คู่มือการใช้งาน (Instruction Manual)

หมายเลขเอกสาร (For OD) KM Document No.	SLRI-TN-2022-002	
ชื่อเรื่อง Title	คู่มือความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์และห้องปฏิบัติการเตรียมสาร	
ชื่อฝ่าย Department	ฝ่ายสถานีวิจัย	
วันที่เขียนรายงาน Date of Report	17 มีนาคม 2564	
ผู้ตรวจสอบ/ตรวจทาน	นายสุรเชษฐ์ รัตนสุพร รักษาการหัวหน้าส่วนออกแบบและสนับสนุนระบบลำเลียงแสง	ผศ.ดร. ศุภกร รักใหม่ หัวหน้าฝ่ายสถานีวิจัย
ระดับการเปิดเผยข้อมูล **(Level of Disclosure)**	☐ ข้อมูลในรายงานเป็นความลับ (Undisclosed)	
	☐ เปิดเผยข้อมูลเฉพาะภายในฝ่ายหรือส่วนงาน (Information can be disclosed within department/section)	
	☑ เปิดเผยข้อมูลได้สำหรับพนักงานของสถาบันฯ และอนุญาตให้บันทึกข้อมูลเข้าเป็นส่วนหนึ่งของระบบ Knowledge Management ภายในสถาบันฯ (Information can be disclosed for SLRI staffs and can be part of SLRI's Knowledge Management System)	
	☐ เปิดเผยข้อมูลได้เพื่อเป็นองค์ความรู้สาธารณะ เช่นเว็บไซต์ของสถาบันฯ (Information is available for public)	
คำสำคัญ Keyword	คู่มือความปลอดภัย เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ห้องปฏิบัติการ ห้องปฏิบัติการเตรียมสาร	

รายชื่อผู้ดำเนินโครงการและจัดทำรายงาน Name	**ส่วนร่วมในการปฏิบัติงานในโครงการ** Responsible tasks in the project
นางสาวนฤมล โม้ทอง	ผู้เขียน
นางสาวปาริชาติ ชุลี	ผู้เขียน

SYNCHROTRON
THAILAND
CENTRAL LAB

คู่มือความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์และห้องปฏิบัติการเตรียมสาร

ส่วนออกแบบและสนับสนุนระบบลำเลียงแสง
สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

พ.ศ. 2564

คำนำ

คู่มือความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์และห้องปฏิบัติการเตรียมสารฉบับนี้ จัดทำโดย ส่วนออกแบบและสนับสนุนระบบลำเลียงแสง ฝ่ายสถานีวิจัย สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) เพื่อให้ผู้ใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์และห้องปฏิบัติการมีแนวทางการปฏิบัติร่วมกันในการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ให้ถูกวิธี มีประสิทธิภาพ และเกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้ ผู้อื่น สิ่งแวดล้อม และสถาบันฯ

ส่วนออกแบบและสนับสนุนระบบลำเลียงแสง
17 มีนาคม 2564

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญตาราง	ค
ระเบียบในการใช้ห้องปฏิบัติการ	1
1. การเตรียมตัวก่อนปฏิบัติการ	1
2. การเบิกจ่ายวัสดุสิ้นเปลือง	2
3. การเบิกสารเคมี	2
4. การใช้ห้องปฏิบัติการ	2
5. การขอใช้บริการเครื่องมือห้องปฏิบัติการ	3
6. การจัดการของเสียเคมี	4
7. การดำเนินการเมื่อเกิดอุบัติเหตุจากสารเคมี	9
8. การปฏิบัติเมื่อได้รับอุบัติเหตุจากสารเคมี	12
ความรู้ทั่วไปในการเตรียมสารละลาย	13
1. หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย	13
2. การเตรียมสารละลายให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ	14
3. การรายงานผลการทดลอง	18
4. สารละลายบัฟเฟอร์	20
การใช้งานเครื่องมือวิทยาศาสตร์	27
1. เครื่องชั่งไฟฟ้าดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical balance)	28
2. เครื่องบดสารตัวอย่าง (Mini mill)	30
3. เครื่องอัดสารตัวอย่างแบบออโต้ (Automatic hydraulic press)	32
4. เครื่องอัดสารตัวอย่างแบบมือโยก (Manual hydraulic press)	35
5. เครื่อง Photo surface processor (UV/Ozone)	37
6. เครื่องล้างความถี่สูง (Ultrasonic Cleaner)	40
7. เครื่องขัดผิวหน้าวัสดุด้วยพลาสมา (Plasma surface technology)	43
8. เครื่องผลิตน้ำ RO (Reverse Osmosis) และน้ำปราศจากไอออน (DEIONIZED WATER; DI)	45
9. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ Binder รุ่น ED	47
10. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น UF55	49
11. ตู้ดูดไอระเหยสารเคมี (Fume hood)	61
12. ตู้เก็บสารเคมี (Storage cupboard)	63

13. ตู้เย็น (Refrigerator) 64
14. ตู้ดูดความชื้นอัตโนมัติ (Auto desiccators) 65
15. เตาให้ความร้อนและกวนสารละลาย (Hot plate and Stirrer) 67
เอกสารอ้างอิง 69

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 หน่วยของความเข้มข้นที่มีปริมาณน้อยๆ ซึ่งนิยมใช้อยู่ในขณะนี้ 14
ตารางที่ 2 อินดิเคเตอร์บางชนิดสำหรับ กรด-เบส 19
ตารางที่ 3 แสดงค่า pKb ของเบสอ่อนบางชนิด 24
ตารางที่ 4 แสดงค่า pKa ของกรดอ่อนบางชนิด 24
ตารางที่ 5 ตัวอย่างการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ 0.1 M Sodium phosphate buffer จำนวน 100 ml ที่อุณหภูมิ 25 ^{o}C ที่ pH ต่าง ๆ 25
ตารางที่ 6 การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ที่ใช้บ่อย 26

ระเบียบในการใช้ห้องปฏิบัติการ

1. การเตรียมตัวก่อนปฏิบัติการ

1.1 อ่านกฎระเบียบการใช้ห้องปฏิบัติการและปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด

1.2 ทราบข้อควรปฏิบัติเมื่อทำงานกับสารเคมี ดังนี้

(1) ต้องรู้กฎความปลอดภัยที่เกี่ยวกับการใช้สารเคมีและต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด

(2) ต้องศึกษารายละเอียดและขั้นตอนในคู่มือปฏิบัติการก่อนการปฏิบัติงาน

(3) ต้องศึกษาคุณสมบัติและอันตรายของสารเคมี หรือจุลชีพที่ใช้ก่อนปฏิบัติการ

(4) ต้องทราบตำแหน่งทางหนีไฟ ที่ล้างตัวฉุกเฉิน ที่วางอุปกรณ์ความปลอดภัย เช่น เครื่องดับเพลิง อุปกรณ์กำจัดสารเคมีเมื่อหกรั่วไหล

(5) ต้องทราบวิธีปฐมพยาบาลเบื้องต้น เมื่อได้รับอันตรายจากสารเคมี

(6) ต้องทราบวิธีทำความสะอาด เมื่อสารเคมีหกรั่วไหลหรือตกหล่น

(7) ต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสมกับลักษณะงาน เช่น แว่นตากันสารเคมี หน้ากากกรองสารเคมี ถุงมือ ผ้าปิดจมูก เสื้อคลุมปฏิบัติการ เป็นต้น

(8) ต้องปฏิบัติงานด้วยความระมัดระวัง และไม่ประมาท

(9) ต้องอ่านฉลากก่อนทุกครั้งที่ใช้สารเคมี

(10) ห้ามสูบบุหรี่ หรือนำอาหาร เครื่องดื่มมารับประทานในห้องปฏิบัติการ

(11) ห้ามเก็บอาหาร และเครื่องดื่มส่วนตัวในตู้เย็นของห้องปฏิบัติการที่ใช้เก็บตัวอย่าง เก็บสารเคมี และเก็บเชื้อจุลินทรีย์

(12) ต้องแต่งกายให้เหมาะสม รัดกุมในระหว่างทำปฏิบัติการ ห้ามสวมเครื่องประดับรุงรัง

(13) ห้ามสวมรองเท้าเปิดหัว รองเท้าแตะ รองเท้าส้นสูงในระหว่างทำปฏิบัติการ

(14) ห้ามสวมเสื้อคลุมปฏิบัติการ หรือถุงมือเมื่อออกจากเขตห้องปฏิบัติการ

(15) ห้ามเล่นหรือหยอกล้อกันในขณะทำปฏิบัติการ

(16) ห้ามเก็บสารเคมีในบริเวณทางเดิน บันได หรือวางบนพื้น ควรเก็บไว้ในพื้นที่ที่จัดไว้โดยเฉพาะ

(17) ภาชนะบรรจุสารเคมีทุกชนิด ต้องมีฉลากอย่างชัดเจน

(18) สารเคมีที่เตรียมขึ้นมาใหม่ ต้องระบุ ชื่อสารเคมี ส่วนประกอบ วันที่เตรียม ชื่อผู้เตรียม ไว้ข้างภาชนะบรรจุสารเคมีทุกครั้ง และเปลี่ยนฉลากทันทีเมื่อฉีกขาดหรือลบเลือน

(19) ต้องใช้สารเคมีในบริเวณที่อากาศถ่ายเทได้ดี หรือในตู้ดูดควัน

(20) ห้ามปฏิบัติงานกับสารเคมีอันตรายโดยลำพัง

(21) ต้องเฝ้าระวังการใช้สารเคมีอันตรายขณะทำปฏิบัติการ

(22) ต้องรับผิดชอบการใช้อุปกรณ์และสารเคมีของตนเอง

(23) การเตรียมสารเคมีที่มีไอระเหย กรด ด่าง ต้องทำในตู้ดูดควัน

(24) ห้ามเทน้ำลงกรด ให้เทกรดลงน้ำ

(25) ห้ามใช้ปากดูดปิเปตในการดูดสารละลาย ให้ใช้ลูกยาง

(26) ไม่ใช้จุกแก้วกับขวดบรรจุสารละลายด่าง เพราะจุกจะติดกับขวดจนเปิดไม่ได้

(27) ไม่ใช้จุกยางกับขวดบรรจุตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น แอลกอฮอล์ อะซีโตน

(28) การใช้สารเคมีไวไฟ ต้องเตรียมถังดับเพลิงให้พร้อมสำหรับใช้งานเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน

(29) ก่อนที่จะทำการจุดไฟ ต้องย้ายวัสดุไวไฟออกจากบริเวณดังกล่าวก่อน และต้องแน่ใจว่าได้ปิดภาชนะของเหลวไวไฟอย่างดีแล้ว

(30) ให้ระมัดระวังในการจุดไฟในห้องปฏิบัติการ ดับไฟทันทีเมื่อเลิกใช้งาน

(31) ของเสียที่เป็นสารเคมีต้องแยกเก็บ พร้อมติดป้ายฉลากระบุชนิดของเสียเคมีให้ชัดเจน

(32) ต้องแยกเครื่องแก้วแตก เศษของมีคม และขยะชีวภาพในภาชนะรองรับที่แยกต่างหากจากของเสียอื่นๆ

(33) ห้ามทิ้งสารเคมีใดๆ ลงท่อน้ำทิ้งโดยตรง ให้รวบรวมเก็บไว้ในภาชนะบรรจุของเสียเคมีเพื่อนำไปกำจัดด้วยวิธีที่ถูกต้องต่อไป

(34) เมื่อเลิกปฏิบัติการแล้ว ต้องล้างมือด้วยสบู่และน้ำสะอาด

2. การเบิกจ่ายวัสดุสิ้นเปลือง

(1) เขียนใบรายการ ลงชื่อผู้เบิก และ วัน เดือน ปี ส่งเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลห้องปฏิบัติการ

(2) ลงสมุดเบิก เขียนรายการและจำนวนที่ใช้

3. การเบิกสารเคมี

(1) เขียนใบรายการ ลงชื่อผู้เบิก วัน เดือน ปี ส่งเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลห้องปฏิบัติการ

(2) ลงสมุดเบิกสารเคมี เขียนรายการและจำนวนที่ใช้

(3) เมื่อใช้สารเคมีเสร็จต้องคืนทันที หรือภายในวันเดียวกันไม่เกิน 16.00 น.

(4) สารเคมีที่ใกล้จะหมด หรือเหลือประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ กรุณาแจ้งให้เจ้าหน้าที่ทราบล่วงหน้าเพื่อจะดำเนินการต่อไป แล้วนำขวดมาคืน

4. การใช้ห้องปฏิบัติการ

(1) ผู้ใช้ห้องปฏิบัติการต้องใช้บัตรอนุญาตเข้า ออก ห้องปฏิบัติการที่ออกให้โดยส่วนความปลอดภัย

(2) ผู้ใช้ห้องปฏิบัติการต้องผ่านการอบรม เรื่อง “ความปลอดภัยกับสารเคมี”

(3) ผู้ใช้ห้องปฏิบัติการต้องใช้เครื่องมือให้ถูกวิธี ปฏิบัติตามคู่มือการใช้งานของเครื่องมือนั้น หากต้องการคำแนะนำในการใช้เครื่องมือให้แจ้งแก่ผู้ควบคุมงาน (Local contact) หรือเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลห้องปฏิบัติการ

(4) หากพบว่าเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ใช้งานเกิดความเสียหายหรือชำรุดให้แจ้งเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลห้องปฏิบัติการทันที หากไม่มีการแจ้งให้ทราบผู้ใช้งานจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมด

(5) หากมีเหตุฉุกเฉินระหว่างเข้าใช้บริการ ให้แจ้ง

- ผู้ควบคุมงาน (Local contact)
- เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลห้องปฏิบัติการ เบอร์โทร 1777 หรือ 097-3438125 ปาริชาติ ชุลี
- เจ้าหน้าที่ส่วนความปลอดภัย เบอร์โทร 1555

5. การขอใช้บริการเครื่องมือห้องปฏิบัติการ

(1) ติดต่อเจ้าหน้าที่ดูแลห้องปฏิบัติการ ก่อนเข้าใช้งาน ล่วงหน้าอย่างน้อย 1-2 วัน (ติดต่อได้ที่ห้องสโตร์ฝ่ายสถานีวิจัย หรือ โทร.1777 หรือ 097-3438125 ปาริชาติ ชุลี ภายในวันและเวลาทำการ) แจ้งข้อมูลผู้ใช้บริการ ดังนี้

- ชื่อ และสังกัด
- ระยะเวลาการเข้าใช้บริการ
- เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ใช้บริการ
- อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่ยืมใช้บริการ
- ข้อมูลตัวอย่างที่นำมาใช้บริการ

(2) <u>กรณียืมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้งานกับเครื่องมือภายในห้องปฏิบัติการ</u> ผู้ใช้บริการกรอกแบบฟอร์มขอจองอุปกรณ์ และมารับอุปกรณ์ในวันเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการ ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ และลงชื่อรับอุปกรณ์

(3) <u>กรณีใช้เฉพาะเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ</u> ผู้ใช้บริการกรอกข้อมูลการเข้าใช้บริการออนไลน์ โดยสแกนคิวอาร์โค้ด ที่ติดไว้ภายในห้องปฏิบัติการฯ ให้ครบถ้วน และลงข้อมูลการใช้งานเครื่องมือในตารางเอกสารประจำเครื่อง ที่เจ้าหน้าที่ติดไว้ ให้ชัดเจน

(4) ผู้ใช้บริการเข้าใช้บริการห้องปฏิบัติการ ***หากมีเหตุฉุกเฉินระหว่างเข้าใช้บริการ ให้แจ้ง ผู้ควบคุมงาน (Local contact) หรือเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลห้องปฏิบัติการ หรือเจ้าหน้าที่ส่วนความปลอดภัยทันที ***

(5) ผู้ใช้บริการลงบันทึกการใช้งานเครื่องมือ

(6) ผู้ใช้บริการจัดเก็บอุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมา และทำความสะอาดเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ และพื้นที่ใช้งาน

(7) <u>กรณียืมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์</u> ผู้ใช้บริการนำอุปกรณ์ส่งคืนเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลห้องปฏิบัติการ ที่ห้องสโตร์ฝ่ายสถานีวิจัย เมื่อเจ้าหน้าที่ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์หลังใช้งาน

- หากเรียบร้อยเป็นปกติ ผู้ใช้บริการลงชื่อคืนอุปกรณ์ดังกล่าว

- หากผิดปกติ ผู้ใช้บริการรับผิดชอบต่อความเสียหายที่เกิดขึ้น ปรับตามระเบียบของสถาบันฯ

<u>หมายเหตุ</u>

หากพบว่าไม่มีการจองใช้เครื่องมือ แต่มีการใช้งานเครื่องมือ จะดำเนินการต่อไปนี้

- ทำการปิดเครื่องมือดังกล่าวทันที และจะไม่รับผิดชอบต่อความเสียหายที่เกิดขึ้นกับตัวอย่างหรือของที่นำมาทดลองไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น
- หากเครื่องมือวิทยาศาสตร์ เกิดความเสียหายหรือชำรุดผู้ใช้งานจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้น

6. การจัดการของเสียเคมี

6.1 การจำแนกประเภทของเสียเคมี

ต้องจำแนกประเภทของเสียเคมีที่เกิดขึ้นตามลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ของเสียชนิดของแข็ง และของเสียชนิดของเหลว

<u>ของเสียอันตรายชนิดของเหลว 18 ประเภท</u> ได้แก่

(1) **ของเสียที่เป็นกรด** (Acid Waste) หมายถึง ของเสียที่มี pH ต่ำกว่า 7 และมีกรดแร่ปนอยู่มากกว่า 5% เช่น กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4), กรดไนตริก (HNO_3), กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4), กรดไฮโดรฟลูออริก (HF)

(2) **ของเสียที่เป็นเบส** (Alkaline Waste) หมายถึง ของเสียที่มี pH สูงกว่า 7 และมีเบสปนอยู่มากกว่า 5% เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH), โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH), แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH)

(3) **ของเสียที่เป็นเกลือ** หมายถึง ของเสียที่มีคุณสมบัติเป็นเกลือ หรือของเสียที่เป็นผลิตผลจากการทำปฏิกิริยาของกรดกับเบส เช่น โซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมไนเตรต

(4) **ของเสียที่ประกอบด้วยฟอสฟอรัส หรือฟลูออไรด์** หมายถึง ของเสียที่เป็นของเหลวที่ประกอบด้วยฟอสฟอรัส/ฟลูออไรด์ เช่น กรดไฮโดรฟลูออริก สารประกอบฟลูออไรด์ ซิลิคอนฟลูออไรด์ กรดฟอสฟอริก

(5) **ของเสียที่ประกอบด้วยไซยาไนด์อนินทรีย์/อินทรีย์** หมายถึง ของเสียที่มีโซเดียมไซยาไนด์และของเสียที่มีสารประกอบเชิงซ้อนไซยาไนด์ หรือไซยาโนคอมเพล็กซ์เป็นส่วนประกอบ เช่น โซเดียมไซยาไนด์ (NaCN), $[Ni(CN_4)]^{2-}$, $[Cu(CN)_4]^{2-}$

(6) **ของเสียที่ประกอบด้วยโครเมียม** หมายถึง ของเสียที่มีโครเมียมเป็นองค์ประกอบ เช่น สารประกอบCr^{6+}, Cr^{3+}, กรดโครมิก

(7) **ของเสียที่เป็นสารปรอทอนินทรีย์/ปรอทอินทรีย์** หมายถึง ของเสียชนิดที่มีปรอทอนินทรีย์และปรอทอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ เช่น เมอคิวรี (II) คลอไรด์, อัลคิลเมอร์คิวรี

(8) **ของเสียที่เป็นสารอาร์เซนิก** หมายถึง ของเสียชนิดที่มีอาร์เซนิกเป็นองค์ประกอบ เช่นอาร์เซนิกออกไซด์ อาร์เซนิกคลอไรด์

(9) **ของเสียที่เป็นไอออนของโลหะหนักอื่นๆ** หมายถึง ของเสียที่มีไอออนของโลหะหนักอื่นซึ่งไม่ใช่โครเมียม อาร์เซนิก ไซยาไนด์ และปรอทเป็นส่วนผสม เช่น แบเรียม แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง

(10) **ของเสียประเภทออกซิไดซิงเอเจนต์** หมายถึง ของเสียที่มีคุณสมบัติในการให้อิเล็กตรอนซึ่งอาจเกิดปฏิกิริยารุนแรงกับสารอื่นทำให้เกิดการระเบิดได้ เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เปอร์แมงกาเนตไฮโปคลอไรต์

(11) **ของเสียประเภทรีดิวซิงเอเจนต์** หมายถึง ของเสียที่มีคุณสมบัติในการรับอิเล็กตรอน ซึ่งอาจเกิดปฏิกิริยารุนแรงกับสารอื่นทำให้เกิดการระเบิดได้ เช่น กรดซัลฟูรัส ไฮดราซีนไฮดรอกซิลเอมีน

(12) **ของเสียที่สามารถเผาไหม้ได้** หมายถึง ของเสียที่เป็นของเหลวอินทรีย์ที่สามารถเผาไหม้ได้ เช่น ตัวทำละลายอินทรีย์ อัลกอฮอล์เอสเทอร์ อัลดีไฮด์ คีโตน กรดอินทรีย์ และสารอินทรีย์พวกไนโตรเจนหรือกำมะถัน เช่น เอมีน เอไมด์ ไพริมิดีน คิวโนลิน รวมทั้งน้ำยาจากการล้างรูป (developer)

