดที่ใส่ต้องสะอาดและแห้งสนิทด้วยและควรเป็นขวดแก้วที่มีฝาเกลียวปิดได้สนิท อากาศเข้า-ออกไม่ได้

4.1 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์

การเตรียมตัวอย่างอาหารสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ จำเป็นต้องทำอย่างระมัดระวัง ละเอียดถี่ถ้วน เพราะถ้าทำไม่ดีผลการวิเคราะห์ที่ได้ออกมาจะใช้ประโยชน์ไม่ได้ การเตรียมตัวอย่างอาหารแต่ละชนิดมีข้อควรปฏิบัติแตกต่างกัน และจะต้องสอดคล้องกับวิธีการที่จะทำการวิเคราะห์ด้วย อาหารสามารถแบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้

4.1.1 อาหารแห้ง
4.1.2 อาหารเหลว
4.1.3 อาหารประเภทเนื้อ
4.1.4 อาหารประเภทไขมัน
4.1.5 อาหารอื่น ๆ

4.1.1 อาหารแห้ง โดยทั่ว ๆ ไปตัวอย่างอาหารแห้งจะนำมาบดให้ละเอียด แล้วผสมให้เข้ากันดีในโกร่ง (mortar) และอาหารแห้งบางชนิด เมื่อบดแล้วจะต้องนำไปร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาดต่าง ๆ ตามความเหมาะสมด้วย อาหารแห้งยังแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มคือ

4.1.1.1 อาหารผง เช่น ประเภทแป้ง ผงฟู เครื่องเทศ กาแฟคั่วบด โกโก้ และน้ำตาล เป็นต้น อาหารผงที่จะนำไปวิเคราะห์จะต้องบดให้ละเอียด และผสมให้เข้ากันดีในโกร่ง (mortar) บางชนิดต้องร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 mesh (ขนาดช่อง 0.84 มิลลิเมตร หรือ 0.0331 นิ้ว) และเก็บไว้ในภาชนะแห้ง สะอาด มีฝาปิดสนิท

4.1.1.2 ผักและผลไม้แห้ง เช่น ถั่วเมล็ดแห้งชนิดต่าง ๆ ธัญพืช และกัมเตรียมโดยบดตัวอย่างให้ละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 mesh และเก็บไว้ในภาชนะแห้งสะอาด มีฝาปิดสนิท

4.1.1.3 เครื่องเทศแห้ง นำมาสับหรือบดให้มีขนาดที่สามารถร่อนผ่านตะแกรง 8 mesh (ขนาดช่อง 2.38 มิลลิเมตร หรือ 0.093 นิ้ว) เก็บใส่ขวดแก้วฝาเกลียวที่สะอาด แห้ง และปิดสนิท ไม่ให้อากาศเข้า

4.1.2 อาหารเหลว มีหลายประเภทตัวอย่างเช่น

4.1.2.1 เครื่องดื่มน้ำอัดก๊าซ ได้แก่ เบียร์ และน้ำอัดลม เป็นต้น จะต้องเขย่าไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกที่อุณหภูมิห้อง ถ้าจำเป็นจะต้องมีการกรอง

4.1.2.2 เครื่องดื่มไม่อัดก๊าซ ได้แก่ น้ำผลไม้ และน้ำผลไม้เข้มข้น เป็นต้น ต้องผสมให้เข้ากัน และในส่วนที่จะนำมาวิเคราะห์ต้องมีส่วนของเนื้อผลไม้กระจายอยู่อย่างทั่วถึง

4.1.2.3 น้ำนม ไม่ควรคนแรง ๆ เพราะจะทำให้เกิดฟองอากาศ ควรผสมน้ำนมโดยการกลับขวดไปมาอย่างช้า ๆ หรือค่อย ๆ เทจากบีกเกอร์หนึ่งไปใส่ในบีกเกอร์อีกใบหนึ่ง

4.1.2.4 น้ำเชื่อม น้ำหวาน กากน้ำตาล นำไปเจือจางให้มีความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อุ่นเล็กน้อยและคนให้น้ำเชื่อมผสมกัน ถ้าหากขุ่นก็ควรกรอง

4.1.3 อาหารประเภทเนื้อ

4.1.3.1 เนื้อสด และเนื้อกระป๋อง บดผสมให้เข้ากันดีในโกร่ง ทำซ้ำอย่างน้อย 2 ครั้ง เก็บไว้ในขวดที่มีฝาปิดสนิทที่อุณหภูมิ 0-10 องศาเซลเซียส และเมื่อจะทำการวิเคราะห์จะต้องนำเนื้อ ที่แช่แข็งไปละลาย (thawing) เสียก่อน

4.1.3.2 ไส้กรอก ถ้าเป็นชนิดบรรจุอยู่ในไส้บรรจุ ให้ลอกไส้ออกให้หมด บดด้วยอัตราเร็วสูง ผสมให้เข้ากันดีในโกร่ง ทำซ้ำเช่นนี้อย่างน้อย 2-3 ครั้ง และถ้าเป็นตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์หาซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่ควรบดด้วยอัตราความเร็วสูง เพราะจะทำให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูญเสียไปได้และควรทำการวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ก่อนการวิเคราะห์อย่างอื่น

4.1.3.3 เนื้อปลาสด และปลากระป๋อง ถ้าเป็นปลาสดให้แยกส่วนก้าง และครีบออกให้หมด ใช้เฉพาะส่วนเนื้อ ถ้าเป็นปลากระป๋องอาจบดของทั้งหมดที่มีอยู่ในกระป๋อง หรือแยกเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อหรือของเหลวเพื่อวิเคราะห์เฉพาะอย่างก็ได้

4.1.3.4 ปลาแห้ง ปลารมควัน และปลาหมักเกลือ หั่นปลาตัวอย่างให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปบดให้เป็นเนื้อเดียวกัน อาจต้องทำการบดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด

4.1.3.5 หอย หอยชนิดไม่มีเปลือก แยกเอาส่วนที่รับประทานไม่ได้ออก ล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ แล้วบดให้เป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนหอยที่มีเปลือก ล้างหอยทั้งเปลือกให้สะอาด แยกเอาเปลือกออก ล้างน้ำให้สะอาดอีกครั้ง แล้วนำไปบดให้เป็นเนื้อเดียวกัน

4.1.4 อาหารประเภทไขมัน

4.1.4.1 ไขมันและน้ำมัน เนื่องจากไขมันเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ต้องนำมาอุ่นให้กลายเป็นของเหลว ถ้าขุ่นต้องกรองขณะร้อน และควรเก็บตัวอย่างไว้ไม่ให้ถูกแสง เพราะอาจเป็นการเร่งให้เกิดการเหม็นหืนได้

4.1.4.2 เนยและมาร์การีน อุ่นเนยตัวอย่างในขวดที่มีฝาปิดสนิทที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และค่อย ๆ เขย่าไปมาให้ผสมกันจนทั่ว

4.1.4.3 ครีม ถ้าครีมมีลักษณะแยกตัว ต้องผสมให้เข้ากันดีเสียก่อน จึงแบ่งไปทำการวิเคราะห์

4.1.4.4 น้ำสลัดชนิดข้น เช่น สลัดครีม และมายองเนส เนื่องจากอาหารตัวอย่างมีลักษณะผสมเป็นเนื้อเดียวกันอย่างดี ทำการคนเบา ๆ ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ และอย่าให้อีมัลชั่นเกิดการแตกตัวจะทำให้ได้ตัวอย่างที่ไม่ดี ก่อนนำไปวิเคราะห์

4.1.5 อาหารอื่น ๆ

4.1.5.1 ชอกโกแลต อาจนำมาแช่เย็นจนแข็งแล้วหักออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ บดผสมเข้ากัน เก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำ หรือนำมาหลอมเหลวในหม้อต้มน้ำแบบปรับอุณหภูมิได้ (Water bath) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส คนเบา ๆ เพื่อให้ตัวอย่างผสมเข้ากันดี จากนั้นใช้ไปเปตดูดส่วนที่ต้องการมาใช้ในการวิเคราะห์

4.1.5.2 เนยแข็ง หั่นเนยแข็งเป็นชิ้นเล็ก ๆ หรือบดอย่างหยาบ ๆ ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 mesh คนให้ทั่วและเก็บใส่ขวดที่มีฝาปิดสนิท

4.1.5.3 แยม เยลลี่ มาร์มาเลด และอาหารที่มีลักษะคล้ายกัน นำมาสับหรือปั่นให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ถ้ามีสิ่งแปลกปลอมควรแยกออก

4.1.5.4 ผลไม้สดและผลไม้แห้ง แยกเอาส่วนที่รับประทานได้ หรือส่วนที่ต้องการวิเคราะห์ นำมาบดให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน

4.1.5.5 ผักและผลไม้บรรจุกระป๋อง ถ้าบรรจุอยู่ในของเหลว เช่น น้ำเกลือหรือน้ำเชื่อม ควรนำมาปั่นรวมกันทั้งหมดแล้วจึงนำไปวิเคราะห์ แต่ถ้าต้องการแยกวิเคราะห์ ให้เทส่วนที่เป็นเนื้อผลไม้ใส่ในตะแกรงขนาด 8 mesh แล้วปั่นเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อให้ผสมเข้ากันดีก่อนนำไปวิเคราะห์

4.1.5.6 ขนมปังชนิดต่าง ๆ

4.1.5.6.1 ขนมปังธรรมดาและขนมปังลูกเกด ตัดหรือหั่นให้เป็นแผ่นบาง ๆ วางไว้บนแผ่นกระดาษเรียบในห้องที่มีอุณหภูมิประมาณ 35-40 องศาเซลเซียส ปล่อยทิ้งไว้จนขนมปังมีลักษณะแห้งกรอบ จะทำให้บดได้ง่าย (ควรชั่งน้ำหนักของตัวอย่างก่อนและหลังทำให้แห้ง) บดตัวอย่างที่แห้ง แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 mesh คนให้ทั่ว อาจทำ Quartering ก็ได้ ถ้าต้องการลดจำนวนหรือปริมาณตัวอย่างลง แล้วนำไปเก็บไว้ในขวดไร้อากาศ

4.1.5.7 อาหารประเภทนัท แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

4.1.5.7.1 พวกที่มีเปลือก แยกเอาเปลือกออก หั่น และบดให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน

4.1.5.7.2 พวกที่ไม่มีเปลือก หั่นและบดให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน

4.1.5.7.3 พวกที่เป็น paste คนให้ผสมกันทั่ว แล้วจึงนำไปวิเคราะห์

4.1.5.8 อาหารดอง (Pickles) หั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วปั่นส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกัน โดยใช้เครื่องปั่นที่มีความเร็วสูง ตัวอย่างที่จะนำไปวิเคราะห์อาจต้องทำให้เป็นสารละลายที่เจือจางลงด้วยน้ำกลั่นถ้าจำเป็น

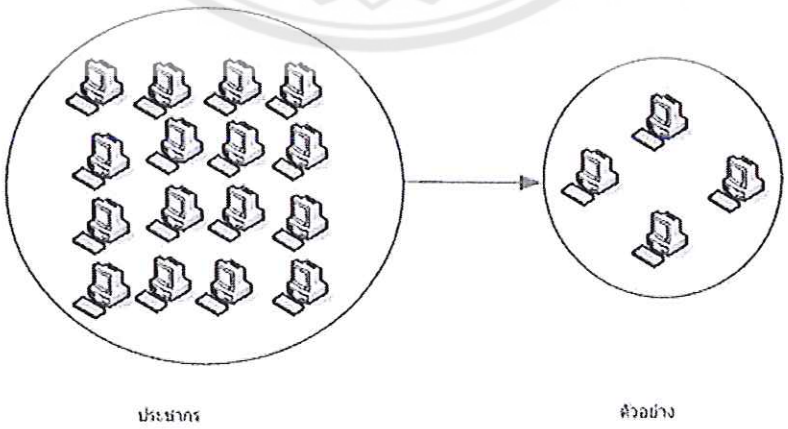
4.1.5.9 ซุป พวกซุบชนิดข้น หรือที่มีครีมเป็นส่วนประกอบ ไม่ควรใช้เครื่องปั่นที่มีความเร็วสูง เพราะจะทำให้แยกชั้น และมีฟองอากาศเข้าไปแทรกอยู่ ถ้ามีส่วนที่เป็นของแข็งอยู่ด้วยหลังจากปั่นแล้วควรกรองผ่านตะแกรงขนาด 20 mesh แล้วคนให้ทั่วก่อนนำไปวิเคราะห์ (ลักขณา, 2536)

4.2 เทคนิคการสุ่มตัวอย่าง

การสุ่มตัวอย่าง (Random Sampling) เป็นวิธีที่ใช้ตัวอย่างบางส่วนของประชากร เพื่อเป็นตัวแทนของประชากร ดังนั้นถ้ามีการวางแผนการสุ่มตัวอย่างที่ดี และได้ตัวอย่างที่ครอบคลุมในกลุ่มประชากร ก็จะทำให้การทดสอบมีความน่าเชื่อถือ และรวดเร็วขึ้นด้วย การสุ่มตัวอย่างนี้อาจจำแนกออกได้เป็น

4.2.1 การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling)

เป็นการศึกษาตัวอย่างจากประชากรโดยให้โอกาสถูกเลือกมาเป็นตัวอย่างด้วยโอกาสพอ ๆ กัน และแต่ละหน่วยตัวอย่างมีโอกาสเกิดเท่า ๆ กัน

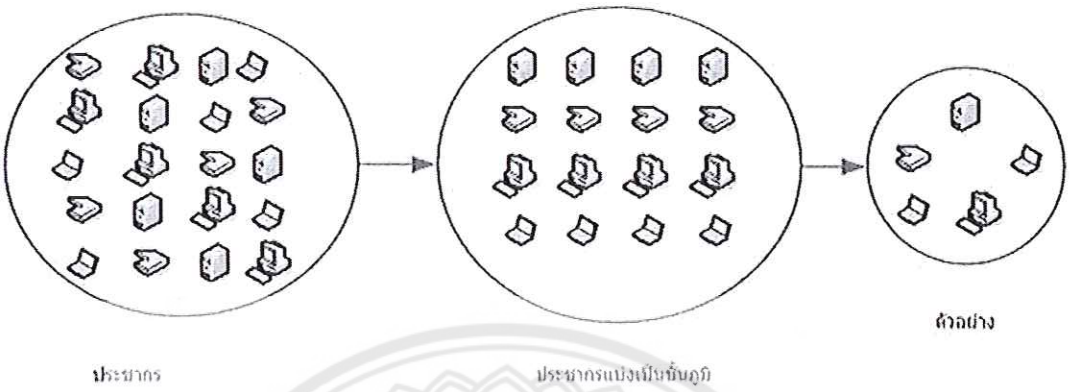


ภาพ 4.2 การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย

ที่มา : http://pirun.ku.ac.th/~g4765306/system_engineering/sampling_plan.htm.

4.2.2 การสุ่มตัวอย่างแบบมีชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling)

มีการจำแนกกลุ่มของประชากรเป็นพวก ๆ หรือชั้น โดยแต่ละชั้นจะประกอบไปด้วยสมาชิกที่เหมือนกัน แล้วจึงทำการสุ่มตัวอย่างในแต่ละชั้นออกมา

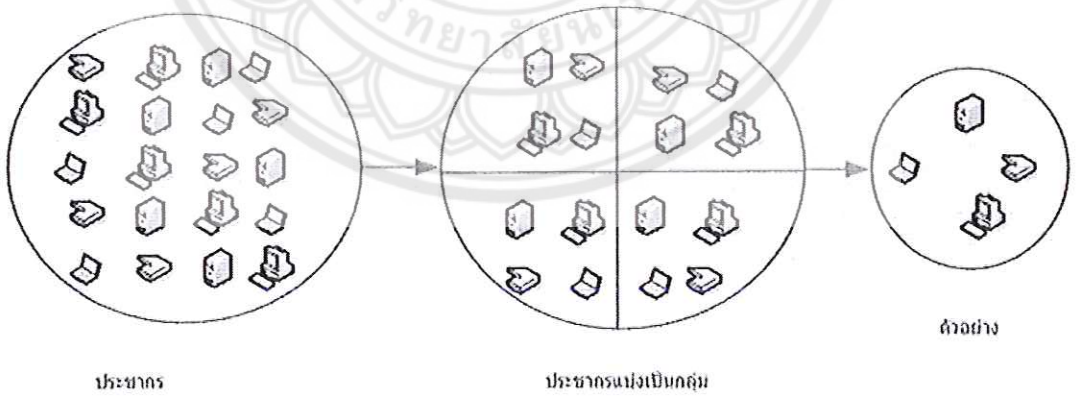


ภาพ 4.3 การสุ่มตัวอย่างแบบมีชั้นภูมิ

ที่มา : http://pirun.ku.ac.th/~g4765306/system_engineering/sampling_plan.htm.

4.2.3 การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

วิธีนี้จะแบ่งตัวอย่างออกเป็นกลุ่ม และแต่ละกลุ่มจะมีสมบัติคล้ายกับประชากรทั้งหมด จากนั้นจึงค่อยสุ่มตัวออกมา



ภาพ 4.4 การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม

ที่มา : http://pirun.ku.ac.th/~g4765306/system_engineering/sampling_plan.htm.

4.2.4 การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ (Systematic Sampling)

ใช้กับการสุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถจำแนกประเภท หรือ สร้างกรอบตัวอย่าง สำหรับการจดนับหน่วยตัวอย่างได้ ซึ่งวิธีนี้จะสุ่มตัวอย่างจำนวนหนึ่ง ๆ มาทุก ๆ ส่วนของประชากรตัวอย่างเช่น การสุ่มตัวอย่างทุก ๆ ชั่วโมง

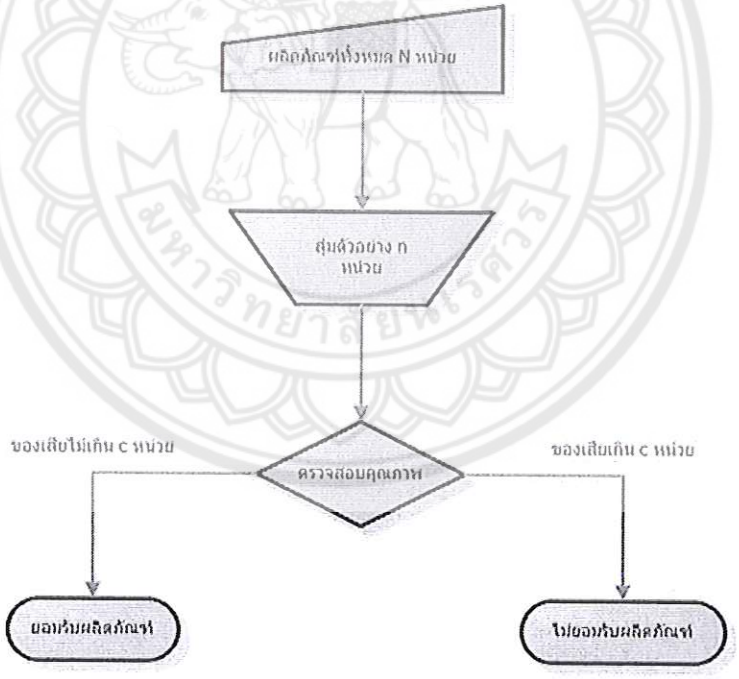
4.3 ระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์

นิยมใช้การบอกร้อยละของเสีย โดยคำนวณได้จาก

ร้อยละของของเสีย เท่ากับ (จำนวนของเสียที่มีอยู่จริง/จำนวนหน่วยของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด)*100

4.4 แผนการสุ่มตัวอย่างขั้นเดียว (Single Sampling Plan)

ในการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชั้นเดียวเพื่อนำมาตรวจสอบนั้นวิธีการ และขั้นตอน ซึ่งเรียกว่า "แผนการสุ่มตัวอย่าง" มีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้ทั่วไป ได้แก่ "แผนการสุ่มตัวอย่างชั้นเดียว" ซึ่งเป็นการดึงเอาตัวอย่างผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์ n หน่วย จากผลิตภัณฑ์ทั้งรุ่นที่มีอยู่ N หน่วย แล้วนำมาตรวจสอบหากพบว่ามีของเสียเท่ากับ หรือ น้อยกว่า c หน่วย ก็แสดงว่าผลิตภัณฑ์รุ่นดังกล่าวมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ ดังแสดงภาพ 4.5



ภาพ 4.5 แผนการสุ่มตัวอย่างขั้นเดียว

ที่มา : http://pirun.ku.ac.th/~g4765306/system_engineering/sampling_plan.htm.

