เทคโนโลยีสุขภาพ เครื่องสำอางและการชะลอวัย
HEALTH, COSMETIC & ANTI-AGING TECHNOLOGY

Chemical and Physical Safety Manual

คู่มือ
ความปลอดภัย
ในห้องปฏิบัติการเคมี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ
สาขาวิชาเทคโนโลยีสุขภาพ เครื่องสำอางและการชะลอวัย
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คำนำ

คู่มือความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ได้เรียบเรียงขึ้นเพื่ออาจารย์ เจ้าหน้าที่ นักศึกษาและผู้ทดลองในห้องปฏิบัติการเคมีได้ตระหนักถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้น และทราบวิธีแก้ไขปัญหาเบื้องต้น เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น และรวมทั้งให้ความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการให้แก่นักศึกษาที่เข้าทำการทดลองหรือวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ
พฤษภาคม 2567

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 1
1. ข้อปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ 1
1.1 การดำเนินการทั่วไป 1
1.2 ข้อปฏิบัติในการทำงานในห้องปฏิบัติการ 1
1.3 การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี 2
2. เทคนิคพื้นฐานในการทดลองทางเคมี 4
2.1 เครื่องแก้วและอุปกรณ์พื้นฐานในการทดลอง 4
2.2 เทคนิคในการทำการทดลอง 5

บทที่ 2 14
2.1 ข้อปฏิบัติในการจัดการสารเคมี 14
2.2 สุขอนามัยบุคคล (personal hygiene) 14
2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสารเคมี 15
2.3.1 เกรดของสารเคมี (Chemical grade) 15
2.3.2 ฉลากสารเคมี 16
2.3.3 เอกสารข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี 18
2.3.4 การแยกประเภทสารเคมี 19
2.3.5 การจัดทำบัญชีสารเคมี (Inventory control) 20
2.3.6 การจัดเก็บสารเคมี 20
2.3.7 การแยกเก็บสารเคมี (segregation) 23
2.4 สารเคมีอันตราย 25
2.4.1 ประเภทของสารเคมีอันตราย 25
2.4.2 สัญลักษณ์แสดงอันตราย 31
2.4.3 การจัดการสารเคมีเฉพาะ 35
2.5 ระบบการจัดการของเสีย 37
2.5.1 ข้อปฏิบัติในการจัดการของเสีย 37
2.5.2 การกำจัดของเสียอันตราย 39
2.5.3 การจัดการของเสียสารเคมีบางชนิด 41

บทที่ 3 45
3.1 องค์ประกอบหลักของห้องปฏิบัติการมาตรฐาน 45
3.2 อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล 51
เอกสารอ้างอิง 55

บทที่ 1
เทคนิคพื้นฐานในการทดลองทางเคมี

1. ข้อปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ

1.1 การดำเนินการทั่วไป

อาจารย์และเจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการ ต้องรับทราบนโยบายด้านความปลอดภัยของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น และรวมทั้งให้ความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการให้แก่นักศึกษาที่เข้าทำการทดลองหรือวิจัย อาจารย์และเจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการต้องดำเนินการดังนี้

1) อ่านคู่มือความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการก่อนเริ่มปฏิบัติงาน
2) ทราบตำแหน่งของอุปกรณ์ช่วยเหลือ และวิธีการปฏิบัติตนที่ถูกต้องเมื่อสัมผัสกับสารเคมี
3) ทราบวิธีการกำจัดของเสียที่เหมาะสม เพื่อป้องกันผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม
4) ตรวจสอบว่าภาชนะบรรจุสารเคมีแต่ละตัว มีป้ายและฉลากที่ถูกต้อง และชัดเจน
5) ตรวจสอบการใช้เครื่องมือ ต้องเป็นไปตามลักษณะการใช้งานที่แท้จริงของเครื่องมือนั้นๆ
6) รายงานการเกิดอุบัติเหตุใดๆ ที่เกิดขึ้นภายในห้องปฏิบัติการแก่ผู้บังคับบัญชาโดยทันที

1.2 ข้อปฏิบัติในการทำงานในห้องปฏิบัติการ

1) ไม่ควรปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการโดยลำพัง โดยเฉพาะกรณีที่ต้องปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารอันตราย

2) สวมเสื้อคลุมปฏิบัติการที่พอดีตัว ติดกระดุมตลอดเวลารวมทั้งสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลตามความเหมาะสมทุกครั้งขณะทำการทดลอง

3) ห้ามมิให้นำอาหาร เครื่องดื่ม เข้ามาเก็บหรือรับประทานในห้องปฏิบัติการ
4) ห้ามนำเครื่องแก้ว หรือภาชนะที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ไปใช้เพื่อการปรุงอาหาร
5) ห้ามนำเด็กและสัตว์เลี้ยงเข้ามาในห้องปฏิบัติการ
6) ขณะอยู่ในห้องปฏิบัติการ
   - ห้ามรบกวนผู้ที่กำลังปฏิบัติการวิจัยทดลอง
   - ห้ามใช้เครื่องมือผิดประเภท
   - ห้ามหยิบอุปกรณ์หรือเครื่องมือวิจัยของผู้อื่นก่อนได้รับอนุญาต
   - ห้ามวิ่งเล่นหยอกล้อกัน
   - ห้ามใช้อ่างน้ำในห้องปฏิบัติการล้างจานหรือแก้วน้ำ
   - ห้ามสูบบุหรี่
   - ห้ามทำกิจกรรมการแต่งใบหน้า
   - ต้องสวมรองเท้าที่ปิดหน้าเท้าและ/หรือส้นเท้าตลอดเวลา ห้ามสวมรองเท้าแตะ
   - รวบผมให้เรียบร้อยขณะทำปฏิบัติการ
7) นักศึกษาต้องลงชื่อเข้า-ออกห้องปฏิบัติการทุกครั้งที่เข้าใช้ห้องปฏิบัติการ
8) ปิดเครื่องปรับอากาศทุกครั้ง เมื่อเลิกใช้ห้องปฏิบัติการ

9) ต้องลงบันทึกการใช้งาน (log book) เมื่อมีการใช้เครื่องมือ

10) รักษาพื้นที่ทำวิจัยส่วนตนและส่วนรวมให้สะอาดเรียบร้อยและห้ามวางของเกะกะ

11) ล้างมือทุกครั้งก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ

12) ห้ามปิดกั้นทางออก และทางเข้าถึงเครื่องมือรับเหตุฉุกเฉิน หรือแผงไฟ

1.3 การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี

1.3.1 ข้อปฏิบัติทั่วไป

1) ห้ามใช้เปลวไฟในการให้ความร้อนแก่ของเหลวไวไฟ หรือในขบวนการกลั่น (distillation)

2) ให้ความระมัดระวังในการจุดไฟในห้องปฏิบัติการ ดับไฟทันทีเมื่อเลิกใช้งาน ไม่ควรปล่อยให้ไฟติดทิ้งไว้โดยไม่มีคนดู

3) ก่อนที่จะทำการจุดไฟ ควรย้ายวัสดุไวไฟออกจากบริเวณดังกล่าว นอกจากนี้ควรแน่ใจว่าได้ปิดภาชนะที่บรรจุของเหลวไวไฟอย่างดีแล้ว

4) ควรเก็บสารเคมีไวไฟในตู้สำหรับเก็บสารเคมีไวไฟโดยเฉพาะ

5) ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่ก่อให้เกิดประกายไฟ ในกรณีที่มีสารระเหยไวไฟ (Volatile flammable material)

6) ควรใช้ตู้ดูดควันในการถ่ายเท ผสม หรือ ให้ความร้อนสารเคมี

7) กรณีสามารถเลือกใช้สารเคมีได้ ควรเลือกใช้สารเคมี ที่มีความเป็นพิษน้อยที่สุด ในปริมาณน้อยที่สุดเท่าที่พึงกระทำได้

8) อ่านคู่มือ และเพิ่มความระมัดระวังเป็นพิเศษ เมื่อต้องปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับสารก่อมะเร็ง

9) กรณีเกิดกลิ่นผิดปกติในห้องปฏิบัติการควรแจ้งให้อาจารย์หรือเจ้าหน้าที่ทราบโดยทันที

1.3.2 ข้อพึงปฏิบัติเมื่อต้องปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี

1) ทราบอันตรายของสารเคมีที่ตนต้องใช้ในการปฏิบัติงาน ซึ่งสามารถทราบได้จากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ (Material safety data sheets) หรือ MSDS

2) ทราบสถานที่และวิธีการเก็บรักษาสารเคมีที่เหมาะสม

3) ทราบวิธีการเคลื่อนย้ายสารเคมีภายในห้องปฏิบัติการ

4) ทราบวิธีการใช้เครื่องป้องกันตนเองที่เหมาะสมต่อสารเคมี

5) ทราบจุดเก็บ และวิธีใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในกรณีสัมผัสสารเคมี

6) ทราบแนวทางการปฏิบัติในกรณีเกิดอุบัติเหตุ เช่น เส้นทางออกจากห้องปฏิบัติการ วิธีปฏิบัติตนเมื่อสัมผัสสารเคมีอันตราย รวมถึงแนวทางการจัดการของเสีย

1.3.3 สุขอนามัยบุคคล (Personal hygiene)

1) หากผิวหนังถูกสัมผัสโดยสารเคมี ต้องล้างออกโดยทันทีด้วยน้ำประปา หรือน้ำสะอาดอย่างน้อย 15 นาที

2) หลีกเลี่ยงการสูดดมไอระเหยของสารเคมี ห้ามทดสอบชนิดของสารเคมีโดยการดมกลิ่นโดยตรงอย่างเด็ดขาด

3) ห้ามใช้ปากดูดปิเปต ให้ใช้อุปกรณ์ประกอบ เช่น ลูกยาง

4) เมื่อเลิกปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ ควรล้างมือด้วยสบู่ และน้ำสะอาด

5) ห้ามดื่ม กิน เคี้ยวหมากฝรั่ง สูบบุหรี่ หรือ แม้แต่ทาเครื่องสำอางในห้องปฏิบัติการ

6) ห้ามนำเครื่องดื่ม อาหาร บุหรี่ และเครื่องสำอางเข้ามาเก็บในบริเวณห้องปฏิบัติการ

7) ห้ามใช้เครื่องไมโครเวฟในห้องปฏิบัติการเพื่อเตรียมกาแฟ อาหาร รวมทั้งห้ามใช้ตู้เย็นในห้องปฏิบัติการเพื่อเก็บอาหาร เช่นกัน

8) ควรช่วยกันรักษาความสะอาดของพื้นที่ทำงาน ทำความสะอาดพื้นที่ทำงานทุกครั้งเมื่อเสร็จภารกิจในแต่ละวัน

9) ควรทิ้งขยะ และของเสียในภาชนะที่จัดเตรียมไว้

10) ควรแยกเครื่องแก้วแตก ในภาชนะรองรับที่แยกต่างหากจากของเสียอื่นๆ

11) ไม่ควรเก็บสารเคมีในบริเวณทางเดิน บันไดหรือวางบนพื้น ควรเก็บในพื้นที่ที่จัดไว้โดยเฉพาะ

12) ภาชนะบรรจุสารเคมีทุกขวด ควรมีป้ายฉลากที่ชัดเจน

13) ของเสียที่เป็นสารเคมีควรแยกเก็บ พร้อมติดป้ายฉลากระบุชนิดของสารเคมีให้ชัดเจน

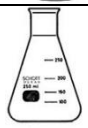
14) จัดให้มีการทำความสะอาดห้องปฏิบัติการเป็นประจำ กรณีที่มีการหกของสารเคมีต้องทำความสะอาดโดยทันที

2. เทคนิคพื้นฐานในการทดลองทางเคมี

2.1 เครื่องแก้วและอุปกรณ์พื้นฐานในการทดลอง

การทดลองทางเคมีในห้องปฏิบัติการจะมีต้องมีความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการทดลองในการทดลองนั้นๆ เป็นอย่างดีแล้ว ผู้ทดลองเองจะต้องรู้จักเทคนิคการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือและวิธีการใช้เครื่องแก้วอย่างถูกวิธี เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง ดังนั้นก่อนที่นักศึกษาจะเริ่มทำการทดลอง จะต้องรู้จักวิธีการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือพื้นฐานที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการเคมี

ตารางที่ 1.1 เครื่องแก้วและอุปกรณ์พื้นฐานในการทดลอง

ชื่ออุปกรณ์	ภาพ	การใช้งาน
หลอดทดลอง (Test tube)		ใช้บรรจุสารละลายปริมาตรน้อย ๆ
บีกเกอร์ (Beaker)		ใช้บรรจุสารละลายหรือใช้ตวงของเหลวหรือสารละลายที่ไม่ต้องการความถูกต้อง
ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)		ใช้บรรจุสารละลายในการทำการไทเทรต
ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask)		ใช้เป็นภาชนะเตรียมสารละลายที่ต้องการปริมาตรที่แน่นอน
กระบอกตวง (Cylinder)		ใช้ตวงของเหลวหรือสารละลายที่ต้องการความถูกต้อง
กรวยกรอง (Funnel)		ใช้สำหรับกรองตะกอนโดยมีกระดาษกรอง
ปิเปต (pipet)		ใช้ถ่ายเทสารละลายปริมาตรที่ต้องการความถูกต้องสูง

ชื่ออุปกรณ์	ภาพ	การใช้งาน
บิวเรต (buret)		ใช้การทำการไทเทรตหรือใช้ถ่ายเทสารละลายปริมาตรที่ต้องการความถูกต้องสูง
ถ้วยระเหย (evaporating disk)		ใช้ระเหยสารด้วยความร้อน
ที่จับบิวเรต (buret clamp)		ใช้จับบิวเรตในการทำการไทเทรต ใช้ร่วมกับขาตั้ง (stand)
หลอดหยด (dropper)		ใช้หยดสารประมาตรน้อยๆ
กระจกนาฬิกา		ใช้ปิดปากบีกเกอร์ ใช้รองรับวัสดุที่ร้อน และอื่นๆ

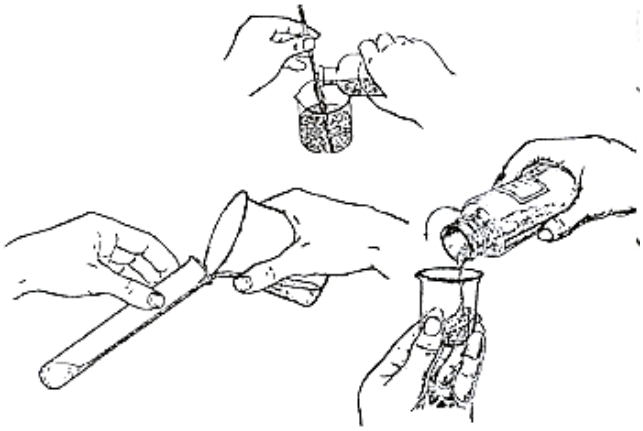
2.2 เทคนิคในการทำการทดลอง

การถ่ายเทสารละลาย

การถ่ายเทสารละลายหรือของเหลวเป็นการเคลื่อนย้ายสารละลายจากภาชนะหนึ่งไปอีกภาชนะหนึ่ง โดยใช้อุปกรณ์ เช่น บีกเกอร์ กระบอกตวง ปิเปต ดังนั้นเทคนิคการถ่ายเทสารละลายจึงอาจแตกต่างกันบ้าง รูปที่ 1.1 แสดงการรินสารละลายในภาชนะที่แตกตต่างกัน

รูปที่ 1.1(ก) การรินสารละลายในภาชนะที่ปากกว้าง การเทสารละลายต้องใช้แท่งแก้วเป็นตัวพาสารละลายเพื่อป้องกันการไหลตามผนังภาชนะ

รูปที่ 1.1(ข) การรินสารละลายในภาชนะที่ปแคบ การเทสารละลายสามารถทำได้โดยใช้ปากภาชนะทั้งเกยกัน

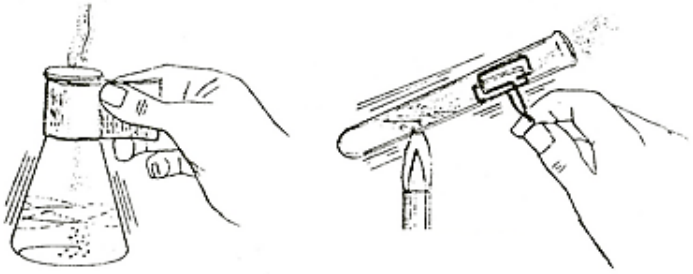


รูปที่ 1.1 การรินสารละลายและเทสารละลาย

การให้ความร้อนหรือการต้มสารละลาย

การให้ความร้อนของเหลวใดๆ ผู้ทดลองจะต้องทราบว่าของเหลวนั้นติดไฟง่ายหรือไม่เมื่อกลายเป็นไอ ดังนั้นการต้มหรือการให้ความร้อนแก่ของเหลวจึงควรระวังให้มากและควรปฏิบัติดังนี้

1. ปริมาตรของของเหลวไม่ควรเกินครึ่งหนึ่งของหลอดทดลอง
2. ถือหลอดทดลองด้วยที่จับหลอดทดลอง อย่าจับหลอดทดลองด้วยนิ้วมือโดยตรง (ถ้าไม่มีที่จับหลอดทดลองอาจใช้กระดาษแผ่นเล็กๆ ยาวๆ พันรอบปากหลอดทดลองหลายๆ รอบ แล้วใช้นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วที่จับกระดาษก็ได้)
3. นำหลอดทดลองไปให้ความร้อนโดยตรงจากเปลวไฟควรใช้เปลวไฟอ่อนๆ และเอียง หลอดทดลองเล็กน้อยพยายามให้ส่วนที่เป็นของเหลวในหลอดทดลองถูกเปลวไฟทีละน้อย พร้อมแกว่งหลอดทดลองไปมาเมื่อของเหลวร้อนจะระเหยกลายเป็นไอ
4. ขณะให้ความร้อนหลอดทดลองจะต้องหันปากหลอดทดลองออกจากตัวเราและชี้ไปในทิศทางที่ไม่มีผู้อื่นหรือสิ่งของอยู่ใกล้ๆ ทั้งนี้เพราะเมื่อของเหลวเดือดอาจจะพุ่งออกมานอกหลอดทดลอง
5. อย่าก้มดูของเหลวในหลอดทดลองขณะกำลังให้ความร้อนเป็นอันขาดเพราะถ้าของเหลวพุ่งออกมาอาจเป็นอันตรายต่อใบหน้าและนัยน์ตาได้
6. ขณะให้ความร้อนแก่ของเหลวในหลอดทดลองต้องแกว่งหลอดทดลองไปด้วยเพื่อให้ ของเหลวในหลอดทดลองเคลื่อนไหวและได้รับความร้อนเท่าเทียมกันทุกส่วน
7. เมื่อของเหลวอยู่ในบีกเกอร์ ให้นำบีกเกอร์ตั้งบนตะแกงลวด ซึ่งวางอยู่บนสามขาหรือที่ยึดวงแหวนให้ความร้อนโดยใช้ตะเกียงแก๊ส

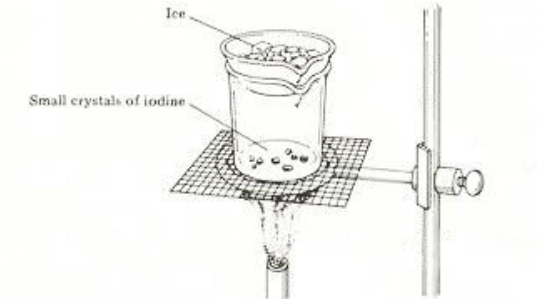


รูปที่ 1.2 การให้ความร้อนสารละลาย

การระเหยสารละลาย

การระเหยของเหลวหรือสารละลายก็เพื่อทำให้ตัวทำละลายระเหยออกไปในที่สุดตัวละลายก็จะตกผลึก จึงอาจกล่าวได้ว่าการระเหยเป็นการลดปริมาตรของของเหลวให้น้อยลงโดยการไล่สารที่ระเหยได้ง่ายกว่าออกไปจากสารละลาย เทคนิคการระเหยของเหลวหรือสารละลาย มีหลายวิธี ดังนี้

1. เทของเหลวหรือสารละลายลงบนกระจกนาฬิกาแล้วบางบนปากบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำอยู่
2. ต้มน้ำให้เดือดความร้อนจากไอน้ำจะถ่ายเทไปทำให้ตัวทำละลายระเหยออกไปจากตัวละลาย



รูปที่ 1.3 การระเหยสารละลาย

การรินสารละลายใสออกจากตะกอน

การแยกสารละลายใส (supernatant) ออกจากตะกอน อาจทำโดยวิธีง่ายๆ โดยเอียงภาชนะที่เป็นหลอดหรือบีกเกอร์เล็กน้อย แล้วใช้หลอดหยดดูดออกมา โดยบีบกระเปาะยางไล่อากาศออกแล้วจุ่มลงในสารละลายให้ปลายหลอดต่ำกว่าระดับน้ำเล็กน้อยค่อยๆ ผ่อนกระเปาะยางของเหลวจะไหลเข้าไปในหลอดช้าๆ แล้วค่อยๆ ลดปลายหลอดให้ต่ำลงตามระดับของเหลวจนของเหลวหมด ต้องระวังอย่าให้ปลายหลอดหยดแตะกับตะกอนเพราะจะทำให้ตะกอนถูกดูดเข้าไปในหลอดหยดด้วย

การกรอง

การกรอง (filtration) เป็นการแยกของแข็งออกจากของเหลว ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างมากในการวิเคราะห์ทางเคมี

การกรองแบบธรรมดาหรือการกรองโดยแรงโน้มถ่วง เป็นการกรองแบบอาศัยหลักของแรงตึงผิวของสารละลาย โดยใช้กระดาษกรองและกรวยกรอง การเลือกเนื้อกระดาษกรองต้องเหมาะสมกับตะกอน กระดาษกรองที่ใช้ในงานวิเคราะห์มีหลายขนาดความละเอียด ขนาดความละเอียดนิยมกำหนดเป็นเบอร์ ผู้ผลิตอาจกำหนดเบอร์ที่แตกต่างกัน

กระดาษกรองยี่ห้อวอทแมน (Whatman) ที่นิยมใช้กันจะมีอยู่สองเกรด คือ เกรดมาตรฐาน (qualitative standard grade) ซึ่งวัสดุทำจากเซลลูโลสบริสุทธิ์ ไม่มีการปนเปื้อนของสารเคมีและโลหะหนัก และเกรดไม่มีเถ้า (ashless quantitative) ซึ่งเป็นวัสดุเซลลูโลสบริสุทธิ์ที่เผาในอากาศแล้วไม่เหลือเถ้าของกระดาษกรอง โดยแสดงลักษณะเฉพาะกระดาษกรองยี่ห้อวอทแมนแสดงดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ลักษณะเฉพาะกระดาษกรองยี่ห้อวอทแมน

เกรด	เบอร์	ระดับการกรอง	อัตราเร็ว (โดยประมาณ) herzberg (s)	ลักษณะตะกอน
เกรดมาตรฐาน	1	ปานกลาง	150	ผลึกเล็ก
(qualitative	2	ปานกลาง	240	ผลึกเล็ก
standard	3	ปานกลาง	325	ผลึกเล็ก
filter)	4	เร็วมาก	37	ผลึกใหญ่ และเจลาติน
	5	ช้า	1420	ผลึกเล็ก
	6	ช้าถึงปานกลาง	715	ผลึกเล็ก
เกรดไม่มีเถ้า[(ก)]	40	ปานกลาง	340	ผลึกเล็ก
(ashless	41	เร็ว	54	ผลึกใหญ่ และเจลาติน
quantitative)	42	ช้า	1870	ผลึกเล็ก
	43	ปานกลางถึงเร็ว	155	ผลึกเล็ก
	44	ช้าถึงปานกลาง	995	ผลึกเล็ก

[(ก)]เกรดไม่มีเถ้า ปริมาณเถ้าที่เหลือน้อยกว่า 0.007% เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 900°C