(13) **ของเสียที่เป็นน้ำมัน** หมายถึง ของเสียที่เป็นของเหลวอินทรีย์ประเภทไขมันที่ได้จากพืช และสัตว์ (เช่น กรดไขมัน น้ำมันพืชและสัตว์ น้ำมันปิโตรเลียม) และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำมัน (เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันเครื่อง น้ำมันหล่อลื่น)

(14) **ของเสียที่เป็นสารฮาโลเจน** หมายถึง ของเสียที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ของธาตุฮาโลเจน เช่น คาร์บอนเตตราคลอไรด์ (CCl_4) คลอโรเบนซิน (C_6H_5Cl) คลอโรเอทิลีน โบรมีนผสมตัวทำละลายอินทรีย์

(15) **ของเสียที่เป็นของเหลวอินทรีย์ที่ประกอบด้วยน้ำ** หมายถึง ของเสียที่เป็นของเหลวอินทรีย์ที่มีน้ำผสมอยู่มากกว่า 5% เช่น น้ำมันผสมน้ำ สารที่เผาไหม้ได้ผสมน้ำ เช่น อัลกอฮอล์ผสมน้ำ ฟีนอลผสมน้ำ กรดอินทรีย์ผสมน้ำ เอมีนหรืออัลดีไฮด์ผสมน้ำ

(16) **ของเสียที่เป็นสารไวไฟ** หมายถึง ของเสียที่สามารถลุกติดไฟได้ง่าย ซึ่งต้องแยกให้ห่างจากแหล่งกำเนิดไฟ ความร้อน ปฏิกิริยาเคมี เปลวไฟ เครื่องไฟฟ้า ปลั๊กไฟ เช่น อะซิโตน เบนซิน คาร์บอนไดซัลไฟด์ ไซโคลเฮกเซน ไดเอทธิลอีเทอร์ เอทธานอล เมทธานอล เมธิลอะซีเตต โทลูอีน ไซลีน ปิโตรเลียมสปิริต

(17) **ของเสียที่มีสารที่ทำให้สภาพคงตัว** หมายถึง ของเสียที่เป็นพวกน้ำยาล้างรูป ซึ่งประกอบไปด้วยสารเคมีอันตรายและสารอินทรีย์ เช่น ของเสียจากห้องมืด (Dark room) สำหรับล้างรูป ซึ่งประกอบด้วยโลหะเงินและของเหลวอินทรีย์

(18) **ของเสียที่เป็นสารระเบิดได้** หมายถึง ของเสียหรือสารประกอบที่เมื่อได้รับความร้อน การเสียดสี แรงกระแทก ผสมกับน้ำ หรือความดันสูงๆ สามารถระเบิดได้ เช่น พวกไนเตรต ไนตรามีน คลอเรต ไนโตรเปอร์คลอเรต พิเครต (picrate) เอไซด์ ไดเอโซ เปอร์ออกไซด์ อะเซติไลด์ อะซิติคลอไรด์

<u>ของเสียอันตรายชนิดของแข็ง 5 ประเภท</u> ได้แก่

(1) **ขวดแก้ว ขวดสารเคมีที่ใช้หมดแล้ว** หมายถึง ขวดแก้วเปล่าที่เคยบรรจุสารเคมีทั้งชนิดของเหลวและของแข็ง ขวดพลาสติกเปล่าที่เคยบรรจุสารเคมีทั้งชนิดของเหลวและของแข็ง

(2) **เครื่องแก้ว หรือ ขวดสารเคมีแตก** หมายถึง เครื่องแก้ว ขวดแก้วที่แตก หักชำรุด หลอดทดลองที่แตกหัก ชำรุด

(3) **Toxic Waste** หมายถึง สารพิษ สารเคมีอันตราย สารก่อมะเร็ง เช่น สารเคมีหมดอายุ สารเคมีที่เสื่อมคุณภาพ สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

(4) **Organic Waste** หมายถึง ของเสียชนิดของแข็งที่มีจุลินทรีย์ปนเปื้อน หรือมีเชื้อก่อโรคปนเปื้อน เช่น อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง

(5) **ขยะปนเปื้อนสารเคมี** หมายถึง ขยะที่มีการปนเปื้อนสารเคมี หรือบรรจุภัณฑ์ที่ปนเปื้อนสารเคมี เช่น ทิชชู ถุงมือ เศษผ้า หน้ากาก หรือบรรจุภัณฑ์ที่ปนเปื้อนสารเคมี

<u>ของเสียอันตรายพิเศษ 4 ประเภท</u> ได้แก่

(1) **ของเสียที่เป็นสารกัมมันตรังสี** หมายถึง ของเสียที่ประกอบด้วยสารกัมมันตรังสี ซึ่งเป็นสารที่ไม่เสถียร สามารถแผ่รังสี ทำให้เกิดอันตรายต่อทั้งสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม เช่น S^{35}, P^{32}, I^{125}

(2) **ของเสียที่มีจุลินทรีย์** หมายถึง ของเสียที่มีสารประกอบของสารจุลินทรีย์ที่อาจมีอันตรายหรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ เช่น ของเสียที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ แยกเชื้อ บ่มเพาะจุลินทรีย์ รา เชื้อในถังหมัก (เมื่อฆ่าเชื้อแล้วกำจัดทิ้งเหมือนของเสียทั่วไป)

(3) **ของเสียจาก pilot plant** หมายถึง ของเสียที่เกิดจากกิจกรรมใน pilot plant ซึ่งเป็นเชื้อจุลินทรีย์หรือสารเคมี ซึ่งหากมีการระบายของเสียลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียจำนวนมากจะทำให้ระบบบำบัดเสียหายได้ เช่น ของเสียที่ได้จากกิจกรรมการวิจัยหรือบริการ โดยใช้ถังหมักขนาดใหญ่ หรือจากกิจกรรมของเครื่องมือในระดับต้นแบบ

(4) **ของเสีย Ethidium bromide (EtBr)** หมายถึง ของเสียอันตรายทั้งชนิดของเหลวและของแข็งที่มีการปนเป้อื น หรือมีส่วนประกอบของ EtBr เช่น EtBr buffer solution, EtBr Gel ทิชชูหรือบรรจุภัณฑ์ที่ปนเปื้อน EtBr

6.2 การรวบรวมและจัดเก็บของเสียเคมีเพื่อรอกำจัด

มีจุดประสงค์เพื่อให้มีปริมาณของเสียอันตรายมากพอที่จะนำไปบำบัด และกำจัด หรือเก็บรวบรวมไว้ เพื่อรอการขนย้าย และกำจัดภายนอกสถาบันฯ การเก็บรวบรวมของเสียอันตราย มีแนวทางปฏิบัติดังนี้

(1) จำแนกของเสียให้ถูกต้องตามเกณฑ์การจำแนก และจัดเก็บในภาชนะบรรจุของเสียที่เหมาะสมตามประเภทความเป็นอันตรายของของเสีย เช่น ไม่ใช้ภาชนะโลหะในการเก็บของเสียประเภทกรด หากใช้ขวดสารเคมีที่ใช้หมดแล้วมาบรรจุของเสีย สารเคมีในขวดเดิมต้องไม่ใช่สารที่เข้ากันไม่ได้กับของเสียนั้น เป็นต้น

(2) ตรวจสอบสภาพภาชนะบรรจุของเสีย เช่น รอยรั่ว หรือ แตกร้าวอย่างสม่ำเสมอ

(3) ภาชนะบรรจุของเสียต้องทนทานต่อการกัดกร่อนและมีฝาปิดมิดชิด

(4) ภาชนะทุกชนิดที่บรรจุของเสียต้องมีฉลากที่เหมาะสม หากใช้ขวดสารเคมีเก่าบรรจุของเสีย ต้องลอกฉลากเดิมออกก่อนและติดฉลากใหม่ที่มีข้อมูลครบถ้วน ดังนี้

- มีคำว่า“ของเสีย”ระบุไว้อย่างชัดเจน
- ระบุประเภทของเสีย/ประเภทความเป็นอันตราย
- ส่วนประกอบของของเสีย (ถ้าเป็นไปได้)
- วันที่เริ่มบรรจุของเสีย
- ชื่อห้องปฏิบัติการ/ชื่อเจ้าของ

(5) ข้อความบนฉลากมีความชัดเจน ไม่จาง ไม่เลือน

(6) ตรวจสอบสภาพของฉลากบนภาชนะของเสียอย่างสม่ำเสมอ

(7) ห้ามบรรจุของเสียเกินกว่า 80% ของความจุของภาชนะ หรือปริมาณของเสียต้องอยู่ต่ำกว่าปากภาชนะอย่างน้อย 1 นิ้ว

(8) มีการกำหนดพื้นที่หรือบริเวณจัดเก็บของเสียอย่างชัดเจน

(9) จัดเก็บหรือจัดวางของเสียที่เข้ากันไม่ได้โดยอิงตามเกณฑ์การเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี (chemical incompatibility) สามารถใช้เกณฑ์เดียวกับการจัดเก็บสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้

(10) ควรจัดเก็บของเสียในบริเวณที่มีการระบายอากาศดี

(11) มีภาชนะรองรับ (secondary container) ภาชนะบรรจุของเสียที่เหมาะสม

(12) ห้ามวางภาชนะบรรจุของเสียใกล้ท่อระบายน้ำ ใต้ หรือ ในอ่างน้ำ หากจำเป็นต้องมีภาชนะรองรับ

(13) ห้ามวางภาชนะบรรจุของเสียใกล้บริเวณอุปกรณ์ฉุกเฉิน เช่น ฝักบัวฉุกเฉิน

(14) ห้ามวางภาชนะบรรจุของเสียปิดหรือขวางทาง เข้า-ออก

(15) วางภาชนะบรรจุของเสียให้ห่างจากความร้อน แหล่งกำเนิดไฟ และเปลวไฟ

(16) ห้ามเก็บของเสียประเภทไวไฟไว้ในห้องปฏิบัติการมากกว่า 50 ลิตร หากจำเป็นต้องเก็บไว้ในตู้สำหรับเก็บสารไวไฟโดยเฉพาะ

(17) ห้ามเก็บของเสียไว้ในตู้ควันอย่างถาวร

(18) มีการกำหนดระยะเวลาในการจัดเก็บของเสียในห้องปฏิบัติการ

- กรณีที่ของเสียพร้อมส่งกำจัด (ปริมาตร 80% ของภาชนะ) : ไม่ควรเก็บไว้นานกว่า 90 วัน
- กรณีที่ของเสียไม่เต็มภาชนะ (ปริมาตรน้อยกว่า 80% ของภาชนะ) : ไม่ควรเก็บของเสียไว้นานกว่า 1 ปี

(19) **ของเสียที่เป็นสารละลายอินทรีย์และน้ำมัน** ให้จัดเก็บโดยใส่ในภาชนะพลาสติกชนิด PE ทนกรดด่างและการกัดกร่อน หรือทิ้งในขวดแก้วที่มีฝาปิดมิดชิด ระบุส่วนประกอบของของเสียที่ทิ้งแต่ละครั้งที่ฉลากปิดข้างภาชนะบรรจุ

(20) **ของเสียที่เป็นสารเคมีที่มีฤทธิ์กัดกร่อน (กรดหรือด่าง)** ให้จัดเก็บในภาชนะพลาสติกชนิด PE ทนกรดด่างและการกัดกร่อน แยกภาชนะทิ้งระหว่าง “กรด” และ “ด่าง” หรือทิ้งกรดในขวดแก้วที่มีฝาปิดมิดชิด <u>ไม่ควรทิ้งด่างในภาชนะแก้ว</u> ระบุส่วนประกอบของของเสียโดยละเอียดที่ฉลากปิดข้างภาชนะบรรจุ

(21) **ของเสียที่เป็นสารเคมีที่ทำปฏิกิริยากับเปอร์ออกไซด์** เช่น ether และสารเคมีที่อาจระเบิดได้ เช่น dry picric acid ทิ้งในภาชนะพลาสติกชนิด PE ทนกรดด่างและการกัดกร่อน ห้ามนำไปทิ้งรวมกับของเสียประเภทอื่น และเก็บรวบรวมไว้ในบริเวณที่อากาศถ่ายเทสะดวกเพื่อรอการนำไปทำลายต่อไป การเก็บไว้นานกว่า 1 ปี เมื่อต้องการเปิดหรือเคลื่อนย้าย ให้แจ้งเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเพื่อปฏิบัติตามคำแนะนำอย่างถูกวิธี

(22) **ของเสียที่เป็นไอออนของโลหะหนัก** ให้จัดเก็บในภาชนะพลาสติกชนิด PE ทนกรดด่างและการกัดกร่อน หรือทิ้งในขวดแก้วที่มีฝาปิดมิดชิด และเก็บรวบรวมไว้ในบริเวณที่อากาศถ่ายเทสะดวกเพื่อรอการกำจัดต่อไป

(23) **ของเสียที่เป็นสารประกอบฮาโลเจน** ให้จัดเก็บในภาชนะพลาสติกชนิด PE ทนกรดด่างและการกัดกร่อน หรือทิ้งในขวดแก้วที่มีฝาปิดมิดชิด เก็บแยกต่างหากห้ามเก็บรวมกับของเสียที่เป็นกรด ด่าง และสารออกซิไดซ์

(24) **ของเสียที่เป็นสารเคมีที่ไม่รู้ส่วนประกอบ** อาจจำเป็นต้องแจ้งเจ้าหน้าที่เพื่อทำการวิเคราะห์หาส่วนประกอบของของเสียและดำเนินการทำลายตามขั้นตอนที่ถูกวิธีต่อไป

6.3 การเคลื่อนย้ายของเสียเคมี

ในกรณีที่ต้องนำของเสียอันตรายไปทำการบำบัด หรือกำจัดภายนอกสถาบันฯ เมื่อเก็บรวบรวมของเสียอันตรายได้แล้ว จะต้องทำการขนย้ายด้วยพาหนะที่ปลอดภัย มีการป้องกันการรั่วไหลได้เป็นอย่างดี ด้านข้างพาหนะจะต้องแสดงเครื่องหมายแสดงชนิดของของเสียอันตรายที่กำลังทำการขนย้ายด้วย

7. การดำเนินการเมื่อเกิดอุบัติเหตุจากสารเคมี

7.1 การปฏิบัติเมื่อสารเคมีหกหล่น/รั่วไหล

7.1.1 การเตรียมการกรณีสารเคมีหกหล่น/รั่วไหล

การหกหล่นของสารเคมีเป็นสิ่งที่ป้องกันได้ แต่ห้องปฏิบัติการต้องเตรียมการสำหรับการแก้ไขหากเกิดเหตุการณ์เหล่านี้ขึ้น ทั้งนี้เพื่อลดอันตรายต่อเจ้าหน้าที่และความเสียหายของทรัพย์สิน การเตรียมการควรคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้

- สถานที่ที่มีโอกาสเกิดเหตุการณ์ได้ เช่น ห้องเก็บสารเคมี ตู้ดูดควัน พื้นห้อง โต๊ะปฏิบัติการ
- ปริมาณสารเคมีที่อาจเกิดการหกหล่น หรือการรั่วของก๊าซชนิดต่างๆ
- ข้อมูลทางกายภาพ ทางเคมี และข้อมูลความเป็นอันตราย เช่น ลักษณะทั่วไป ความดันไอ ปฏิกิริยากับน้ำและอากาศ การกัดกร่อน ความไวไฟ ความเป็นพิษ

<u>การเตรียมวัสดุอุปกรณ์สำหรับจัดการสารเคมีที่หก/รั่วไหล</u>

- วัสดุดูดซับ เช่น ทรายแห้ง ขี้เลื่อย กระดาษซับแผ่นใหญ่ ฟองน้ำ
- อุปกรณ์ตัก กวาด รองรับสารที่หกหล่น เช่น แปรงขนแข็ง ถาดพลาสติก
- สารเคมีสำหรับการสะเทิน เช่น sodium carbonate, sodium bisulfate ซึ่งต้องดำเนินการโดยผู้ที่ได้รับมอบหมายเท่านั้น และเตรียมวิธีการทำลายสารเคมีและวัสดุดูดซับที่ใช้แล้ว
- อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสมกับชนิดของสารเคมี

7.1.2 การจัดการทั่วไปเมื่อมีสารเคมีหกหล่น/รั่วไหล

<u>เมื่อมีสารเคมีหกหล่น/รั่วไหลในปริมาณน้อย</u>

- แจ้งเตือนเจ้าหน้าที่ผู้ที่มีโอกาสเข้าสัมผัสให้ทราบถึงบริเวณที่มีสารเคมีหกหล่นกันให้ผู้ไม่เกี่ยวข้องออกจากพื้นที่
- เมื่อมีสารเคมีหกในปริมาณน้อยๆ (น้อยกว่า 10 มิลลิลิตร) ใช้กระดาษซับทิ้งในภาชนะที่เหมาะสม หากหกในปริมาณมากและเป็นสารไม่ไวไฟและไม่ระเหย ใช้สารดูดซับ เช่น clay ขนาด 30 mesh ถ้าเป็นกรดใช้ neutralizer เช่น sodium bicarbonate
- หากสารไวไฟหก ต้องปิดแหล่งความร้อนและประกายไฟ
- ระหว่างการเก็บและทำความสะอาดพื้นที่ ต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตราย เช่น หน้ากากและถุงมือ

- ใช้วัสดุดูดซับ เช่น ทราย กระดาษซับ หรือฟองน้ำ ในการดูดซับหรือป้องกันการกระจายของสารเคมีของเหลว
- ตักสารเคมีที่หกหรือวัสดุดูดซับสารเคมีที่ใช้แล้ว ใส่ภาชนะที่เหมาะสม ระบุฉลากให้ชัดเจนว่าดูดซับสารเคมีอะไร ปริมาณประมาณเท่าใด
- วัสดุที่ดูดซับสารเคมีที่ระเหยง่าย นำไปไว้ในตู้ดูดควันให้สารเคมีระเหยไปก่อน แต่ต้องระวังการเกิดประกายไฟ
- เมื่อกำจัดสารเคมีที่หกแล้ว ทำความสะอาดพื้นที่ให้สะอาด โดยใช้ไม้ถูพื้นด้ามยาว

<u>เมื่อสารเคมีหกหล่น/รั่วไหลในปริมาณมาก</u>

<u>ผู้พบเห็นเหตุการณ์</u> ให้ดำเนินการดังนี้

(1) แจ้งให้ผู้ปฏิบัติงานและบุคคลอื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้องออกจากที่เกิดเหตุ

(2) รีบถอยห่างจากพื้นที่เกิดเหตุในระยะที่ปลอดภัย

(3) ดำเนินการแจ้งเหตุขอความช่วยเหลือจากหัวหน้างานที่รับผิดชอบพื้นที่และส่วนงานความปลอดภัย โดยแจ้งรายละเอียดเหตุการณ์ โดยการสังเกตการณ์จากภายนอกที่พอมองเห็น ดังนี้

- สถานที่และจุดที่เกิดเหตุ
- ประเภทสารเคมีและลักษณะการรั่วไหล
- ปริมาณการหกและผลกระทบโดยรอบที่เกิดเหตุ
- ผู้บาดเจ็บ มีหรือไม่
- ชื่อผู้แจ้งเหตุและหน่วยงาน

<u>เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในพื้นที่เกิดเหตุ</u> ให้ดำเนินการดังนี้

(1) ทำการตรวจสอบและประเมินสถานการณ์ พร้อมกับตรวจสอบข้อมูลสารเคมี (MSDS) ที่รั่วไหล และสารเคมีอื่นๆ ที่วางอยู่ใกล้เคียงกัน

(2) กั้นบริเวณสารเคมีรั่วไหลทางเข้า-ออก และห้ามผู้ที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องเข้าไป เช่น การใช้เชือกขึงและติดป้ายเตือนไว้ด้านหน้า

(3) สวมอุปกรณ์ป้องกันภัยที่เหมาะสมก่อนเข้าไปดำเนินการ และห้ามแตะต้องสารเคมีใดๆ โดยไม่มีอุปกรณ์ป้องกันเด็ดขาด

(4) กรณีที่มีการระเหยของสารเคมีไวไฟ ห้ามทำให้เกิดประกายไฟ โดยการตัดระบบไฟฟ้า และควบคุมแหล่งกำเนิดความร้อน (เช่น บุหรี่, ประกายไฟ, เปลวไฟ) ทุกชนิด

(5) ระบายอากาศบริเวณที่สารเคมีหกรั่วไหล

(6) ค้นหา และช่วยเหลือผู้บาดเจ็บ ถ้ามีต้องช่วยเหลือผู้บาดเจ็บก่อน (ตามวิธีการใน MSDS) ทั้งนี้ตนเองต้องไม่เสี่ยงต่ออันตรายด้วย

(7) หยุดการรั่วไหล และระงับการแพร่กระจาย ถ้าสามารถทำได้

(8) เคลื่อนย้ายสิ่งของ หรืออุปกรณ์ที่อยู่ใกล้ มิให้ปนเปื้อนสารเคมีที่หกรั่วไหล

(9) ป้องกันแพร่กระจายสู่รางน้ำฝน หรือพื้นดิน โดยใช้วัสดุดูดซับสารเคมี เช่น ทราย แห้ง ขี้เลื่อย ทำเป็นคันกั้นให้รอบน้ำยาที่หก แล้วจึงเทกลบด้วยปริมาณน้อย ๆ (ห้ามเทกลบครั้งละปริมาณมากๆ) ให้คลุมด้วยผ้าพลาสติกเพื่อลดการแพร่กระจาย หรือป้องกันถูกฝน ในกรณีที่ไม่สามารถจัดเก็บได้ทันที

- กรณีที่เป็นสารเคมีอันตราย หรือมีปริมาณมากเกินความสามารถที่หน่วยงานจะรับได้เองให้แจ้งขอความช่วยเหลือจากหน่วยงานภายนอก