เมื่อ N คือ จำนวนหน่วยทั้งหมดของผลิตภัณฑ์, n คือ จำนวนหน่วยของตัวอย่าง และ c คือ จำนวนหน่วยของเสียมากที่สุดที่ยอมให้มีได้

ข้อสำคัญของแผนการสุ่มตัวอย่างชั้นเดียว คือ เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่น และดำเนินการตรวจสอบคุณภาพแล้ว ตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธคุณภาพของสินค้ารุ่นนั้น ๆ เท่านั้น http://pirun.ku.ac.th/~g4765306/system_engineering/sampling_plan.htm.
วิธีการสุ่มตัวอย่าง มีข้อดีและข้อจำกัดพอสรุปได้ดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการสุ่มตัวอย่าง

วิธีการสุ่ม	ลักษณะการสุ่ม	ข้อดี	ข้อจำกัด
1. วิธีสุ่มแบบง่าย	- สุ่มจากหน่วยย่อยของประชากร - ทำการสุ่มโดยการจับสลาก ใช้ตารางเลขสุ่มหรือใช้คอมพิวเตอร์	- วิธีการไม่สลับซับซ้อน - ปฏิบัติได้ง่าย	- ต้องมีบัญชีรายชื่อสมาชิกทุกหน่วยของประชากร - ถ้าประชากรขนาดใหญ่ใช้เวลาดำเนินการมาก และมีค่าใช้จ่ายสูง - อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้มาก
2. วิธีสุ่มแบบมีชั้นภูมิ	- มีการแบ่งประชากรเป็นชั้น/พวก หรือประชากรย่อยที่มีลักษณะภายในชั้นคล้ายคลึงกัน แต่มีความแตกต่างกันระหว่างชั้น - สุ่มตัวอย่างจากแต่ละชั้นหรือประชากรย่อย	- วิธีนี้ช่วยควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนได้ - กลุ่มตัวอย่างที่ได้มีความเป็นตัวแทนประชากรย่อย - สามารถเลือกใช้วิธีการสุ่มที่แตกต่างกันในแต่ละชั้น - มีประสิทธิภาพสูงในเชิงการวิเคราะห์ทางสถิติ	- การแบ่งประชากรเป็นประชากรย่อยอาจปฏิบัติได้ยาก ขาดขอบเขตที่ชัดเจน - การประมาณค่าพารามิเตอร์มีความสลับซับซ้อน ถ้าแต่ละชั้นใช้วิธีสุ่มแตกต่างกัน

ตาราง 4.1 ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการสุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

วิธีการสุ่ม	ลักษณะการสุ่ม	ข้อดี	ข้อจำกัด
3. วิธีสุ่มแบบกลุ่ม	- หน่วยย่อยของประชากรอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งมีความหลากหลายภายในกลุ่ม แต่มีความคล้ายคลึงกันระหว่างกลุ่ม - สุ่มกลุ่มขึ้นมาทำการศึกษาทั้งกลุ่ม	- ปฏิบัติได้ง่ายและสะดวก แม้จะไม่มีรายชื่อสมาชิกทุกหน่วยของประชากร - สามารถสุ่มโดยใช้พื้นที่เป็นหน่วยของการสุ่ม - ประหยัดค่าใช้จ่ายในการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างที่อยู่รวมกัน	- ยากที่จะหากลุ่มที่มีลักษณะความหลากหลายภายในและมีความเท่าเทียมกันระหว่างกลุ่ม - ประสิทธิภาพจะต่ำถ้าระหว่างกลุ่มมีความแตกต่างกันมาก
4. วิธีสุ่มแบบเป็นระบบ	- สุ่มจากหน่วยย่อยของประชากร - ทำการสุ่มตัวเริ่มต้น และสุ่มตัวอย่างถัดไปตามช่วงของการสุ่ม	- วิธีการไม่สลับซับซ้อน - ปฏิบัติได้ง่าย และสะดวกแม้จะไม่มีรายชื่อสมาชิกทุกหน่วยของประชากร - ถ้าประชากรจัดเรียงไว้อย่างวิธีสุ่มนี้จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีสุ่มแบบง่าย	- ถ้าบัญชีรายชื่อของประชากรจัดเรียงอย่างเป็นระบบ อาจทำให้เกิดความลำเอียงในการสุ่ม - ถ้าหน่วยของประชากรมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงเป็นวงจรหรือช่วงอาจได้ตัวอย่างที่ลำเอียง

ที่มา : ศิริชัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

มณฑล สุกใส. 2555. สาขาวิศวกรรมอาหารเพื่อการศึกษาฉบับภาษาไทย. การสุ่มตัวอย่างชั้นเดียว. http://pirun.ku.ac.th/~g4765306/system_engineering/sampling_plan.htm สืบค้นเมื่อวันที่ 14 ธันวาคม 2555.

ลักขณา รุจนะไกรกานต์และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2536. หลักการวิเคราะห์อาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2541. บทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง.

ศิริชัย กาญจนวาสี. 2550. สถิติประยุกต์สำหรับการวิจัย (Applied Statistics To Behavioral Research). หน้า 123 –131.

บทที่ 5
สารเคมีและความปลอดภัย

5.1 ประเภทของสารเคมี

สารเคมีหมายถึง สารประกอบอินทรีย์หรืออนินทรีย์ที่ทราบน้ำหนักสูตรโมเลกุลที่แน่นอนและมีความบริสุทธิ์เพียงพอที่ใช้กับงานวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อทำการทดสอบการวัดและการตรวจสอบค่าต่าง ๆ สารเคมีถือเป็นหัวใจสำคัญในการวิเคราะห์ จำเป็นต้องเลือกใช้ให้ตรงกับงานที่ต้องการจะวิเคราะห์เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความถูกต้องมากที่สุด อีกทั้งยังเป็นการประหยัดงบประมาณอีกด้วย ปัจจุบันสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ มีอยู่หลายเกรดด้วยกัน แต่ที่รู้จักกันทั่วไป แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ (Shugar and Dean, 1989)

5.1.1 สารเคมีที่ใช้สำหรับการทดลองทั่วไป

สารเคมีประเภทนี้ใช้ทั่วไปในห้องปฏิบัติการและ ยังแบ่งคุณภาพได้อีกตามความบริสุทธิ์ของสารเคมี คือ

ก. เกรดทางการค้า (Technical or Commercial grade) เป็นสารเคมีที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมปกติจะไม่บอกรายละเอียดของสิ่งเจือปน หรือเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารไว้ จัดเป็นสารเคมีเกรดต่ำ สามารถใช้ได้ดีกับงานทดลองบางอย่าง เช่น งานทดลองที่ต้องการทราบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยไม่สนใจปริมาณที่วิเคราะห์ได้ สารเคมีชนิดนี้ราคาถูก และสามารถทำให้บริสุทธิ์ได้โดยวิธีที่เหมาะสม เช่น การระเหย การตกผลึก เป็นต้น

ข. สารเคมีเกรดปฏิบัติการ (Laboratory Reagent or Lab grade) เป็นสารเคมีที่มีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์สูงกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ มีสิ่งเจือปนมากกว่าเกรดงานวิเคราะห์ ราคาแพงกว่าเกรดทางการค้า ถ้าสิ่งที่เจือปนอยู่ไม่มีผลต่อการวิเคราะห์สามารถใช้สารเคมีชนิดนี้แทนเกรดงานวิเคราะห์ได้ สารเคมีชนิดนี้ยังแบ่งได้อีกหลายระดับ ตามคุณภาพของบริษัทผู้ผลิต เช่น USP grade เป็นสารเคมีที่ผลิตให้ได้มาตรฐานตาม United State และ CP grade เป็นสารเคมีที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่าเกรดการค้า แต่ไม่ได้กำหนดปริมาณมลทินไว้แน่นอน เป็นสารเคมีที่ใช้ห้องปฏิบัติการทั่ว ๆ ไปได้ โดยไม่สามารถใช้กับงานวิเคราะห์หาปริมาณสาร นอกจากนี้สารเคมีที่มีคุณภาพสูงกว่า หรือได้ตามมาตรฐานที่ต้องการทางอาหารหรือมาตรฐานที่กำหนด เช่น National Formulary (N.F) ของสหรัฐอเมริกาก็จัดอยู่ในพวกเกรดปฏิบัติการเช่นกัน Laboratory Reagent or Lab grade สารเคมีเกรดนี้ถูกกำหนดโดย American Chemical Society (ACS) (Harvey, 2000) เป็นสารเคมีที่ได้ในงานทั่วไปสารเคมีเกรดรีเอเจนต์เป็นสารเคมีที่ห้องปฏิบัติการต่าง ๆ ใช้กันมากที่สุด

ค. สารเคมีเกรดงานวิเคราะห์ (Analytical reagents AR grade, or reagent grade) มีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์สูงกว่าเกรดปฏิบัติการ โดยทั่วไปสูงกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ มีมลทินน้อยมากและมีการกำหนดปริมาณของมลทินไว้ด้วย เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์กับมลทินจะต้องอยู่ในมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้สำหรับสารเคมีเกรดนี้จัดว่าเป็นเกรดสูงมีราคาแพง ไม่เหมาะที่จะใช้ในงานทดลองทั่วไป จะใช้ในงานวิเคราะห์ทางปริมาณที่ความบริสุทธิ์และปริมาณสิ่งเจือปนมีผลต่อการทดลอง โดยปกติสารเคมีประเภทนี้จะใช้เตรียมเป็นสารละลายมาตรฐานได้ดีที่สุด

5.1.2 สารเคมีสำหรับการวิจัย หรือการทดลองเฉพาะอย่าง

สารเคมีประเภทนี้มีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์สูงมาก และมีราคาแพงมากใช้สำหรับงานวิจัยหรือทดลองเฉพาะอย่างตามวัตถุประสงค์ ที่ผลิตสารนั้นขึ้นมา โดยจะมีเกรดระบุไว้ที่ฉลากสารเคมี เช่น

- Spectrophotometric grade เป็นสารเคมีที่มีคุณภาพเหมาะสมกับการใช้งานทางด้านสเปคโตรโฟโตเมตรี เช่น Atomic Absorption Spectrophotometry, NMR-Spectroscopy, UV-Visible และ IR- Spectroscopy
- Research grade สำหรับงานวิจัยทั่ว ๆ ไป
- Scintillation grade ใช้สำหรับงานทางด้านกัมตภาพรังสี
- Pesticid grade ใช้กับงานวิจัยทางด้านยาฆ่าแมลงและยาปราบวัชพืช
- Chromatographic grade เป็นสารเคมีสำหรับ Gas Chromatography และ Liquid Chromatography
- Food grade ใช้กับงานวิจัยทางด้านอาหาร
- Pharmaceutical grade ใช้กับงานวิจัยทางยาและเครื่องสำอางเป็นต้น

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

5.2 การตรวจสอบสารเคมีก่อนนำมาใช้

สารเคมีที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ จะเป็นสารเคมีที่มาจากบริษัทผู้ผลิตหลายบริษัทสารบางชนิดบรรจุในภาชนะที่เป็นขวดพลาสติก บางชนิดบรรจุในขวดแก้ว ในการหยิบมาใช้ควรตรวจสอบจากการอ่านฉลากสารเคมีที่ติดอยู่ข้างขวดให้ดีเสียก่อน เพื่อป้องกันความผิดพลาดและอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ถ้าหยิบสารเคมีมาใช้ผิด โดยปกติฉลากสารเคมีที่ติดอยู่ข้างขวดจะระบุรายละเอียดต่อไปนี้

5.2.1 บริษัทผู้ผลิต เช่น Ajex, BDH, Merck

5.2.2 ชื่อสารเคมี ถ้าบริษัทผู้ผลิตเป็นบริษัทในประเทศอังกฤษ หรืออเมริกา ชื่อสารเคมีจะเป็นภาษาอังกฤษ แต่ถ้าเป็นประเทศเยอรมันชื่อสารเคมีจะเป็นภาษาเยอรมัน

5.2.3 ปริมาณสารที่บรรจุ ถ้าเป็นของแข็งจะบอกน้ำหนักไว้เป็น ปอนด์, กรัม หรือกิโลกรัม ถ้าเป็นของเหลวจะบอกปริมาตรไว้เป็นลิตร

5.2.4 เกรด สารเคมีทุกขวดต้องบอกเกรดของสารเคมีเอาไว้ด้วย ถ้าเขียนไว้เป็น Analar, GR, AR หรือ RG หมายถึงสารเคมีที่มีอยู่ในพวก AR grade คือใช้กับงานวิเคราะห์หาปริมาณสาร แต่ถ้าเขียนไว้เป็น Laboratory reagent, chem. Pure, purum หรือ C.P หมายถึง สารเคมีพวก Lab grade คือใช้กับการปฏิบัติการทดลองทั่วไป

5.2.5 โมเลกุล ฉลากที่ติดข้างขวดสารเคมีแต่ละชนิดต้องบอกสูตรโมเลกุลของสาร พร้อมทั้งน้ำหนักโมเลกุล ในบางครั้งอาจจะบอกสูตรโครงสร้างไว้ด้วย

5.2.6 ความบริสุทธิ์ (Assay) การบอกความบริสุทธิ์ของสารเคมีจะบอกเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก (w/w) และนอกจากนี้อาจบอกเปอร์เซ็นต์ของมลทินที่มีปนอยู่แต่ละตัวอีกด้วย

5.2.7 จุดหลอมเหลว จุดเดือด สารเคมีจำพวกอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์บางชนิดจะบอกจุดหลอมเหลวหรือจุดเดือด

5.2.8 ความถ่วงจำเพาะ หรือความหนาแน่นสารเคมีที่เป็นของเหลวต้องบอกความถ่วงจำเพาะหรือความหนาแน่น

5.2.9 ดัชนีหักเหแสง (Refractive index)

5.2.10 catalog number และ Lot No.

5.2.11 หากเป็นสารเคมีที่มีอันตราย จะมีคำเตือนหรือแสดงเป็นสัญญลักษณ์ที่ทราบกันดีเพราะเป็นสัญญลักษณ์ที่ใช้เป็นสากล เช่น สัญญลักษณ์ที่เป็นรูปหัวกระโหลก หมายถึงสารเคมีที่เป็นพิษ เป็นรูปเปลวไฟลุก หมายถึงสารเคมีที่ติดไฟง่าย เป็นต้น

การหยิบสารเคมีไปใช้ควรตรวจดูที่ฉลากของสารเคมีตามหัวข้อต่าง ๆ เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ การตรวจสอบดูจะทำให้การหยิบสารเคมีที่มีเกรดและคุณภาพที่ต้องการใช้งาน เช่น ถ้าการปฏิบัติการทดลองจำเป็นต้องใช้สารเคมีชนิด AR grade แต่หยิบชนิด lab grade มาใช้อาจทำให้ผลการทดลองได้ผลดีไม่เท่าที่ควร

5.3 ข้อควรระวังในการใช้สารเคมี

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

5.3.1 การนำสารเคมีมาใช้

โดยปกติการทำการทดลองจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องนำสารเคมีที่มีอยู่มาเตรียมเป็นสารละลาย เพื่อใช้ในการทดลองทุกครั้ง ในการเตรียมสารละลายแต่ละชนิดต้องมีการศึกษาถึงคุณสมบัติของสารเคมีชนิดนั้น ๆ ให้ละเอียดก่อนนำมาใช้ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้ และต้องศึกษาถึงเทคนิคการเตรียมสารละลาย สารเคมีบางอย่างสามารถเตรียมเป็นสารละลายได้โดยวิธีง่าย ๆ แต่บางอย่างต้องอาศัยเทคนิคของการละลายมาใช้ ตัวอย่างที่ควรระมัดระวังในการนำสารเคมีมาใช้เตรียมเป็นสารละลาย ได้แก่

5.3.1.1 การเตรียมสารละลายเจือจางของกรดต่าง ๆ วิธีเตรียมควรใช้กรดที่เข้มข้นเทลงในน้ำอย่างช้า ๆ กรดบางชนิดเมื่อผสมกับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาที่ให้ความร้อน (exothermic reaction) ถ้าเทน้ำลงในกรดปฏิกิริยาอาจเกิดขึ้นอย่างรุนแรงได้ เช่น กรดซัลฟูริกเข้มข้น จึงห้ามเทน้ำลงในกรดซัลฟูริกเข้มข้นโดยเด็ดขาด

5.3.1.2 กรดอะซิติก เมื่อรวมกับกรดไนตริกเข้มข้น อาจเกิดระเบิดขึ้นได้ ดังนั้นไม่ควรผสมกรดไนตริกเข้มข้นกับกรดอะซิติก

5.3.1.3 กรดซัลฟูริก สามารถใช้ละลายโลหะได้ แต่ถ้าเติมกรดซัลฟูริกลงไปละลายโลหะมากเกินไปจะเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) ซึ่งเป็นอันตรายมาก

5.3.1.4 กรดไนตริก เป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรง ดังนั้นจึงสามารถละลายโลหะและสารประกอบของโลหะได้หลายตัว แต่มีข้อเสียคือ ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นจะให้ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ซึ่งเป็นก๊าซพิษ ดังนั้นในการเตรียมสารละลายของโลหะที่ต้องใช้กรดไนตริกเป็นตัวทำละลายควรทำในตู้ดูดควัน

5.3.1.5 เกลือเปอร์คลอเรตของโลหะต่าง ๆ ถ้าใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ อาจเกิดปฏิกิริยาและมีการระเบิดอย่างรุนแรงขึ้นได้ ดังนั้นการเตรียมสารละลายเกลือเปอร์คลอเรตควรใช้ตัวทำละลายเป็นสารอนินทรีย์

5.3.1.6 โปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต เป็นตัวออกซิไดซ์ที่ค่อนข้างแรง เมื่อผสมกับกรดซัลฟูริกเข้มข้น อาจเกิดระเบิดอย่างรุนแรงได้

5.3.1.7 การทดลองใด ๆ ที่ทำให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ควรทำในตู้ดูดควันที่สามารถดูดควันได้อย่างดี เพราะก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นพิษ

