# คู่มือการปฏิบัติงาน

# (Work Manual)

**เรื่อง**

**การเตรียมการทดสอบทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต สำหรับการเรียนการสอนภาคปฏิบัติของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 ทุกหลักสูตร ของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์**

**โดย**

**นางสาววิไลลักษณ์ อำพันศรี**

**วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์**

**มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต**

**ปีพุทธศักราช 2565**

# คำนำ

คู่มือการปฏิบัติงาน (Work Manual) เรื่องการเตรียมการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต สำหรับการเรียนการสอนภาคปฏิบัติของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 ทุกหลักสูตร ของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ ฉบับนี้ จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นคู่มือในการเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี สำหรับการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ เรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต ของนักศึกษาระดับ ปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 ทุกหลักสูตร ของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ โดยจะมีทั้งส่วนวิธีการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต, ส่วนของวิธีการเตรียมสารวิเคราะห์สำหรับทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต และการจัดการมูลฝอยหลังเสร็จสิ้นการทดลอง

ผู้จัดทำ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือปฏิบัติงานฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ (นักวิทยาศาสตร์) อาจารย์ผู้สอน และผู้ที่สนใจ เพื่อให้เกิดแนวปฏิบัติที่เป็นมาตรฐาน อันจะส่งผลให้วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มีการพัฒนาการดำเนินงานที่มีคุณภาพ และประสิทธิภาพยิ่งขึ้น หากผิดพลาดประการใดขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นางสาววิไลลักษณ์ อำพันศรี

ผู้จัดทำ

# กิตติกรรมประกาศ

คู่มือการปฏิบัติงาน (Work Manual) เรื่องการเตรียมการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต สำหรับการเรียนการสอนภาคปฏิบัติของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 ทุกหลักสูตร ของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี จากความร่วมมือ และสนับสนุนจากหลายฝ่าย ดังนี้

1. งานวิจัย ส่งเสริมและพัฒนาวิชาการ วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์
2. ผศ.ดร.โสภิดา สุขประเสริฐ อาจารย์ผู้สอนการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ เรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต
3. คณะกรรมการบริหารห้องปฏิบัติการ วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์
4. คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

# สารบัญ


หน้า

**คำนำ** ..... -1-

**กิตติกรรมประกาศ** ..... -2-

**สารบัญ** ..... -3-

**บัญชีตาราง** ..... -7-

**บัญชีภาพประกอบ** ..... -8-

**บทที่ 1 บทนำ** ..... 1

1.1 ความเป็นมาของการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน ..... 2

1.3 ประโยชน์ของการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน ..... 2

1.4 ขอบเขตของคู่มือการปฏิบัติงาน ..... 2

1.5 คำจำกัดความเฉพาะของคู่มือการปฏิบัติงาน ..... 3

**บทที่ 2 โครงสร้าง และหน้าที่รับผิดชอบ** ..... 4

2.1 ประวัติความเป็นมาขององค์กร ..... 4

2.2 วิสัยทัศน์ พันธกิจ สมรรถนะ และค่านิยมหลักขององค์กร ..... 6

2.3 โครงสร้างการบริหารองค์กร ..... 7

2.4 บทบาทและหน้าที่รับผิดชอบ ..... 9

**บทที่ 3 หลักเกณฑ์ วิธีปฏิบัติการ** ..... 14

3.1 ระเบียบการเข้าใช้ห้องปฏิบัติการสำหรับการเรียนการสอน ..... 14

3.2 การกำจัดมูลฝอยห้องปฏิบัติการ ..... 14

3.3 การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุสารเคมี ..... 16

# สารบัญ (ต่อ)

**หน้า**

3.4 แนวคิดหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 17

**บทที่ 4 กระบวนการและขั้นตอนการปฏิบัติงาน**..... 25

4.1 กระบวนการและขั้นตอนปฏิบัติงานของนักวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ ในส่วนของการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ..... 26

4.2 รายละเอียดกระบวนการและขั้นตอนการปฏิบัติงาน..... 28

4.2.1 การทดลองที่ 1 Molisch's test..... 28

4.2.1.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการทดลอง..... 28

4.2.1.2 วิธีการทดลอง..... 29

4.2.1.3 สรุปผลการทดลอง..... 30

4.2.1.4 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการเตรียมสารวิเคราะห์..... 31

4.2.1.5 วิธีการเตรียมสารวิเคราะห์..... 32

4.2.2 การทดลองที่ 2 Benedict's test..... 39

4.2.2.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการทดลอง..... 39

4.2.2.2 วิธีการทดลอง..... 40

4.2.2.3 สรุปผลการทดลอง..... 41

4.2.2.4 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการเตรียมสารวิเคราะห์..... 42

4.2.2.5 วิธีการเตรียมสารวิเคราะห์..... 43

4.2.3 การทดลองที่ 3 Barfoed's test..... 50

4.2.3.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการทดลอง..... 50

4.2.3.2 วิธีการทดลอง..... 51

4.2.3.3 สรุปผลการทดลอง..... 52

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.3.4 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการเตรียมสารวิเคราะห์..... 53

4.2.3.5 วิธีการเตรียมสารวิเคราะห์..... 54

4.2.4 การทดลองที่ 4 Seliwanoft's test..... 61

4.2.4.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการทดลอง..... 61

4.2.4.2 วิธีการทดลอง..... 62

4.2.4.3 สรุปผลการทดลอง..... 63

4.2.4.4 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการเตรียมสารวิเคราะห์..... 64

4.2.4.5 วิธีการเตรียมสารวิเคราะห์..... 65

4.2.5 การทดลองที่ 5 Bial's test..... 72

4.2.5.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการทดลอง..... 72

4.2.5.2 วิธีการทดลอง..... 73

4.2.5.3 สรุปผลการทดลอง..... 74

4.2.5.4 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการเตรียมสารวิเคราะห์..... 75

4.2.5.5 วิธีการเตรียมสารวิเคราะห์..... 76

4.2.6 การทดลองที่ 6 Iodine test..... 83

4.2.6.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการทดลอง..... 83

4.2.6.2 วิธีการทดลอง..... 84

4.2.6.3 สรุปผลการทดลอง..... 85

4.2.6.4 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการเตรียมสารวิเคราะห์..... 86

4.2.6.5 วิธีการเตรียมสารวิเคราะห์..... 87

# สารบัญ (ต่อ)

**หน้า**

4.2.7 สรุปรวมผลการทดลองที่ 1-6 และสารละลายตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ 94

4.2.8 การจัดการมูลฝอย หลังเสร็จสิ้นการทดลอง..... 97

**บทที่ 5 ปัญหา อุปสรรค แนวทางแก้ไข และการพัฒนางาน**..... 98

**เอกสารอ้างอิง**..... ..... 99

**ภาคผนวก**..... ..... 101

1. ประกาศวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เรื่อง มาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) สำหรับห้องปฏิบัติการวิจัย (ฉบับภาษาไทย) วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์..... 102
2. มาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การจัดการมูลฝอย..... 103
3. มาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ..... 106

**ประวัติผู้เขียน**..... ..... 117

# บัญชีตาราง

**หน้า**

ตารางที่ 1 แสดงสารละลายและปริมาณที่ต้องดูดใส่หลอดทดลองสำหรับ Molisch’s test..... 29

ตารางที่ 2 แสดงสารละลายและปริมาณที่ต้องดูดใส่หลอดทดลองสำหรับ Benedict’s test..... 40

ตารางที่ 3 แสดงสารละลายและปริมาณที่ต้องดูดใส่หลอดทดลองสำหรับ Barfoed’s test..... 51

ตารางที่ 4 แสดงสารละลายและปริมาณที่ต้องดูดใส่หลอดทดลองสำหรับ Seliwanoft’s test..... 62

ตารางที่ 5 แสดงสารละลายและปริมาณที่ต้องดูดใส่หลอดทดลองสำหรับ Bial’s test..... 73

ตารางที่ 6 แสดงสารละลายและปริมาณที่ต้องดูดใส่หลอดทดลองสำหรับ Iodine test..... 84

ตารางที่ 7 แสดงสรุปรวมผลการทดลองที่ 1-6 และสารละลายตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ..... 94

# บัญชีภาพประกอบ

**หน้า**

ภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์..... 5

ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างผู้บริหารของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์..... 7

ภาพที่ 3 แสดงโครงสร้างงานวิจัย ส่งเสริมและพัฒนาวิชาการ..... 8

ภาพที่ 4 แสดงชื่อและตัวอย่างมอโนแซ็กคาไรด์ที่มีจำนวนคาร์บอน 3-7 อะตอม..... 18

ภาพที่ 5 แสดงสูตรโครงสร้างของน้ำตาลกลูโคส (Glucose)..... 19

ภาพที่ 6 แสดงสูตรโครงสร้างของน้ำตาลฟรักโทส (Fructose)..... 19

ภาพที่ 7 แสดงสูตรโครงสร้างของน้ำตาลกาแลกโทส (Galactose)..... 20

ภาพที่ 8 แสดงสูตรโครงสร้างของน้ำตาลซูโครส (Sucrose)..... 21

ภาพที่ 9 แสดงสูตรโครงสร้างของน้ำตาลแลกโทส (Lactose)..... 21

ภาพที่ 10 แสดงสูตรโครงสร้างของน้ำตาลมอลโทส (Maltose)..... 22

ภาพที่ 11 แสดงสูตรโครงสร้างแป้ง (Starch)..... 23

ภาพที่ 12 แสดงกระบวนการและขั้นตอนการปฏิบัติงานของนักวิทยาศาสตร์..... 26

ภาพที่ 13 แสดงกระบวนการและขั้นตอนการปฏิบัติงานของนักวิทยาศาสตร์ (ต่อ)..... 27

ภาพที่ 14 แสดงขั้นตอนการทดลอง และผลการทดลองสำหรับ Molisch’s test..... 30

ภาพที่ 15 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารวิเคราะห์สำหรับ Molisch’s test..... 33

ภาพที่ 16 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายมาตรฐาน (1% Carbohydrate Solution)..... 36

ภาพที่ 17 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายตัวอย่างสำหรับ Molisch’s test..... 38

ภาพที่ 18 แสดงขั้นตอนการทดลอง และผลการทดลองสำหรับ Benedict’s test..... 41

ภาพที่ 19 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารวิเคราะห์สำหรับ Benedict’s test..... 44

ภาพที่ 20 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายมาตรฐาน (1% Carbohydrate Solution)..... 47

# บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

**หน้า**

ภาพที่ 21 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายตัวอย่างสำหรับ Benedict's test..... 49

ภาพที่ 22 แสดงขั้นตอนการทดลอง และผลการทดลองสำหรับ Barfoed's test..... 52

ภาพที่ 23 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารวิเคราะห์สำหรับ Barfoed's test..... 55

ภาพที่ 24 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายมาตรฐาน (1% Carbohydrate Solution)..... 58

ภาพที่ 25 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายตัวอย่างสำหรับ Barfoed's test..... 60

ภาพที่ 26 แสดงขั้นตอนการทดลอง และผลการทดลองสำหรับ Seliwanoft's test..... 63

ภาพที่ 27 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารวิเคราะห์สำหรับ Seliwanoff's test..... 66

ภาพที่ 28 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายมาตรฐาน (1% Carbohydrate Solution)..... 69

ภาพที่ 29 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายตัวอย่างสำหรับ Seliwanoft's test..... 71

ภาพที่ 30 แสดงขั้นตอนการทดลอง และผลการทดลองสำหรับ Bial's test..... 74

ภาพที่ 31 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารวิเคราะห์สำหรับ Bial's test..... 77

ภาพที่ 32 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายมาตรฐาน (1% Carbohydrate Solution)..... 80

ภาพที่ 33 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายตัวอย่างสำหรับ Bial's test..... 82

ภาพที่ 34 แสดงขั้นตอนการทดลอง และผลการทดลองสำหรับ Iodine test..... 85

ภาพที่ 35 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารวิเคราะห์สำหรับ Iodine test..... 88

ภาพที่ 36 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายมาตรฐาน (1% Carbohydrate Solution)..... 91

ภาพที่ 37 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายตัวอย่างสำหรับ Iodine test..... 93

ภาพที่ 38 แสดงประกาศวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เรื่อง มาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) สำหรับห้องปฏิบัติการวิจัย (ฉบับภาษาไทย) วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์..... 102

ภาพที่ 39 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การจัดการมูลฝอย..... 103

# บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

**หน้า**

ภาพที่ 40 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การจัดการมูลฝอย (ต่อ)..... 104
ภาพที่ 41 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การจัดการมูลฝอย (ต่อ)..... 105
ภาพที่ 42 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ..... 106
ภาพที่ 43 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)..... 107
ภาพที่ 44 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)..... 108
ภาพที่ 45 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)..... 109
ภาพที่ 46 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)..... 110
ภาพที่ 47 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)..... 111
ภาพที่ 48 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)..... 112
ภาพที่ 49 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)..... 113
ภาพที่ 50 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)..... 114
ภาพที่ 51 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)..... 115
ภาพที่ 52 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)..... 116

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาของการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน

วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ (Chulabhorn International College of Medicine) เป็นสถาบันแพทยศาสตร์ สังกัดมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ มีการจัดการเรียนการสอนหลักสูตรนานาชาติ ซึ่งใช้ภาษาอังกฤษเป็นหลัก ทั้งระดับปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอก นอกจากการจัดการเรียนการสอนแล้ว วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ ยังมีการจัดตั้งห้องปฏิบัติการวิจัย เพื่อสนับสนุน และส่งเสริมการทำงานวิจัยของคณาจารย์ นักวิจัย และบัณฑิตศึกษา ภายใต้การควบคุมดูแลของงานวิจัย ส่งเสริมและพัฒนาวิชาการ ในส่วนของการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ทุกหลักสูตร ทุกชั้นปี เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ (นักวิทยาศาสตร์) จะเป็นผู้ควบคุม ดูแลจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี สำหรับแต่ละการทดลอง ซึ่งมีการทดลองจำนวนมากในแต่ละปี โดยเฉพาะการทดลอง เรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate test) ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 ทุกหลักสูตร ซึ่งเป็นการทดลองที่ต้องจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี สำหรับ 6 การทดสอบ ทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี รวมทั้งขั้นตอนการทดสอบที่ทำให้เกิดความสับสน

ดังนั้น เพื่อเป็นการยกระดับการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติให้ได้มาตรฐานการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ ไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดในการจัดเตรียม วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี รวมทั้งขั้นตอนการทดสอบ ที่มีจำนวนมาก และมีความซับซ้อน สำหรับเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ (นักวิทยาศาสตร์) ทุกท่าน จึงได้จัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน เรื่องการเตรียมการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate test) สำหรับการเรียนการสอนภาคปฏิบัติของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 ทุกหลักสูตร ของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ ขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

**1.2 วัตถุประสงค์ของการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน**

1. เพื่อให้เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ จัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ เรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และถูกต้อง

2. เพื่อให้เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ สามารถปฏิบัติงานแทนกันได้ในการจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ เรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต

3. เพื่อให้อาจารย์ผู้สอนทุกท่าน และผู้ที่สนใจ เข้าใจกระบวนการทดลองต่าง ๆ ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ เรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และถูกต้อง

**1.3 ประโยชน์ของการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน**

1. เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ จัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ เรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และถูกต้อง

2. เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ สามารถปฏิบัติงานแทนกันได้ในการจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ เรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต

3. อาจารย์ผู้สอนทุกท่าน และผู้ที่สนใจ สามารถเข้าใจกระบวนการทดลองต่าง ๆ ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ เรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และถูกต้อง

**1.4 ขอบเขตของคู่มือการปฏิบัติงาน**

คู่มือปฏิบัติงาน เรื่องการเตรียมการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต สำหรับการเรียนการสอนภาคปฏิบัติของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 ทุกหลักสูตร ฉบับนี้ จะอธิบายหลักการ ขั้นตอนการทดสอบ และขั้นตอนการเตรียมสารทดสอบโดยละเอียด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ทั้งกับเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ได้แก่ นักวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ (ทั้งผู้ที่เคยปฏิบัติงานแล้ว หรือผู้ที่เข้ามาปฏิบัติงานแทน) อาจารย์ผู้สอนทุกท่าน และผู้ที่สนใจ โดยใช้ภาพประกอบการอธิบาย เพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น

## 1.5 คำจำกัดความเฉพาะของคู่มือการปฏิบัติงาน

**เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ** หมายถึง นักวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ ซึ่งเป็นผู้ดูแลความเรียบร้อยของห้องปฏิบัติการ และจัดเตรียมการเรียนการสอนภาคปฏิบัติของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ทุกหลักสูตร ทุกชั้นปี ของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

**อาจารย์ผู้สอน** หมายถึง อาจารย์ประจำวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ และอาจารย์พิเศษ ที่มีหน้าที่รับผิดชอบการเรียนการสอนภาคปฏิบัติรายวิชานั้น ๆ ของนักศึกษาวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

**วัสดุ อุปกรณ์ที่เก็บล้างได้** หมายถึง วัสดุ อุปกรณ์ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ หรือลดความเป็นพิษของสารเคมีลงแล้ว

**มูลฝอยทั่วไป** หมายถึง มูลฝอยอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากมูลฝอยติดเชื้อ ขยะมีคม และขยะสารเคมี

**ขยะมีคม** หมายถึง มูลฝอยที่เป็นของมีคมทุกชนิด เช่น เศษแก้วแตก เข็ม และสไลด์ เป็นต้น

**ขยะสารเคมี** หมายถึง สารเคมี หรือมูลฝอยที่ปนเปื้อนสารเคมี ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และสิ่งแวดล้อม

# บทที่ 2

# โครงสร้าง และหน้าที่รับผิดชอบ

## 2.1 ประวัติความเป็นมาขององค์กร

(ที่มา : http://th.wigipedia.org/wigi/วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์_มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 24 พ.ย. 2564)

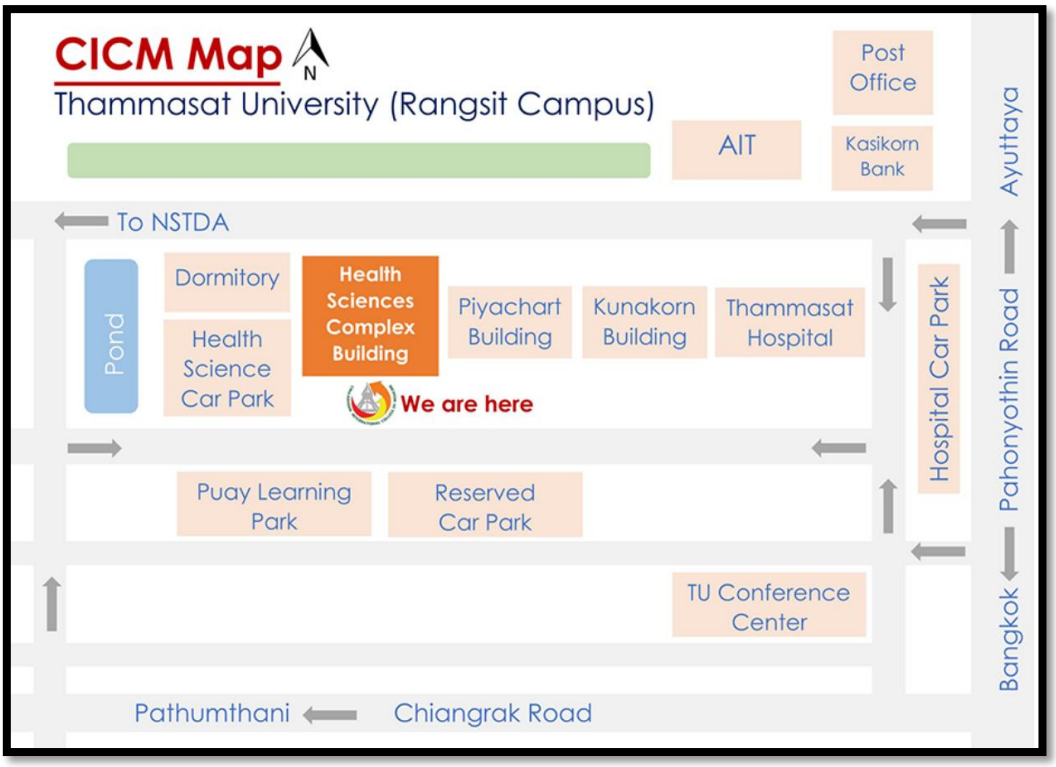
วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ (Chulabhorn International College of Medicine) เป็นสถาบันแพทยศาสตร์ สังกัดมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ตั้งอยู่ที่มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ก่อตั้งขึ้นเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2555 มีการจัดการเรียนการสอนหลักสูตรนานาชาติ ซึ่งใช้ภาษาอังกฤษเป็นหลัก ปัจจุบันมีการจัดการเรียนการสอนหลากหลายหลักสูตร ดังนี้

- ระดับปริญญาตรี หลักสูตรแพทยศาสตร์บัณฑิต (หลักสูตรภาษาอังกฤษ) หลักสูตรทันตแพทยศาสตร์บัณฑิต (หลักสูตรทวิภาษา) หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (หลักสูตรนานาชาติ) : สาขาวิชาเทคโนโลยีหัวใจและทรวงอก และสาขาวิชาเทคโนโลยีคลินิค และหลักสูตรแพทย์แผนจีนบัณฑิต (หลักสูตรนานาชาติ)

- ระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (หลักสูตรนานาชาติ) : สาขาวิชาแพทยศาสตร์บูรณาการ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวคลินิค สาขาวิชาตจวิทยา สาขาวิชาพฤฒาวิทยาสังคม และสาขาวิชาเวชศาสตร์อายุรวัฒน์

- ระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต (หลักสูตรนานาชาติ) : สาขาวิชาแพทยศาสตร์บูรณาการ และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวคลินิค

นอกจากการจัดการเรียนการสอนแล้ว วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ ยังมีการก่อตั้งห้องปฏิบัติการวิจัย เพื่อสนับสนุน และส่งเสริมการทำงานวิจัยของคณาจารย์ นักวิจัย และบัณฑิตศึกษา ภายใต้การควบคุมดูแลของงานวิจัย ส่งเสริมและพัฒนาวิชาการ โดยนักวิทยาศาสตร์จะเป็นผู้ควบคุม ดูแล ทั้งในส่วนของห้องปฏิบัติการการเรียนการสอน และห้องปฏิบัติการวิจัย




ภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์
(ที่มา : http://www.cicm.tu.ac.th/, 24 พ.ย. 2564)

**2.2 วิสัยทัศน์ พันธกิจ สมรรถนะ และค่านิยมขององค์กร**

(ที่มา : www.cicm.tu.ac.th/cicmN4/visionMission.php, 24 พ.ย. 2564)

**วิสัยทัศน์ (Vision) ของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์**

เป็นสถาบันการแพทย์ชั้นนำระดับนานาชาติ ศูนย์กลางการวิจัยและนวัตกรรมทางการแพทย์แบบบูรณาการ

**พันธกิจ (Mission) ของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์**

1. การศึกษาโดยใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกปัจจุบัน
2. สร้างสรรค์งานวิจัยและนวัตกรรม จากการบูรณาการศาสตร์ทางการแพทย์ทุกแขนง
3. ศูนย์กลางบริการทางการแพทย์ Digital

**สมรรถนะ (Competency) ของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์**

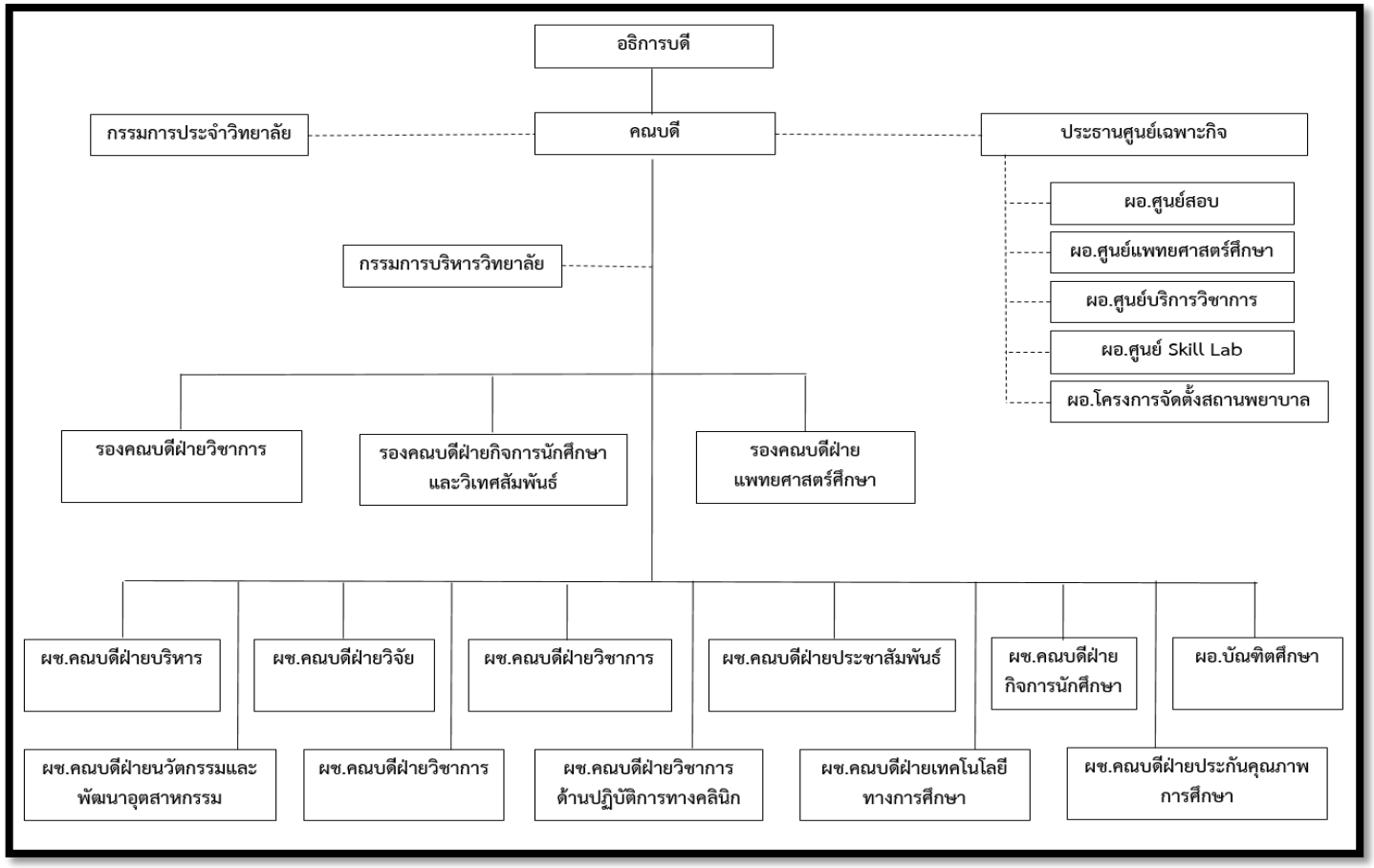
1. เทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อการจัดการศึกษาและบริการทางการแพทย์
2. งานวิจัยและนวัตกรรมทางการแพทย์สมัยใหม่ และการแพทย์บูรณาการ

**ค่านิยมหลัก (Core Value) ของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์**

1. Cooperation
2. Integration and Innovation
3. Agility
4. Digital literacy

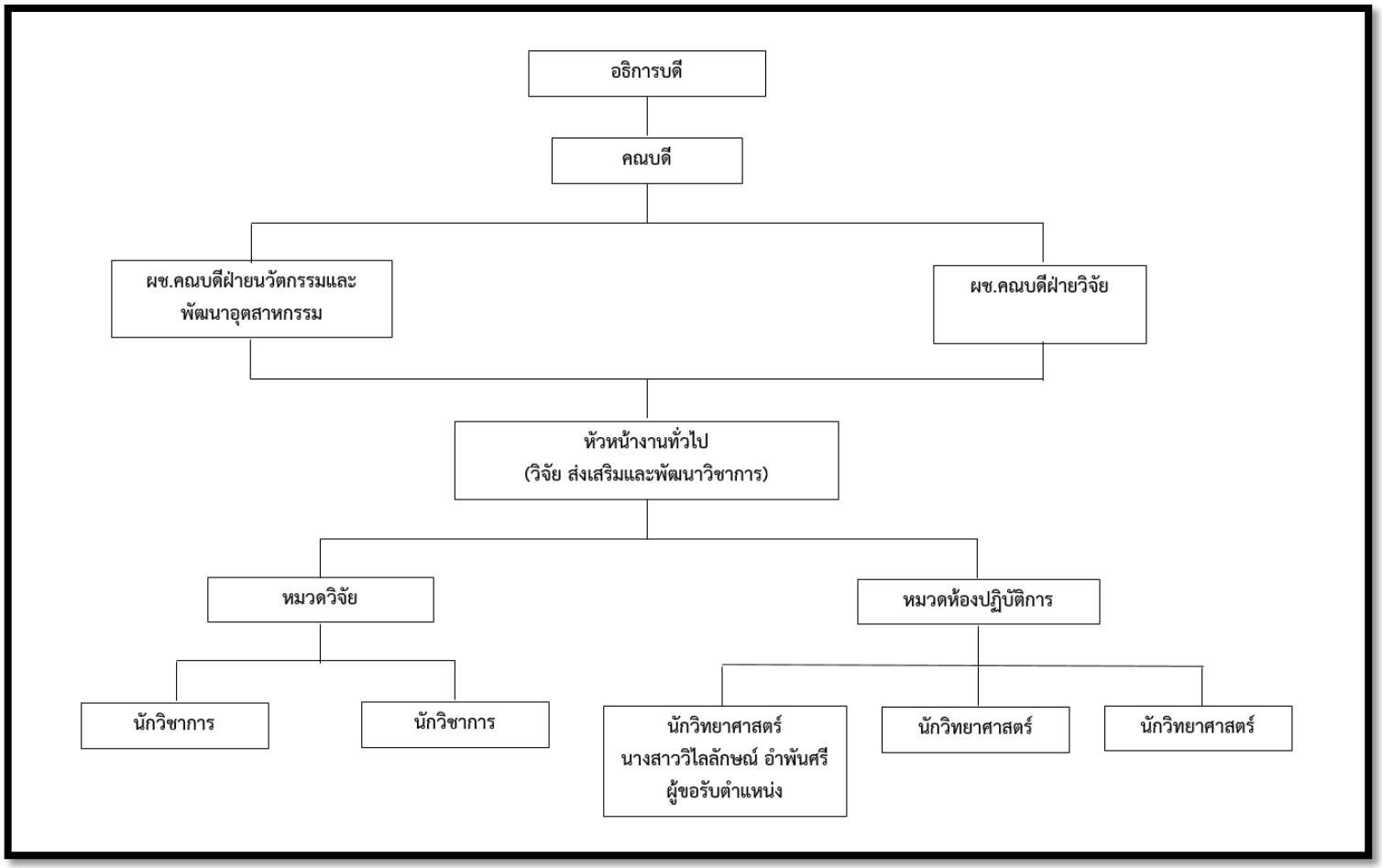
## 2.3 โครงสร้างการบริหารองค์กร

### 2.3.1 โครงสร้างผู้บริหารของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์




ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างผู้บริหารของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ

**2.3.2 โครงสร้างหน่วยงานของงานวิจัย ส่งเสริมและพัฒนาวิชาการ**




ภาพที่ 3 แสดงโครงสร้างหน่วยงานของงานวิจัย ส่งเสริมและพัฒนาวิชาการ

## 2.4 บทบาทและหน้าที่รับผิดชอบ

### 2.4.1 บทบาทและหน้าที่รับผิดชอบของงานวิจัย ส่งเสริมและพัฒนาวิชาการ

งานวิจัย ส่งเสริม และพัฒนาวิชาการ เป็นหน่วยงานหนึ่งของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มีหน้าที่หลักในการส่งเสริม สนับสนุน และพัฒนาการทำงานวิจัย และการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ ทั้งในด้านทุนวิจัย การขอจริยธรรมการวิจัยในคน การขอจรรยาบรรณการวิจัยในสัตว์ การขอรับรองความปลอดภัยทางชีวภาพ และในด้านห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะแบ่งเป็นห้องปฏิบัติการสำหรับวิจัย และห้องปฏิบัติการสำหรับการเรียนการสอน โดยในส่วนของห้องปฏิบัติการจะมีนักวิทยาศาสตร์ เป็นผู้ควบคุม ดูแล และบริหารจัดการร่วมกับคณะกรรมการบริหารห้องปฏิบัติการและคณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

### 2.4.2 บทบาทและหน้าที่รับผิดชอบประจำตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ ระดับปฏิบัติการ

**ตามมาตรฐานกำหนดตำแหน่ง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์**

(ที่มา : http://203.131.211.58/hrtuweb/content/job_qualification/files/20.%20นักวิทยาศาสตร์.pdf, 20 พ.ย. 2564)

**ประเภท** บริการวิชาการและสนับสนุนการบริหาร

**ตำแหน่งประเภท** เชี่ยวชาญเฉพาะ

**สายงาน** วิทยาศาสตร์

**ลักษณะงานโดยทั่วไป**

สายงานนี้คลุมถึงตำแหน่งต่าง ๆ ที่ปฏิบัติงานวิเคราะห์ วิจัย และทดสอบทางวิทยาศาสตร์และทางเทคโนโลยี ซึ่งมีลักษณะงานเกี่ยวกับการทดสอบ วิเคราะห์ และวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสาขาต่าง ๆ เช่น การวิเคราะห์วัตถุดิบ แร่ธาตุ อาหาร และผลิตภัณฑ์ การวิจัยทรัพยากรธรรมชาติ เกษตรกรรม การวิจัยเรื่องถนอมอาหาร เป็นต้น เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ เทคนิค วิธีการ และเทคโนโลยี ใหม่ ๆ หรือเพื่อใช้ประโยชน์ในวงการอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม และเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชน หรือเพื่อใช้ประโยชน์ในวงการอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม และเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชน และปฏิบัติหน้าที่อื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งตำแหน่งต่าง ๆ เหล่านี้มีลักษณะงานที่จำเป็นต้องใช้ผู้มีความรู้ความชำนาญในวิชาทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

**ชื่อตำแหน่งในสายงานและระดับตำแหน่ง**

ตำแหน่งในสายงานนี้มีชื่อและระดับของตำแหน่งดังนี้

นักวิทยาศาสตร์ ระดับเชี่ยวชาญพิเศษ

นักวิทยาศาสตร์ ระดับเชี่ยวชาญ

นักวิทยาศาสตร์ ระดับชำนาญการพิเศษ

นักวิทยาศาสตร์ ระดับชำนาญการ

นักวิทยาศาสตร์ ระดับปฏิบัติการ

ซึ่งในที่นี่จะขออธิบายถึงบทบาทและหน้าที่รับผิดชอบประจำตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ ระดับปฏิบัติการเท่านั้น

**ตำแหน่งประเภท** เชี่ยวชาญเฉพาะ

**ชื่อสายงาน** วิทยาศาสตร์

**ชื่อตำแหน่งในสายงาน** นักวิทยาศาสตร์

**ระดับตำแหน่ง** ปฏิบัติการ

**หน้าที่ความรับผิดชอบหลัก**

ปฏิบัติงานในฐานะผู้ปฏิบัติงานระดับต้นที่ต้องใช้ความรู้ ความสามารถทางวิชาการในการทำงาน ปฏิบัติงานเกี่ยวกับงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภายใต้การกำกับ แนะนำ ตรวจสอบ และปฏิบัติงานอื่นตามที่ได้รับมอบหมาย โดยมีลักษณะงานที่ปฏิบัติในด้านต่าง ๆ ดังนี้

**1. ด้านการปฏิบัติการ**

1.1 ศึกษา ค้นคว้า ทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล และร่วมดำเนินการวิจัย เผยแพร่ผลงานทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อสร้างองค์ความรู้และพัฒนาอุตสาหกรรม

1.2 วิเคราะห์ ทดสอบ ตรวจสอบ ตรวจวัด ตรวจพิสูจน์ วินิจฉัย ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของวัตถุตัวอย่าง สอบเทียบเครื่องมือ อุปกรณ์วัด เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง จัดทำฐานข้อมูลห้องปฏิบัติการ ส่งเสริมพัฒนาห้องปฏิบัติการ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน

1.3 ให้บริการวิชาการด้านต่าง ๆ ให้คำปรึกษา แนะนำในการปฏิบัติงานแก่เจ้าหน้าที่ระดับรองลงมาและแก่นักศึกษาที่มาฝึกปฏิบัติงาน ตอบปัญหาและชี้แจงเรื่องต่าง ๆ เกี่ยวกับงานในหน้าที่ เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพ และปฏิบัติหน้าที่อื่นที่เกี่ยวข้อง

**2. ด้านการวางแผน**

วางแผนการทำงานที่รับผิดชอบ ร่วมวางแผนการทำงานของหน่วยงานหรือโครงการ เพื่อให้การดำเนินงานบรรลุตามเป้าหมายและผลสัมฤทธิ์ที่กำหนด

**3. ด้านการประสานงาน**

3.1 ประสานการทำงานร่วมกันระหว่างทีมงานหรือหน่วยงาน ทั้งภายในและภายนอก เพื่อให้เกิดความร่วมมือและผลสัมฤทธิ์ตามที่กำหนดไว้

3.2 ชี้แจงและให้รายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูล ข้อเท็จจริง แก่บุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างความเข้าใจและความร่วมมือในการดำเนินงานตามที่ได้รับมอบหมาย

**4. ด้านการบริการ**

4.1 ให้คำปรึกษา แนะนำเบื้องต้น เผยแพร่ ถ่ายทอดความรู้ ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรวมทั้งตอบปัญหาและชี้แจงเรื่องต่าง ๆ เกี่ยวกับงานในหน้าที่ เพื่อให้ผู้รับบริการได้รับทราบ ข้อมูลความรู้ต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์

4.2 จัดเก็บข้อมูลเบื้องต้น และให้บริการข้อมูลทางวิชาการ เกี่ยวกับงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้บุคลากรทั้งภายในและภายนอกหน่วยงาน นักศึกษา ตลอดจนผู้รับบริการได้ทราบ ข้อมูลและความรู้ต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ สอดคล้อง และสนับสนุนภารกิจของหน่วยงาน และใช้ประกอบการพิจารณากำหนดนโยบาย แผนงาน หลักเกณฑ์ มาตรการต่าง ๆ

**2.4.3 บทบาทและหน้าที่ความรับผิดชอบประจำตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ ระดับปฏิบัติการของผู้ขอรับตำแหน่ง**

**หน้าที่ความรับผิดชอบหลัก**

ปฏิบัติงานในฐานะผู้ปฏิบัติงานระดับต้นที่ต้องใช้ความรู้ ความสามารถทางวิชาการในการทำงาน ปฏิบัติงานเกี่ยวกับงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภายใต้การกำกับ แนะนำ ตรวจสอบ และปฏิบัติงานอื่นตามที่ได้รับมอบหมาย โดยมีลักษณะงานที่ปฏิบัติในด้านต่าง ๆ ดังนี้

**1. ด้านการปฏิบัติการ**

1.1 จัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติของนักศึกษาระดับปริญญาตรีทุกหลักสูตร

1.2 ทดลองปฏิบัติ เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนการเรียนการสอนภาคปฏิบัติของนักศึกษาระดับปริญญาตรีทุกหลักสูตร

1.3 กำจัดมูลฝอย ในส่วนที่เป็นมูลฝอยติดเชื้อ และสารเคมี ทั้งในส่วนของห้องปฏิบัติการวิจัย และการเรียนการสอน ตามมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่องการจัดการมูลฝอย

1.4 จัดซื้อ ดูแล ควบคุมการเบิกจ่ายสารเคมี สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีทุกหลักสูตร

1.5 ควบคุม ดูแลความปลอดภัยทางชีวภาพ ทั้งในส่วนห้องปฏิบัติการวิจัย และห้องปฏิบัติการการเรียนการสอน ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของ พรบ.เชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2558 โดยปฏิบัติตามมาตรฐานห้องปฏิบัติการ (SOPs) วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

1.6 ควบคุม ดูแลอุปกรณ์ และเครื่องมือต่าง ๆ ของส่วนกลาง ทั้งในส่วนห้องปฏิบัติการวิจัย และห้องปฏิบัติการการเรียนการสอน

1.7 ให้คำปรึกษา แนะนำ คณาจารย์ นักวิจัย ผู้ช่วยวิจัย และนักศึกษา (ปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอก) ในการใช้งานห้องปฏิบัติการ และเครื่องมือต่าง ๆ

1.8 ให้คำปรึกษา แนะนำ แม่บ้านประจำห้องปฏิบัติการ ในการทำความสะอาด จัดเก็บห้องปฏิบัติการ และวัสดุอุปกรณ์ สำหรับห้องปฏิบัติการวิจัย และห้องปฏิบัติการการเรียนการสอน

**2. ด้านการวางแผน**

2.1 วางแผนการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ ตั้งแต่ได้รับตารางเรียน ประสานงานกับอาจารย์ผู้สอน จัดซื้อ (สารเคมี วัสดุและอุปกรณ์) ทดลองปฏิบัติ จัดเตรียมการเรียนการสอน และจัดเก็บหลังการเรียนการสอน ตามลำดับ

2.2 วางแผนการกำจัดมูลฝอย ในส่วนที่เป็นมูลฝอยติดเชื้อ และสารเคมี ทั้งในส่วนของห้องปฏิบัติการวิจัย และการเรียนการสอน ตามมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่องการจัดการมูลฝอย

2.3 วางแผนการควบคุม ดูแลความปลอดภัยทางชีวภาพ ทั้งในส่วนห้องปฏิบัติการวิจัย และห้องปฏิบัติการการเรียนการสอน ร่วมกับกรรมการบริหารห้องปฏิบัติการ และกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของ พรบ.เชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2558 โดยปฏิบัติตามมาตรฐานห้องปฏิบัติการ (SOPs) วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

2.4 วางแผนการควบคุม ดูแลอุปกรณ์ และเครื่องมือต่าง ๆ ของส่วนกลาง ทั้งในส่วนห้องปฏิบัติการวิจัย และห้องปฏิบัติการการเรียนการสอน ไม่ว่าจะเป็นการวางแผนการสอบเทียบ การวางแผนการใช้งาน เป็นต้น

**3. ด้านการประสานงาน**

3.1 ประสานงานกับอาจารย์ผู้สอน และงานบริการการศึกษา ในการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติของนักศึกษา

3.2 ประสานงานกับงานบริหาร เมื่อมีการก่อสร้าง และใช้งานอาคาร สถานที่ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการจัดการเรียนการสอน การวิจัย การจัดประชุม และจัดอบรม รวมถึงการซ่อมบำรุงต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับห้องปฏิบัติการ

3.3 ประสานงานกับงานยุทธศาสตร์และงบประมาณ ในการเสนอความต้องการจัดซื้อซ่อมแซม วัสดุ อุปกรณ์ และสารคมีต่าง ๆ ในการจัดการเรียนการสอน การจัดประชุม และจัดอบรม ที่เกี่ยวกับห้องปฏิบัติการ

3.4 ประสานงานกับงานส่งเสริมและสนับสนุนการศึกษา ในการพัฒนาระบบการจองห้องและเครื่องมือภายในห้องปฏิบัติงานวิจัย

3.5 ประสานงานกับบริษัทภายนอก ในการจัดเก็บมูลฝอยติดเชื้อ และสารเคมี ทั้งในส่วนของห้องปฏิบัติการวิจัย และการเรียนการสอน ตามมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การจัดการมูลฝอย

**4. ด้านการบริการ**

4.1 ให้คำปรึกษา แนะนำเบื้องต้น แก่คณาจารย์ นักวิจัย ผู้ช่วยวิจัย และนักศึกษา (ปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอก) เกี่ยวกับการใช้งานห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1 ระดับ 2 และห้องปฏิบัติการการเรียนการสอน

4.2 จัดเก็บข้อมูลเบื้องต้น และให้บริการข้อมูลทางวิชาการ เกี่ยวกับการใช้งานห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1 ระดับ 2 และห้องปฏิบัติการการเรียนการสอน ซึ่งจะรวมถึงข้อมูลการใช้งานวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และการบริหารจัดการต่าง ๆ ภายในห้องปฏิบัติการ

# บทที่ 3

# หลักเกณฑ์ วิธีการปฏิบัติงาน

## 3.1 ระเบียบการเข้าใช้ห้องปฏิบัติการสำหรับการเรียนการสอน

1. ห้ามใช้ปากดูดสารละลายโดยตรงจากปิเปต (pipette)
2. ห้ามใส่และถอดคอนแทคเลนส์ขณะอยู่ในห้องปฏิบัติการ
3. ห้ามจับบริเวณสะอาด เช่น ลูกบิดประตู หรือโทรศัทพ์ขณะใส่ถุงมือ
4. ห้ามใช้เครื่องสำอางขณะอยู่ในห้องปฏิบัติการ
5. ห้ามรับประทานอาหารหรือเครื่องดื่มในห้องปฏิบัติการ
6. สวมรองเท้าปิดหุ้มทั้งเท้าก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ
7. ล้างมือทุกครั้งก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ
8. สวมเสื้อคลุมปฏิบัติการ (lab coat) ทุกครั้งที่ทำการทดลอง
9. สวมถุงมือ (gloves) ทุกครั้งที่ทำการทดลอง
10. สวมหน้ากากอนามัย (surgical mask) ทุกครั้งที่ทำการทดลอง
11. สวมแว่นตานิรภัย (goggles) ทุกครั้งที่ทำการทดลอง
12. สวมหมวกคลุมผม (bouffant cap) ทุกครั้งที่ทำการทดลอง
13. ทำความสะอาดบริเวณโต๊ะปฏิบัติการก่อนและหลังทำการทดลองทุกครั้ง
14. แยกทิ้งมูลฝอย ตามชนิดของมูลฝอย ได้แก่ มูลฝอยทั่วไป มูลฝอยติดเชื้อ ขยะมีคม และขยะสารเคมี

## 3.2 การกำจัดมูลฝอยห้องปฏิบัติการ

(ที่มา : http://www.cicm.tu.ac.th/News/reUploads/g1FNrSN7.pdf, 12 พ.ย. 2564)

การจัดการมูลฝอยแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่ มูลฝอยทั่วไป มูลฝอยติดเชื้อ ขยะมีคม และขยะสารเคมี ดังนี้

**มูลฝอยทั่วไป**

1. ให้ทิ้งลงในภาชนะสำหรับมูลฝอยทั่วไป (ถุงสีดำ) โดยมีปริมาตรไม่เกิน 3 ใน 4 ของถุง
2. แม่บ้านประจำห้องปฏิบัติการทำการรวบรวมมูลฝอยทั่วไปทุกวัน เพื่อนำไปทิ้ง

**มูลฝอยติดเชื้อ**

1. ให้ทิ้งลงในภาชนะสำหรับมูลฝอยติดเชื้อ (ถุงสีแดง) โดยมีปริมาตรไม่เกิน 3 ใน 4 ของถุง
2. แม่บ้านประจำห้องปฏิบัติการทำการรวบรวมมูลฝอยติดเชื้อทุกวัน โดยขนย้ายด้วยรถเข็นที่มีภาชนะมีฝาปิดมิดชิด ทำจากวัสดุที่แข็งแรง ไม่แตกหักง่าย และไม่มีรูรั่วซึม เพื่อนำไปเก็บในบริเวณที่พักมูลฝอยติดเชื้อ
3. ทำการนึ่งฆ่าเชื้อมูลฝอยติดเชื้อ ที่ 134 องศาเซลเซียส ความดัน 2.25 Bar หรือ 33 psi เป็นเวลา 35 นาที ด้วยเครื่องอบนึ่งฆ่าเชื้อที่ผ่านการทดสอบ spore test เป็นประจำทุกสัปดาห์ และได้รับการตรวจสอบมาตรฐานทุกปี
4. แม่บ้านประจำห้องปฏิบัติการทำการเก็บรวบรวมมูลฝอยติดเชื้อที่ผ่านการอบนึ่งฆ่าเชื้อแล้วไปทำลาย (ส่งทำลายหลังจากอบฆ่าเชื้อไม่เกิน 7 วัน) โดยบริษัทที่ได้รับมอบหมายตามกฎกระทรวงสาธารณสุข ว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ
5. มูลฝอยติดเชื้อที่ผ่านการลดการปนเปื้อนหรือทำให้เชื้อสิ้นสภาพด้วยสารเคมีที่มีคุณสมบัติฆ่าเชื้อ โดยได้ปฏิบัติตามคู่มือของสารเคมีชนิดนั้น ๆ จากนั้นดำเนินการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ (ส่งทำลายหลังจากฆ่าเชื้อไม่เกิน 7 วัน) โดยบริษัทที่ได้รับมอบหมายตามกฎกระทรวงสาธารณสุข ว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ

**ขยะมีคม**

1. ให้ทิ้งในภาชนะสำหรับของมีคมที่มีฝาปิดมิดชิด ทำจากวัสดุที่แข็งแรง ไม่แตกหัก และไม่มีรูรั่วซึม
2. แม่บ้านประจำห้องปฏิบัติการนำขยะมีคมไปรวบรวมเก็บในที่พักขยะมีคม เพื่อให้บริษัทที่ได้รับมอบหมายมาดำเนินการต่อไป

**ขยะสารเคมี**

1. ให้แยกทิ้งสารเคมีต่างชนิดกัน โดยต้องระบุชนิดและปริมาณ ก่อนทิ้งลงในภาชนะที่ทนต่อสารเคมีที่ต้องการทิ้ง จากนั้นนำไปรวมที่จุดพักขยะสารเคมี
2. ในกรณีที่ไม่สามารถแยกทิ้งตามชนิดของสารเคมีได้ ให้ทำการระบุชนิดและปริมาณก่อนทิ้งลงในภาชนะที่ทนต่อสารเคมีที่ต้องการทิ้ง จากนั้นนำไปรวมที่จุดพักขยะสารเคมี
3. สำหรับการจัดการขยะสารเคมีที่มีการปนเปื้อนโลหะหนัก ให้ดำเนินการโดยนำขยะดังกล่าวมายังจุดทิ้งขยะสารเคมี ตามเวลาที่กำหนดโดยฝ่ายวิจัย (ผู้วิจัยจะต้องแจ้งผู้ดำเนินการและผู้มีหน้าที่ปฏิบัติการที่มอบหมายก่อนใช้โลหะหนัก เพื่อกำหนดเวลาและวิธีกำจัดขยะปนเปื้อนโลหะหนัก)
4. การดำเนินการจัดการขยะสารเคมี จะดำเนินการโดยบริษัทที่ได้รับมอบหมาย

**3.3 การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุสารเคมี**

(ที่มา : http://www.cicm.tu.ac.th/News/reUploads/g1FNrSN7.pdf, 12 พ.ย. 2564)

**กรณีผู้ประสบเหตุสามารถเคลื่อนย้ายได้ด้วยตนเอง**

1.1 ในกรณีกรดหรือด่างหกรดบริเวณใบหน้า

1. ให้ผู้ประสบเหตุไปยังอ่างล้างตาฉุกเฉิน (eye shower)
2. เปิดฝาครอบออก น้ำจะไหลอัตโนมัติ
3. ทำการล้างใบหน้าหรือตาด้วยน้ำโดยการปล่อยน้ำให้ไหลผ่าน ห้ามถูหรือฟอกด้วยสบู่หรือสารเคมีใด ๆ
4. ในกรณีที่อาการรุนแรงหรือควรพบแพทย์ให้แจ้งเบอร์ฉุกเฉินโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เบอร์โทรศัพท์ 02-926-9112 เพื่อส่งต่อผู้ป่วยต่อไป
5. ทำการจัดการรับมือเหตุหกรั่วไหล ด้วยชุดรับมือเหตุฉุกเฉินสารเคมีหกรั่วไหล (Chemical spill kit) ซึ่งจัดเตรียมไว้ยังตู้บริเวณทางเดินด้านหน้าและด้านหลัง โดยสวมใส่ชุดปกป้องส่วนบุคคลที่เหมาะสม (PPE) และปรับค่าความเป็นกรดด่างของน้ำที่ไหลผ่านให้เป็นกลางด้วยผงโซเดียมไบคาร์บอเนตหรือผงฟู (sodium bicarbonate powder) สำหรับกรด และ citric หรือ ascorbic acid สำหรับด่าง

1.2 ในกรณีกรดหรือด่างหกรดบริเวณร่างกาย

1. ให้ผู้ประสบเหตุ ผู้ร่วมงาน หรือผู้พบเหตุการณ์ สวมถุงมือชนิดทนกรดด่าง หน้ากากกันสารเคมี แว่นตานิรภัย แก่ตนเอง และผู้ประสบเหตุ ตามลำดับ
2. ถอดเสื้อคลุมปฏิบัติการผู้ประสบเหตุ
3. นำผู้ประสบเหตุไปยังฝักบัวฉุกเฉิน (shower)
4. ดึงคันโยกลงน้ำจะไหลโดยอัตโนมัติ
5. ให้ทำการล้างด้วยน้ำโดยการปล่อยน้ำไหลผ่าน ห้ามถูหรือฟอกด้วยสบู่หรือสารเคมีใด ๆ
6. ในกรณีที่อาการรุนแรงหรือควรพบแพทย์ให้แจ้งเบอร์ฉุกเฉินโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เบอร์โทรศัพท์ 02-926-9112 เพื่อส่งต่อผู้ป่วยต่อไป
7. ทำการจัดการรับมือเหตุหกรั่วไหล ด้วยชุดรับมือเหตุฉุกเฉินสารเคมีหกรั่วไหล (Chemical spill kit) ซึ่งจัดเตรียมไว้ยังตู้บริเวณทางเดินด้านหน้าและด้านหลัง โดยสวมใส่ชุดปกป้องส่วนบุคคลที่เหมาะสม (PPE) และปรับค่าความเป็นกรดด่างของน้ำที่ไหลผ่านให้เป็นกลางด้วยผงโซเดียมคาร์บอเนตหรือผงฟู (sodium bicarbonate powder) สำหรับกรด และ citric หรือ ascorbic acid สำหรับด่าง

**กรณีผู้ประสบเหตุไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้หรือหมดสติ**

1. ให้ผู้ประสบเหตุ ผู้ร่วมงาน หรือผู้พบเหตุการณ์ สวมถุงมือชนิดทนกรดด่าง หน้ากากกันสารเคมี แว่นตานิรภัย แก่ตนเอง และผู้ประสบเหตุ ในกรณีไอระเหยมีอันตราย
2. ให้ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุใช้ถังน้ำฝักบัวฉุกเฉินสำหรับการหกรั่วไหลของสารเคมีชนิดเคลื่อนย้ายได้มายังผู้ประสบเหตุ
3. ถอดเสื้อคลุมปฏิบัติการผู้ประสบเหตุ
4. ทำการล้างด้วยน้ำโดยการปล่อยน้ำไหลผ่านห้ามถูหรือฟอกด้วยสบู่หรือสารเคมีใด ๆ
5. ในกรณีที่อาการรุนแรงหรือควรพบแพทย์ให้แจ้งเบอร์ฉุกเฉินโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เบอร์โทรศัพท์ 02-926-9112 เพื่อส่งต่อผู้ป่วยต่อไป
6. ทำการจัดการรับมือเหตุหกรั่วไหล ด้วยชุดรับมือเหตุฉุกเฉินสารเคมีหกรั่วไหล (Chemical spill kit) ซึ่งจัดเตรียมไว้ยังตู้บริเวณทางเดินด้านหน้าและด้านหลัง โดยสวมใส่ชุดปกป้องส่วนบุคคลที่เหมาะสม (PPE) และปรับค่าความเป็นกรดด่างของน้ำที่ไหลผ่านให้เป็นกลางด้วยผงโซเดียมคาร์บอเนตหรือผงฟู (sodium bicarbonate powder) สำหรับกรด และ citric หรือ ascorbic acid สำหรับด่าง

## 3.4 แนวคิดหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

**สารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต**

**สารชีวโมเลกุล (Biomolecules)** เป็นสารประกอบขนาดใหญ่ มีมวลโมเลกุลอยู่ในช่วง 1,000-100,000 ดาลตัน มีบทบาทหน้าที่หลายอย่างภายในเซลล์ เช่น เป็นโครงสร้างของเซลล์ เป็นรูปแบบการเก็บเชื้อเพลิงไว้ใช้ในร่างกาย เป็นตัวควบคุมกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกาย (ประดิษฐ สุคนธวารินทร์ (บรรณาธิการ), 2543, น. 28)

สารชีวโมเลกุล เป็นสารที่พบได้ในสิ่งมีชีวิตทั่วไป โดยมีธาตุ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ไขมันและน้ำมัน, กรดไขมัน, โปรตีน, เอมไซม์ และคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น (อันทิรา หาญพงษ์พันธ์ และ บัญชา พูลโภคา, ม.ป.ป., น.1)

**คาร์โบไฮเดรต** มาจากคำว่า “hydrates of carbon” ซึ่งคือสารประกอบประเภทแอลดีไฮด์ (aldehyde) หรือคีโทน (ketone) ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) เกาะอยู่เป็นจำนวนมาก คาร์โบไฮเดรตเป็นสารอินทรีย์ที่มีเป็นจำนวนมากที่สุดในโลก โดยมีบทบาทหน้าที่มากมายในสิ่งมีชีวิตทุกประเภท อาทิเช่น เป็นแหล่งพลังงาน เป็นสารอินเทอร์มีเดียต (intermediate) สำคัญในวิถีเมแทบอลิซึมต่าง ๆและยังทำหน้าที่เป็นโครงสร้างที่สำคัญทั้งของอาณาจักรพืชและสัตว์ (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.52)

คาร์โบไฮเดรตสามารถจำแนกตามจำนวนของน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบได้เป็น 3 ชนิด คือ

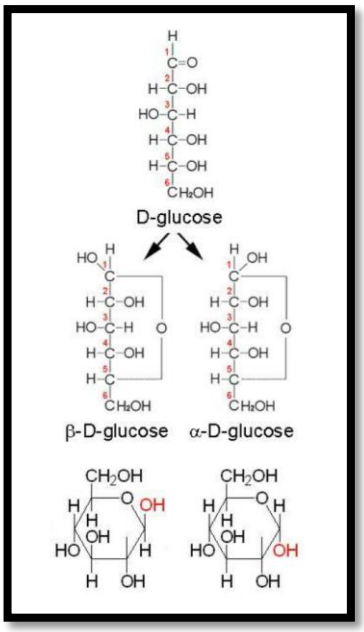
1. **มอโนแซ็กคาไรด์ (monosaccharide)** เป็นกลุ่มน้ำตาลที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า simple sugar เนื่องจากไม่สามารถถูกแยกสลาย (hydrolyse) ให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลงไปได้อีก ถ้าการแยกสลายนั้นไม่รุนแรงมากนัก เช่น การสลายด้วยกรดอ่อน เป็นต้น มอโนแซ็กคาไรด์มีสูตรโมเลกุลโดยทั่วไปคือ $(CH_2O)_n$ โดย n = 3-7 ซึ่งจะมีชื่อเรียกตามจำนวนคาร์บอนอะตอม ตามตารางที่ 1 (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.53)

| จำนวนคาร์บอน | ชื่อ | ตัวอย่าง |
|---|---|---|
| 3 | ไทรโอส (triose) | glyceraldehyde, dihydroxyacetone |
| 4 | เทโทรส (tetrose) | erythrose, erythrulose |
| 5 | เพนโทส (pentose) | ribose, ribulose |
| 6 | เฮกโซส (hexose) | glucose, galactose, mannose, fructose |
| 7 | เฮปโทส (heptose) | sedoheptulose |

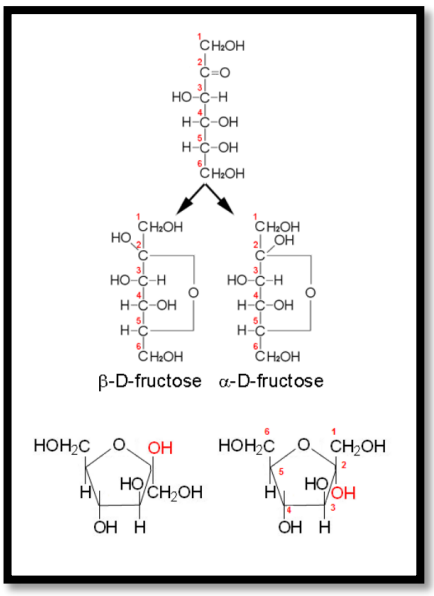
ภาพที่ 4 แสดงชื่อและตัวอย่างมอโนแซ็กคาไรด์ที่มีจำนวนคาร์บอน 3-7 อะตอม
(ที่มา : พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.53)

นอกจากนี้เราอาจเรียกชื่อน้ำตาลตามหมู่ฟังก์ชัน (functional group) คือ ถ้าเป็นหมู่แอลดีไฮด์ เรียกว่า อัลโดส (aldose) และถ้าเป็นหมู่คีโท เรียกว่า คีโทส (ketose) (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.53)

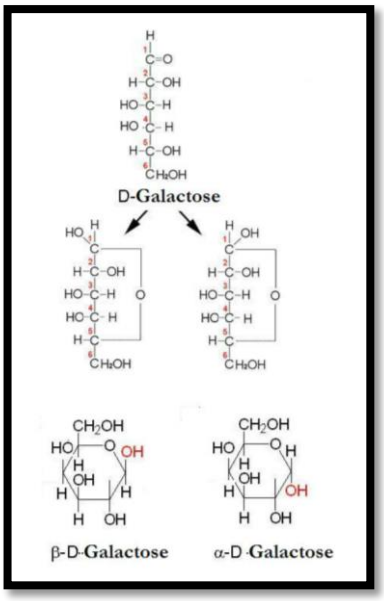
การเขียนโครงสร้างของน้ำตาลมอโนแซ็กคาไรด์นิยมเขียนได้ 2 แบบ คือ โครงสร้างแบบปลายเปิด (Fischer projection formula) และแบบวงแหวน (Haworth ring formula) ซึ่งทั้งสองแบบนี้ก่อให้เกิดโครงสร้าง สเตริโอไอโซเมอร์ (stereoisomer) มากมาย เช่น อิแนนทิโอเมอร์ (รูป D และ L), ไดอะสเตริโอไอโซเมอร์, อิพิเมอร์ และอะโนเมอร์ (รูป $\alpha$ และ $\beta$) เป็นต้น (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.76)




ภาพที่ 5 แสดงสูตรโครงสร้างของน้ำตาลกลูโคส (Glucose)
(ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0833/mono saccharide-น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว, 14 พ.ย. 2564)




ภาพที่ 6 แสดงสูตรโครงสร้างของน้ำตาลฟรักโทส (Fructose)
(ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0833/monosaccharide-น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว, 14 พ.ย. 2564)

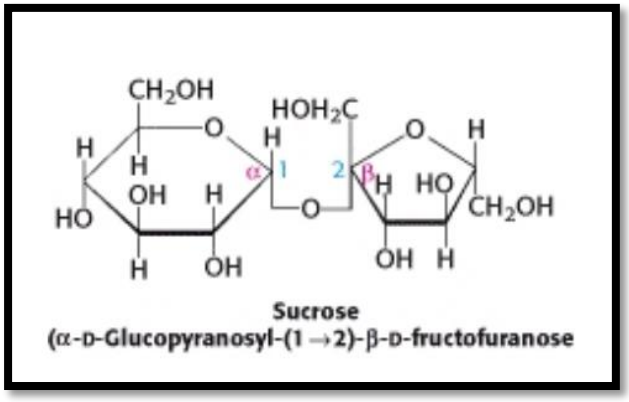



ภาพที่ 7 แสดงสูตรโครงสร้างของน้ำตาลกาแลกโทส (Galactose)
(ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0833/monosaccharide-น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว, 14 พ.ย. 2564)

สมบัติทางเคมี ชนิด และพันธะของมอโนแซ็กคาไรด์ที่ประกอบขึ้นเป็นโอลิโกแซ็กคาไรด์ หรือโพลีแซ็กคาไรด์ ช่วยให้เราสามารถวิเคราะห์หารายละเอียดของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบต่าง ๆ ในสิ่งมีชีวิตได้ และด้วยคุณสมบัติทางเคมีของมอโนแซ็กคาไรด์ทำให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพ น้ำตาลชนิดหนึ่งสามารถเปลี่ยนโครงสร้างไปเป็นอีกชนิดหนึ่งได้ หรือเกิดอนุพันธ์ตัวใหม่ขึ้นมาได้มากมาย อนุพันธ์ที่สำคัญ ได้แก่ น้ำตาลกรด เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน น้ำตาลแอลกอฮอล์ เกิดจากปฏิกิริยารีดักชัน สารพวกไกลไซด์ เกิดจากปฏิกิริยาไกลโคซิเดชัน และน้ำตาลฟอสเฟต เกิดจากปฏิกิริยาเติมหมู่ฟอสเฟต เป็นต้น นอกจากนี้ในธรรมชาติยังมีอนุพันธ์ที่สำคัญอีก 2 ชนิด คือ น้ำตาลดีออกซิ และน้ำตาลอะมิโน (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.77)

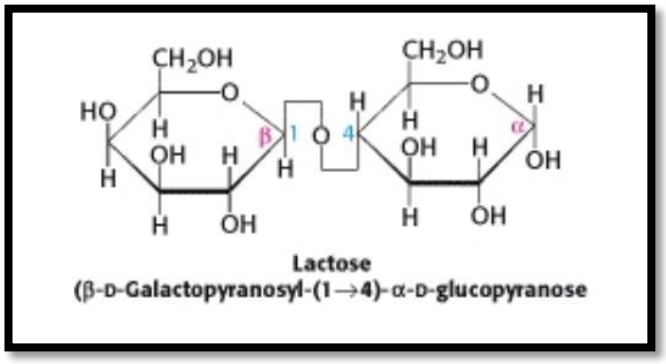
2. **โอลิโกแซ็กคาไรด์ (oligosaccharide)** เป็นพอลิเมอร์ (polymer) ของน้ำตาลที่เมื่อถูกสลายแล้วให้มอโนแซ็กคาไรด์จำนวนระหว่าง 2-10 หน่วย มอโนแซ็กคาไรด์นั้นต่อเชื่อมกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic bond) ที่พบเป็นรูปอิสระในธรรมชาติส่วนใหญ่จะเป็นไดแซ็กคาไรด์ (disaccharide) ซึ่งประกอบด้วยมอโนแซ็กคาไรด์ 2 หน่วย เช่น มอลโตส แลกโตส ซูโครส เป็นต้น ส่วนโอลิโกแซ็กคาไรด์ตั้งแต่ 3 หน่วยขึ้นไป ส่วนใหญ่มักพบเชื่อมต่อกับโปรตีน หรือลิพิด (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.53)

**ซูโครส** เป็นไดแซ็กคาไรด์ที่พบในพืชหลายชนิด และเป็นน้ำตาลไม่รีดิวซ์ ซึ่งต่างจากน้ำตาลอื่นโดยทั่วไป ประกอบด้วยมอโนแซ็กคาไรด์ 2 ชนิด คือ กลูโคส และฟรักโทส (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.68)



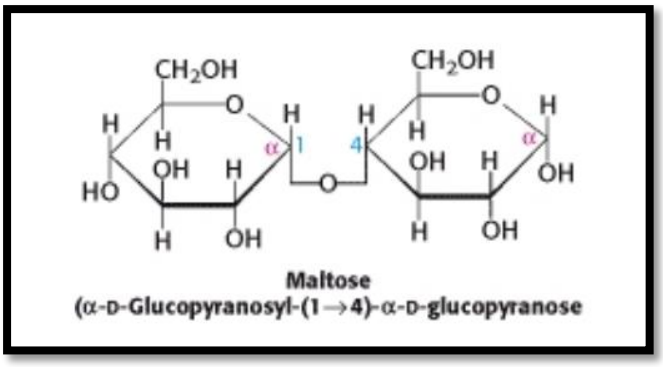

ภาพที่ 8 แสดงสูตรโครงสร้างของน้ำตาลซูโครส (Sucrose)
(ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0978/sucrose-น้ำตาลซูโครส, 14 พ.ย. 2564)

**แลกโทส** เป็นไดแซ็กคาไรด์ที่พบเฉพาะในสัตว์ ประกอบด้วยมอโนแซ็กคาไรด์ 2 ชนิด คือ กาแลกโทส และกลูโคส (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.68)




ภาพที่ 9 แสดงสูตรโครงสร้างของน้ำตาลแลกโทส (Lactose)
(ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0650/disaccharide-ไดแซ็กคาไรด์ หรือน้ำตาลโมเลกุลคู่, 14 พ.ย. 2564)

**มอลโทส** เป็นไดแซ็กคาไรด์ที่เป็นผลผลิตของการสลายคาร์โบไฮเดรตพวกแป้ง ประกอบด้วยกลูโคส 2 หน่วย (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.68)

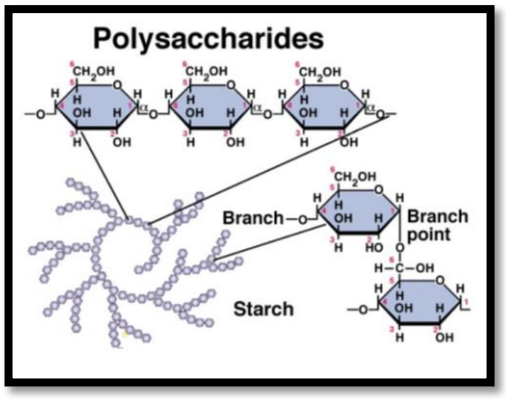



ภาพที่ 10 แสดงสูตรโครงสร้างของน้ำตาลมอลโทส (Maltose)
(ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0650/disaccharide-ไดแซ็กคาไรด์ หรือน้ำตาลโมเลกุลคู่, 14 พ.ย. 2564)

3. **พอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide)** เป็นสายพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยมอโนแซ็กคาไรด์นับจำนวนร้อย หรือพันหน่วย พอลิเมอร์นี้อาจมีโครงสร้างเป็นสายตรงหรือเป็นแบบมีแขนงก็ได้ ส่วนใหญ่ไม่ละลายน้ำ ถ้าเส้นพอลิเมอร์ประกอบด้วยมอโนแซ็กคาไรด์ชนิดเดียวกัน เรียกว่า โฮโมพอลิแซ็กคาไรด์ (homopolysaccharide) และถ้ามีมอโนแซ็กคาไรด์จำนวนมากกว่า 2 ชนิด เรียกว่า เฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ (heteropolysaccharide) (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.53)

**โฮโมพอลิแซ็กคาไรด์**

**แป้ง** คือ ผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการสังเคราะห์แสงในพืชสีเขียว หน้าที่ที่แท้จริงของแป้งคือเป็นแหล่งพลังงานของพืช แป้งมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า กลูโคแซน หรือกลูแคน เพราะประกอบด้วยสายโฮโมโพลิเมอร์ของกลูโคสเพียงชนิดเดียว ตามสูตรโครงสร้างของแป้งจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ อะมิโลส (amylose) ร้อยละ 15-20 ซึ่งเป็นสายตรงของกลูโคสที่ต่อกันด้วยพันธะ $\alpha$1-4 และอะมิโลเพกทิน (amylopectin) ร้อยละ 80-85 ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีแขนงเนื่องจากมีพันธะแบบ $\alpha$1-6 เพิ่มขึ้น (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.69)




ภาพที่ 11 แสดงสูตรโครงสร้างแป้ง (Starch)
(ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1101/ polysaccharide-พอลิแซ็กคาไรด์, 14 พ.ย. 2564)

**ไกลโคเจน** เป็นแหล่งพลังงานสะสมของสัตว์ มีโครงสร้างคล้ายอะมิโลเพกทินแต่มีแขนงมากกว่า (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.69)

**อินูลิน** เป็นแป้งที่พบในส่วนหัว หรือรากของพืชบางชนิด โครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยฟรักโทส จึงอาจเรียกชื่อได้อีกอย่างหนึ่งว่าฟรักโทแซน (fructosan) (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.69)

**เดกซ์แทรน** เป็นสายพอลิแซ็กคาไรด์ที่พบในพวกยีสต์และแบคทีเรีย ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสที่มีพันธะแบบ $\alpha$1-6 เป็นส่วนใหญ่ (พวงรัตน์ ยงวณิชย์, 2543, น.70)

**เซลลูโลส** ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของพืช โครงสร้างประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคสที่มีพันธะแบบ $\beta$1-4 (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.70)

**เฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์**

**ไกลโคอะมิโนไกลแคน** เป็นสายพอลิเมอร์ของคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อนขึ้น ประกอบด้วยอนุพันธ์ของน้ำตาลหลายชนิดที่เป็นน้ำตาลอะมิโนและกรดยูริกของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ถ้าสายของคาร์โบไฮเดรตนี้เกาะอยู่กับโมเลกุลของเพปไทด์หรือโปรตีน เรียกว่า เพปติโดไกลแคน (peptidoglycan) หรือโปรทีโอไกลแคน (proteoglycan) ตามลำดับ สารพวกนี้มักทำหน้าที่เป็นส่วนประกอบพื้นฐานของเนื้อเยื่อ และส่วนที่เป็นโครงร่างของร่างกาย (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.71)

**ไกลโคโปรตีน** เป็นสารชีวโมเลกุลที่พบมากในธรรมชาติตั้งแต่แบคทีเรียจนถึงมนุษย์ โปรตีนที่มีหมู่คาร์โบไฮเดรตในรูปโอลิโกแซ็กคาไรด์เกาะติดอยู่ซึ่งอาจเป็นได้

ตั้งแต่สายสั้น ๆ จนมีความยาวถึง 15 หน่วย สายนี้อาจเป็นเส้นตรงหรือแตกแขนงก็ได้ (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.72)

**คุณสมบัติของคาร์โบไฮเดรต**

คาร์โบไฮเดรตมีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ ดังนี้

1. มิวทาโรเทชัน

เมื่อน้ำตาลกลูโคพีแรโนสอยู่ในรูปสารละลายจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปของอะโนเมอร์ระหว่างแบบ $\alpha$ และ $\beta$ ซึ่งปรากฏการณ์นี้สามารถพิสูจน์ให้เห็นได้จากความสามารถในการบิดแสงระนาบเดียว โดยสามารถวัดค่า specific rotation ได้ด้วยเครื่องมือที่เรียกว่าโพลาริมิเตอร์ (polarimeter) เราจะเรียกปรากฏการนี้ว่า มิวทาโรเทชัน (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.61)

2. ปฏิกิริยาการเปลี่ยนอิพิเมอร์

เมื่อกลูโคสอยู่ในสารละลายด่างอ่อนเป็นเวลาเป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง จะพบว่าในสารละลายนั้นมีน้ำตาลฟรักโทสและแมนโนสเกิดขึ้นด้วย หรือในทางกลับกัน ถ้านำน้ำตาลตัวใดตัวหนึ่งในสามชนิดนี้ละลายในสารละลายด่างอ่อน ที่สภาวะสมดุลก็จะมีน้ำตาลอีก 2 ชนิดเกิดขึ้นเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดกระบวนการเปลี่ยนอิพิเมอร์ของน้ำตาลเหล่านี้ในสารละลายด่างอ่อน (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.61)

3. ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น

คาร์โบไฮเดรตอาจถูกแบ่งตามคุณสมบัติทางเคมีได้เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) โดยถูกออกซิไดซ์ได้ และน้ำตาลไม่รีดิวซ์ (non-reducing sugar) เพราะไม่ถูกออกซิไดซ์ ทั้งนี้เนื่องจากหมู่แอลดีไฮด์หรือหมู่คีโท ซึ่งอาจเป็นรูปเฮมิอะซิทาลหรือรูปเฮมิคีทาลในโครงสร้างรูปวงแหวนก็ได้ หมู่แอลดีไฮด์หรือคีโทนี้จะถูกออกซิไดซ์ด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เป็นหมู่คาร์บอกซิลิก (Carboxylic group) และผลิตผลที่ได้เรียกว่า น้ำตาลกรด (sugar acid) (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.62)

4. ปฏิกิริยารีดักชัน

หมู่แอลดีไฮด์หรือคีโทของมอโนแซ็กคาไรด์ อาจถูกรีดิวซ์ได้ด้วย $H_2$ , $NaBH_4$ หรือเอนไซม์ reductase ได้เป็นน้ำตาลแอลกอฮอลล์ (sugar alcohol) เช่น D-glucose จะถูกรีดิวซ์ได้เป็น D-sorbital และ D-mannose จะถูกรีดิวซ์ได้เป็น D-mannital เป็นต้น (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.63)

โดยน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) คือน้ำตาลที่สามารถทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ได้เนื่องจากมีหมู่แอลดีไฮด์ หรือหมู่คีโทที่เป็นอิสระ เช่น กลูโคส ฟรุกโทส และมอลโทส

เป็นต้น โดยนำตาลรีดิวซ์จะเกิดเป็นตะกอนสีแดงอิฐ กับสารละลายเบเนดิกต์ (Benedict's reagent)

5. ปฏิกิริยาการเกิดไกลโคไซด์

เมื่อนำกลูโคสมาอุ่นกับเมทานอล โดยมีกรดไฮโดรคลอริกอยู่ด้วย จะทำให้คาร์บอนอะโนเมอร์ทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของแอลกอฮอล์ได้เป็นอะซิทาล 2 รูป คือ แอลฟาเมทิลกลูโคไซด์ ($\alpha$-methyl glucoside) และบีตาเมทิลกลูโคไซด์ ($\beta$-methyl glucoside) เราเรียกพันธะระหว่าง C1 ของกลูโคสและอะตอมของออกซิเจนที่เกิดใหม่นี้ว่า พันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) และเรียกสารที่เกิดจากปฏิกิริยานี้ว่าไกลโคไซด์ (glycoside) การเกิดพันธะชนิดนี้มีความสำคัญมากในโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยน้ำตาลตั้งแต่สองหน่วยขึ้นไป (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.63)