ขั้นตอนการกรองสารละลาย

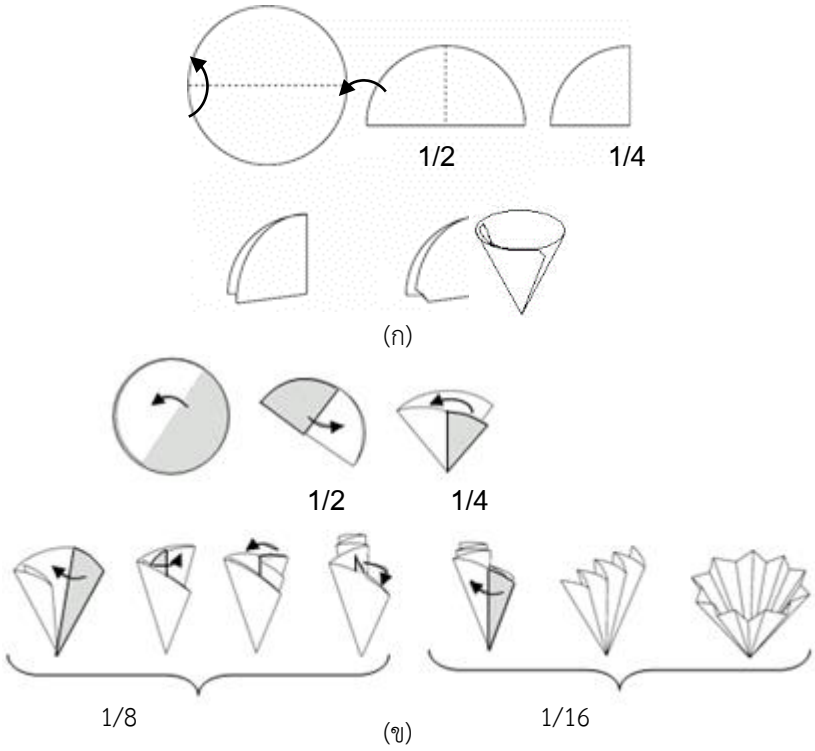
1) ก้านของกรวยแก้วควรแตะผนังภาชนะที่รองรับสารละลายดังรูปที่ 1.5(ก) เพื่อทำให้ของเหลวไหลได้อย่างรวดเร็วและป้องกันสารละลายกระเด็น แต่อย่าปล่อยให้ก้านกรวยแล้วจุ่มลงไปในสารละลาย การเทของเหลวลงบนกระดาษกรองในกรวยแก้วควรใช้แท่งแก้วนำ โดยให้แท่งแก้วแตะปากบีกเกอร์แล้วเทสารละลายไหลลงมาตามแท่งแก้ว แตะปลายล่างของแท่งแก้วใกล้กระดาษกรองด้านที่พับทับกันสามชั้น อย่าเทสารละลายมากจนล้นขอบกระดาษกรอง ถ้ายังมีตะกอนเหลือติดอยู่ที่ก้นบีกเกอร์ ใช้น้ำฉีดล้างตะกอนที่เหลือลงมาสู่กระดาษกรองบนกรวยแก้ว

2) การกรองด้วยครูซิเบิลซินเตอร์กลาส (sintered glass) ครูซิเบิลซินเตอร์กลาสประกอบด้วยชั้นแก้วมีลักษณะเป็นแก้วชนิดพิเศษมีรูเล็กๆ ทำหน้าที่เป็นกระดาษกรอง ใช้กรองตะกอนได้หลายขนาด ซึ่งขึ้นกับเบอร์ของครูซิเบิลซินเตอร์กลาส มีขนาดตั้งแต่เบอร์ 0-5 แต่ที่ใช้ในงานวิเคราะห์ส่วนมากเป็นเบอร์ 3 และ 4 ใช้สำหรับกรองตะกอนแบบหยาบ เช่น ซิลเวอร์คลอไรด์ ส่วนเบอร์ 4 ใช้กรองตะกอนละเอียด เช่น แบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$)

การพับกระดาษกรองสำหรับกรวยกรอง มี 2 ประเภท ดังนี้

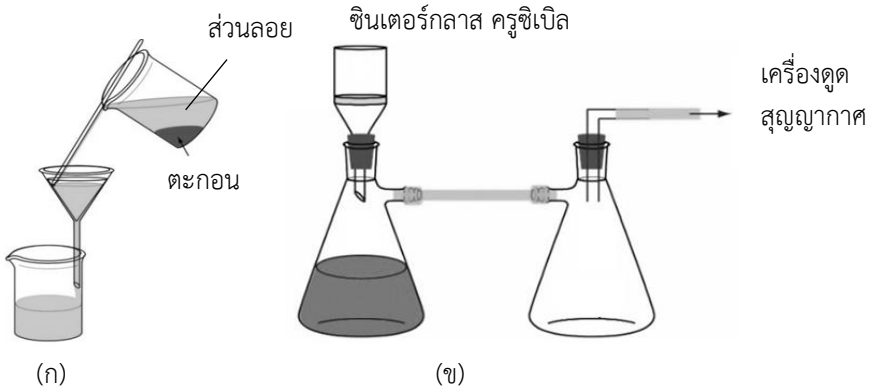
1) พับ 1/4 โดยการพับกระดาษกรองลงทีละครึ่งหนึ่งก่อน แล้วพับให้เหลือ 1/4 แล้วฉีกปลายด้านหนึ่งออกเล็กน้อย เพื่อให้กระดาษกรองในส่วนชั้นในสุดแนบสัมผัสกับผิวกรวยแก้วมากยิ่งขึ้น ดังภาพที่ 1.4(ก)

2) การพับแบบจีบทบ (fluted-fllter paper) พับทีละครึ่งไปเรื่อยๆ จน 1/16 ดังภาพที่ 1.4(ข)



ภาพที่ 1.4 การพับกระดาษกรอง (ก) แบบกรองช้า และ (ข) แบบจีบทบ

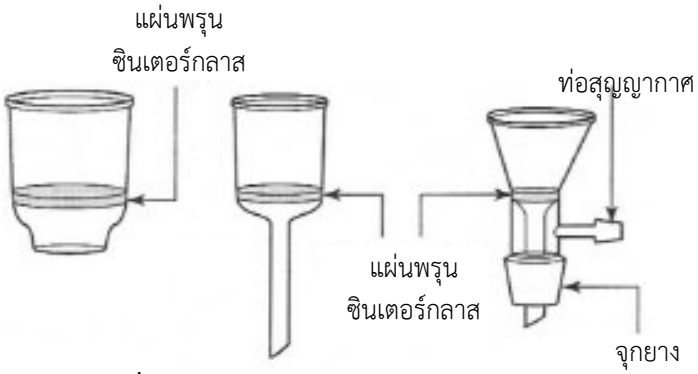
ขั้นตอนการกรองอาจดูเป็นขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยากมากมัก แต่การใช้เทคนิคการกรองที่ถูกต้องจะช่วยให้การกรองได้ผลสำเร็จเร็วขึ้น โดยควรเทส่วนลอย (supernatant) ให้ผ่านกระดาษกรองก่อนที่จะถ่ายตะกอนลงในกระดาษกรองเพื่อป้องกันการอุดตันตั้งแต่เริ่มต้นการกรอง ควรล้างตะกอนตั้งแต่ตะกอนอยู่ในบีกเกอร์แล้วจึงเทตะกอนโดยใช้น้ำฉีดให้ตะกอนที่ติดผนังบีกเกอร์ไหลรวมกันในกระดาษกรอง ดังภาพที่ 6.2 (ก)



ภาพที่ 1.5 การกรอง (ก) การกรองด้วยแรงโน้มถ่วง และ (ข) การกรองแบบสุญญากาศ

การกรองตะกอนอีกแบบหนึ่งที่นิยมใช้ คือ การกรองโดยครูซิเบิล ซึ่งมีหลายชนิด เช่น ซินเตอร์-กลาสครูซิเบิล หรือ ครูซิเบิลแก้ว (filtered glass crucible) ตัวครูซิเบิลทำด้วยแก้วที่หลอมติดกับแผ่นพรุน โดยซินเตอร์กลาสครูซิเบิล แบ่งตามขนาดรูพรุน คือ แบบหยาบ (coarse) จะกักเก็บตะกอนขนาดใหญ่กว่า 40–60 μm แบบปานกลาง (medium) จะกักเก็บตะกอนขนาดใหญ่กว่า 10–15 μm และแบบละเอียด (fine) จะกักเก็บตะกอนขนาดใหญ่กว่า 4–5.5 μm ส่วนพอรซ์เลนฟิลเตอร์ครูซิเบิล ทำด้วยกระเบื้องทนความร้อน ครูซิเบิล

กรองอีกประเภทที่นิยมใช้ คือ กูซครูซิเบิล (Gooch crucible) เป็นตัวกรองที่ก้นมีรูขนาดเล็กจำนวนมาก เมื่อใช้งานต้องมีแผ่นกรองรองรับตะกอน ซึ่งการกรองแบบนี้จะใช้การดูด (suction) ด้วยเครื่องดูดสุญญากาศ (vacuum) ช่วยให้ส่วนใสไหลผ่านครูซิเบิลแทนที่จะเป็นการไหลจากแรงโน้มถ่วง

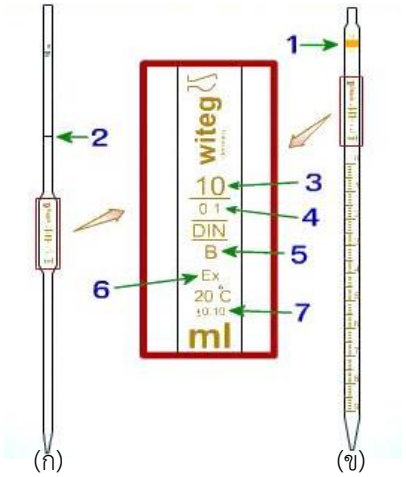


ภาพที่ 1.6 ครูซิเบิลชนิดซินเตอร์กลาสครูซิเบิล

รูปที่ 1.7 แสดงการกรองด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก

เทคนิคการใช้ปิเปต

ปิเปตเป็นอุปกรณ์ในการวัดปริมาตรสำหรับถ่ายเทสารละลายที่มีความแม่นยำสูง ปิเปตมีอยู่หลายชนิด แต่โดยทั่วไปที่มีใช้อยู่ในห้องปฏิบัติการมีอยู่ 2 แบบ คือ transfer และ measuring pipet ดังรูป 1.8



1 สัญลักษณ์ blow-out pipet
2 ขีดบอกปริมาตร
3 ความจุ
4 ปริมาตรแต่ละขีด
5 ระดับชั้นคุณภาพ (A มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า B)
6 วัตถุประสงค์การใช้งาน
7 ความคลาดเคลื่อนของปริมาตร

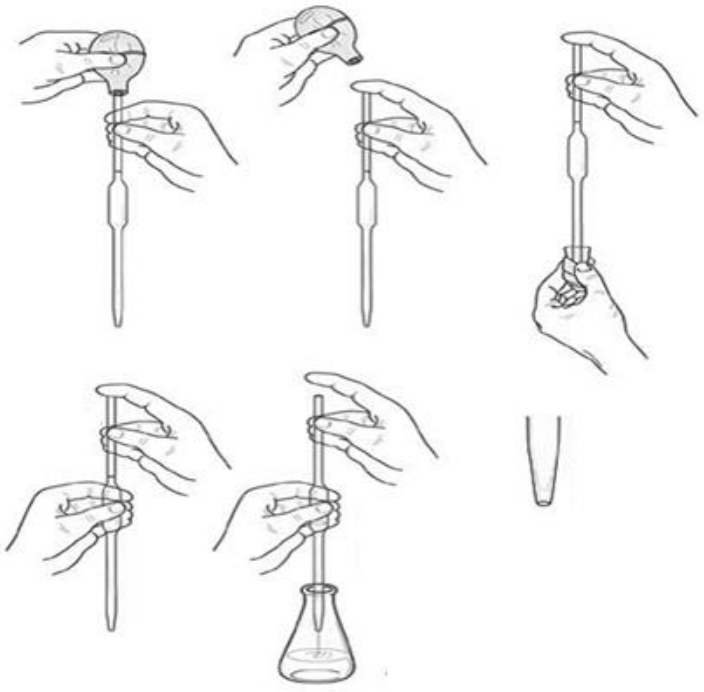
รูปที่ 1.8 ปิเปต (ก) transfer pipet และ (ข) graduate pipet

1. Transfer pipet ซึ่งใช้ในการวัดปริมาตรได้เพียงค่าเดียว คือถ้าหาก transfer pipet จุ 25 mL จะวัดปริมาตรของของเหลวได้เฉพาะ 25 mL เท่านั้น transfer pipet มีหลายขนาดตั้งแต่ 1 mL ถึง 100 mLถึงแม้ปิเปตชนิดนี้จะใช้วัดปริมาตรได้อย่างใกล้เคียงความจริงก็ตาม แต่ยังมีข้อผิดพลาดซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของปิเปต

2. Measuring หรือ graduated pipet จะมีขีดบอกปริมาตรต่างๆ ไว้ทำให้สามารถใช้ได้อย่างกว้างขวาง คือสามารถใช้แทน transfer pipet ได้ แต่ใช้วัดปริมาตรได้แน่นอนน้อยกว่า transfer pipet และมีความผิดพลาดมากกว่า