5.3.1.8 เกลือของไซยาไนด์ เช่น NaCN หรือ KCN เมื่ออยู่ในสารละลายของกรดจะทำให้เกิดก๊าซ HCN ซึ่งเป็นพิษมาก ดังนั้นควรระมัดระวังเป็นพิเศษในการทดลองที่จำเป็นต้องใช้เกลือไซยาไนด์ ต้องพยายามรักษาสภาพของสารละลายไม่ให้มีฤทธิ์เป็นกรด ต้องทำในสภาพที่สารละลายมีฤทธิ์เป็นเบสเสมอ

5.3.2 การจัดเก็บสารเคมี

การเก็บสารเคมี ในเบื้องต้นแยกตามประเภทอันตรายของสารเคมี และแยกสารเคมีที่เป็นของเหลวออกจากสารเคมีที่เป็นของแข็ง จากนั้นจึงวางจัดเรียงตามลำดับอักษร การแยกประเภทสารเคมีตามลักษณะอันตรายของสารเคมีแต่ละชนิดอาจดูได้จากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี (Safety Data Sheet: SDS) ซึ่งเอกสารดังกล่าวนอกจากจะแสดงลักษณะอันตรายของสารเคมีชนิดนั้น ๆ แล้ว ยังแสดงวิธีการจัดเก็บ สถานที่ที่ใช้ในการจัดเก็บ รวมทั้งรายการสารเคมีที่ไม่ควรจัดเก็บร่วมกัน การปฏิบัติตามรายละเอียดที่ปรากฏในเอกสารข้อมูลความปลอดภัยนั้น ถือเป็นการจัดการสารเคมีที่เหมาะสมสำหรับสารแต่ละชนิด อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปหากทราบคุณสมบัติของสารก็สามารถกำหนดการจัดเก็บสารเคมีในเบื้องต้นได้ดังนี้

5.3.2.1 สารไวไฟ (flammable materials) หมายถึง สารที่ลุกติดไฟได้ง่ายในสภาพอุณหภูมิและความดันปกติ ตัวอย่างของสารเหล่านี้ ได้แก่ ผงละเอียดของโลหะ ฟอสฟอรัส (Phosphorous) ของเหลวที่มีจุดวาบไฟต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส และก๊าซไวไฟต่าง ๆ วิธีการเก็บสารไวไฟควรเก็บในที่เย็น อากาศถ่ายเทได้และอยู่ห่างจากแหล่งจุดติดไฟ เช่น ความร้อนหรือประกายไฟ เก็บแยกจากสารออกซิไดซ์ สารที่ลุกติดไฟเองได้ สารที่ระเบิดได้และสารที่ทำปฏิกิริยากับอากาศหรือความชื้น และให้ความร้อนออกมาจำนวนมาก ภาชนะที่เก็บต้องมีฝาปิดแน่นไม่ให้อากาศเข้าได้ รวมทั้งพื้นที่ที่เก็บสารนั้น ควรต่อสายไฟลงในดินเพื่อลดไฟฟ้าสถิตย์ที่อาจเกิดขึ้นได้

5.3.2.2 สารพิษ (toxic chemicals) คือ สารซึ่งจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะอยู่ในสภาวะ ใด ๆ ซึ่งทั้งนี้จะรวมถึงสารกัมมันตรังสี (radioactive) ด้วยวิธีการเก็บสารพิษควรเก็บห่างจากแหล่งจุดติดไฟ สำหรับสารที่ไวต่อแสง ต้องเก็บไว้ในขวดสีชา ในสถานที่เย็น แห้งและมืด ภาชนะต้องปิดฝาสนิท อากาศเข้าไม่ได้และควรมีการตรวจสอบภาชนะที่เก็บและบริเวณที่เก็บอย่างสม่ำเสมอ

5.3.2.3 สารกัดกร่อน (corrosive materials) รวมถึงกรด acid anhydride และด่าง สารพวกนี้มักจะทำลายภาชนะที่บรรจุ และออกมายังบรรยากาศภายนอกได้บาง ตัวระเหยได้บางตัว ทำปฏิกิริยารุนแรงกับความชื้น วิธีการเก็บสารกัดกร่อนควรเก็บในที่เย็น แต่อุณหภูมิต้องสูงกว่าจุดเยือกแข็ง สารที่เป็นกรดควรเก็บแยกห่างจากโลหะที่ไวในการทำปฏิกิริยา เช่น โซเดียม (Sodium) โพแทสเซียม (Potassium) และแมกนีเซียม (Magnesium) สารที่เป็นด่างควรเก็บห่างจากกรดและสารอื่น ๆ ที่ไวต่อการทำปฏิกิริยา

5.3.2.4 สารระเบิดได้ (explosives) คือ สารที่เกิดการสลายตัวอย่างรวดเร็วได้ที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ เมื่อเกิดการสั่นสะเทือนหรือเกิดปฏิกิริยารุนแรง จะให้ก๊าซและความร้อนออกมาจำนวนมาก ซึ่งทำให้อากาศรอบ ๆ ตัวเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้เกิดการระเบิด สิ่งที่มีผลต่อสารที่ระเบิดได้ คือ ความร้อนหรือเย็นจัด ๆ อากาศแห้ง หรือขึ้นอยู่กับการเก็บ ความไม่ระมัดระวังในการใช้งานระยะเวลาในการเก็บ ระยะเวลาที่เอาออกมาจากภาชนะเริ่มแรกก่อนใช้วิธีการเก็บสารระเบิดได้ควรเก็บห่างจากสารเคมีและอาคารอื่น ๆ และมีการล้อคอย่างแน่นหนา ไม่ควรเก็บในที่มีเชื้อเพลิง หรือสารที่ติดไฟได้ง่าย ต้องห่างเปลวไฟอย่างน้อย 20 ฟุต และไม่ควรมีชนวนระเบิด ที่สำคัญคือห้ามไม่ให้ผู้อื่นเข้าไปในสถานที่เก็บสารได้

5.4 สัญลักษณ์แสดงความอันตรายของสารเคมี

ระบบสัญลักษณ์แสดงอันตรายที่รู้จักและนิยมใช้มีหลายระบบ เช่น ระบบ UN ระบบ NFPA (The National Fire Protection Association) ของสหรัฐอเมริกา ระบบ EEC และระบบ GHS เป็นต้นซึ่งสัญญลักษณ์ของทั้ง 4 ระบบนี้มีดังนี้

1. ระบบ UN - United Nations Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods จำแนกสารที่เป็นอันตรายและเป็นเหตุให้ถึงแก่ความตายได้ หรือก่อให้เกิดความพินาศ เสียหาย ออกเป็น 9 ประเภท (UN-Class) ตามลักษณะที่ก่อให้เกิดอันตรายหรือความเสี่ยงในการเกิดอันตราย ดังนี้

ประเภท 1 ระเบิดได้ (Explosives) สารระเบิดได้ หมายถึงของแข็งหรือของเหลว หรือสารผสมที่สามารถเกิดปฏิกิริยาทางเคมีด้วยตัวมันเอง ทำให้เกิดก๊าซที่มีความดัน และความร้อนอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดการระเบิดสร้างความเสียหายแก่บริเวณโดยรอบได้ ซึ่งรวมถึงสารที่ใช้ทำดอกไม้เพลิงและสิ่งของที่ระเบิดได้ด้วยแบ่งเป็น 6 กลุ่มย่อยคือ

ภาพ 5.1 สัญลักษณ์แสดงสารระเบิดได้
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2545)

1.1 สารหรือสิ่งของที่ก่อให้เกิดอันตรายจากการระเบิดอย่างรุนแรงทันทีทันใดทั้งหมด (Mass Explosive) ตัวอย่างเช่น เชื้อปะทุลูกระเบิด เป็นต้น

1.2 สารหรือสิ่งของที่มีอันตรายจากการระเบิดแตกกระจาย แต่ไม่ระเบิดทันทีทันใดทั้งหมด ตัวอย่างเช่น กระสุนปืน ทุ่นระเบิด ชนวนปะทุ เป็นต้น

1.3 สารหรือสิ่งของที่เสี่ยงต่อการเกิดเพลิงไหม้และอาจมีอันตรายบ้าง จากการระเบิดหรือการระเบิดแตกกระจาย แต่ไม่ระเบิดทันทีทันใดทั้งหมด ตัวอย่างเช่น กระสุนเพลิง เป็นต้น

1.4 สารหรือสิ่งของที่ไม่แสดงความเป็นอันตรายอย่างเด่นชัด หากเกิดการปะทุหรือปะทุในระหว่างการขนส่ง จะเกิดความเสียหายเฉพาะภาชนะบรรจุ ตัวอย่างเช่น พลุอากาศ เป็นต้น

1.5 สารที่ไม่ไวต่อการระเบิด แต่หากมีการระเบิดจะมีอันตรายจากการระเบิดทั้งหมด

1.6 สิ่งของที่ไวต่อการระเบิดน้อยมากและไม่ระเบิดทันทีทั้งหมด มีความเสี่ยงต่อการระเบิดอยู่ในวงจำกัด เฉพาะในตัวสิ่งของนั้น ๆ ไม่มีโอกาสที่จะเกิดการปะทุหรือแผ่กระจาย

ประเภทที่ 2 ก๊าซ (Gases) ก๊าซ หมายถึง สารที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีความดันไอมากกว่า 300 กิโลปาสคาล หรือมีสภาพเป็นก๊าซ อย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และมีความดัน 101.3 กิโลปาสคาล ได้แก่ ก๊าซอัด ก๊าซพิษ ก๊าซในสภาพของเหลว ก๊าซในสภาพของเหลวอุณหภูมิต่ำ และรวมถึงก๊าซที่ละลายในสารละลายภายใต้ความดัน เมื่อเกิดการรั่วไหลสามารถก่อให้เกิดอันตรายจากการลุกติดไฟและ/หรือเป็นพิษและแทนที่ออกซิเจนในอากาศ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ย่อยดังนี้

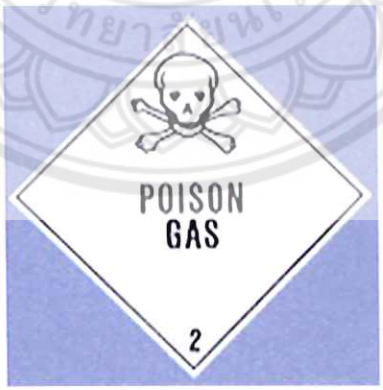
2.1 ก๊าซไวไฟ (Flammable Gases) หมายถึง ก๊าซที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสและมีความดัน 101.3 กิโลปาสคาล สามารถติดไฟได้เมื่อผสมกับอากาศ 13 เปอร์เซ็นต์ หรือต่ำกว่าโดยปริมาตร หรือมีช่วงกว้างที่สามารถติดไฟได้ 12 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป เมื่อผสมกับอากาศโดยไม่คำนึงถึงความเข้มข้นต่ำสุดของการผสม โดยปกติก๊าซไวไฟ หนักกว่าอากาศ ตัวอย่างของก๊าซกลุ่มนี้ เช่น อะเซทิลีน ก๊าซหุงต้มหรือก๊าซแอลพีจี เป็นต้น

ภาพ 5.2 สัญลักษณ์แสดงก๊าซไวไฟ
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2545)

2.2 ก๊าซไม่ไวไฟและไม่เป็นพิษ (Non-flammable Non-toxic Gases) หมายถึง ก๊าซที่มีความดันไม่น้อยกว่า 280 กิโลปาสคาล ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส หรืออยู่ในสภาพของเหลวอุณหภูมิต่ำ ส่วนใหญ่เป็นก๊าซหนักกว่าอากาศ ไม่ติดไฟและไม่เป็นพิษ หรือแทนที่ออกซิเจนในอากาศและทำให้เกิดสภาวะขาดแคลนออกซิเจนได้ ตัวอย่างของก๊าซกลุ่มนี้เช่น ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ อาร์กอน เป็นต้น

ภาพ 5.3 สัญลักษณ์แสดงก๊าซไม่ไวไฟและไม่เป็นพิษ
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2545)

2.3 ก๊าซพิษ (Poison Gases) หมายถึง ก๊าซที่มีคุณสมบัติเป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือถึงแก่ชีวิตได้จากการหายใจ โดยส่วนใหญ่หนักกว่าอากาศ มีกลิ่นระคายเคือง ตัวอย่างของก๊าซในกลุ่มนี้ เช่น คลอรีน เมทิลโบรไมด์ เป็นต้น



ภาพ 5.4 สัญลักษณ์แสดงก๊าซพิษ
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2545)

ประเภทที่ 3 ของเหลวไวไฟ (Flammable Liquids) ของเหลวไวไฟ หมายถึง ของเหลวหรือของเหลวผสมที่มีจุดวาบไฟ (Flash Point) ไม่เกิน 60.5 องศาเซลเซียส จากการทดสอบด้วยวิธีถ้วยปิด (Closed-cup Test) หรือไม่เกิน 65.6 องศาเซลเซียส จากการทดสอบด้วยวิธีถ้วยเปิด (Opened-cup Test) ไอของเหลวไวไฟพร้อมลุกติดไฟเมื่อมีแหล่งประกายไฟ ตัวอย่างเช่น อะซีโตน น้ำมันเชื้อเพลิง ทินเนอร์ เป็นต้น

ภาพ 5.5 สัญลักษณ์แสดงของเหลวไวไฟ
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2545)

ประเภทที่ 4 ของแข็งไวไฟ สารที่ลุกไหม้ได้เองและสารที่สัมผัสกับน้ำแล้วให้ก๊าซไวไฟ แบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย ดังนี้

4.1 ของแข็งไวไฟ (Flammable Solids) หมายถึง ของแข็งที่สามารถติดไฟได้ง่ายจากการได้รับความร้อน จากประกายไฟ/เปลวไฟ หรือเกิดการลุกไหม้ได้จากการเสียดสี ตัวอย่างเช่น กำมะถัน ฟอสฟอรัสแดง ไนโตรเซลลูโลส เป็นต้น หรือเป็นสารที่มีแนวโน้มที่จะเกิดปฏิกิริยาคายความร้อนที่รุนแรง ตัวอย่างเช่น เกลือไดอะโซเนียม เป็นต้น หรือเป็นสารระเบิดที่ถูกลดความไวต่อการเกิดระเบิด ตัวอย่าง เช่น แอมโมเนียมพิเครต (เปียก) ไดไนโตรฟีนอล (เปียก) เป็นต้น

ภาพ 5.6 สัญลักษณ์แสดงของแข็งไวไฟ
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2545)

4.2 สารที่มีความเสี่ยงต่อการลุกไหม้ได้เอง (Substances Liable to Spontaneous Combustion) หมายถึง สารที่มีแนวโน้มจะเกิดความร้อนขึ้นได้เองในสภาวะการขนส่งตามปกติ หรือเกิดความร้อนสูงขึ้นได้เมื่อ สัมผัสกับอากาศและ มีแนวโน้มจะลุกไหม้ได้

ภาพ 5.7 สัญลักษณ์แสดงการลุกไหม้ได้เอง
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2545)

4.3 สารที่สัมผัสกับน้ำแล้วทำให้เกิดก๊าซไวไฟ (Substances which in Contact with Water Emit Flammable Gases) หมายถึง สารที่ทำปฏิกิริยากับน้ำแล้ว มีแนวโน้มที่จะเกิดการติดไฟได้เอง หรือทำให้เกิด ก๊าซไวไฟในปริมาณที่เป็นอันตราย

ภาพ 5.8 สัญลักษณ์แสดงสารที่สัมผัสกับน้ำแล้วทำให้เกิดก๊าซไวไฟ
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2545)

ประเภทที่ 5 สารออกซิไดซ์และสารอินทรีย์เปอร์ออกไซด์ แบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย ดังนี้

5.1 สารออกซิไดซ์ (Oxidizing Substances) หมายถึง ของแข็ง ของเหลวที่ตัวของสารเองไม่ติดไฟ แต่ให้ออกซิเจนซึ่งช่วยให้วัตถุอื่นเกิดการลุกไหม้และอาจจะก่อให้เกิดไฟ เมื่อสัมผัสกับสารที่ลุกไหม้และเกิดการระเบิดอย่างรุนแรง ตัวอย่างเช่น แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ โซเดียมเปอร์ออกไซด์ โซเดียมคลอเรต เป็นต้น

ภาพ 5.9 สัญลักษณ์แสดงสารออกซิไดซ์
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2545)

5.2 สารอินทรีย์เปอร์ออกไซด์ (Organic Peroxides) หมายถึง ของแข็งหรือของเหลวที่มีโครงสร้าง ออกซิเจนสองอะตอม -O-O- และช่วยในการเผาสารที่ลุกไหม้ หรือทำปฏิกิริยากับสารอื่นแล้วก่อให้เกิดอันตรายได้ หรือเมื่อได้รับความร้อนหรือลุกไหม้แล้วภาชนะบรรจุสารนี้อาจระเบิดได้ ตัวอย่างเช่น อะซีโตนเปอร์ออกไซด์ เป็นต้น

ภาพ 5.10 สัญลักษณ์แสดงสารอินทรีย์เปอร์ออกไซด์
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2545)

ประเภทที่ 6 สารพิษและสารติดเชื้อแบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย ดังนี้

6.1 สารพิษ (Toxic Substances) หมายถึง ของแข็งหรือของเหลวที่สามารถทำให้เสียชีวิตหรือบาดเจ็บรุนแรงต่อสุขภาพของคน หากกลืน สูดดม หรือหายใจรับสารนี้เข้าไป หรือเมื่อสารนี้ได้รับความร้อนหรือลุกไหม้จะ ปล่อยก๊าซพิษ ตัวอย่างเช่น โซเดียมไซยาไนด์ กลุ่มสารกำจัดแมลงศัตรูพืชและสัตว์ เป็นต้น

ภาพ 5.11 สัญลักษณ์แสดงสารพิษ
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2545)

6.2 สารติดเชื้อ (Infectious Substances) หมายถึง สารที่มีเชื้อโรคปนเปื้อนหรือสารที่มีตัวอย่าง การตรวจสอบของพยาธิ สภาพปนเปื้อนที่เป็นสาเหตุของ การเกิดโรคในสัตว์และคน ตัวอย่างเช่น แบคทีเรียเพาะเชื้อ เป็นต้น

ภาพ 5.12 สัญลักษณ์แสดงสารติดเชื้อ
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2545)

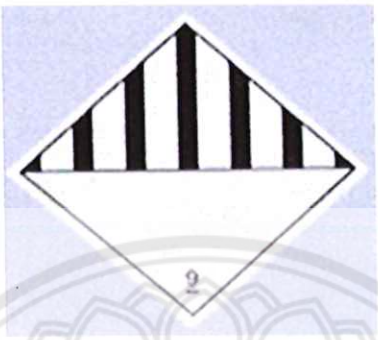
ประเภทที่ 7 วัสดุกัมมันตรังสี (Radioactive Materials) หมายถึง วัสดุที่สามารถแผ่รังสีที่มองไม่เห็นอย่างต่อเนื่องมากกว่า 0.002 ไมโครคูรีต่อกรัม ตัวอย่างเช่น โมนาไซด์ ยูเรเนียม โคบอลต์-60 เป็นต้น

ภาพ 5.13 สัญลักษณ์แสดงวัสดุกัมมันตรังสี
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2545)