(10) ทำความสะอาดบริเวณที่หกรั่วไหล ต้องปฏิบัติดังนี้

- กรณีที่เป็นของเหลว รอจนการดูดซับหรือทำลายฤทธิ์สารเคมีที่หกให้สิ้นสุดเสียก่อนจึงค่อยลงมือทำความสะอาด ใช้พลั่วตักสารดูดซับใส่ภาชนะที่จัดเตรียมไว้และปิดให้เรียบร้อย แล้วทำความสะอาดคราบที่เหลือจนแน่ใจว่าสารเคมีนั้นหมดไปจึงทำความสะอาด และเช็ดให้แห้ง (ห้ามใช้น้ำล้างก่อนการดูดซับ เพราะจะทำปริมาณของสารเคมีหกรั่วไหลมีมากขึ้น)
- กรณีเป็นของแข็ง ให้ทำความสะอาดด้วยเครื่องดูดฝุ่นอุตสาหกรรม อาจใช้ทรายชื้นคลุก แล้วใช้พลั่วตัก กวาดพื้นด้วยแปรง และทำความสะอาดข้อควรระวังเกี่ยวกับสารเคมีไวไฟ ต้องป้องกันมิให้เกิดประกายไฟขึ้นในระหว่างการทำความสะอาด ถ้าใช้เครื่องดูดฝุ่นต้องเป็นชนิดที่ป้องกันการ
- ระเบิดได้ ต้องจัดให้มีระบบการถ่ายเทของอากาศที่ดี โดยการเปิดประตูเพื่อเจือจางไอระเหยสารเคมี หากจำเป็นต้องใช้พัดลมช่วยระบายอากาศต้องเลือกใช้อุปกรณ์ที่ไม่ก่อให้เกิดประกายไฟ

(11) การกำจัดของเสียที่เกิดขึ้น ต้องปฏิบัติดังนี้

- ของเสียที่เป็นของแข็ง/เหลว ที่บรรจุในภาชนะจะต้องปิดให้เรียบร้อย พร้อมกับติดฉลากไว้ที่ภาชนะบรรจุให้ชัดเจน
- ส่งไปจัดเก็บ ณ จุดที่กำหนดและแจ้งผู้รับผิดชอบ เพื่อรอการส่งไปกำจัดภายนอกต่อไป

8. การปฏิบัติเมื่อได้รับอุบัติเหตุจากสารเคมี

- **<u>กรณีสารเคมีเข้าตา</u>**

  ให้ล้างตาทันทีโดยใช้น้ำสะอาดไหลผ่านปริมาณมากๆ อย่างน้อย 15-20 นาที แล้วไปพบจักษุแพทย์

- **<u>กรณีสัมผัสสารเคมี</u>**

  ถอดเสื้อผ้าและรองเท้าที่เปื้อนออกทันที ชะล้างออกด้วยน้ำสะอาดไหลผ่านปริมาณมากๆอย่างน้อย 15- 20 นาที

- **<u>กรณีกลืนกินสารเคมี</u>**

  ไม่ควรทำให้อาเจียน รีบไปพบแพทย์

- **<u>กรณีสูดดมสารเคมี</u>**

  เคลื่อนย้ายผู้ประสบอันตรายไปยังที่ที่มีอากาศบริสุทธิ์ รักษาร่างกายของผู้ประสบอันตรายให้อบอุ่นและอยู่เงียบๆ รีบนำส่งแพทย์ทันทีพร้อมทั้งแสดงฉลากของสารเคมี

ความรู้ทั่วไปในการเตรียมสารละลาย

สารละลาย (solution) ประกอบด้วย ตัวถูกละลาย (solute) ละลายอยู่ในตัวทำละลาย (solvent)

1. หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย

1.1 ความเข้มข้นที่แสดงเป็นร้อยละ (percentage concentration) แบ่งออกได้ 3 อย่าง คือ

(1) น้ำหนักร้อยละ (Mass percentage) (% wt/wt) = $\frac{\text{น้ำหนักของตัวถูกละลาย (g)} \times 100}{\text{น้ำหนักของสารละลาย (g)}}$

(2) น้ำหนัก - ปริมาตรร้อยละ (Mass-volume percentage) (% wt/vol) = $\frac{\text{น้ำหนักของตัวถูกละลาย (g)} \times 100}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (ml)}}$

(3) ปริมาตรร้อยละ (Volume-volume percentage) (% vol/vol) = $\frac{\text{ปริมาตรของตัวถูกละลาย (ml)} \times 100}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (ml)}}$

1.2 โมลาริตี (Molarity : mol/L , M):

จำนวนโมลของสารตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลายปริมาตร 1 ลิตร

Molarity (M) = $\frac{\text{จำนวนโมลของตัวถูกละลาย (mol)}}{\text{สารละลายปริมาตร 1 ลิตร (L)}}$

1.3 โมแลลลิตี (Molality : mol/kg, m) :

จำนวนโมลของสารตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในตัวทำละลาย 1 กิโลกรัม

Molality (m) = $\frac{\text{จำนวนโมลของตัวถูกละลาย (mol)}}{\text{ตัวทำละลายหนัก 1 กิโลกรัม (kg)}}$

1.4 นอร์แมลิตี (Normality : N) :

จำนวนสมมูลของตัวถูกละลายที่ละลายในสารละลาย 1 ลิตร เป็นหน่วยความเข้มข้นที่มักใช้กับสารละลายกรด-เบสและสารที่เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์

Normality (N) = $\frac{\text{จำนวนสมมูลของตัวถูกละลาย}}{\text{สารละลายปริมาตร 1 ลิตร}}$

จำนวนสมมูลของตัวถูกละลาย = $\frac{\text{น้ำหนักของตัวถูกละลาย (g)}}{\text{น้ำหนักสมมูล (g)}}$

$$\text{น้ำหนักสมมูลของตัวถูกละลาย} = \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุล}}{\text{Valence of solute}}$$

ดังนั้น

$$\text{Normality (N)} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวถูกละลาย x valence of solute}}{\text{สารละลายปริมาตร 1 ลิตร}}$$

Valence of solute หมายถึง จำนวน H^+ / OH^- ที่แตกตัวของกรด/เบสหรือจำนวนเลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนไป

ตัวอย่าง จงหาความเข้มข้นของสารต่อไปนี้ในหน่วยนอร์แมลิตี (normality)

HNO_3 7.88 กรัมในสารละลาย 1 ลิตร

วิธีทำ

กรด HNO_3 แตกตัวให้ H^+ 1 ตัว และมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 63 กรัม

$$\text{Normality (N)} = \frac{(7.88 / 63) \times 1}{1}$$

ความเข้มข้นของสารละลาย = 0.1251 N

ถ้าสารละลายหรือสารที่วิเคราะห์มีตัวถูกละลายปริมาณน้อยมากๆ เรามักจะใช้หน่วยความเข้มข้นที่เล็กลงอีก คือ ส่วนในล้านส่วน (parts per million, ppm) และ ส่วนในพันล้านส่วน (parts per billion, ppb)

ตารางที่ 1 หน่วยของความเข้มข้นที่มีปริมาณน้อยๆ ซึ่งนิยมใช้อยู่ในขณะนี้

หน่วย	สัญลักษณ์	wt/wt	wt/vol	vol/vol
ส่วนในล้านส่วน	ppm	mg/kg μg/g	mg/l μg/ml	μl/l nl/ml
ส่วนในพันล้านส่วน	ppb	μg/kg ng/g	μg/l ng/ml	nl/l pl/ml

2. การเตรียมสารละลายให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ

ในการเตรียมสารละลายให้ได้ความเข้มข้นต่าง ๆ จำเป็นจะต้องรู้ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญเกี่ยวกับสารนั้น เช่น ชื่อสาร สูตรโมเลกุล น้ำหนักโมเลกุล ในกรณีที่เป็นสารละลายกรดเข้มข้น (HCl, HNO_3, H_2SO_4) และเบสเข้มข้น (NH_4OH) จำเป็นจะต้องทราบค่าความเข้มข้นโดยประมาณ (% wt/wt) และค่าความถ่วงจำเพาะซึ่งสังเกตได้จากข้างขวดของสารนั้น

2.1 วิธีการเตรียมสารละลายให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ จากสารละลายกรดหรือเบสเข้มข้น

1. กำหนดความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายที่ต้องการเตรียม
2. หาน้ำหนักของสารเป็นกรัมที่มีอยู่ในสารละลายเจือจางที่ต้องการเตรียมโดยใช้ข้อมูลค่า % wt/wt, ค่าความถ่วงจำเพาะ ที่ระบุไว้ที่ข้างขวด และจำเป็นจะต้องทราบน้ำหนักโมเลกุลของสารนั้น
3. คำนวณหาปริมาตรของสารละลายกรดหรือเบสเข้มข้นที่ต้องการใช้ในการเตรียมเพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ
4. ปรับปริมาตรด้วยตัวทำละลาย

ตัวอย่าง ต้องการเตรียมสารละลายกรดเจือจาง HCl ที่มีความเข้มข้น 2 M ปริมาตร 250 ml จงอธิบายวิธีการเตรียมสารละลายกรดเจือจางนี้ โดยกรด HCl เข้มข้นระบุข้างขวดไว้ว่ามีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.2 และเข้มข้น 37%

วิธีทำ หาจำนวนโมล (n) ของ HCl ในสารละลายกรดเจือจาง 2 M ปริมาตร 250 ml

$$n = \frac{2 \times 250}{1000} = 0.5 \text{ โมล}$$

หาน้ำหนักเป็นกรัม (g) ของ HCl ในสารละลายกรดเจือจาง 2 M ปริมาตร 250 ml

$$g = 0.5 \times 36.5 = 18.25 \text{ กรัม}$$

สารละลายกรดเข้มข้น HCl มีความเข้มข้น 37 % หมายถึง ในสารละลายกรดเข้มข้น 100 g จะมี HCl 37 g

ดังนั้นถ้าต้องการ HCl จำนวน 18.25 g สารละลายกรดเข้มข้นจะต้องหนัก $= \frac{18.25 \times 100}{37}$

$$\text{สารละลายกรดเข้มข้นหนัก} = 49.32 \text{ g}$$

ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.2 หมายถึง สารละลายกรดเข้มข้นปริมาตร 1000 ml หนัก 1.2 kg

ดังนั้นสารละลายกรดเข้มข้นปริมาตร 1 ml หนัก 1.2 g

ถ้าต้องการสารละลายกรดเข้มข้นหนัก 49.32 g จะมีปริมาตร $= \frac{49.32 \times 1}{1.2}$

$$\text{ปริมาตรของกรด HCl เข้มข้นที่ต้องใช้} = 41.1 \text{ ml}$$

ดังนั้นในการเตรียมสารละลายกรด HCl ที่ความเข้มข้น 2 M ทำได้โดยใช้สารละลายกรดเข้มข้นปริมาตร 41.1 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยตัวทำละลายให้ได้ปริมาตร 250 ml

หรืออาจใช้สูตรคำนวน เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายกรด-เบสเข้มข้น

$$\mathbf{M = \frac{10 \times \% \times d}{Mw.}}$$

M = ความเข้มข้นในหน่วย Molar

% = ความเข้มข้นในหน่วย % wt/wt

d = ค่าความถ่วงจำเพาะ

Mw = น้ำหนักโมเลกุล

เมื่อได้ค่าความเข้มข้นของสารละลายกรด-เบสเข้มข้นแล้ว จึงนำมาคำนวณหาปริมาตรที่ต้องใช้ เพื่อให้ได้สาร ละลายเจือจางที่มีความเข้มข้นและปริมาตรตามที่ต้องการ โดยใช้สูตร

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

ตัวอย่าง ถ้าต้องการเตรียมสารละลายกรด HCl เจือจาง ความเข้มข้น 2 M ปริมาตร 250 ml จะต้องใช้สารละลายกรด HCl เข้มข้นปริมาตรเท่าใด

วิธีทำ หาความเข้มข้นในหน่วย Molar ของกรด HCl เข้มข้น

$$M = \frac{10 \times 37 \times 1.2}{36.5}$$

สารละลายกรด HCl เข้มข้น มีความเข้มข้น = 12.16 M

M_1 = 12.16 M, V_1 = ? ml

M_2 = 2 M , V_2 = 250 ml

ดังนั้น $12.16 \times V_1 = 2 \times 250$

$V_1 = 41.1$ ml

ดังนั้นต้องใช้กรด HCl เข้มข้นจำนวน 41.1 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยตัวทำละลายให้ได้ปริมาตร 250 ml

สารละลายที่เตรียมขึ้นมาจาก reagent เข้มข้นที่ซื้อมาจากร้านค้าอาจมีความแรงของ reagent เปลี่ยนแปลงไปบ้าง เพราะเราทราบแต่เฉพาะข้อมูลเกี่ยวกับความเข้มข้น (% wt/wt) อย่างคร่าวๆ ที่ติดไว้ที่ฉลากข้างขวดเท่านั้น ดังนั้นเมื่อเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นตามที่ต้องการแล้ว หากเราต้องการทราบความเข้มข้นที่แท้จริงของสารละลายนั้นก็สามารถทำได้โดยการเทียบมาตรฐาน (standardization) ของสารละลายนั้นกับสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ (primary standard solution)

2.2 วิธีการเตรียมสารละลายให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ จากสารที่มีสถานะเป็นของแข็ง

1. กำหนดความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายที่ต้องการเตรียม
2. สิ่งที่ต้องทราบคือ สูตรโมเลกุล , น้ำหนักโมเลกุล ของสาร (สังเกตได้จากข้างขวดสารเคมี)
3. คำนวณหาน้ำหนักเป็นกรัม ของสารที่ต้องใช้ในการเตรียม โดยใช้สูตร

$$n = \frac{M \times V}{1000}$$

$$n = \frac{g}{Mw}$$

n = จำนวนโมล (mol)

M = ความเข้มข้นในหน่วย molar หรือ mol/l

V = ปริมาตรที่ต้องการเตรียม (ml)

g = น้ำหนักของสารในหน่วยกรัม (g)

Mw = น้ำหนักโมเลกุลของสาร

4. ละลายสารนั้นในบีกเกอร์ เมื่อสารละลายหมดแล้วจึงเทสารละลายลงใน volumetric flask
5. ปรับปริมาตรให้ถึงขีดบอกระดับปริมาตรด้วยตัวทำละลาย

ตัวอย่าง จงคำนวณหาปริมาตรของ H_2SO_4 เข้มข้นที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย H_2SO_4 ที่มีความเข้มข้น 0.3 N จำนวน 200 ml โดยที่ฉลากข้างขวดระบุไว้ว่ามีค่าถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.84 และเข้มข้น 98 %

วิธีทำ หาจำนวนโมลของ H_2SO_4 ในสารละลายเจือจาง 0.3 N ปริมาตร 200 m ; (จำนวน valence of solute = 2)

$$n = \frac{0.3 \times 200}{1000 \times 2} = 0.03 \text{ โมล}$$

หาน้ำหนักเป็นกรัม (g) ของ H_2SO_4 ในสารละลายเจือจาง 0.03 N ปริมาตร 200 ml

$$g = 0.03 \times 98 = 2.94 \text{ กรัม}$$

สารละลายกรดเข้มข้ม 98 % หมายถึง ในสารละลายกรดเข้มข้น 100 กรัม จะมี H_2SO_4 98 กรัม

ดังนั้นถ้าต้องการ H_2SO_4 จำนวน 2.94 กรัม จะต้องสารละลายกรดเข้มข้นหนัก $= \frac{2.94 \times 100}{98}$

สารละลายกรดเข้มข้นหนัก = 3 กรัม

ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.84 หมายถึง สารละลายกรดเข้มข้นปริมาตร 1000 ml หนัก 1.84 kg

ดังนั้นสารละลายกรดเข้มข้นปริมาตร 1 ml หนัก 1.84 g

ถ้าต้องการสารละลายกรดเข้มข้นหนัก 3 g จะมีปริมาตร $= \frac{3 \times 1}{1.84}$

ปริมาตรของกรด H_2SO_4 เข้มข้นที่ต้องใช้ = 1.63 ml

ดังนั้นในการเตรียมสารละลายกรด H_2SO_4 ที่มีความเข้มข้น 0.3 N ทำได้โดยใช้สารละลายกรดเข้มข้นปริมาตร 1.63 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยตัวทำละลายให้ได้ 200 ml

ตัวอย่าง ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย 0.1 M $K_2Cr_2O_7$ จำนวน 500 ml จาก 0.25 M $K_2Cr_2O_7$ จะต้องใช้สารละลาย 0.25 M $K_2Cr_2O_7$ จำนวนกี่มิลลิลิตร

วิธีทำ การเจือจางสารละลายเตรียมได้โดยใช้สูตร

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

โดยที่ M_1 และ V_1 คือความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายเข้มข้น

M_2 และ V_2 คือความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายเจือจาง

ดังนั้น

$$0.25 \times V_1 = 0.1 \times 500$$

$$V_1 = \frac{0.1 \times 500}{0.25}$$

$$V_1 = 200 \text{ ml}$$

จะต้องใช้ 0.25 M $K_2Cr_2O_7$ จำนวน 200 ml และปรับปริมาตรให้ครบ 500 ml

3. การรายงานผลการทดลอง

การเขียนรายงานผลการทดลอง มักจะนิยมรายงานผลการทดลองเป็นความเข้มข้นซึ่งอาจเป็นน้ำหนักหรือปริมาตรของสารที่วิเคราะห์ต่อหน่วยน้ำหนักหรือต่อหน่วยปริมาตรของสารตัวอย่าง (raw materials)

3.1 กรณีสารตัวอย่างเป็นของแข็ง

มักรายงานเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารที่วิเคราะห์ต่อน้ำหนักของสารตัวอย่าง (% wt/wt) โดยน้ำหนักของสารที่วิเคราะห์และน้ำหนักของสารตัวอย่าง (raw materials) ต้องเป็นหน่วยเดียวกัน เช่น

หินปูนตัวอย่างหนึ่งหนัก 1.267 กรัม จากการตรวจสอบพบว่ามีเหล็กปนอยู่ 0.3684 กรัม

ดังนั้นมีเหล็กอยู่ $= \frac{0.3684 \times 100}{1.267} = 29.08\ \%$

ดังนั้นในหินปูนตัวอย่างมีเหล็กปนอยู่ 29.08 % (wt/wt)

3.2 กรณีสารตัวอย่างเป็นของเหลว

มักรายงานเป็นหน่วยของน้ำหนักต่อน้ำหนัก หรือหน่วยของน้ำหนักต่อปริมาตรก็ได้ ถ้าเป็นสารตัวอย่างที่เป็นของเหลวชีวภาพ (biological fluid) มักรายงานผลเป็นหน่วย **mg %** ซึ่งหมายถึง การบอก

ปริมาณสารที่วิเคราะห์มีหน่วยเป็น mg ในสารตัวอย่าง 100 ml นอกจากนี้ยังนิยมใช้หน่วย **mg/dl** (1 dl = 100 ml) หมายถึง การบอกปริมาณสารที่วิเคราะห์มีหน่วยเป็น mg ในสารตัวอย่าง 1 dl

ดังนั้น mg % = mg/dl

ตัวอย่าง ถ้านำเอาตัวอย่าง serum จำนวน 25 μl มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณกลูโคส พบว่ามีกลูโคสอยู่ 26.7 μg จงคำนวณหาความเข้มข้นของกลูโคสที่มีหน่วยเป็น ppm และ mg/dl

วิธีทำ หน่วย ppm คือความเข้มข้นคิดเป็น mg/l หรือ μg/ml ในที่นี้จะคิดความเข้มข้นเป็น μg/ml ดังนั้นจึงควรทำปริมาตรของสารตัวอย่างให้เป็นหน่วย ml

ตัวอย่าง serum 25 μl $= 25 \times 10^{-3}$ ml

ความเข้มข้นของกลูโคสคิดเป็น ppm $= \frac{26.7\ \mu g}{25 \times 10^{-3}\ ml}$

$= 1.07 \times 10^{3}\ \mu g/ml = 1.07 \times 10^{3}$ ppm

เนื่องจาก 1 μg $= 10^{-3}$ mg และ 1 ml $= 10^{-2}$ dl

ความเข้มข้นของกลูโคสคิดเป็น mg/dl $= \frac{1.07 \times 10^{3} \times 10^{-3}\ mg}{10^{-2}\ dl}$

$= 107$ mg/dl

ตารางที่ 2 อินดิเคเตอร์บางชนิดสำหรับ กรด-เบส

อินดิเคเตอร์	**pH range การเปลี่ยนสี (กรด-เบส)**	**ความเข้มข้น % wt/vol**	**ตัวทำละลาย**
Thymol blue	1.2 – 2.8 แดง - เหลือง	0.1	20 % ethanol
Methyl yellow	2.9 – 4.0 แดง - เหลือง	0.1	90 % ethanol
Methyl orange	3.1 – 4.4 แดง – ส้มเหลือง	0.1	water
Bromphenol blue	3.0 – 4.6 เหลือง – น้ำเงิน	0.1	20 % ethanol
Bromcresol green	3.8 – 5.4 เหลือง – น้ำเงิน	0.1	20 % ethanol
Methy red	4.4 – 6.2 แดง - เหลือง	0.1	60 % ethanol

ตารางที่ 2 อินดิเคเตอร์บางชนิดสำหรับ กรด-เบส (ต่อ)

อินดิเคเตอร์	pH range การเปลี่ยนสี (กรด-เบส)	ความเข้มข้น % wt/vol	ตัวทำละลาย
Bromthymol blue	6.0 – 7.6 เหลือง – น้ำเงิน	0.05 – 0.1	20 % ethanol
Natural red	6.8 – 8.4 เหลือง - แดง	0.1	60 % ethanol
Phenolphthalein	8.3 – 10.0 ไม่มีสี – แดง	0.1 – 1.0	60 % ethanol
Thymolphthalein	9.3 – 10.5 ไม่มีสี – น้ำเงิน	0.04 0.1	50 % ethanol 90 % ethanol