การใช้ปิเปต

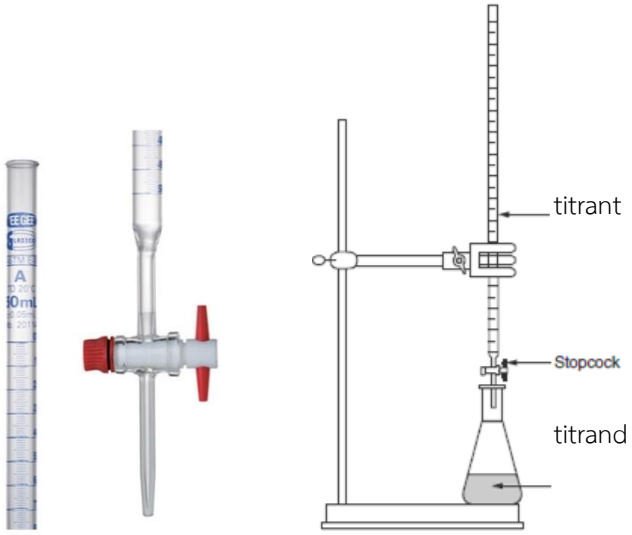
1. ก่อนใช้ปิเปตต้องทำความสะอาดโดยดูดน้ำกลั่นจนเกือบเต็ม แล้วปล่อยให้ไหลออกมาจนหมด
2. จุ่มปลายปิเปตลงในสารละลาย โดยที่ปลายปิเปตอยู่ต่ำกว่าระดับสารละลายตลอดเวลา
3. ใช้เครื่องดูดหรือกระเปาะยางดูดสารละลายเข้าไปในปิเปตอย่างช้าๆ (รูปที่ 1.9) จนกระทั่งสารละลายขึ้นมาอยู่เหนือขีดบอกปริมาตร และใช้นิ้วชี้ปิดปลายปิเปตให้แน่นโดยทันที จับก้านปิเปตด้วยนิ้วหัวแม่มือและนิ้วกลาง
4. จับปิเปตให้ตั้งตรงแล้วค่อยๆ ผ่อนนิ้วชี้เพื่อให้สารละลายที่เกินขีดบอกปริมาตรไหลออกไปจนกระทั่งส่วนโค้งล่างสุดของสารละลายพอดีกับขีดบอกปริมาตร กดนิ้วชี้ให้แน่นและแตะปลายปิเปตกับข้างภาชนะเพื่อให้หยดน้ำที่ติดอยู่ที่ปลายปิเปตหมดไป
5. ปล่อยสารละลายที่อยู่ในปิเปตลงในภาชนะที่เตรียมไว้โดยยกนิ้วชี้ขึ้น ให้สารละลายไหลลงตามปกติตามแรงโน้มถ่วงของโลกจนหมด แล้วแตะปลายปิเปตกับข้างภาชนะ



รูปที่ 1.9 ขั้นตอนการใช้ปิเปต

การไทเทรต (titration)

บิวเรต (buret) เป็นอุปกรณ์วัดปริมาตรที่มีขีดบอกปริมาตรต่างๆ และมีก๊อกสำหรับเปิด-ปิด เรียกว่า stop-cock เพื่อบังคับการไหลของของสารละลาย บิวเรตเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ มีขนาดตั้งแต่ 10 mL จนถึง 100 mL บิวเรตสามารถวัดปริมาตรได้อย่างใกล้เคียงความจริงมากที่สุด แต่ยังมีความผิดพลาดอยู่เล็กน้อย ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของบิวเรต



(ก) (ข)

รูปที่ 1.10 (ก) บิวเรต และ (ข) การติดตั้งอุปกรณ์การไทเทรต

การติดตั้งอุปกรณ์ในการไทเทรต ดังรูปที่ 1.10(ข) สารละลายที่บรรจุในบิวเรต เรียกว่า ไทแทรนต์ (titrant) สารละลายที่อยู่ในขวดรูปชมพู่ เรียกว่า ไทแทรนด์ (titrand) เมื่อค่อยเปิด stop-cock ไทแทรนต์จะค่อยหยดลงในขวดรูปชมพู่ การอ่านสเกลบนบิวเรต ควรให้อยู่ในระดับสายตาและถือส่วนโค้งที่ต่ำที่สุดเป็นเกณฑ์ ในการอ่านปริมาตรอาจใช้กระดาษขาวบังบิวเรตเพื่ออ่านสเกลบนบิวเรตได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

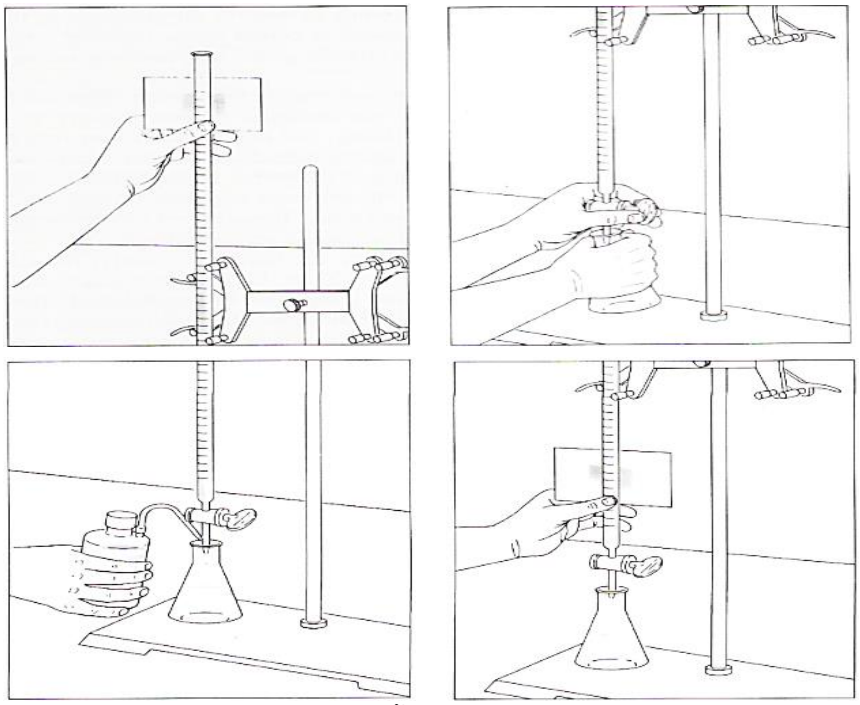
วิธีการไทเทรต

1. ล้างบิวเรตให้สะอาด ด้วยสารทำความสะอาด
2. บรรจุสารละลายเพียงเล็กน้อย เพื่อตรวจสอบการรั่วของ stopcock
3. ซะล้างบิวเรตด้วยสารละลายที่จะใช้บรรจุ ประมาณ 5 mL แล้วไขให้สารละลายไหลออกทางปลายบิวเรต
4. เทสารละลายลงในบิวเรตโดยผ่านทางกรวยกรอง ให้มีปริมาตรเหนือขีดศูนย์เล็กน้อย รูปที่ 1.12 (ก) เอากรวยออกแล้วเปิดก๊อกให้สารละลายไหลออกทางปลายบิวเรต เพื่อปรับให้ปริมาตรของสารละลายอยู่ที่ขีดศูนย์พอดี การปรับปริมาตรควรทำในระดับสายตา (ที่บริเวณปลายบิวเรตจะต้องไม่มีฟองอากาศ หากมีฟองอากาศจะต้องเปิดก๊อกให้สารละลายไล่อากาศออกไปจนหมด)
5. การจับปลายบิวเรตและการจับขวดรูปชมพู่ขณะไทเทรต ใช้มือที่ไม่ถนัดจับ stopcock เพื่อเปิดก๊อกให้สารละลายไหล และมืออีกข้างจับขวดรูปชมพู่พร้อมกวนสารละลายแบบวงกลมตลอดเวลา

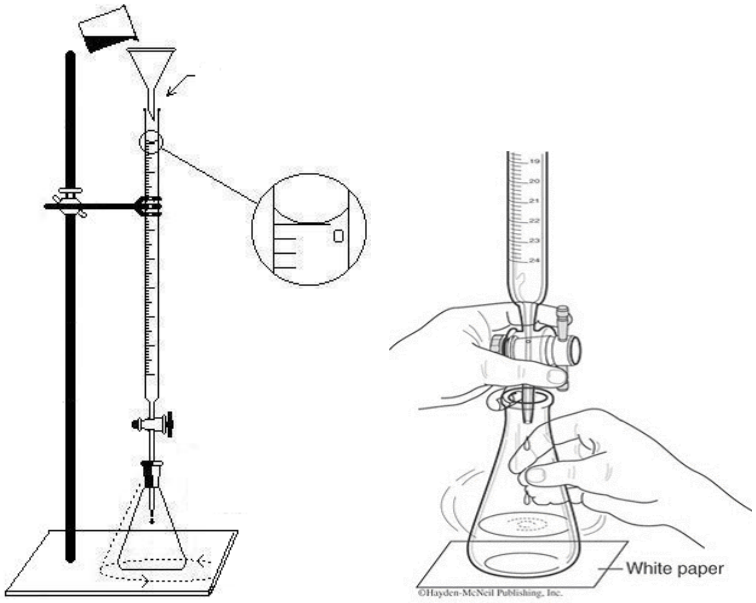
6. ค่อยๆ หมุนปิด stopcock เมื่อใกล้ถึงจุดยุติเพื่อสารละลายไหลออกมาทีละหยด เพื่อไม่ให้เกิดจุดยุติและต้องปิด stopcock ทันทีเมื่อถึงจุดยุติ ในกรณีที่ไทเทรตจะเกือบหมดบิวเรตแต่ยังไม่ถึงจุดยุติ อย่าปล่อยให้สารละลายเลยขีดบอกปริมาตรสุดท้ายลงมา จะไม่ทราบปริมาตรที่แน่นอนได้

7. ถ้าปลายบิวเรตรั่วซึม โดยสารละลายไม่ได้ไหลออกทางปลายบิวเรตเพียงด้านเดียว ให้หยุดไทเทรตและเปลี่ยนบิวเรตทันที

8. การไทเทรตโดยทั่วไปต้องทำอย่างน้อย 2 ครั้ง ถ้าการทดลองสองครั้ง ปริมาตรแตกต่างกันไม่เกิน 0.2 mL แต่ถ้าปริมาตรที่ไทเทรตสองครั้งต่างกันมากกว่า 0.2 mL ให้ทำไทเทรตครั้งที่ 3 แล้วจึงหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 1.11 ขั้นตอนการไทเทรต



(ก) (ข)

รูปที่ 1.12 การติดตั้งบิวเรต (ก) การบรรจุสารละลาย และ (ข) ลักษณะการจับ stopcock

บทที่ 2
ระบบการจัดการสารเคมีและของเสีย

2.1 ข้อปฏิบัติในการจัดการสารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมีอยู่จำนวนมาก ตามการใช้งานและการปฏิบัติงาน ดังนั้นการจัดการสารเคมีและของเสียที่เกิดขึ้นจำเป็นต้องตระหนักถึงปัญหาที่อาจส่งผลกระทบทั้งทางสุขภาพ กายภาพและความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน ผู้ใช้หรือผู้ที่เกี่ยวข้องควรศึกษาคู่มือความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้สามารถเข้าใจหรือแก้ไขสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที ดังนี้

1) ทราบอันตรายของสารเคมีที่ต้องใช้ในการปฏิบัติงาน ซึ่งสามารถทราบได้จากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ (MSDS)

2) ทราบสถานที่และวิธีการเก็บรักษาสารเคมีที่เหมาะสม

3) ทราบวิธีการเคลื่อนย้ายสารเคมีภายในห้องปฏิบัติการ

4) ทราบวิธีการใช้เครื่องป้องกันตนเองที่เหมาะสมต่อสารเคมี

5) ทราบจุดเก็บ และวิธีใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในกรณีสัมผัสสารเคมี

6) ทราบแนวทางการปฏิบัติในกรณีเกิดอุบัติเหตุ เช่น เส้นทางออกจากห้องปฏิบัติการ วิธีปฏิบัติตนเมื่อสัมผัสสารเคมีอันตราย รวมถึงแนวทางการจัดการของเสีย

7) ให้ความระมัดระวังในการจุดไฟในห้องปฏิบัติการ ดับไฟทันทีเมื่อเลิกใช้งาน ไม่ควรปล่อยให้ไฟติดทิ้งไว้โดยไม่มีคนดู

8) ก่อนที่จะทำการจุดไฟ ควรย้ายวัสดุไวไฟออกจากบริเวณดังกล่าว นอกจากนี้ควรแน่ใจว่าได้ปิดภาชนะที่บรรจุของเหลวไวไฟอย่างดีแล้ว

9) ควรเก็บสารเคมีไวไฟในตู้สำหรับเก็บสารเคมีไวไฟโดยเฉพาะ

10) ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่ก่อให้เกิดประกายไฟ ในกรณีที่มีสารระเหยไวไฟ (Volatile flammable material)

11) ควรใช้ตู้ดูดควันในการถ่ายเท ผสม หรือ ให้ความร้อนสารเคมี

12) กรณีสามารถเลือกใช้สารเคมีได้ ควรเลือกใช้สารเคมี ที่มีความเป็นพิษน้อยที่สุด ในปริมาณน้อยที่สุดเท่าที่พึงกระทำได้