ประเภทที่ 8 สารกัดกร่อน (Corrosive Substances) หมายถึง ของแข็งหรือของเหลว ซึ่งโดยปฏิกิริยาเคมีมีฤทธิ์กัดกร่อนทำความเสียหายต่อเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตอย่างรุนแรง หรือทำลายสินค้า/ยานพาหนะที่ทำการขนส่ง เมื่อเกิดการรั่วไหลของสารไอระเหยของ สารประเภทนี้ บางชนิดก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อจมูกและตา ตัวอย่างเช่น กรดเกลือ กรดกำมะถัน โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น

ภาพ 5.14 สัญลักษณ์แสดงสารกัดกร่อน
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2545)

ประเภทที่ 9 วัสดุอันตรายเบ็ดเตล็ด (Miscellaneous Dangerous Substances and Articles) หมายถึง สารหรือสิ่งของที่ในขณะขนส่งเป็นสารอันตรายซึ่งไม่จัดอยู่ในประเภทที่ 1 ถึงประเภทที่ 8 ตัวอย่างเช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรต เป็นต้น และให้รวมถึงสาร ที่ต้องควบคุมให้มีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ในสภาพของเหลว หรือมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 240 องศาเซลเซียส ในสภาพของแข็งในระหว่างการขนส่ง



ภาพ 5.15 สัญลักษณ์แสดงวัสดุอันตรายเบ็ดเตล็ด

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2545)

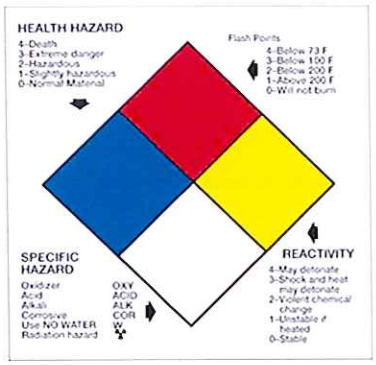
2. ระบบ NFPA (The National Fire Protection Association) ของสหรัฐอเมริกา กำหนดสัญลักษณ์แสดงอันตรายเป็นรูปเพชร (Diamond-shape) เพื่อใช้ในการป้องกันและตอบโต้เหตุเพลิงไหม้ สัญลักษณ์ดังกล่าวมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่วางตั้งตามแนวเส้นทแยงมุม ภายในแบ่งออกเป็นสี่เหลี่ยมย่อย ขนาดเท่ากัน 4 รูป ใช้พื้นที่กำกับ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

สีแดง แสดงอันตรายจากไฟ (Flammability)

สีน้ำเงิน แสดงอันตรายต่อสุขภาพ (Health)

สีเหลือง แสดงความไวต่อปฏิกิริยาของสาร (Reactivity)

สีขาว แสดงคุณสมบัติพิเศษของสาร และใช้ตัวเลข 0 ถึง 4 แสดงถึงระดับอันตราย ดังภาพ 5.16



ภาพ 5.16 สัญลักษณ์แสดงอันตรายเป็นรูปเพชร ระบบ NFPA

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2545)

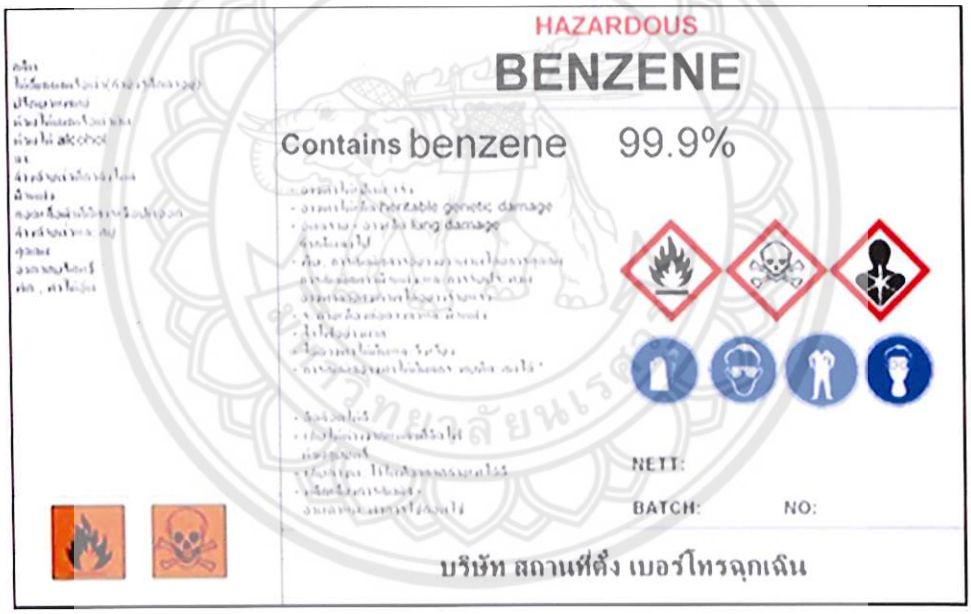
3. ระบบ EEC ตามข้อกำหนดของประชาคมยุโรป ที่ 67/548/EEC สัญลักษณ์แสดงอันตรายจะแบ่งออก ตามประเภทของอันตราย โดยใช้รูปภาพสีดำเป็นสัญลักษณ์แสดงอันตรายบนพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีส้ม และมีอักษรย่อ กำกับที่มุมขวา ซึ่งสัญลักษณ์เหล่านี้ปรากฏอยู่ที่ฉลากของสารเคมีที่ใช้ในสหภาพยุโรป สัญลักษณ์ดังกล่าวแสดง ดังตาราง 5.1

5.1 สัญลักษณ์แสดงอันตรายของสารเคมีตามระบบ EEC

ประเภทอันตราย	สัญลักษณ์ของระบบ EEC	สัญลักษณ์ของระบบ UN	สัญลักษณ์ของระบบ GHS
Explosives วัตถุระเบิด	E	class 1.1 1.2 1.3	
Gases ก๊าซ		class 2	
Oxidizing วัตถุออกซิไดซ์	O	class 5	
Highly flammable วัตถุไวไฟสูง	F	class 4	
Extremely flammable วัตถุไวไฟสูงมาก	F+	class 3	
Toxic วัตถุมีพิษ	T	class 6	
Very toxic วัตถุมีพิษรุนแรง	T+		
Harmful วัตถุอันตราย	Xn		
Irritant วัตถุระคายเคือง	Xi	class 8	
Corrosive วัตถุกัดกร่อน	C	class 8	
Dangerous for environment วัตถุที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม	N	class 9	
Health hazard symbol สัญลักษณ์ความเป็นอันตรายต่อสุขภาพ			

ที่มา : สมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงาน (ประเทศไทย) (2545)

4. ระบบ GHS - The Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals เป็นระบบการจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์เคมีและการติดฉลากที่องค์การสหประชาชาติได้กำหนดขึ้น เพื่อให้เป็นระบบสากลในการจำแนกหรือการจัดกลุ่มความเป็นอันตรายและการสื่อสาร ความเป็นอันตรายของ สารเคมีในรูปแบบของการแสดงฉลากและ เอกสารข้อมูลความปลอดภัยในการทำงานกับสารเคมี (Safety Data Sheet, SDS) ที่เป็นระบบเดียวกันทั่วโลก ซึ่งสัญลักษณ์ที่ปรากฏในระบบ GHS นั้น หากไม่นับรวมสัญลักษณ์ ใหม่ที่ทำขึ้นมาใช้ สำหรับความเป็นอันตรายต่อสุขภาพบางชนิด เครื่องหมายตกใจ (exclamation mark) และปลากับต้นไม้ (fish and tree) สัญลักษณ์มาตรฐานดังกล่าวได้มีการนำมาใช้ในข้อกำหนดของ สหประชาชาติ ที่เป็นต้นแบบเกี่ยวกับการขนส่งสินค้าอันตราย (ระบบ UN ที่กล่าวข้างต้น) อยู่แล้ว สัญลักษณ์โดยที่แผนการดำเนินงานของ ที่ประชุมสุดยอดเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (WSSD) ซึ่งจัดทำขึ้นที่กรุงโยฮันเนสเบิร์ก เมื่อปี 2545 สนับสนุนให้ประเทศต่าง ๆ มีการนำระบบ GHS นี้ไปปฏิบัติให้เร็วที่สุด โดยมีแนวทางให้นำระบบนี้ไปใช้ได้อย่าง สมบูรณ์ภายในปี 2551



ภาพ 5.17 สารเคมีในรูปแบบของการแสดงฉลากและเอกสารข้อมูลความปลอดภัยในการทำงานกับสารเคมี ระบบ GHS

ที่มา : สมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงาน (ประเทศไทย) (2545)

สัญลักษณ์ทั้ง 4 ระบบนี้จะปรากฏบนฉลากผลิตภัณฑ์และหีบห่อเพื่อประโยชน์ในการจัดการเตรียมความพร้อมด้านความปลอดภัยและตอบโต้เหตุฉุกเฉิน รวมทั้งประโยชน์ในการจัดเก็บตามชนิดของอันตรายของสารเคมี

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2545. คู่มือการจัดทำแผนปฏิบัติการฉุกเฉินจากสารเคมีระดับจังหวัด (Hazardous Materials Emergency Planning Guide), http://www.chemtrack.org/unclass-intro.asp สืบค้นเมื่อวันที่ 8 มกราคม 2556.

สมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงาน. 2551. http://www.shawpat.or.th/news/news_detail.php?news_id=IN000054& สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มกราคม 2556.

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

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

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

บทที่ 6
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

ลักษณะงานที่ปฏิบัติ

การเตรียมปฏิบัติการการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร นักวิทยาศาสตร์ที่รับผิดชอบในรายวิชาต้องเตรียมความพร้อมของตัวอย่างอาหาร สารเคมี สารละลาย อุปกรณ์ เครื่องแก้วและเครื่องมือต่าง ๆ รวมถึงมีหน้าที่ให้คำแนะนำด้านเทคนิคการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคนิคในการวิเคราะห์ทางเคมีให้แก่นิสิต โดยมีรายละเอียดการปฏิบัติงานดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 6.1
การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

หลักการ

ความชื้นเป็นน้ำหรือสารที่ระเหยได้ทั้งหมดที่สูญเสียไปจากอาหาร เมื่อเพิ่มความร้อนให้แก่อาหาร อุณหภูมิที่ให้แก่อาหารต้องไม่สูงกว่าจุดเดือดของน้ำ หรือให้ความชื้นในสภาพสูญญากาศหรืออาจปล่อยอาหารทิ้งไว้ในสารดูดความชื้น ส่วนกากหรือของแข็งที่เหลืออยู่หลังจากน้ำออกไปหมดแล้วเรียกว่า ของแข็งทั้งหมด

การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำ หรือความชื้น อาจมีพวกน้ำมันระเหยที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในตัวสูญเสียไปด้วย เมื่ออบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้ำที่สูญเสียไปจะเป็นน้ำอิสระ ส่วนน้ำที่ไม่สามารถแยกออกได้ และน้ำที่ถูกดูดซับแยกออกจากอาหารได้ยาก เพราะมันเกาะอยู่กับโปรตีนที่มีอยู่ในอาหาร โดยเฉพาะพวกธัญพืชและถั่วเมล็ดแห้งต่างๆ

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณความชื้น เป็นการวัดที่สำคัญที่สุดวิธีหนึ่งและเป็นวิธีที่ใช้อย่างกว้างขวางในการผลิตและตรวจสอบอาหาร ปริมาณของแข็งนั้นจะสัมพันธ์กับปริมาณความชื้น ปริมาณความชื้นมีความสำคัญโดยตรงในเชิงเศรษฐศาสตร์ต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค เนื่องจากการซื้อขายใช้น้ำหนักเป็นหน่วยกำหนดปริมาณการซื้อขาย นอกจากนี้ปริมาณความชื้นเป็นดัชนีบ่งชี้ความคงตัวของอาหาร และบ่งชี้คุณภาพของอาหารได้

การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างมาแล้ว จำนวน 30 กรัม มาทำการบดด้วยเครื่องบดอาหารให้ละเอียดที่สุด แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh เก็บตัวอย่างใส่ใน Moisture can ปิดฝาให้สนิท เก็บไว้ในโถดูดความชื้น

เครื่องมือและอุปกรณ์

- ตู้อบลมร้อน
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
- เครื่องบดตัวอย่างอาหาร
- โถดูดความชื้น
- Moisture can ที่ผ่านการล้างทำความสะอาดและอบแห้ง

- Tong
- บีกเกอร์สำหรับใส่ตัวอย่างอาหาร
- ช้อนตักสาร
- ถาดสำหรับใส่ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

1. ชั่งน้ำหนัก Moisture can พร้อมฝาที่ผ่านการอบแห้งและเก็บไว้ในโถดูดความชื้น บันทึกน้ำหนัก (W1)

2. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการบดละเอียด จำนวน 2 กรัม ใส่ใน Moisture can เกลี่ยให้ตัวอย่างแผ่ด้วยความหนาสม่ำเสมอ ปิดฝา บันทึกน้ำหนัก (W2)

3. นำ Moisture can ที่มีตัวอย่าง ไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส โดยเปิดฝาครอบไว้เล็กน้อย เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

4. เมื่อครบกำหนดเวลา ปิดฝา นำออกจากตู้อบลมร้อน (ปิดฝาครอบให้สนิท) ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ประมาณ 30 นาที หรือจนกระทั่งตัวอย่างใน Moisture can เย็น

5. นำ Moisture can ที่มีตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนัก (W3)

6. นำตัวอย่างเข้าอบอีกครั้งประมาณ 30 นาที แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก ถ้าน้ำหนักเปลี่ยนแปลงไปจากครั้งแรกน้อยกว่า 0.05 กรัม ให้ยุติการอบ บันทึกน้ำหนักสุดท้าย

7. คำนวณหาปริมาณความชื้นจากน้ำหนักที่หายไป

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น (น้ำหนักเปียก)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (W1+W2)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (W3)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (W2)}}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น (น้ำหนักแห้ง)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (W1+W2)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (W3)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (W3)}}$$

W1 = น้ำหนัก Moisture can พร้อมฝาที่ผ่านการอบแห้ง (กรัม)
W2 = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)
W3 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

บรรณานุกรม

จารึก ศรีเกียรติเด่น. 2543. การตรวจวิเคราะห์อาหารทางเคมี. กองอาหาร กรมวิทยาศาตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

ณัฏฐิกา ศิลาลายและสมฤดี ไทพาณิชย์. 2554. ปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.

บริษัทลำปางฟู้ดโปรดักส์ จำกัด. 2540. คู่มือปฏิบัติการทางเคมีวิเคราะห์.

มณฑนา วีระวัฒนากร. 2555. การวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ลักขณา รุจนไกรกานต์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2531. หลักการวิเคราะห์อาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 273 หน้า.

ลักขณา รุจนะไกรกานต์และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2536. หลักการวิเคราะห์อาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2541. บทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง.

ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ, สมใจ ศรีละออกุล, ศิริวรรณ เนติวรานนท์, วรนุช ศรีเจษฎารักข์, จันทนี อุริยะพงศ์สรรค์ฐ, จินตนา ศรีผุย. 2542. คู่มือบทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. 2542. เทคนิคการปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีในผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล. 2541. บทปฏิบัติการเคมีอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล. 2542. บทปฏิบัติการเคมีชีววัสดุ. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เอกสารการเรียนปฏิบัติการ. 2545. เคมีผลิตภัณฑ์เกษตร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

AOAC. 1980. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15 th ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc.

Kangsadalampai, K. and Sungpuag, P. 1984. Laboratory Manual for Food Analysis.

Nielsen, S.S. 1995. Introduction to the Chemical Analysis of Foods. Jones and Bartlette Publishers, Boston London.

บทปฏิบัติการที่ 6.2
การวิเคราะห์ปริมาณไขมันในอาหาร โดยวิธี Soxhlet method

หลักการ

ส่วนประกอบที่เป็นไขมันในอาหารจะเป็นสารประกอบจำพวกลิปิด สามารถสกัดออกได้ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น อีเทอร์ ทั้งปิโตรเลียมอีเทอร์ และไดเอทิลอีเทอร์ ซึ่งเป็นตัวทำละลายชนิดไม่มีขั้ว (non-polar solvent) สารที่สกัดได้จะเรียกว่า ether extract หรือ crude fat เป็นลิปิดอิสระ (free lipid) แต่ถ้าสกัดด้วยตัวทำละลายมีขั้ว เช่น แอลกอฮอล์ ส่วนที่สกัดได้จะมี bound lipid ปนอยู่ด้วย

Bound lipid ถูกทำให้สลายตัวได้โดยการไฮโดรไลซีส หรือใช้ปฏิกิริยาทางเคมีให้กลายเป็นลิปิดอิสระ ดังนั้นปริมาณของลิปิดในอาหารที่สกัดออกมาได้จึงขึ้นอยู่กับวิธีการสกัดที่ใช้ ส่วนลิปิดอิสระมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ไตรกลีเซอร์ไรด์และมีกรดไขมันอิสระอยู่บ้างเล็กน้อย สามารถวิเคราะห์ปริมาณได้โดยการสกัดอาหารตัวอย่างที่แห้งและบดละเอียดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ (bp. 40-60 องศาเซลเซียส) หรือใช้ไดเอทิลอีเทอร์สกัด

การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างอาหารที่ต้องการทราบปริมาณไขมัน จะต้องผ่านการสุ่มตัวอย่างมาแล้ว จำนวน 30 กรัม ทำการบดด้วยเครื่องบดอาหารให้ละเอียดที่สุด แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh อบไล่ความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ เก็บตัวอย่างใส่ใน Moisture can ปิดฝาให้สนิท เก็บไว้ในโถดูดความชื้น

เครื่องมือและอุปกรณ์

- Soxhlet tube
- Boiling flask
- Condenser
- Heating unit หรือเครื่อง Soxhlet extractor
- Cooling unit
- Thimble
- สำลี
- ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
- โถดูดความชื้น
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
- เครื่องบดตัวอย่าง
- ช้อนตักสาร

- Tong
- ถาดอะลูมิเนียมสำหรับใส่ตัวอย่าง

สารเคมี

- ปิโตรเลียมอีเทอร์ (bp. 40-60 องศาเซลเซียส)

วิธีวิเคราะห์ไขมัน

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งและบดละเอียดแล้ว 2 กรัม (W1) ใส่ลงในทิมเบิล (Thimble) อุดด้วยสำลี
2. ชั่งน้ำหนัก Boiling flask ที่ผ่านการอบแห้งแล้ว (W2)
3. นำทิมเบิล (Thimble) ที่บรรจุตัวอย่างมาใส่ใน Soxhlet
4. นำ Soxhlet tube มาประกอบเข้ากับ Boiling flask ที่ตั้งอยู่บน Heating unit
5. เติมปิโตรเลียมอิเทอร์ ลงในไปจำนวน 300 มิลลิลิตร โดยเทผ่านตัวอย่างที่อยู่ใน Thimble ให้ปิโตรเลียมไหลลงสู่ Boiling flask
6. ประกอบ Boiling flask กับ Soxhlet tube เข้ากับ Condenser ที่เชื่อมต่อกันด้วยสายยางเพื่อให้น้ำเข้าและออกจาก Condenser ไปสู่ Cooling unit ปิดปลายด้านบนของ Condenser ด้วยสำลี
7. เปิดสวิตช์ Cooling unit เพื่อให้น้ำไหลผ่าน Condenser ตรวจเช็คการรั่วซึมของน้ำ
8. เปิดสวิตช์ Heating unit เพื่อให้ความร้อนแก่สารละลายใน Boiling flask โดยเริ่มต้นจากการให้ความร้อนในระดับสูง เมื่อสารละลายเดือดระเหยกลายเป็นไอควรลดความร้อนลงให้อยู่ในระดับปานกลางหรือต่ำ เพื่อป้องกันแรงดันที่มากเกินไปขณะเกิดการไซฟอนของสารละลายลงสู่ Boiling flask
9. ทำการสกัดในเครื่อง Soxhlet extractor ด้วยอัตราการควบแน่น 5-6 หยดต่อวินาที เป็นเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง หรืออัตราควบแน่น 2-3 หยดต่อวินาที เป็นเวลา 16 ชั่วโมง
10. เมื่อครบเวลา ให้ปิดสวิตช์ Heating unit ก่อนและรอจนกระทั่งไม่มีการควบแน่นของสารละลายใน Soxhlet tube จากนั้นปิดสวิตช์ Cooling unit
11. ถอด Soxhlet tube และ Boiling flask ออกจาก Condenser
12. เทสารละลายที่ค้างอยู่ใน Thimble และ Soxhlet tube ลงสู่ Boiling flask ให้หมด
13. นำ Boiling flask ที่มีไขมันไปอบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หรือจนกระทั่งไม่เหลือสารละลายปิโตรเลียมอีเทอร์
14. นำ Boiling flask ที่บรรจุไขมันออกจากตู้อบความร้อนและทำให้เย็นในโถดูดความชื้น
15. ชั่งน้ำหนัก (W3)

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ Crude fat (น้ำหนักแห้ง)} = \frac{W3 - W2}{W1} \times 100$$

W1 = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)
W2 = น้ำหนัก boiling flash (กรัม)
W3 = น้ำหนัก boiling flash ที่มีไขมันบรรจุอยู่ (กรัม)

บรรณานุกรม

จารึก ศรีเกียรติเด่น. 2543. การตรวจวิเคราะห์อาหารทางเคมี. กองอาหาร กรมวิทยาศาตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

ณัฏฐิกา ศิลาลายและสมฤดี ไทพาณิชย์. 2554. ปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ กรุงเทพ.