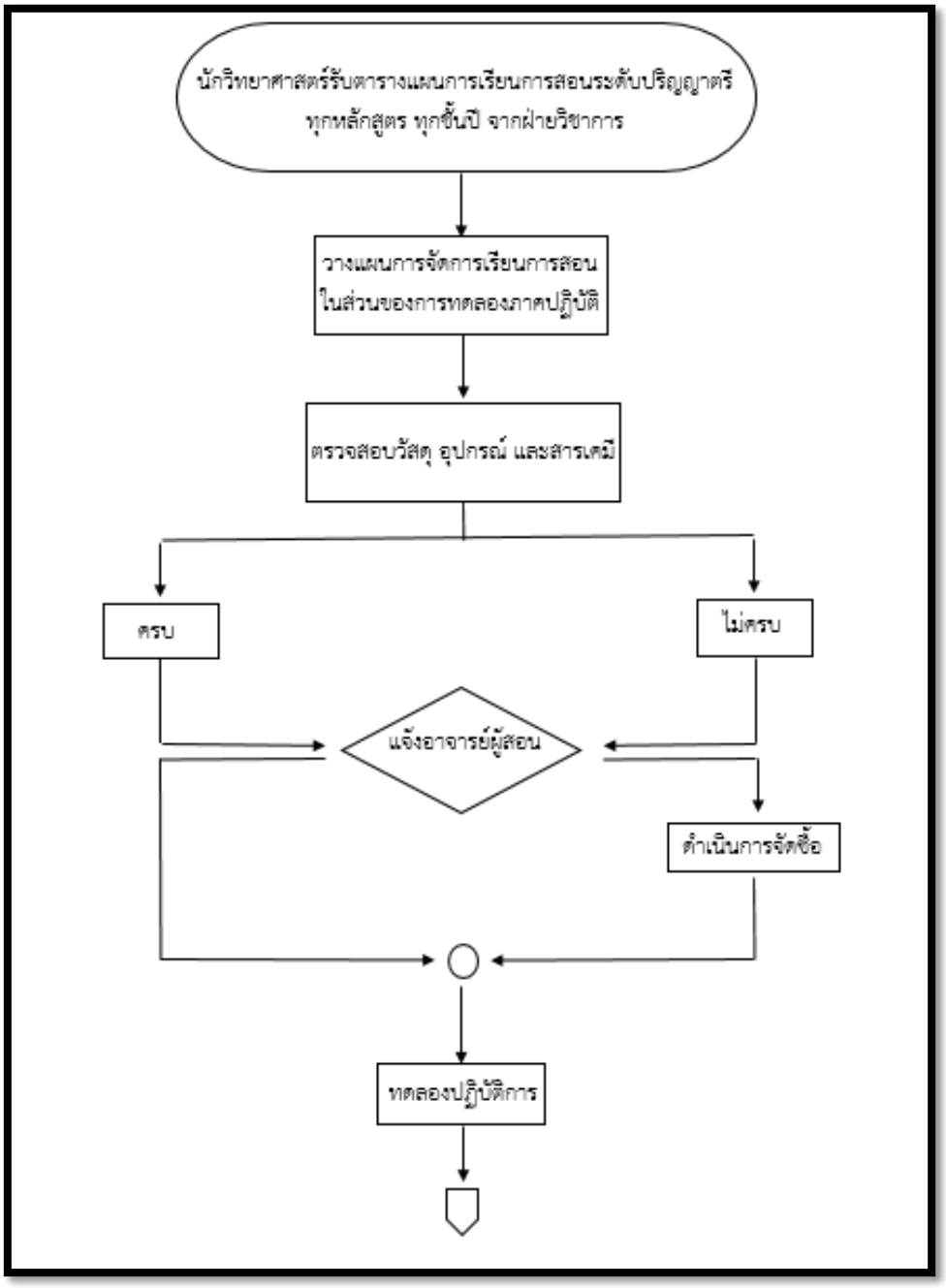
6. ปฏิกิริยาการเติมหมู่ฟอสเฟต

น้ำตาลที่ถูกเติมหมู่ฟอสเฟตเข้าในโมเลกุล นับเป็นกลุ่มที่มีความสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ปฏิกิริยาการเติมหมู่ฟอสเฟตในเซลล์ส่วนใหญ่เกิดจากการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ในกลุ่ม kinase โดยมี ATP เป็นตัวถ่ายหมู่ฟอสเฟตให้กับน้ำตาลต่าง ๆ (พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ), 2543, น.65)

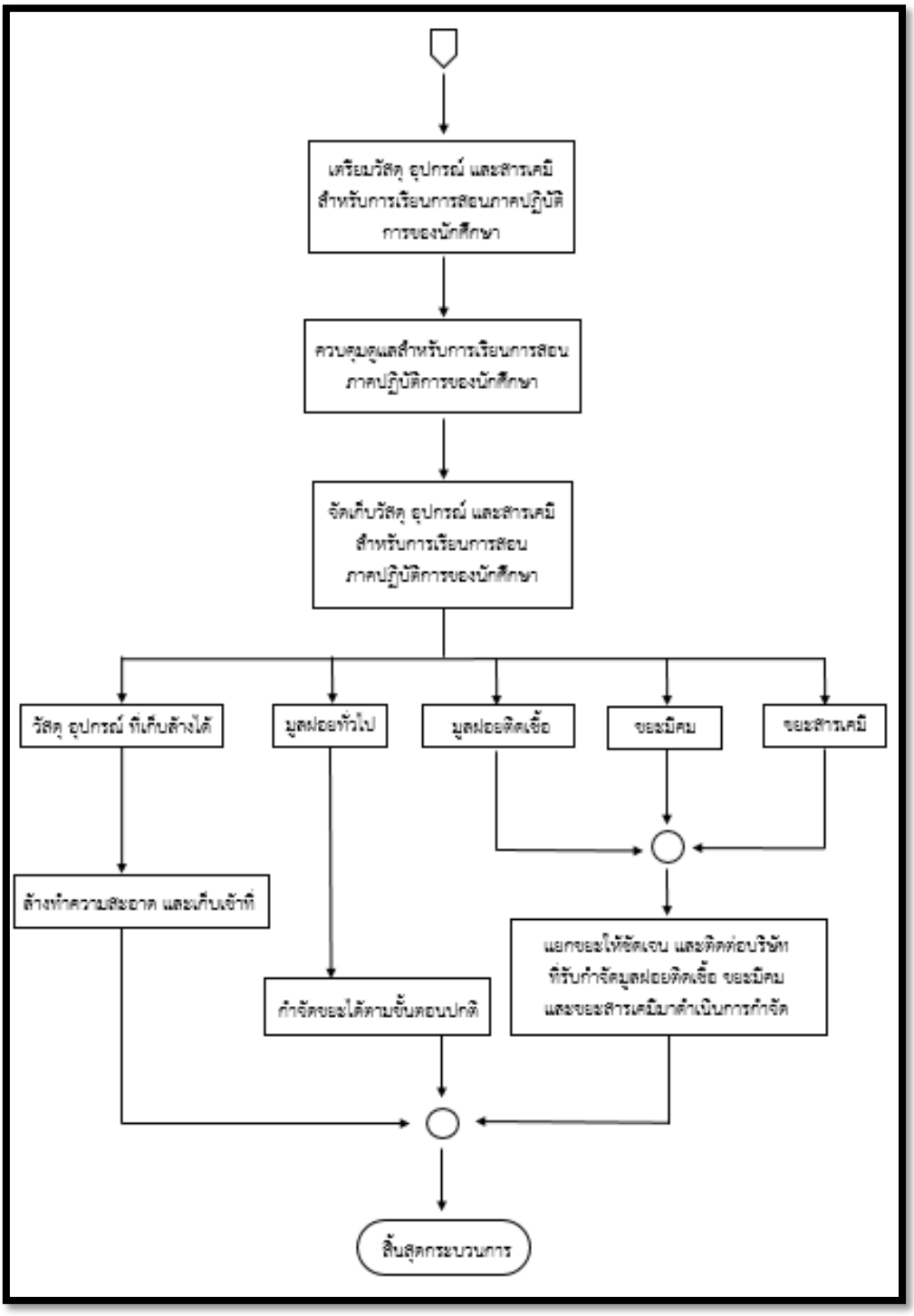
# บทที่ 4

# กระบวนการและขั้นตอนการปฏิบัติงาน

## 4.1 กระบวนการและขั้นตอนการปฏิบัติงานของนักวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ ในส่วนของการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ




ภาพที่ 12 แสดงกระบวนการและขั้นตอนการปฏิบัติงานของนักวิทยาศาสตร์




ภาพที่ 13 แสดงกระบวนการและขั้นตอนการปฏิบัติงานของนักวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

**4.2 รายละเอียดกระบวนการและขั้นตอนการปฏิบัติงาน**

จากแผนผังแสดงกระบวนการและขั้นตอนการปฏิบัติงานของนักวิทยาศาสตร์ ภาพที่ 12-13 ในการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สำหรับคู่มือปฏิบัติงาน เรื่อง การเตรียมการทดสอบทางเคมีของสารชีวโมเลกุลประเภทคาร์โบไฮเดรต นั้นจะอธิบายรายละเอียดต่าง ๆ ตามแผนผัง ตั้งแต่ขั้นตอนการทดลองปฏิบัติ จนถึงสิ้นสุดกระบวนการ ดังนี้

**4.2.1 การทดลองที่ 1 Molisch's test**

Molisch's test ใช้สำหรับทดสอบน้ำตาลโดยทั่ว ๆ ไป คาร์โบไฮเดรตทุกชนิดจะให้ผลบวกต่อการทดสอบนี้ โดยกรดซัลฟูริกเข้มข้นจะทำให้น้ำตาลเกิดการสูญเสียน้ำได้เป็นสารประกอบ เฟอฟิวรัล (Furfural) หรืออนุพันธ์ของมัน เมื่อทำปฏิกิริยากับ Molisch's reagent ซึ่งมีสารกลุ่มฟีนอล คือ $\alpha$-naphthol เป็นองค์ประกอบอยู่ จะทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีม่วงหรือแดงปรากฏตรงรอยต่อระหว่างชั้นของสารละลาย (ปนัดดา โรจน์พิบูลสถิต และ นารถวดี ภูมิภาค (ผู้เรียบเรียง), 2549, น. 26)

**4.2.1.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการทดลอง**

1. ตู้ดูดไอระเหยสารเคมี (Fume hood)
2. เครื่องให้ความร้อนและกวนสารละลาย (Hotplate stirrer)
3. เครื่องเขย่าผสมสารละลาย (Vortex mixer)
4. เครื่องดูดจ่ายสารละลายอัตโนมัติ (Auto pipette)
5. บีกเกอร์ (Beaker)
6. ปิเปตทิป (Pipette Tip)
7. หลอดทดลอง (Test tube)
8. แท่นใส่หลอดทดลอง (Test tube rack)
9. ที่จับหลอดทดลอง (Test tube holder)
10. หลอดหยดสาร (Dropper)
11. Conc. Sulfuric acid
12. Molisch's reagent
13. สารละลายมาตรฐาน (1% carbohydrate solution)
    - 1% glucose
    - 1% fructose
    - 1% galactose
    - 1% lactose
    - 1% sucrose

- 1% ribose
- 1% starch
- 1% maltose

14. สารละลายตัวอย่าง (1% carbohydrate solution สัดส่วน 1:1)
    - Unknown 1 (1% starch + 1% sucrose)
    - Unknown 2 (1% starch + 1% maltose)
    - Unknown 3 (1% maltose + 1% sucrose)
    - Unknown 4 (1% starch + 1% fructose)

**4.2.1.2 วิธีการทดลอง**

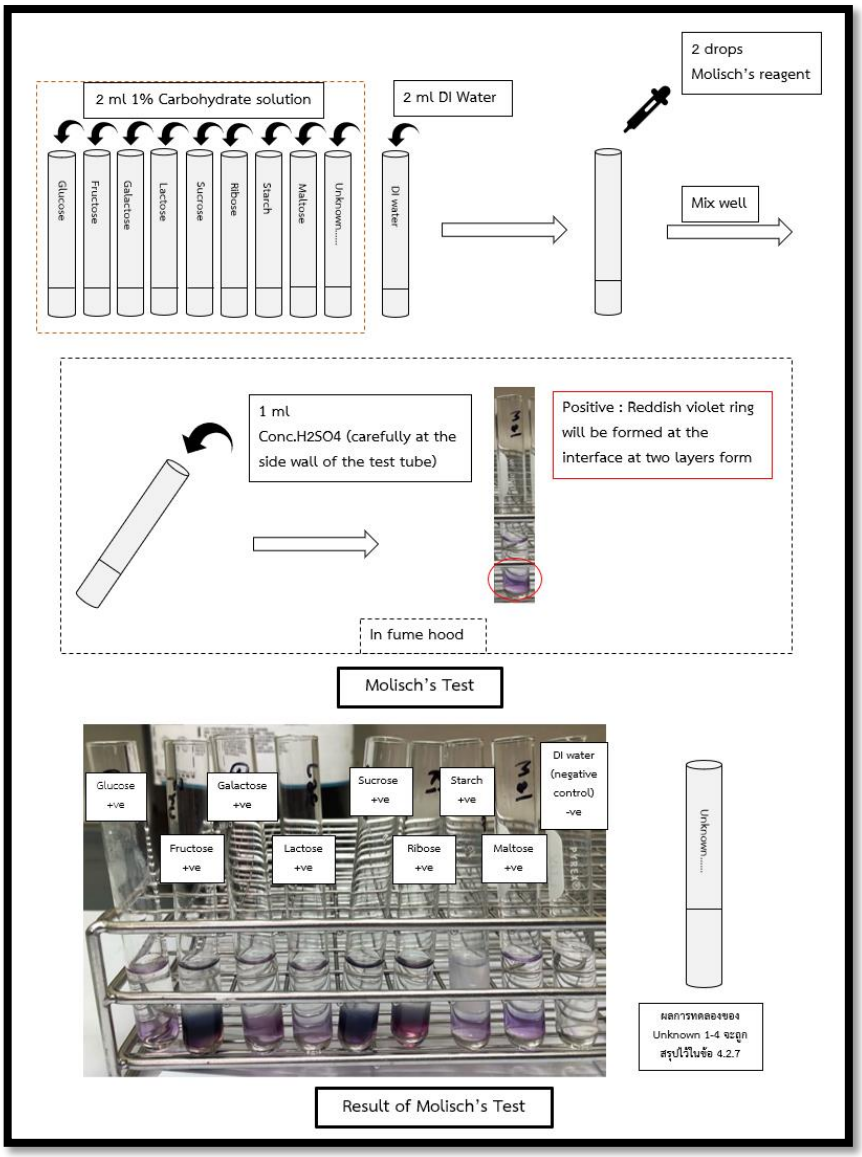
1. ดูดสารละลายลงในหลอดทดลอง ดังตาราง

| สารละลาย (ml) | หลอดทดลอง | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1% Glucose | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1% Fructose | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1% Galactose | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - |
| 1% Lactose | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - |
| 1% Sucose | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - |
| 1% Ribose | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - |
| 1% Starch | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - |
| 1% Maltose | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - |
| Unknown..... | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - |
| DI Water (negative control) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 |

ตารางที่ 1 แสดงสารละลายและปริมาณที่ต้องดูดใส่หลอดทดลองสำหรับ Molisch's test

2. หยด Molisch's reagent 2 หยด เขย่าให้สารละลายผสมกัน
3. เติม Conc. Sulfuric acid ($H_2SO_4$) 1 ml โดยค่อย ๆ เติมลงไปช้า ๆ ข้างหลอดทดลอง เพื่อให้เกิดชั้นของสารละลาย **ห้ามเขย่าให้สารผสมกัน**
4. สังเกตผลบวก : เกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีม่วง หรือแดงที่เกิดขึ้นตรงรอยต่อระหว่างชั้นของสารละลาย

<u>หมายเหตุ</u> เติมกรด และอ่านผลในตู้ดูดไอระเหยสารเคมี (Fume hood)




ภาพที่ 14 แสดงขั้นตอนการทดลอง และผลการทดลองสำหรับ Molisch's test

**4.2.1.3 สรุปผลการทดลอง**

ผลบวก (+ve) ได้แก่ glucose (positive control), fructose, galactose, lactose, sucrose, ribose, starch และ maltose

ผลลบ (-ve) ได้แก่ DI water (negative control)

จากผลการทดลอง พบว่าสารละลายทุกชนิดให้ผลบวกกับ Molisch's test แสดงว่าสารละลายทุกชนิดที่ใช้ในการทดสอบเป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรต ส่วนสารละลายที่ให้ผลลบแสดงว่าไม่ใช่สารละลายคาร์โบไฮเดรต ดังนั้นหาก unknown ให้ผลบวกแสดงว่าเป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรต

**4.2.1.4 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับเตรียมสารวิเคราะห์**

1. เครื่องชั่งสารทศนิยม 2-3 ตำแหน่ง (Precision balance)
2. ตู้ดูดไอระเหยสารเคมี (Fume hood)
3. เครื่องกวนสารละลาย (Hotplate stirrer)
4. เครื่องเขย่าผสมสารละลาย (Vortex mixer)
5. ช้อนตักสาร (Spatula)
6. กระบอกตวง (Cylinder)
7. บีกเกอร์ (Beaker)
8. ขวดแก้วสีชา (Duran bottle amber)
9. ขวดแก้วสีใส (Duran bottle)
10. แท่งแก้วคนสาร (Glass stirring rod)
11. แท่งแม่เหล็กกวนสาร (Magnetic stirring bar)
12. กระดาษชั่งสาร (Weighing paper)
13. $\alpha$-Naphthol ($C_{10}H_7OH$)
14. 95% Ethanol
15. Glucose
16. Fructose
17. Galactose
18. Lactose
19. Sucrose
20. Ribose
21. Starch
22. Maltose
23. น้ำกลั่น (DI Water)

**4.2.1.5 วิธีการเตรียมสารวิเคราะห์**

**1. การเตรียมสารวิเคราะห์ Molish's reagent**

เตรียม 5% $\alpha$-Naphthol ($C_{10}H_7OH$) ใน 95% Ethanol ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

**<u>วิธีคำนวณ</u>**

5% $\alpha$-Naphthol ($C_{10}H_7OH$) หมายถึง

สารละลาย Molisch 100 มิลลิลิตร มี $\alpha$-Naphthol อยู่ 5 กรัม

ถ้า สารละลาย Molisch 100 มิลลิลิตร มี $\alpha$-Naphthol อยู่ = (5 x 100)/100

= 5 กรัม

หาก ไม่มี 95% Ethanol ต้องการเตรียมจาก Ethanol ที่ความเข้มข้นมากกว่า 95% ให้เตรียมโดยใช้สูตร C1V1 = C2V2, C = ความเข้มข้น V = ปริมาตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย

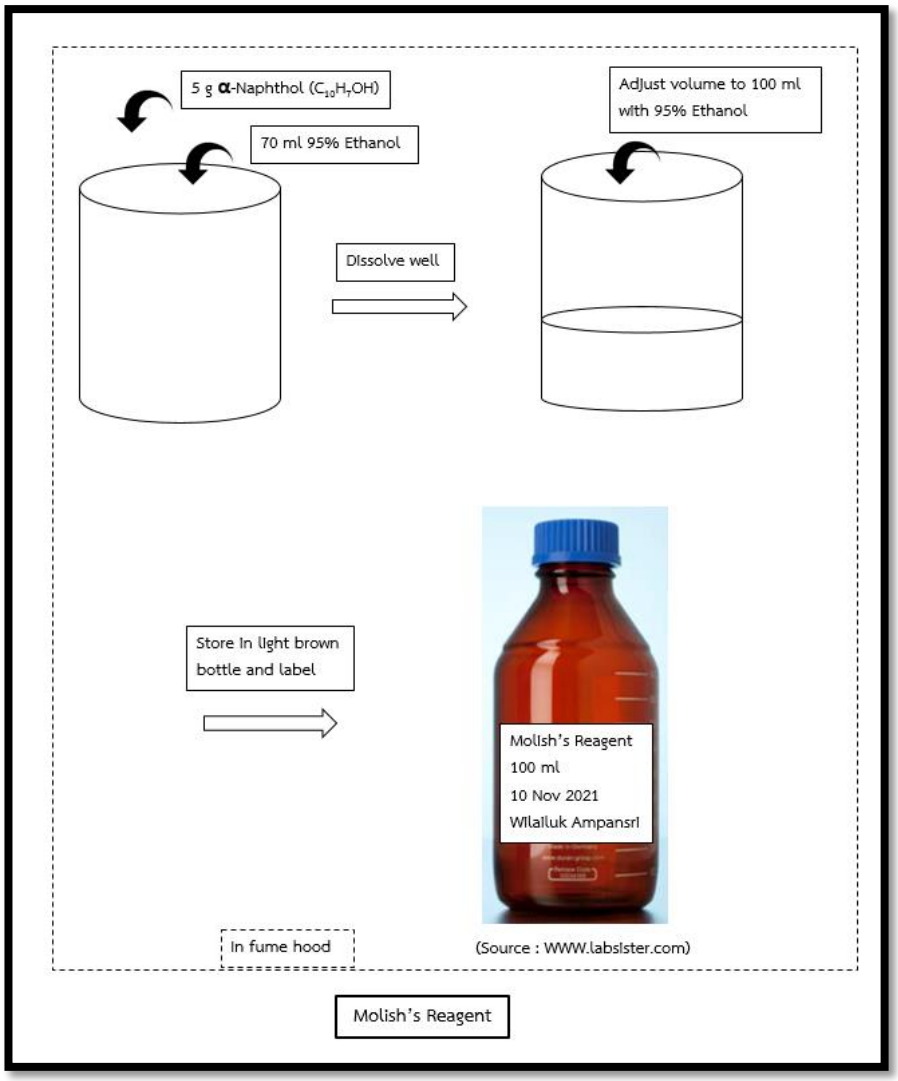
**<u>วิธีเตรียม</u>**

| | |
|---|---|
| 1.1 ชั่งสาร $\alpha$-Naphthol ($C_{10}H_7OH$) | 5 กรัม |
| 1.2 ละลายใน 95% Ethanol | 70 มิลลิลิตร |
| 1.3 ปรับปริมาตรด้วย 95% Ethanol ให้ได้ | 100 มิลลิลิตร |

1.4 ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. ต้องเตรียมสารละลายในตู้ดูดไอระเหยสารเคมี (Fume hood)

2. บรรจุในขวดสีชาที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม




ภาพที่ 15 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารวิเคราะห์สำหรับ Molisch's test

**2. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (1% Carbohydrate solution)**

เตรียม 1% Carbohydrate ในน้ำกลั่น ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

**<u>วิธีคำนวณ</u>**

1% Carbohydrate หมายถึง

สารละลายมาตรฐาน 100 มิลลิลิตร มีคาร์โบไฮเดรต อยู่ 1 กรัม

ถ้า สารละลายมาตรฐาน 100 มิลลิลิตร มีคาร์โบไฮเดรต อยู่ = (1 x 100)/100

= 1 กรัม

**<u>วิธีเตรียม</u>**

2.1 เตรียม 1% Glucose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Glucose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 ℃ (ตู้แช่เย็น)

2.2 เตรียม 1% Fructose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Fructose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 ℃ (ตู้แช่เย็น)

2.3 เตรียม 1% Galactose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Galactose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 ℃ (ตู้แช่เย็น)

2.4 เตรียม 1% Lactose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Lactose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.5 เตรียม 1% Sucrose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Sucrose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.6 เตรียม 1% Ribose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Ribose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.7 เตรียม 1% Starch ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3. ละลายในน้ำอุ่น จะทำให้เป็นสารแขวนลอยไม่ตกตะกอน

2.8 เตรียม 1% Maltose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

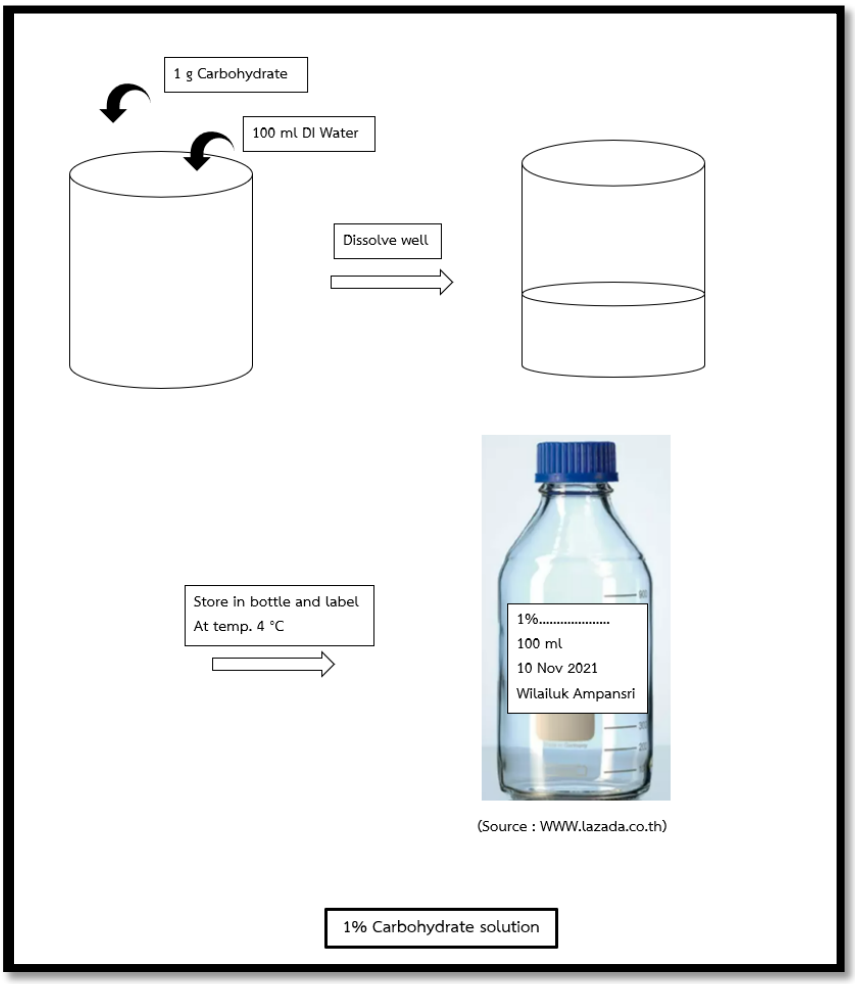
ชั่งสาร Maltose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

หมายเหตุ 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)




ภาพที่ 16 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายมาตรฐาน (1% Carbohydrate Solution)

**3. การเตรียมสารละลายตัวอย่าง (1% Carbohydrate solution สัดส่วน 1:1)**

3.1 สารละลายตัวอย่างที่ 1 (Unknow 1) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

ชั่งสาร Sucrose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3.2 สารละลายตัวอย่างที่ 2 (Unknow 2) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

ชั่งสาร Maltose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3.3 สารละลายตัวอย่างที่ 3 (Unknow 3) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Maltose 1 กรัม

ชั่งสาร Sucrose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3.4 สารละลายตัวอย่างที่ 4 (Unknow 4) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

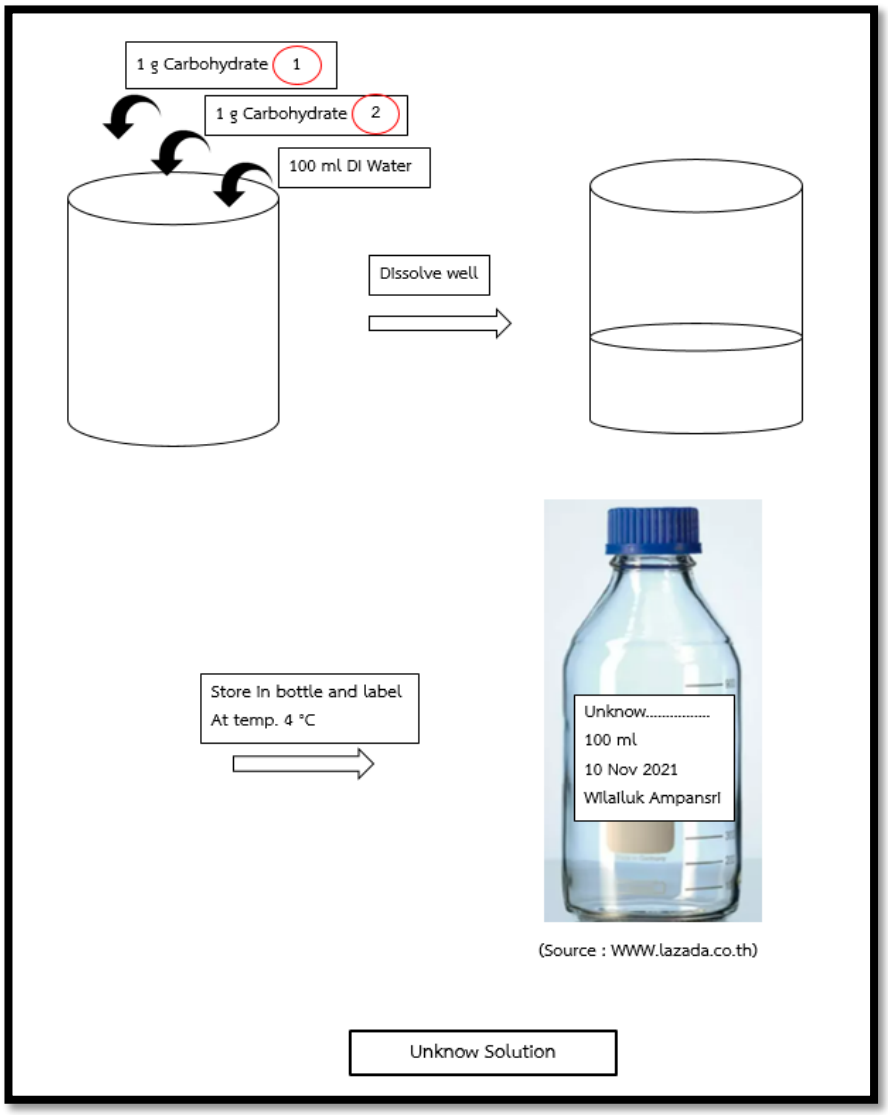
ชั่งสาร Fructose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

หมายเหตุ 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)




ภาพที่ 17 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายตัวอย่างสำหรับ Molisch's test

**4.2.2 การทดลองที่ 2 Benedict's test**

Benedict's test ใช้สำหรับทดสอบคาร์โบไฮเดรตที่มีคุณสมบัติในการรีดิวซ์ (reduce) อยู่ในโมเลกุล ซึ่ง ได้แก่น้ำตาลใด ๆ ที่มีคาร์บอนชนิด anomeric carbon ซึ่งจะสามารถรีดิวซ์สารอื่นได้ โดยเมื่อต้มกับ Benedict's reagent ซึ่งมี $Cu^{2+}$ อยู่ คาร์โบไฮเดรตที่ให้ผลบวกต่อการทดสอบนี้จะรีดิวซ์ $Cu^{2+}$ เกิดเป็นตะกอนสีแดงอิฐของ $Cu_2O$ แต่หากให้ความร้อนไม่มากพอ ตะกอนนี้อาจเป็นสีเหลือง สีเขียวหรือสีแดง (ปนัดดา โรจน์พิบูลสถิต และ นารถวดี ภูมิภาค (ผู้เรียบเรียง), 2549, น.27)

**4.2.2.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการทดลอง**

1. เครื่องให้ความร้อนและกวนสารละลาย (Hotplate stirrer)
2. เครื่องเขย่าผสมสารละลาย (Vortex mixer)
3. เครื่องดูดจ่ายสารละลายอัตโนมัติ (Auto pipette)
4. บีกเกอร์ (Beaker)
5. ปิเปตทิป (Pipette Tip)
6. หลอดทดลอง (Test tube)
7. แท่นใส่หลอดทดลอง (Test tube rack)
8. ที่จับหลอดทดลอง (Test tube holder)
9. Benedict's reagent
10. น้ำกลั่น (DI water)
11. สารละลายมาตรฐาน (1% carbohydrate solution)
    - 1% glucose
    - 1% fructose
    - 1% galactose
    - 1% lactose
    - 1% sucrose
    - 1% ribose
    - 1% starch
    - 1% maltose
12. สารละลายตัวอย่าง (1% carbohydrate solution สัดส่วน 1:1)
    - Unknown 1 (1% starch + 1% sucrose)
    - Unknown 2 (1% starch + 1% maltose)
    - Unknown 3 (1% maltose + 1% sucrose)
    - Unknown 4 (1% starch + 1% fructose)

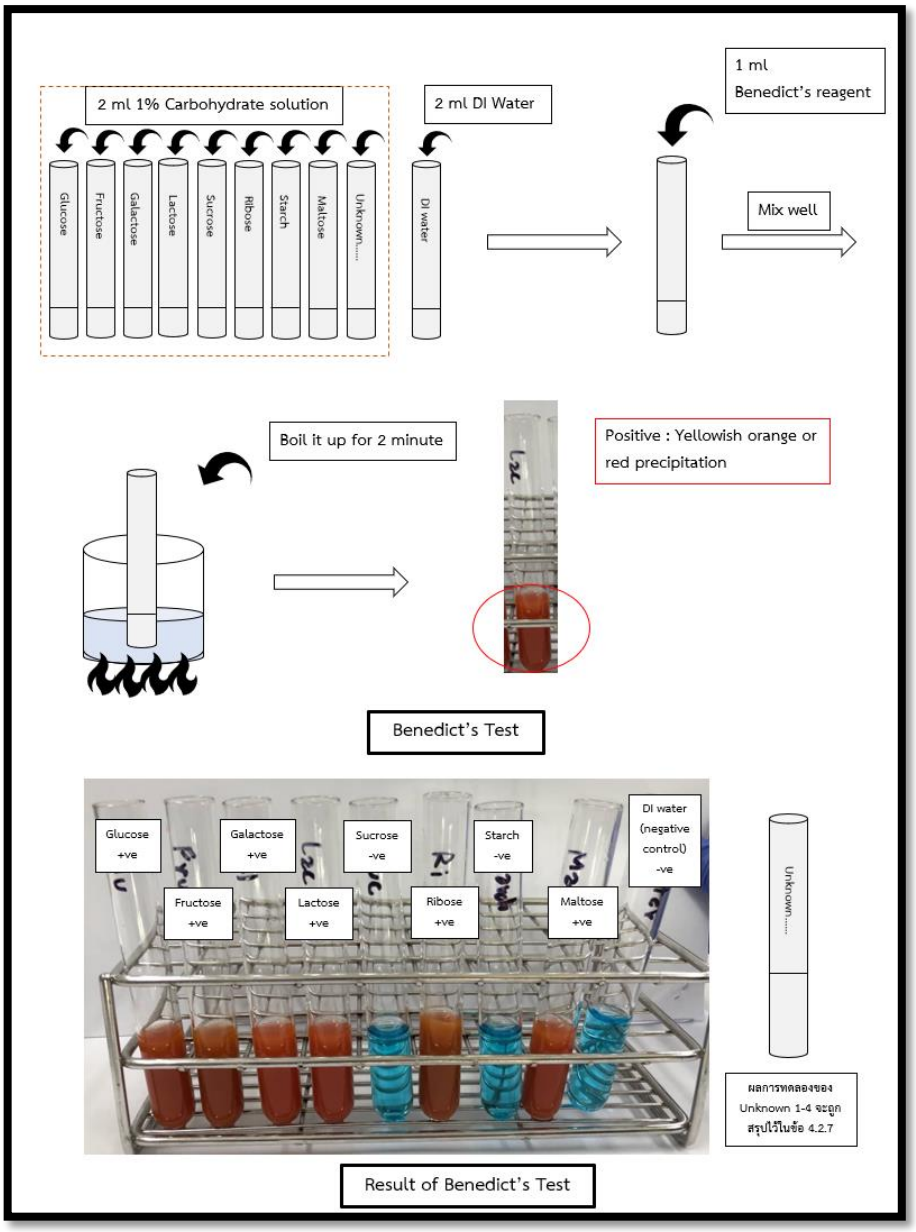
**4.2.2.2 วิธีการทดลอง**

1. ดูดสารละลายลงในหลอดทดลอง ดังตาราง

| สารละลาย (ml) | หลอดทดลอง | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1% Glucose | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1% Fructose | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1% Galactose | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - |
| 1% Lactose | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - |
| 1% Sucose | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - |
| 1% Ribose | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - |
| 1% Starch | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - |
| 1% Maltose | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - |
| Unknown..... | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - |
| DI Water (negative control) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 |

ตารางที่ 2 แสดงสารละลายและปริมาณที่ต้องดูดใส่หลอดทดลองสำหรับ Benedict’s test

2. เติม Benedict’s reagent 1 ml เขย่าให้สารละลายผสมกัน
3. นำหลอดทดลองที่มีสารละลาย ไปต้มในน้ำเดือด 2 นาที
4. สังเกตผลบวก : เกิดตะกอนสีส้มอิฐ หรือแดง




ภาพที่ 18 แสดงขั้นตอนการทดลอง และผลการทดลองสำหรับ Benedict's test

**4.2.2.3 สรุปผลการทดลอง**

ผลบวก (+ve) ได้แก่ glucose (positive control), fructose, galactose, lactose, ribose และ maltose

ผลลบ (-ve) ได้แก่ sucrose, starch และ DI water (negative control)

จากผลการทดลอง พบว่าสารละลายที่ให้ผลบวกกับ Benedict's test เป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรต ที่มีคุณสมบัติในการรีดิวซ์ในโมเลกุล ส่วนสารละลายที่ให้ผลลบแสดงว่าเป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรตที่ไม่มีคุณสมบัติในการรีดิวซ์ ดังนั้นหาก unknown ให้ผลบวกแสดงว่าเป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรตที่มีคุณสมบัติในการรีดิวซ์

**4.2.2.4 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการเตรียมสารวิเคราะห์**

1. เครื่องชั่งสารทศนิยม 2-3 ตำแหน่ง (Precision balance)
2. เครื่องกวนสารละลาย (Hotplate stirrer)
3. เครื่องเขย่าผสมสารละลาย (Vortex mixer)
4. ช้อนตักสาร (Spatula)
5. กระบอกตวง (Cylinder)
6. บีกเกอร์ (Beaker)
7. ขวดแก้วสีใส (Duran bottle)
8. แท่งแก้วคนสาร (Glass stirring rod)
9. แท่งแม่เหล็กกวนสาร (Magnetic stirring bar)
10. กระดาษกรอง (Filter paper)
11. กระดาษชั่งสาร (Weighing paper)
12. Tri-sodium citrate ($Na_3C_6H_5O_7$)
13. Sodium carbonate ($Na_2CO_3$)
14. Copper sulfate ($CuSO_4$)
15. Glucose
16. Fructose
17. Galactose
18. Lactose
19. Sucrose
20. Ribose
21. Starch
22. Maltose
23. น้ำกลั่น (DI Water)

**4.2.2.5 วิธีการเตรียมสารวิเคราะห์**

**1. การเตรียมสารวิเคราะห์ Benedict's reagent**

เตรียม 17.3% Tri-sodium citrate ($Na_3C_6H_5O_7$), 10% Sodium carbonate ($Na_2CO_3$) และ 1.73% Copper sulfate ($CuSO_4$) ในน้ำกลั่น ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

**<u>วิธีคำนวณ</u>**

17.3% Tri-sodium citrate ($Na_3C_6H_5O_7$) หมายถึง

สารละลาย Benedict 100 มิลลิลิตร มี Tri-sodium citrate อยู่ 17.3 กรัม

ถ้า สารละลาย Benedict 100 มิลลิลิตร มี Tri-sodium citrate อยู่

= (17.3 x 100)/100

= 17.3 กรัม

10% Sodium carbonate ($Na_2CO_3$) หมายถึง

สารละลาย Benedict 100 มิลลิลิตร มี Sodium carbonate อยู่ 10 กรัม

ถ้า สารละลาย Benedict 100 มิลลิลิตร มี Sodium carbonate อยู่

= (10 x 100)/100

= 10 กรัม

1.73% Copper sulfate ($CuSO_4$) หมายถึง

สารละลาย Benedict 100 มิลลิลิตร มี Copper sulfate อยู่ 1.73 กรัม

ถ้า สารละลาย Benedict 100 มิลลิลิตร มี Copper sulfate อยู่

= (1.73 x 100)/100

= 1.73 กรัม

**<u>วิธีเตรียม</u>**

1.1 ชั่งสาร Tri-sodium citrate ($Na_3C_6H_5O_7$) 17.3 กรัม

1.2 ชั่งสาร Sodium carbonate ($Na_2CO_3$) 10 กรัม

1.3 ผสมสารทั้ง 2 ชนิดเข้าด้วยกันก่อนจะทำให้ไม่มีตะกอน

1.4 ละลายในน้ำอุ่น 50 มิลลิลิตร

1.5 หากมีตะกอน ให้กรองตะกอนออกก่อน

1.6 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ให้ได้ 60 มิลลิลิตร

1.7 ผสมให้เข้ากัน

.....