13) อ่านคู่มือ และเพิ่มความระมัดระวังเป็นพิเศษ เมื่อต้องปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับสารก่อมะเร็ง

14) กรณีเกิดกลิ่นผิดปกติในห้องปฏิบัติการควรแจ้งให้อาจารย์หรือเจ้าหน้าที่ทราบโดยทันที

2.2 สุขอนามัยบุคคล (personal hygiene)

1) หากผิวหนังถูกสัมผัสโดยสารเคมี ต้องล้างออกโดยทันทีด้วยน้ำประปา หรือน้ำสะอาดอย่างน้อย 15 นาที

2) หลีกเลี่ยงการสูดดมไอระเหยของสารเคมี ห้ามทดสอบชนิดของสารเคมีโดยการดมกลิ่นโดยตรงอย่างเด็ดขาด

3) ห้ามใช้ปากดูดปิเปต ให้ใช้อุปกรณ์ประกอบ เช่น ลูกยาง

4) เมื่อเลิกปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ ควรล้างมือด้วยสบู่ และน้ำสะอาด

5) ห้ามดื่ม กิน เคี้ยวหมากฝรั่ง สูบบุหรี่ หรือ แม้แต่ทาเครื่องสำอางในห้องปฏิบัติการ

6) ห้ามนำเครื่องดื่ม อาหาร บุหรี่ และเครื่องสำอางเข้ามาเก็บในบริเวณห้องปฏิบัติการ

7) ห้ามใช้เครื่องไมโครเวฟในห้องปฏิบัติการเพื่อเตรียมกาแฟ อาหาร รวมทั้งห้ามใช้ตู้เย็นในห้องปฏิบัติการเพื่อเก็บอาหาร เช่นกัน

8) ควรช่วยกันรักษาความสะอาดของพื้นที่ทำงาน ทำความสะอาดพื้นที่ทำงานทุกครั้งเมื่อเสร็จภารกิจในแต่ละวัน

9) ควรทิ้งขยะ และของเสียในภาชนะที่จัดเตรียมไว้

10) ควรแยกเครื่องแก้วแตก ในภาชนะรองรับที่แยกต่างหากจากของเสียอื่นๆ

11) ไม่ควรเก็บสารเคมีในบริเวณทางเดิน บันไดหรือวางบนพื้น ควรเก็บในพื้นที่ที่จัดไว้โดยเฉพาะ

12) ภาชนะบรรจุสารเคมีทุกขวด ควรมีป้ายฉลากที่ชัดเจน

13) ของเสียที่เป็นสารเคมีควรแยกเก็บ พร้อมติดป้ายฉลากระบุชนิดของสารเคมีให้ชัดเจน

14) จัดให้มีการทำความสะอาดห้องปฏิบัติการเป็นประจำ กรณีที่มีการหกของสารเคมีต้องทำความสะอาดโดยทันที

2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสารเคมี

2.3.1 เกรดของสารเคมี (Chemical grade)

สารเคมี (reagent) หมายถึงสารประกอบอินทรีย์หรืออนินทรีย์ที่ทราบน้ำหนักสูตรโมเลกุลที่แน่นอน และมีความบริสุทธิ์เพียงพอที่ใช้กับงานวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อทำการทดสอบการวัดและการตรวจสอบค่าต่างๆ สารเคมีที่ผลิตขายมีความบริสุทธิ์ต่างๆ กัน และแบ่งเป็นหลายเกรดตามความบริสุทธิ์ของสาร

1) เกรด ACS reagent เป็นเกรดที่มีความบริสุทธิ์สูงสุด และความบริสุทธิ์ได้มาตรฐานตามที่สมาคมเคมีอเมริกัน (American Chemical Society หรือ ACS) กำหนดไว้และมีใบประกันรับรองให้ เหมาะสำหรับใช้ในงานวิเคราะห์

2) เกรดวิเคราะห์ (analytical reagent (AR)/reagent grade) เป็นเกรดที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่า 99% มีมลทินเจือปนในระดับที่น้อยมาก โดยทั่วไปจะมีข้อมูลแสดงปริมาณสิ่งเจือปนไว้ด้วยและเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์และสิ่งเจือปนจะต้องอยู่ในมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ เหมาะสำหรับใช้ในงานด้านการวิเคราะห์และห้องปฏิบัติการทั่วไป ถ้าสารเคมีได้มาตรฐานตามที่สมาคมเคมีอเมริกัน (ACS) กำหนดไว้จะเขียนบ่งไว้ AR (ACS) reagent

3) เกรด USP เป็นเกรดที่มีความบริสุทธิ์ได้มาตรฐานตามที่ U.S. Pharmacopoeia กำหนดไว้ เหมาะสำหรับใช้ในงานด้านอาหาร ยา ทางการแพทย์ และห้องปฏิบัติการทั่วไป สารเกรดโดยมีสารเจือปนที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ

4) เกรด purified/practical grade เป็นเกรดที่มีคุณภาพดีแต่ไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้ ไม่เหมาะใช้ในงานด้านอาหาร ยา ทางการแพทย์

5) เกรด C.P. (chemical pure) รีเอเจนต์เกรดนี้บริสุทธิ์เกือบเทียบเท่าเกรดวิเคราะห์ (reagent grade) มาตรฐานของความบริสุทธิ์ของสารเคมีเกรดนี้ไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับโรงงานผู้ผลิต

6) เกรดปฏิบัติการ (lab หรือ practical) เป็นสารเคมีที่มีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์สูงกว่า 95% มีปริมาณสิ่งเจือปนมากกว่าเกรดงานวิเคราะห์ แต่บางครั้งสามารถใช้แทนสารเคมีเกรดวิเคราะห์ได้ หากมีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์สูงพอและสิ่งเจือปนไม่มีผลต่อการทดลอง เหมาะสำหรับใช้ในงานที่ไม่ต้องคำนึงถึงความบริสุทธิ์ของสารเคมี

7) เกรด NF เป็นเกรดที่มีความบริสุทธิ์ได้มาตรฐานตามที่ national formulary (NF) กำหนด เหมาะสำหรับใช้ในงานที่ไม่ต้องคำนึงถึงความบริสุทธิ์ของสารเคมี จะมีสารเคมีอื่นเจือปน (impurities) อยู่ในปริมาณปานกลาง

8) เกรดทางการค้า (technical หรือ commercial) เป็นสารเคมีที่ใช้งานอุตสาหกรรม จัดเป็นสารเคมีเกรดต่ำสามารถใช้ได้ดีกับงานทดลองบางอย่าง โดยปกติสารเคมีชนิดนี้ไม่บอกรายละเอียดของสิ่งเจือปน (impurity) หรือเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารเคมี ไม่เหมาะใช้ในห้องปฏิบัติการ

2.3.2 ฉลากสารเคมี

ผู้ใช้สารเคมีควรจะอ่านฉลากสารที่จะใช้ให้ดีเสียก่อนเพื่อป้องกันความผิดพลาดและอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยทั่วไปแล้วฉลากสารเคมีจะระบุถึงสิ่งต่อไปนี้

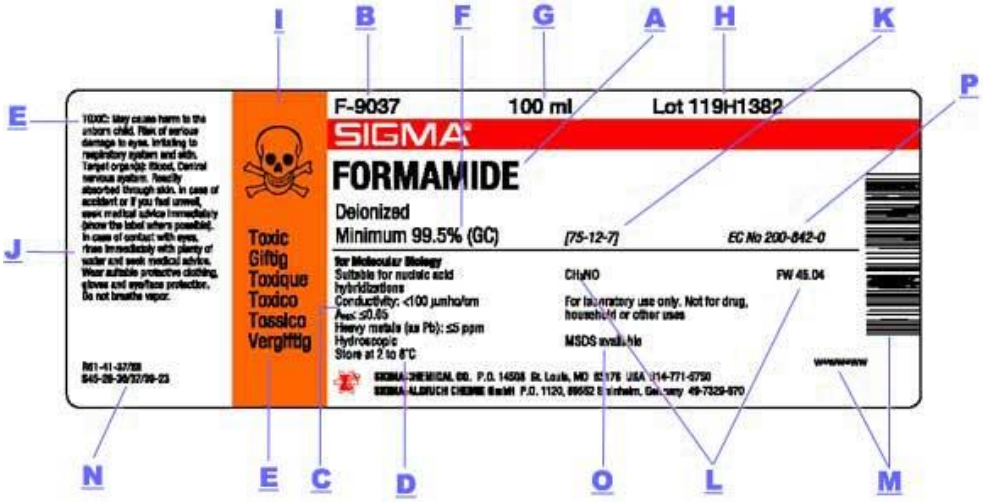
1. ชื่อสารเคมี (chemical name)
2. สูตรโมเลกุลหรือสูตรโครงสร้าง (formula weight, formula structure)
3. มวลโมเลกุล, น้ำหนักโมเลกุล (molecular weight- M_r, M_T, M.W., F.W.)
4. เกรด (grade- AR, lab, technical)
5. บริษัทผู้ผลิต (company suppliers)
6. ความบริสุทธิ์ (% assay)
7. สิ่งเจือปน (impurities)
8. เลขประจำสารเคมี (catalog number)
9. รหัสแสดงอันตราย (risk phrases) และรหัสความปลอดภัย (safety phrases)
10. ปริมาณสุทธิ
11. สัญลักษณ์แสดงอันตรายและคำเตือน (hazard pictogram)
12. รายการอื่นๆ

ฉลากสารเคมีนับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากสารเคมีที่ใช้แล้วหรือเก็บไว้นานๆ ฉลากที่ติดข้างขวดอาจที่การหลุดออก หรือเปื่อยยุ่ย เลอะเลือนไม่ชัดเจน จึงจำเป็นต้องมีการตรวจเป็นระยะๆ เพราะหากไม่ทราบว่าเป็นสารใดแล้วจะต้องทำการพิสูจน์หรืออาจจะต้องทิ้งสารนั้นเลย ดังนั้นควรระลึกเสมอว่าก่อนจะใช้สารเคมีใด ผู้ใช้ต้องมีความรู้และถึงข้อความตลอดจนคำเตือนหรือสัญลักษณ์ที่ระบุบนฉลากข้างขวดเสียก่อน ผู้ใช้ควรมีข้อปฏิบัติดังนี้

1. เมื่อมีการถ่ายเทสารออกจากขวดเดิมจะต้องเขียนชื่อสารเคมี บริษัทผู้ผลิต เกรด อย่างชัดเจนติดบนสารขวดใหม่เพื่อป้องกันการใช้สารเคมีผิดพลาด

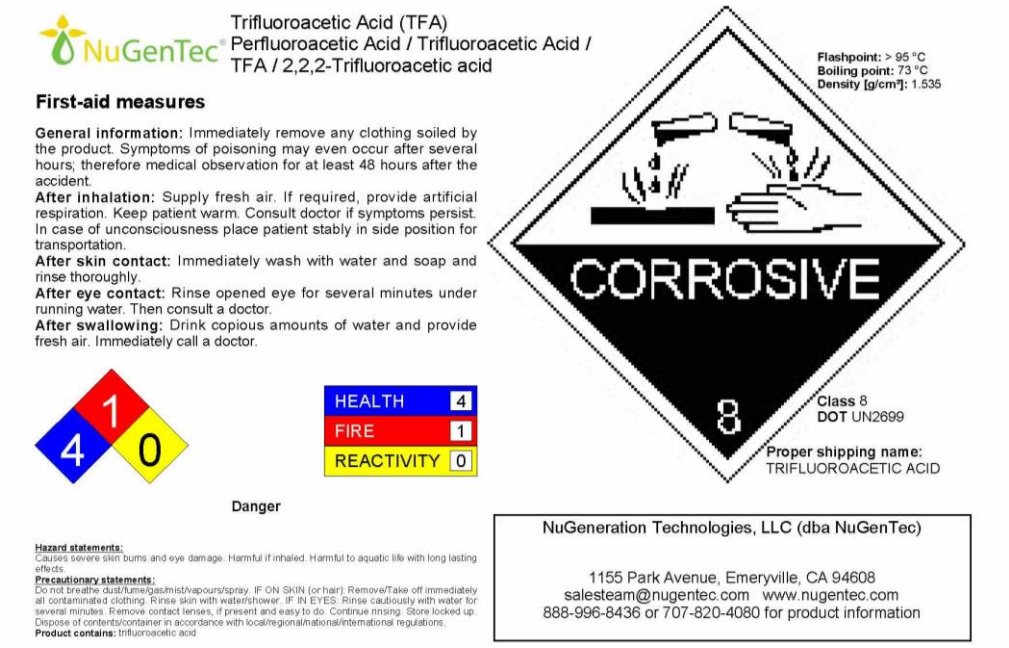
2. ควรมีฐานข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมีที่จะใช้นั้น เพื่อเป็นประโยชน์ในการจัดเก็บหรือปฐมพยาบาลเบื้องต้นเมื่ออุบัติเหตุ