บริษัทลำปางฟู้ดโปรดักส์ จำกัด. 2540. คู่มือปฏิบัติการทางเคมีวิเคราะห์.

ลักขณา รุจนะไกรกานต์และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2536. หลักการวิเคราะห์อาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2541. บทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง.

ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ, สมใจ ศรีละออกุล, ศิริวรรณ เนติวรานนท์, วรนุช ศรีเจษฎารักข์, จันทนี อุริยะพงศ์สรรค์ฐ, จินตนา ศรีผุย. 2542. คู่มือบทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล. 2541. บทปฏิบัติการเคมีอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล. 2542. บทปฏิบัติการเคมีชีววัสดุ. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์. 2555. การวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

เอกสารการเรียนปฏิบัติการ. 2545. เคมีผลิตภัณฑ์เกษตร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis. 5th Ed.

Buchi Ltd. Laboratoums-technik. Switzerland:Buchi Laboratory-Techniques Ltd.

Kaew Kangsadalampai and pongtorn Sungpuag. 1984. Laboratory Manual for Food Analysis Mahidol University:Prayurawong< pp. 32-35.

Nielsen, S.S. 1994. Introduction to the Chemical Analysis of Foods. Jones and Bartlett Publishers, Inc.

Pearson, D. 1976. The Chemical Analysis of Foods (7th edition). New York:Churchill Livingstone.

Steele. L. 1993. NU FS 301 & 372 Laboratory Nanual. University of Alberta.

บทปฏิบัติการที่ 6.3
การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในอาหาร โดยวิธี Kjeldahl method

หลักการ

Kjeldahlmethod เป็นวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งมีทั้งโปรตีน สารประกอบอื่นที่ไม่ใช่โปรตีน แต่มีไนโตรเจนอยู่ด้วย

อาหารจะถูกย่อยด้วยกรดกำมะถันเข้มข้น เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไนโตรเจนอินทรีย์ได้เป็นแอมโมเนียมซัลเฟต ในการย่อยจะเติม Mixed catalyst (Selenium reagent mixture) ลงไปเพื่อเพิ่มจุดเดือดของการย่อยให้สูงขึ้น จากนั้นนำสารละลายมากลั่นก๊าซแอมโมเนียออกให้หมด จับก๊าซแอมโมเนียด้วยสารละลายกรดบอริค เกิดเป็นแอมโมเนียบอเรต แล้วไตเตรตหาปริมาณแอมโมเนียด้วยสารละลายกรดกำมะถันมาตรฐาน

การเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างอาหารที่เป็นของเหลวทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน และต้องระมัดระวังไม่ให้มีฟองอากาศ ตัวอย่างที่เป็นของแข็งต้องผ่านการบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 mesh อบให้มีความชื้น น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ และผ่านการกำจัดไขมันออกไป

เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องวิเคราะห์โปรตีน
- เครื่องชั่งและอุปกรณ์การชั่ง
- หลอดย่อย
- บิวเรต
- ขวดรูปชมพู่
- บีกเกอร์
- กระบอกตวง
- ขวดปรับปริมาตร
- ช้อนตักสาร
- ขวดน้ำกลั่น

สารเคมี

- กรดซัลฟูริกเข้มข้น (98 เปอร์เซ็นต์)
- สารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐาน 0.1 นอร์มัล
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 เปอร์เซ็นต์
- สารละลายกรดบอริค 2 เปอร์เซ็นต์

- Mixed catalyst (Selenium reagent mixture)
- Mixed indicator

วิธีการใช้เครื่องโปรตีน

ขั้นตอนการย่อย

1. ชั่งตัวอย่างของแข็งให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 0.5-1 กรัม (ตัวอย่างของเหลวใช้ปริมาตร 10-15 มิลลิลิตร) ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีนและทำแบลงค์ด้วย
2. เติม Mixed Catalyst ปริมาณ 10 กรัม หรือประมาณ 1 ช้อนชา เติมในหลอดย่อยที่มีตัวอย่างอยู่
3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 98 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 20 มิลลิลิตร นำหลอดย่อยที่บรรจุตัวอย่างมาใส่ Rack (การเติมกรดซัลฟูริกลงไปในหลอดย่อยให้ชะตัวอย่างที่เกิดข้าง ๆ หลอดด้วย โดยหมุนหลอดย่อยไปรอบ ๆ)
4. นำ Rack พร้อมหลอดย่อยที่บรรจุตัวอย่างอาหารไปย่อยในเตาย่อย โดยใส่ให้ก้นหลอดย่อยลงอยู่ในหลุมเตาและปิดหลอดย่อยด้วยอุปกรณ์ดักจับไอกรด
5. เปิดสวิตช์เครื่องดักจับไอกรด เตาย่อย และตู้ดูดควัน กดปุ่ม Set ที่เตาย่อยเพื่อตั้งอุณหภูมิที่ 430 องศาเซลเซียส ทำการย่อยจนได้สารละลายเป็นสีเขียว-น้ำเงินใส ในขณะทำการย่อยสามารถยก Rack เพื่อเช็คดูตัวอย่างที่ย่อยได้
6. เมื่อย่อยจนได้สารละลายในหลอดเป็นสีเขียว-น้ำเงินใส ปิดสวิตช์เตาย่อย ยก Rack ที่มีหลอดย่อยวางไว้บนขาตั้งเหนือเตาย่อย ทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ดูดควัน
7. เมื่อสารละลายเย็นลงจะเป็นเป็นสีฟ้า ปิดก๊อกน้ำโดยหมุนตามลูกศรในทิศ Close ยกสวิตช์เครื่องดูดควันไปที่ OFF
8. นำหลอดย่อยออก เพื่อนำไปกลั่นต่อไป

ขั้นตอนการกลั่นและไตเตรต

1. เปิดสวิตช์เครื่องวิเคราะห์โปรตีนและเปิดเครื่องทำน้ำหล่อเย็น
2. เตรียมสารละลายบอริค 2 เปอร์เซ็นต์ เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 เปอร์เซ็นต์ และเตรียมน้ำกลั่น ใส่ในถังของเครื่องให้เรียบร้อยก่อนการกลั่น
3. นำหลอดเปล่าวางใต้ก้าน Condenser เพื่อทำการ Cleaning เครื่องก่อนการใช้งาน โดยกดโปรแกรมไปที่ M 00 Selection จากนั้นกด Continue เครื่องจะเริ่มทำการ Cleaning เมื่อล้างเครื่องเสร็จแล้วให้นำหลอดย่อยออกจากเครื่องกลั่นด้วยใช้น้ำกลั่นล้างท่อนำก๊าซ จากนั้นนำขวดรูปชมพู่ออกจากเครื่อง ด้วยใช้น้ำกลั่นล้างท่อนำก๊าซ
4. หยด Mixed indicator 3 หยด ลงในขวดรูปชมพู่ จากนั้นนำมาเข้าเครื่องกลั่น
5. นำหลอดย่อยที่บรรจุตัวอย่างเข้าเครื่องกลั่น ทำการกดโปรแกรมไปที่ M 01 Selection จากนั้นกด Continue เครื่องจะทำการเติมน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร เติมบอริค จำนวน 20 มิลลิลิตร และเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 90 มิลลิลิตร โดยอัตโนมัติ ทำการกลั่นนานประมาณ 4 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา นำขวดรูปชมพู่และหลอดย่อยออกจากเครื่องกลั่น ให้ใช้น้ำกลั่นล้างท่อนำก๊าซทั้ง 2 หลอด

6. นำตัวอย่างในขวดรูปชมพู่ที่ได้จากข้อ 5 มาไตเตรต ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐานความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนได้จุดยุติเป็นสีชมพู บันทึกปริมาตร

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ N} = \frac{(V1 - V2) \times N \times 14.007 \times 100}{E}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ Protein} = \text{เปอร์เซ็นต์ N} \times F$$

V1 = ปริมาตรสารละลายกรดมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
V2 = ปริมาตรสารละลายกรดมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรตกับแบลงค์ (มิลลิลิตร)
N = ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก (นอร์มัล)
F = Conversion factor
E = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (เป็นมิลลิกรัม)

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บรรณานุกรม

จารึก ศรีเกียรติเด่น. 2543. การตรวจวิเคราะห์อาหารทางเคมี. กองอาหาร กรมวิทยาศาตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

ณัฏฐิกา ศิลาลายและสมฤดี ไทพาณิชย์. 2554. ปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.

บริษัทลำปางฟู้ดโปรดักส์ จำกัด. 2540. คู่มือปฏิบัติการทางเคมีวิเคราะห์.

ลักขณา รุจนไกรกานต์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2531. หลักการวิเคราะห์อาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 273 หน้า.

วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2541. บทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง.

ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ, สมใจ ศรีละอออกุล, ศิริวรรณ เนติวรานนท์, วรนุช ศรีเจษฎารักษ์, จันทนี อุริยะพงศ์สรรค์ฐ, จินตนา ศรีผุย. 2542. คู่มือบทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล. 2541. บทปฏิบัติการเคมีอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล. 2542. บทปฏิบัติการเคมีชีววัสดุ. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

หน่วยผลิตภัณฑ์สัตว์เชียงใหม่. 2539. เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีอาหารนม. กองส่งเสริมการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์. 213 หน้า.

เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์. 2555. การวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

เอกสารการเรียนปฏิบัติการ. 2545. เคมีผลิตภัณฑ์เกษตร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

เอกสารประกอบการใช้เครื่อง BUCHI-KJELDAHL-SYSTEM. Nitrogen and Protein Determination. 9 หน้า.

AOAC. 1990. Official Analytical Chemists), 15th ed. to read the appropriate method of analysis as given the Official Methods of Analysis of the AOAC International.

Coultate, R. 1993. Food the Chemistry of its components.2 the Royal Society of Chemistry. London. 325 p.

Pomeranz, Y. and Meloan, C. E. 1994. Food Analysis Theory and Practice. Chapman & Hall, Inc. London. 778 p.

Nielsen, S.S. 1994. Introduction to the Chemical Analysis of Food. Jones and Bartlett Publishers.

Steele, L. 1993. Nu FS 301 & 372 Laboratory Manual. Department of Food Science and Nutrition. University of Alberta.

บทปฏิบัติการที่ 6.4
การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย โดยใช้เครื่อง Fibertec System M

หลักการ

เส้นใยอาหาร (Crude fiber) หมายถึง ส่วนของสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่ละลายเหลืออยู่หลังจากที่ตัวอย่างอาหารผ่านขั้นตอนการสกัด ด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ส่วนที่เหลือจากการสกัดจะเป็นเส้นใยและอาจมีแร่ธาตุปนอยู่ด้วย เส้นใยมีส่วนประกอบหลักเป็นเซลลูโลส ส่วนที่เหลือเป็นลิกนินและเฮมิเซลลูโลส ปริมาณของส่วนประกอบแต่ละชนิดในเส้นใยจะผันแปรขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่างอาหารและวิธีการที่ใช้วิเคราะห์

การเตรียมตัวอย่าง

ถ้าตัวอย่างมีปริมาณไขมันมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ให้สกัดไขมันออกก่อน โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ ผสมตัวอย่างให้เข้ากันและบดละเอียด อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่ ทำให้เย็นลงในโถดูดความชื้น จนกว่าจะนำมาใช้วิเคราะห์

เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย Fibertec System M
- เตาเผา
- ตู้อบความร้อน
- เครื่องทำน้ำเย็น
- โถดูดความชื้น
- Crucible
- Tong
- กรวยกรอง
- หลอดหยด
- กระบอกตวง
- บีกเกอร์แสตนเลส
- บีกเกอร์

สารเคมี

- Sulfuric acid 0.128 โมลาร์
- Potassium hydroxide 0.223 โมลาร์
- n- Octanol
- Acetone

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย

1. เปิดเครื่องทำน้ำหล่อเย็น สำหรับระบบ Reflux ให้มีน้ำไหลในอัตรา 1-2 ลิตรต่อนาที
2. เปิดสวิตช์เครื่องวิเคราะห์
3. ชั่งตัวอย่าง จำนวน 1.0 กรัม (W) ใส่ใน Crucible ที่สะอาด ผ่านการอบแห้ง
4. วาง Crucible ในช่องสำหรับวาง Crucible ในเครื่องที่เป็นส่วนสกัดด้วยความร้อน (Hot extrac unit) โดยโยกคันล็อคให้เข้าที่
5. บิดปุ่มควบคุมไปที่ตำแหน่ง Close
6. เติมกรด Sulfuric acid 0.128 โมลาร์ (ควรอุ่นในเตาให้ความร้อนประมาณ 85 องศาเซลเซียส ก่อนเติมลงในเครื่อง) จำนวน 150 มิลลิลิตร ลงในคอลัมน์ด้านบน
7. เติม n.Octanol 3-5 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟอง
8. ปิดฝาเครื่อง เริ่มให้ความร้อนจนเดือด แล้วลดความร้อนลง ต้มจนเดือดเป็นเวลา 30 นาที
9. กรองสารละลายกรด Sulfuric acid โดยบิดปุ่มควบคุมไปที่ตำแหน่ง Vacuum ถ้ากรองไม่ลงให้ใช้ Pressure ช่วย
10. ล้างกรดที่เหลืออยู่ด้วยน้ำกลั่น (น้ำกลั่นให้อุ่นในเตาให้ความร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียส ก่อนเติมลงในเครื่อง) 3 ครั้ง ครั้งละ 30 มิลลิลิตร ดังนี้
    10.1 หมุนปุ่มควบคุมไปที่ตำแหน่ง Pressure
    10.2 เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร
    10.3 หมุนปุ่มควบคุมไปที่ตำแหน่ง Vacuum ซ้ำตามข้อ 10.1 ถึง 10.3 อีก 2 ครั้ง
11. เติม Potassium hydroxide 0.223 โมลาร์ จำนวน 150 มิลลิลิตร ทำเช่นเดียวกับข้อ 6 ถึง ข้อ 10
12. ล้างตัวอย่างด้วยสารละลาย Acetone 3 ครั้ง ครั้งละ 25 มิลลิลิตร ดังนี้
    12.1 หมุนปุ่มควบคุมไปที่ตำแหน่ง Pressure
    12.2 เติม Acetone 25 มิลลิลิตร
    12.3 หมุนปุ่มควบคุมไปที่ตำแหน่ง Vacuum ทำซ้ำตามข้อ 12.1 ถึง 12.3 อีก 2 ครั้ง
13. นำ Crucible ที่มีตัวอย่างอยู่ออกจากเครื่อง แล้วไปอบในตู้อบความร้อน ที่อุณหภูมิ 100-102 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง หรืออบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน โถดูดความชื้น นำ Crucible ไปชั่งน้ำหนัก (W1)
14. นำ Crucible จากข้อ 13 ไปเผาใน Furnance ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น นำ Cruciber ไปชั่งน้ำหนัก (W2)

การคำนวณ

$$\% \text{ Crude Fiber} = \frac{W1 - W2}{W} \times 100$$

W1 = น้ำหนัก Crucible ที่ได้จากการอบ 130 องศาเซลเซียส (กรัม)
W2 = น้ำหนัก Crucible ที่ได้จากการเผา 500 องศาเซลเซียส (กรัม)
W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย โดยใช้เครื่อง Manual

1. เปิดเครื่องทำน้ำหล่อเย็น สำหรับระบบ Reflux ให้มีน้ำไหลในอัตรา 1-2 ลิตรต่อนาที
2. เปิดสวิตซ์เครื่องวิเคราะห์
3. ชั่งตัวอย่าง จำนวน 1.0 กรัม (W) ใส่ในบีกเกอร์สำหรับสำหรับวิเคราะห์เยื่อใย ขนาด 600 มิลลิลิตร ที่สะอาด ผ่านการอบแห้ง
4. เติมกรด Sulfuric acid 0.128 โมลาร์ จำนวน 150 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ ให้สัมผัสกับตัวอย่างอาหารโดยตรง
5. เติม n.Octanol 3-5 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟอง
6. วาง beaker บน heater ค่อย ๆ ยกปุ่มลง-ขึ้นช้า ๆ จนกระทั้งสวมเข้าพอดีกับ condenser ซึ่งอยู่ด้านบน เปิด main power switch ทางขวาของเครื่องไปที่ตำแหนง่ "ON" แล้วเปิดปุ่มที่ควบคุม heater เฉพาะหน่วย ไปที่หมายเลข 6 ต้มจนเดือดเป็นเวลา 30 นาที
7. เมื่อครบกำหนดเวลา นำบีกเกอร์ออกจากเครื่อง ใช้ถุงมือกันความร้อนจับกับบีกเกอร์ จากนั้นค่อย ๆ ยกปุ่มลงนำบีกเกอร์ออกจากเครื่อง
8. นำบีกเกอร์มากรองสารละลายกรด Sulfuric acid ออก โดยใช้เครื่อง Vaccum Pump ติดตั้งกับชุดกรองเยื่อใยที่มี Crucible อยู่
9. ล้าง Crucible ที่มีกรดเหลืออยู่ด้วยน้ำกลั่น (น้ำกลั่นให้อุ่นในเตาให้ความร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียส) 3 ครั้ง ครั้งละ 30 มิลลิลิตร
10. นำ Crucible ที่มีตัวอย่างอยู่ เทลงในบีกเกอร์ เติม Potassium hydroxide 0.223 โมลาร์ จำนวน 150 มิลลิลิตร ทำซ้ำข้อ 5-7
11. นำบีกเกอร์มากรองสารละลายกรด Potassium hydroxide ออก โดยใช้เครื่อง Vaccum Pump ติดตั้งกับชุดกรองเยื่อใยที่มี Crucible อยู่
12. ล้าง Crucible ที่มีด่างเหลืออยู่ด้วยน้ำกลั่น (น้ำกลั่นให้อุ่นในเตาให้ความร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียส) 3 ครั้ง ครั้งละ 30 มิลลิลิตร
13. ล้างตัวอย่างด้วยสารละลาย Acetone 3 ครั้ง ครั้งละ 25 มิลลิลิตร
14. นำ Crucible ที่มีตัวอย่างอยู่ออกจากเครื่อง แล้วไปอบในตู้อบความร้อน ที่อุณหภูมิ 100-102 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง หรืออบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน โถดูดความชื้น นำ Crucible ไปชั่งน้ำหนัก (W1)
15. นำ Crucible จากข้อ 14 ไปเผาใน Furnance ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น นำ Cruciber ไปชั่งน้ำหนัก (W2)

การคำนวณ

$$\% \text{ Crude Fiber} = \frac{W1 - W2}{W} \times 100$$

W1 = น้ำหนัก Crucible ที่ได้จากการอบ 130 องศาเซลเซียส (กรัม)
W2 = น้ำหนัก Crucible ที่ได้จากการเผา 500 องศาเซลเซียส (กรัม)
W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม

บรรณานุกรม

จารึก ศรีเกียรติเด่น. 2543. การตรวจวิเคราะห์อาหารทางเคมี. กองอาหาร กรมวิทยาศาตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

ณัฏฐิกา ศิลาลายและสมฤดี ไทพาณิชย์. 2554. ปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.