4. สารละลายบัฟเฟอร์

สารละลายบัฟเฟอร์ คือ สารละลายที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่า pH น้อยมาก หรือไม่เปลี่ยนแปลงเลย เมื่อมีการเติมกรดหรือเบสแก่ลงไป โดยสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด คือ สารละลายบัฟเฟอร์กรด และสารละลายบัฟเฟอร์เบส

- สารละลายบัฟเฟอร์กรด ประกอบด้วย กรดอ่อน (protonated form) และเกลือของกรดอ่อน (unprotonated form)
- สารละลายบัฟเฟอร์เบส ประกอบด้วย เบสอ่อน (unprotonated form) และเกลือของเบสอ่อน (protonated form)

โดยทั่วไปความเข้มข้นของบัฟเฟอร์มักอยู่ระหว่าง 1 mM ถึง 200 mM แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าความแรงของไอออน (ionic strength) และค่าความสามารถต้านทานในการเปลี่ยนแปลงของค่า pH (buffer capacity)

ในกรณีของสารละลายบัฟเฟอร์กรด กรดอ่อนจะมีการแตกตัวดังสมการและมีค่าคงที่ของการแตกตัวของกรดอ่อนเท่ากับ Ka

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

$$Ka = \frac{[H^+].[A^-]}{[HA]}$$

ใส่ log ; $\log Ka = \log[H^+] + \log[A^-]/[HA]$

$$\log[H^+] = \log Ka - \log[A^-]/[HA]$$

หารด้วย -1 $$-\log[H^+] = -\log Ka + \frac{\log[A^-]}{[HA]}$$

เนื่องจาก pH = -log[H^+] และ pKa = -logKa

ดังนั้น $$pH = pKa + \log\frac{[A^-]}{[HA]}$$ Henderson-Hasselbalch equation

หรือ

$$pH = pKa + \log\frac{[\text{conjugate base}]}{[\text{conjugate acid}]}$$

ซึ่งสารละลายบัฟเฟอร์จะมีความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ได้ดีที่สุด เมื่อมีค่า pKa ใกล้เคียงกับค่า pH ของสารละลาย ดังนั้นในการเตรียมและเลือกใช้สารละลายบัฟเฟอร์ควรจะทราบค่า pKa ของสารองค์ประกอบและทราบค่าความเข้มข้นรวมทั้งปริมาตรของสารละลายบัฟเฟอร์ที่ต้องการเตรียม

4.1 การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์

สามารถเตรียมได้ 4 วิธีด้วยกัน ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดี-ข้อเสียแตกต่างกัน

วิธีที่ 1 : The Slow and Stupid Method

สำหรับสารละลายบัฟเฟอร์กรด : ละลายสารที่เป็นกรดอ่อนในน้ำกลั่นด้วยปริมาตรประมาณ 60% ของ final volume แล้วปรับ pH ด้วยเบสแก่ เช่น NaOH

สำหรับสารละลายบัฟเฟอร์เบส : ละลายสารที่เป็นเบสอ่อนในน้ำกลั่นด้วยปริมาตรประมาณ 60% ของ final volume แล้วปรับ pH ด้วยกรดแก่ เช่น HCl

เมื่อได้ค่า pH ที่ต้องการแล้ว จึงปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ final volume

ข้อดี : เป็นวิธีที่เข้าใจได้ง่าย

ข้อเสีย : ในการปรับค่า pH ให้ได้ตามต้องการ ทำได้ยากซึ่งอาจต้องใช้เวลานานและอาจต้องใช้เบสแก่หรือกรดแก่มากเกินไป จึงเป็นวิธีที่ไม่นิยมใช้

วิธีที่ 2 : The Mentally Taxing Method

ใช้วิธีการคำนวณจากสมการ

$$pH = pKa + \log\frac{[\text{conjugate base}]}{[\text{conjugate acid}]} \quad (1)$$

$$\text{buffer concentration} = [\text{conjugate acid}] + [\text{conjugate base}] \quad (2)$$

โดยใช้ค่า pKa ของสารองค์ประกอบของบัฟเฟอร์ คำนวนหาจำนวนโมลของกรดอ่อน/เกลือของกรดอ่อน หรือเบสอ่อน/เกลือของเบสอ่อนที่มีอยู่ในสารละลายบัฟเฟอร์ที่ค่า pH ตามต้องการ จากนั้นจึงเปลี่ยนจำนวนโมลไปเป็นน้ำหนักที่ถูกต้องของสารองค์ประกอบนั้น โดยใช้ค่ามวลโมเลกุลของสารองค์ประกอบ

ข้อดี : สามารถเตรียมได้ง่ายและรวดเร็ว มีการปรับ pH ในภายหลังเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ข้อเสีย : จำเป็นต้องทราบค่า pKa ของสารองค์ประกอบของบัฟเฟอร์ และต้องมีการคำนวณโดยใช้สมการ (1) และ (2)

4.2 ตัวอย่างการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์

กรณีที่ 1 เตรียมโดยการชั่งน้ำหนักของสารองค์ประกอบที่เป็นคู่กรด-เบสของบัฟเฟอร์ทั้งสองชนิด

ต้องการเตรียมสารละลาย 0.5 M potassium phosphate buffer ที่มี pH 7.5 จำนวน 1 ลิตร โดยใช้ KH_2PO_4 และ K_2HPO_4

<u>ขั้นที่ 1</u> หาสารองค์ประกอบหลักในระบบบัฟเฟอร์ และระบุคู่กรด-เบสพร้อมกับเขียนสมการที่สภาวะสมดุล

$$H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-}$$

ซึ่งค่า pH ที่ต้องการเตรียมเท่ากับ 7.5 และใกล้เคียงกับค่า pKa_2 เท่ากับ 7.21

<u>ขั้นที่ 2</u> คำนวนหาสัดส่วนของคู่กรด-เบส โดยใช้สมการ

$$pH = pKa + \frac{\log[HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]} \qquad (1)$$

$$\frac{[HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]} = 10^{pH - pKa}$$

$$= 10^{7..5 - 7..21} = 10^{0.29} = 1.95$$

ดังนั้น $[HPO_4^{2-}] = 1.95[H_2PO_4^-]$

และเนื่องจาก $[HPO_4^{2-}] + [H_2PO_4^-] = 0.5$ M

$$0.5 - [H_2PO_4^-] = 1.95[H_2PO_4^-]$$

$$[H_2PO_4^-] = 0.5/2.95 = 0.169 \text{ M}$$

$$[HPO_4^{2-}] = 0.5 - 0.169 = 0.331 \text{ M}$$

<u>ขั้นที่ 3</u> คำนวณหาปริมาณสารที่ต้องใช้ของสารองค์ประกอบแต่ละตัวที่เป็นคู่กรด-เบสโดยคำนวณจากน้ำหนักโมเลกุล และเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ให้มีปริมาตร 1 ลิตร

KH_2PO_4 = (0.169 mol) x (136.1 g/mol) = 23.0 g

K_2HPO_4 = (0.331 mol) x (174.2 g/mol) = 57.7 g

<u>ขั้นที่ 4</u> เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ โดยการชั่ง KH_2PO_4 23.0 g และ K_2HPO_4 57.7 g ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 900 ml ตรวจสอบค่า pH และปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

กรณีที่ 2 เตรียมโดยการใช้สารองค์ประกอบที่เป็นคู่กรด-เบสของบัฟเฟอร์ที่มาจากสารชนิดเดียวกัน

ต้องการเตรียมสารละลาย 0.1 M Tris buffer ที่มี pH 8.3 จำนวน 1 ลิตร โดยเตรียมจาก Tris base และ 1 M HCl

Tris = tris(hydroxymethyl)aminomethane $(HOCH_2)_3C\text{-}NH_2$; Mw = 121 g/mol

<u>ขั้นที่ 1</u> สมการที่สภาวะสมดุล

$$(HOCH_2)_3C\text{-}NH_2 + H^+ \rightleftharpoons (HOCH_2)_3C\text{-}NH_3^+ \quad pKa = 8.3$$

<u>ขั้นที่ 2</u> คำนวณหาสัดส่วนของคู่กรด-เบส

$$pH = pKa + \log\frac{[Tris]}{[Tris^+]}$$

$$\frac{[Tris]}{[Tris^+]} = 10^{pH - pKa} = 10^{8.3 - 8.3}$$

$$\frac{[Tris]}{[Tris^+]} = 1$$

ดังนั้นในสารละลายบัฟเฟอร์จะประกอบด้วย

$(HOCH_2)_3C\text{-}NH_2$ = 0.05 M

$(HOCH_2)_3C\text{-}NH_3^+$ = 0.05 M

<u>ขั้นที่ 3</u> สารองค์ประกอบที่เป็นคู่กรดและคู่เบสของสารละลายบัฟเฟอร์ได้มาจาก Tris ดังนั้นจึงต้องเตรียม Tris buffer 0.1 M จำนวน 1 ลิตร และมีการเติมกรดแก่ลงไปเพื่อปรับให้มีสัดส่วนของ Tris : $Tris^+$ เป็น 50% : 50% ซึ่งจะทำให้มีการเปลี่ยน Tris 0.05 mol ไปเป็น $Tris^+$ 0.05 mol ซึ่งสามารถทำได้โดยเติม H^+ ลงไปจำนวน 0.05 mol ด้วยสารละลาย HCl เข้มข้น 1 M จำนวน 50 ml

ขั้นที่ 4 เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์โดยการชั่ง Tris (0.1 mol) จำนวน 12.1 g ละลายในน้ำกลั่น 900 ml และเติม 1 M HCl ลงไป 50 ml ผสมให้เข้ากัน และตรวจสอบค่า pH จากนั้นจึงปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

ตารางที่ 3 แสดงค่า pKb ของเบสอ่อนบางชนิด

Bases	T (°C)	pKb	Bases	T (°C)	pKb
Ammonia	25	9.25	n-Butylamine	20	10.78
Aniline	25	4.63	Diethylamine	20	11.09
Benzylamine	25	9.33	Dimethylamine	25	10.73

ตารางที่ 4 แสดงค่า pKa ของกรดอ่อนบางชนิด

Acid	T (°C)	pKa	Acid	T (°C)	pKa
acetic acid	25	4.75	Citrate (3)	25	6.40
ACES	20	6.90	Diethylmalonic acid	-	7.20
ADA	20	6.60	Formic acid	20	3.75
Benzoic acid	25	4.20	Glycylglycine	20	8.40
Bicine	20	8.35	HEPES	20	7.55
BIS-TRIS Propane	20	6.80	HEPPS	20	8.00
o-Boric acid (1)	20	9.14	Imidazole	20	7.00
o-Boric acid (2)	20	12.74	MES	20	6.15
o-Boric acid (3)	20	13.80	MOPS	20	7.20
Carbonic acid (1)	25	6.37	PIPES	20	6.80
Carbonic acid (2)	25	10.25	Phenol	20	9.99
CAPS	20	10.40	o-Phosphoric acid (1)	25	2.12
CHES	20	9.50	o-Phosphoric acid (2)	25	7.21
Citrate (1)	25	3.13	o-Phosphoric acid (3)	25	12.67
Citrate (2)	25	4.76	POPSO	-	7.85
Succinic acid (1)	-	4.19	TAPS	25	8.40
Succinic acid (2)	-	5.57	TES	20	7.50
Tricine	20	8.15	TRIS	20	8.30

วิธีที่ 3 : The Two Solution Method

- เตรียมสารละลายทั้งในรูปที่เป็นคู่กรดและคู่เบส โดยเตรียมให้สารละลายทั้งสองมีความเข้มข้นเท่ากับความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์

- ปรับค่า pH ให้ได้ตามต้องการ โดยการเติมสารละลายชนิดหนึ่งลงไปในสารละลายอีกชนิดหนึ่งพร้อมๆ กับการวัดค่า pH

  ข้อดี : สามารถเตรียมได้ง่าย

  ข้อเสีย : ต้องมีสารที่อยู่ในรูปคู่กรดและคู่เบสของบัฟเฟอร์

วิธีที่ 4 : The Completely Mindless Method

- หาตารางที่แสดงปริมาณของกรดอ่อน/เกลือของกรดอ่อน หรือเบสอ่อน/เกลือของเบสอ่อนของสารละลายบัฟเฟอร์ที่ค่า pH ต่าง ๆ
- ละลายสารองค์ประกอบนั้นด้วยน้ำ ตรวจสอบค่า pH จากนั้นจึงปรับปริมาตรด้วยน้ำ

  ข้อดี : สามารถเตรียมได้ง่าย และเหมาะสำหรับการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ที่ใช้บ่อย

  ข้อเสีย : สารละลายบัฟเฟอร์บางชนิดอาจไม่สามารถหาได้จากตาราง และจำเป็นต้องมีสารที่อยู่ในรูปคู่กรดและคู่เบส นอกจากนี้อาจต้องมีการปรับเปลี่ยนปริมาณของสารองค์ประกอบจากตาราง เพื่อให้ได้ค่าความเข้มข้นและปริมาตรตามที่ต้องการ

ตารางที่ 5 ตัวอย่างการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ 0.1 M Sodium phosphate buffer จำนวน 100 ml ที่อุณหภูมิ 25 $^{\circ}$C ที่ pH ต่าง ๆ

pH	Volume of 0.1 M Na_2HPO_4 (ml)	Volume of 0.1 M NaH_2PO_4 (ml)
5.80	7.9	92.1
6.00	12.0	88.0
6.20	17.8	82.2
6.40	25.5	74.5
6.60	35.2	64.8
7.00	57.7	42.3
7.20	68.4	31.6
7.40	77.4	22.6
7.60	84.5	15.5
7.80	89.6	10.4

ตารางที่ 6 การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ที่ใช้บ่อย

Common Buffer Preparations					
Buffer	**Stock Solution**	**Components**	**Amount per Liter Solution**	**Conc. Stock Solution**	**Final Conc.**
PBS (Phosphate Buffer Saline) adj. pH ~7.3	10X	NaCl KCl $Na_2HPO_4.7H_2O$ KH_2PO_4	8 g 2 g 11.5 g 2 g	1.37 M 27 mM 43 mM 14 mM	137 mM 2.7 mM 4.3 mM 1.4 mM
SSC adj. pH ~7.0	20X	NaCl Sodium citrate	175 g 88 g	3 M 0.3 M	150 mM 15 mM
STE (Saline Tris EDTA)	1X	Tris base NaCl EDTA (acid)	1.2 g 0.6 g 0.29 g	10 mM 10 mM 1 mM	10 mM 10 mM 1 mM
TAE (Tris acetateEDTA) pH ~8.5	50X	Tris base Acetic acid (glacial) EDTA	242 g 57.1 ml 37.2 g	2 M (Tris acetate) 0.1 M	40 mM (Tris acetate) 2 mM
PBS (Phosphate Buffer Saline) adj. pH ~7.3	10X	NaCl KCl $Na_2HPO_4.7H_2O$ KH_2PO_4	8 g 2 g 11.5 g 2 g	1.37 M 27 mM 43 mM 14 mM	137 mM 2.7 mM 4.3 mM 1.4 mM
TBE (Tris borate EDTA) pH ~8.0	10X	Tris base Boric acid EDTA	108 g 55 g 40 ml (0.5 M pH 8)	0.89 M 0.89 M 0.02 M	89 mM 89 mM 2 mM
TE (Tris EDTA) pH ~7.5	1X	Tris base H2 EDTA (acid)	1.2 g 0.29 g	10 mM 1 mM	10 mM 1 mM

การใช้งานเครื่องมือวิทยาศาสตร์

เครื่องชั่งไฟฟ้าดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical balance)

ยี่ห้อ Precisa รุ่น XT220A

การเลือกใช้

สำหรับชั่งสารเคมี ตัวอย่าง หรือวัสดุที่ต้องการความละเอียดถึงทศนิยม 4 ตำแหน่ง รองรับน้ำหนักได้สูงสุด 220 กรัม

ขั้นตอนการใช้งาน

1. กดปุ่มเปิดเครื่องชั่ง ต้องตรวจสอบว่าเครื่องชั่ง ตั้งอยู่ในแนวระดับขนานกับพื้นโลกหรือไม่ โดยดูปุ่มฟองอากาศที่เครื่องชั่ง หากไม่อยู่ ในระดับต้องปรับขาเครื่องชั่งให้อยู่ในระดับ
2. กดปุ่มเปิดเครื่องชั่งเพื่ออุ่นเครื่องชั่งนาน 5-10 นาที
3. กดปุ่มปรับศูนย์ (Zero หรือ Tare)
4. วางภาชนะชั่งบนจานชั่ง (รองรับน้ำหนักได้สูงสุด 220 กรัม)
5. กดปุ่มหักน้ำหนักภาชนะ (Tare, T)
6. ใส่วัตถุลงในภาชนะชั่งจนได้น้ำหนักตามต้องการ (รองรับน้ำหนักได้สูงสุด 220 กรัม)
7. อ่านค่าที่ชั่งได้ จากนั่นนำสิ่งของที่ชั่งแล้วออกจากเครื่องชั่ง
8. กดปุ่มปิดเครื่องชั่ง
9. ทำความสะอาดจานชั่งและบริเวณใต้จานชั่งด้วยแปรงปัดเครื่องชั่ง

การบำรุงรักษา

1. เมื่อเลิกใช้งานต้องทำความสะอาดทันที
2. ระวังน้ำ
3. ห้ามวางวัตถุที่จะชั่งลงบนจานชั่งโดยตรงโดยเฉพาะวัตถุที่เป็นของเหลวหรือเปียกชื้น
4. การชั่งสารเคมีที่สามารถกัดกร่อนโลหะ เช่น ไอโอดีน และสารประกอบไซยาไนด์ ควรใส่ในขวดชั่งสารที่มีฝาปิดมิดชิด
5. การเติมหรือตักสารออกควรทำเมื่อค่าน้ำหนักหยุดนิ่งเท่านั้น และภาชนะที่ใช้ชั่งสารต้องสะอาดและแห้งก่อนวางลงบนจานชั่ง
6. ถ้ามีสิ่งของหกหล่นบนจานชั่งรีบทำความสะอาดทันทีด้วยแปรงปัดเครื่องชั่ง และต้องแน่ใจว่าเครื่องชั่งอยู่ในตำแหน่งหยุดนิ่งก่อนที่จะทำความสะอาด
7. การทำความสะอาดเครื่องชั่ง ใช้แปรงขนอูฐหรือพู่กัน เพื่อปัดฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกออก ส่วนที่สกปรกมากจะใช้สารละลายเอทานอล 50% เช็ดทำความสะอาด
8. เมื่อไม่ได้ใช้งานเครื่องชั่งเป็นเวลานาน ควรใส่สารดูดความชื้นในตู้เก็บเครื่องชั่ง ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดสนิมและการเกาะของไอน้ำ
9. ไม่ใช้มือเปล่าจับตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน การจับควรใช้คีมคีบหรือสวมถุงมือ
10. ขณะขนย้ายเครื่องชั่งควรเอาจานรองเครื่องชั่งออกจากเครื่องชั่งทุกครั้ง

ปัญหาและสาเหตุที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องชั่ง

ปัญหา	สาเหตุ
ปรับศูนย์ด้วยปุ่มปรับศูนย์ไม่ได้	- เครื่องชั่งเอียง - จานชั่งมีน้ำหนักเกิน
ตัวเลขไม่นิ่ง	- มีแรงสั่นสะเทือน - มีกระแสลมมาก - วงจรอิเล็กทรอนิกส์ขัดข้อง
ค่าที่ได้ไม่ถูกต้อง	- วัตถุที่นำมาชั่งสกปรก - มีแรงกระทำจากภายนอก - ใช้เครื่องชั่งไม่ถูกวิธี

เครื่องบดสารตัวอย่าง (Mini mill)
ยี่ห้อ FRITSCH รุ่น PULVERISETTE 23

การเลือกใช้

ใช้สำหรับบดสารตัวอย่างให้ละเอียด

คุณสมบัติของเครื่อง

ใช้สำหรับบดสารตัวอย่างให้ละเอียดได้ถึง 5 ไมครอน โดยเครื่องสามารถตั้งค่า Oscillation per minute ได้สูงสุด 50 Hz และสามารถตั้งเวลาการทำงานได้

ขั้นตอนการใช้งาน

สวิตซ์ เปิด – ปิด เพื่อเริ่มการใช้งาน

1 Knurled screw	4 Grinding bowl
2 Knurled nut	5 Control panel
3 Clamping bracket	6 Rubber disk

1. เสียบปลั๊ก
2. กดปุ่มสวิตช์ด้านข้างตัวเครื่อง
3. นำ Grinding bowl ใส่เข้าไประหว่าง Clamping bracket
4. ล๊อค Knurled nut และ Knurled screw ให้แน่น
5. ตั้งค่า Vibration frequency โดยกดปุ่ม +/- ของ 1/s Oscillation บน Control panel ซึ่งตั้งค่าได้ตั้งแต่ 15 – 50 Hz (ตั้งได้สูงสุด 50 Hz)
6. ตั้งค่าเวลาการทำงาน เป็น ชั่วโมง หรือนาที ได้ โดยกดปุ่ม +/- ของ timer บน Control panel ซึ่งตั้งค่าได้สูงสุด 1 ชั่วโมง 59 นาที
7. กดปุ่ม START เพื่อเริ่มการทำงาน
8. กดปุ่ม STOP เพื่อหยุดการทำงาน

ข้อควรระวัง

1. ถอดปลั๊กก่อนที่จะทำการซ่อม หรือทำความสะอาด
2. วางเครื่องบนบริเวณที่เป็นที่ราบ
3. ต้องเฝ้าระวังขณะที่เครื่องกำลังทำงาน เนื่องจากระหว่างการสั่นเครื่องอาจเกิดการเคลื่อนที่