1.8 ชั่งสาร Copper sulfate ($CuSO_4$) 1.73 กรัม

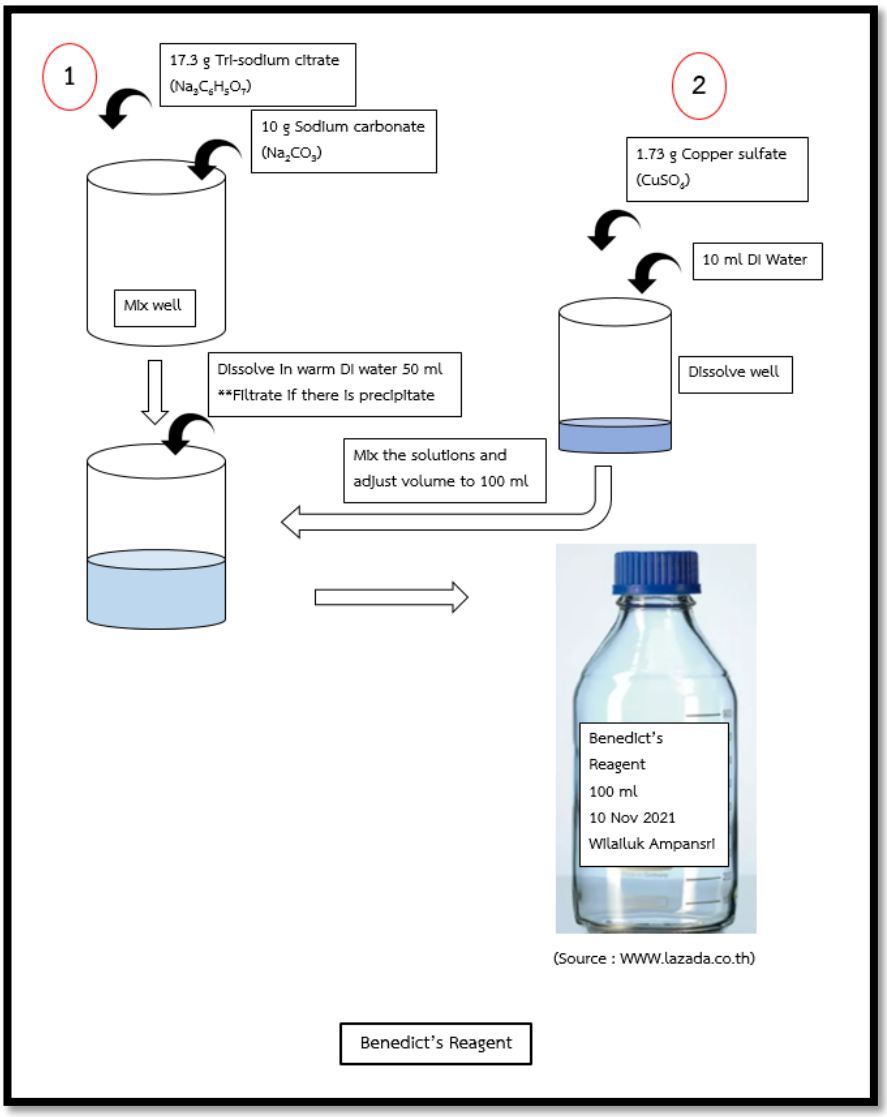
1.9 ละลายในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร

1.10 เติมลงในสารละลายที่เตรียมไว้ ในข้อ 1.7 โดยค่อย ๆ เติมลงไปทีละน้อย แล้วเขย่าผสมกันไปเรื่อย ๆ จนละลายหมด

1.11 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ให้ได้ 100 มิลลิลิตร

1.12 ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม




ภาพที่ 19 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารวิเคราะห์สำหรับ Benedict's test

**2. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (1% Carbohydrate solution)**

เตรียม 1% Carbohydrate ในน้ำกลั่น ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

**<u>วิธีคำนวณ</u>**

1% Carbohydrate หมายถึง

สารละลายมาตรฐาน 100 มิลลิลิตร มีคาร์โบไฮเดรต อยู่ 1 กรัม

ถ้า สารละลายมาตรฐาน 100 มิลลิลิตร มีคาร์โบไฮเดรต อยู่ = (1 x 100)/100

= 1 กรัม

**<u>วิธีเตรียม</u>**

2.1 เตรียม 1% Glucose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Glucose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.2 เตรียม 1% Fructose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Fructose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.3 เตรียม 1% Galactose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Galactose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.4 เตรียม 1% Lactose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Lactose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.5 เตรียม 1% Sucrose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Sucrose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.6 เตรียม 1% Ribose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Ribose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.7 เตรียม 1% Starch ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3. ละลายในน้ำอุ่น จะทำให้เป็นสารแขวนลอยไม่ตกตะกอน

2.8 เตรียม 1% Maltose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

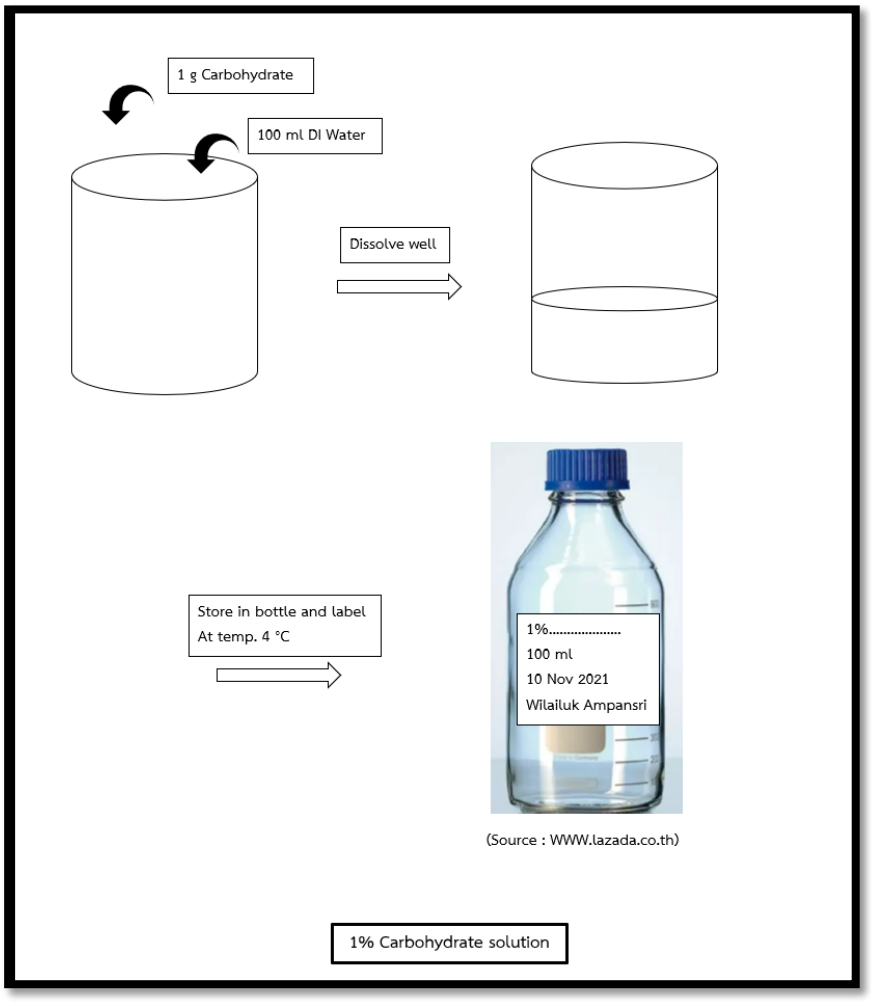
ชั่งสาร Maltose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

หมายเหตุ 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)




ภาพที่ 20 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายมาตรฐาน (1% Carbohydrate Solution)

**3. การเตรียมสารละลายตัวอย่าง (1% Carbohydrate solution สัดส่วน 1:1)**

3.1 สารละลายตัวอย่างที่ 1 (Unknow 1) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

ชั่งสาร Sucrose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3.2 สารละลายตัวอย่างที่ 2 (Unknow 2) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

ชั่งสาร Maltose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3.3 สารละลายตัวอย่างที่ 3 (Unknow 3) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Maltose 1 กรัม

ชั่งสาร Sucrose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3.4 สารละลายตัวอย่างที่ 4 (Unknow 4) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

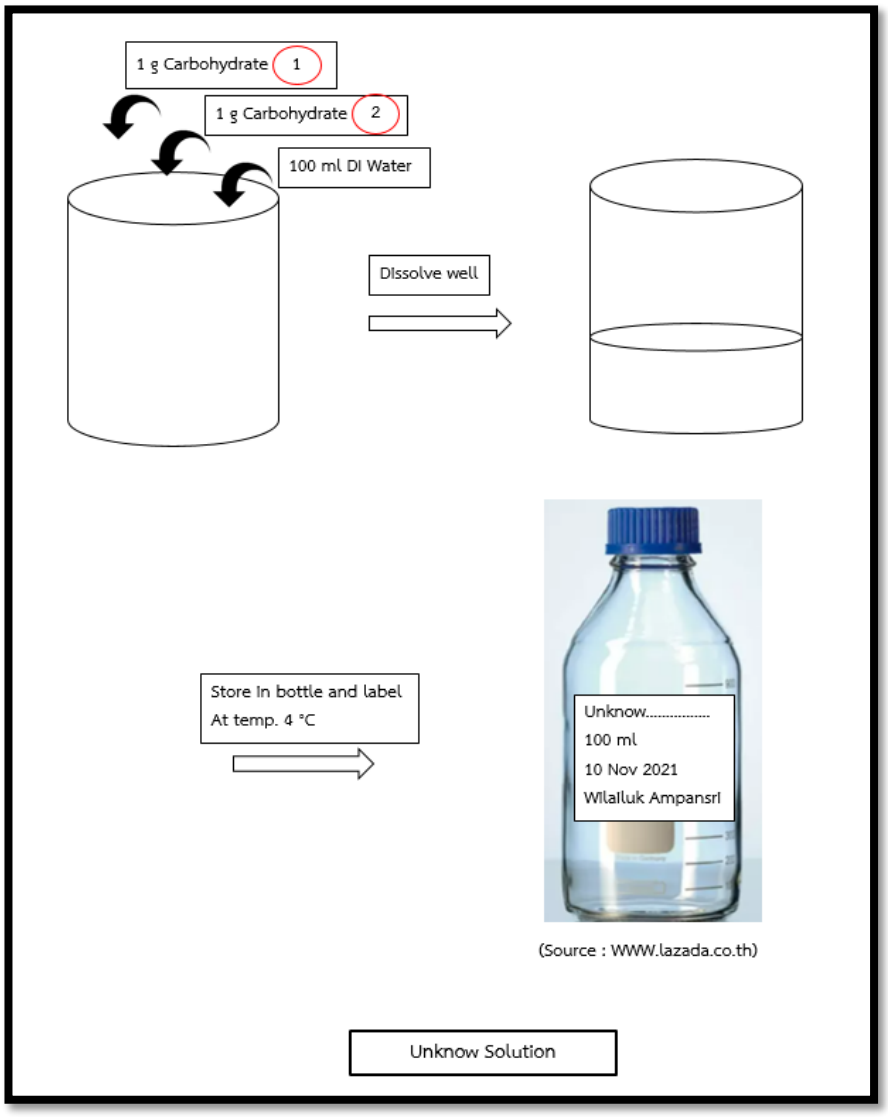
ชั่งสาร Fructose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

หมายเหตุ 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)




ภาพที่ 21 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายตัวอย่างสำหรับ Benedict's test

**4.2.3 การทดลองที่ 3 Barfoed's test**

Barfoed's test ใช้สำหรับทดสอบคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างเป็นมอโนแซ็กคาไรด์ (monosaccharide) โดยอาศัยคุณสมบัติของมอโนแซ็กคาไรด์ ที่สามารถรีดิวซ์ $Cu^{2+}$ ใน Barfoed's reagent ให้กลายเป็นตะกอนสีแดงอิฐของ $Cu_2O$ แต่หากให้ความร้อนนานเกินไป น้ำตาลไดแซ็กคาไรด์ (disaccharide) อาจถูกสลายเป็นมอโนแซ็กคาไรด์ ซึ่งอาจทำให้เกิดผลบวกลวงได้ (ปนัดดา โรจน์พิบูลสถิต และ นารถวดี ภูมิภาค (ผู้เรียบเรียง), 2549, น.28)

**4.2.3.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการทดลอง**

1. เครื่องให้ความร้อนและกวนสารละลาย (Hotplate stirrer)
2. เครื่องเขย่าผสมสารละลาย (Vortex mixer)
3. เครื่องดูดจ่ายสารละลายอัตโนมัติ (Auto pipette)
4. บีกเกอร์ (Beaker)
5. ปิเปตทิป (Pipette Tip)
6. หลอดทดลอง (Test tube)
7. แท่นใส่หลอดทดลอง (Test tube rack)
8. ที่จับหลอดทดลอง (Test tube holder)
9. Barfoed's reagent
10. น้ำกลั่น (DI water)
11. สารละลายมาตรฐาน (1% carbohydrate solution)
    - 1% glucose
    - 1% fructose
    - 1% galactose
    - 1% lactose
    - 1% sucrose
    - 1% ribose
    - 1% starch
    - 1% maltose
12. สารละลายตัวอย่าง (1% carbohydrate solution สัดส่วน 1:1)
    - Unknown 1 (1% starch + 1% sucrose)
    - Unknown 2 (1% starch + 1% maltose)
    - Unknown 3 (1% maltose + 1% sucrose)
    - Unknown 4 (1% starch + 1% fructose)

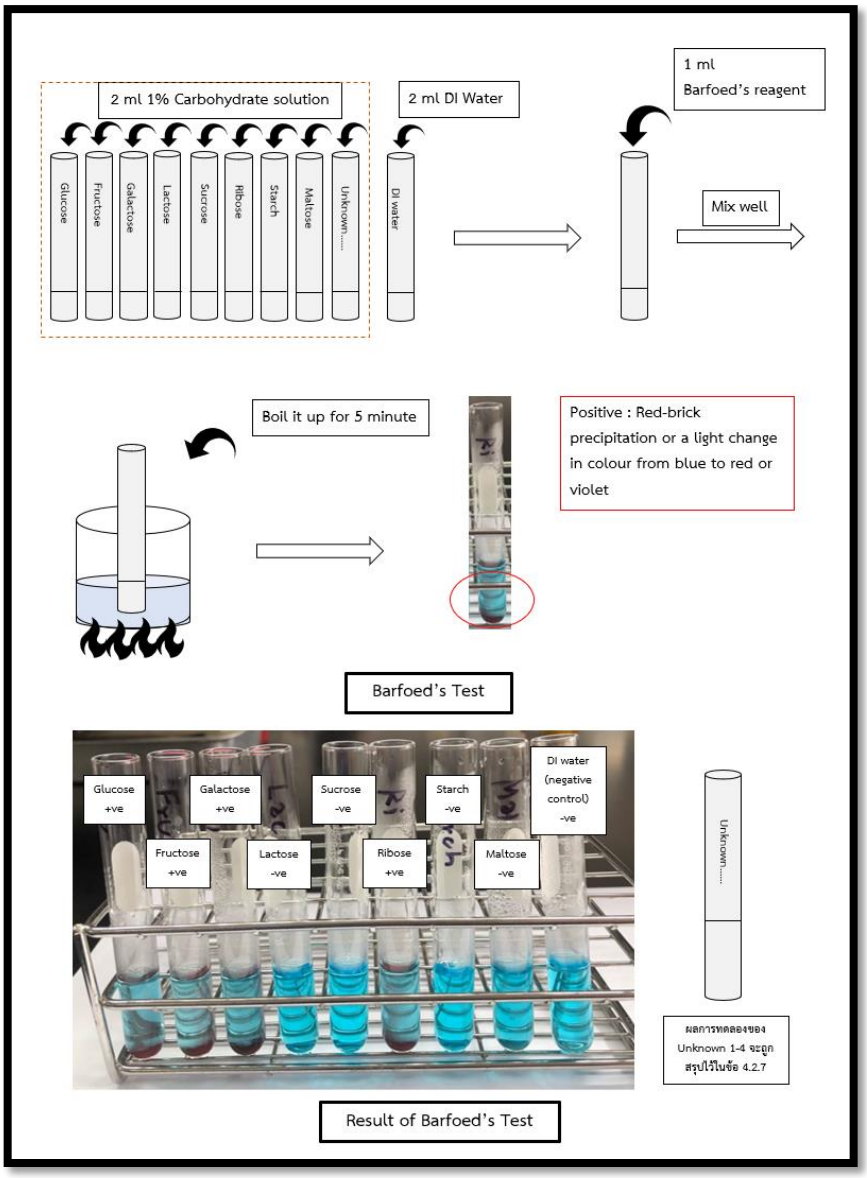
**4.2.3.2 วิธีการทดลอง**

1. ดูดสารละลายลงในหลอดทดลอง ดังตาราง

| สารละลาย (ml) | หลอดทดลอง | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1% Glucose | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1% Fructose | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1% Galactose | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - |
| 1% Lactose | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - |
| 1% Sucose | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - |
| 1% Ribose | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - |
| 1% Starch | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - |
| 1% Maltose | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - |
| Unknown..... | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - |
| DI Water (negative control) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 |

ตารางที่ 3 แสดงสารละลายและปริมาณที่ต้องดูดใส่หลอดทดลองสำหรับ Barfoed’s test

2. เติม Barfoed’s reagent 1 ml เขย่าให้สารละลายผสมกัน
3. นำหลอดทดลองที่มีสารละลาย ไปต้มในน้ำเดือด 5 นาที
4. สังเกตผลบวก : เกิดตะกอนสีแดงอิฐ หรือสีสารละลายที่เปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นสีแดงหรือม่วง




ภาพที่ 22 แสดงขั้นตอนการทดลอง และผลการทดลองสำหรับ Barfoed's test

**4.2.3.3 สรุปผลการทดลอง**

ผลบวก (+ve) ได้แก่ glucose (positive control), fructose, galactose และ ribose

ผลลบ (-ve) ได้แก่ lactose, sucrose, starch, maltose และ DI water (negative control)

จากผลการทดลอง พบว่าสารละลายที่ให้ผลบวกกับ Barfoed's test เป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นมอโนแซ็กคาไรด์ ส่วนสารละลายที่ให้ผลลบแสดงว่าเป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่มอโนแซ็กคาไรด์ ดังนั้นหาก unknown ให้ผลบวกแสดงว่าเป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นมอโนแซ็กคาไรด์

**4.2.3.4 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการเตรียมสารวิเคราะห์**

1. เครื่องชั่งสารทศนิยม 2-3 ตำแหน่ง (Precision balance)
2. ตู้ดูดไอระเหยสารเคมี (Fume hood)
3. เครื่องกวนสารละลาย (Hotplate stirrer)
4. เครื่องเขย่าผสมสารละลาย (Vortex mixer)
5. เครื่องดูดจ่ายสารละลายอัตโนมัติ (Auto pipette)
6. ช้อนตักสาร (Spatula)
7. กระบอกตวง (Cylinder)
8. บีกเกอร์ (Beaker)
9. ขวดแก้วสีใส (Duran bottle)
10. แท่งแก้วคนสาร (Glass stirring rod)
11. แท่งแม่เหล็กกวนสาร (Magnetic stirring bar)
12. ปิเปตทิป (Pipette Tip)
13. กระดาษชั่งสาร (Weighing paper)
14. Copper acetate ($Cu(CO_2CH_3)_2$)
15. Conc. Glacial acetic acid
16. Glucose
17. Fructose
18. Galactose
19. Lactose
20. Sucrose
21. Ribose
22. Starch
23. Maltose
24. น้ำกลั่น (DI Water)

**4.2.3.5 วิธีการเตรียมสารวิเคราะห์**

**1. การเตรียมสารวิเคราะห์ Barfoed's reagent**

เตรียม 6.65% Copper acetate ($Cu(CO_2CH_3)_2$) ใน 1% Glacial acetic acid ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

**<u>วิธีคำนวณ</u>**

6.65% Copper acetate ($Cu(CO_2CH_3)_2$) หมายถึง

สารละลาย Barfoed 100 มิลลิลิตร มี Copper acetate อยู่ 6.65 กรัม

ถ้า สารละลาย Barfoed 100 มิลลิลิตร มี Copper acetate อยู่

$= (6.65 \times 100)/100$

$= 6.65$ กรัม

1% Glacial acetic acids จาก 99.8% Glacial acetic acids ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

<u>ใช้สูตร</u> $C1V1 = C2V2$

$(99.8\%)V1 = (1\%)(100ml)$

$V1 = (1\%)(100ml)/(99.8\%)$

$V1 = 1$ มิลลิลิตร

**<u>วิธีเตรียม</u>**

1.1 ตวง 99.8% Glacial acetic acid 1 มิลลิลิตร

ค่อยๆเติมลงในน้ำกลั่น 99 มิลลิลิตร

ผสมสารละลายให้เข้ากันจะได้ 1% Glacial acetic acids

.....

1.2 ชั่งสาร Copper acetate ($Cu(CO_2CH_3)_2$) 6.65 กรัม

1.3 ละลายใน 1% Glacial acetic acid 80 มิลลิลิตร

1.4 ปรับปริมาตรด้วย 1% Glacial acetic acid ให้ได้ 100 มิลลิลิตร

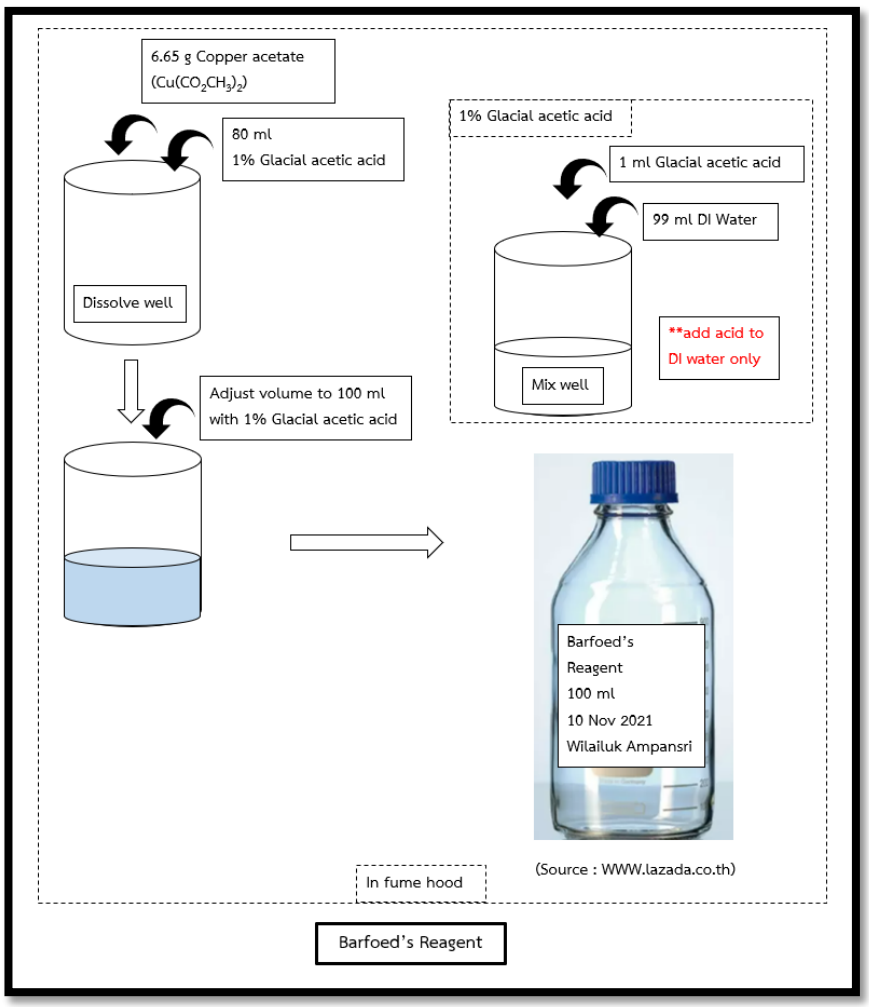
1.5 ผสมสารละลายให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. ต้องเตรียมสารละลายในตู้ดูดไอระเหยสารเคมี (Fume hood) เนื่องจากสารสารละลายที่เตรียมมีกรดเป็นส่วนประกอบ

2. ต้องเทกรดลงในน้ำเท่านั้น ห้ามเทน้ำลงในกรด

3. ค่อยๆเท Copper acetate ลงใน 1% Glacial acetic acid แล้วเขย่าผสมกัน ไปเรื่อยจนละลาย อาจใช้ Magnetic stirrer ช่วยในการละลาย แต่สามารถใช้ได้ แม้ยังมีตะกอนเหลืออยู่

4. ต้องเตรียมสารละลายใหม่ทุกครั้งก่อนการทดลอง
5. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม




ภาพที่ 23 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารวิเคราะห์สำหรับ Barfoed's test

**2. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (1% Carbohydrate solution)**

เตรียม 1% Carbohydrate ในน้ำกลั่น ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

**<u>วิธีคำนวณ</u>**

1% Carbohydrate หมายถึง

สารละลายมาตรฐาน 100 มิลลิลิตร มีคาร์โบไฮเดรต อยู่ 1 กรัม

ถ้า สารละลายมาตรฐาน 100 มิลลิลิตร มีคาร์โบไฮเดรต อยู่ = (1 x 100)/100

= 1 กรัม

**<u>วิธีเตรียม</u>**

2.1 เตรียม 1% Glucose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Glucose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 ℃ (ตู้แช่เย็น)

2.2 เตรียม 1% Fructose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Fructose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 ℃ (ตู้แช่เย็น)

2.3 เตรียม 1% Galactose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Galactose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 ℃ (ตู้แช่เย็น)

2.4 เตรียม 1% Lactose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Lactose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.5 เตรียม 1% Sucrose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Sucrose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.6 เตรียม 1% Ribose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Ribose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.7 เตรียม 1% Starch ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3. ละลายในน้ำอุ่น จะทำให้เป็นสารแขวนลอยไม่ตกตะกอน

2.8 เตรียม 1% Maltose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

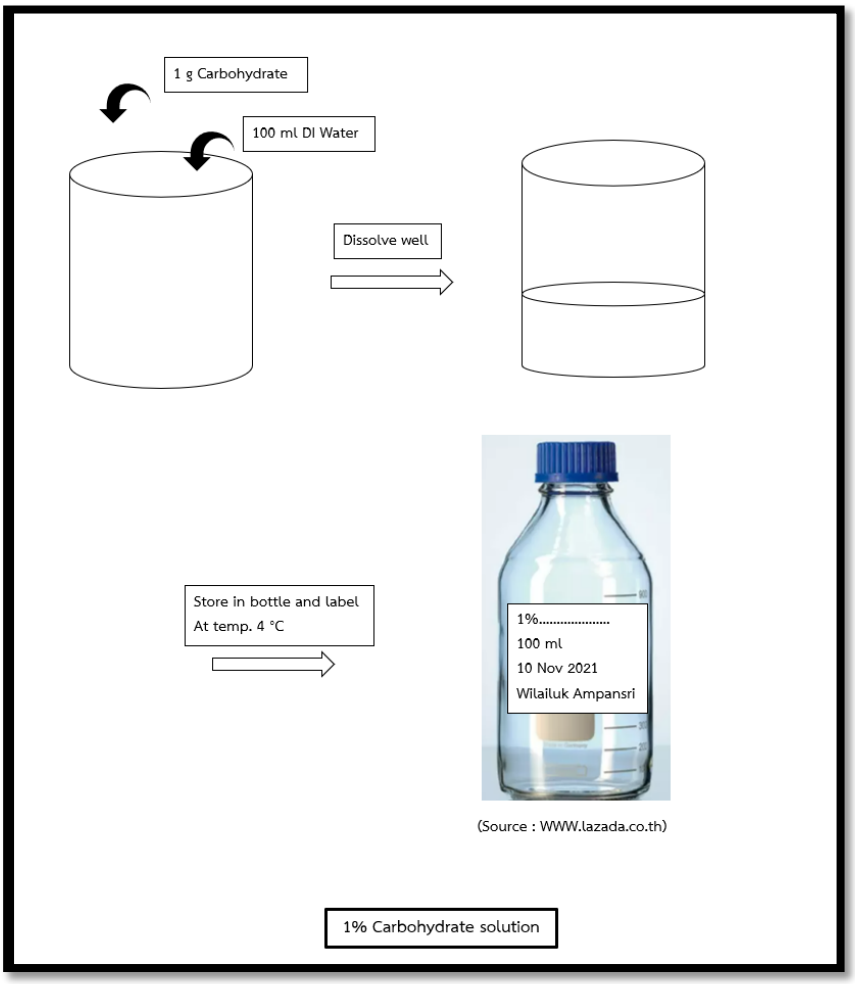
ชั่งสาร Maltose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)




ภาพที่ 24 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายมาตรฐาน (1% Carbohydrate Solution)

**3. การเตรียมสารละลายตัวอย่าง (1% Carbohydrate solution สัดส่วน 1:1)**

3.1 สารละลายตัวอย่างที่ 1 (Unknow 1) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

ชั่งสาร Sucrose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3.2 สารละลายตัวอย่างที่ 2 (Unknow 2) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

ชั่งสาร Maltose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3.3 สารละลายตัวอย่างที่ 3 (Unknow 3) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Maltose 1 กรัม

ชั่งสาร Sucrose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3.4 สารละลายตัวอย่างที่ 4 (Unknow 4) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

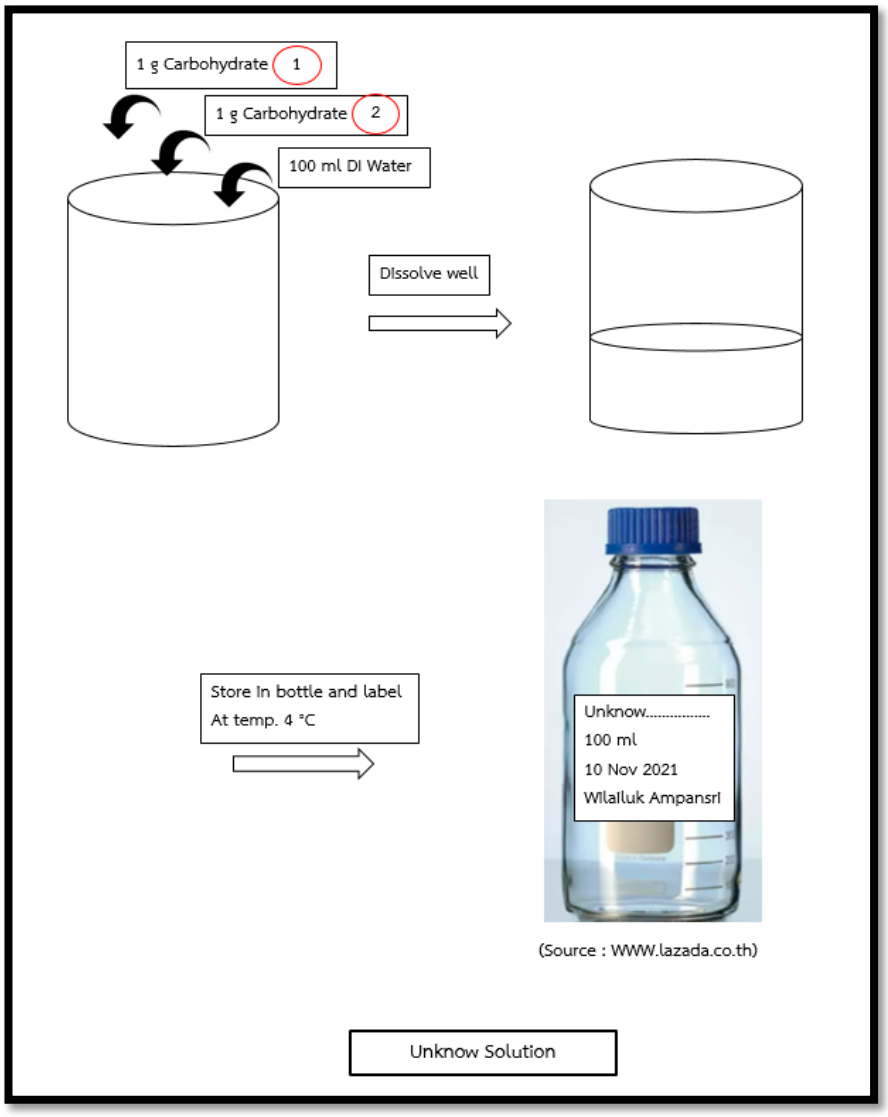
ชั่งสาร Fructose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

หมายเหตุ 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)




ภาพที่ 25 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายตัวอย่างสำหรับ Barfoed's test

### 4.2.4 การทดลองที่ 4 Seliwanoft’s test

Seliwanoft’s test ใช้สำหรับทดสอบคาร์โบไฮเดรต จะใช้แยกน้ำตาลคีโทส (ketose) ออกจากอัลโดส (aldose) โดยเมื่อต้มน้ำตาลคีโทส ซึ่งอยู่ในสภาพฟูแรโนส (furanose) กับกรด จะเกิดการสูญเสียน้ำได้รวดเร็วกว่าน้ำตาลอัลโดส ซึ่งอยู่ในสภาพพีแรโนส (pyranose) โดยเปลี่ยนเป็นสารประกอบประเภทเฟอฟิวรัล (ferfural) หรืออนุพันธ์ของมัน ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับ Resorcinal ใน Seliwanoft’s reagent จะเกิดเป็นสารประกอบสีแดง แต่หากให้ความร้อนนานเกินไป น้ำตาลอัลโดสอาจให้ผลบวกลวงได้ (ปนัดดา โรจน์พิบูลสถิต และ นารถวดี ภูมิภาค (ผู้เรียบเรียง), 2549, น.29)

#### 4.2.4.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการทดลอง

1. ตู้ดูดไอระเหยสารเคมี (Fume hood)
2. เครื่องให้ความร้อนและกวนสารละลาย (Hotplate stirrer)
3. เครื่องเขย่าผสมสารละลาย (Vortex mixer)
4. เครื่องดูดจ่ายสารละลายอัตโนมัติ (Auto pipette)
5. บีกเกอร์ (Beaker)
6. ปิเปตทิป (Pipette Tip)
7. หลอดทดลอง (Test tube)
8. แท่นใส่หลอดทดลอง (Test tube rack)
9. ที่จับหลอดทดลอง (Test tube holder)
10. หลอดหยดสาร (Dropper)
11. Seliwanoft’s reagent
12. น้ำกลั่น (DI water)
13. สารละลายมาตรฐาน (1% carbohydrate solution)
    - 1% glucose
    - 1% fructose
    - 1% galactose
    - 1% lactose
    - 1% sucrose
    - 1% ribose
    - 1% starch
    - 1% maltose

14. สารละลายตัวอย่าง (1% carbohydrate solution สัดส่วน 1:1)
    - Unknown 1 (1% starch + 1% sucrose)
    - Unknown 2 (1% starch + 1% maltose)
    - Unknown 3 (1% maltose + 1% sucrose)
    - Unknown 4 (1% starch + 1% fructose)

**4.2.4.2 วิธีการทดลอง**

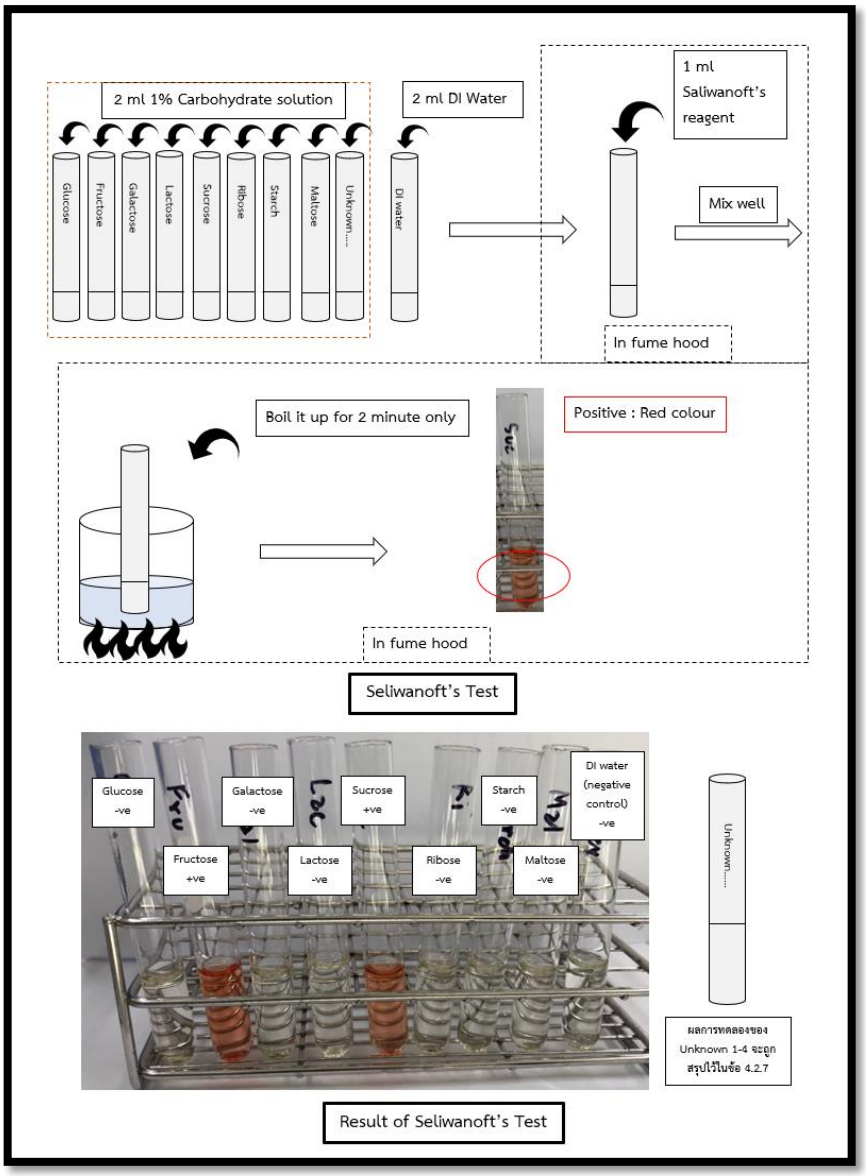
1. ดูดสารละลายลงในหลอดทดลอง ดังตาราง

| สารละลาย (ml) | หลอดทดลอง | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1% Glucose | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1% Fructose | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1% Galactose | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - |
| 1% Lactose | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - |
| 1% Sucose | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - |
| 1% Ribose | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - |
| 1% Starch | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - |
| 1% Maltose | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - |
| Unknown..... | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - |
| DI Water (negative control) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 |

ตารางที่ 4 แสดงสารละลายและปริมาณที่ต้องดูดใส่หลอดทดลองสำหรับ Seliwanoft's test

2. เติม Seliwanoft's reagent 1 ml เขย่าให้สารละลายผสมกัน
3. นำหลอดทดลองที่มีสารละลาย ไปต้มในน้ำเดือด 2 นาที
4. สังเกตผลบวก : สารละลายเปลี่ยนเป็นสีแดง

<u>หมายเหตุ</u> เติมสารละลายที่มีกรด ต้ม และอ่านผลในตู้ดูดไอระเหยสารเคมี (Fume hood)




ภาพที่ 26 แสดงขั้นตอนการทดลอง และผลการทดลองสำหรับ Seliwanoft's test

**4.2.4.3 สรุปผลการทดลอง**

ผลบวก (+ve) ได้แก่ fructose (positive control) และ sucrose

ผลลบ (-ve) ได้แก่ glucose, galactose, lactose, ribose, starch, maltose และ DI water (negative control)

จากผลการทดลอง พบว่าสารละลายที่ให้ผลบวกกับ saliwanoft's test เป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรตที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นหมู่คีโท เรียกว่า คีโทส (ketose) ส่วนสารละลายที่ให้ผลลบแสดงว่าเป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่ คีโทส (ketose) ดังนั้นหาก unknown ให้ผลบวกแสดงว่าเป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรตที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นหมู่คีโท

**4.2.4.4 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการเตรียมสารวิเคราะห์**

1. เครื่องชั่งสารทศนิยม 2-3 ตำแหน่ง (Precision balance)
2. ตู้ดูดไอระเหยสารเคมี (Fume hood)
3. เครื่องกวนสารละลาย (Hotplate stirrer)
4. เครื่องเขย่าผสมสารละลาย (Vortex mixer)
5. ช้อนตักสาร (Spatula)
6. กระบอกตวง (Cylinder)
7. บีกเกอร์ (Beaker)
8. ขวดแก้วสีใส (Duran bottle)
9. แท่งแก้วคนสาร (Glass stirring rod)
10. แท่งแม่เหล็กกวนสาร (Magnetic stirring bar)
11. กระดาษชั่งสาร (Weighing paper)
12. Resorcinal ($C_6H_6O_2$)
13. Conc.HCL 37%
14. Glucose
15. Fructose
16. Galactose
17. Lactose
18. Sucrose
19. Ribose
20. Starch
21. Maltose
22. น้ำกลั่น (DI Water)

**4.2.4.5 วิธีการเตรียมสารวิเคราะห์**

**1. การเตรียมสารวิเคราะห์สำหรับ Seliwanoft's test**

เตรียม 0.05% Resorcinal ($C_6H_6O_2$) ใน 6M HCL ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

**<u>วิธีคำนวณ</u>**

0.05% Resorcinal ($C_6H_6O_2$) หมายถึง

สารละลาย Seliwanoft 100 มิลลิลิตร มี Resorcinal อยู่ 0.05 กรัม

ถ้า สารละลาย Seliwanoft 100 มิลลิลิตร มี Resorcinal อยู่

$= (0.05 \times 100)/100$

$= 0.05$ กรัม

6M HCL จาก Conc.HCL37% (12.06M) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

<u>ใช้สูตร</u> $C1V1 = C2V2$

$(12.06M)V1 = (6M)(100ml)$

$V1 = (6M)(100ml)/(12.06M)$

$V1 = 49.75$ มิลลิลิตร

**<u>วิธีเตรียม</u>**

1.1 ตวง Conc.HCL 37% 49.75 มิลลิลิตร

ค่อยๆเติม Conc.HCL 37% ลงในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร

ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ให้ได้ 100 มิลลิลิตร

ผสมสารละลายให้เข้ากัน

.....