3. สารเคมีที่นำกลับมาใช้อีกจะต้องเขียนฉลากให้ชัดเจน



รูปที่ 1 ตัวอย่างฉลากสารเคมีและรายการต่างที่ระบุที่ฉลาก

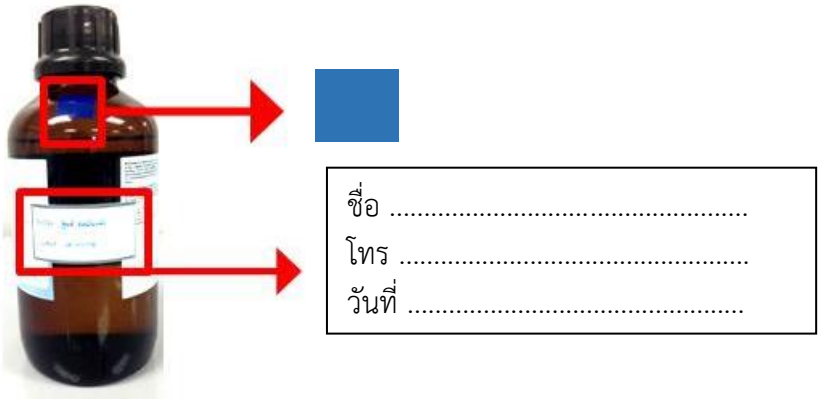
A = ชื่อสารเคมี	D = การเก็บ	G = ปริมาตรสุทธิ	J = คำแนะนำป้องกัน
B = บริษัทผู้ผลิต	E = คำเตือน	H = Lot. NO.	L = สูตรโมเลกุ ล, น้ำหนักโมเลกุล
C = ความบริสุทธิ์	F = เกรด	I = สัญลักษณ์อันตราย	O = MSDS



รูปที่ 2 ฉลากสารเคมี trifluoroacetic acid

เมื่อมีการเตรียมสารละลายใหม่หรือเทสารละลายออกจากขวดแล้วใช้ไม่หมด ผู้ใช้จะต้องจัดเก็บสารเคมีบรรจุในขวด โดยติดสติ๊กเกอร์และจัดเก็บสารเคมีตามประเภทความเป็นอันตราย

สี	ความหมาย
สีแดง	สารไวไฟ
สีเหลือง	สารไวต่อปฏิกิริยาและสารออกซิไดซ์
สีน้ำเงิน	สารอันตรายต่อสุขภาพ (สารพิษ)
สีขาว	สารกัดกร่อน
สีเทา	ไม่มีสารอันตรายต่อสุขภาพมาก



รูปที่ 3 ตัวอย่างการติดฉลากสารเคมี

2.3.3 เอกสารข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี

เอกสารข้อมูลความปลอดภัยในการใช้สารเคมีและวัตถุอันตราย คือเอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ (material safety data Ssheet, MSDS) โดย MSDS ถูกออกแบบมาเพื่อผู้ที่เกี่ยวข้อง คนงาน บุคคลากรที่ดูแลด้านความปลอดภัย ซึ่งประกอบด้วยวิธีการ และขั้นตอนการดำเนินงานที่เหมาะสมในการจัดการ หรือทำงานกับสารเคมี เอกสาร MSDS ประกอบด้วยข้อมูลที่เป็นประโยชน์ เช่นข้อมูลทางกายภาพ (จุดหลอมเหลว จุดเดือด จุดวาบไฟ ฯลฯ) ความเป็นพิษ ผลต่อสุขภาพ การปฐมพยาบาลเบื้องต้น การเกิดปฏิกิริยา การเก็บ การทิ้ง อุปกรณ์ป้องกัน การปฏิบัติเมื่อหกหรือรั่วไหล ซึ่งจะแตกต่างกันไปสำหรับสารแต่ละชนิด ข้อมูลและรูปแบบของ MSDS ในแต่ละประเทศอาจมีข้อกำหนดหรือกฎเกณฑ์ที่แตกต่างกัน แต่ส่วนมากจะประกอบด้วยข้อมูลหลัก 16 ข้อ ได้แก่

1. ข้อมูลเกี่ยวกับสารเคมีและบริษัทผู้ผลิตและจัดจำหน่าย
2. องค์ประกอบ/ข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสม
3. ข้อมูลเกี่ยวกับอันตราย
4. มาตรการปฐมพยาบาล
5. มาตรการการผจญเพลิง
6. มาตรการเมื่อมีอุบัติเหตุสารหกรั่วไหล
7. การจัดการและการเก็บรักษา
8. การควบคุมการสัมผัสสาร/ การป้องกันส่วนบุคคล
9. สมบัติทางเคมีและกายภาพ
10. ความเสถียรและความว่องไวต่อปฏิกิริยา
11. ข้อมูลทางพิษวิทยา
12. ข้อมูลเชิงนิเวศน์
13. มาตรการการกำจัด
14. ข้อมูลการขนส่ง
15. ข้อมูลเกี่ยวกับข้อกำหนด
16. ข้อมูลอื่น

ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการใช้หรือสัมผัสกับสารเคมีโดยตรงจำเป็นต้องศึกษาและทำความเข้าใจข้อมูลอย่างละเอียด เอกสาร MSDS และเอกสารแนะนำความปลอดภัย (SG) สามารถสืบค้นได้จากหลายแหล่ง เช่น

1. ที่ห้องปฏิบัติการหรือที่ทำงานควรต้องมี MSDS ซึ่งได้มากับสารเคมีอันตรายที่สั่งซื้อมา (อย่าทิ้ง MSDS ที่ติดมากับขวดสารเคมี)

2. บริษัทที่สั่งซื้อสารเคมีมา ถ้าทางบริษัทผู้จำหน่ายไม่มี ให้ติดต่อกับบริษัทผู้ผลิตโดยตรง

3. อินเตอร์เน็ต ซึ่งมีหลายเว็บไซต์ที่มี MSDS ไว้บริการ เช่น http://msds.pcd.go.th, http://www.msds.com, http://www.chemtrack.org เป็นต้น

เจ้าหน้าที่ ที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการทุกคน ควรที่จะศึกษาข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ ของสารเคมีทุกตัวที่ต้องใช้ในห้องปฏิบัติการ การเก็บข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ ควรเก็บเข้าแฟ้มเอกสาร เรียงตามตัวอักษร เพื่อความสะดวกในการค้นหาภายหลัง

2.3.4 การแยกประเภทสารเคมี

สารเคมีสามารถแบ่งได้เป็นหลายประเภท แต่เมื่อพิจารณาถึงอันตรายต่อสุขภาพ สามารถแบ่งประเภทของสารเคมี ได้เป็น

1. สารเคมีที่ไวไฟ (flammable and combustible)

วัตถุไวไฟ (flammable substances) หมายถึงวัตถุที่ง่ายต่อการติดไฟและเผาไหม้ในที่ที่มีอากาศ ของเหลวไวไฟ (flammable liquid) หมายถึงของเหลวที่มีจุดวาบไฟ ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 37.8°C ส่วนของเหลวติดไฟได้ (combustible liquid) หมายถึงของเหลวที่มีจุดวาบไฟสูงกว่า หรือเท่ากับ 37.8°C บางกรณีมีการแยกประเภทสารไวไฟ ออกเป็นของแข็งและแก๊ส ตัวอย่างของแก๊สไวไฟ เช่น acetylene, ethylene oxide และ hydrogen เป็นต้น ในกลุ่มของสารเคมีที่ไวไฟ ยังสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อย ดังนี้

1.1) สารเคมีที่ระเบิดได้ (explosive) สารเคมีที่ก่อให้เกิดการระเบิดเมื่อได้รับความร้อน แสง หรือตัวเร่ง (catalyst) ได้ที่พบในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ สารประกอบในกลุ่ม nitrate, chlorate, perchlorates นอกจากนั้นสารประกอบของโลหะเช่น ผงแมกนีเซียม (Mg powder) หรือผงสังกะสี (Zn powder) เมื่อผสมกับอากาศจะสามารถระเบิดได้เช่นกัน

1.2) สารเคมีที่ติดไฟเองได้ (pyrophorics) สารเคมีกลุ่ม pyrophorics ตามมาตรฐานของ US-OSHA ได้แก่สารเคมีที่สามารถติดไฟ (ignition) ได้เองที่อุณหภูมิเท่ากับหรือต่ำกว่า 54.4°C สารในกลุ่มนี้มักทำปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำ (water reactive) และติดไฟเมื่อสัมผัสกับน้ำหรืออากาศชื้น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเร็วหรือช้าขึ้นกับชนิดของสารเคมี สารเคมีบางตัวสามารถติดไฟขึ้นเองได้ เมื่ออุณหภูมิภายนอกถึงจุดสันดาปของสารเคมีนั้น โดยไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์อื่นช่วย สารเคมีเหล่านี้ได้แก่ sodium, potassium, phosphorus เป็นต้น

1.3 สารที่ไวต่อการทำปฏิกิริยากับน้ำ (water reactive substances) สารเคมีที่ไวต่อปฏิกิริยากับน้ำเกิดปฏิกิริยารุนแรง โดยเฉพาะเมื่อมีน้ำอยู่จำกัด สารเคมีในกลุ่มนี้ เช่น สาร alkali และ สาร alkali earth เช่น potassium, calcium สารในกลุ่ม anhydrous metal halides เช่น $AlBr_3$, $GeCl_2$ เป็นต้น

1.4 สารเคมีที่เกิดเปอร์ออกไซด์ (peroxidizable substances) สารเคมีในกลุ่มนี้ ทำปฏิกิริยาอย่างช้าๆกับออกซิเจนในอากาศ โดยมีแสง และความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดเป็นสารเปอร์ออกไซด์ ซึ่งสามารถก่อให้เกิดการระเบิดรุนแรงได้ การนำสารเคมีในกลุ่มนี้มาใช้ต้องแน่ใจว่าปราศจากสารเปอร์ออกไซด์ บางห้องปฏิบัติการกำหนดระยะเวลาจัดเก็บสารเคมีในกลุ่มนี้เป็นรายสารเคมี รายละเอียดสารเคมีในกลุ่มที่เกิดเปอร์ออกไซด์ และระยะเวลาจัดเก็บในห้องปฏิบัติการ (ตารางผนวกที่ 1 และ 2)

2. สารเคมีที่มีฤทธิ์กัดกร่อน (corrosives)

สารในกลุ่มนี้ ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ทำลายเยื่อบุผิวหนัง และเยื่อบุตา สารในกลุ่มนี้ที่สำคัญ ได้แก่ กรดแก่ ด่างแก่ สารที่ดูดน้ำ (dehydrating agent) และ สารออกซิไดซ์ (oxidizing agent)

2.1 กรดแก่ (strong acid) หรือกรดเข้มข้นทุกชนิด สามารถก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและเยื่อบุตา เฉพาะอย่างยิ่งกรดไนตริก (HNO_3) กรดโครมิก (H_2CrO_4) และกรดไฮโดรฟลูออริก (HF) ทั้งนี้การเคลื่อนย้ายกรดเหล่านี้ควรใส่ถุงมือยาง ผ้ายางกันเปื้อน รวมทั้งควรใส่หน้ากากป้องกันไอระเหย

2.2 ด่างแก่ (strong base) เช่น NaOH, KOH, conc. NH_3 สารเหล่านี้ มีฤทธิ์ระคายเคืองตาสูง ดังนั้นการเคลื่อนย้ายสารเคมีในกลุ่มนี้ต้องใส่อุปกรณ์ป้องกันเช่นเดียวกันกับการเคลื่อนย้ายกรดแก่

2.3 สารที่ดูดน้ำ (dehydrating agent) สารเคมีในกลุ่มนี้ที่สำคัญ ได้แก่ กรดซัลฟูริก (sulfuric acid), sodium hydroxide, phosphorus pentoxide และ calcium oxide สารเหล่านี้หากสัมผัสผิวหนังก่อให้เกิดอาการไหม้ของผิวหนังได้

2.4 สารออกซิไดซ์ (oxidizing agent) ได้แก่ สารที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน (electron acceptor) ในปฏิกิริยาหรืออีกความหมายหนึ่งเป็นตัวให้ออกซิเจน สารเคมีในกลุ่มนี้ เช่น สารประกอบ hypochlorite, permanganate และเปอร์ออกไซด์ เป็นต้น เนื่องจากสารเคมีในกลุ่มนี้เป็นตัวให้ออกซิเจน จึงสามารถเป็นตัวเร่งให้เกิดการสันดาปหรือเผาไหม้ได้