การดูแลรักษา

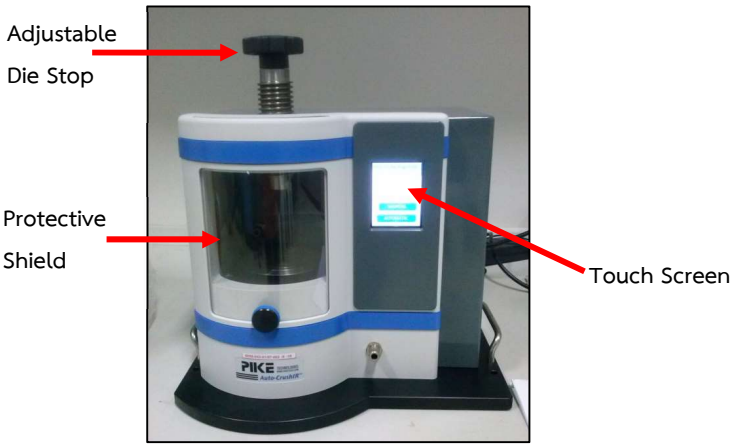
1. เมื่อใช้งานเสร็จต้องลงบันทึกการใช้งานเครื่องทุกครั้ง
2. ควรทำความสะอาดเครื่อง และอุปกรณ์ให้สะอาด

เครื่องอัดสารตัวอย่างแบบออโต้ (Automatic hydraulic press)
ยี่ห้อ Pike technologies รุ่น AUTO-CRUSHIR

การเลือกใช้

สำหรับอัดสารตัวอย่าง หรือสารเคมี

ขั้นตอนการใช้งาน



1. เสียบปลั๊ก และกดปุ่ม Power ON ที่อยู่ด้านหลังเครื่องจะปรากฏหน้าจอ Home screen
2. หน้าจอ Touch screen จะปรากฏ Home screen ซึ่งประกอบด้วย Manual mode และ Automatic mode หากไม่ปรากฏหน้าจอ ให้กดปุ่ม Return จนกว่าหน้าจอจะปรากฏ Home screen จากนั้นกดเลือก MANUAL Mode
3. ดึง Protective shield ขึ้นแล้วนำตัวอย่างที่เตรียมด้วย Evacuable Pellet Die ใส่เข้าไปในช่องของ Hydraulic Press โดย Evacuable Pellet Die ต้องอยู่กึ่งกลางตามรอยที่กำกับไว้
4. หมุน Die stop ลงมาให้สัมผัสกับ Plunger ของ Evacuable Pellet Die แบบตึงมือ

5. ป้อนแรงที่ต้องการ (ห้ามป้อนค่าแรงอัดเกินค่า Maximum ของเครื่อง คือ 15 ton และห้ามป้อนค่าแรงอัดเกินค่า Maximum ของ Evacuable Pellet Die ของขนาดที่ใช้ โดยเฉพาะขนาด Diameter 13 mm. ห้ามป้อนค่าแรงอัดเกิน 10 ton) โดยกดปุ่ม INC (increase) ค้างไว้ จนกระทั่งได้ค่าแรงอัดที่ต้องการแล้วจึงนำมือออกจากปุ่ม
   ****หากป้อนค่าแรงอัดไม่ได้ตามที่ต้องการ ให้กดปุ่ม REL (release) แล้วรอประมาณ 8 วินาที ค่าแรงที่ถูกป้อนไว้จะถูก clear เป็น 0 จากนั้นให้ทำซ้ำตามข้อ 4 – 5 อีกจนกว่าจะได้ค่าแรงอัดตามที่ต้องการ****
6. จับเวลาที่ต้องการใช้ เมื่อครบเวลาที่กำหนด ให้กดปุ่ม REL (release)
7. ทำซ้ำตามข้อ 5-6 จนพอใจ จากนั้นจึงนำ Evacuable Pellet Die ออก โดยหมุน Die stop ขึ้น
8. ดึง Protective shield ขึ้นแล้วนำ Evacuable Pellet Die ออก
9. เช็ดทำความสะอาดอุปกรณ์และเครื่องมือให้เรียบร้อย
10. กดปุ่ม Power OFF ที่อยู่ด้านหลังเครื่อง สังเกตไฟหน้าจอดับ และดึงปลั๊กออก

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างด้วย Evacuable Pellet Die

1. นำ Cylinder body ประกอบเข้ากับ Base
2. จากนั้นนำ Pellet จำนวน 1 ชิ้น ใส่เข้าไปใน Cylinder body โดยให้ด้านที่มันเงาหงายขึ้นเพื่อสัมผัสกับตัวอย่าง และจะต้องดันให้ Pellet นั้นสัมผัสกับ Base โดยใช้ Plunger ช่วยดัน
3. นำตัวอย่างใส่ลงไปและใช้ Plunger ช่วยเกลี่ย
4. จากนั้นนำ Pellet อีกชิ้นหนึ่งใส่เข้าไป โดยคว่ำด้านที่มันเงาลงเพื่อสัมผัสกับตัวอย่าง และใช้ Plunger ช่วยดันและประกบเข้ากับ Cylinder body
5. จากนั้นนำ Evacuable Pellet Die ไปเข้าเครื่อง Hydraulic Press

ขั้นตอนการนำตัวอย่างออกจาก Evacuable Pellet Die

1. นำ Evacuable Pellet Die คว่ำลงบนพื้นโต๊ะที่เรียบสะอาด โดย Base จะอยู่ด้านบน
2. จากนั้นเอา Base ออก (ค่อยๆแกะดึงขึ้นและหมุนออก)
3. จากนั้นค่อยๆ ดัน Cylinder body ลงบนพื้นโต๊ะที่เรียบสะอาด
4. ค่อยๆ นำ Pellet ชิ้นบนที่ประกบกับตัวอย่างออก
5. ค่อยๆ นำตัวอย่างออก
6. เช็ดทำความสะอาดอุปกรณ์ให้เรียบร้อยด้วยเอทานอล ก่อนนำส่งคืน

ข้อควรระวัง

1. ห้ามป้อนค่าแรงอัดเกินค่า Maximum ของเครื่อง คือ 15 ton
2. ห้ามป้อนค่าแรงอัดเกินค่า Maximum ของ Evacuable Pellet Die ของขนาดที่ใช้

การดูแลรักษา

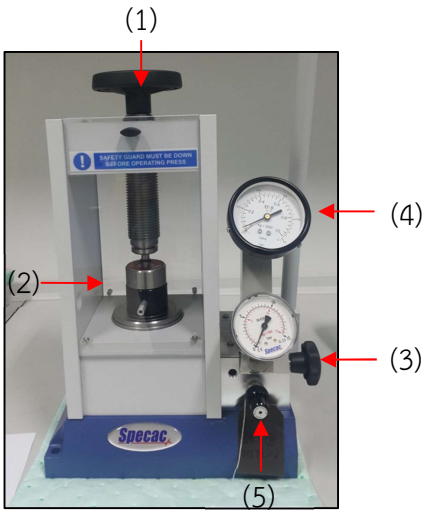
1. เมื่อใช้งานเสร็จต้องลงบันทึกการใช้งานเครื่องทุกครั้ง
2. ควรทำความสะอาดเครื่อง และอุปกรณ์ให้สะอาด

เครื่องอัดสารตัวอย่างแบบมือโยก (Manual Hydraulic Press)
ยี่ห้อ Specac รุ่น Atlas 1 T Manual

การเลือกใช้

สำหรับอัดสารตัวอย่าง หรือสารเคมี 1 ตัน เท่านั้น

ขั้นตอนการใช้งานเครื่อง



(1) Die Stop
(2) Protective shield
(3) Pressure release handle
(4) Load gauge for 1 Ton
(5) Relief valve for setting a maximum load

Pressure 1 Ton

1. ดึง Protective shield ขึ้นแล้วนำตัวอย่างที่เตรียมด้วย Pellet Die Set ใส่เข้าไปในช่องตรงกลางของ Manual Hydraulic Press โดย Pellet Die Set ต้องอยู่กึ่งกลางตามรอยที่กำกับไว้
2. หมุน Die stop ลงมาให้สัมผัสกับ Plunger ของ Pellet Die Set ให้แน่นแบบพอตึงมือ
3. ดึง Protective shield ลงมา
4. หมุน Pressure release handle ไปที่ตำแหน่ง **<u>Close แบบตามเข็มนาฬิกา แบบพอตึงมือ</u>**
5. เพิ่ม Pressure โดยโยก Pump handle จนกว่าจะได้ Pressure 1 Ton สังเกตจาก Load gauge
6. จับเวลาตามต้องการ

7. เมื่อครบกำหดเวลา ให้หมุน Pressure release handle **ไปที่ตำแหน่ง Release แบบทวนเข็มนาฬิกา** จะอ่านค่า Pressure ได้เกือบ 0 Ton สังเกตจาก Load gauge
8. หมุน Die stop ขึ้น
9. ดึง Protective shield ขึ้นแล้วนำ Pellet Die Set ออก
10. เช็ดทำความสะอาดอุปกรณ์และเครื่องมือให้เรียบร้อย

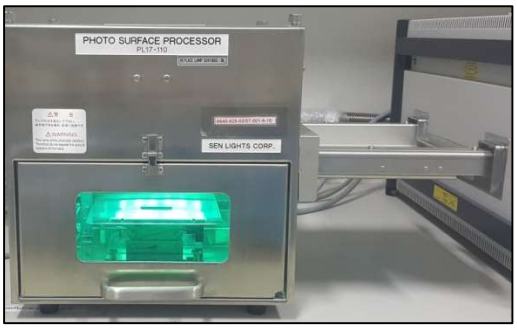
ข้อควรระวัง

ห้ามปรับ Relief valve (ปุ่มหมายเลข 5) โดยเด็ดขาด

การดูแลรักษา

1. เมื่อใช้งานเสร็จต้องลงบันทึกการใช้งานเครื่องทุกครั้ง
2. ควรทำความสะอาดเครื่อง และอุปกรณ์ให้สะอาด

เครื่อง Photo Surface Processor (UV/Ozone)
ยี่ห้อ Sen light รุ่น PL17-110



การเลือกใช้

สำหรับทำความสะอาดผิวหน้าของวัสดุ ผลึก หรือชิ้นงานด้วย UV/Ozone

ขั้นตอนการใช้งาน

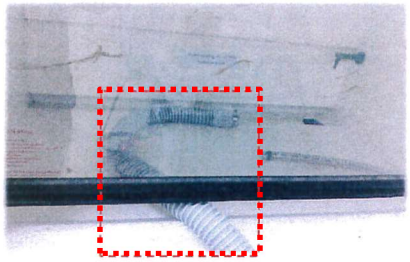
1. เสียบปลั๊กหม้อแปลงที่ปลั๊กไฟ (หม้อแปลงไฟสีแดง)

2. ตรวจดูที่ปรับบริเวณด้านบนต้องอยู่ที่ 100 V เท่านั้น (ถ้าไม่อยู่ในตำแหน่ง 100 V ห้ามเปิดเครื่องเด็ดขาด)

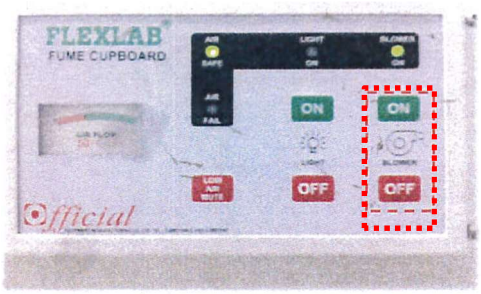
หม้อแปลงไฟจาก 220 V เป็น 100 V

3. กดปุ่ม ON POWER ไฟสีแดงจะติด

4. นำสาย BLOWER เข้าตู้ดูดควัน (ห้ามหันหัวออกมาข้างนอก)



5. กดปุ่ม ON BLOWER ที่ปุ่ม CONTROL ของตู้ดูดควัน

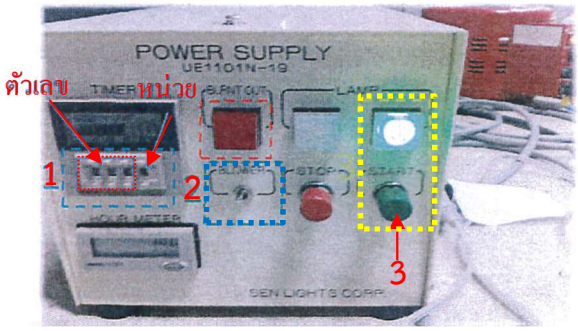


6. POWER SUPPLY

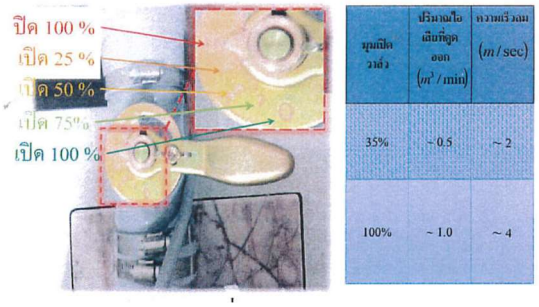
   6.1 ตั้งเวลา TIMER (ตำแหน่ง 1)

   6.2 BLOWER ผลักก้านขึ้น (ON) (ตำแหน่ง 2)

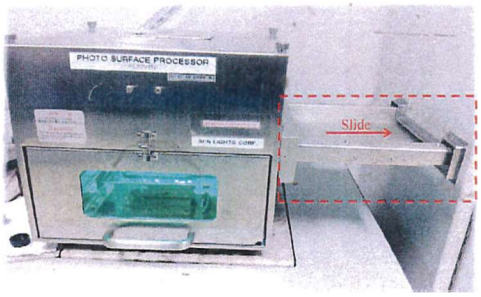
   6.3 กดปุ่ม START (ตำแหน่ง 3) ไฟสีเขียวจะติด “ถ้าขึ้นไฟสีแดง แสดงว่า หลอด UV ไม่ทำงาน หรือเสีย”



7. เปิดวาล์วข้างหลังเครื่อง UV-/OZONE



8. ดึง Shutter บริเวณด้านข้างออกจนสุด



9. เมื่อใช้เครื่อง UV/OZONE แล้วเสร็จ ให้ปฏิบัติดังนี้
   (1) ปิด Shutter ที่เครื่อง UV/OZONE
   (2) รอประมาณ 5 นาที ปิดวาล์วที่ 100 % บริเวณข้างหลังเครื่อง UV/OZONE
   (3) กดปุ่ม STOP ที่ POWER SUPPLY
   (4) รอประมาณ 2-5 นาที จึงผลักก้าน BLOWER ลง (OFF) ที่ POWER SUPPLY
   (5) กดปุ่ม OFF BLOWER ที่ตู้ดูดควัน
   (6) กดปิดสวิตช์ OFF ที่หม้อแปลงไฟสีแดง
   (7) ถอดปลั๊กหม้อแปลงไฟสีแดง
   (8) นำตัวอย่างออก
   (9) เช็ดทำความสะอาดอุปกรณ์ให้เรียบร้อย

ข้อควรระวัง

1. ตรวจสอบตำแหน่งหม้อแปลงไฟสีแดง ต้องอยู่ในตำแหน่ง 100 V เท่านั้นจึงจะใช้งานเครื่องได้
2. สาย BLOWER ต้องอยู่ในตู้ดูดควันเท่านั้น ห้ามหันหัวออกมาข้างนอก

การดูแลรักษา

1. เมื่อใช้งานเสร็จต้องลงบันทึกการใช้งานเครื่องทุกครั้ง
3. ควรทำความสะอาดเครื่อง และอุปกรณ์ให้สะอาด

เครื่องล้างความถี่สูง (Ultrasonic Cleaner)

ยี่ห้อ GT SONIC รุ่น GT-1860QTS, GT-1990QTS

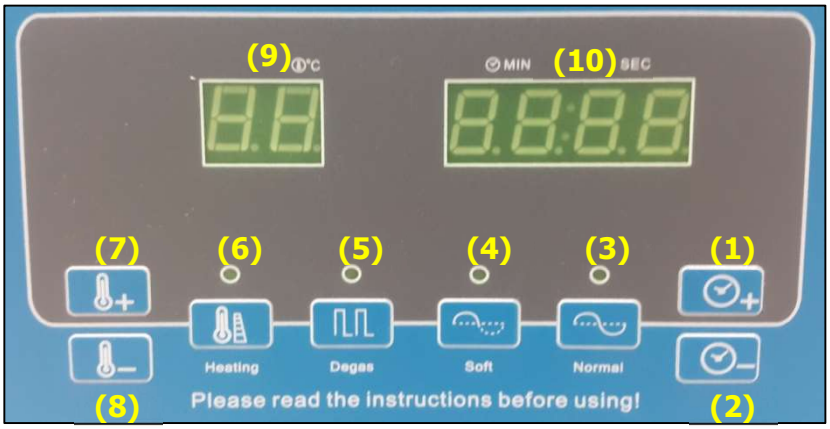
การเลือกใช้

ใช้สำหรับทำความสะอาดวัสดุ หรือชิ้นงาน จัดการรอยคราบไหม้ จุดที่เข้าถึงยาก หรือต้องการไล่อากาศออกจากของเหลวด้วยความถี่สูง

คุณสมบัติของเครื่อง

1. สามารถตั้งเวลาได้ตั้งแต่ 1-99 นาที นับเวลาถอยหลังเป็นวินาที
2. ตั้งอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 - 80 ^{O}C (ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมอยาที่ 40 – 60 ^{O}C)
3. หน้าจอแสดงผลแบบดิจิตอล แสดงเวลา และอุณหภูมิ
4. ความถี่ของ Ultrasonic อยู่ที่ 40 KHz

ขั้นตอนการใช้งาน



1. เติมน้ำลงถัง เสียบปลั๊ก เพื่อเริ่มใช้งาน
2. **ตั้งเวลา** กดปุ่มหมายเลข 1 1 ครั้ง เพิ่มเวลา 1 นาที, กดค้าง เพิ่มเวลา 10 นาทีต่อเนื่อง ในทางกลับกัน กดหมายเลข 2 1 ครั้ง ลดเวลา 1 นาที, กดค้าง ลดเวลา 10 นาทีต่อเนื่อง เครื่องหยุดเมื่อเวลา 00:00
3. **ตั้งอุณหภูมิ** กดหมายเลข 6 เพื่อเข้าตั้งค่าอุณหภูมิ (0 - 80 ^{O}C) กดหมายเลข 7 1 ครั้ง เพิ่มอุณหภูมิ 1 องศา, กดค้าง เพิ่มอุณหภูมิ 10 องศา ในทางกลับกันกดปุ่มหมายเลข 8 1 ครั้ง ลดอุณหภูมิ 1 องศา, กดค้าง ลดอุณหภูมิ 10 องศา, ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมอยาที่ 40 – 60 ^{O}C กดปุ่มหมายเลข 6 เพื่อเริ่มทำความร้อน

   หมายเหตุ ระบบทำความร้อนจะไม่หยุดทำงานอัตโนมัติ เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าที่ตั้ง ระบบจะทำความร้อนอัตโนมัติ กดหมายเลข 6 อีกครั้ง เพื่อหยุดการทำงาน สังเกตไฟแสดงสถานะ
4. หลังจากตั้งเวลา และอุณหภูมิแล้ว กดหมายเลข 6 และเลือก หมายเลข 3 หรือ หมายเลข 4 หรือ หมายเลข 5 เครื่องจะเริ่มทำงานทันที, ไฟแสดงสถานะระบบทำความร้อน และการล้างความถี่สูง จะสว่างขึ้นแสดงสถานการณ์ทำงาน กดปุ่มเดิมอีกครั้ง เพื่อหยุดการทำงานที่ต้องการ ไฟแสดงสถานะจะดับลง
5. โหมดการทำงานทั้ง 3 แบบ
   5.1 Degas mode กดหมายเลข 5 สำหรับการทำงานเพื่อไล่อากาศออกจากของเหลว, เครื่องจะส่งความถี่ 6 วินาที และหยุด 2 วินาที ต่อเนื่องไปเรื่อย, กดอีกครั้งเพื่อหยุดการทำงาน
   5.2 Turbo mode กดหมายเลข 3 สำหรับการเพิ่มกำลังความถี่ และจะกินไฟมากขึ้น, กดอีกครั้งเพื่อหยุดการทำงาน
   5.3 Sweep mode กดหมายเลข 4 สำหรับการใช้คลื่นความถี่หลายรูปแบบ, เหมาะสำหรับการจัดการรอยคราบไหม้, จุดที่เข้าถึงยาก และคลื่นนิ่ง, กดอีกครั้งเพื่อหยุดการทำงาน

ข้อควรระวัง

1. ไม่ควรเปิดเครื่องทำงานต่อเนื่องนานเกิน 1 ชั่วโมง อาจทำให้เครื่องร้อนเสียหาย
2. ต้องมีน้ำในถังก่อนเปิดเครื่อง ห้ามใช้งานขณะไม่มีน้ำ
3. ต้องวางวัสดุบนตะแกรงเท่านั้น ห้ามวางบนตัวถังโดยตรง
4. ใส่น้ำอย่างน้อย 1 ใน 3 ของความจุถัง กรณีไม่ควบคุมอุณหภูมิ
5. ใส่น้ำอย่างน้อย 3 ใน 4 ของความจุถัง กรณีควบคุมอุณหภูมิ