1.2 ชั่งสาร Resorcinal ($C_6H_6O_2$) 0.05 กรัม

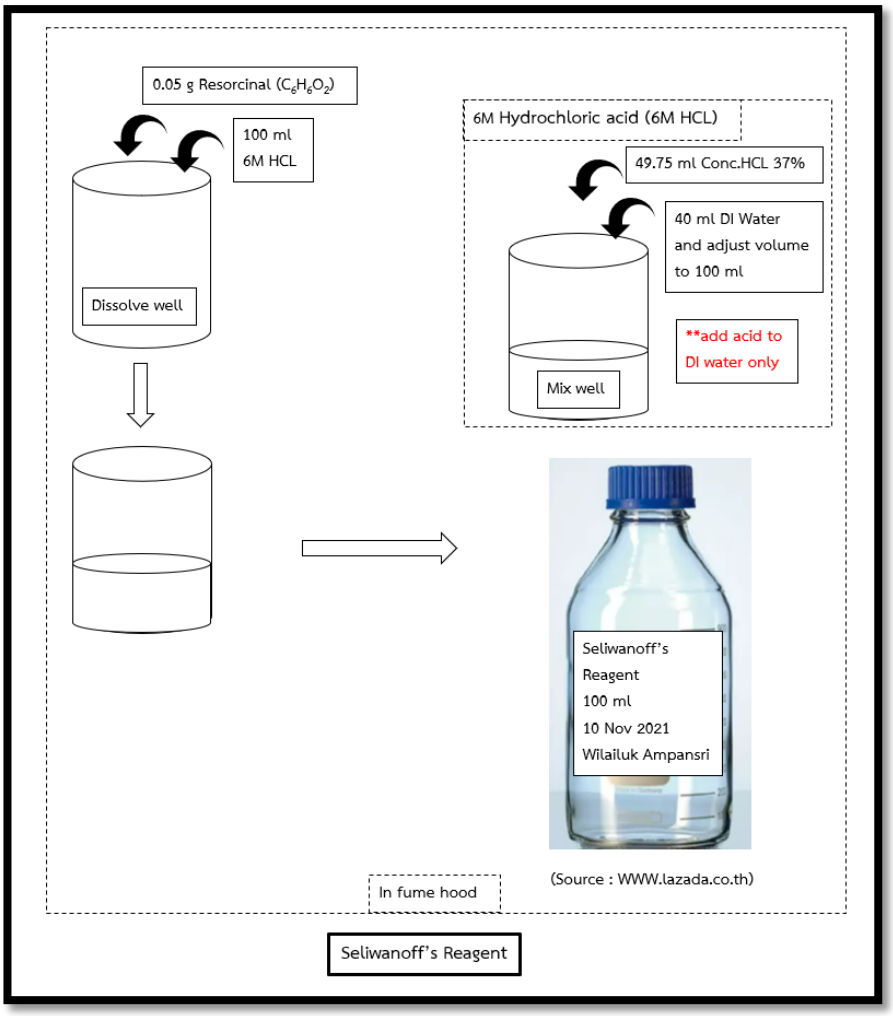
1.3 ละลายใน 6M HCL 100 มิลลิลิตร

1.4 ผสมสารละลายให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. ต้องเตรียมสารละลายในตู้ดูดไอระเหยสารเคมี (Fume hood) เนื่องจากสารสารละลายที่เตรียมมีกรดเป็นส่วนประกอบ

2. ต้องเทกรดลงในน้ำเท่านั้น ห้ามเทน้ำลงในกรด

3. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม




ภาพที่ 27 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารวิเคราะห์สำหรับ Seliwanoff's test

**2. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (1% Carbohydrate solution)**

เตรียม 1% Carbohydrate ในน้ำกลั่น ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

**<u>วิธีคำนวณ</u>**

1% Carbohydrate หมายถึง

สารละลายมาตรฐาน 100 มิลลิลิตร มีคาร์โบไฮเดรต อยู่ 1 กรัม

ถ้า สารละลายมาตรฐาน 100 มิลลิลิตร มีคาร์โบไฮเดรต อยู่ = (1 x 100)/100

= 1 กรัม

**<u>วิธีเตรียม</u>**

2.1 เตรียม 1% Glucose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Glucose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.2 เตรียม 1% Fructose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Fructose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.3 เตรียม 1% Galactose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Galactose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.4 เตรียม 1% Lactose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Lactose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.5 เตรียม 1% Sucrose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Sucrose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.6 เตรียม 1% Ribose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Ribose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.7 เตรียม 1% Starch ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3. ละลายในน้ำอุ่น จะทำให้เป็นสารแขวนลอยไม่ตกตะกอน

2.8 เตรียม 1% Maltose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

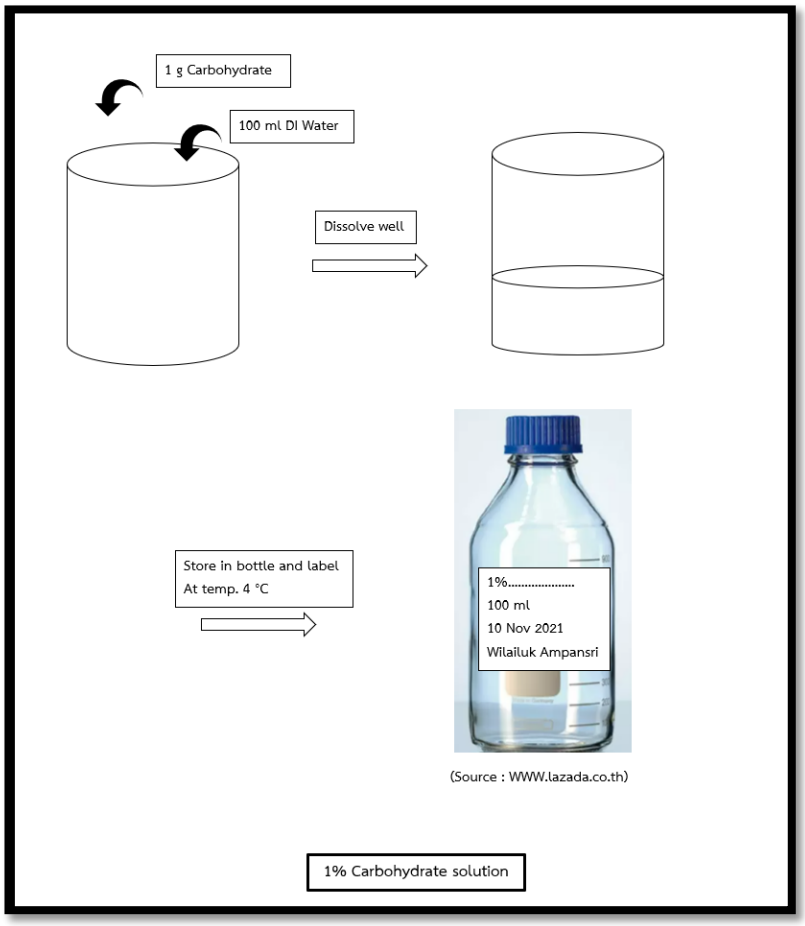
ชั่งสาร Maltose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)




ภาพที่ 28 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายมาตรฐาน (1% Carbohydrate Solution)

3. **การเตรียมสารละลายตัวอย่าง (1% Carbohydrate solution สัดส่วน 1:1)**

3.1 สารละลายตัวอย่างที่ 1 (Unknow 1) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

ชั่งสาร Sucrose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3.2 สารละลายตัวอย่างที่ 2 (Unknow 2) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

ชั่งสาร Maltose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3.3 สารละลายตัวอย่างที่ 3 (Unknow 3) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Maltose 1 กรัม

ชั่งสาร Sucrose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

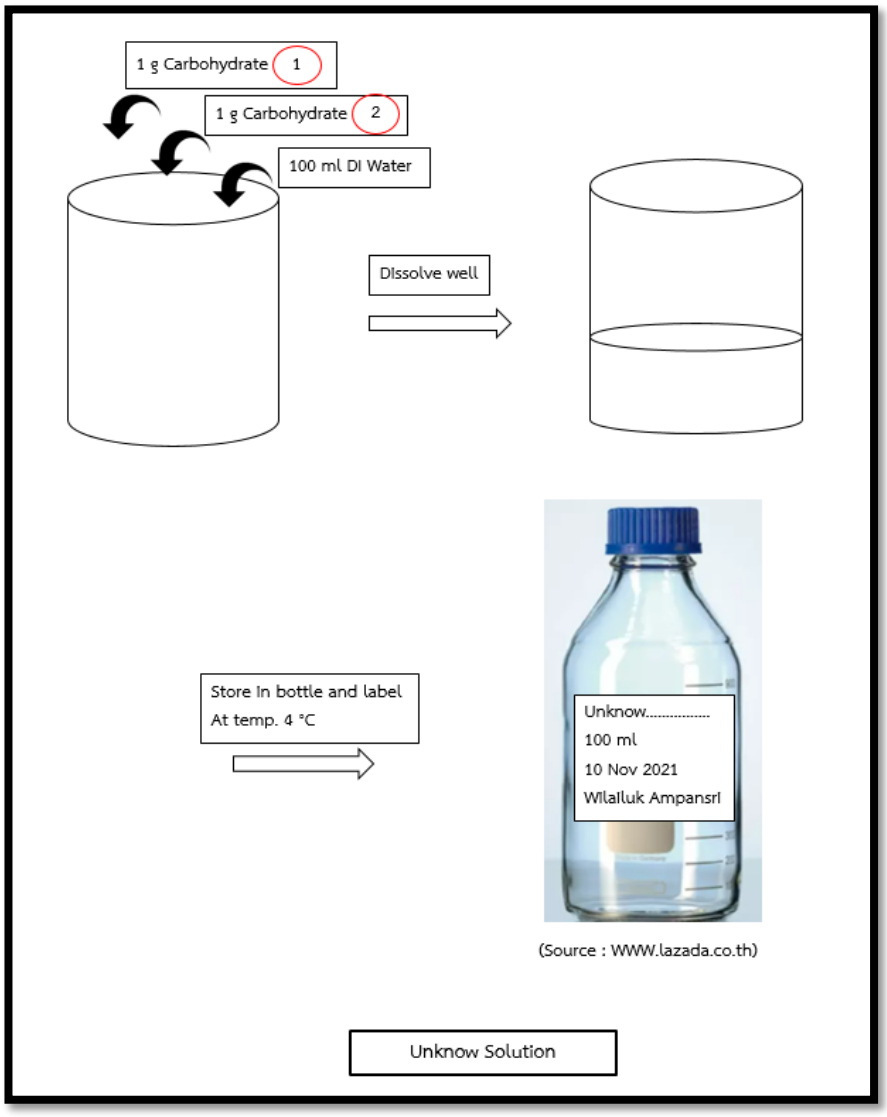
3.4 สารละลายตัวอย่างที่ 4 (Unknow 4) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

| | |
|---|---|
| ชั่งสาร Starch | 1 กรัม |
| ชั่งสาร Fructose | 1 กรัม |
| ละลายในน้ำกลั่น | 100 มิลลิลิตร |

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)




ภาพที่ 29 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายตัวอย่างสำหรับ Seliwanoft’s test

**4.2.5 การทดลองที่ 5 Bial's test**

Bial's test ใช้สำหรับทดสอบคาร์โบไฮเดรต จะใช้แยกน้ำตาลเพนโทส (pentose) ออกจากเฮกโซส (hexose) โดยเมื่อต้มน้ำตาลเพนโทสกับกรดเข้มข้น ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ จะเกิดเป็นสารประกอบประเภทเฟอฟิวรัล (ferfural) หรืออนุพันธ์ของมัน ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับ Orcinol ใน Bial's reagent จะเกิดเป็นสารประกอบสีน้ำเงิน แต่หากให้ความร้อนนานเกินไป น้ำตาลเฮกโซสอาจให้ผลบวกลวงได้ (ปนัดดา โรจน์พิบูลสถิต และ นารถวดี ภูมิภาค (ผู้เรียบเรียง), 2549, น.30)

**4.2.5.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการทดลอง**

1. ตู้ดูดไอระเหยสารเคมี (Fume hood)
2. เครื่องให้ความร้อนและกวนสารละลาย (Hotplate stirrer)
3. เครื่องเขย่าผสมสารละลาย (Vortex mixer)
4. เครื่องดูดจ่ายสารละลายอัตโนมัติ (Auto pipette)
5. บีกเกอร์ (Beaker)
6. ปิเปตทิป (Pipette Tip)
7. หลอดทดลอง (Test tube)
8. แท่นใส่หลอดทดลอง (Test tube rack)
9. ที่จับหลอดทดลอง (Test tube holder)
10. Bial's reagent
11. น้ำกลั่น (DI water)
12. สารละลายมาตรฐาน (1% carbohydrate solution)
    - 1% glucose
    - 1% fructose
    - 1% galactose
    - 1% lactose
    - 1% sucrose
    - 1% ribose
    - 1% starch
    - 1% maltose
13. สารละลายตัวอย่าง (1% carbohydrate solution สัดส่วน 1:1)
    - Unknown 1 (1% starch + 1% sucrose)
    - Unknown 2 (1% starch + 1% maltose)
    - Unknown 3 (1% maltose + 1% sucrose)

- Unknown 4 (1% starch + 1% fructose)

**4.2.5.2 วิธีการทดลอง**

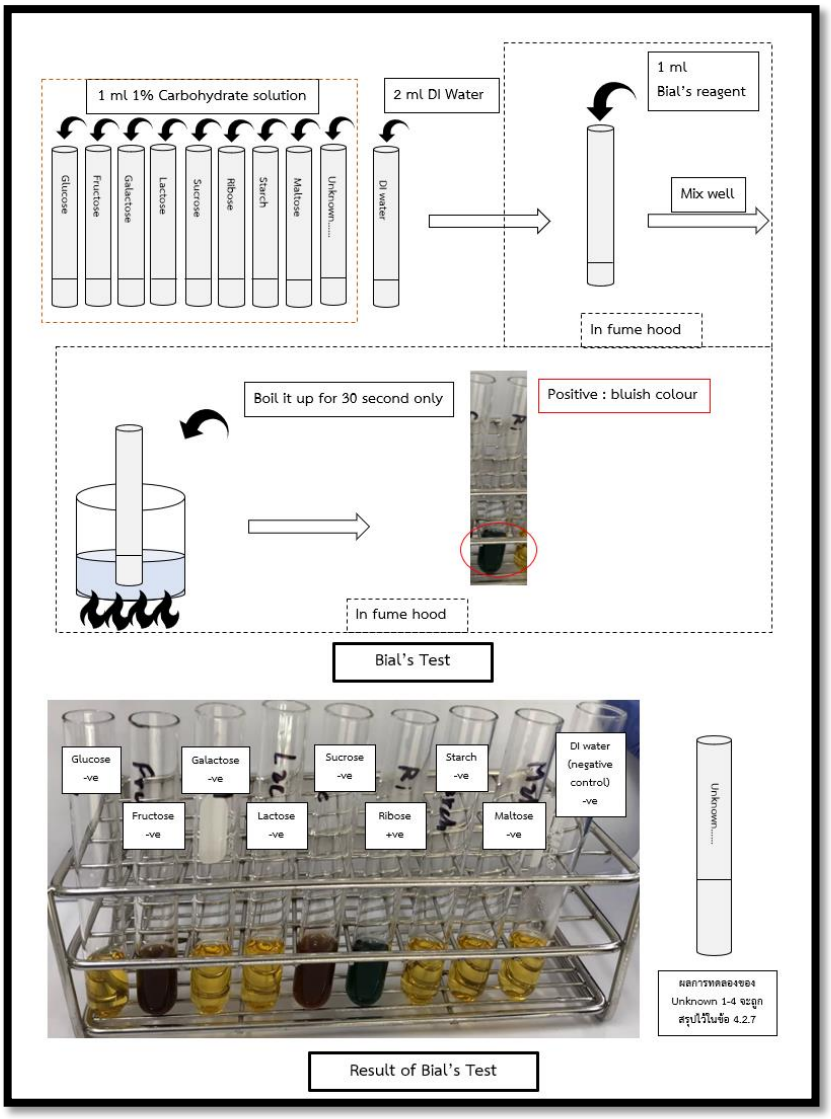
1. ดูดสารละลายลงในหลอดทดลอง ดังตาราง

| สารละลาย (ml) | หลอดทดลอง | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1% Glucose | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1% Fructose | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1% Galactose | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| 1% Lactose | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - |
| 1% Sucose | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - |
| 1% Ribose | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - |
| 1% Starch | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - |
| 1% Maltose | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - |
| Unknown..... | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - |
| DI Water (negative control) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |

ตารางที่ 5 แสดงสารละลายและปริมาณที่ต้องดูดใส่หลอดทดลองสำหรับ Bial’s test

2. เติม Bial’s reagent 1 ml เขย่าให้สารละลายผสมกัน
3. นำหลอดทดลองที่มีสารละลาย ไปต้มในน้ำเดือด 30 วินาที
4. สังเกตผลบวก : สารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน

<u>หมายเหตุ</u> เติมสารละลายที่มีกรด ต้ม และอ่านผลในตู้ดูดไอระเหยสารเคมี (Fume hood)




ภาพที่ 30 แสดงขั้นตอนการทดลอง และผลการทดลองสำหรับ Bial's test

**4.2.5.3 สรุปผลการทดลอง**

ผลบวก (+ve) ได้แก่ ribose (positive control)

ผลลบ (-ve) ได้แก่ glucose, fructose, galactose, lactose, sucrose, starch, maltose และ DI water (negative control)

จากผลการทดลอง พบว่าสารละลายที่ให้ผลบวกกับ Bial's test เป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นมอโนแซ็กคาร์ไรด์ที่มีจำนวนคาร์บอน 5 อะตอม เรียกว่าเพนโทส (pentose) ส่วนสารละลายที่ให้ผลลบแสดงว่าเป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เพนโทส (pentose) ดังนั้นหาก unknown ให้ผลบวกแสดงว่าเป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรตมีโครงสร้างโมเลกุลเป็นมอโนแซ็กคาร์ไรด์ที่มีจำนวนคาร์บอน 5 อะตอม เรียกว่าเพนโทส (pentose)

**4.2.5.4 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการเตรียมสารวิเคราะห์**

1. เครื่องชั่งสารทศนิยม 2-3 ตำแหน่ง (Precision balance)
2. ตู้ดูดไอระเหยสารเคมี (Fume hood)
3. เครื่องกวนสารละลาย (Hotplate stirrer)
4. เครื่องเขย่าผสมสารละลาย (Vortex mixer)
5. เครื่องดูดจ่ายสารละลายอัตโนมัติ (Auto pipette)
6. ช้อนตักสาร (Spatula)
7. กระบอกตวง (Cylinder)
8. บีกเกอร์ (Beaker)
9. ขวดแก้วสีใส (Duran bottle)
10. แท่งแก้วคนสาร (Glass stirring rod)
11. แท่งแม่เหล็กกวนสาร (Magnetic stirring bar)
12. ปิเปตทิป (Pipette Tip)
13. กระดาษชั่งสาร (Weighing paper)
14. Ferric chloride ($FeCl_3$)
15. Orcinal ($CH_3C_6H_3(OH)_2$)
16. Conc.HCL 37%
17. Glucose
18. Fructose
19. Galactose
20. Lactose
21. Sucrose
22. Ribose
23. Starch
24. Maltose
25. น้ำกลั่น (DI Water)

**4.2.5.5 วิธีการเตรียมสารวิเคราะห์**

**1. การเตรียมสารวิเคราะห์ Bial's reagent**

เตรียม 0.3% Orcinal ($CH_3C_6H_3(OH)_2$) และ 0.02% Ferric chloride ($FeCl_3$) ใน Conc.HCL 37% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

**<u>วิธีคำนวณ</u>**

0.3% Orcinal ($CH_3C_6H_3(OH)_2$) หมายถึง

สารละลาย Bial 100 มิลลิลิตร มี Orcinal อยู่ 0.3 กรัม

ถ้า สารละลาย Bial 100 มิลลิลิตร มี Orcinal อยู่ = (0.3 x 100)/100

= 0.3 กรัม

0.02% Ferric chloride ($FeCl_3$) หมายถึง

สารละลาย Bial 100 มิลลิลิตร มี Ferric chloride อยู่ 0.02 กรัม

ถ้า สารละลาย Bial 100 มิลลิลิตร มี Orcinal อยู่ = (0.002 x 100)/100

= 0.02 กรัม

เนื่องจากปริมาณที่ใช้เตรียมนั้นน้อยเกินไป จึงเตรียมเป็น Stock 10% $FeCl_3$

**<u>วิธีเตรียม</u>**

| | |
|---|---|
| 1.1 ชั่ง $FeCl_3$ | 1 กรัม |
| ละลายในน้ำกลั่น | 10 มิลลิลิตร |
| จะได้ 10% Ferric chloride | |

.....

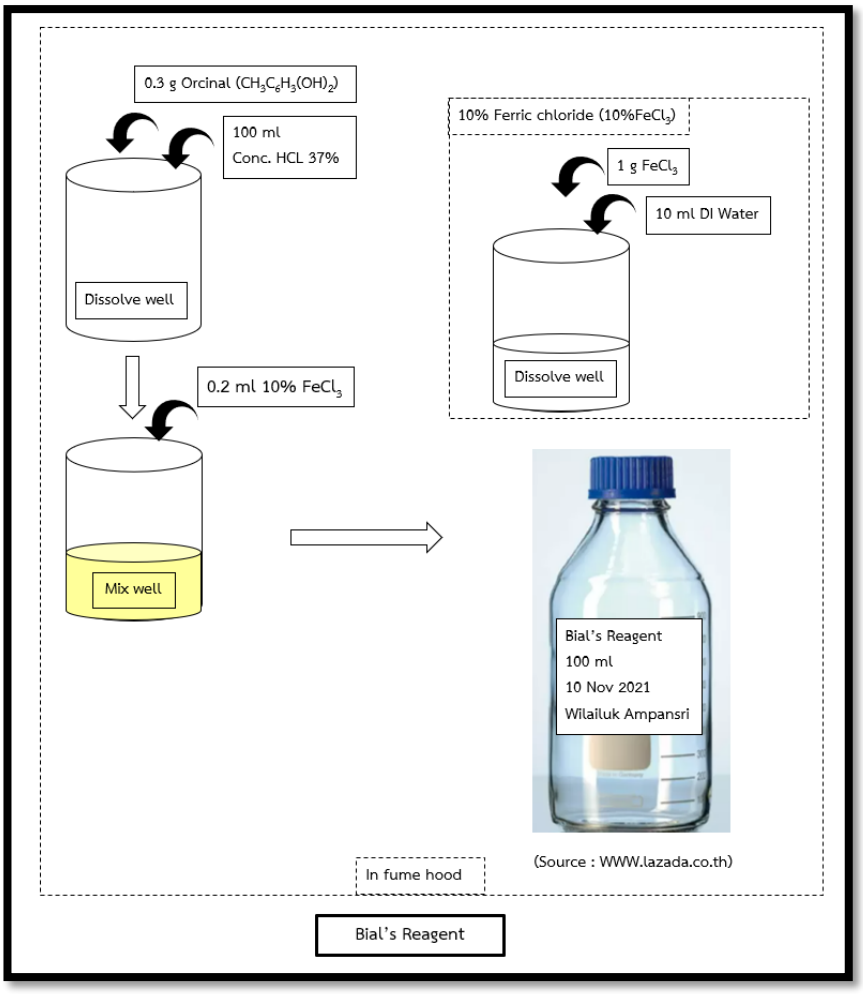
| | |
|---|---|
| 1.2 ชั่งสาร Orcinal ($CH_3C_6H_3(OH)_2$) | 0.3 กรัม |
| 1.3 ละลายใน Conc. HCL 37% | 100 มิลลิลิตร |
| 1.4 เติม 10% $FeCl_3$ | 0.2 มิลลิลิตร |

1.5 ผสมสารละลายให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. ต้องเตรียมสารละลายในตู้ดูดไอระเหยสารเคมี (Fume hood) เนื่องจากสารสารละลายที่เตรียมมีกรดเป็นส่วนประกอบ

2. ต้องเทกรดลงในน้ำเท่านั้น ห้ามเทน้ำลงในกรด

3. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม




ภาพที่ 31 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารวิเคราะห์สำหรับ Bial's test

**2. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (1% Carbohydrate solution)**

เตรียม 1% Carbohydrate ในน้ำกลั่น ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

**<u>วิธีคำนวณ</u>**

1% Carbohydrate หมายถึง

สารละลายมาตรฐาน 100 มิลลิลิตร มีคาร์โบไฮเดรต อยู่ 1 กรัม

ถ้า สารละลายมาตรฐาน 100 มิลลิลิตร มีคาร์โบไฮเดรต อยู่ = (1 x 100)/100

= 1 กรัม

**<u>วิธีเตรียม</u>**

2.1 เตรียม 1% Glucose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Glucose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.2 เตรียม 1% Fructose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Fructose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.3 เตรียม 1% Galactose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Galactose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.4 เตรียม 1% Lactose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Lactose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.5 เตรียม 1% Sucrose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Sucrose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.6 เตรียม 1% Ribose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Ribose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.7 เตรียม 1% Starch ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3. ละลายในน้ำอุ่น จะทำให้เป็นสารแขวนลอยไม่ตกตะกอน

2.8 เตรียม 1% Maltose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

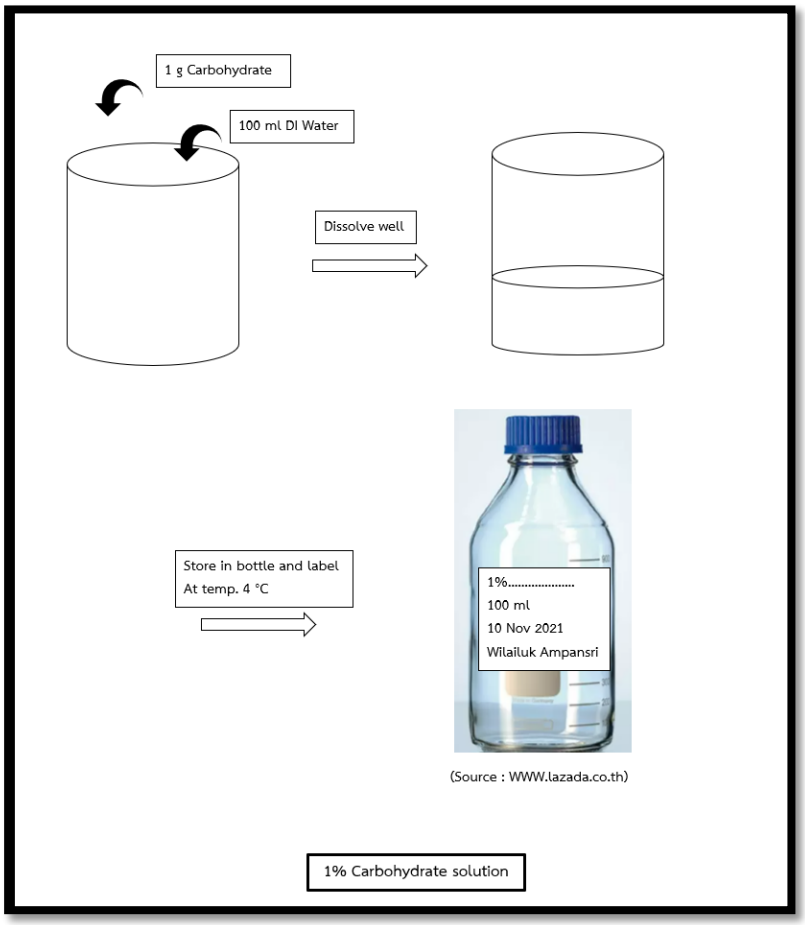
ชั่งสาร Maltose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)




ภาพที่ 32 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายมาตรฐาน (1% Carbohydrate Solution)

**3. การเตรียมสารละลายตัวอย่าง (1% Carbohydrate solution สัดส่วน 1:1)**

3.1 สารละลายตัวอย่างที่ 1 (Unknow 1) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

ชั่งสาร Sucrose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3.2 สารละลายตัวอย่างที่ 2 (Unknow 2) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

ชั่งสาร Maltose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3.3 สารละลายตัวอย่างที่ 3 (Unknow 3) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Maltose 1 กรัม

ชั่งสาร Sucrose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

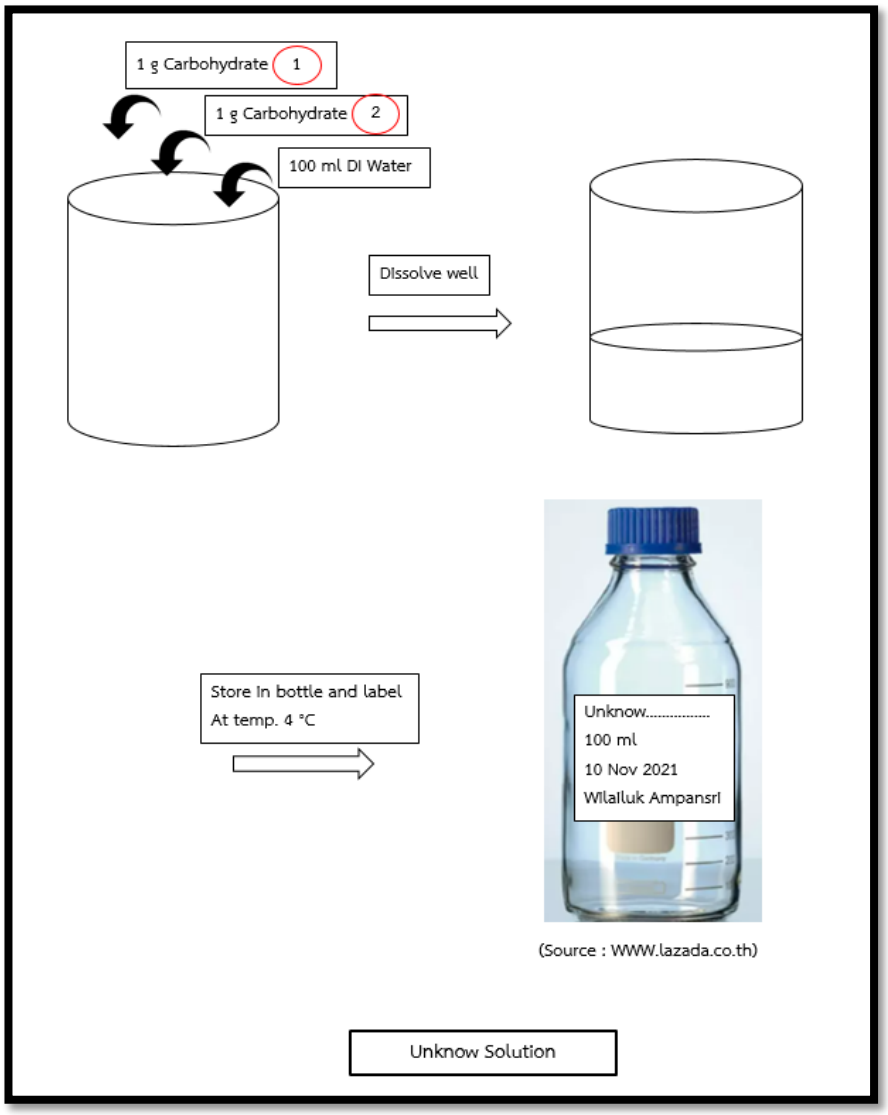
3.4 สารละลายตัวอย่างที่ 4 (Unknow 4) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

| | | |
|---|---|---|
| ชั่งสาร Starch | 1 | กรัม |
| ชั่งสาร Fructose | 1 | กรัม |
| ละลายในน้ำกลั่น | 100 | มิลลิลิตร |

ผสมให้เข้ากัน

หมายเหตุ 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)




ภาพที่ 33 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายตัวอย่างสำหรับ Bial's test

### 4.2.6 การทดลองที่ 6 Iodine test

Iodine test ใช้สำหรับทดสอบคาร์โบไฮเดรต ซึ่งจะใช้แยกแป้งออกจากน้ำตาล โดยโมเลกุลของไอโอดีนจะเข้าไปในโครงสร้างของอะไมโลส (amylose) ในแป้ง แล้วเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินเข้ม

#### 4.2.6.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการทดลอง

1. เครื่องให้ความร้อนและกวนสารละลาย (Hotplate stirrer)
2. เครื่องเขย่าผสมสารละลาย (Vortex mixer)
3. เครื่องดูดจ่ายสารละลายอัตโนมัติ (Auto pipette)
4. บีกเกอร์ (Beaker)
5. ปิเปตทิป (Pipette Tip)
6. หลอดทดลอง (Test tube)
7. แท่นใส่หลอดทดลอง (Test tube rack)
8. ที่จับหลอดทดลอง (Test tube holder)
9. หลอดหยดสาร (Dropper)
10. Iodine reagent
11. น้ำกลั่น (DI water)
12. สารละลายมาตรฐาน (1% carbohydrate solution)
    - 1% glucose
    - 1% fructose
    - 1% galactose
    - 1% lactose
    - 1% sucrose
    - 1% ribose
    - 1% starch
    - 1% maltose
13. สารละลายตัวอย่าง (1% carbohydrate solution สัดส่วน 1:1)
    - Unknown 1 (1% starch + 1% sucrose)
    - Unknown 2 (1% starch + 1% maltose)
    - Unknown 3 (1% maltose + 1% sucrose)
    - Unknown 4 (1% starch + 1% fructose)

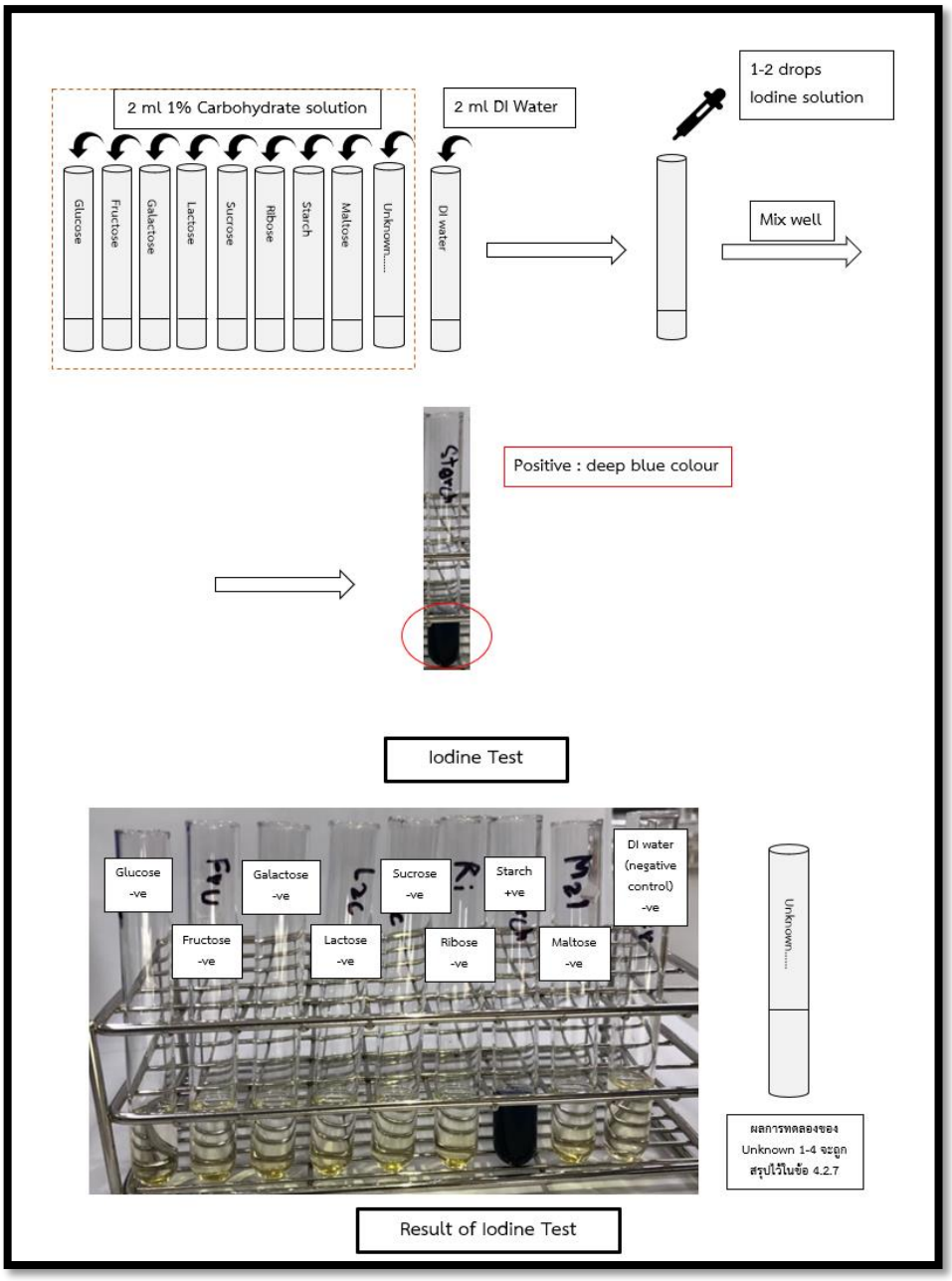
**4.2.6.2 วิธีการทดลอง**

1. ดูดสารละลายลงในหลอดทดลอง ดังตาราง

| สารละลาย (ml) | หลอดทดลอง | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1% Glucose | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1% Fructose | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1% Galactose | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - |
| 1% Lactose | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - |
| 1% Sucose | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - |
| 1% Ribose | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - |
| 1% Starch | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - |
| 1% Maltose | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - |
| Unknown..... | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - |
| DI Water (negative control) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 |

ตารางที่ 6 แสดงสารละลายและปริมาณที่ต้องดูดใส่หลอดทดลองสำหรับ Iodine test

2. หยด Iodine solution 1-2 หยด เขย่าให้สารละลายผสมกัน
3. สังเกตผลบวก : สารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเข้ม




ภาพที่ 34 แสดงขั้นตอนการทดลอง และผลการทดลองสำหรับ Iodine test

**4.2.6.3 สรุปผลการทดลอง**

ผลบวก (+ve) ได้แก่ starch (positive control)