2.3.5 การจัดทำบัญชีสารเคมี (Inventory control)

การจัดทำบัญชีสารเคมี (inventory control) อย่างเหมาะสม นับว่าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับห้องปฏิบัติการ โดยมีแนวทางการปฏิบัติ ดังนี้

1. การจัดซื้อสารเคมีควรจัดซื้อเท่าที่จำเป็น การจัดซื้ออาจกระทำเป็นงวด เช่น งวดละ 6 เดือน เป็นต้น
2. ควรตรวจสอบวันหมดอายุของสารเคมีแต่ละตัว
3. ควรมีการบันทึกการซื้อสารเคมีแต่ละตัว เช่น วันที่ได้รับ ชื่อบริษัทที่ผลิต ปริมาณบรรจุ เป็นต้น
4. การใช้สารเคมีควรเป็นลักษณะ first-in, first-out ซึ่งเป็นวิธีการที่ดีเพื่อป้องกันการหมดอายุของสารเคมี
5. ควรมีการกำหนดตัวบุคคลที่ชัดเจน เพื่อเป็นผู้รับผิดชอบ ดูแลการจัดเก็บสารเคมี
6. ควรมีการตรวจสอบสารเคมีทุกๆ ครึ่งปี ควรกำจัดสารเคมีที่เสื่อมสภาพ เช่น สีเปลี่ยน เป็นตะกอนหรือสีขุ่น รวมทั้งสารเคมีที่ฉลากลบเลือน หรือภาชนะบรรจุเสียหาย

2.3.6 การจัดเก็บสารเคมี

การจัดเก็บสารเคมีอย่างถูกวิธี ช่วยให้ง่ายในการทำงาน และเกิดความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ การเก็บสารเคมี มีข้อพึงปฏิบัติทั่วไป ดังนี้

1. แยกการเก็บสารเคมีตามประเภทอันตราย จากนั้นจึงค่อยวางเรียงตามลำดับตัวอักษร
2. ไม่เก็บสารเคมีไว้ในตู้ควัน
3. เก็บสารเคมีเข้าที่ ภายหลังเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานทุกครั้ง

4. สารเคมีไวไฟ ควรเก็บตู้ควบคุมอุณหภูมิ เพื่อป้องกันการติดไฟ

5. ไม่ควรเก็บสารเคมีบนชั้นในระดับที่เหนือระดับสายตาขึ้นไป

6. ไม่ควรวางขวดสารเคมีซ้อนกันในแนวตั้ง

7. ไม่ควรเก็บสารเคมีในบริเวณทางเดิน บันได หรือวางบนพื้น ควรเก็บในพื้นที่ที่จัดไว้โดยเฉพาะ

8. สารเคมีทุกตัวควรมีการบันทึก วันที่ได้รับเข้ามาในห้องปฏิบัติการ และวันที่เปิดใช้

9. การเก็บสารเคมีที่เป็นของเหลวในตู้เย็นและตู้แช่แข็ง ขวดสารเคมีต้องมีภาชนะรองรับ (secondary container) ที่เหมาะสม เช่น ถาดพลาสติก และภาชนะรองรับต้องสามารถป้องกันการหกหรือรั่วไหลของสารเคมีได้ หรือสามารถรองรับปริมาณสารเคมีที่อยู่ในขวดได้อย่างเพียงพอหากเกิดการหกหรือรั่วไหล

10. ไม่เก็บขวดสารเคมีไว้บนหิ้งหรือโต๊ะปฏิบัติการ ยกเว้นกรณีขวดสารเคมีที่เตรียมขึ้นเองสำหรับการทดลอง เช่น stock solution

11. ไม่วางสารเคมี (รวมถึงถังแก๊ส) บริเวณทางเดิน

12. ในกรณีที่จำเป็นต้องวางขวดหรือภาชนะบรรจุสารเคมีบนพื้นห้องปฏิบัติการ ต้องมีภาชนะรองรับที่มีความจุมากกว่าปริมาณรวมของสารเคมีที่มีอยู่ในภาชนะทุกใบ และไม่วางเกะกะการทำงานของผู้ปฏิบัติงานและทางเดิน ในกรณีภาชนะเป็นแก้วต้องอยู่ในตำแหน่งที่ไม่แตกได้โดยง่าย

13. เก็บสารที่ติดไฟง่ายออกห่างจากแหล่งกำเนิดไฟ

14. เก็บสารไวปฏิกิริยาต่อน้ำออกห่างจากสปริงเกลอร์

15. ไม่วางสารเคมีใกล้ท่อระบายน้ำ ใต้หรือในอ่างน้ำ หากจำเป็นต้องมีภาชนะรองรับ เพื่อป้องกันสารเคมีรั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อม

1) การจัดเก็บสารไวไฟ

- สารไวไฟต้องเก็บให้ห่างจากความร้อน แหล่งกำเนิดไฟ และเปลวไฟ
- สารไวไฟต้องเก็บให้พ้นจากแสงอาทิตย์
- ในห้องปฏิบัติการต้องมีการกำหนดบริเวณการจัดเก็บสารไวไฟไว้โดยเฉพาะ และไม่นำสารอื่นมาเก็บไว้ในบริเวณที่เก็บสารไวไฟ
- ต้องไม่เก็บสารไวไฟไว้ในภาชนะที่ใหญ่เกินจำเป็น เช่น ในภาชนะขนาดใหญ่เกิน 20 ลิตร (carboy)
- ห้ามเก็บสารไวไฟหรือสารที่ไหม้ไฟได้ในห้องปฏิบัติการไว้มากกว่า 50 ลิตร
- ในกรณีที่ภายในห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องเก็บสารไวไฟหรือสารที่ไหม้ไฟได้ไว้มากกว่า 50 ลิตร ต้องเก็บไว้ในตู้เฉพาะที่ใช้สำหรับเก็บสารไวไฟ หากต้องเก็บในที่เย็น ตู้เย็นที่ใช้เก็บต้องมีระบบป้องกันการเกิดประกายไฟหรือปัจจัยอื่นๆ ที่อาจทำให้เกิดการติดไฟหรือระเบิดได้ (explosion–proof refrigerator)
- ห้ามเก็บสารไวไฟในตู้เย็นสำหรับใช้ในบ้าน เนื่องจากภายในตู้เย็นที่ใช้ในบ้านไม่มีระบบป้องกันการติดไฟ และยังมีวัสดุหลายอย่างที่เป็นสาเหตุให้เกิดการติดไฟได้ เช่น หลอดไฟภายในตู้เย็น เป็นต้น

2) การจัดเก็บสารกัดกร่อน

- ห้ามเก็บขวดสารกัดกร่อน (ทั้งกรดและเบส) ขนาดใหญ่ (ปริมาณมากกว่า 1 ลิตร หรือ 1.5 กิโลกรัม) ไว้ในระดับที่สูงเกิน 60 เซนติเมตร (2 ฟุต)
- ห้ามเก็บขวดสารกัดกร่อน (ทั้งกรดและเบส) ทุกชนิดเหนือกว่าระดับสายตา

- ขวดกรดต้องเก็บไว้ในตู้ไม้หรือตู้สำหรับเก็บกรดโดยเฉพาะที่ทำจากวัสดุป้องกันการกัดกร่อน เช่น พลาสติก หรือวัสดุอื่นๆ ที่เคลือบด้วยอีพ็อกซี่ (epoxy enamel) และมีภาชนะรองรับ เช่น ถาดพลาสติก หรือมีวัสดุห่อหุ้มป้องกันการรั่วไหล

- การเก็บขวดกรดขนาดเล็ก (ปริมาณไม่เกิน 1 ลิตร หรือ 1.5 กิโลกรัม) บนชั้นวาง ต้องมีภาชนะรองรับ เช่น ถาดพลาสติก หรือมีวัสดุห่อหุ้มป้องกันการรั่วไหล

3) การจัดเก็บแก๊ส

- การเก็บถังแก๊สในห้องปฏิบัติการต้องมีอุปกรณ์ยึดที่แข็งแรง ถังแก๊สทุกถังต้องมีสายคาดหรือโซ่ยึดกับผนัง โต๊ะปฏิบัติการ หรือที่รองรับอื่นๆ ที่สามารถป้องกันอันตรายให้กับผู้ปฏิบัติงานในบริเวณใกล้เคียงจากน้ำหนักของถังแก๊สที่ล้มมาทับได้ โดยทั่วไปสายยึดต้องคาดเหนือกึ่งกลางถัง ในระดับประมาณ 2/3 ของถัง

- ถังแก๊สทุกถังต้องมีที่ปิดครอบหัวถัง ถังแก๊สที่ไม่ได้สวมมาตรวัดต้องมีฝาปิดครอบหัวถังที่มีสกรูครอบอยู่เสมอ ทั้งนี้เพื่อป้องกันอันตรายจากแก๊สภายในถังพุ่งออกมาอย่างรุนแรงหากวาล์วควบคุมที่คอถังเกิดความเสียหาย

- ห้ามเก็บถังแก๊สเปล่ารวมอยู่กับถังแก๊สที่มีแก๊ส และต้องติดป้ายระบุไว้อย่างชัดเจนว่าเป็นถังแก๊สเปล่า หรือถังแก๊สที่มีแก๊ส

- เก็บถังแก๊สในที่แห้ง อากาศถ่ายเทได้ดี ห่างจากความร้อน ประกายไฟ แหล่งกำเนิดไฟ วงจรไฟฟ้า

- ถังแก๊สที่บรรจุสารอันตรายหรือสารพิษ ต้องเก็บในตู้เก็บถังแก๊สโดยเฉพาะที่มีระบบระบายอากาศ หรือหากเป็นถังแก๊สขนาดเล็ก (lecture cylinders หรือ 4–L tanks) ต้องเก็บไว้ในตู้ควันและห้ามเก็บเกิน 2 ถัง

- เก็บถังแก๊สออกซิเจนห่างจากถังแก๊สเชื้อเพลิง (เช่น acetylene) แก๊สไวไฟ และวัสดุไหม้ไฟได้ (combustible materials) อย่างน้อย 6 เมตร (20 ฟุต) หรือบังด้วยฉาก/ผนังกั้นที่ทำด้วยวัสดุไม่ติดไฟ ที่มีความสูงอย่างน้อย 1.5 เมตร (5 ฟุต) และสามารถหน่วงไฟได้อย่างน้อยครึ่งชั่วโมง

4) การจัดเก็บสารออกซิไดซ์

สารออกซิไดซ์สามารถทำให้เกิดเพลิงไหม้และการระเบิดได้เมื่อสัมผัสกับสารไวไฟและสารที่ไหม้ไฟได้ เมื่อสารที่ไหม้ไฟได้สัมผัสกับสารออกซิไดซ์จะทำให้อัตราในการลุกไหม้เพิ่มขึ้น ทำให้สารไหม้ไฟได้เกิดการลุกติดไฟขึ้นทันที หรืออาจเกิดการระเบิดเมื่อได้รับความร้อน การสั่นสะเทือนหรือแรงเสียดทาน ข้อกำหนดในการจัดเก็บ

- เก็บสารออกซิไดซ์ห่างจากสารไวไฟ สารอินทรีย์ และสารที่ไหม้ไฟได้
- เก็บสารที่มีสมบัติออกซิไดซ์สูง (เช่น กรดโครมิก) ไว้ในภาชนะแก้วหรือภาชนะที่มีสมบัติเฉื่อย
- ห้ามใช้ขวดที่ปิดด้วยจุกคอร์กหรือจุกยางเก็บสารออกซิไดซ์