บริษัทยูแอนด์วีโฮลดิ้ง จำกัด. 2539. คู่มือการใช้เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย ยี่ห้อ Velp รุ่ น Fiwe 6

ลักขณา รุจนไกรกานต์และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2531. หลักการวิเคราะห์อาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2541. บทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง.

ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ, สมใจ ศรีละออกุล, ศิริวรรณ เนติวรานนท์, วรนุช ศรีเจษฎารักข์, จันทนี อุริยะพงศ์สรรค์ฐ, จินตนา ศรีผุย. 2542. คู่มือบทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล. 2542. บทปฏิบัติการเคมีชีววัสดุ. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์. 2555. การวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

เอกสารการเรียนปฏิบัติการ. 2545. เคมีผลิตภัณฑ์เกษตร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

AOAC. 1980. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15 th ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc.

Association of Official Analytical Chemists. 1990. K. Helrich (ed.). 15th Ed. The Association of Official Analytical Chemists Inc., Viginia, USA.

Nielsen, S.S. 1994. Introduction to the Chemical Analysis of Foods. Jones and Barlette Publishers, Inc., London, England 530p.

Nielsen, S.S. (ed). 1998. Food Analysis. 2nd ed. Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg Maryland.

Owen, R.F. 1996. Food Chemistry. 3rd. Marcel Dekker Inc.

Weaver, C. 1996. The Food Chemistry Laboratory : A Manual for Experimental Foods, Dietetics, and Food Scientists. CRC Press.

บทปฏิบัติการที่ 6.5
การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

หลักการ

ปริมาณเถ้าในอาหารคือ ส่วนของสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่หลังจากที่สารอินทรีย์ถูกเผาไหม้ไป องค์ประกอบของเถ้าได้แก่ โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม คลอรีน กำมะถัน แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส ซึ่งพบในปริมาณมาก และแร่ธาตุที่พบปริมาณน้อย ได้แก่ เหล็ก ทองแดง สังกะสี ซีลีเนียม ไอโอดีน อลูมิเนียม ดีบุก แมงกานีส เป็นต้น ธาตุที่เป็นพิษ ได้แก่ ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ธัลเลียม เป็นต้น

ปริมาณเถ้าบ่งชี้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ใช้เป็นตัวระบุชนิดขององค์ประกอบในอาหาร และใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตอาหารได้ อาหารบางชนิดที่มีปริมาณเถ้ามากเกินไปอาจแสดงว่ามีสิ่งปลอมปน เช่น อาหารพวกเครื่องเทศ เจลาติน น้ำตาลทราย และแป้ง เป็นต้น ดังนั้นปริมาณเถ้าที่วิเคราะห์ได้ควรอยู่ในช่วงที่เหมาะสมตามที่กำหนดไว้

ในการวิเคราะห์เถ้า อุณหภูมิที่เผาไหม้สารอินทรีย์ต้องสูงเพียงพอที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ต้องให้ความร้อนจนกระทั่งได้เถ้ามีสีสม่ำเสมอ เป็นสีขาวหรือเทา ไม่เป็นก้อนหรือไม่เหลือคาร์บอนที่เผาไหม้ไม่หมด ความคลาดเคลื่อนของปริมาณเถ้าเกิดได้จากการสลายของคาร์บอเนตที่เกิดอย่างต่อเนื่อง หรือการสูญเสียสารระเหย เช่น คลอไรด์ นอกจากนี้น้ำหนักเถ้าจะเปลี่ยนอย่างเร็ว เนื่องจากสามารถดูดความชื้นได้ดี ดังนั้นต้องระมัดระวังระหว่างการชั่งน้ำหนักด้วย

การเตรียมตัวอย่าง

ถ้าตัวอย่างอาหารเป็นของเหลว นำไปทำให้แห้งบน water bath เสียก่อน แล้วจึงนำไปเผาไหม้ในเตาเผา สำหรับตัวอย่างที่เป็นของแข็ง เผาไหม้อาหารบน Hot plate จนไม่มีควันดำเสียก่อน แล้วจึงนำไปเผาต่อในเตาเผา สำหรับตัวอย่างอาหารพวกธัญพืช เช่น ข้าวบาร์เลย์ และข้าวโอต ต้องบดตัวอย่างให้ละเอียดเสียก่อน และตัวอย่างที่เป็นผง เช่น แป้ง ให้เติมกลีเซอรอลเล็กน้อย และผสมให้เข้ากัน

เครื่องมือและอุปกรณ์

- เตาเผา Muffle furnace
- ถ้วย Crucible
- Hot plate
- โถดูดความชื้น
- Tong
- ช้อนตักสาร

วิธีวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

1. นำถ้วย Crucible ไปเผาในเตาเผาอุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก

2. ชั่งตัวอย่าง 2-5 กรัม ใส่ในถ้วย Crucible ที่ทราบน้ำหนักแล้ว ถ้าตัวอย่างเป็นของเหลวนำไปทำแห้งบน water bath เสียก่อน สำหรับตัวอย่างที่เป็นของแข็ง ให้นำไปเผาบน hot plate จนไม่มีควันดำ แล้วจึงนำตัวอย่างใส่ในเตาเผาอุณหภูมิประมาณ 500-550 องศาเซลเซียส (คลอไรด์จะเกิดการระเหยที่อุณหภูมิสูงกว่า 600 องศาเซลเซียส)

3. เผาตัวอย่างจนกระทั่งได้เถ้าสีขาว (อาจนานถึง 6 ชม.) ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้าทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

บรรณานุกรม

จารึก ศรีเกียรติเด่น. 2543. การตรวจวิเคราะห์อาหารทางเคมี. กองอาหาร กรมวิทยาศาตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

ณัฏฐิกา ศิลาลายและสมฤดี ไทพาณิชย์. 2554. ปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. 2542. เทคนิคการปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีในผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลักขณา รุจนไกรกานต์และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2536. หลักการวิเคราะห์อาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2541. บทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง.

ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ, สมใจ ศรีละออกุล, ศิริวรรณ เนติวรานนท์, วรนุช ศรีเจษฎารักษ์, จันทนี อุริยะพงศ์สรรค์ฐ, จินตนา ศรีผุย. 2542. คู่มือบทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล. 2542. บทปฏิบัติการเคมีชีววัสดุ. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เอกสารการเรียนปฏิบัติการ. 2545. เคมีผลิตภัณฑ์เกษตร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

AOAC. 1980. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15 th ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc.

AOAC International. 1995. Official Methods of Analysis. 16 th Ed. AOAC International : Gaithersburg, MD.

Ceirwyn, S.J. 1995. Analytical Chemistry of Foods. 1 st Ed. UK: Blackie Academic & Professional.

Kangsadalampai, K. and Sungpuag, P. 1984. Laboratory Manual for Food Analysis.

Nielsen, S.S. 1995. Introduction to the Chemical Analysis of Foods. Jones and Bartlette Publishers, Boston London.

Yeshajahu, P. and Clifton, E.M. 1994. Food Analysis: Theory and Practice. 3 Rd Ed. London:Chapman & Hall.

บทปฏิบัติการที่ 6.6
การวิเคราะห์วิตามินซี

หลักการ

วิตามินซีสามารถรีดิวซ์ 2,6 dichloroindophenol ซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์ (indicator) ทำให้สารละลายเปลี่ยนสีจากชมพูเป็นไม่มีสีในสภาพที่เป็นกรดที่จุดยุติของการไตเตรต วิตามินซีจะถูกสกัดและไตเตรตกับสารละลายผสมของกรดฟอสฟอริก (HPO_3) และกรดอะซิติก (CH_3COOH) หรือสารละลายผสมของกรดฟอสฟอริก กรดอะซิติก และกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เพื่อคงสภาพความเป็นกรดในระดับที่เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาและเพื่อหลีกเลี่ยงปฏิกิริยา autooxidation ของวิตามินซี ซึ่งจะเกิดที่ pH ต่ำ

การเตรียมตัวอย่าง

ถ้าตัวอย่างอาหารเป็นของเหลวให้ใช้ตัวอย่างปริมาตร 10-20 มิลลิลิตร มาเจือจางด้วย Metaphosphoric acid จนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร กรองหรือนำไปหมุนเหวี่ยง เพื่อให้เกิดการแยกชั้น ถ้าตัวอย่างอาหารเป็นของแข็ง หรือกึ่งของแข็งให้ใช้ตัวอย่างปริมาณ 50-100 กรัม นำไปปั่นในสารละลาย Metaphosphoric acid จนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร กรองหรือนำไปหมุนเหวี่ยง เพื่อให้เกิดการแยกชั้น

เครื่องมือและอุปกรณ์

- ขวดปรับปริมาตร
- ขวดรูปชมพู่
- ปิเปต
- บิวเรต
- ลูกยาง
- กระบอกตวง
- กระดาษกรอง
- บีกเกอร์
- ชุด Suction

สารเคมี

1. สารที่ใช้สกัดวิตามินซีจากตัวอย่าง

1.1 สารละลาย Metaphosphoric acid – acetic acid

ละลาย HPO_3 15 กรัม ในสารละลายผสมกรดอะซิติก 40 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร จากนั้นเจือจางต่อด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาณ 500 มิลลิลิตร นำไปกรองอย่างรวดเร็ว และใส่ขวดสีชาเก็บไว้ในตู้เย็น

1.2 สารละลาย Metaphosphoric acid – Acetic acid - Sulfuric acid เตรียมเช่นเดียวกับ 1.1 แต่ใช้กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.3 นอร์มัล แทนที่น้ำกลั่น

2. สารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก (1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)

ชั่งกรดแอสคอร์บิก 50 มิลลิกรัม ถ่ายใส่ใน Volumetric Flask ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายข้อ 1.1 หรือ 1.2 จนได้ปริมาตร (เสร็จแล้วนำไปใช้ทันที)

3. สารละลายมาตรฐาน Indophenol

ละลาย 2,6 dichloroindophenol (ในรูปเกลือโซเดียม) 50 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) 42 มิลลิกรัม เมื่ออินดิเคเตอร์ละลายแล้วให้ปรับมาตรให้ได้ 200 มิลลิลิตร นำไปกรองแล้วใส่ขวดสีชาเก็บในตู้เย็น

วิธีวิเคราะห์วิตามินซี

1. Standardization

นำสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก 2 มิลลิลิตร ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ที่มีสารละลายข้อ 1.1 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน ไตเตรตอย่างรวดเร็วกับสารละลายมาตรฐาน Indophenol ที่ใส่ไว้ในบิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร จนกระทั่งถึงจุดยุติซึ่งจะเกิดสีชมพูนานเกินกว่า 5 วินาที ทำการไตเตรต 3 ซ้ำ และหาค่าเฉลี่ย บันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน Indophenol ที่ใช้ (ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน Indophenol ที่ใช้ในการไตเตรตแต่ละครั้งควรจะประมาณ 15 มิลลิลิตร)

ขณะเดียวกันให้ไตเตรต Blank ที่ประกอบด้วยสารละลายข้อ 1.1 ปริมาตร 7 มิลลิลิตร กับสารละลายมาตรฐาน Indophenol บันทึกปริมาตร (B) ของสารละลายมาตรฐาน Indophenol ที่ใช้โดยทำ 3 ซ้ำ และหาค่าเฉลี่ย (ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน Indophenol ที่ใช้ในการไตเตรต ทั้ง 3 ครั้ง จะมีค่าประมาณโดยเฉลี่ย 0.1 มิลลิลิตร) เมื่อหักค่าที่ได้จาก Blank ออกจากค่าที่ได้จากการทำ Standardization ให้คำนวณค่าความเข้มข้นของสารละลาย Indophenol ในรูปมิลลิกรัมของกรดแอสคอร์บิกที่สมมูลย์ (equivalent) กับ 1 มิลลิลิตร ของสารละลายมาตรฐาน Indophenol (F)

2. การวิเคราะห์กรดแอสคอร์บิกในผักและผลไม้

นำตัวอย่าง 20 กรัม (E) ใส่ในเครื่องตีป่น (Blender) เติมสารละลายข้อ 1.1 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วตีป่นประมาณ 3 นาที นำมากรอง (อาจใช้ปั๊มสูญญากาศช่วย) บันทึกปริมาตรรวม (V) นำของเหลวที่ได้จากการสกัด 10 มิลลิลิตร (Y) ไตเตรตกับสารละลายมาตรฐาน Indophenol จนถึงจุดยุติ โดยเกิดสีชมพูคงไว้ประมาณ 15 วินาที บันทึกปริมาตร (X) คำนวนหาปริมาณกรดแอสคอร์บิกเป็นมิลลิกรัม/กรัม หรือ 100 กรัมของผักหรือผลไม้

การคำนวณ

มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิก/กรัม, มิลลิลิตร = (X - B) X (F / E) X (V / Y)

X = มิลลิลิตร เฉลี่ยของสารละลาย Indophenol ที่ใช้ในการไตเตรตกับตัวอย่างอาหาร
B = มิลลิลิตร เฉลี่ยของสารละลาย Indophenol ที่ใช้ในการไตเตรตกับตัวอย่าง Blank
F = มิลลิกรัม ของกรดแอสคอร์บิกที่สมมูลย์กับสารละลายมาตรฐาน Indophenol ปริมาตร 1 มิลลิลิตร
E = ปริมาณของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ (กรัม, มิลลิลิตร)
V = ปริมาตรรวมของสารหลังจากสกัดและกรอง (มิลลิลิตร)
Y = ปริมาตรของตัวอย่างที่นำมาใช้ในการไตเตรต (มิลลิลิตร)

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บรรณานุกรม

จารึก ศรีเกียรติเด่น. 2543. การตรวจวิเคราะห์อาหารทางเคมี. กองอาหาร กรมวิทยาศาตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

ณัฏฐิกา ศิลาลายและสมฤดี ไทพาณิชย์. 2554. ปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.

ลักขณา รุจนไกรกานต์และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2531. หลักการวิเคราะห์อาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2541. บทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง.

ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ, สมใจ ศรีละออกุล, ศิริวรรณ เนติวรานนท์, วรนุช ศรีเจษฎารักษ์, จันทนี อุริยะพงศ์สรรค์ฐ, จินตนา ศรีผุย. 2542. คู่มือบทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล. 2542. บทปฏิบัติการเคมีชีววัสดุ. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อัญชลี ศรีจำเริญ. 2555. การวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

Association of Offication Analytical Chemists. 1990. Vitamin C (Ascorbic acid) in Vitamin Preparations and Juices. Pp. 1058-1059. *In* "Association of Offication Analysis Chemists" 15th Ed. K. Helrich (ed.). The Association of Offication Analytical Chemists, Inc., Virginia, USA.

Nielson, S.S. 1994. Introduction to the Chemical Analysis of Foods. Jones and Barlett Pullishers, Inc., London, England. 530 p.

Ottaway, P.B. 1993. The Technology of Vitamins in Foods. Foods. Blackie Academic & Professional, Glasgow, U.K. 270 p.

บทปฏิบัติการที่ 6.7
การวิเคราะห์ปริมาณเกลือ

หลักการ

เกลือแกงหรือเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นสารกันบูดที่ใช้กันมานาน เกลือเป็นสารให้กลิ่น รส และสามารถรักษาอาหารชนิดต่าง ๆ ได้ การใช้เกลืออาจจะใช้ความเข้มข้นต่ำ คือ ประมาณร้อยละ 2-4 ร่วมกับอุณหภูมิต่ำหรือใช้ร่วมกับกรด เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย

ผลของเกลือที่มีต่อผลิตภัณฑ์ได้แก่ ทำให้โปรตีนในเนื้อสัตว์เกิดการจับตัวเป็นก้อนซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักมีลักษณะเหนียวแข็ง เป็นต้น ความไม่บริสุทธิ์ของเกลือมีผลต่อกลิ่น รสของอาหาร คือจะให้รสขมและยังเป็นการเหนี่ยวนำ ทำให้เกิดกลิ่นหืนแก่ผลิตภัณฑ์ (Prooxidant) อีกด้วย อย่างไรก็ตามเกลือจะมีผลต่อการเกิดสีในผลิตภัณฑ์น้อยมาก

วิธีของมอร์ (Mohr method) และวิธีของวอลฮาร์ด (Volhard method) เป็นวิธี precipitation titration แบบหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในวงการอุตสาหกรรมอาหาร ใช้สำหรับการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณเกลือแกงที่เติมลงในอาหาร ทำการวิเคราะห์ในรูปของปริมาณคลอไรด์ทั้งหมดด้วยวิธีไตเตรตแล้วคำนวณให้อยู่ในรูปของเกลือโซเดียมคลอไรด์

การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องปั่นละเอียด เก็บใส่ถุงปิดปากถุงให้สนิท เก็บในตู้แช่แข็ง -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ก่อนทำการวิเคราะห์ให้ละลายตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น ถ้าตัวอย่างเป็นไขมันให้ละลายด้วยน้ำอุ่น

เครื่องมือและอุปกรณ์

- ปิเปต
- กระบอกตวง
- ขวดปรับปริมาตร
- บิวเรต
- ขวดรูปชมพู่
- บีกเกอร์
- ช้อนตักสาร
- Crucible
- เตาเผา
- Hot plate

สารเคมี

- โปแตสเซียมโครเมต เข้มข้นร้อยละ 5
- ซิลเวอร์ไนเตรต 0.1 โมลาร์

วิธีวิเคราะห์ปริมาณเกลือ (วิธีของมอร์)

1. ชั่งตัวอย่าง 2-5 กรัม (W) ใส่ใน Crucible นำมาเผาบน Hot plate เปิดฝา Crucible เล็กน้อย เผาจนไม่มีควันดำแล้ว จึงนำไปเผาต่อในเตาเผา โดยเปิดฝา Crucible เล็กน้อย

2. นำเถ้าที่ได้มาละลายด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อยให้ได้ปริมาณน้อยที่สุด เติมสารละลายโปแตสเซียมโครเมตเข้มข้นร้อยละ 5 ลงไป 1 มิลลิเมตร เพื่อเป็นอินดิเตอร์ เขย่าให้เข้ากัน

ถ้าตัวอย่างมีความเข้มข้นของเกลือสูงมาก ต้องนำตัวอย่างมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นเป็น 50 หรือ 100 เท่า แล้วจึงแบ่งมาวิเคราะห์

3. นำไปไตเตรตกับสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (C) จนถึงจุดยุติ จดปริมาตรของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตที่ใช้ (A) ทำ Black ควบคู่ไปด้วย (B)

4. คำนวณหาปริมาณของเกลือแกงในตัวอย่างอาหาร

1 มิลลิลิตร ของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต 0.1 โมลาร์ ทำปฏิกิริยาสมมูลย์พอดีกับเกลือแกง 0.005844 กรัม

การคำนวณ

ปริมาณโซเดียมคลอไรด์สูตร (NaCl) % $= \frac{(A-B) \times C \times 5.85}{W}$

A = ปริมาตรของซิลเวอร์ไนเตรตที่ใช้ในการไตเตรต
B = ปริมาตรของซิลเวอร์ไนเตรตที่ใช้สำหรับทำ blank
C = ความเข้มข้นของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต
W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

บรรณานุกรม

จารึก ศรีเกียรติเด่น. 2543. การตรวจวิเคราะห์อาหารทางเคมี. กองอาหาร กรมวิทยาศาตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

ณัฏฐิกา ศิลาลายและสมฤดี ไทพาณิชย์. 2554. ปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.