ผลลบ (-ve) ได้แก่ glucose, fructose, galactose, lactose, sucrose, ribose, maltose และ DI water (negative control)

จากผลการทดลอง พบว่าสารละลายที่ให้ผลบวกกับ Iodine test เป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรตที่เป็นแป้ง ส่วนสารละลายที่ให้ผลลบแสดงว่าเป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่แป้ง ดังนั้นหาก unknown ให้ผลบวกแสดงว่าเป็นแป้ง

**4.2.6.4 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการเตรียมสารวิเคราห์**

1. เครื่องชั่งสารทศนิยม 2-3 ตำแหน่ง (Precision balance)
2. เครื่องกวนสารละลาย (Hotplate stirrer)
3. เครื่องเขย่าผสมสารละลาย (Vortex mixer)
4. ช้อนตักสาร (Spatula)
5. กระบอกตวง (Cylinder)
6. บีกเกอร์ (Beaker)
7. ขวดแก้วสีชา (Duran bottle amber)
8. ขวดแก้วสีใส (Duran bottle)
9. แท่งแก้วคนสาร (Glass stirring rod)
10. แท่งแม่เหล็กกวนสาร (Magnetic stirring bar)
11. กระดาษชั่งสาร (Weighing paper)
12. Potassium iodide (KI)
13. Iodine powder
14. Glucose
15. Fructose
16. Galactose
17. Lactose
18. Sucrose
19. Ribose
20. Starch
21. Maltose
22. น้ำกลั่น (DI Water)

**4.2.6.5 วิธีการเตรียมสารวิเคราะห์**

**1. การเตรียมสารวิเคราะห์ Iodine reagent**

เตรียม 3% Potassium iodide (KI) ในน้ำกลั่น ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

**<u>วิธีคำนวณ</u>**

3% Potassium iodide (KI) หมายถึง

สารละลาย Iodine 100 มิลลิลิตร มี Potassium iodide อยู่ 0.3 กรัม

ถ้า สารละลาย Iodine 100 มิลลิลิตร มี Potassium iodide

= (3 x 100)/100

= 3 กรัม

**<u>วิธีเตรียม</u>**

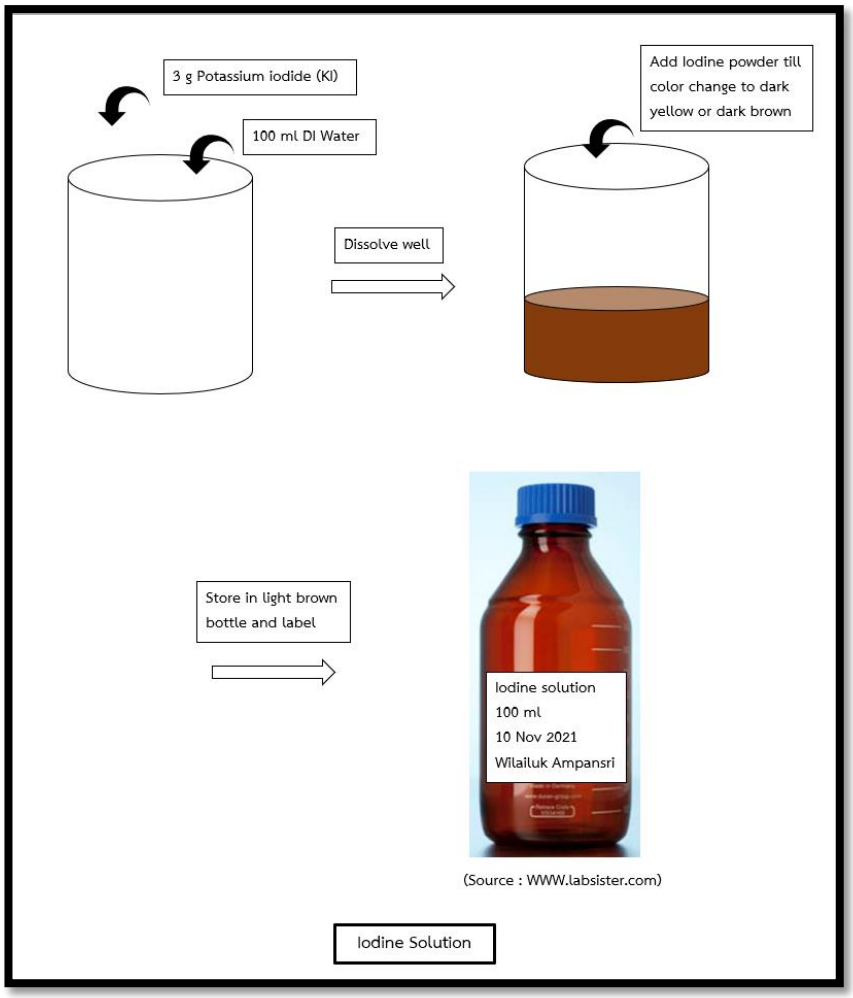
1.1 ชั่งสาร Potassium iodide (KI) 3 กรัม

1.2 ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

1.3 ค่อยๆเติมผง Iodine พร้อมผสมให้เข้ากัน จนกว่าสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มหรือน้ำตาลเข้ม

<u>หมายเหตุ</u> 1. ค่อยเติมผง Iodine ทีละน้อย แล้วเขย่าให้ละลายจนหมดก่อนค่อยเติมเพิ่ม เพราะถ้ายังละลายไม่ไหมดแล้วเติมลงไปอีกจะได้สีสารละลายที่เข้มเกินไป

2. บรรจุในขวดสีชาที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม




ภาพที่ 35 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารวิเคราะห์สำหรับ Iodine test

**2. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (1% Carbohydrate solution)**

เตรียม 1% Carbohydrate ในน้ำกลั่น ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

**<u>วิธีคำนวณ</u>**

1% Carbohydrate หมายถึง

สารละลายมาตรฐาน 100 มิลลิลิตร มีคาร์โบไฮเดรต อยู่ 1 กรัม

ถ้า สารละลายมาตรฐาน 100 มิลลิลิตร มีคาร์โบไฮเดรต อยู่ = (1 x 100)/100

= 1 กรัม

**<u>วิธีเตรียม</u>**

2.1 เตรียม 1% Glucose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Glucose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 ℃ (ตู้แช่เย็น)

2.2 เตรียม 1% Fructose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Fructose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 ℃ (ตู้แช่เย็น)

2.3 เตรียม 1% Galactose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Galactose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 ℃ (ตู้แช่เย็น)

2.4 เตรียม 1% Lactose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Lactose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.5 เตรียม 1% Sucrose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Sucrose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.6 เตรียม 1% Ribose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Ribose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

2.7 เตรียม 1% Starch ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3. ละลายในน้ำอุ่น จะทำให้เป็นสารแขวนลอยไม่ตกตะกอน

2.8 เตรียม 1% Maltose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

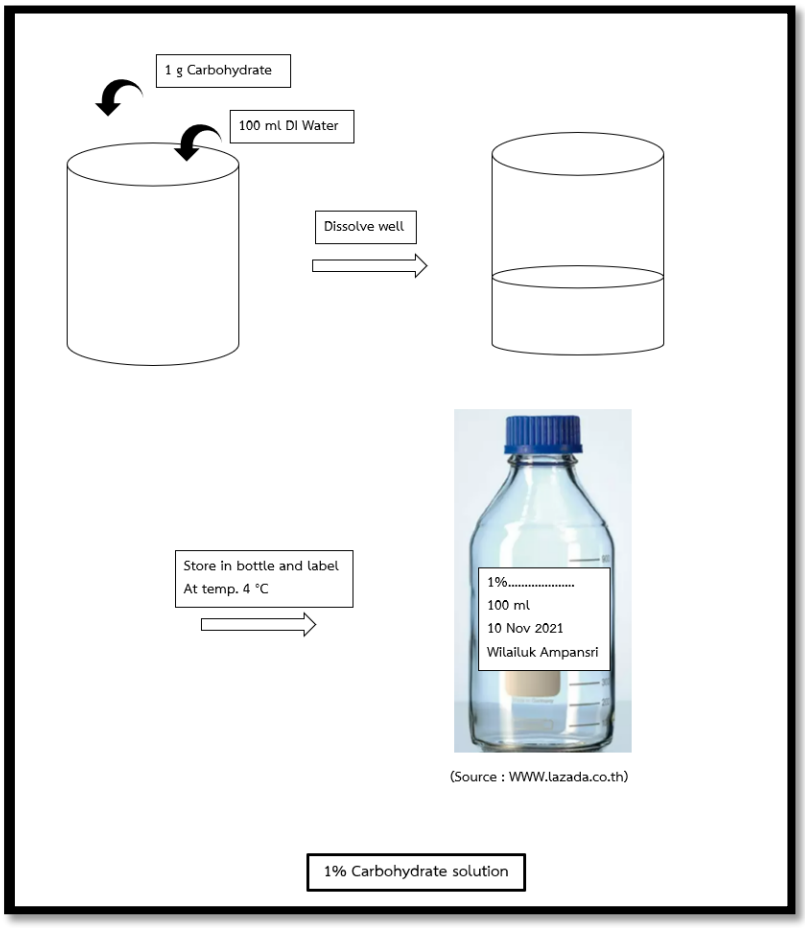
ชั่งสาร Maltose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)




ภาพที่ 36 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายมาตรฐาน (1% Carbohydrate Solution)

**3. การเตรียมสารละลายตัวอย่าง (1% Carbohydrate solution สัดส่วน 1:1)**

3.1 สารละลายตัวอย่างที่ 1 (Unknow 1) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

ชั่งสาร Sucrose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3.2 สารละลายตัวอย่างที่ 2 (Unknow 2) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Starch 1 กรัม

ชั่งสาร Maltose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

3.3 สารละลายตัวอย่างที่ 3 (Unknow 3) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ชั่งสาร Maltose 1 กรัม

ชั่งสาร Sucrose 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)

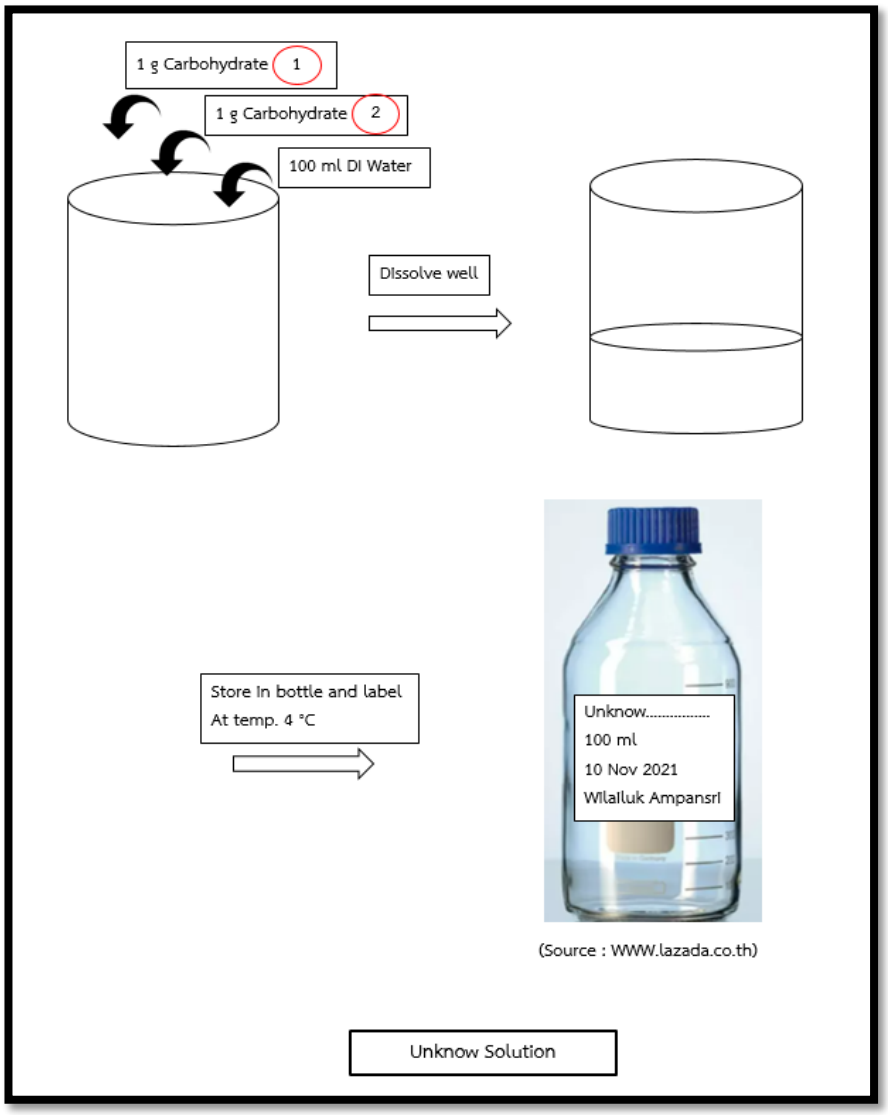
3.4 สารละลายตัวอย่างที่ 4 (Unknow 4) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

| | | |
|---|---|---|
| ชั่งสาร Starch | 1 | กรัม |
| ชั่งสาร Fructose | 1 | กรัม |
| ละลายในน้ำกลั่น | 100 | มิลลิลิตร |

ผสมให้เข้ากัน

หมายเหตุ 1. บรรจุในขวดที่มีฝาปิดสนิท และติดฉลากระบุชื่อสาร, ปริมาณสาร, ชื่อผู้เตรียม และ วัน/เดือน/ปี ที่เตรียม

2. เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C (ตู้แช่เย็น)




ภาพที่ 37 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายตัวอย่างสำหรับ Iodine test

### 4.2.7 สรุปรวมผลการทดลองที่ 1-6 และสารลายตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

| No. | Carbohydrate solution | Molisch's test | Benedict's test | Barfoed's test | Seliwanoft's test | Bial's test | Iodine test |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Glucose | +ve | +ve | +ve | -ve | -ve | -ve |
| 2 | Fructose | +ve | +ve | +ve | +ve | -ve | -ve |
| 3 | Galactose | +ve | +ve | +ve | -ve | -ve | -ve |
| 4 | Lactose | +ve | +ve | -ve | -ve | -ve | -ve |
| 5 | Sucrose | +ve | -ve | -ve | +ve | -ve | -ve |
| 6 | Ribose | +ve | +ve | +ve | -ve | +ve | -ve |
| 7 | Starch | +ve | -ve | -ve | -ve | -ve | +ve |
| 8 | Maltose | +ve | +ve | -ve | -ve | -ve | -ve |
| 9 | DI Water (negative control) | -ve | -ve | -ve | -ve | -ve | -ve |
| 10 | Unknown 1 (starch+sucrose) | +ve | -ve | -ve | +ve | -ve | +ve |
| 11 | Unknown 2 (starch+maltose) | +ve | +ve | -ve | -ve | -ve | +ve |
| 12 | Unknown 3 (maltose+sucrose) | +ve | +ve | -ve | +ve | -ve | -ve |
| 13 | Unknown 4 (starch+fructose) | +ve | +ve | +ve | +ve | -ve | +ve |

ตารางที่ 7 แสดงสรุปรวมผลการทดลองที่ 1-6 และสารละลายตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

**สรุปผลการทดลอง**

ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ เรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุลประเภทคาร์โบไฮเดรต นอกจากจะเป็นการทดสอบสารละลายมาตรฐานคาร์โบไฮเดรตแต่ละชนิดแล้ว ยังมีการเตรียมสารละลายตัวอย่างที่เป็นสารผสมระหว่างคาร์โบไฮเดรต 2 ชนิด โดยจะใช้แป้งเป็นหลัก เนื่องจากแป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดเดียวที่จะให้ผลบวกกับ Iodine test ทำให้ง่ายต่อการแปรผลการทดลองในการแยกความต่างของ พอลิแซ็กคาไรด์ ออกจากมอโนแซ็กคาไรด์ หรือไดแซ็กคาไรด์ ซึ่งเมื่อทำการทดสอบปฏิกิกิยาเคมีต่าง ๆ แล้วนักศึกษาควรแยกได้ว่าสารละลายตัวอย่างที่ได้ เป็นสารผสมระหว่างคาร์โบไฮเดรตชนิดใดบ้าง ในการทดสอบนี้ประกอบด้วยสารละลายตัวอย่าง จำนวน 4 ชนิด ดังนี้

**Unknown 1** ประกอบด้วย starch และ sucrose

ผลบวก (+ve) ได้แก่ Molish's test เป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรต
Saliwanoft's test เป็นน้ำตาลคีโตส
Iodine test เป็นแป้ง
ผลลบ (-ve) ได้แก่ Benedict's test ไม่ใช่น้ำตาลรีดิวซ์
Barfoed's test ไม่ใช่น้ำตาลมอโนแซ็กคาร์ไรด์
Bial's test ไม่ใช่น้ำตาลเพนโทส

จากผลการทดลอง จึงสรุปได้ว่า Unknow 1 ประกอบด้วย starch และ sucrose

**Unknown 2** ประกอบด้วย starch และ maltose

ผลบวก (+ve) ได้แก่ Molish's test เป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรต
Benedict's test เป็นน้ำตาลรีดิวซ์
Iodine test เป็นแป้ง
ผลลบ (-ve) ได้แก่ Barfoed's test ไม่ใช่น้ำตาลมอโนแซ็กคาร์ไรด์
Saliwanoft's test ไม่ใช่น้ำตาลคีโตส
Bial's test ไม่ใช่น้ำตาลเพนโทส

จากผลการทดลอง จึงสรุปได้ว่า Unknow 2 ประกอบด้วย starch และ maltose หรือ lactose

**Unknown 3** ประกอบด้วย maltose และ sucrose

ผลบวก (+ve) ได้แก่ Molish’s test เป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรต

Benedict’s test เป็นน้ำตาลรีดิวซ์

Saliwanoft’s test เป็นน้ำตาลคีโตส

ผลลบ (-ve) ได้แก่ Barfoed’s test ไม่ใช่น้ำตาลมอโนแซ็กคาร์ไรด์

Bial’s test ไม่ใช่น้ำตาลเพนโทส

Iodine test ไม่ใช่แป้ง

จากผลการทดลอง จึงสรุปได้ว่า Unknow 3 ประกอบด้วย maltose หรือ lactose และ sucrose

**Unknown 4** ประกอบด้วย starch และ fructose

ผลบวก (+ve) ได้แก่ Molish’s test เป็นสารละลายคาร์โบไฮเดรต

Benedict’s test เป็นน้ำตาลรีดิวซ์

Barfoed’s test เป็นน้ำตาลมอโนแซ็กคาร์ไรด์

Saliwanoft’s test เป็นน้ำตาลคีโตส

Iodine test เป็นแป้ง

ผลลบ (-ve) ได้แก่ Bial’s test ไม่ใช่น้ำตาลเพนโทส

จากผลการทดลอง จึงสรุปได้ว่า Unknow 4 ประกอบด้วย starch และ fructose

### 4.2.8 การจัดการมูลฝอย หลังเสร็จสิ้นการทดลอง

หลังเสร็จสิ้นการทดลอง ให้แยกขยะออกตามประเภท ซึ่งการจัดการมูลฝอยสำหรับการทดลองนี้แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ มูลฝอยทั่วไป ขยะมีคม และขยะสารเคมี ดังนี้

**มูลฝอยทั่วไป**

1. ให้ทิ้งลงในภาชนะสำหรับมูลฝอยทั่วไป (ถุงสีดำ) โดยมีปริมาตรไม่เกิน 3 ใน 4 ของถุง
2. แม่บ้านประจำห้องปฏิบัติการทำการรวบรวมมูลฝอยทั่วไปทุกวัน เพื่อนำไปทิ้ง

**ขยะมีคม**

1. ให้ทิ้งในภาชนะสำหรับของมีคมที่มีฝาปิดมิดชิด ทำจากวัสดุที่แข็งแรง ไม่แตกหัก และไม่มีรูรั่วซึม
2. แม่บ้านประจำห้องปฏิบัติการนำขยะมีคมไปรวบรวมเก็บในที่พักขยะมีคม เพื่อให้บริษัทที่ได้รับมอบหมายมาดำเนินการต่อไป

**ขยะสารเคมี**

1. ให้แยกทิ้งสารเคมีต่างชนิดกัน โดยต้องระบุชนิดและปริมาณ ก่อนทิ้งลงในภาชนะที่ทนต่อสารเคมีที่ต้องการทิ้ง (ทำในตู้ดูดไอระเหยสารเคมี (Fume hood))
2. แม่บ้านประจำห้องปฏิบัติการนำขยะสารเคมีไปรวบรวมในที่พักขยะสารเคมี เพื่อให้บริษัทที่ได้รับมอบหมายมาดำเนินการต่อไป
3. ในส่วนของวัสดุ อุปกรณ์ ที่กำจัดสารเคมีออกแล้ว ให้เปิดน้ำผ่านเพื่อเจือจางสารเคมีที่ยังตกค้างออก แล้วสามารถนำไปล้างได้ตามปกติ

# บทที่ 5

# ปัญหา อุปสรรค แนวทางแก้ไข และการพัฒนางาน

## 5.1 ปัญหา/อุปสรรคในการปฏิบัติงาน

1. การจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ เรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 ทุกหลักสูตร มีการทดสอบทั้งหมด 6 การทดสอบ ซึ่งแต่ละการทดสอบมีการเตรียมสารเคมี และขั้นตอนการทดสอบที่แตกต่างกัน ทั้งในด้านปริมาณ เทคนิคในการเตรียม และเทคนิคในการทดสอบ ส่งผลให้การเตรียมการทดลองในแต่ละครั้งพบปัญหาทางด้านเทคนิคในการเตรียมสารต่าง ๆ และเทคนิคในการทดสอบ ที่สำคัญหากมีการเปลี่ยนเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ในการเตรียม ยิ่งเกิดข้อผิดพลาด ใช้เวลาในการจัดเตรียมสาร และการทดสอบมากขึ้น
2. ในเอกสารประกอบการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ เรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 ทุกหลักสูตร ไม่ได้แสดงรายละเอียดเทคนิคในการเตรียมสารเพื่อการทดลองต่างๆ จะบอกแค่ปริมาณสารที่ใช้ สารละลายในแต่ละการทดลอง และขั้นตอนการทดลองทั่ว ๆ ไป

## 5.2 แนวทางแก้ไข และการพัฒนางาน

จัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน เรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 ทุกหลักสูตร เพื่อลดข้อผิดพลาด ลดเวลาในการเตรียมสาร และการทดสอบ โดยจะใช้รูปภาพประกอบการอธิบายแต่ละขั้นตอนการเตรียมสาร และขั้นตอนการทดสอบ เพื่อให้ทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่าน อาจารย์ผู้สอน และผู้ที่สนใจ สามารถเข้าใจ และปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง และรวดเร็ว

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการทำแบบประเมินความพึงพอใจในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ เรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต และการใช้งานคู่มือการปฏิบัติงาน เรื่องการเตรียมการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต ทุก ๆ 1 ปี เพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ เรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต และเพื่อปรับปรุงคู่มือการปฏิบัติงาน เรื่องการเตรียมการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุล ประเภทคาร์โบไฮเดรต ให้ทันสมัย เข้าใจง่าย และเป็นการพัฒนางานให้มีคุณภาพ และประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง

# เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์. (2563). การจัดการมูลฝอย. *คู่มือปฏิบัติมาตรฐาน(SOPs) วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์* (แก้ไขครั้งที่ 1), 28-30. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 พ.ย. 2564, จาก http://www.cicm.tu.ac.th/News/reUploads/g1FNrSN7.pdf.

คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์. (2563). การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ. *คู่มือปฏิบัติมาตรฐาน(SOPs) วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์* (แก้ไขครั้งที่ 1), 37-47. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 พ.ย. 2564, จาก http://www.cicm.tu.ac.th/News/reUploads/g1FNrSN7.pdf.

ปนัดดา โรจน์พิบูลสถิต, และ นารถวดี ภูมิภาค (ผู้เรียบเรียง). (2549). ปฏิบัติการการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสารชีวโมเลกุลประเภทคาร์โบไฮเดรต และกรดอะมิโน. *คู่มือปฏิบัติการชีวเคมีทางการแพทย์*, 22-30. สถานวิทยาศาสตร์พรีคลินิก, คณะแพทยศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ประดิษฐ สุคนธวารินทร์ (บรรณาธิการ). (2543). เซลล์และส่วนประกอบของเซลล์, *ตำราชีวเคมี* (พิมพ์ครั้งที่ 3). ภาควิชาชีวเคมี, คณะแพทยศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พวงรัตน์ ยงวณิชย์ (บรรณาธิการ). (2543). คาร์โบไฮเดรต, *ตำราชีวเคมี* (พิมพ์ครั้งที่ 3). ภาควิชาชีวเคมี, คณะแพทยศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กองบริหารทรัพยากรมนุษย์. (2561). มาตรฐานกำหนดตำแหน่ง. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 พ.ย. 2564, จาก http://203.131.211.58/hrtuweb/content/job_qualification/files/20.%20นักวิทยาศาสตร์.pdf.

วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์. (2564). Vision&Mission. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 พ.ย. 2564 , จาก www.cicm.tu.ac.th/cicmN4/visionMission.php.

วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์. (2564). ประวัติ. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 พ.ย. 2564, จาก http://th.wigipedia.org/wigi/วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์_มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ศูนย์ข้อมูลเครือข่ายอาหารครบวงจร. (2564). มอโนแซ็กคาไรด์ หรือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 พ.ย. 2564, จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0833/monosaccharide-น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว.

# เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ศูนย์ข้อมูลเครือข่ายอาหารครบวงจร. (2564). น้ำตาลซูโครส. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 พ.ย. 2564, จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0978/sucrose-น้ำตาลซูโครส.

ศูนย์ข้อมูลเครือข่ายอาหารครบวงจร. (2564). มอโนแซ็กคาไรด์ หรือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 พ.ย. 2564, จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0650/disaccharide-ไดแซ็กคาไรด์ หรือน้ำตาลโมเลกุลคู่.

ศูนย์ข้อมูลเครือข่ายอาหารครบวงจร. (2564). มอโนแซ็กคาไรด์ หรือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 พ.ย. 2564, จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1101/polysaccharide-พอลิแซ็กคาไรด์.

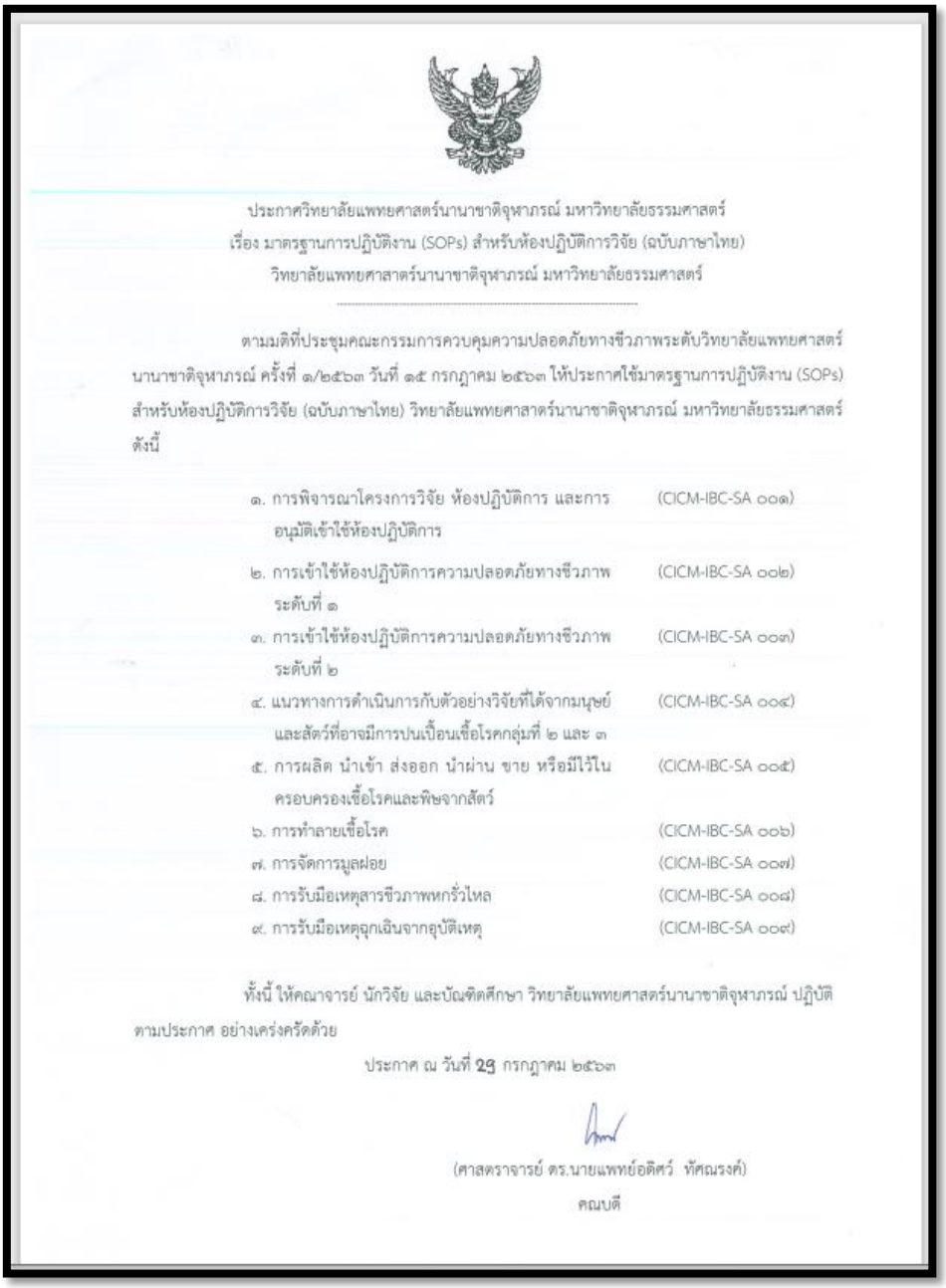
โสภิดา สุขประเสริฐ.(2559). Laboratory instruction: Carbohydrate test. *เอกสารประกอบการเรียนการสอนภาคปฏิบัติรายวิชา พจพ.111 ปฏิบัติการชีววิทยาทางการแพทย์*. วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อันทิรา หาญพงษ์พันธ์, และ บัญชา พูลโภคา. (ม.ป.ป.). สารชีวโมเลกุล. *เอกสารประกอบการสอนโครงการสอนเสริม สโมสรอาจารย์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยลัย*, 1-10. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 พ.ย. 2564, จาก http://www.chemistry.sc.chula.ac.th/Chem_Tutor/biomolecules.pdf.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก

1. ประกาศวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เรื่อง มาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) สำหรับห้องปฏิบัติการวิจัย (ฉบับภาษาไทย) วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



ประกาศวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
เรื่อง มาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) สำหรับห้องปฏิบัติการวิจัย (ฉบับภาษาไทย)
วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ตามมติที่ประชุมคณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ ครั้งที่ ๑/๒๕๖๓ วันที่ ๑๕ กรกฎาคม ๒๕๖๓ ให้ประกาศใช้มาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) สำหรับห้องปฏิบัติการวิจัย (ฉบับภาษาไทย) วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ดังนี้

| | |
|---|---|
| ๑. การพิจารณาโครงการวิจัย ห้องปฏิบัติการ และการอนุมัติเข้าใช้ห้องปฏิบัติการ | (CICM-IBC-SA ๐๐๑) |
| ๒. การเข้าใช้ห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับที่ ๑ | (CICM-IBC-SA ๐๐๒) |
| ๓. การเข้าใช้ห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับที่ ๒ | (CICM-IBC-SA ๐๐๓) |
| ๔. แนวทางการดำเนินการกับตัวอย่างวิจัยที่ได้จากมนุษย์และสัตว์ที่อาจมีการปนเปื้อนเชื้อโรคกลุ่มที่ ๒ และ ๓ | (CICM-IBC-SA ๐๐๔) |
| ๕. การผลิต นำเข้า ส่งออก นำผ่าน ขาย หรือมีไว้ในครอบครองเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ | (CICM-IBC-SA ๐๐๕) |
| ๖. การทำลายเชื้อโรค | (CICM-IBC-SA ๐๐๖) |
| ๗. การจัดการมูลฝอย | (CICM-IBC-SA ๐๐๗) |
| ๘. การรับมือเหตุสารชีวภาพหกรั่วไหล | (CICM-IBC-SA ๐๐๘) |
| ๙. การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ | (CICM-IBC-SA ๐๐๙) |

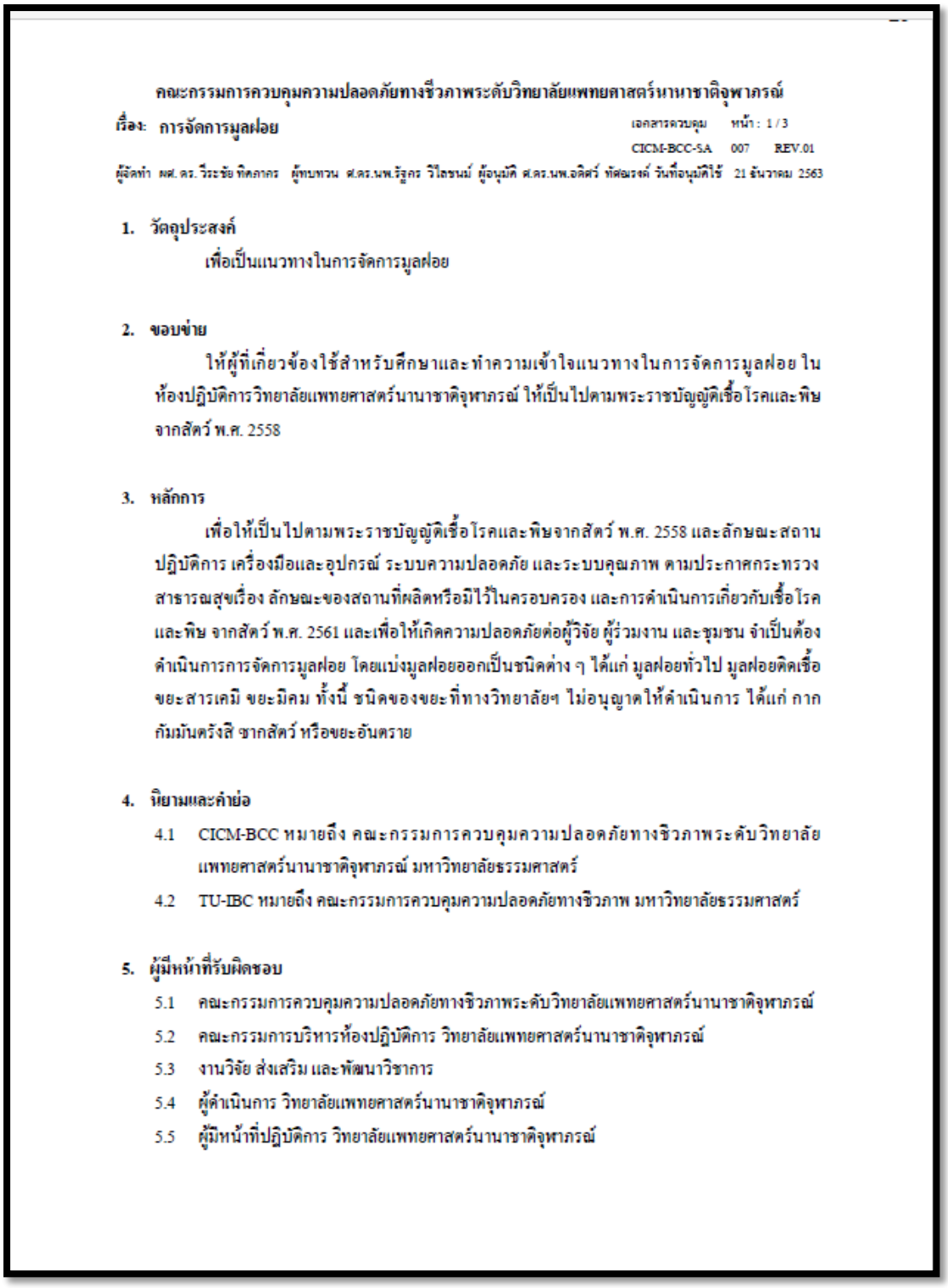
ทั้งนี้ ให้คณาจารย์ นักวิจัย และบัณฑิตศึกษา วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ ปฏิบัติตามประกาศ อย่างเคร่งครัดด้วย

ประกาศ ณ วันที่ 29 กรกฎาคม ๒๕๖๓

(ศาสตราจารย์ ดร.นายแพทย์อดิศว์ ทัศณรงค์)
คณบดี

ภาพที่ 38 แสดงประกาศวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เรื่อง มาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) สำหรับห้องปฏิบัติการวิจัย (ฉบับภาษาไทย) วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

2. มาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การจัดการมูลฝอย



คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

**เรื่อง: การจัดการมูลฝอย** เอกสารควบคุม หน้า : 1 / 3

CICM-BCC-SA 007 REV.01

ผู้จัดทำ ผศ. ดร. วีระชัย ทิดภากร ผู้ทบทวน ศ.ดร.นพ.รัฐกร วิไลชนม์ ผู้อนุมัติ ศ.ดร.นพ.อดิศร์ ทัศนรงค์ วันที่อนุมัติใช้ 21 ธันวาคม 2563

**1. วัตถุประสงค์**

เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการมูลฝอย

**2. ขอบข่าย**

ให้ผู้ที่เกี่ยวข้องใช้สำหรับศึกษาและทำความเข้าใจแนวทางในการจัดการมูลฝอย ในห้องปฏิบัติการวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ ให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2558

**3. หลักการ**

เพื่อให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2558 และลักษณะสถานปฏิบัติการ เครื่องมือและอุปกรณ์ ระบบความปลอดภัย และระบบคุณภาพ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่อง ลักษณะของสถานที่ผลิตหรือมีไว้ในครอบครอง และการดำเนินการเกี่ยวกับเชื้อโรคและพิษ จากสัตว์ พ.ศ. 2561 และเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้วิจัย ผู้ร่วมงาน และชุมชน จำเป็นต้องดำเนินการการจัดการมูลฝอย โดยแบ่งมูลฝอยออกเป็นชนิดต่าง ๆ ได้แก่ มูลฝอยทั่วไป มูลฝอยติดเชื้อ ขยะสารเคมี ขยะมีคม ทั้งนี้ ชนิดของขยะที่ทางวิทยาลัยฯ ไม่อนุญาตให้ดำเนินการ ได้แก่ กากกัมมันตรังสี ซากสัตว์ หรือขยะอันตราย