การดูแลรักษา

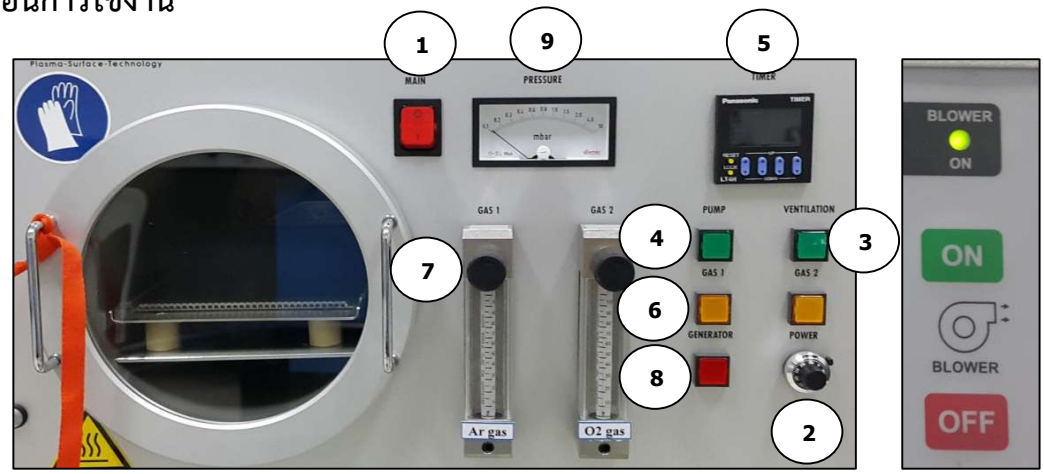
1. เมื่อใช้เครื่องเสร็จแล้ว ต้องลงบันทึกทุกครั้ง
2. ปล่อยน้ำออกจากถัง ด้วยก๊อกหรือเทน้ำออก จากนั้นจึงใช้ผ้าเช็คตะแกรง และภายในถัง
3. ภายนอกตัวถัง ให้ใช้ผ้าชุบน้ำบิดหมาด เช็คทำความสะอาด

เครื่องขัดผิวหน้าวัสดุด้วยพลาสมา (Plasma Surface Technology)
ยี่ห้อ Diener รุ่น PICO

การเลือกใช้

สำหรับทำความสะอาดผิวหน้าของผลึก วัสดุ หรือชิ้นงาน

ขั้นตอนการใช้งาน



1. เปิดการทำงานของตู้ดูดควัน โดยกดปุ่ม ON BLOWER เพื่อระบายก๊าซที่ใช้กับเครื่อง Plasma Surface Technology ขณะที่ทำความสะอาดวัสดุออก
2. หมุนสวิตซ์ด้านหลังตัวเครื่อง (แบบหมุนซ้าย-ขวา) เพื่อเปิดการทำงานของตัวเครื่องและปั๊ม เมื่อเปิดแล้วจะมีเสียงการทำงานของปั๊ม
3. กดสวิตซ์ เปิด ด้านหน้าตัวเครื่อง (หมายเลข 1) ไฟจะติดสีแดง
4. หมุนปุ่ม POWER (หมายเลข 2) ให้อยู่ที่ 50 โวลต์
5. กดปุ่มสีเขียว VENTILATION (หมายเลข 3) ไฟสีเขียวจะติด Vent เพื่อนำฝาเครื่องออก*“ระวังฝาตกแตก”*
6. นำตัวอย่างใส่ในเครื่อง และปิดฝา <u>ต้องใช้มือช่วยประคองฝาเพื่อไม่ให้หล่น</u>
7. กดปุ่มสีเขียว VENTILATION (หมายเลข 3) ออก ไฟสีเขียวจะดับ

8. กดปุ่มสีเขียว PUMP (หมายเลข 4) ไฟสีเขียวจะติด สังเกตว่าฝาจะถูกดูดติดกับตัวเครื่อง ปั๊มระบบให้ได้ความดันที่ประมาณ 0.1 mbar หรือความดันที่น้อยที่สุดที่เครื่องสามารถทำได้ (ดูค่าความดันจาก Pressure gage) หมายเลข 9
9. ตั้งเวลาที่ต้องการ TIMER (หมายเลข 5) สำหรับการ Generate แล้วกดปุ่ม RESET
10. เลือกใช้ก๊าซที่ต้องการ กรณีที่ต้องการทำความสะอาดผลึกที่ใช้ในการคัดเลือกพลังงาน ให้ใช้ก๊าซอาร์กอน (Ar gas) โดยเปิดถังก๊าซ และกดปุ่มสีเหลือง GAS1 (หมายเลข 6) ไฟสีเหลืองจะติด และปรับความดันก๊าซที่ต้องการใช้ให้ได้ประมาณ 0.3 mbar โดยปรับจากลูกลอยของ GAS1 (หมายเลข 7)
11. กดปุ่มสีแดง GENERATOR (หมายเลข 8) ไฟสีแดงจะติด ซึ่งเวลาที่เราตั้งไว้จะถูกนับถอยหลังลงมาเรื่อยๆ จนครบเวลาที่ตั้งไว้เครื่องจะหยุดการ Generate
12. ค่อยๆปรับความดันก๊าซให้ลดลง โดยระวังหมุนให้เบามือ และกดปุ่มสีเหลือง GAS1 (หมายเลข 6) ออก ไฟสีเหลืองจะดับ จากนั้นปิดถังก๊าซ
13. กดปุ่มสีเขียว PUMP (หมายเลข 4) ออก ไฟสีเขียวจะดับ
14. กดปุ่มสีเขียว VENTILATION (หมายเลข 3) ไฟสีเขียวจะติด เป็นการ VENT เพื่อนำตัวอย่างออกจากเครื่อง
15. เมื่อนำตัวอย่างออกเรียบร้อยแล้ว ให้ปั๊มฝาติดกับตัวเครื่องอย่างเดิม โดยกดปุ่มสีเขียว PUMP (หมายเลข 4) ไฟสีเขียวจะติด สังเกตว่าฝาจะถูกดูดติดกับตัวเครื่อง
16. กดสวิตซ์ปิดหน้าตัวเครื่อง (หมายเลข 1) ไฟสีแดงจะดับ
17. หมุนสวิตซ์ด้านหลังตัวเครื่อง (แบบหมุนซ้าย-ขวา) เพื่อปิดการทำงานของตัวเครื่องและปั๊ม สังเกตปั๊มจะหยุดการทำงาน
18. ปิดการทำงานของตู้ดูดควัน โดยกดปุ่ม OFF BLOWER

การดูแลรักษา

1. เมื่อใช้งานเสร็จต้องลงบันทึกการใช้งานเครื่องทุกครั้ง
2. ควรทำความสะอาดเครื่อง และอุปกรณ์ให้สะอาด

เครื่องผลิตน้ำ RO (Reverse Osmosis) และน้ำปราศจากไอออน (DEIONIZED WATER; DI) ยี่ห้อ ทรีท เคมิคอล รุ่น DI 500 ลิตรต่อวัน (แบบติดผนัง)

การเลือกใช้

เป็นเครื่องผลิตน้ำ RO (Reverse Osmosis) และน้ำปราศจากไอออน (DEIONIZED WATER; DI) สำหรับเตรียมสารละลาย การเตรียมบัพเฟอร์ และการเพาะเลี้ยงเซลล์

ขั้นตอนการใช้งาน

1. เครื่องจะทำการผลิตน้ำ DI โดยผ่านระบบการกรอง 5 ขั้นตอน ดังนี้
   ขั้นตอนที่ 1 ระบบเปิด น้ำประปาเข้าระบบเครื่อง เริ่มกรองที่ ไส้กรองคาร์บอน ขนาด 2.5 ลิตร กำจัดตะกอนและของแข็งแขวนลอย จากท่อส่งน้ำประปา
   ขั้นตอนที่ 2 ไส้กรองเรซิ่น ขนาด 2.5 ลิตร กำจัดตะกอนที่อาจหลุดลอดมาอีกครั้ง พร้อมทั้ง กำจัด สี กลิ่น และคลอรีนในน้ำ
   ขั้นตอนที่ 3 ส่งน้ำเข้ากรอง ระบบ RO(Reverse Osmosis) 5 ขั้นตอน ดังนี้
   - ไส้กรองใยสังเคราะห์ 5 micron ยาว 10 นิ้ว กำจัดตะกอนและของแข็งแขวนลอย จากท่อส่งน้ำประปาอีกรอบ
   - ส่งมาที่ ไส้กรองใยสังเคราะห์ 1 micron ยาว 10 นิ้ว เพื่อกรองอีกรอบ

- ไส้กรองคาร์บอนอัดแท่ง ขนาด 10 นิ้ว
- ไส้ RO Membrane ไส้เมนเบรน FILMTEC Model : TW30-1812-100 GPD
- ไส้กรองคาร์บอนชนิดผงอีกรอบ จากนั้นน้ำ Ro ที่ได้ จะไปลงถังเก็บน้ำ PE ขนาด 50 ลิตร

ขั้นตอนที่ 4 ปั๊ม PUMP "KEMFLO" สำหรับสูบน้ำ RO ผ่าน DI ไส้กรองสารกรอง MIXED BED (Carbon-Resin Ion Exchange) กำจัดหินปูน และปรับลดความกระด้างให้น้ำนุ่มนวลยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 5 เป็นหัวใจของระบบกรองคือ ไส้กรอง Ion Exchange Resin (Mixed Bed) ขีดความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุสูงสามารถให้ค่าการนำไฟฟ้า Conductivity ต่ำกว่า 1 us/cm

ขั้นตอนที่ 6 EC Controllers "HANA" BL 983322" ระบบเช็คน้ำ DI หากค่าการนำไฟฟ้า Conductivity มีค่าเกิน 1 us/cm ระบบจะไม่จ่ายน้ำ จะวนกลับไปกรองใหม่

ข้อควรระวัง

1. ภาชนะรองรับน้ำต้องปลอดฝุ่นปลอดเชื้อ
2. หมั่นตรวจสอบและทำความสะอาดอุปกรณ์ประกอบ เช่น สายยางนำน้ำ ไส้กรองต่างๆ
3. ภาชนะรับน้ำปราศจากไอออนทำความสะอาดเพื่อลดสิ่งปนเปื้อน

การดูแลรักษา

1. เมื่อนำน้ำไปใช้ ต้องลงบันทึกทุกครั้ง
2. ควรทำความสะอาดเครื่อง
3. ตรวจเช็คคุณภาพของน้ำ ตรวจเช็คอายุการใช้งาน
4. เปลี่ยนสารกรองน้ำทุก 6 เดือน
   - เรซิ่น
   - คาร์บอน

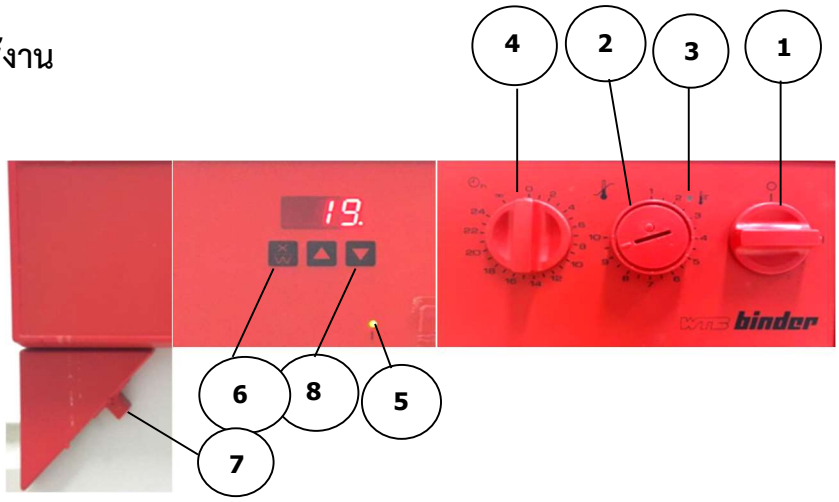
ตู้อบความร้อนแห้ง (Hot air oven)

ยี่ห้อ Binder รุ่น ED

การเลือกใช้

สำหรับอบและฆ่าเชื้อตัวอย่าง เครื่องแก้ว เครื่องมือ และ อุปกรณ์ต่างๆ อุณหภูมิที่ใช้งานตั้งแต่ 5 ^{O}C เหนืออุณหภูมิห้อง จนถึง 300 ^{O}C

ขั้นตอนการใช้งาน



1. เปิดสวิทซ์ ON/OFF (หมายเลข 1) ไปที่ตำแหน่ง I เพื่อให้ตู้ทำงาน ไฟที่ตำแหน่งหมายเลข 5 จะติด
2. การตั้งอุณหภูมิให้กดปุ่ม SET-POINT (หมายเลข 6) ซึ่งมีสัญลักษณ์ X/W เพื่อให้หน้าปัด แสดงอุณหภูมิที่จะตั้งใช้งาน
3. เลือกตั้งอุณหภูมิตามต้องการ โดยใช้ปุ่มขึ้น-ลง (หมายเลข 8) สามารถตั้งอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 5 ^{O}C เหนืออุณหภูมิห้อง จนถึง 300 ^{O}C (หากกดปุ่มขึ้น-ลง อุณหภูมิที่ตั้งไม่เปลี่ยนแปลงให้กดปุ่ม X/W อีกครั้ง)
4. เมื่อตั้งอุณหภูมิแล้ว ให้กดปุ่ม SET-POINT (หมายเลข 6) เพื่อให้หน้าปัดแสดงอุณหภูมิปัจจุบันภายในตู้
5. ถ้าต้องการตั้งเวลาการทำงานของตู้อบ ให้หมุนปุ่ม TIMER (หมายเลข 4) ทวนเข็มนาฬิกาไปที่ตำแหน่ง ∞

หมายเหตุ

1. กรณีถ้าเป็นการอบตัวอย่างให้แห้ง และตัวอย่างมีความชื้นสูง ไอหรือควัน สามารถเปิดช่องระบายอากาศโดยปรับปุ่มหมายเลข 7 ให้เปิดช่องมาก (เลื่อนขึ้น) หรือน้อย (เลื่อนลง) ตามต้องการ
2. การใช้งาน SAFETY DEVICE (ปุ่มหมายเลข 2) ซึ่งปกติจะตั้งไว้ที่ตำแหน่งสูงสุด กรณีที่ต้องการปรับอุณหภูมิของ SAFETY ให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ใช้งาน จะต้องให้อุณหภูมิของเครื่องได้เท่ากับที่ใช้งานก่อน แล้วจึงค่อยปรับปุ่มปรับหมายเลข 2 ลดลงจนกระทั่งไฟสัญญาณ หมายเลข 3 สว่างขึ้นมา พร้อมหน้าปัดแสดงอุณหภูมิดับไป จากนั้นปรับปุ่มหมายเลข 2 เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แล้วกดปุ่ม RESET ซึ่งอยู่บนปุ่มหมายเลข 2 จะทำให้เครื่องทำงานตามปกติ

ขั้นตอนการปฏิบัติก่อนนำตัวอย่างหรืออุปกรณ์เข้าตู้อบ

1. ประเภทอุปกรณ์ หรือชิ้นส่วนที่เป็นโลหะ (ไม่ใช่โลหะเนื้ออ่อน)
    - ควรล้างทำความสะอาดอุปกรณ์หรือตัวอย่าง แล้วห่อหุ้มด้วยแผ่น Aluminium foil โดยหุ้ม 2 ชั้นก่อนนำเข้าเตาอบ
2. ประเภทเครื่องมือผ่าตัด เช่น ใบมีดผ่าตัด, กรรไกรผ่าตัด
    - ควรล้างทำความสะอาดอุปกรณ์หรือตัวอย่าง แล้วห่อหุ้มด้วยแผ่น Aluminium foil โดยหุ้ม 2 ชั้นก่อนนำเข้าเตาอบ
3. ประเภทอุปกรณ์เข็มฉีดยา
    - แยกกระบอกฉีดและตัวเข็มออกจากกัน แล้วห่อหุ้มด้วยแผ่น Aluminium foil โดยหุ้ม 2 ชั้นก่อนนำเข้าเตาอบ
4. ประเภทอุปกรณ์เครื่องแก้วต่างๆ
    - ควรล้างทำความสะอาดและแยกชิ้นส่วนออกจากกันก่อน หลังจากนั้นนำไปวางบนชั้นวาง ในเตาอบ

การดูแลและการบำรุงรักษาเครื่อง

1. ควรเช็ดทำความสะอาดเครื่องสม่ำเสมอโดยใช้น้ำยาทำความสะอาดที่ใช้กับแสตนเลสได้
2. ไม่ควรนำสิ่งของวางบนหลังเครื่อง และคอยตรวจสอบน็อตประตูและมือจับให้อยู่ในสภาพแน่นเสมอ
3. ระวังอย่าให้สารเคมีหรือของเหลว หกรดตัวเครื่องและแผงควบคุม
4. ไม่ควรเสียบปลั๊กไฟทิ้งไว้เมื่อไม่ได้ใช้งาน
5. เลือกอุณหภูมิและเวลาให้เหมาะสมกับตัวอย่าง หรือเครื่องแก้ว
6. ลงบันทึกการใช้งานทุกครั้ง

ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
ยี่ห้อ Memmert รุ่น UF55

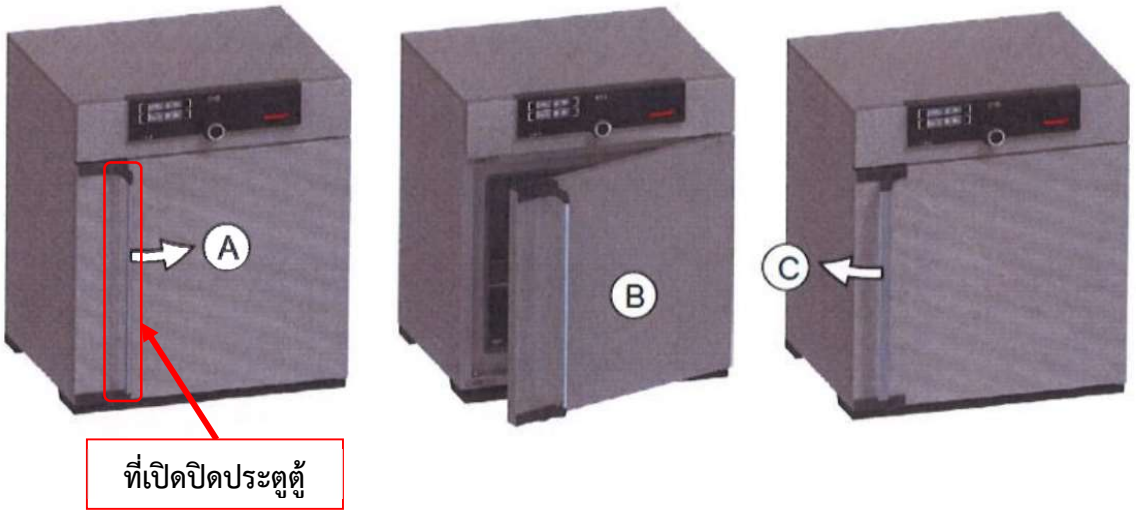
การเลือกใช้

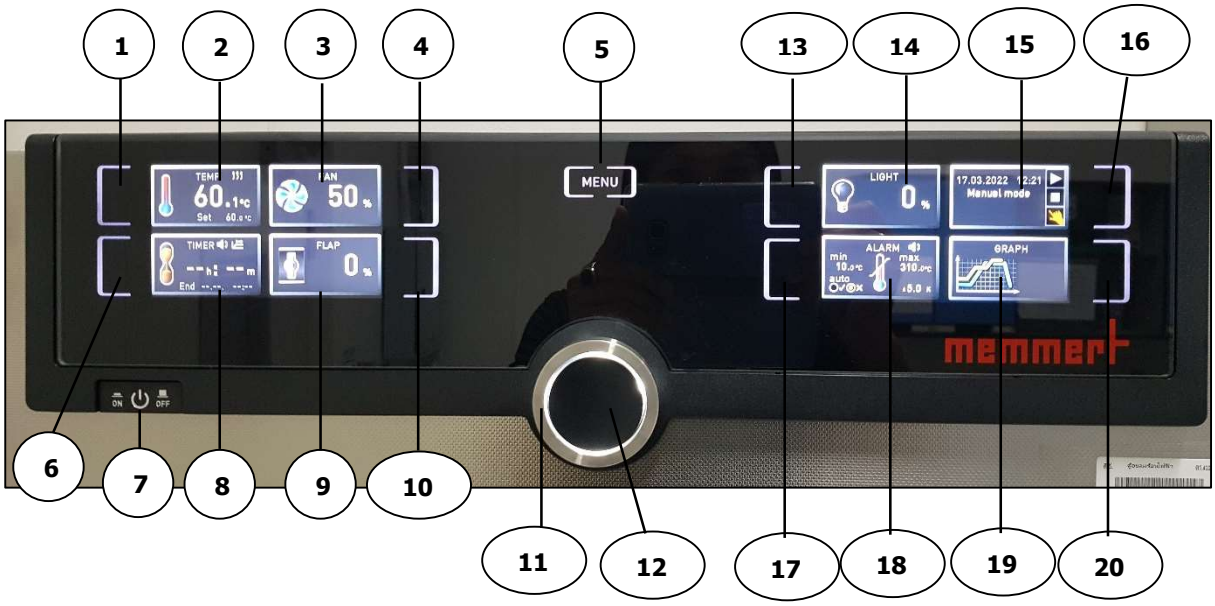
สำหรับอบตัวอย่าง เครื่องแก้ว เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ อุณหภูมิที่ใช้งานตั้งแต่ 10 องศาเซลเซียส เหนืออุณหภูมิห้องจนถึง 300 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนการใช้งาน

<u>วิธีการเปิดประตูตู้</u> ตามรูปภาพประกอบ A B C

- การเปิดประตูตู้ให้ดึงที่จับด้านหน้าเครื่อง แล้วเปิดเข้าหาตัวผู้ใช้
- การปิดประตูตู้ให้ผลักเข้าหาเครื่อง