บริษัทลำปางฟู้ดโปรดักส์ จำกัด. 2540. คู่มือปฏิบัติการทางเคมีวิเคราะห์.

ลักขณา รุจนไกรกานต์และนิธยา รัตนาปนนท์. 2531. หลักการวิเคราะห์อาหาร. ภาควิชาวิทยาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2541. บทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง.

ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ, สมใจ ศรีละออกุล, ศิริวรรณ เนติวรานนท์, วรนุช ศรีเจษฎารักข์, จันทนี อุริยะพงศ์สรรค์ฐ, จินตนา ศรีผุย. 2542. คู่มือบทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล. 2542. บทปฏิบัติการเคมีชีววัสดุ. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เอกสารการเรียนปฏิบัติการ. 2545. เคมีผลิตภัณฑ์เกษตร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

Association of Offication Analytical Chemists. 1990. Salt in butter. pp. 837. *In* "Association of Offication Analysis Chemists" 15th Ed. K. Helrich (ed.). The Association of Offication Analytical Chemists, Inc., Virginia, USA.

Nielson, S.S. 1994. Introduction to the Chemical Analysis of Foods. Jones and Barlett Pullishers, Inc., London, England. 530 p.

Ottaway, P.B. 1993. The Technology of Vitamins in Foods. Foods. Blackie Academic & Professional, Glasgow, U.K. 270 p.

บทปฏิบัติการที่ 6.8
การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล

หลักการ

น้ำตาลทุกชนิดทั้งน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharide) และน้ำตาลโมเลกุลคู่ (Disaccharide) มีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซิ่ง (Reducing Sugar) ยกเว้นน้ำตาลซูโครส ซึ่งในโมเลกุลไม่มีหมู่อัลดีไฮด์หรือคีโตนอิสระทำให้ไม่มีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซิ่ง จึงเรียกน้ำตาลซูโครสว่าเป็นน้ำตาลนอนรีดิวซิ่ง (Non-Reducing Sugar) เมื่อน้ำตาลซูโครสถูกไฮโดรไลส์เป็นน้ำตาลกลูโคส และฟรุคโตส สารละลายที่ได้มีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซิ่ง

Lane & Eynon เป็นวิธีที่นิยมใช้วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลในตัวอย่างอาหาร อาศัยหลักการคอปเปอร์รีดักชั่น (Copper Reduction) โดยไตเตรตหาปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่เป็นกลางและผ่านการตกตะกอนจนใสที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายเฟลลิ่ง (Fehling 's solution) จำนวน 10 หรือ 25 มิลลิลิตร และปริมาตรของน้ำตาลที่ใช้จะต้องอยู่ในช่วง 15-50 มิลลิลิตร เท่านั้น น้ำตาลรีดิวซิ่งในตัวอย่างอาหารจะรีดิวคิวบริกอิออน (Cu^{+2}) ในรูปคอบเปอร์ซัลเฟตให้เป็นคิวปรัสอิออน (Cu^{+3}) ในรูปคิวปรัสออกไซด์ซิ่ง ซึ่งเป็นตะกอนสีส้มแดง

สารละลายตัวอย่างอาหารที่จะทำปฏิกิริยากับสารละลายเฟลลิ่ง จำนวน 10 มิลลิลิตร ควรมีน้ำตาลอยู่ในสารละลายประมาณ 0.1-0.3 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร หรือ 0.25-0.8 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร สำหรับไตเตรตกับสารละลายเฟลลิ่ง จำนวน 25 มิลลิลิตร โดยใช้เมทธีลีนบลู (Methylene blue) เป็นอินดิเคเตอร์ และสารละลายที่ทำปฏิกิริยากันจะต้องอยู่ในสภาพร้อนเดือดขณะทำการไตเตรต

การเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างอาหารที่เป็นของเหลวทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน และต้องระมัดระวังไม่ให้มีฟองอากาศ ตัวอย่างที่เป็นของแข็งต้องผ่านการบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 mesh ถ้าหากตัวอย่าง มีทั้งน้ำตาลรีดิวซิ่งและน้ำตาลซูโครส น้ำตาลซูโครสจะต้องถูกไฮโดรไลซ์ให้เป็นน้ำตาลอินเวอร์ตก่อนที่จะทำการไตเตรต ตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล ได้แก่ น้ำผึ้งและน้ำเชื่อมที่มีน้ำตาลรีดิ่งซิ่งสูง

เครื่องมือและอุปกรณ์

- ขวดรูปชมพู่
- บิวเรตปลายงอ
- ปิเปต
- กระบอกตวง
- ขวดวัดปริมาตร
- ลูกแก้ว
- กรวยกรอง
- Tong

- กระดาษกรองเบอร์ 1
- Hot Plate

สารเคมี

1. สารละลายคาเรซ I (Carrez I)

ละลายสารซิงอะซิเตต ไดไฮเดรต 21.9 กรัม ในน้ำกลั่นที่มีกรดอะซิติก 3 กรัม ปรับปริมาตร ให้ครบ 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

2. สารละลายคาเรซ II (Carrez II)

ละลายโปแตสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ 10.6 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

3. สารละลายเฟลลิ่ง (Fehling 's solution I & II)

สารละลายเฟลลิ่ง I ละลายคอปเปอร์ซัลเฟต 69.278 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมตรครบ 1 ลิตร

สารละลายเฟลลิ่ง II ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 100 กรัม และโซเดียมโปแตสเซียมตาร์เตรด 346 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร

สารละลายทั้งสองนี้ ต้องเตรียมแยกกันและเก็บใส่ในขวดสีชา เมื่อต้องการใช้ให้ผสมสารละลายทั้งสองนี้ด้วยปริมาตรเท่ากันทันทีก่อนใช้

4. เมธีลีนบลู เข้มข้นร้อยละ 1

วิธีวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง

1. ชั่งตัวอย่างอาหารมาจำนวนหนึ่ง เติมสารละลายคาเรซ I & II อย่างละ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร ทิ้งไว้สักครู่ นำไปกรองด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 1 เก็บสารละลายที่ได้จากการกรองไว้ใช้ในการวิเคราะห์

2. นำสารละลายตัวอย่างใส่ในบิวเรตปลายงอ ขนาด 50 มิลลิลิตร โดยไล่อากาศส่วนปลายงอออกให้หมด

3. ปิเปต Fehling I & II มาอย่างละ 5 มิลลิลิตร (หรืออย่างละ 12.5) ผสมกันในขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร เติมลูกแก้ว 2-3 เม็ด ต้มให้เดือดบน Hot plate ทำการไตเตรตจนกระทั่งสีน้ำเงินจาง หยดเมธีลีนบลู 3 หยด ไตเตรตจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป เหลือตะกอนสีส้มแดง จดปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้

4. ทำการหาปริมาตรที่แน่นอนของสารละลายตัวอย่าง โดยเริ่มทำซ้ำในข้อ 3-4 อีกครั้ง และนำมาหาค่าเฉลี่ย ในขั้นตอนการไตเตรตให้เติมสารละลายตัวอย่างลง Fehling I & II ก่อนตั้ง Hot plate ให้ปริมาตรที่เติมน้อยกว่าปริมาตรที่ไตเตรตครั้งแรก 1-2 มิลลิลิตร ปล่อยให้สารละลายเดือดนาน 2 นาทีก่อน แล้วหยดเมธีลีนบลู 3 หยด ไตเตรตต่อจนกระทั่งถึงจุดยุติ ควรไตเตรตให้เสร็จภายใน 3 นาที ตั้งแต่เริ่มเดือด

5. นำปริมาตรมาคำนวณหาปริมาณ Reducing Sugar จากตาราง Invet Sugar ที่ใช้ Fehling solution 10 หรือ 25 และคิดเทียบกลับเป็นเปอร์เซ็นต์ Reducing Sugar ในตัวอย่าง

หมายเหตุ

ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้ในการไตเตรตแต่ละครั้งควรอยู่ในช่วง 15-50 มิลลิลิตร แต่ในกรณีที่ปริมาตรตัวอย่าง ไม่อยู่ในช่วงนี้ ให้ปฏิบัติดังนี้

1. ถ้าปริมาตรสารละลายที่ใช้น้อยกว่า 15 มิลลิลิตร ให้เตรียมสารละลายตัวอย่างใหม่ โดยการทำ dilution สารละลายตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นให้เจือจางกว่าเดิม

2. ถ้าปริมาตรสารละลายที่ใช้มากกว่า 50 มิลลิลิตร ให้เตรียมสารละลายตัวอย่างใหม่ โดยชั่งตัวอย่างให้มีปริมาณมากกว่าเดิม

วิธีวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลนอน-รีดิวซิ่ง

1. การเตรียมตัวอย่าง ต้องเปลี่ยน non-reducing sugar (sucrose) ให้เป็น reducing sugar ก่อน โดยอาจใช้สารละลายตัวอย่างเดิมที่เหลือจากการไตเตรตหา reducing sugar แล้ว โดยทำการแบ่งมาจำนวนหนึ่งและจดปริมาตรที่แน่นอนนี้ไว้ ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร หากต้องการปรับปริมาตรสารละลายตัวอย่างหลังทำการอินเวอร์ชั่นให้ใช้ปริมาตรสารละลายตัวอย่างน้อยกว่า 100 มิลลิลิตร

2. ทำการ hydrolysed ด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ (V/V) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำมาตั้งบน water bath 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หรืออาจใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น จำนวน 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปตั้งบน water bath 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำมาปรับให้เป็นกลางด้วย 5 โมลาร์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้กระดาษ Lismus paper เป็น indicator ปรับปริมาตรสารละลายตัวอย่างให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น กรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เก็บสารละลายที่ได้ไว้ในการวิเคราะห์ต่อไป

3. นำสารละลายตัวอย่างที่กรองได้มาวิเคราะห์ปริมาณ reducing sugar ทั้งหมดที่มีในตัวอย่างโดยทำวิธีเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณ reducing sugar

ถ้าต้องการเตรียมสารละลายตัวอย่างใหม่ ควรทำให้ใสด้วย Carez solution ก่อนเสมอ

สำหรับอาหารตัวอย่างที่มีทั้งน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลรีดิวซิ่ง ต้องวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลตามวิธีของ Lane & Eynon ทั้งก่อนและหลังการทำอินเวอร์ชั่น ผลการวิเคราะห์ที่ได้ทั้ง 2 ครั้ง คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลอินเวอร์ในอาหารตัวอย่าง

การคำนวณ

นำปริมาตรมาคำนวณหาปริมาณ Reducing sugar และ Non-reducing sugar จากตาราง Invet sugar ที่ใช้ Fehling solution 10 หรือ 25 และคิดเทียบกลับเป็นเปอร์เซ็นต์ Reducing sugar และ Non-reducing sugar ในตัวอย่าง ดังตาราง 6.1 และ 6.2

เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส (S) = เปอร์เซ็นต์ผลต่างของ $(D_2 - D_1) \times 0.95$

เปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมด $= D_1 + S$

S = เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส

D_1 = เปอร์เซ็นต์น้ำตาลรีดิวซิ่งทั้งหมดก่อนทำการอินเวอร์ชั่น

D_2 = เปอร์เซ็นต์น้ำตาลรีดิวซิ่งทั้งหมดภายหลังทำการอินเวอร์ชั่น

ตาราง 6.1 Invet Sugar for 10 cm^2 of Fehling's solution

cm^2 of sugar solution required	Solution containing besides invert sugar	
	Invert sugar factor*	mg invert sugar per 100 cm^2
15	50.5	336
16	50.6	316
17	50.7	298
18	50.8	282
19	50.8	267
20	50.9	254.5
21	51.0	242.9
22	51.0	231.8
23	51.1	222.2
24	51.2	213.3
25	51.2	204.8
26	51.3	197.4
27	51.4	190.4
28	51.4	183.7
29	51.5	177.6
30	51.5	171.7
31	51.6	166.3
32	51.6	161.2
33	51.7	156.6
34	51.7	152.2
35	51.8	147.9
36	51.8	143.9
37	51.9	140.2
38	51.9	136.6
39	52.0	133.3
40	52.0	130.1
41	52.1	127.1
42	52.1	124.2
43	52.2	121.4
44	52.2	118.7

ตาราง 6.1 Invet Sugar for 10 cm^2 of Fehling's solution (ต่อ)

cm^2 of sugar solution required	Solution containing besides invert sugar	
	Invert sugar factor*	mg invert sugar per 100 cm^2
45	52.3	116.1
46	52.3	113.7
47	52.4	111.4
48	52.4	109.2
49	52.5	107.1
50	52.5	105.1

* mg of invert sugar corresponding 10 cm^2 of Fehling's solution

ที่มา : ศิริลักษณ์และศุภลักษณ์ (2549)

ตาราง 6.2 Invet Sugar for 25 cm^2 of Fehling's solution

cm^2 of sugar solution required	Solution containing besides invert sugar	
	Invert sugar factor*	mg invert sugar per 100 cm^2
15	123.6	824
16	123.6	772
17	123.6	727
18	123.7	687
19	123.7	651
20	123.8	619.0
21	123.8	589.5
22	123.9	563.2
23	123.9	528.7
24	124.0	516.7
25	124.0	496.0
26	124.1	477.3
27	124.1	459.7
28	124.2	443.6
29	124.2	428.3
30	124.3	414.3
31	124.3	401.0
32	124.4	388.7
33	124.4	377.0
34	124.5	366.2

ตาราง 6.2 Invet Sugar for 25 cm^2 of Fehling's solution (ต่อ)

cm^2 of sugar solution required	Solution containing besides invert sugar	
	Invert sugar factor*	mg invert sugar per 100 cm^2
35	124.5	355.8
36	124.6	346.1
37	124.6	336.8
38	124.7	328.1
39	124.7	319.7
40	124.8	311.9
41	124.8	304.4
42	124.9	297.3
43	124.9	290.5
44	125.0	284.1
45	125.0	277.9
46	125.1	272.0
47	125.1	266.3
48	125.2	260.8
49	125.2	255.5
50	125.3	250.6

* mg of invert sugar corresponding 25 cm^2 of Fehling's solution

ที่มา : ลักขณาและนิธิยา (2536)

ตัวอย่างการคำนวณ

นำน้ำองุ่น 500 กรัม ไปหาค่าปริมาณน้ำตาลโดยวิธี Lane & Eynon โดยใช้ตัวอย่างอาหาร 5 กรัม เติมสารละลาย Carrez I & II ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร นำไปไตเตรตกับสารละลาย Fehling ปรากฏว่าใช้สารละลายตัวอย่างไป 20 มิลลิลิตร ทำปฏิกริยาพอดีกับสารละลาย Fehling จำนวน 10 มิลลิลิตร จงหาปริมาตรน้ำตาลทั้งหมดในน้ำองุ่น

วิธีการคำนวณ

จากตาราง 6.1 เปรียบเทียบสารละลายน้ำตาลจากตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลาย Fehling ได้น้ำตาลอินเวอร์ต 254.5

หมายความว่า สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีน้ำองุ่น 2 กรัม หรือร้อยละ 2

สารละลายตัวอย่างอาหารร้อยละ 2 มีน้ำตาลอินเวอร์ต = 254.5/100 มิลลิกรัม

สารละลายตัวอย่างอาหารร้อยละ 100 มีน้ำตาลอินเวอร์ต = $\frac{254.5 \times 100}{2}$ มิลลิกรัม

$\therefore$ ตัวอย่างอาหารมีน้ำตาลอินเวอร์ต 12,725 มิลลิกรัม หรือร้อยละ 12.725 กรัม

บรรณานุกรม

จารึก ศรีเกียรติเด่น. 2543. การตรวจวิเคราะห์อาหารทางเคมี. กองอาหาร กรมวิทยาศาตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

ณัฏฐิกา ศิลาลายและสมฤดี ไทพาณิชย์. 2554. ปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.

บริษัทลำปางฟู้ดโปรดักส์ จำกัด. 2540. คู่มือปฏิบัติการทางเคมีวิเคราะห์.

ลักขณา รุจนไกรกานต์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2531. หลักการวิเคราะห์อาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 273 หน้า.

วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2541. บทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง.

ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ, สมใจ ศรีละออกุล, ศิริวรรณ เนติวรานนท์, วรนุช ศรีเจษฎารักข์, จันทนี อุริยะพงศ์สรรค์ฐ, จินตนา ศรีผุย. 2542. คู่มือบทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศศิวิมล จิตรากร. 2555. การวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล. 2542. บทปฏิบัติการเคมีชีววัสดุ. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Nielson, S.S. 1994. Introduction to the Chemical Analysis of Foods. Jones and Barlett Pullishers, Inc., London, England. 530 p.

Nielsen, S.S. (ed). 1998. Food Analysis. 2nd ed. Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland.

Owen, R.F. 1996. Food Chemistry. 3rd. Marcel Dekker Inc.

Weaver, C. 1996. The Food Chemistry Laboratory : A Manual for Experimental Foods, Dietetics, and Food Scientists. CRC Press.