**4. นิยามและคำย่อ**

4.1 CICM-BCC หมายถึง คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

4.2 TU-IBC หมายถึง คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

**5. ผู้มีหน้าที่รับผิดชอบ**

5.1 คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

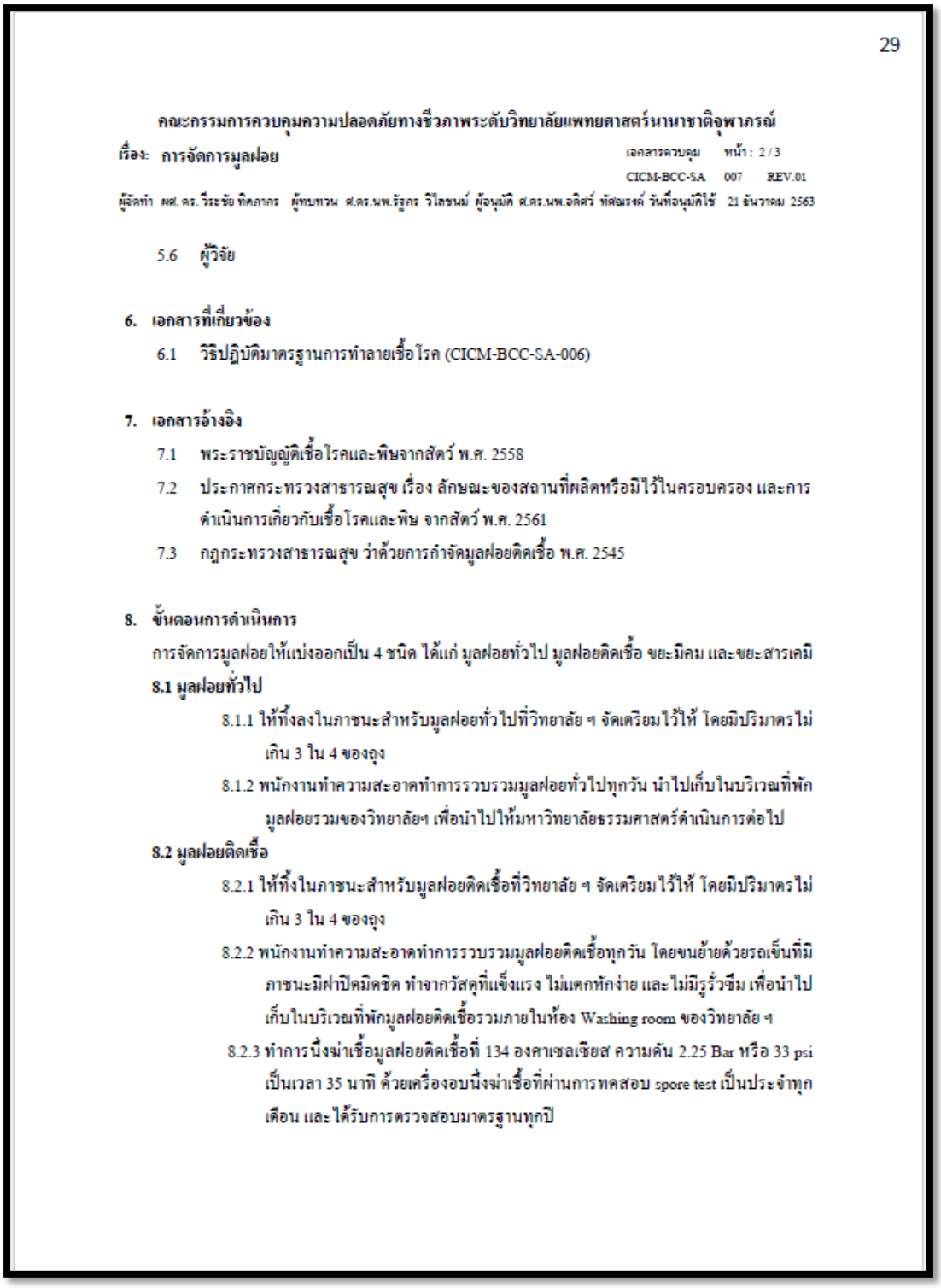
5.2 คณะกรรมการบริหารห้องปฏิบัติการ วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

5.3 งานวิจัย ส่งเสริม และพัฒนาวิชาการ

5.4 ผู้ดำเนินการ วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

5.5 ผู้มีหน้าที่ปฏิบัติการ วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

ภาพที่ 39 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การจัดการมูลฝอย



29

คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

เรื่อง: การจัดการมูลฝอย เอกสารควบคุม หน้า : 2 / 3

CICM-BCC-SA 007 REV.01

ผู้จัดทำ ผศ. ดร. วีระชัย ทิดกาคร ผู้ทบทวน ศ.ดร.นพ.รัฐคร วิไลชนม์ ผู้อนุมัติ ศ.ดร.นพ.อดิศร์ ทัศนรงค์ วันที่อนุมัติใช้ 21 ธันวาคม 2563

5.6 ผู้วิจัย

**6. เอกสารที่เกี่ยวข้อง**

6.1 วิธีปฏิบัติมาตรฐานการทำลายเชื้อโรค (CICM-BCC-SA-006)

**7. เอกสารอ้างอิง**

7.1 พระราชบัญญัติเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2558

7.2 ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ลักษณะของสถานที่ผลิตหรือมีไว้ในครอบครอง และการดำเนินการเกี่ยวกับเชื้อโรคและพิษ จากสัตว์ พ.ศ. 2561

7.3 กฎกระทรวงสาธารณสุข ว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2545

**8. ขั้นตอนการดำเนินการ**

การจัดการมูลฝอยให้แบ่งออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่ มูลฝอยทั่วไป มูลฝอยติดเชื้อ ขยะมีคม และขยะสารเคมี

**8.1 มูลฝอยทั่วไป**

8.1.1 ให้ทิ้งลงในภาชนะสำหรับมูลฝอยทั่วไปที่วิทยาลัย ฯ จัดเตรียมไว้ให้ โดยมีปริมาตรไม่เกิน 3 ใน 4 ของถุง

8.1.2 พนักงานทำความสะอาดทำการรวบรวมมูลฝอยทั่วไปทุกวัน นำไปเก็บในบริเวณที่พักมูลฝอยรวมของวิทยาลัยฯ เพื่อนำไปให้มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ดำเนินการต่อไป

**8.2 มูลฝอยติดเชื้อ**

8.2.1 ให้ทิ้งในภาชนะสำหรับมูลฝอยติดเชื้อที่วิทยาลัย ฯ จัดเตรียมไว้ให้ โดยมีปริมาตรไม่เกิน 3 ใน 4 ของถุง

8.2.2 พนักงานทำความสะอาดทำการรวบรวมมูลฝอยติดเชื้อทุกวัน โดยขนย้ายด้วยรถเข็นที่มีภาชนะมีฝาปิดมิดชิด ทำจากวัสดุที่แข็งแรง ไม่แตกหักง่าย และไม่มีรูรั่วซึม เพื่อนำไปเก็บในบริเวณที่พักมูลฝอยติดเชื้อรวมภายในห้อง Washing room ของวิทยาลัย ฯ

8.2.3 ทำการนึ่งฆ่าเชื้อมูลฝอยติดเชื้อที่ 134 องศาเซลเซียส ความดัน 2.25 Bar หรือ 33 psi เป็นเวลา 35 นาที ด้วยเครื่องอบนึ่งฆ่าเชื้อที่ผ่านการทดสอบ spore test เป็นประจำทุกเดือน และได้รับการตรวจสอบมาตรฐานทุกปี

ภาพที่ 40 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การจัดการมูลฝอย (ต่อ)

คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

เรื่อง: การจัดการมูลฝอย เอกสารควบคุม หน้า : 3 / 3

CICM-BCC-SA 007 REV.01

ผู้จัดทำ ผศ. ดร. วีระชัย ทิศกาศร ผู้ทบทวน ศ.ดร.นพ.รัฐกร วิไลชนม์ ผู้อนุมัติ ศ.ดร.นพ.จตุศร์ ทัศนรงค์ วันที่อนุมัติใช้ 21 ธันวาคม 2563

8.2.4 พนักงานทำความสะอาดทำการเก็บรวบรวมมูลฝอยติดเชื้อที่ผ่านการอบนึ่งฆ่าเชื้อแล้วไปทำลาย โดยบริษัทที่ได้รับมอบหมาย ตามกฎกระทรวงสาธารณสุข ว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ

8.2.5 มูลฝอยติดเชื้อที่ผ่านการลดการปนเปื้อนหรือทำให้เชื้อสิ้นสภาพด้วยสารเคมีที่มีคุณสมบัติฆ่าเชื้อ โดยให้ปฏิบัติตามคู่มือของสารเคมีชนิดนั้น ๆ จากนั้นดำเนินการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยบริษัทที่ได้รับมอบหมาย

**8.3 ขยะมีคม**

8.3.1 ให้ทิ้งลงในภาชนะสำหรับของมีคมที่มีฝาปิดมิดชิด ทำจากวัสดุที่แข็งแรง ไม่แตกง่าย และไม่มีรูรั่วซึม แล้วนำไปรวบรวมเก็บในที่พักขยะมีคมรวมของวิทยาลัยฯ เพื่อให้บริษัทที่ได้รับมอบหมายดำเนินการต่อไป

**8.4 ขยะสารเคมี**

8.4.1 ให้แยกทิ้งสารเคมีต่างชนิดกัน โดยต้องระบุชนิดและปริมาณ ก่อนทิ้งลงในภาชนะที่ทนต่อสารเคมีที่ต้องการทิ้ง จากนั้นนำไปรวมที่จุดพักขยะสารเคมี

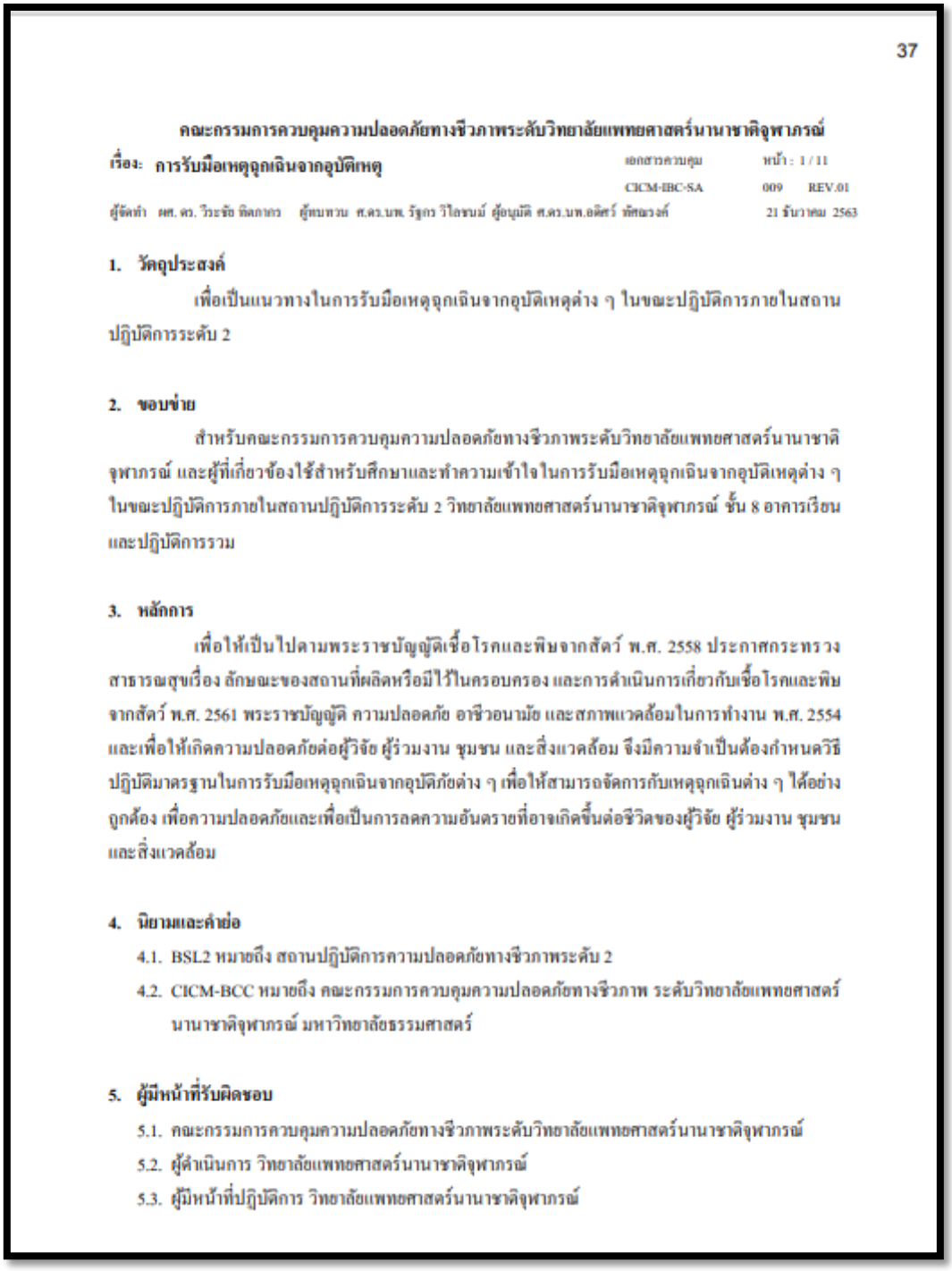
8.4.2 ในกรณีที่ไม่สามารถดำเนินการแยกทิ้งตามชนิดสารเคมีได้ ให้ทำการระบุชนิดและปริมาณ ก่อนทิ้งลงในภาชนะที่ทนต่อสารเคมีที่ต้องการทิ้ง จากนั้นนำไปรวมที่จุดพักขยะสารเคมี

8.4.3 สำหรับการจัดการขยะสารเคมีที่มีการปนเปื้อนโลหะหนัก ให้ดำเนินการโดยนำขยะดังกล่าวมายังจุดทิ้งขยะสารเคมี ตามเวลาที่กำหนดโดยฝ่ายวิจัย (ผู้วิจัยจะต้องแจ้งผู้ดำเนินการและผู้มีหน้าที่ปฏิบัติการที่มอบหมายก่อนใช้โลหะหนัก เพื่อกำหนดเวลาและวิธีกำจัดขยะปนเปื้อนโลหะหนัก)

8.4.4 การดำเนินการจัดการขยะสารเคมี จะดำเนินการโดยบริษัทที่ได้รับมอบหมาย

ภาพที่ 41 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การจัดการมูลฝอย (ต่อ)

3. มาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ



37

**คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์**

**เรื่อง: การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ** เอกสารควบคุม หน้า : 1 / 11

CICM-IBC-SA 009 REV.01

ผู้จัดทำ ผศ. ดร. วิระชัย พิศกาศร ผู้ทบทวน ศ.ดร.นพ. รัฐกร วิไลชนม์ ผู้อนุมัติ ศ.ดร.นพ.อดิศร์ พัทยวงศ์ 21 ธันวาคม 2563

**1. วัตถุประสงค์**

เพื่อเป็นแนวทางในการรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุต่าง ๆ ในขณะปฏิบัติการภายในสถานปฏิบัติการระดับ 2

**2. ขอบข่าย**

สำหรับคณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ และผู้ที่เกี่ยวข้องใช้สำหรับศึกษาและทำความเข้าใจในการรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุต่าง ๆ ในขณะปฏิบัติการภายในสถานปฏิบัติการระดับ 2 วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ ชั้น 8 อาคารเรียนและปฏิบัติการรวม

**3. หลักการ**

เพื่อให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2558 ประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่อง ลักษณะของสถานที่ผลิตหรือมีไว้ในครอบครอง และการดำเนินการเกี่ยวกับเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2561 พระราชบัญญัติ ความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554 และเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้วิจัย ผู้ร่วมงาน ชุมชน และสิ่งแวดล้อม จึงมีความจำเป็นต้องกำหนดวิธีปฏิบัติมาตรฐานในการรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติภัยต่าง ๆ เพื่อให้สามารถจัดการกับเหตุฉุกเฉินต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง เพื่อความปลอดภัยและเพื่อเป็นการลดความอันตรายที่อาจเกิดขึ้นต่อชีวิตของผู้วิจัย ผู้ร่วมงาน ชุมชน และสิ่งแวดล้อม

**4. นิยามและคำย่อ**

4.1. BSL2 หมายถึง สถานปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 2

4.2. CICM-BCC หมายถึง คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพ ระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

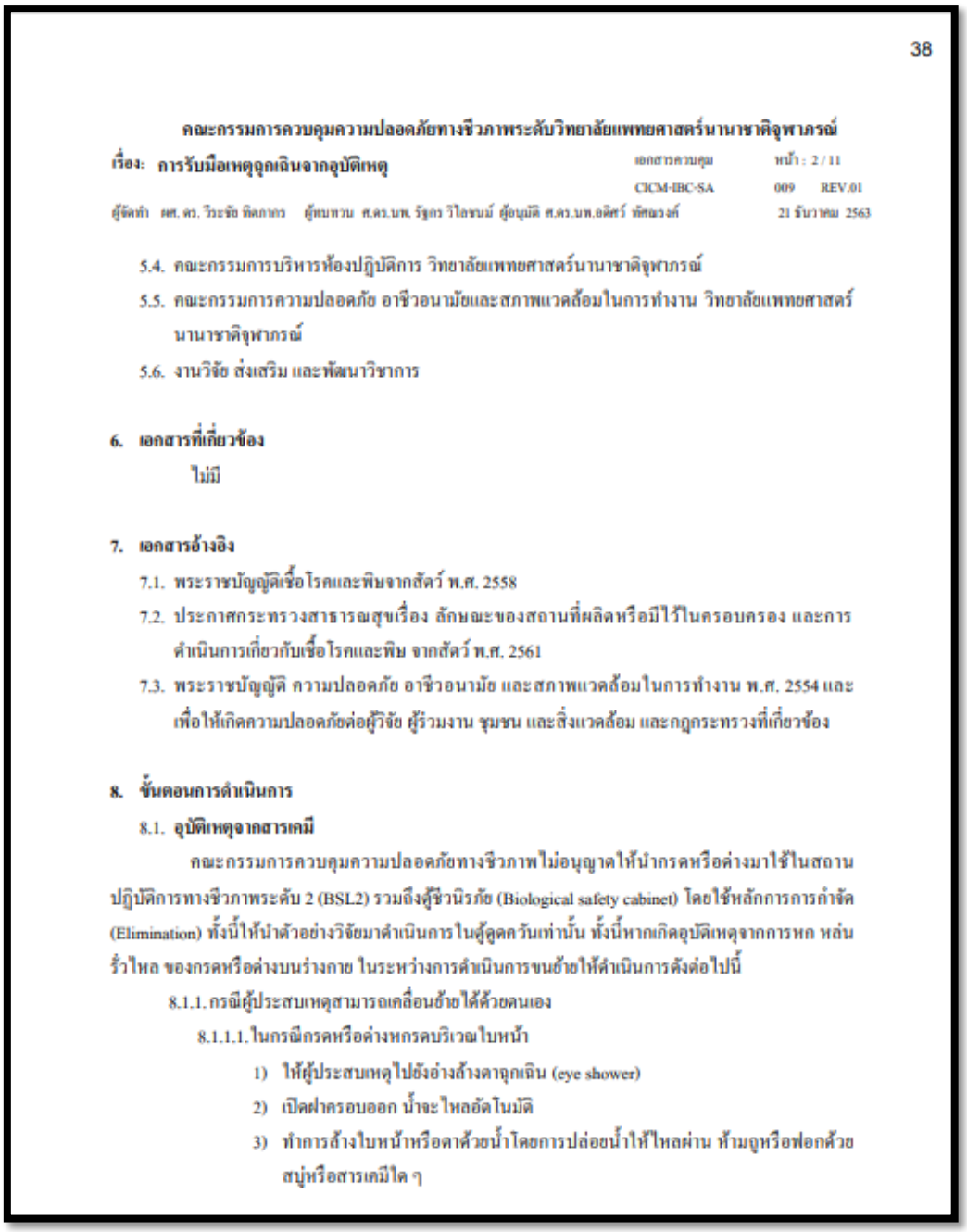
**5. ผู้มีหน้าที่รับผิดชอบ**

5.1. คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

5.2. ผู้ดำเนินการ วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

5.3. ผู้มีหน้าที่ปฏิบัติการ วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

ภาพที่ 42 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ



38

คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

เรื่อง: การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ

เอกสารควบคุม CICM-IBC-SA หน้า : 2 / 11 009 REV.01

ผู้จัดทำ ผศ. ดร. วิระชัย พิลกาตร ผู้ทบทวน ศ.ดร.นพ. รัฐกร วิไลชนม์ ผู้อนุมัติ ศ.ดร.นพ.อดิศร์ พัทธวงศ์ 21 ธันวาคม 2563

5.4. คณะกรรมการบริหารห้องปฏิบัติการ วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

5.5. คณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

5.6. งานวิจัย ส่งเสริม และพัฒนาวิชาการ

**6. เอกสารที่เกี่ยวข้อง**

ไม่มี

**7. เอกสารอ้างอิง**

7.1. พระราชบัญญัติเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2558

7.2. ประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่อง ลักษณะของสถานที่ผลิตหรือมีไว้ในครอบครอง และการดำเนินการเกี่ยวกับเชื้อโรคและพิษ จากสัตว์ พ.ศ. 2561

7.3. พระราชบัญญัติ ความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554 และเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้วิจัย ผู้ร่วมงาน ชุมชน และสิ่งแวดล้อม และกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้อง

**8. ขั้นตอนการดำเนินการ**

8.1. **อุบัติเหตุจากสารเคมี**

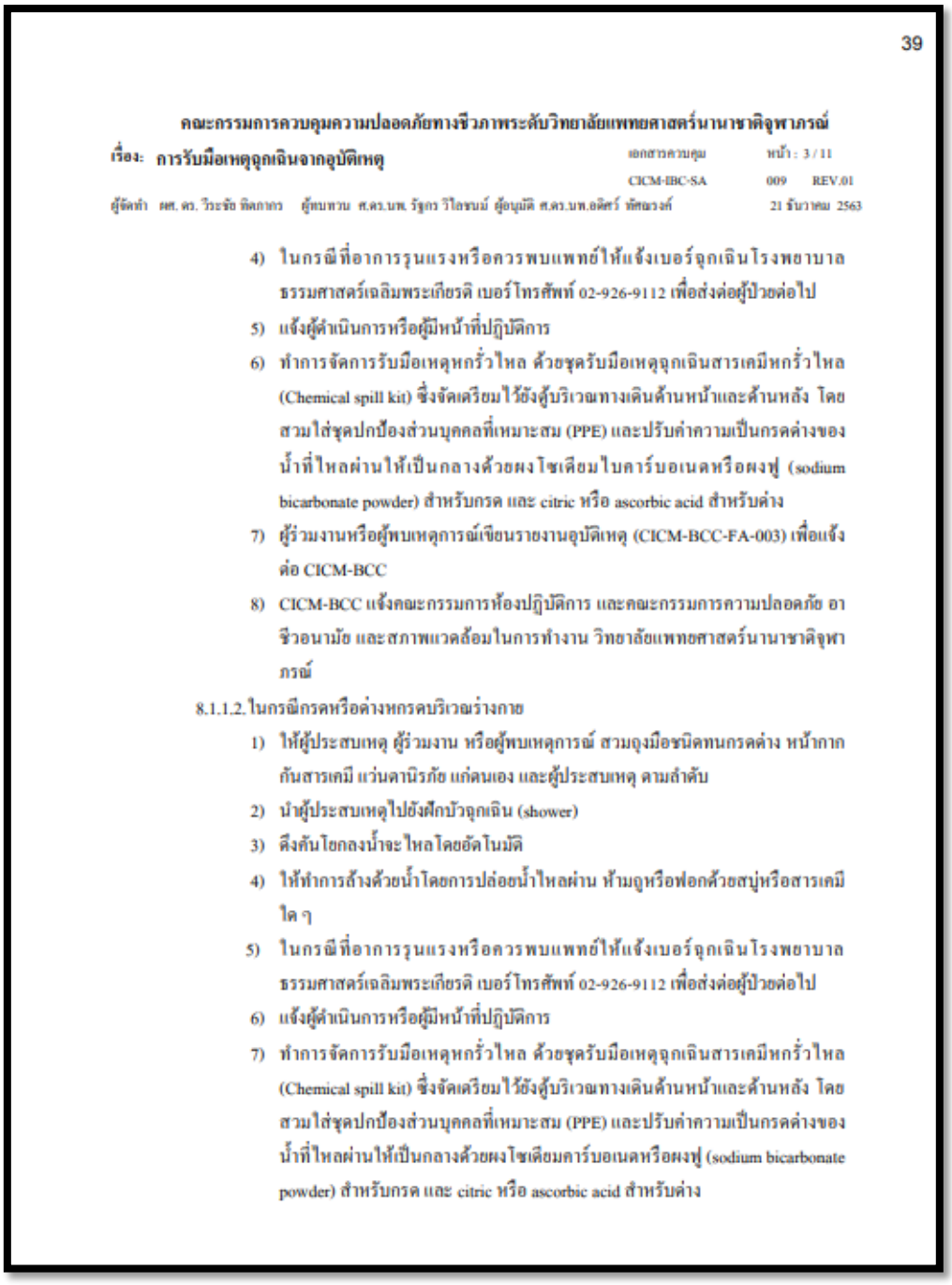
คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพไม่อนุญาตให้นำกรดหรือด่างมาใช้ในสถานปฏิบัติการทางชีวภาพระดับ 2 (BSL2) รวมถึงตู้ชีวนิรภัย (Biological safety cabinet) โดยใช้หลักการการกำจัด (Elimination) ทั้งนี้ให้นำตัวอย่างวิจัยมาดำเนินการในตู้ดูดควันเท่านั้น ทั้งนี้หากเกิดอุบัติเหตุจากการหก หล่น รั่วไหล ของกรดหรือด่างบนร่างกาย ในระหว่างการดำเนินการขนย้ายให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

8.1.1. กรณีผู้ประสบเหตุสามารถเคลื่อนย้ายได้ด้วยตนเอง

8.1.1.1. ในกรณีกรดหรือด่างหกรดบริเวณใบหน้า

1) ให้ผู้ประสบเหตุไปยังอ่างล้างตาฉุกเฉิน (eye shower)
2) เปิดฝาครอบออก น้ำจะไหลอัตโนมัติ
3) ทำการล้างใบหน้าหรือตาด้วยน้ำโดยการปล่อยน้ำให้ไหลผ่าน ห้ามถูหรือฟอกด้วยสบู่หรือสารเคมีใด ๆ

ภาพที่ 43 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)



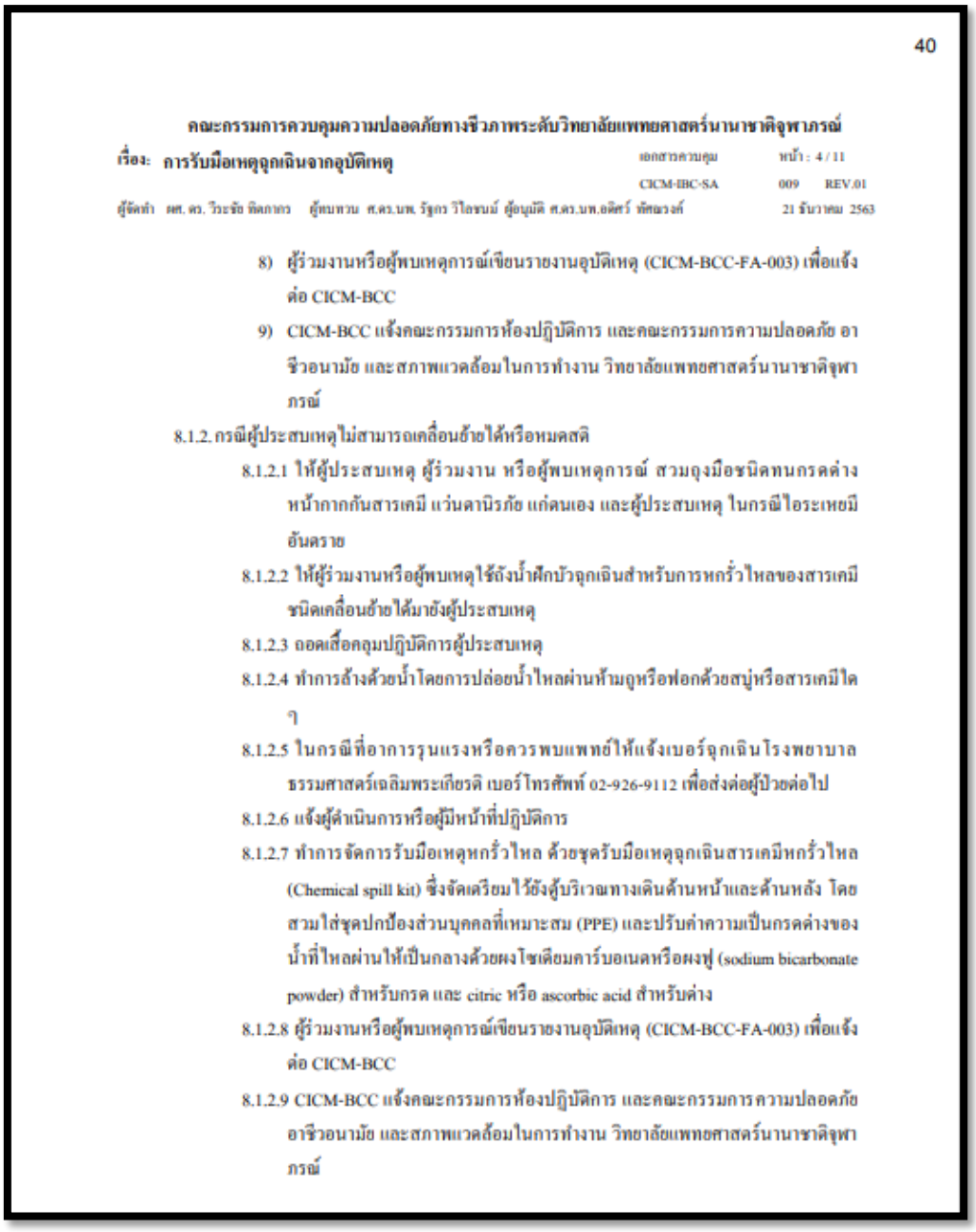


4) ในกรณีที่อาการรุนแรงหรือควรพบแพทย์ให้แจ้งเบอร์ฉุกเฉินโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เบอร์โทรศัพท์ 02-926-9112 เพื่อส่งต่อผู้ป่วยต่อไป
5) แจ้งผู้ดำเนินการหรือผู้มีหน้าที่ปฏิบัติการ
6) ทำการจัดการรับมือเหตุหกรั่วไหล ด้วยชุดรับมือเหตุฉุกเฉินสารเคมีหกรั่วไหล (Chemical spill kit) ซึ่งจัดเตรียมไว้ยังตู้บริเวณทางเดินด้านหน้าและด้านหลัง โดยสวมใส่ชุดปกป้องส่วนบุคคลที่เหมาะสม (PPE) และปรับค่าความเป็นกรดด่างของน้ำที่ไหลผ่านให้เป็นกลางด้วยผงโซเดียมไบคาร์บอเนตหรือผงฟู (sodium bicarbonate powder) สำหรับกรด และ citric หรือ ascorbic acid สำหรับด่าง
7) ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์เขียนรายงานอุบัติเหตุ (CICM-BCC-FA-003) เพื่อแจ้งต่อ CICM-BCC
8) CICM-BCC แจ้งคณะกรรมการห้องปฏิบัติการ และคณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

8.1.1.2. ในกรณีกรดหรือด่างหกรดบริเวณร่างกาย

1) ให้ผู้ประสบเหตุ ผู้ร่วมงาน หรือผู้พบเหตุการณ์ สวมถุงมือชนิดทนกรดด่าง หน้ากากกันสารเคมี แว่นตานิรภัย แก่ตนเอง และผู้ประสบเหตุ ตามลำดับ
2) นำผู้ประสบเหตุไปยังฝักบัวฉุกเฉิน (shower)
3) ดึงก้านโยกลงน้ำจะไหลโดยอัตโนมัติ
4) ให้ทำการล้างด้วยน้ำโดยการปล่อยน้ำไหลผ่าน ห้ามถูหรือฟอกด้วยสบู่หรือสารเคมีใด ๆ
5) ในกรณีที่อาการรุนแรงหรือควรพบแพทย์ให้แจ้งเบอร์ฉุกเฉินโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เบอร์โทรศัพท์ 02-926-9112 เพื่อส่งต่อผู้ป่วยต่อไป
6) แจ้งผู้ดำเนินการหรือผู้มีหน้าที่ปฏิบัติการ
7) ทำการจัดการรับมือเหตุหกรั่วไหล ด้วยชุดรับมือเหตุฉุกเฉินสารเคมีหกรั่วไหล (Chemical spill kit) ซึ่งจัดเตรียมไว้ยังตู้บริเวณทางเดินด้านหน้าและด้านหลัง โดยสวมใส่ชุดปกป้องส่วนบุคคลที่เหมาะสม (PPE) และปรับค่าความเป็นกรดด่างของน้ำที่ไหลผ่านให้เป็นกลางด้วยผงโซเดียมคาร์บอเนตหรือผงฟู (sodium bicarbonate powder) สำหรับกรด และ citric หรือ ascorbic acid สำหรับด่าง

ภาพที่ 44 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)



40

คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

เรื่อง: การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ

เอกสารควบคุม CICM-IBC-SA หน้า : 4 / 11 009 REV.01

ผู้จัดทำ ผศ. ดร. วิวะชัย พิลกาเจ ผู้ทบทวน ศ.ดร.นพ. รัฐกร วิไลชนม์ ผู้อนุมัติ ศ.ดร.นพ.อดิศร์ ทัศนวงศ์ 21 ธันวาคม 2563

8) ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์เขียนรายงานอุบัติเหตุ (CICM-BCC-FA-003) เพื่อแจ้งต่อ CICM-BCC

9) CICM-BCC แจ้งคณะกรรมการห้องปฏิบัติการ และคณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

8.1.2. กรณีผู้ประสบเหตุไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้หรือหมดสติ

8.1.2.1 ให้ผู้ประสบเหตุ ผู้ร่วมงาน หรือผู้พบเหตุการณ์ สวมถุงมือชนิดทนกรดด่าง หน้ากากกันสารเคมี แว่นตานิรภัย แก่ตนเอง และผู้ประสบเหตุ ในกรณีไอระเหยมีอันตราย

8.1.2.2 ให้ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุใช้ถังน้ำฝักบัวฉุกเฉินสำหรับการหกรั่วไหลของสารเคมีชนิดเคลื่อนย้ายได้มายังผู้ประสบเหตุ

8.1.2.3 ถอดเสื้อคลุมปฏิบัติการผู้ประสบเหตุ

8.1.2.4 ทำการล้างด้วยน้ำโดยการปล่อยน้ำไหลผ่านห้ามถูหรือฟอกด้วยสบู่หรือสารเคมีใดๆ

8.1.2.5 ในกรณีที่อาการรุนแรงหรือควรพบแพทย์ให้แจ้งเบอร์ฉุกเฉินโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เบอร์โทรศัพท์ 02-926-9112 เพื่อส่งต่อผู้ป่วยต่อไป

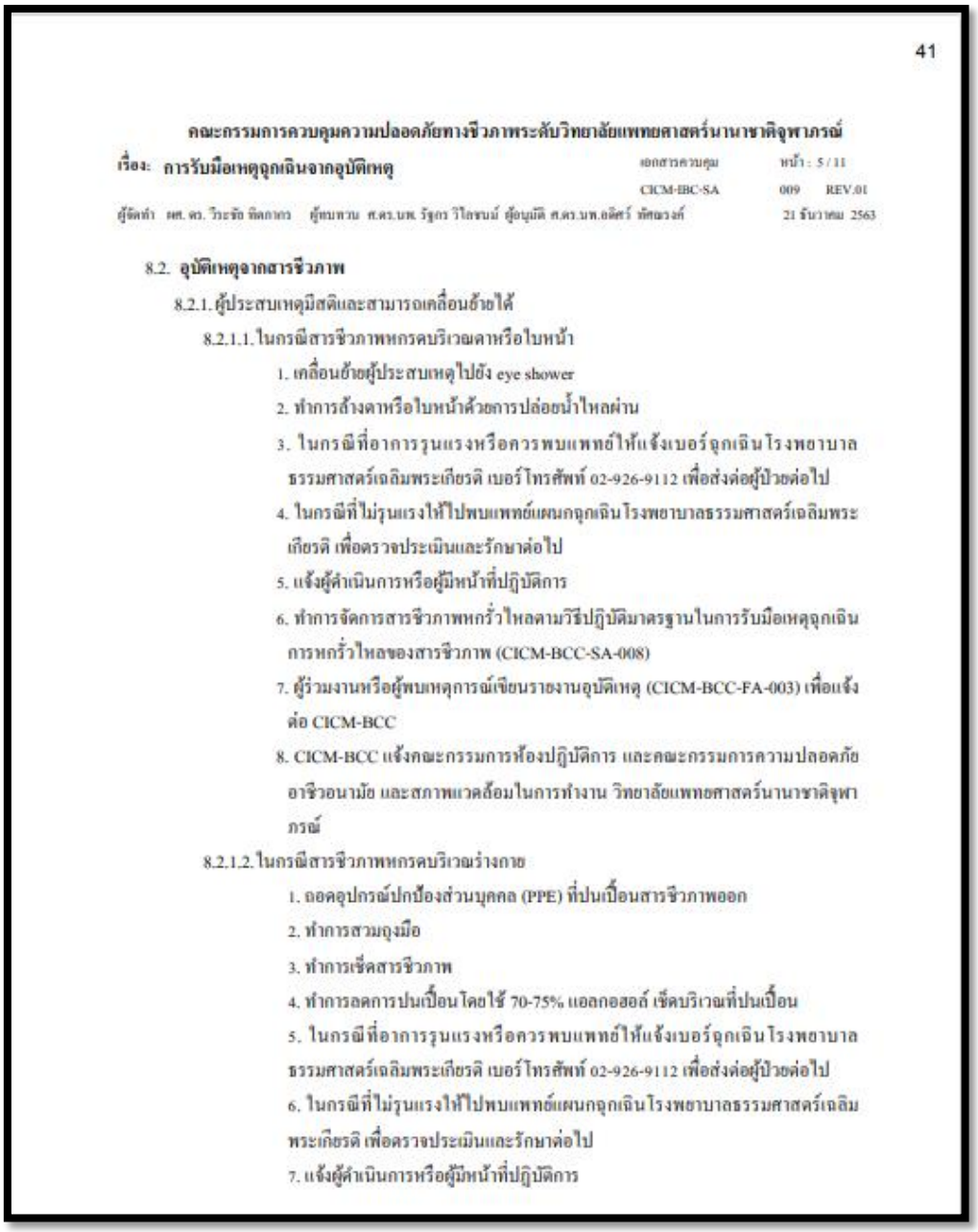
8.1.2.6 แจ้งผู้ดำเนินการหรือผู้มีหน้าที่ปฏิบัติการ

8.1.2.7 ทำการจัดการรับมือเหตุหกรั่วไหล ด้วยชุดรับมือเหตุฉุกเฉินสารเคมีหกรั่วไหล (Chemical spill kit) ซึ่งจัดเตรียมไว้ยังตู้บริเวณทางเดินด้านหน้าและด้านหลัง โดยสวมใส่ชุดปกป้องส่วนบุคคลที่เหมาะสม (PPE) และปรับค่าความเป็นกรดด่างของน้ำที่ไหลผ่านให้เป็นกลางด้วยผงโซเดียมคาร์บอเนตหรือผงฟู (sodium bicarbonate powder) สำหรับกรด และ citric หรือ ascorbic acid สำหรับด่าง

8.1.2.8 ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์เขียนรายงานอุบัติเหตุ (CICM-BCC-FA-003) เพื่อแจ้งต่อ CICM-BCC

8.1.2.9 CICM-BCC แจ้งคณะกรรมการห้องปฏิบัติการ และคณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

ภาพที่ 45 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)



41

คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

เรื่อง: การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ

เอกสารควบคุม CICM-BIC-SA หน้า : 5 / 11 009 REV.01

ผู้จัดทำ ผศ. ดร. วิระชัย พิลกากร ผู้ทบทวน ศ.คร.นพ. รัฐกร วิไลชนม์ ผู้อนุมัติ ศ.คร.นพ.อดิศร์ ทิศวงศ์ 21 ธันวาคม 2563