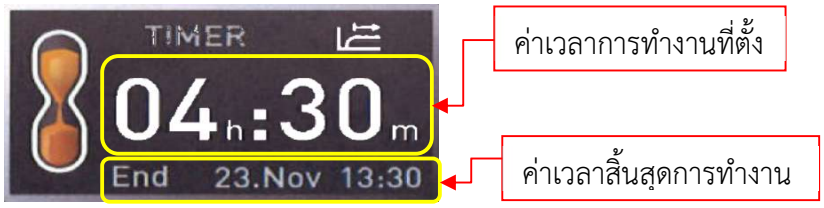
แผงควบคุมการทำงาน

ขั้นตอนการทำงาน

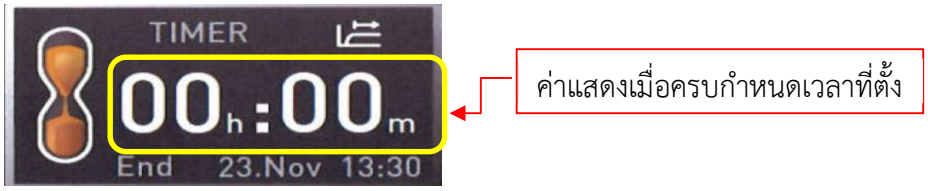
1. **การเปิดการทำงานเครื่อง** เสียบต่อสายไฟเครื่อง จากนั้นกดสวิทช์เปิดเครื่อง ปุ่มหมายเลข 7 สังเกตแผงควบคุมที่หน้าจอแสดงผลต่างๆ จะปรากฏสีสว่างขึ้น ได้แก่ ค่าแสดงอุณหภูมิ (หมายเลข 2) ค่าแสดงความแรงของพัดลม (หมายเลข 3) ค่าแสดงเวลาการทำงาน (หมายเลข 8) ค่าแสดงระดับบานพับระบายอากาศ (หมายเลข 9) ค่าแสดงผลไฟภายในเครื่อง (หมายเลข 14) ค่าแสดงผลโหมด Manual (หมายเลข 15) ค่าแสดงเตือนอุณหภูมิ (หมายเลข 18) ค่าแสดงผลกราฟ (หมายเลข 19)
2. **การตั้งค่าอุณหภูมิ** กดปุ่มหมายเลข 1 หน้าจอแสดงผลการตั้งค่าอุณหภูมิ หมายเลข 2 จะปรากฏสีสว่างขึ้น หมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 ไปทางซ้าย หรือขวา เพื่อปรับตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการ จากนั้นกดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 12 เพื่อยืนยันค่าอุณหภูมิที่ตั้ง หน้าจอจะแสดงค่าอุณหภูมิที่ตั้ง (ตำแหน่ง Set) และจะแสดงค่าอุณหภูมิของเครื่องขณะนั้น (ตำแหน่ง TEMP)

3. **การตั้งค่าเวลาการทำงาน** กดปุ่มหมายเลข 6 หน้าจอแสดงผลการตั้งค่าเวลาการทำงาน หมายเลข 8 จะปรากฏสีสว่างขึ้น หมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 ไปทางซ้าย หรือขวา เพื่อปรับตั้งค่าเวลาที่ต้องการ *หน้าจอจะแสดงเวลาเป็นชั่วโมง และนาที ไม่เกิน 23 ชั่วโมง 59 นาที หากเกินกว่านั้นจะแสดงเวลาเป็น*

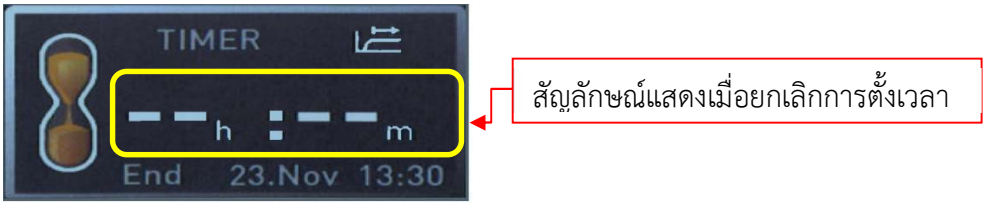
วัน และชั่วโมง จากนั้นกดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 12 เพื่อยืนยันค่าเวลาที่ตั้ง หน้าจอจะแสดงค่าเวลาสิ้นสุดการทำงานเป็นตัวอักษรขนาดเล็กด้านล่างของจอ



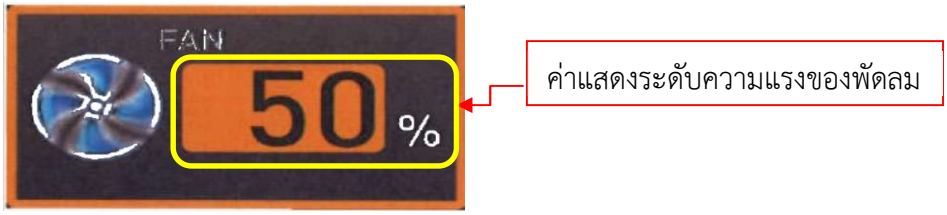
เมื่อครบกำหนดเวลา หน้าจอแสดงผลจะแสดงตัวเลข 00.00 ระบบทำความร้อนหรือทำความเย็นจะหยุดการทำงานทันที



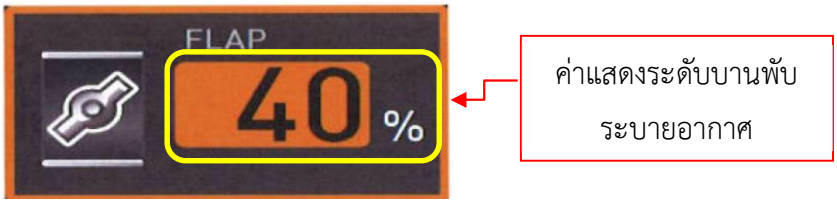
ถ้าต้องการยกเลิกการตั้งเวลาการทำงาน ให้กดปุ่มหมายเลข 6 และหมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 เพื่อลดการตั้งค่าตัวจับเวลาจนกว่าจะแสดงรูป “--:--“ ปรากฏขึ้นที่หน้าจอ จากนั้นกดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 12 เพื่อยืนยันอีกครั้งหนึ่ง



4. **<u>การตั้งค่าความแรงของพัดลม</u>** กดปุ่มหมายเลข 4 หน้าจอแสดงผลการตั้งค่าความแรงของพัดลม หมายเลข 3 จะปรากฏสีสว่างขึ้น หมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 ไปทางซ้าย หรือขวา เพื่อเพิ่มหรือลดระดับความแรงของพัดลม จากนั้นกดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 12 เพื่อยืนยันอีกครั้งหนึ่ง



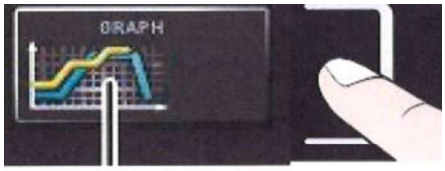
5. **<u>การตั้งค่าระดับบานพับระบายอากาศ</u>** กดปุ่มหมายเลข 10 หน้าจอแสดงผลระดับบานพับระบายอากาศ หมายเลข 9 จะปรากฏสีสว่างขึ้น หมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 ไปทางซ้าย หรือขวา เพื่อเพิ่มหรือลดค่าระดับบานพับระบายอากาศ จากนั้นกดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 12 เพื่อยืนยันอีกครั้งหนึ่ง



6. **<u>การตั้งค่าไฟภายในเครื่อง</u>** กดปุ่มหมายเลข 13 หน้าจอแสดงผลไฟภายในเครื่อง หมายเลข 14 จะปรากฏสีสว่างขึ้น หมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 ไปทางซ้าย หรือขวา เพื่อเพิ่มหรือลดค่าความสว่าง จากนั้นกดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 12 เพื่อยืนยันอีกครั้งหนึ่ง

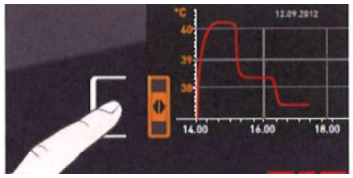
7. **<u>การตั้งค่าเตือนอุณหภูมิ</u>** กดปุ่มหมายเลข 17 หน้าจอแสดงผลค่าเตือนอุณหภูมิ หมายเลข 18 จะปรากฏสีสว่างขึ้น หมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 ไปทางซ้าย หรือขวา เพื่อเพิ่มหรือลดค่า MIN ALARM จากนั้นกดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 12 เพื่อยืนยันค่าอุณหภูมิที่ตั้ง หมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 ไปทางซ้าย หรือขวาอีกครั้ง เพื่อเพิ่มหรือลดค่า MAX ALARM จากนั้นกดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 12 เพื่อยืนยันค่าอุณหภูมิที่ตั้ง

8. **<u>การเรียกดูค่ากราฟของอุณหภูมิ</u>** กดปุ่มหมายเลข 20 หน้าจอแสดงผลค่ากราฟของอุณหภูมิ หมายเลข 19 จะปรากฏสีสว่างขึ้น

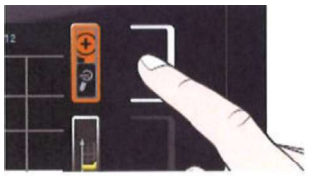


จากนั้นกดปุ่มควบคุมด้านขวาของหน้าจอแสดง จะปรากฏค่ากราฟของอุณหภูมิขึ้นมา

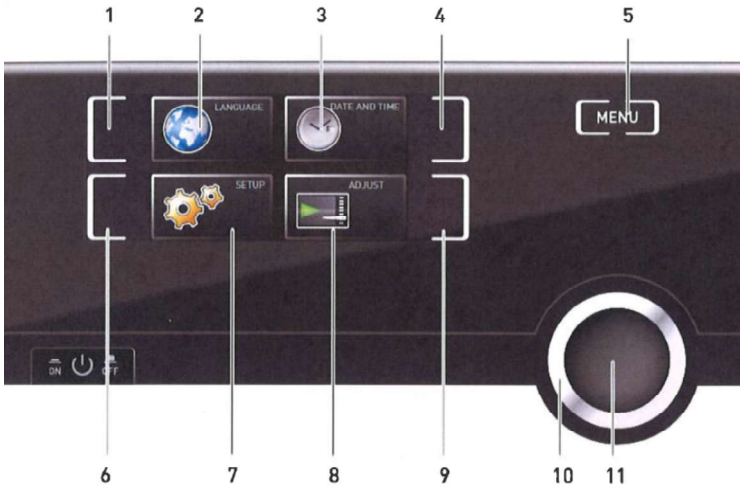
จากนั้นกดปุ่มควบคุมด้านซ้ายของหน้าจอแสดง หมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 ไปทางซ้าย หรือขวา เพื่อดูช่วงเวลาที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ



กดปุ่มควบคุมด้านขวาของหน้าจอแสดง หมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 ไปทางซ้าย หรือขวา เพื่อเลือกขยาย หรือลดกราฟ



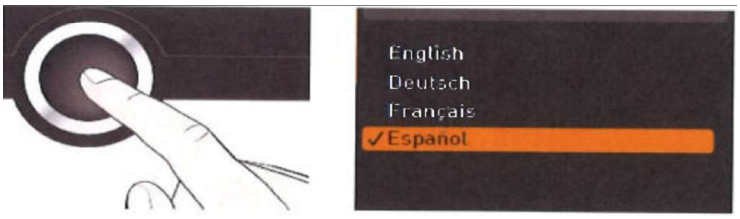
9. **<u>การตั้งค่าการทำงานในโหมด MENU</u>** กดปุ่มหมายเลข 5 หน้าจอจะปรากฏหน้าจอส่วนควบคุมและส่วนแสดงผล ดังรูป



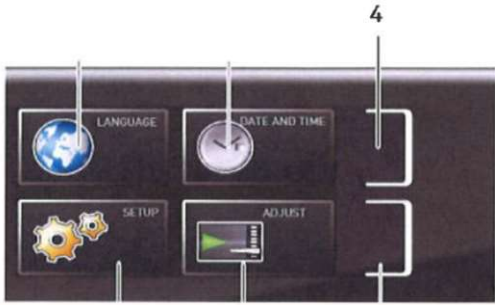
<u>การตั้งค่าภาษา</u> กดปุ่มหมายเลข 1 หน้าจอแสดงผลการเลือกปรับภาษา หมายเลข 2 จะปรากฏสีสว่างขึ้น

หมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 10 ไปทางซ้าย หรือขวา เพื่อเลือกภาษาที่ต้องการ

เมื่อได้ภาษาที่ต้องการให้กดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 เพื่อยืนยันการเลือกภาษา จากนั้นกดปุ่มหมายเลข 1 อีกครั้ง เพื่อออกจากการตั้งค่าเปลี่ยนภาษา



<u>การตั้งวันและเวลา</u> กดปุ่มหมายเลข 4 หน้าจอแสดงผลวันและเวลา หมายเลข 3 จะปรากฏสีสว่างขึ้น

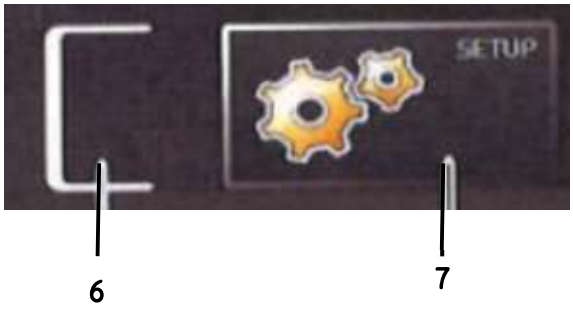


- **การปรับ time zone** ดังนี้ หมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 10 ไปทางซ้าย หรือขวา เพื่อเลื่อนไปที่ time zone จากนั้นกดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 เพื่อยืนยันการปรับ time zone

- **การปรับ วันเดือน ปี** ดังนี้ หมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 10 ไปทางซ้าย หรือขวา เพื่อเลื่อนไปที่การปรับตั้งค่า “date” จากนั้นกดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 เพื่อยืนยันการปรับตั้งค่าวันที่ และหมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 10 ไปทางซ้าย หรือขวา เพื่อเลือกวันที่ที่ต้องการและเมื่อได้วันที่ที่ต้องการแล้วให้กดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 เพื่อยืนยัน (*โดยการตั้งค่าเดือนและปีให้ทำในลักษณะเดียวกันกับการตั้งค่าวันที่*)

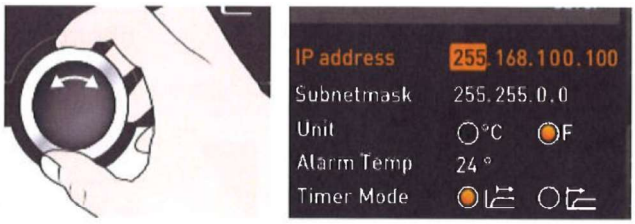
- **การปรับเวลา ดังนี้** หมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 10 ไปทางซ้าย หรือขวา เพื่อเลื่อนไปปรับตั้งค่า “time” จากนั้นกดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 เพื่อยืนยันการปรับตั้งค่าเวลาและเมื่อได้เวลาที่ต้องการแล้วให้กดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 เพื่อยืนยัน

<u>การตั้งค่า SETUP</u> กดปุ่มหมายเลข 6 หน้าจอแสดงเมนูย่อยของเครื่อง หมายเลข 7 จะปรากฏสีสว่างขึ้น



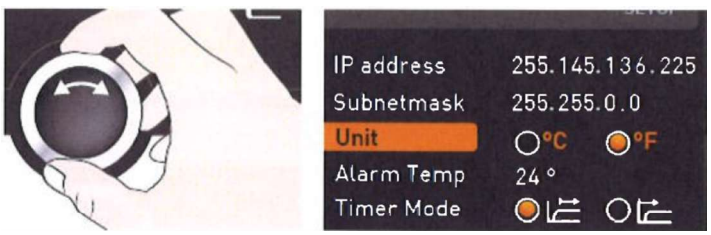
- **การตั้งค่า IP address** ดังนี้ หมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 10 ไปทางซ้าย หรือขวา เพื่อเลื่อนไปปรับตั้งค่า “IP adress” กดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 เพื่อยืนยันการปรับตั้งค่า

จากนั้นหมุนปุ่มคอนโทรล เพื่อเลือกจุดที่จะปรับ IP address และกดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล เพื่อยืนยันการปรับ IP address ของจุดนั้น และให้หมุนปุ่มคอนโทรลอีกครั้ง เพื่อทำการปรับตัวเลขของ IP address

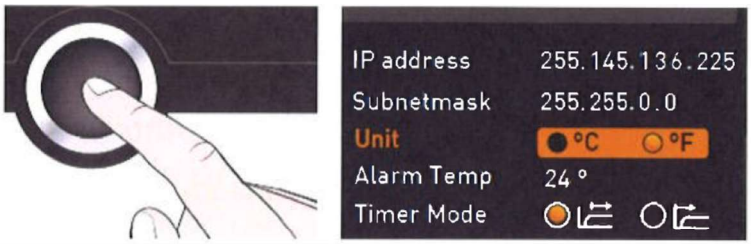


เมื่อทำการปรับ IP address ครบทุกหลักแล้ว ให้กดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล เพื่อทำการยืนยันค่าทั้งหมด

- **การตั้งค่า Unit** ดังนี้ หมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 10 ไปทางซ้าย หรือขวา เพื่อเลื่อนไปปรับตั้งค่าหน่วยของอุณหภูมิ “unit” จากนั้นกดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 เพื่อยืนยันการปรับตั้งค่าหน่วย

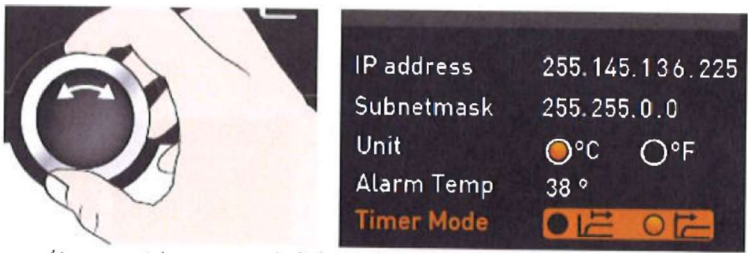


หมุนปุ่มคอนโทรลเพื่อเลือกหน่วยของอุณหภูมิที่ต้องการซึ่งมีให้เลือก 2 หน่วย คือ ^{O}C และ ^{O}F เมื่อได้หน่วยของอุณหภูมิที่ต้องการแล้วให้กดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 เพื่อทำการยืนยัน



- **การตั้งค่าเวลาการทำงานของเครื่อง (Timer mode)** ดังนี้ หมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 10 ไปที่ “time mode” เพื่อทำการเลือกตั้งเวลาการทำงานของเครื่อง จากนั้นกดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 เพื่อยืนยันการปรับตั้งค่าโหมดตั้งเวลา

หมุนปุ่มคอนโทรลเพื่อเลือกโหมดตั้งเวลา ซึ่งมีให้เลือก 2 แบบ

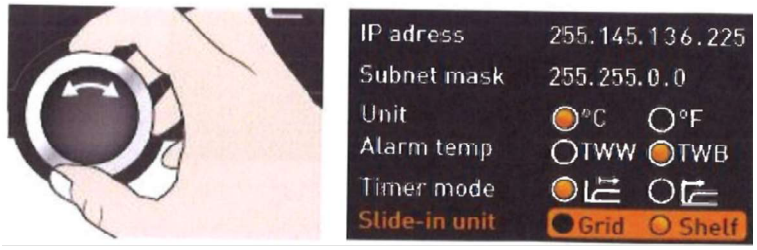


แบบที่ 1 คือ เมื่อเครื่องสามารถทำอุณหภูมิถึงที่กำหนดแล้วเวลาจะเริ่มนับ

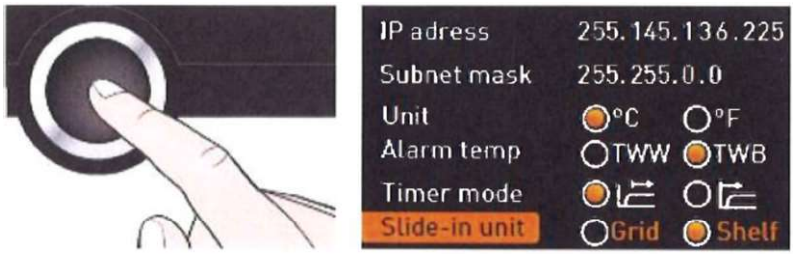
แบบที่ 2 คือ เวลาจะเริ่มนับทันทีที่เครื่องทำงาน

เมื่อได้โหมดการตั้งเวลาที่ต้องการแล้วให้กดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 เพื่อทำการยืนยัน

- **การตั้งค่า Slide-in units** ดังนี้ หมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 10 ไปที่ “Slide-in units” เพื่อทำการเลือกภาชนะที่รองรับตัวอย่าง จากนั้นกดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 เพื่อยืนยันการปรับตั้งค่าโหมดภาชนะที่รองรับตัวอย่าง

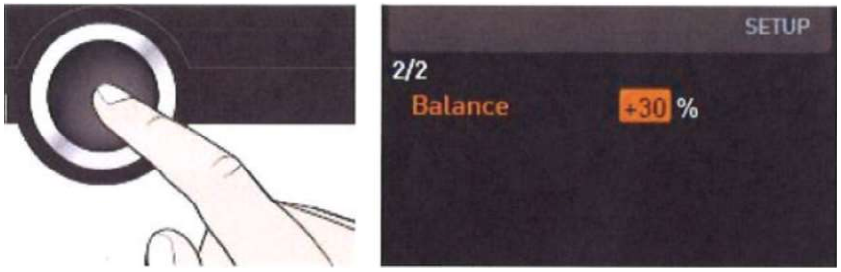


หมุนปุ่มคอนโทรลเพื่อเลือกโหมดภาชนะที่รองรับตัวอย่าง ซึ่งมีให้เลือก 2 แบบ คือ แบบ Grid และแบบ Shelf เมื่อได้โหมดภาชนะที่รองรับตัวอย่าง ที่ต้องการแล้วให้กดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 เพื่อทำการยืนยัน