บทปฏิบัติการที่ 6.9
การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH

หลักการ

สารต้านออกซิเดชันหรือสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) คือโมเลกุลที่ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาoxidation หรือทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาช้าลง จึงสามารถป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ (free radicals) เช่น $R^{\cdot}$ (alkyl) $Roo^{\cdot}$ (Peroxy) $Ro^{\cdot}$ (alkoxy) สารต้านอนุมูลอิสระสามารถแบ่งได้สองชนิดคือ สารต้านอนุมูลอิสระที่ร่างกายสร้างขึ้น เช่น กลูตาไธโอน กรดลิโปอิค อัลบูมิน กรดยูริค เอนไซม์ต้านออกซิเดชัน และสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้รับจากอาหาร เช่น วิตามิน แร่ธาตุ และสารในพืชและสัตว์บางชนิด ได้แก่ เบต้าแคโรทีน ฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลิค (phenolic compound) วิธีการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทำได้หลายวิธี เช่น Oxygen radical absorbance capacity assay (ORAC), Trolox Equivalent antioxidant Capacity assay (TEAC), Total radical-trapping antioxidant parameterr assay (TRAP), Ferric reducing ability of plasma assay (FRAP), 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), Folin Ciocalteu หรือปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด

เมื่อ DPPH เป็นปฏิกิริยาโดยตรงระหว่างอนุมูลอิสระ (radical) ซึ่งได้แก่ 2,2- Diphenyl-1-picryhydrazyl (DPPH) ในสารต้านอนุมูลอิสระ โดยอนุมูลอิสระ DPPH ซึ่งมีสีม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อโมเลกุลได้รับอิเลคตรอนจากสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นถ้าตัวอย่างมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากความเข้มข้นของสีจะลดลงมากและสามารถวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ด้วยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer

การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างที่เป็นของเหลว ให้กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 โดยใช้เครื่องสูญญากาศช่วยในการกรอง สามารถนำตัวอย่างมาใช้ในการวิเคราะห์ได้เลย ถ้าตัวอย่างที่เป็นของแข็งต้องทำการบดด้วยเครื่องบดอาหารให้ละเอียดที่สุด แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh นำตัวอย่างที่เป็นของแข็งมาสกัดด้วย Methanol โดยใช้ตัวอย่าง 0.5 กรัม ใน Methanol ปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 โดยใช้เครื่องกรองสูญญากาศ เก็บตัวอย่างนำไปใช้ในการวิเคราะห์

เครื่องมือและอุปกรณ์

- ขวดปรับปริมาตร
- ปิเปต
- กระบอกตวง
- บีกเกอร์
- หลอดทดลอง
- กรวยกรอง
- กระดาษกรองเบอร์ 1
- เครื่องปั่นตัวอย่างอาหาร

- เครื่องกรองสูญญากาศ
- Spectrophotometer

สารเคมี

1. สารละลาย DPPH 0.1 มิลลิโมลาร์ ใน Methanol
2. Methanol ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

1. ชั่งตัวอย่างจำนวน 0.5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ 100 มิลลิลิตร เติม Methanol ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ 50 มิลลิลิตร (ถ้าเป็นของเหลวให้ใช้ไปเปตดูดตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร)
2. ทำการปั่นผสมตัวอย่างด้วยเครื่อง blender นานประมาณ 1 นาที
3. ทำการกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1
4. ปิเปตส่วนใสที่กรองได้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 16X150 มิลลิเมตร
5. เติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เขย่าด้วย Votex นาน 1 นาที
6. นำตัวอย่างไปเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 60 นาที
7. นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer
8. ใช้ Methanol ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ เป็น blank คำนวณหาร้อยละของฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant axtivity) จากสูตรดังนี้

$$\text{Antioxidant activity (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{Abs.control} - \text{Abs.sample}}{\text{Abs.control}} \times 100$$

Abs.control = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ใน Methanol 0.1 มิลลิโมลาร์

Abs.sample = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

หมายเหตุ

Blank ใช้ Methanol ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์

Control ใช้ Methanol ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ 1 มิลลิลิตร ในสารละลาย DPPH 2 มิลลิลิตร

บรรณานุกรม

เกียรติศักดิ์ พลสงครามและ สุทธิพงษ์ รักศิลปกิจ. 2550. การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของไวน์แดงจากไวน์ลูกหว้า. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพายัพ.

นิตยา เขียวอ่อน. 2550. การศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระในลูกหว้า. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ประภาพรรณ พรหมหิรัญกูล. 2551. การประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มสมุนไพรและไวน์ไทย. เวชสารโรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา. 32(2) : 101 - 108.

พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์. 2555. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากสาหร่ายทะเล. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ.

มณฑนา วีระวัฒนากร. 2555. การวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สุภามาศ อินทฤทธิ์. 2547. "สารแอนติออกซิแดนท์" วารสารวิทยาศาสตร์ 58 (3): 156-163.

Areekul, V. and Mettamethar, N. 2006. The Impact of Manufacturing Process on Polyphenol Content and Antioxidant Capacity of Herbal Tea Infusion. The 8th Agro-Industrial Conference : 15-16 June 2005.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensm.-Wiss.u.-Technol. 28: 25 – 30.

Turkmen, N. Sari, F. and Velioglu, Y.S. 2005. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. Food Chemistry. 93:713-718.

บทปฏิบัติการที่ 6.10
การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด โดยวิธี Folin-Ciocalteu

หลักการ

สารต้านออกซิเดชันหรือสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) คือโมเลกุลที่ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา oxidation หรือทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาช้าลง จึงสามารถป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ (free radicals) เช่น $R^{\cdot}$ (alkyl) $Roo^{\cdot}$ (Peroxy) $Ro^{\cdot}$ (alkoxy) สารต้านอนุมูลอิสระสามารถแบ่งได้สองชนิด คือสารต้านอนุมูลอิสระที่ร่างกายสร้างขึ้น เช่น กลูตาไธโอน กรดลิโปอิค อัลบูมิน กรดยูริค เอนไซม์ต้านออกซิเดชัน และสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้รับจากอาหาร เช่น วิตามิน แร่ธาตุ และสารในพืชและสัตว์บางชนิด ได้แก่ เบต้าแคโรทีน ฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลิค (phenolic compound) วิธีการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทำได้หลายวิธี เช่น Oxygen radical absorbance capacity assay (ORAC), Trolox equivalent antioxidant capacity assay (TEAC), Total radical-trapping antioxidant parameterr assay (TRAP), Ferric reducing ability of plasma assay (FRAP), 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), Folin ciocalteu หรือปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด

วิธี Folin-ciocalteu เป็นวิธีที่วัดความสามารถในการเป็นสารรีดิวซ์ (reducing) ของสารในตัวอย่างโดยอาศัยการเปลี่ยนสีจากสีเหลืองเป็นสีน้ำเงินของสาร Folin-ciocalteu ซึ่งสามารถวัดค่า Absorbance ที่ 760 nm เนื่องจากสาร Folin-ciocalteu ไม่มีความจำเพาะต่อสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นวิตามินและแร่ธาตุก็สามารถ reduce สาร Folin-ciocalteu ได้ ถ้าตัวอย่างอาหารประกอบด้วยสาร reducing นอกเหนือจากสารประเภทฟีนอลิค เช่น วิตามินซี วิตามินอี แร่ธาตุบางชนิด หรือกรดอะมิโนบางชนิดก็ไม่ถูกต้องนักที่จะใช้เป็นตัวแทนปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด

Folin-ciocalteu ได้นำมาใช้เพื่อวิเคราะห์โปรตีนโดยอาศัยการทำปฏิกิริยาของสารต่อหมู่ฟีนอลในโปรตีน ต่อมาได้ถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์สารฟีนอลทั้งหมดในไวน์และได้รับความนิยม และได้นำมาวิเคราะห์สารฟีนอลทั้งหมดในผักและผลไม้ สาร Folin-ciocalteu ประกอบด้วยสารผสมของโซเดียมทังสเตน ($Na_2WO_42H_2O$) โซเดียมโมลิบเดท ($Na_2MoO_42H_2O$) กรดไฮโดรคลอริค กรดฟอสฟอริค และน้ำโดยต้มเป็นเวลา 10 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติมลิเทียมซัลเฟต ($Li_2SO_4H_2O$) เพื่อให้เกิดสีเหลือง สารฟีนอลิคทำปฏิกิริยากับสาร Folin-ciocalteu ในภาวะที่เป็นด่าง ซึ่งได้สารประกอบสีน้ำเงิน สาร Folin-ciocalteu ไม่มีความจำเพาะต่อสารฟีนอลิค ดังนั้นสารที่มีสมบัติเป็นสารรีดิวซ์ เช่น วิตามินซีและโลหะ เช่น ทองแดง มีผลต่อค่าที่ได้

การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างที่เป็นของเหลวให้ทำการกรองตะกอนออกก่อน โดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 กรองผ่านเครื่องกรองสูญญากาศ นำส่วนใสที่ได้จากการกรองมาวิเคราะห์ หรือนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ความเร็วรอบ 12000 อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ถ้าตัวอย่างเป็นของแข็งให้ทำการสกัดตัวอย่างด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ 80 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 100 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่อง blender นาน 1 นาที นำตัวอย่างที่ปั่นผสมแล้วมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 กรองผ่านเครื่องกรองสูญญากาศ

เครื่องมือและอุปกรณ์

- ขวดปรับปริมาตร
- ปิเปต
- บีกเกอร์
- หลอดทดลอง
- กรวยกรอง
- กระดาษกรองเบอร์ 1
- เครื่องปั่นตัวอย่างอาหาร
- เครื่องกรองสูญญากาศ
- Vortex mixer
- Spectrophotometer

สารเคมี

1. สารละลาย Folin-ciocaltue phenol reagent ที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 : 10 (ปริมาตรต่อปริมาตร) โดยใช้ Folin-ciocaltue phenol reagent 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร
2. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 7.5 เปอร์เซ็นต์ ชั่งโซเดียมคาร์บอเนต 7.5 กรัม ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร
3. เอธิลแอลกอฮอล์ 80 เปอร์เซ็นต์ เจือจางแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 84.21 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร
4. สารละลายมาตรฐาน Gallic acid

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมด

1. ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 16X150 มิลลิเมตร
2. เติมสารละลาย Folin-ciocaltue phenol reagent 5 มิลลิลิตร
3. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม Vortex mixer ทิ้งไว้ 10 นาที
4. เติมสารละลาย โซเดียมคาร์บอเนต 7.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
5. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ
6. จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
7. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer
8. ทำ blank ควบคู่ไปด้วยโดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง

การทำ Standard

1. ชั่ง Gallic acid 0.1 กรัม ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายความเข้มข้น 1000 ppm

2. เจือจางสารละลาย Gallic acid ความเข้มข้น 1000 ppm ให้มีความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm

3. ทำเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคในตัวอย่าง โดยใช้สารละลาย Gallic acid ที่เตรียมไว้แทนตัวอย่างที่สกัดได้

การคำนวณ

นำค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่วัดได้ ไปวัดหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิคจากกราฟมาตรฐานของ Gallic acid ที่ความเข้มข้น 10-50 ppm และค่าการดูดกลืนแสงในหน่วย Gallic acid equivalents (GAE) มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บรรณานุกรม

เกียรติศักดิ์ พลสงคราม และสุทธิพงษ์ รักศิลปกิจ. 2550. การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของไวน์แดงจากลูกหว้า. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพายัพ.

นันท์นภัส เติมวงศ์. 2551. ปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีโนลิกส์ และวิตามินซีในผักและสมุนไพร. คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.

มณฑนา วีระวัฒนากร. 2555. การวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ยุพาพร ผลาขจรศักดิ์. 2547. การสกัดและความคงตัวของแอนโทไซยานินที่สกัดจากเปลือกมังคุด. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร.

อุรษา เชาวนลิขิตและอรัญญา มิ่งเมือง. 2550. ปริมาณแอนโธไซยานินและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของมังคุดและน้ำมังคุด. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 23:68-78.

Anesini, C., Ferraro, G.E. and Filip, R. (2008). Total polyphenol content and antioxidant capacity to commercially available tea (Camellia sinensis) in Argentina. J. Agric. Food Chem. 56:9225-9229.

Shahidi, F. and Naczk, M. 1995. Food phenolics: Sources, Chemistry, Effects, Applications, Technomic Publishing Company Inc., Lancaster PA., pp: 231- 245.

Turkmen, N. Sari, F. and Velioglu, Y.S. 2005. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. Food Chemistry. 93:713-718.

Von Gadow, A., Joubert, E., and Hansmann, C. F. (1997). Comparison of the activity of rooibos tea (Aspalathus linearis) with green, oolong and blank tea. Food Chem. 60(1): 73-77.

บทปฏิบัติการที่ 6.11
การวิเคราะห์ปริมาณวัตถุกันเสีย

หลักการและเหตุผล

กรดเบนโซอิคและเบนโซเอท เป็นวัตถุกันเสียที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตหรือทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ตามลำดับจากยีสต์ รา และแบคทีเรีย และจะมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 2.0-5.0 เกลือเบนโซเอทเมื่อใส่ในอาหารจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของกรดและถ้าหากอาหารนั้นมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.0 หรือต่ำกว่ากรดชนิดนี้ จะคงรูปอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัว ซึ่งจะเป็นรูปที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้น อาหารที่เหมาะสมที่จะใช้เบนโซเอทจึงควรเป็นอาหารที่มีกรดสูงหรืออาหารที่มีการเติมกรดลงไป เช่น เครื่องดื่มต่าง ๆ น้ำหวานชนิดต่าง ๆ น้ำผลไม้ แยม เยลลี่ ผักดอง ผลไม้ดอง ฟรุตสลัด และเนยเทียม เป็นต้น

ในอุตสาหกรรมการทำแยม เยลลี่ และมาร์มาเลด ถึงแม้จะมีการเติมน้ำตาลให้ผลิตภัณฑ์มีความหวานถึงร้อยละ 65-67 เพื่อให้มีความหวานและความเข้มข้นของน้ำตาลสูง ทำให้เก็บรักษาไว้ให้ได้นาน ในทางการค้านิยมเติมวัตถุกันเสีย เพื่อให้เก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น วัตถุกันเสียที่นิยมเติมในผลิตภัณฑ์ดังกล่าว คือ โซเดียมเบนโซเอต การวิเคราะห์หาวัตถุกันเสียในแยม เยลลี่ และมาร์มาเลด จึงวิเคราะห์ในรูปกรดเบนโซอิค ซึ่งตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัมอาหาร

การเตรียมตัวอย่าง

ในบทปฏิบัติการนี้จะใช้แยมชนิดต่าง ๆ เป็นตัวอย่าง โดยนำตัวอย่างแยมมาชั่งน้ำหนัก 50 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย เพื่อให้แยมละลาย เทใส่ในขวดปรับปริมาตร 250 มิลลิลิตร โดยใช้กรวยกรอง

เครื่องมือและอุปกรณ์

- กรวยแยก
- บิวเรต
- ขวดรูปชมพู่
- กระดาษกรอง
- กรวยกรอง
- ขวดปรับปริมาตร
- บีกเกอร์
- ปิเปต

สารเคมี

- โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.05 โมลาร์
- โซเดียมคลอไรด์
- ไฮโดรคลอริคหรือซัลฟูริก ความเข้มข้น 3 นอร์มัล
- ไดเอธิลอีเธอร์
- อะซิโตน

วิธีวิเคราะห์ปริมาณวัตถุกันเสีย

1. ชั่งตัวอย่างแยม 50 กรัม ใส่บีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงในบีกเกอร์เล็กน้อย ทำให้แยมละลาย

2. ถ่ายสารละลายแยมลงใน Volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ล้างบีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่นอีกเล็กน้อยจนแน่ใจว่าไม่มีเศษแยมเหลืออยู่

3. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ลงไป 5 มิลลิลิตร และเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงไป 60 กรัม เติมน้ำกลั่นให้ได้ประมาณ 200 มิลลิลิตร

4. ตั้ง Volumetric flask ทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง เขย่าเป็นครั้งคราว ปรับปริมาตรให้ครบ 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าผสมให้เข้ากันดี แล้วจึงนำไปกรอง

5. ปิเปตสารละลายที่กรองได้มา 50 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคหรือกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 3 นอร์มัล นำตัวอย่างที่ได้ใส่ใน Separatory funnel และเติมกรดลงไปให้มากเกินพออีก 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันดี

6. สกัดกรดเบนโซอิค โดยใช้ไดเอธิลอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร ปิดจุกเขย่าส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน เปิดจุกตั้งทิ้งไว้ 30 นาที แยกเอาชั้นของไดเอธิลอีเทอร์ออกมารวมกัน ใส่ในขวดรูปชมพู่ ระเหยเอาไดเอธิลอีเทอร์ออกจนเกือบแห้งบน Hot plate รอให้เย็น

7. นำขวดรูปชมพู่ที่ระเหยไดเอธิลอีเทอร์ออกมาเติมอะซิโตนลงไป 2 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

8. ไตเตรตสารละลายที่ได้ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ โดยใช้ฟีนอฟธาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ไตเตรต blank โดยใช้อะซิโตน 2 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร คำนวณหาปริมาณกรดเบนโซอิค

การคำนวณ

1 มิลลิลิตร ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ทำปฏิกิริยาสมมูลย์พอดีกับกรดเบนโซอิค 0.0061 กรัม ตัวอย่างเช่น จากผลการทดลองใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.25 มิลลิลิตร ในการไตเตรต สารละลายตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร ดังนั้น

$$\text{น้ำหนักกรดเบนโซอิค} = \frac{\text{1.25 มิลลิลิตร X 0.0061 กรัม}}{\text{1 มิลลิลิตร}}$$

$$= 0.007625 \text{ กรัม}$$

ทั้งนี้ สารละลายตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร มาจากสารละลายทั้งหมด 250 มิลลิลิตร ดังนั้น

$$\text{ปริมาณกรดเบนโซอิคในสารละลายทั้งหมด 50 มิลลิลิตร} = \frac{\text{0.007625 กรัม X 250 มิลลิลิตร}}{\text{50 มิลลิลิตร}}$$

$$= 0.038125 \text{ กรัม}$$

ทั้งนี้ สารละลายทั้งหมด 250 มิลลิลิตร ได้จากน้ำหนักของตัวอย่าง 50 กรัม ซึ่งประกาศกระทรวงสาธารณสุขอนุญาติให้ใช้กรดเบนโซอิคในผลิตภัณฑ์อาหารได้ไม่เกิน 1000 มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัม นั่นคือ

$$\text{ปริมาณกรดเบนโซอิคต่อ 1 กิโลกรัม น้ำหนักตัวอย่าง} = \frac{\text{0.038125 กรัม X 1000 กรัม}}{\text{50 กรัม}}$$

$$= 0.7625 \text{ กรัม}$$

หรือ 762.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

บรรณานุกรม

กัญญารัตน์ เส็งกันไพร และนิรชรา เสถียร. 2543. การสำรวจและวิเคราะห์กรดเบนโซอิคในผลิตภัณฑ์ขนมอบ. โครงการพิเศษปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิต คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

กรรณิการ์ วิศิษฏ์โชติอังกูร. 2549. ปริมาณกรดเบนโซอิค กรดซอร์บิค และกรดซาลิไซลิคในน้ำผลไม้บรรจุปิดสนิทที่ผลิตในเขตจังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต.

ปุณฑริกา รัตนตรัยวงศ์. 2555. การวิเคราะห์อาหารและผลิตภัณฑ์เกษตร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2541. บทปฏิบัติการเคมีอาหาร 1. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง.

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล. 2542. บทปฏิบัติการเคมีชีววัสดุ. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Han, F., He, U-Z,.Li, L., Fu, G-N., Xie, H-Y and Gan, W-E, Determination of Benzoic Acid and Sorbic Acid in Food Products Using Electrokinetic Flow Analysis–Ion Pair Solid Phase Extraction–Capillary Zone Electrophoresis, Analytica Chimica Acta, Vol. 618(1), pp. 79-85, 2008.