8.2. **อุบัติเหตุจากสารชีวภาพ**

8.2.1. ผู้ประสบเหตุมีสติและสามารถเคลื่อนย้ายได้

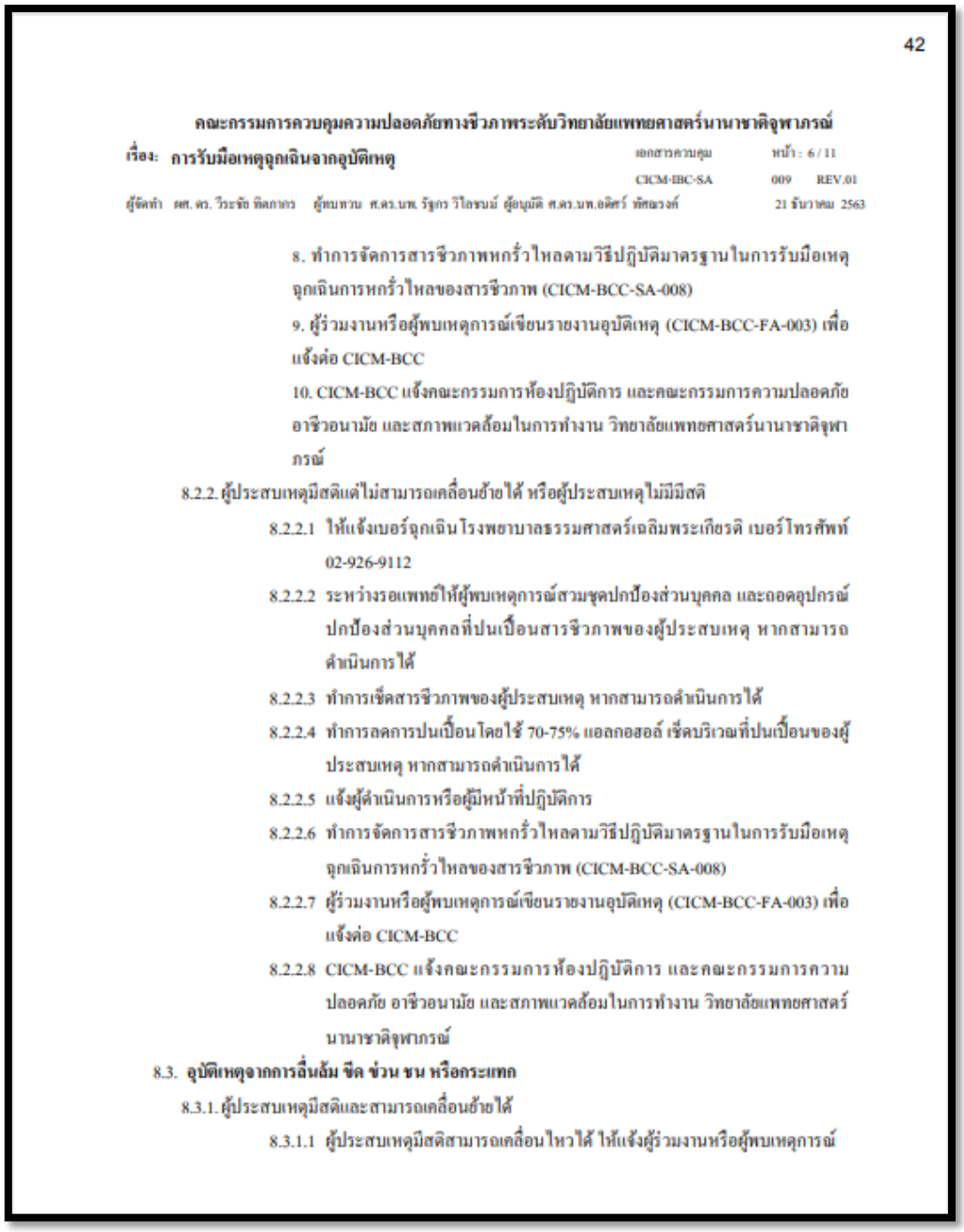
8.2.1.1. ในกรณีสารชีวภาพหกรดบริเวณตาหรือใบหน้า

1. เคลื่อนย้ายผู้ประสบเหตุไปยัง eye shower
2. ทำการล้างตาหรือใบหน้าด้วยการปล่อยน้ำไหลผ่าน
3. ในกรณีที่อาการรุนแรงหรือควรพบแพทย์ให้แจ้งเบอร์ฉุกเฉินโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เบอร์โทรศัพท์ 02-926-9112 เพื่อส่งต่อผู้ป่วยต่อไป
4. ในกรณีที่ไม่รุนแรงให้ไปพบแพทย์แผนกฉุกเฉินโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เพื่อตรวจประเมินและรักษาต่อไป
5. แจ้งผู้ดำเนินการหรือผู้มีหน้าที่ปฏิบัติการ
6. ทำการจัดการสารชีวภาพหกรั่วไหลตามวิธีปฏิบัติมาตรฐานในการรับมือเหตุฉุกเฉินการหกรั่วไหลของสารชีวภาพ (CICM-BCC-SA-008)
7. ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์เขียนรายงานอุบัติเหตุ (CICM-BCC-FA-003) เพื่อแจ้งต่อ CICM-BCC
8. CICM-BCC แจ้งคณะกรรมการห้องปฏิบัติการ และคณะกรรมการความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

8.2.1.2. ในกรณีสารชีวภาพหกรดบริเวณร่างกาย

1. ถอดอุปกรณ์ปกป้องส่วนบุคคล (PPE) ที่ปนเปื้อนสารชีวภาพออก
2. ทำการสวมถุงมือ
3. ทำการเช็ดสารชีวภาพ
4. ทำการลดการปนเปื้อนโดยใช้ 70-75% แอลกอฮอล์ เช็ดบริเวณที่ปนเปื้อน
5. ในกรณีที่อาการรุนแรงหรือควรพบแพทย์ให้แจ้งเบอร์ฉุกเฉินโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เบอร์โทรศัพท์ 02-926-9112 เพื่อส่งต่อผู้ป่วยต่อไป
6. ในกรณีที่ไม่รุนแรงให้ไปพบแพทย์แผนกฉุกเฉินโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เพื่อตรวจประเมินและรักษาต่อไป
7. แจ้งผู้ดำเนินการหรือผู้มีหน้าที่ปฏิบัติการ

ภาพที่ 46 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)



42

คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

เรื่อง: การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ

เอกสารควบคุม CICM-IBC-SA | หน้า : 6 / 11 | 009 REV.01 | 21 ธันวาคม 2563

ผู้จัดทำ ผศ. ดร. วีระชัย พิลกาฬร ผู้ทบทวน ศ.ดร.นพ. รัฐกร วิไลชนม์ ผู้อนุมัติ ศ.ดร.นพ.อดิศร์ ทัศนวงศ์

8. ทำการจัดการสารชีวภาพหกรั่วไหลตามวิธีปฏิบัติมาตรฐานในการรับมือเหตุฉุกเฉินการหกรั่วไหลของสารชีวภาพ (CICM-BCC-SA-008)

9. ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์เขียนรายงานอุบัติเหตุ (CICM-BCC-FA-003) เพื่อแจ้งต่อ CICM-BCC

10. CICM-BCC แจ้งคณะกรรมการห้องปฏิบัติการ และคณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

8.2.2. ผู้ประสบเหตุมีสติแต่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ หรือผู้ประสบเหตุไม่มีมีสติ

8.2.2.1 ให้แจ้งเบอร์ฉุกเฉิน โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เบอร์โทรศัพท์ 02-926-9112

8.2.2.2 ระหว่างรอแพทย์ให้ผู้พบเหตุการณ์สวมชุดปกป้องส่วนบุคคล และถอดอุปกรณ์ปกป้องส่วนบุคคลที่ปนเปื้อนสารชีวภาพของผู้ประสบเหตุ หากสามารถดำเนินการได้

8.2.2.3 ทำการเช็ดสารชีวภาพของผู้ประสบเหตุ หากสามารถดำเนินการได้

8.2.2.4 ทำการลดการปนเปื้อนโดยใช้ 70-75% แอลกอฮอล์ เช็ดบริเวณที่ปนเปื้อนของผู้ประสบเหตุ หากสามารถดำเนินการได้

8.2.2.5 แจ้งผู้ดำเนินการหรือผู้มีหน้าที่ปฏิบัติการ

8.2.2.6 ทำการจัดการสารชีวภาพหกรั่วไหลตามวิธีปฏิบัติมาตรฐานในการรับมือเหตุฉุกเฉินการหกรั่วไหลของสารชีวภาพ (CICM-BCC-SA-008)

8.2.2.7 ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์เขียนรายงานอุบัติเหตุ (CICM-BCC-FA-003) เพื่อแจ้งต่อ CICM-BCC

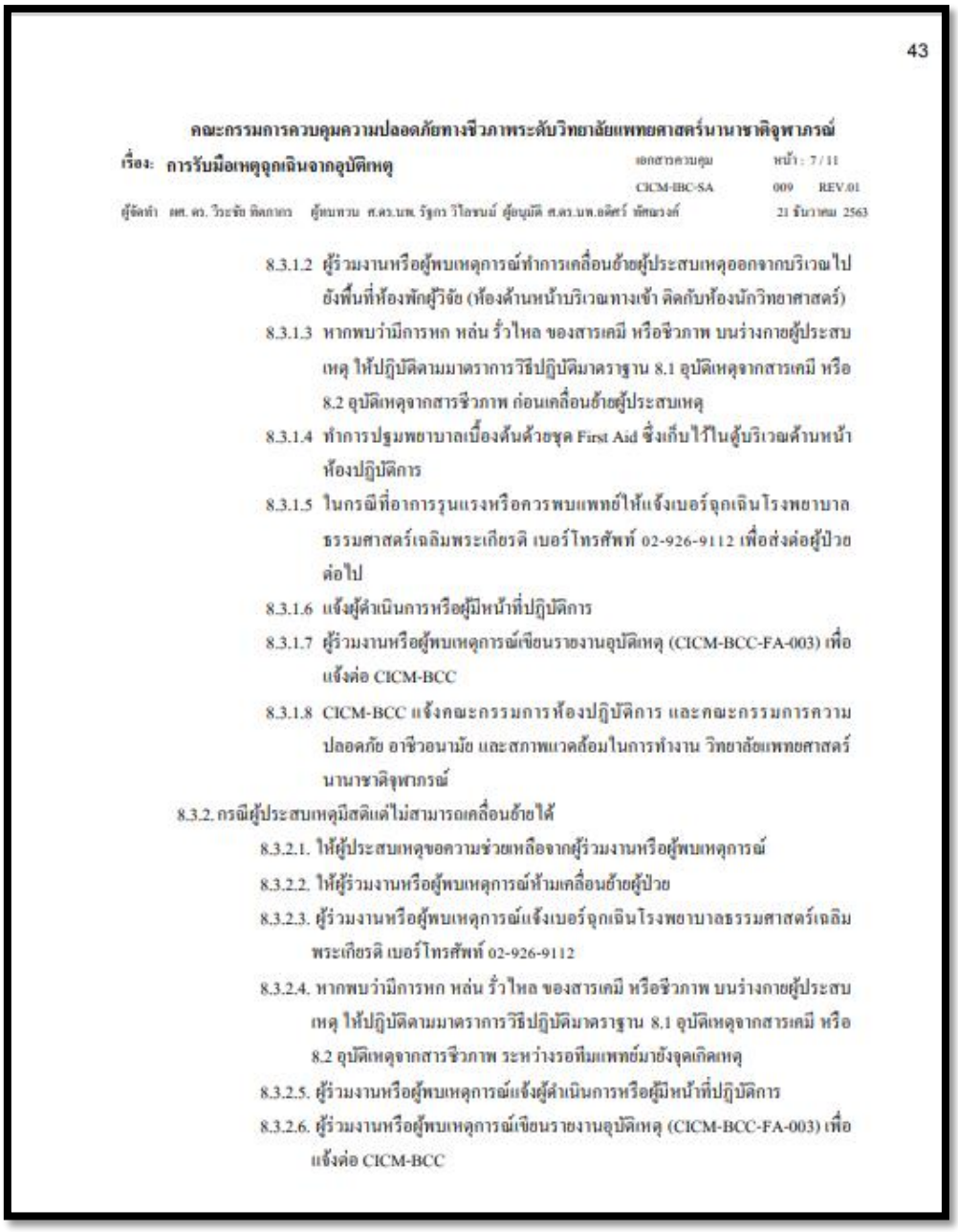
8.2.2.8 CICM-BCC แจ้งคณะกรรมการห้องปฏิบัติการ และคณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

8.3. **อุบัติเหตุจากการฉีดสัม ขีด ข่วน ขน หรือกระแทก**

8.3.1. ผู้ประสบเหตุมีสติและสามารถเคลื่อนย้ายได้

8.3.1.1 ผู้ประสบเหตุมีสติสามารถเคลื่อนไหวได้ ให้แจ้งผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์

ภาพที่ 47 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)



43

คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

เรื่อง: การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ

เอกสารควบคุม CICM-BBC-SA หน้า : 7 / 11 009 REV.01

ผู้จัดทำ ผศ. ดร. วิวะชัย ทิลกากร ผู้ทบทวน ศ.ดร.นพ. รัฐกร วิโรจนนท์ ผู้อนุมัติ ศ.ดร.นพ.อดิศร์ ทัศนวงศ์ 21 ธันวาคม 2563

8.3.1.2 ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์ทำการเคลื่อนย้ายผู้ประสบเหตุออกจากบริเวณไปยังพื้นที่ห้องพักผู้วิจัย (ห้องด้านหน้าบริเวณทางเข้า ติดกับห้องนักวิทยาศาสตร์)

8.3.1.3 หากพบว่ามีการหก หล่น รั่วไหล ของสารเคมี หรือชีวภาพ บนร่างกายผู้ประสบเหตุ ให้ปฏิบัติตามมาตราการวิธีปฏิบัติมาตราฐาน 8.1 อุบัติเหตุจากสารเคมี หรือ 8.2 อุบัติเหตุจากสารชีวภาพ ก่อนเคลื่อนย้ายผู้ประสบเหตุ

8.3.1.4 ทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้นด้วยชุด First Aid ซึ่งเก็บไว้ในตู้บริเวณด้านหน้าห้องปฏิบัติการ

8.3.1.5 ในกรณีที่อาการรุนแรงหรือควรพบแพทย์ให้แจ้งเบอร์ฉุกเฉินโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เบอร์โทรศัพท์ 02-926-9112 เพื่อส่งต่อผู้ป่วยต่อไป

8.3.1.6 แจ้งผู้ดำเนินการหรือผู้มีหน้าที่ปฏิบัติการ

8.3.1.7 ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์เขียนรายงานอุบัติเหตุ (CICM-BCC-FA-003) เพื่อแจ้งต่อ CICM-BCC

8.3.1.8 CICM-BCC แจ้งคณะกรรมการห้องปฏิบัติการ และคณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

8.3.2. กรณีผู้ประสบเหตุมีสติแต่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้

8.3.2.1. ให้ผู้ประสบเหตุขอความช่วยเหลือจากผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์

8.3.2.2. ให้ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์ห้ามเคลื่อนย้ายผู้ป่วย

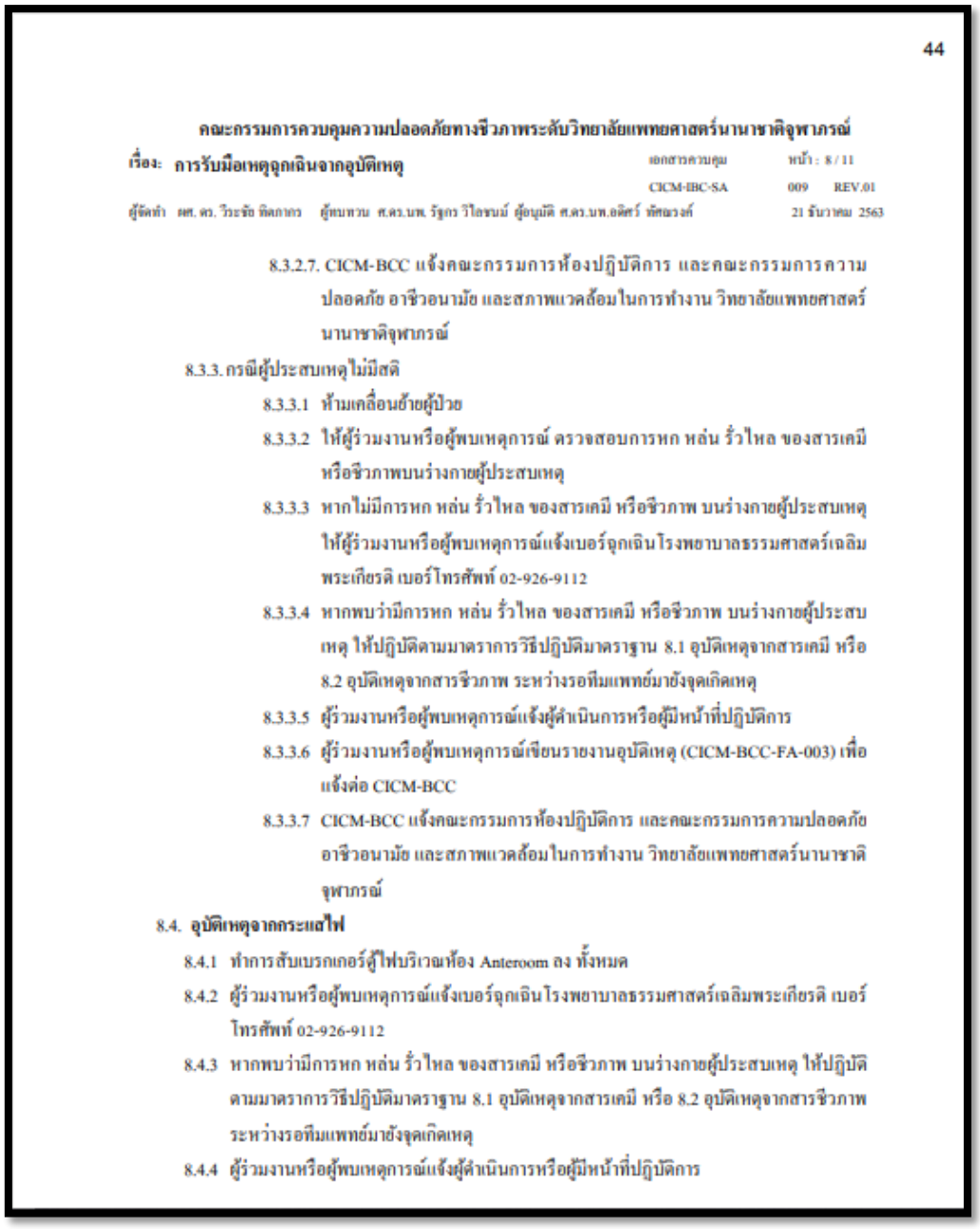
8.3.2.3. ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์แจ้งเบอร์ฉุกเฉินโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เบอร์โทรศัพท์ 02-926-9112

8.3.2.4. หากพบว่ามีการหก หล่น รั่วไหล ของสารเคมี หรือชีวภาพ บนร่างกายผู้ประสบเหตุ ให้ปฏิบัติตามมาตราการวิธีปฏิบัติมาตราฐาน 8.1 อุบัติเหตุจากสารเคมี หรือ 8.2 อุบัติเหตุจากสารชีวภาพ ระหว่างรอทีมแพทย์มายังจุดเกิดเหตุ

8.3.2.5. ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์แจ้งผู้ดำเนินการหรือผู้มีหน้าที่ปฏิบัติการ

8.3.2.6. ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์เขียนรายงานอุบัติเหตุ (CICM-BCC-FA-003) เพื่อแจ้งต่อ CICM-BCC

ภาพที่ 48 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)



44

คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

เรื่อง: การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ

เอกสารควบคุม CICM-IBC-SA หน้า : 8 / 11 009 REV.01

ผู้จัดทำ ผศ. ดร. วิระชัย ทิดกาดา ผู้ทบทวน ศ.คร.นพ. รัฐกร วิไลชนม์ ผู้อนุมัติ ศ.คร.นพ.อดิศร์ ทัศนวงศ์ 21 ธันวาคม 2563

8.3.2.7. CICM-BCC แจ้งคณะกรรมการห้องปฏิบัติการ และคณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

8.3.3. กรณีผู้ประสบเหตุไม่มีสติ

8.3.3.1 ห้ามเคลื่อนย้ายผู้ป่วย

8.3.3.2 ให้ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์ ตรวจสอบการหก หล่น รั่วไหล ของสารเคมี หรือชีวภาพบนร่างกายผู้ประสบเหตุ

8.3.3.3 หากไม่มีการหก หล่น รั่วไหล ของสารเคมี หรือชีวภาพ บนร่างกายผู้ประสบเหตุ ให้ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์แจ้งเบอร์ฉุกเฉินโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เบอร์โทรศัพท์ 02-926-9112

8.3.3.4 หากพบว่ามีการหก หล่น รั่วไหล ของสารเคมี หรือชีวภาพ บนร่างกายผู้ประสบเหตุ ให้ปฏิบัติตามมาตราการวิธีปฏิบัติมาตราฐาน 8.1 อุบัติเหตุจากสารเคมี หรือ 8.2 อุบัติเหตุจากสารชีวภาพ ระหว่างรอทีมแพทย์มายังจุดเกิดเหตุ

8.3.3.5 ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์แจ้งผู้ดำเนินการหรือผู้มีหน้าที่ปฏิบัติการ

8.3.3.6 ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์เขียนรายงานอุบัติเหตุ (CICM-BCC-FA-003) เพื่อแจ้งต่อ CICM-BCC

8.3.3.7 CICM-BCC แจ้งคณะกรรมการห้องปฏิบัติการ และคณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

8.4. **อุบัติเหตุจากกระแสไฟ**

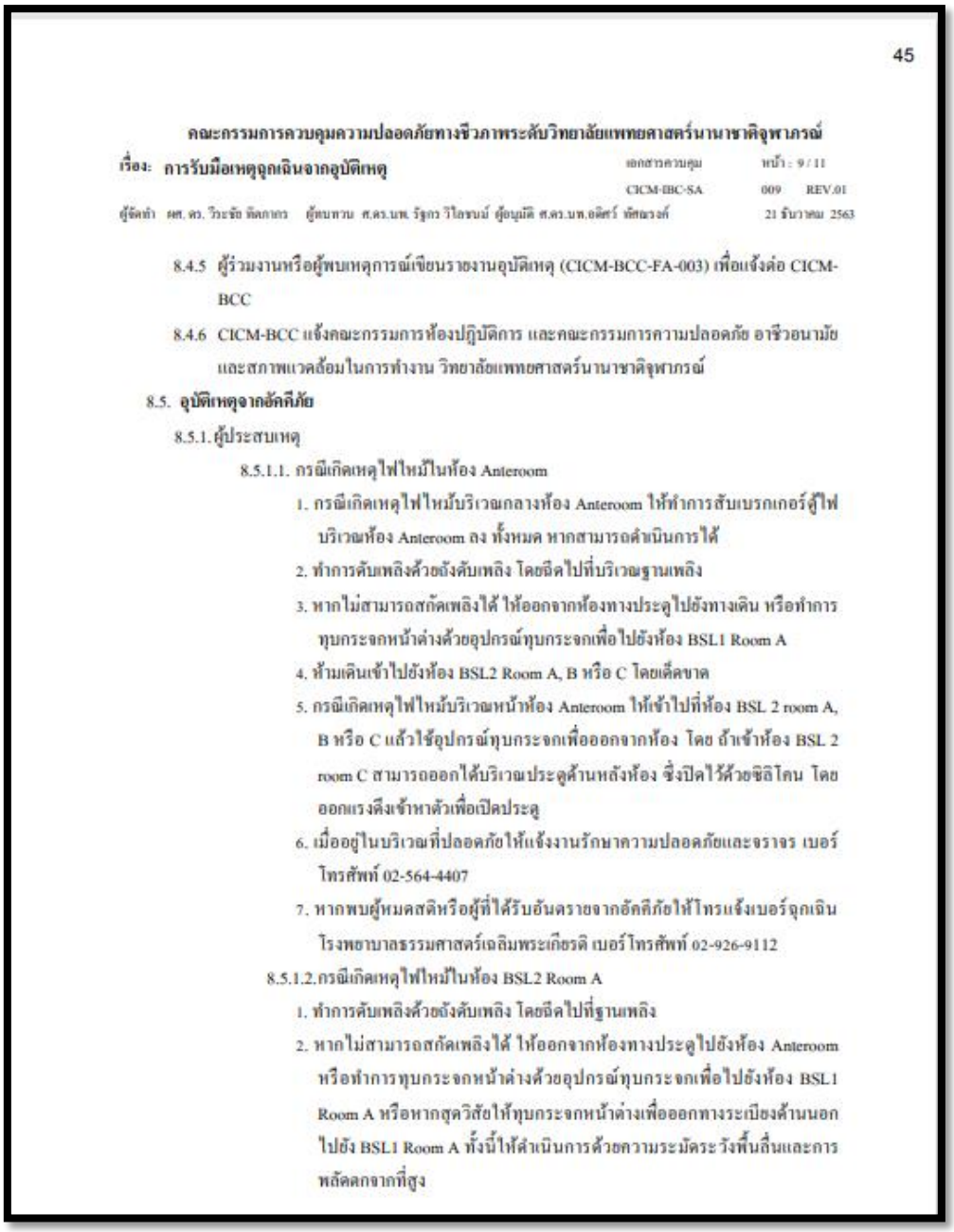
8.4.1 ทำการสับเบรกเกอร์คู่ไฟบริเวณห้อง Anteroom ลง ทั้งหมด

8.4.2 ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์แจ้งเบอร์ฉุกเฉินโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เบอร์โทรศัพท์ 02-926-9112

8.4.3 หากพบว่ามีการหก หล่น รั่วไหล ของสารเคมี หรือชีวภาพ บนร่างกายผู้ประสบเหตุ ให้ปฏิบัติตามมาตราการวิธีปฏิบัติมาตราฐาน 8.1 อุบัติเหตุจากสารเคมี หรือ 8.2 อุบัติเหตุจากสารชีวภาพ ระหว่างรอทีมแพทย์มายังจุดเกิดเหตุ

8.4.4 ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์แจ้งผู้ดำเนินการหรือผู้มีหน้าที่ปฏิบัติการ

ภาพที่ 49 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)



45

คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

เรื่อง: การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ

เอกสารควบคุม CICM-BBC-SA หน้า : 9 / 11 009 REV.01

ผู้จัดทำ ผศ. ดร. วิระชัย ทิดกาดา ผู้ทบทวน ศ.ดร.นพ. รัฐกร วิไลชนม์ ผู้อนุมัติ ศ.ดร.นพ.อดิศร์ พิศลวงศ์ 21 ธันวาคม 2563

8.4.5 ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์เขียนรายงานอุบัติเหตุ (CICM-BCC-FA-003) เพื่อแจ้งต่อ CICM-BCC

8.4.6 CICM-BCC แจ้งคณะกรรมการห้องปฏิบัติการ และคณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

**8.5. อุบัติเหตุจากอัคคีภัย**

8.5.1. ผู้ประสบเหตุ

8.5.1.1. กรณีเกิดเหตุไฟไหม้ในห้อง Anteroom

1. กรณีเกิดเหตุไฟไหม้บริเวณกลางห้อง Anteroom ให้ทำการสับเบรกเกอร์ตู้ไฟบริเวณห้อง Anteroom ลง ทั้งหมด หากสามารถดำเนินการได้
2. ทำการดับเพลิงด้วยถังดับเพลิง โดยฉีดไปที่บริเวณฐานเพลิง
3. หากไม่สามารถสกัดเพลิงได้ ให้ออกจากห้องทางประตูไปยังทางเดิน หรือทำการทุบกระจกหน้าต่างด้วยอุปกรณ์ทุบกระจกเพื่อไปยังห้อง BSL1 Room A
4. ห้ามเดินเข้าไปยังห้อง BSL2 Room A, B หรือ C โดยเด็ดขาด
5. กรณีเกิดเหตุไฟไหม้บริเวณหน้าห้อง Anteroom ให้เข้าไปที่ห้อง BSL 2 room A, B หรือ C แล้วใช้อุปกรณ์ทุบกระจกเพื่อออกจากห้อง โดย ถ้าเข้าห้อง BSL 2 room C สามารถออกได้บริเวณประตูด้านหลังห้อง ซึ่งปิดไว้ด้วยซิลิโคน โดยออกแรงดึงเข้าหาตัวเพื่อเปิดประตู
6. เมื่ออยู่ในบริเวณที่ปลอดภัยให้แจ้งงานรักษาความปลอดภัยและจราจร เบอร์โทรศัพท์ 02-564-4407
7. หากพบผู้หมดสติหรือผู้ที่ได้รับอันตรายจากอัคคีภัยให้โทรแจ้งเบอร์ฉุกเฉินโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เบอร์โทรศัพท์ 02-926-9112

8.5.1.2.กรณีเกิดเหตุไฟไหม้ในห้อง BSL2 Room A

1. ทำการดับเพลิงด้วยถังดับเพลิง โดยฉีดไปที่ฐานเพลิง
2. หากไม่สามารถสกัดเพลิงได้ ให้ออกจากห้องทางประตูไปยังห้อง Anteroom หรือทำการทุบกระจกหน้าต่างด้วยอุปกรณ์ทุบกระจกเพื่อไปยังห้อง BSL1 Room A หรือหากสุดวิสัยให้ทุบกระจกหน้าต่างเพื่อออกทางระเบียงด้านนอกไปยัง BSL1 Room A ทั้งนี้ให้ดำเนินการด้วยความระมัดระวังพื้นลื่นและการพลัดตกจากที่สูง

ภาพที่ 50 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)

46

คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

เรื่อง: การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ

เอกสารควบคุม CICM-IBC-SA หน้า : 10 / 11 009 REV.01

ผู้จัดทำ ผศ. ดร. วีระชัย ชิดกากร ผู้ทบทวน ศ.ดร.นพ. รัฐกร วิไลขนบ์ ผู้อนุมัติ ศ.ดร.นพ.อดิศร์ ชัชวงค์ 21 ธันวาคม 2563

3. ห้ามเดินเข้าไปยังห้อง BSL2 Room B หรือ C โดยเด็ดขาด
4. เมื่ออยู่ในบริเวณที่ปลอดภัยให้แจ้งงานรักษาความปลอดภัยและจราจร เบอร์โทรศัพท์ 02-564-4407
5. หากพบผู้หมดสติหรือผู้ที่ได้รับอันตรายจากอัคคีภัยให้โทรแจ้งเบอร์ฉุกเฉินโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เบอร์โทรศัพท์ 02-926-9112

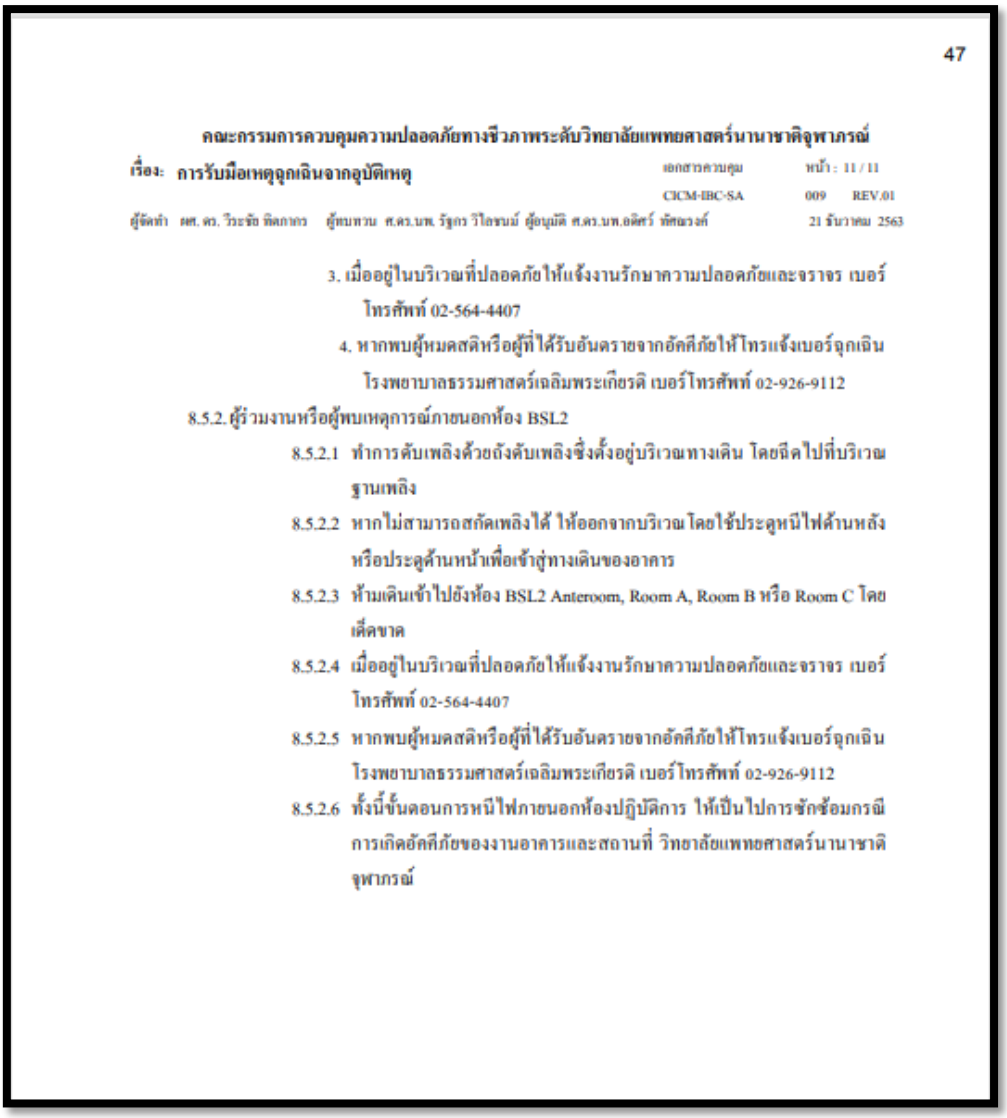
8.5.1.3. กรณีเกิดไฟไหม้เหตุในห้อง BSL2 Room B

1. ทำการดับเพลิงด้วยถังดับเพลิง โดยฉีดไปที่ฐานเพลิง
2. หากไม่สามารถสกัดเพลิงได้ ให้ออกจากห้องทางประตูไปยังห้อง Anteroom หรือทำการทุบกระจกหน้าต่างด้วยอุปกรณ์ทุบกระจกเพื่อไปยังห้อง BSL2 Room A หรือ C หรือหากสุดวิสัยให้ทุบกระจกหน้าต่างเพื่อออกทางระเบียงด้านนอก ไปยัง BSL1 Room A ทั้งนี้ให้ดำเนินการด้วยความระมัดระวังพื้นลื่นและการพลัดตกจากที่สูง
3. เมื่ออยู่ในบริเวณที่ปลอดภัยให้แจ้งงานรักษาความปลอดภัยและจราจร เบอร์โทรศัพท์ 02-564-4407
4. หากพบผู้หมดสติหรือผู้ที่ได้รับอันตรายจากอัคคีภัยให้โทรแจ้งเบอร์ฉุกเฉินโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เบอร์โทรศัพท์ 02-926-9112

8.5.1.4. กรณีเกิดเหตุในห้อง BSL2 Room C

1. หากเพลิงไหม้บริเวณท้ายห้อง ไม่สามารถเข้าถึงถังดับเพลิงบริเวณท้ายห้องได้ ให้ใช้ถังดับเพลิงห้อง Anteroom
   i. ทำการดับเพลิงด้วยถังดับเพลิง โดยฉีดไปที่บริเวณฐานเพลิง
   ii. หากไม่สามารถสกัดเพลิงได้ ให้ออกจากห้องทางประตูไปยังห้อง Anteroom หรือทำการทุบกระจกหน้าต่างด้วยอุปกรณ์ทุบกระจกเพื่อไปยังทางเดิน
2. หากเพลิงไหม้บริเวณหน้าห้อง ไม่สามารถใช้ประตูทางออกไปยัง Anteroom ได้
   iii. ทำการดับเพลิงด้วยถังดับเพลิงซึ่งตั้งอยู่บริเวณท้ายห้อง โดยฉีดไปที่บริเวณฐานเพลิง
   iv. หากไม่สามารถสกัดเพลิงได้ ให้ทุบกำแพงเพื่อไปยัง BSL Room B หรือหรือกระจกด้านข้างเพื่อไปยังทางเดิน

ภาพที่ 51 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)



47

คณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพระดับวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

เรื่อง: การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ

เอกสารควบคุม CICM-IBC-SA หน้า : 11 / 11 009 REV.01

ผู้จัดทำ ผศ. ดร. วีระชัย ทิดกาวร ผู้ทบทวน ศ.ดร.นพ. รัฐกร วิไลชนม์ ผู้อนุมัติ ศ.ดร.นพ.อดิศร์ ทัศนวงศ์ 21 ธันวาคม 2563

3. เมื่ออยู่ในบริเวณที่ปลอดภัยให้แจ้งงานรักษาความปลอดภัยและจราจร เบอร์โทรศัพท์ 02-564-4407

4. หากพบผู้หมดสติหรือผู้ที่ได้รับอันตรายจากอัคคีภัยให้โทรแจ้งเบอร์ฉุกเฉินโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เบอร์โทรศัพท์ 02-926-9112

8.5.2. ผู้ร่วมงานหรือผู้พบเหตุการณ์ภายนอกห้อง BSL2

8.5.2.1 ทำการดับเพลิงด้วยถังดับเพลิงซึ่งตั้งอยู่บริเวณทางเดิน โดยนำไปที่บริเวณฐานเพลิง

8.5.2.2 หากไม่สามารถสกัดเพลิงได้ ให้ออกจากบริเวณโดยใช้ประตูหนีไฟด้านหลังหรือประตูด้านหน้าเพื่อเข้าสู่ทางเดินของอาคาร

8.5.2.3 ห้ามเดินเข้าไปยังห้อง BSL2 Anteroom, Room A, Room B หรือ Room C โดยเด็ดขาด

8.5.2.4 เมื่ออยู่ในบริเวณที่ปลอดภัยให้แจ้งงานรักษาความปลอดภัยและจราจร เบอร์โทรศัพท์ 02-564-4407

8.5.2.5 หากพบผู้หมดสติหรือผู้ที่ได้รับอันตรายจากอัคคีภัยให้โทรแจ้งเบอร์ฉุกเฉินโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ เบอร์โทรศัพท์ 02-926-9112

8.5.2.6 ทั้งนี้ขั้นตอนการหนีไฟภายนอกห้องปฏิบัติการ ให้เป็นไปการซักซ้อมกรณีการเกิดอัคคีภัยของงานอาคารและสถานที่ วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

ภาพที่ 52 แสดงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOPs) เรื่อง การรับมือเหตุฉุกเฉินจากอุบัติเหตุ (ต่อ)

# ประวัติผู้เขียน

**นางสาววิไลลักษณ์ อำพันศรี**

**วัน/เดือน/ปีเกิด** 31 มกราคม 2532

**ที่อยู่** หมู่บ้านเปรมประชาบูทีค
เลขที่ 44/51 หมู่ที่ 2 ตำบลบางกระสั้น
อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13160

**อีเมลล์ :** wilailuk@staff.tu.ac.th

**โทรศัพท์ :** 098-262-2187

**ประวัติการศึกษา**

| ลำดับ | วุฒิการศึกษา/วิชาเอก | ปีที่จบการศึกษา | สถานศึกษา |
|---|---|---|---|
| 1 | วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (นิติวิทยาศาสตร์) | 2559 | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 2 | วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) | 2554 | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |

**ประวัติการทำงาน**

| ลำดับ | ตำแหน่ง | ปีที่ทำงาน | สถานที่ทำงาน |
|---|---|---|---|
| 1 | นักวิทยาศาสตร์พนักงานมหาวิทยาลัย (ส่วนงาน) | 2563-ปัจจุบัน | วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต |
| 2 | นักวิทยาศาสตร์พนักงานเงินรายได้ วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ (ประเภทประจำ) | 2559-2563 | วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต |
| 3 | นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ | 2558-2559 | สำนักตรวจสอบคุณภาพสินค้าปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ |
| 4 | Pilot Plant Supervisor | 2556-2558 | บริษัท ซีดีไอพี จำกัด |
| 5 | ผู้ช่วยนักวิจัย | 2555-2556 | ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (Biotech) สวทช. |