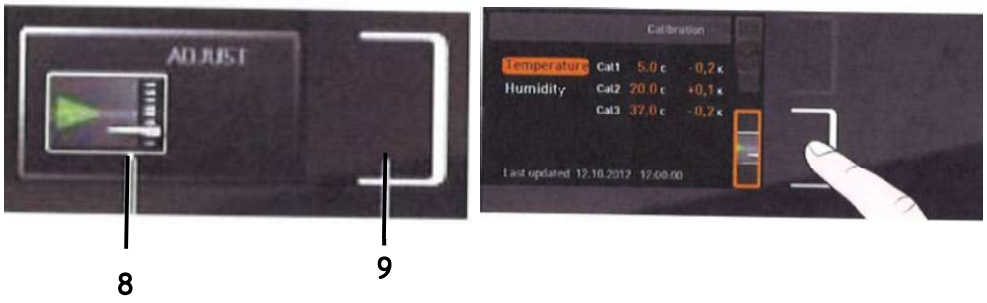


- **การตั้งค่าปรับระดับการกระจายความร้อน (Balance)** ดังนี้ หมุนปุ่มคอนโทรล หมายเลข 10 ไปที่ “Balance” เพื่อทำการปรับระดับการกระจายความร้อนที่ต้องการ จากนั้นกดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 เพื่อยืนยันการปรับตั้งค่าระดับการกระจายความร้อน

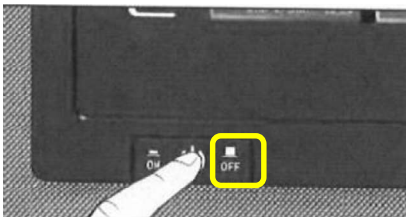
เมื่อได้ระดับการกระจายความร้อนที่ต้องการแล้วให้กดตรงกลางของปุ่มคอนโทรล หมายเลข 11 เพื่อทำการยืนยัน



<u>การตั้งค่า ADJUST</u> เป็นโหมดสำหรับใช้การตรวจสอบและการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง ซึ่งควรให้ช่างผู้ชำนาญการ เป็นผู้ปรับเปลี่ยน โดยกดปุ่มหมายเลข 9 หน้าจอแสดงผลวันและเวลา หมายเลข 8 จะปรากฏสีสว่างขึ้น



4. **<u>การปิดการทำงานเครื่อง</u>** กดปุ่ม OFF เพื่อหยุดโปรแกรมการทำงานของเครื่อง (ความร้อนจะลดลง) แล้วนำตัวอย่างออกจากตู้ จากนั้นปิดสวิสต์หน้าจอเครื่อง หมายเลข 7 อีกครั้งหนึ่ง



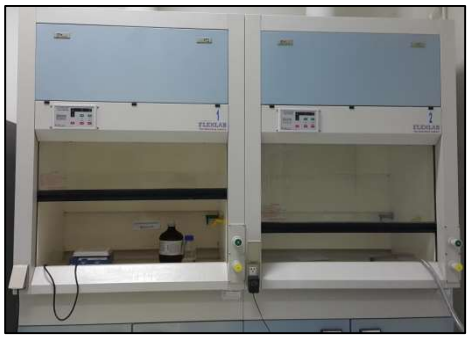
ความผิดปกติและการแก้ปัญหาเบื้องต้น

อาการผิดปกติ	สาเหตุ	วิธีแก้ไขเบื้องต้น
หน้าจอมีสีดำ	ระบบจ่ายไฟมีปัญหา	ตรวจเช็คระบบไฟ
	ฟิวส์ของเครื่องเกิดการชำรุด	ติดต่อฝ่าย service
หน้าจอทำงานไม่ปกติ	เกิดปัญหาที่โหมดตั้งเวลา	รอให้เครื่องทำงานจนหมดเวลา หรือปิดหยุดการทำงานก่อน
การแสดงผลมีความผิดปกติ	เกิดจากเลือกใช้งานผิดโหมด	เปลี่ยนโหมดการทำงานโดยใช้ MENU แทน
ข้อความผิดพลาดในการแสดงผลการตั้งเวลา	เครื่องมีความผิดปกติ	ติดต่อฝ่าย service

การดูแลและบำรุงรักษาเครื่อง

1. ควรเช็คทำความสะอาดสม่ำเสมอโดยใช้น้ำยาทำความสะอาดสแตนเลส
2. ระวังอย่าวางของเหลวหรือสารเคมีบนฝาด้านบนเครื่อง
3. หลังจากการใช้งานควรถอกปลั๊กทุกครั้ง
4. น้ำที่ใช้ในการเติม Water tank ควรเป็นน้ำที่สะอาด เช่น น้ำ DI หรือน้ำ RO

ตู้ดูดไอระเหยสารเคมี (Fume hood)
ยี่ห้อ Flexlab รุ่น -



การเลือกใช้

สำหรับเตรียมสารเคมีที่ระเหยง่าย สารเคมีที่มีไอเป็นพิษ

ขั้นตอนการใช้งาน

1. เปิดเบรกเกอร์ เพื่อจ่ายไฟเข้าระบบตู้ดูดไอระเหยสารเคมี
2. กดปุ่ม ON BLOWER เพื่อเปิดพัดลมระบายควันพิษ ควรเปิดอย่างน้อย 15 นาทีก่อนทำการทดลอง
3. กดปุ่ม ON LIGHT เพื่อเปิดไฟแสงสว่าง
4. ปิดวาล์วน้ำ แก๊ส กดปุ่ม OFF LIGHT, OFF BLOWER หลังจากเสร็จสิ้นการใช้งาน

ข้อควรระวัง

1. ขณะที่ใช้ตู้ทำการทดลอง ควรเปิดบานประตูตู้ลงมาให้ห่างจากพื้นตู้ประมาณ 30 – 40 ซม. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานของตู้ดูดควัน
2. อุปกรณ์ตู้ดูดควันภายในและชุดกำจัดทำด้วยไฟเบอร์กลาส ไม่ควรให้ความร้อนเกิน 80 ^{O}C
3. ไม่ควรวางขวดหรือภาชนะที่มีความร้อนสูงกว่า 60 ^{O}C บนพื้นปฏิบัติการโดยตรง

4. ห้ามวางขวดหรือสิ่งของชิดผนังด้านหลัง จะทำให้ระบายอากาศไม่ดี
5. ห้ามนำกระดาษทิชชูหรือเศษผ้าวางในตู้ดูดควัน เพราะจะทำให้เกิดการอุดตันของช่องระบายอากาศ
6. ไม่ควรปิดสวิทซ์พัดลม ทันที ควรให้พัดลมทำการอยู่ระยะหนึ่ง ประมาณ 5-10 นาที เพื่อระบายไอระเหยของสารเคมีของภายในตู้ให้หมดไปแล้วจึงปิดพัดลม
7. ปิดวาล์วน้ำ แก๊ส สวิทช์พัดลม ไฟแสงสว่าง ทุกครั้งเมื่อเลิกใช้งาน

การดูแลรักษา

1. เมื่อใช้งานเสร็จต้องลงบันทึกการใช้งานเครื่องทุกครั้ง
2. ควรทำความสะอาดด้วยแผ่นขัดและผงซักฟอก ทั้งภายในและภายนอกตู้ อย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยการใช้น้ำล้างและผงซักฟอก หรือ น้ำยาล้างมือ เนื่องจากตัวตู้เป็นไฟเบอร์กลาสสามารถขัดล้างได้ เมื่อล้างแล้วเช็ดด้วยผ้าแห้งจะทำให้ผิวไฟเบอร์กลาสใหม่อยู่เสมอ
3. ตรวจเช็คระบบการทำงานของตู้ดูดควันพัดลมดูดควันอย่างน้อย ปีละ 2 ครั้ง
4. ตรวจวาล์ว ก๊อกและสวิตซ์ เปิด-ปิด ทุกครั้งหลังการใช้งาน เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้

ตู้เก็บสารเคมี (Storage cupboard)
ยี่ห้อ Flexlab รุ่น SC1205819GD/F

การเลือกใช้

สำหรับเก็บสารเคมีที่ระเหยได้

ขั้นตอนการใช้งาน

1. นำสารเคมีที่ต้องการเก็บรักษามาใส่ในตู้ให้เป็นระเบียบ โดยต้องติดป้าย ที่ระบุชื่อเจ้าของ ชนิดของที่เก็บ และวันที่เก็บให้ชัดเจน
2. ลงบันทึกในสมุดบันทึกการใช้งานทุกครั้ง โดยต้องระบุวันที่เก็บ ชื่อเจ้าของ หน่วยงาน ช่วงเวลาที่เก็บ และเบอร์โทรติดต่อให้ครบถ้วน

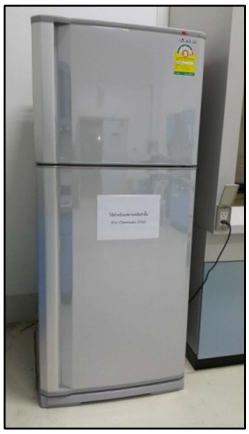
ข้อควรระวัง

1. ไม่จัดเก็บสารเคมีที่ทำปฏิกิริยากันไว้ในตู้เดียวกัน เช่น สารเคมีกรดกับด่าง หรือ สาร OXIDIZER กับสาร REDUCER หรือ สารอินทรีย์ กับ สารอนินทรีย์
2. ควรแยกเก็บกรดไนตริก (HNO_3) ออกจากกรดชนิดอื่นๆ
3. สารเคมีที่ทำปฏิกิริยากับน้ำ ต้องเก็บห่างความชื้น
4. ไม่ควรวางตู้เก็บสารเคมีใกล้สิ่งที่มีความร้อน หรือแสงแดดส่องถึงได้โดยตรง

การดูแลรักษา

1. จัดของให้เป็นระเบียบ และไม่ให้มีของมากเกินไป
2. ตรวจสอบสารเคมีที่จัดเก็บว่าทำปฏิกิริยากันหรือไม่

ตู้เย็น (Refrigerator)
ยี่ห้อ MITSUBISHI รุ่น -



การเลือกใช้

สำหรับเก็บรักษาสารเคมี สารตัวอย่าง เพื่อให้มีอายุการใช้งานนานขึ้น

ขั้นตอนการใช้งาน

1. นำสารเคมี สารตัวอย่างที่ต้องการเก็บรักษามาใส่ในตู้แช่ให้เป็นระเบียบ โดยต้องติดป้าย ที่ระบุชื่อเจ้าของ ชนิดของที่เก็บ และวันที่เก็บให้ชัดเจน
2. ลงบันทึกในสมุดบันทึกการใช้งานทุกครั้ง โดยต้องระบุวันที่เก็บ ชื่อเจ้าของ หน่วยงาน ช่วงเวลาที่เก็บ และเบอร์โทรติดต่อให้ครบถ้วน

ข้อควรระวัง

1. ปิดฝาขวดสารเคมี หรือ สารตัวอย่าง ให้แน่น เพื่อไม่ให้หกใส่ของของผู้อื่น และเกิดการปนเปื้อนได้
2. ห้ามนำอาหาร เครื่องดื่ม มาเก็บในตู้เย็นสำหรับแช่สารเคมี

การดูแลรักษา

1. หมั่นสังเกตระดับอุณหภูมิบนตู้แช่ ให้อยู่ในช่วง 4 ถึง 7 °C
2. คอยเช็ดน้ำที่อยู่บริเวณหน้าตู้แช่ เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา
3. จัดของให้เป็นระเบียบ และไม่ให้มีของมากเกินไป

ตู้ดูดความชื้นอัตโนมัติ (Auto Desiccators)
ยี่ห้อ Weifo, Taiwan

การเลือกใช้

สำหรับเก็บรักษาสารเคมี สารมาตรฐาน สารตัวอย่างให้อยู่ในสภาพปราศจากความชื้น

ขั้นตอนการใช้งาน

1. เสียบปลั๊กไฟ 220 โวลท์ แล้วรอประมาณ 5 วินาที เพื่อให้เครื่องปรับตัวเองให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะรับการตั้งค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ที่ต้องการ กด RESET 1 ครั้ง เพื่อล้างข้อมูล
2. กดปุ่ม SET ไฟสีเขียวจะติด
3. กดปุ่ม HIGH/LOW เพื่อ เพิ่ม/ลด ค่าความชื้นตามต้องการเสร็จแล้วกดปุ่ม SET อีกครั้งหนึ่ง ตัวตู้มีระบบจำค่าที่ตั้งไว้ แม้ไฟดับโดยไม่จำเป็นต้องตั้งค่าใหม่
4. เมื่อเครื่องเริ่มทำงานจะสังเกตเห็นไฟ DEHUMIDIFY สีแดงจะติด
5. แผ่นโลหะรูปห้าเหลี่ยมที่อยู่ด้านล่างภายในตู้จะเย็นและเริ่มมีหยดน้ำเกาะอยู่ (ห้ามวางสิ่งของปิดบังตัวยูนิต) แสดงว่าเครื่องกำลังดูดความชื้นภายในตู้ให้ลดลง
6. ช่อง HUMIDITY แสดงผลค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้
7. ช่อง TEMPERATURE จะแสดงค่าของอุณหภูมิภายในตู้ขณะนั้น ไม่สามารถตั้งค่าเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ได้ ทำหน้าที่แสดงค่าอุณหภูมิภายในตู้อย่างเดียวเท่านั้น
8. กรณีตัวเลขแสดงค่าผิดพลาด เช่น ค่าความชื้นหรืออุณหภูมิแสดงค่าต่ำ หรือสูงกว่าความเป็นจริงมากให้กดปุ่ม RESET เพื่อให้ค่าต่างๆ กับอยู่ในสภาพปกติตามที่ทางผู้ผลิตตั้งไว้
9. กดปุ่ม POWER เมื่อต้องการ เปิด/ปิด เครื่อง (ตัวตู้สามารถทำงานได้ตลอดโดยไม่จำเป็นต้องปิดเครื่อง)

ข้อควรระวัง

1. ไม่ควรเปิดประตูตู้ทิ้งไว้นาน เพราะจะทำให้ความชื้นสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้
2. ห้ามวางอุปกรณ์ หรือกล่องปิดบังด้านหน้าของ Unit

ปัญหาและวิธีแก้ไขเบื้องต้น

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีการแก้ไข
ไฟไม่ติดเมื่อเสียบปลั๊ก	● ฟิวส์ขาด ● ปลั๊กไฟฟ้าหลวม	● เปลี่ยนฟิวส์ ● ตรวจสอบปลั๊กไฟให้แน่น
ความชื้นสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้	● เปิดประตูตู้ทิ้งไว้นาน สังเกตไฟสีแดงติดอยู่ ● ประตูปิดไม่สนิท หรือมีรูรั่ว ● ใส่อุปกรณ์ที่มีความชื้นสูงๆ เช่น กระเป๋าหนัง กล่องกระดาษ ● วางอุปกรณ์หรือกล่องปิดบังด้านหน้าของ Unit ● แผ่นจับความชื้นไม่เย็น โดยสังเกตที่ Unit ด้านล่างภายในตู้ทรงโลหะรูปห้าเหลี่ยมไม่มีหยดน้ำเกาะอยู่	● ปิดประตูตู้ให้สนิท และรอสักครู่ ความชื้นจะค่อยๆ ลดลง ถ้าไฟสีแดงไม่ติด ควรติดต่อช่าง ● สังเกตประเก็นรอบประตูตู้ ถ้ามีรอยรั่ว ไม่สามารถปิดให้สนิทได้ ควรติดต่อช่าง ● เช็ดหรือตากอุปกรณ์ให้แห้งก่อนนำเข้าไปไว้ในตู้ ● นำอุปกรณ์ที่บังด้านหน้าของ Unit ออก ● ติดต่อช่าง
ความชื้นต่ำกว่าที่ตั้งไว้	● สภาพความชื้นภายในห้องต่ำมาก	● ถ้าเปิดแอร์เย็นต่ำกว่า 23 ^{O}C ให้ปรับอุณหภูมิไปที่ 25 ^{O}C
ไฟที่หน้าปัทม์ผิดปกติ	● สายไฟของแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์หลวม ● แผงหน้าปัทม์เสีย	● ติดต่อช่าง ● ติดต่อช่าง
มีเสียงดังผิดปกติ	● เสียงตัดต่อการทำงานของ Relay ผิดปกติ ● Boot ของพัดลมด้านตู้หลวม	● ติดต่อช่าง ● ติดต่อช่าง

เตาให้ความร้อนและกวนสารละลาย (Hot plate and Stirrer)
ยี่ห้อ VELP Scientifica, Italy รุ่น AREC

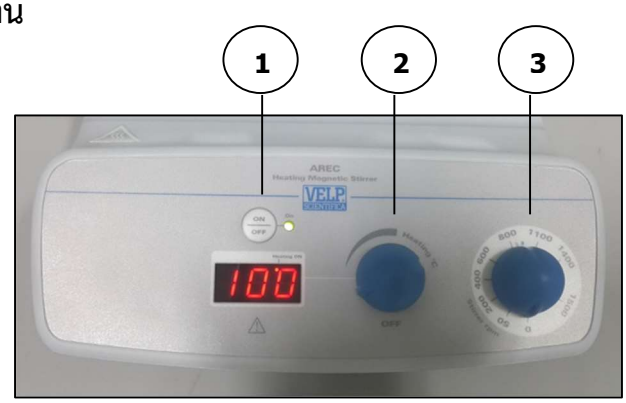
การเลือกใช้

สามารถเลือกใช้ได้ทั้งแบบให้ความร้อนและใช้กวนสารละลาย มีปุ่มปรับระดับความร้อนและความเร็วรอบได้ตามต้องการ

คุณสมบัติของเครื่อง

1. สามารถให้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิห้องถึง 550 ^{O}C
2. สามารถตั้งค่าความเร็วรอบในการกวนสารละลายได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1,500 rpm
3. รองรับปริมาตรน้ำได้สูงสุด 15 ลิตร

ขั้นตอนการใช้งาน



1. เสียบปลั๊ก
2. เปิดเครื่องโดยกดปุ่ม On หมายเลข 1 (ไฟสีเขียวติด)
3. การควบคุมการปรับอุณหภูมิ (หมายเลข 2)
    - หมุนปุ่มปรับอุณหภูมิตามต้องการ (อุณหภูมิตั้งได้สูงสุด 550 ^{O}C)

- ขณะที่หมุนปุ่มปรับให้หมุนช้าๆ

4. การควบคุมการปรับอัตราความเร็ว (หมายเลข 3)
    - หมุนปุ่มปรับอัตราเร็วเพื่อเพิ่มความเร็วตามต้องการ (ตั้งได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1,500 rpm)
    - ขณะที่หมุนปุ่มปรับให้หมุนช้าๆ

ข้อควรระวัง

1. ถอดปลั๊กก่อนที่จะทำการซ่อม หรือทำความสะอาด
2. วางเครื่องบนบริเวณที่เป็นที่ราบและยกระดับ
3. ห้ามสัมผัสผิว hotplate ในขณะที่ใช้งานอยู่ แม้จะปิดเครื่องแล้วก็จำเป็นต้องรอสักครู่หนึ่ง เนื่องจากความร้อนอาจทำให้ผู้สัมผัสได้รับบาดเจ็บได้
4. ห้ามนำเครื่องไปใช้งานในบริเวณที่สามารถติดไฟ หรือเกิดระเบิดได้ เนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำตัวเครื่องสามารถติดไฟได้เหมือนสารทั่วๆ ไป
5. ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ หากต้องนำสารจำพวก volatile materials มาให้ความร้อน เนื่องจากสารเหล่านี้ สามารถที่จะร้อนได้ถึงจุดวาบไฟ (flash point) เนื่องจากแผ่น hotplate อาจระเบิดได้
6. ถ้าจำเป็น ให้ใช้ถุงมือและแว่นตากันสารเคมีตามความเหมาะสม เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดจากการจัดการกับสารเคมี

การดูแลรักษา

1. เมื่อใช้งานเสร็จต้องลงบันทึกการใช้งานเครื่องทุกครั้ง
2. หมั่นเช็ดผิว hotplate และตัวเครื่องด้วยผ้าหมาดๆ ในขณะที่เครื่องเย็นแล้ว ห้ามใช้ผงซักฟอกในการทำความสะอาด
3. ห้ามใช้สารเคมีหรือตัวทำละลายใดๆ ในการทำความสะอาดตัวเครื่อง
4. หากผิว hotplate ร้าว หรือมีสารละลายหกบนผิว hotplate ให้รีบปิดเครื่องและถอดปลั๊กทันที
5. ห้ามจุ่มเครื่องลงในน้ำ

เอกสารอ้างอิง

1. ฝ่ายสนับสนุนการเรียนการสอน ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. 2555. **เอกสารการอบรมและสอบวัดผลความรู้ทางด้านความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือและห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.**
2. **คู่มือการใช้งานเครื่องมือวิทยาศาสตร์.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http:// phrae.mju.ac.th/Department/.../
3. บริษัท ซายน์ลูชั่น จำกัด. บางบัวทอง นนทบุรี. **คู่มือการใช้งานเครื่อง Ultrasonic Bath.**
4. ส่วนงานความปลอดภัย สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน). 2557. **คู่มือความปลอดภัยกับสารเคมีในห้องปฏิบัติการ.**
5. PIKE Technologies, Inc. Madison, USA. 2011. **Installation and User Guide Auto-CrushIR™ Programmable hydraulic Press**.