5) การจัดเก็บสารที่ไวต่อปฏิกิริยา

สารที่ไวต่อปฏิกิริยาสามารถแบ่งเป็นกลุ่มได้ ดังนี้

- สารที่ไวต่อปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (polymerization reactions) เช่น styrene สารในกลุ่มนี้เมื่อเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันจะทำให้เกิดความร้อนสูงหรือไม่สามารถควบคุมการปลดปล่อยความร้อนออกมาได้
- สารที่ไวต่อปฏิกิริยาเมื่อสัมผัสน้ำ (water reactive materials) เช่น alkali metals (lithium, sodium, potassium) silanes, magnesium, zinc, aluminum รวมทั้งสารประกอบอินทรีย์โลหะ เช่น alkylaluminiums, alkylithiums เป็นต้น สารกลุ่มนี้เมื่อสัมผัสกับน้ำจะปลดปล่อยความร้อนออกมาทำให้เกิดการลุกติดไฟขึ้นในกรณีที่ตัวสารเป็นสารไวไฟหรือทำให้สารไวไฟที่อยู่ใกล้เคียงลุกติดไฟ นอกจากนี้อาจจะทำให้เกิดการปลดปล่อยสารไวไฟ สารพิษ ไอของออกไซด์ของโลหะ กรด แก๊สที่ทำให้เกิดการออกซิไดซ์ได้ดี
- สาร pyrophoric ส่วนใหญ่เป็น *tert*–butyllithium, diethylzinc, triethylaluminum, สารประกอบอินทรีย์โลหะ (organometallics) สารกลุ่มนี้เมื่อสัมผัสกับอากาศจะทำให้เกิดการลุกติดไฟ
- สารที่ก่อให้เกิดเปอร์ออกไซด์ (Peroxide–forming materials) หมายถึง สารที่เมื่อทำปฏิกิริยากับอากาศ ความชื้น หรือสิ่งปนเปื้อนต่างๆ แล้วทำให้เกิดสารเปอร์ออกไซด์ เช่น ether, dioxane, sodium amide, tetrahydrofuran (THF) เป็นต้น สารเปอร์ออกไซด์เป็นสารที่ไม่เสถียรสามารถทำให้เกิดการระเบิดได้เมื่อมีการสั่นสะเทือน แรงเสียดทาน การกระแทก ความร้อน ประกายไฟ หรือ แสง
- สารที่ไวต่อปฏิกิริยาเมื่อเกิดการเสียดสีหรือกระทบกระแทก (shock–sensitive materials) เช่น สารที่มีหมู่ไนโตร (nitro), เกลือ azides, perchlorates เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีส่วนประกอบของสารอินทรีย์อยู่ด้วย เมื่อสารกลุ่มนี้ถูกเสียดสีหรือกระทบกระแทกจะทำให้เกิดการระเบิดได้

<u>ข้อกำหนดในการจัดเก็บ</u>

- มีการกำหนดพื้นที่ในห้องปฏิบัติการไว้เป็นสัดส่วนต่างหาก เพื่อแยกเก็บสารที่ไวต่อปฏิกิริยาต่างๆ (พอลิเมอไรเซชัน สารที่ไวต่อปฏิกิริยาเมื่อสัมผัสน้ำ สาร pyrophoric หรือ สารที่ก่อให้เกิดเปอร์ออกไซด์ และสารที่ไวต่อปฏิกิริยาเมื่อเกิดการเสียดสีหรือกระทบกระแทก) โดยหลีกเลี่ยงสภาวะที่ทำให้สารเกิดปฏิกิริยา เช่น น้ำ แสง ความร้อน วงจรไฟฟ้า ฯลฯ ตัวอย่างเช่น สารที่ไวต่อปฏิกิริยาเมื่อสัมผัสน้ำต้องเก็บให้ห่างจากอ่างน้ำ ฝักบัวฉุกเฉิน เป็นต้น
- ตู้เก็บสารไวต่อปฏิกิริยาต่างๆ ต้องมีการติดคำเตือนชัดเจน เช่น “สารไวต่อปฏิกิริยา–ห้ามใช้น้ำ” เป็นต้น
- เก็บสารที่ก่อให้เกิดเปอร์ออกไซด์ห่างจากความร้อน แสง และแหล่งกำเนิดประกายไฟ
- ภาชนะบรรจุสารที่ก่อให้เกิดเปอร์ออกไซด์ต้องมีฝาหรือจุกปิดที่แน่นหนา เพื่อหลีกเลี่ยงการสัมผัสอากาศ
- ห้ามเก็บสารที่ก่อให้เกิดเปอร์ออกไซด์ในภาชนะที่มีฝาเกลียวหรือฝาแก้ว เนื่องจากแรงเสียดทานขณะเปิดอาจทำให้เกิดการระเบิดได้ อาจใช้เป็นขวดพลาสติกที่เป็นฝาเกลียวแทน

2.3.7 การแยกเก็บสารเคมี (segregation)

การเก็บสารเคมี ควรมีการจัดแยกเก็บตามชนิด หรือประเภทของสารเคมี รวมทั้งประเภทของอันตราย อันตรายของสารเคมีแต่ละชนิดอาจดูได้จากเอกสาร MSDS อย่างไรก็ตามสารเคมีชนิดหนึ่งอาจถูกจัดเรื่องของความอันตรายอยู่ในหลายหมวดหมู่ได้ ซึ่งในกรณีนี้ควรจัดให้สารเคมีนั้นอยู่ในกลุ่มที่เป็นอันตรายสูงสุด ข้อพึงระวังในการจัดเก็บสารเคมี

1. ควรมีการกำหนดปริมาณสูงสุดที่จะเก็บสารเคมีประเภทของเหลวที่ไวไฟหรือติดไฟ (flammable/combustible liquid) ในห้องปฏิบัติการ ไม่ควรเก็บของเหลวไวไฟในภาชนะที่ทำด้วยแก้ว

เนื่องจากมีโอกาสที่เกิดการตกแตก และเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย รวมทั้งควรแยกการเก็บสารเคมีประเภทนี้ออกจากสารออกซิไดซ์ เช่น ไม่ควรเก็บกรดอินทรีย์ (organic acid) ที่มักมีคุณสมบัติติดไฟได้ (combustible) ไว้รวมกับกรดอนินทรีย์ (inorganic acid) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารออกซิไดซ์ กรณีของเหลวที่มีความไวไฟสูงอาจต้องเก็บในตู้เย็น ทั้งนี้ก่อนนำเข้าเก็บ ควรปิดฝาภาชนะให้แน่น เพื่อป้องกันไอระเหยของสารเคมีเหล่านี้

2. การจัดเก็บสารออกซิไดซ์ ไม่ควรเก็บสารออกซิไดซ์รวมกับสารเคมีประเภทของเหลวไวไฟ โดยทั่วไปสารออกซิไดซ์ที่เป็นแก๊ส จะมีความไวต่อปฏิกิริยาเคมี รวมทั้งสามารถทำปฏิกิริยากับโลหะต่างๆ การทำความสะอาดสารเคมีประเภทนี้ ไม่ควรทิ้งลงในถังขยะเนื่องจากอาจเกิดการลุกไหม้ได้

3. สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ (health hazard) สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ (health hazard) ได้แก่สารพิษต่างๆ รวมถึงสารก่อมะเร็ง (carcinogen) และสารที่ก่อให้เกิดความผิดปกติของพันธุกรรม (mutagen) ควรมีการแยกเก็บสารเคมีประเภทนี้ไว้เฉพาะส่วน รวมทั้งควรมีการกำหนดบุคคลที่สามารถใช้งานสารประเภทนี้เฉพาะผู้ที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น

4. สารเคมีที่ไม่ควรจัดเก็บร่วมกัน (incompatible chemicals) สารเคมีหลายตัวเมื่อทำปฏิกิริยากันจะเกิดผลลัพธ์ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและทรัพย์สิน ดังนั้นควรระมัดระวัง ในการจัดเก็บสารเคมีเหล่านี้ให้แยกจากกัน เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุที่จะทำให้สารเคมีเหล่านี้ทำปฏิกิริยากัน รวมทั้งระมัดระวังในการนำขวดบรรจุสารเคมีเก่ามาใช้บรรจุสารเคมีตัวอื่นๆ

ตารางที่ 1 ตัวอย่างสารเคมีที่ไม่ควรจัดเก็บร่วมกัน

สารเคมี	**ไม่ควรจัดเก็บร่วมกับ**	**สาเหตุ**
กรด	cyanide salts, cyanide solution	highly toxic cyanide gas
กรด	sulfide salts, sulfide solution	highly toxic hydrogen sulfide gas
กรด	ผงฟอกสี (bleach)	highly toxic chlorine gas
oxidizing acid (nitric acid)	alcohol, solvent	อาจเกิดไฟไหม้
alkali metals (sodium, potassium)	น้ำ	เกิดแก๊สไฮโดรเจนที่ติดไฟได้
oxidizing agents (nitric acid)	reducing agents	อาจเกิดไฟไหม้ หรือระเบิด
hydrogen peroxide (H_2O_2)	acetone	หากมีกรดและได้รับความร้อน อาจเกิดการระเบิด
hydrogen peroxide (H_2O_2)	CH_3COOH	หากได้รับความร้อน อาจเกิดการระเบิด
hydrogen peroxide (H_2O_2)	H_2SO_4	อาจเกิดการระเบิด

อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาการแยกเก็บสารเคมี ตามประเภทของสารเคมีอันตราย (ตารางที่ 2) สามารถแยกเก็บสารเคมีได้ดังนี้

ตารางที่ 2 การแยกเก็บสารเคมีตามประเภทของสารเคมีอันตราย

Class	2.1	2.2	3.1	3.2 3.3 3.4	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1	8	9
2.1	NA	NA	FS	FS	FS	PR	FS	PR	PR	FS	FS	SG
2.2	NA	NA	SG	SG	SG	FS	SG	SG	FS	SG	SG	SG
3.1	FS	SG	NA	NA	FS	FS	FS	PR	PR	FS	SG	SG
3.2												
3.3	FS	SG	NA	NA	SG	FS	FS	PR	PR	FS	SG	SG
3.4												
4.1	FS	SG	FS	SG	NA	FS	FS	PR	PR	FS	SG	SG
4.2	PR	FS	FS	FS	FS	NA	FS	PR	PR	FS	SG	SG
4.3	FS	SG	FS	FS	FS	FS	NA	PR	PR	FS	FS	SG
5.1	PR	SG	PR	PR	PR	PR	PR	NA	FS	FS	FS	FS
5.2	PR	FS	PR	PR	PR	PR	PR	FS	NA	PR	FS	FS
6.1	FS	SG	FS	FS	FS	FS	FS	FS	PR	NA	SG	SG
8	FS	SG	SG	SG	SG	SG	FS	FS	FS	SG	NA	SG
9	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	FS	FS	SG	SG	NA

หมายเหตุ NA หมายถึง สามารถจัดเก็บบริเวณเดียวกันได้
SG หมายถึง ต้องแยกจากกันอย่างน้อย 3 เมตร
FS หมายถึง ต้องจัดเก็บให้ห่างจากเปลวไฟ
PR หมายถึง ห้ามอยู่ใกล้เคียงกัน ต้องแยกจากกันอย่างน้อย 10 เมตร

2.4 สารเคมีอันตราย

สารเคมีอันตราย หมายถึง สารเคมีที่มีหลักฐานที่เชื่อถือได้ว่าก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ทั้งผลกระทบอย่างฉับพลันหรือเรื้อรัง มักรวมถึงสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง (carcinogen) สารพิษ สารพิษที่ก่อให้เกิดผลต่อระบบสืบพันธุ์ (reproductive toxins) สารที่ก่อให้เกิดการระคายเคือง (irritants) สารที่ส่งผลต่อระบบเลือด ระบบประสาท เป็นต้น ทั้งนี้ตามประกาศกระทรวงมหาดไทยว่าด้วยเรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย ได้ ให้ความหมายของ สารเคมีอันตราย ว่าหมายถึง สาร สารประกอบ สารผสม ซึ่งอยู่ในรูปของของแข็ง ของเหลวและแก๊ส ที่มีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างดังต่อไปนี้

1. มีพิษ กัดกร่อน ระคายเคือง ทำให้เกิดอาการแพ้ ก่อมะเร็งหรือทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ อนามัย
2. ทำให้เกิดการระเบิด เป็นตัวทำปฏิกิริยาที่รุนแรง เป็นตัวเพิ่มออกซิเจนหรือไวไฟ
3. มีกัมมันตภาพรังสี

2.4.1 ประเภทของสารเคมีอันตราย

ในประเทศไทยการแบ่งประเภทของสารเคมีอันตราย ได้ยึดระบบสหประชาชาติ ที่ใช้อยู่แล้วกับประเทศต่างๆ ทั่วโลก (international classification system) ซึ่งแบ่งสารเคมีอันตรายออกเป็น 9 ประเภท

ตารางที่ 3 การจัดหมวดหมู่ของสารเคมีอันตราย

ประเภท	คำจำกัดความ	ตัวอย่าง
1. สารที่ก่อให้เกิดการระเบิดได้ (explosives)		
1.1	สาร หรือสิ่งที่ก่อให้เกิดอันตราย จากการระเบิดอย่างรุนแรง	วัตถุระเบิด, ยุทธภัณฑ์
1.2	สาร หรือสิ่งที่ก่อให้เกิดอันตราย โดยการกระจายของสะเก็ด เมื่อเกิดการระเบิด แต่ไม่ก่อให้เกิดอันตราย จากการระเบิดอย่างรุนแรง	พลุ, ดอกไม้ไฟบางชนิด
1.3	สาร หรือสิ่งซึ่งก่อให้เกิดอันตราย จากเพลิงไหม้ ตามด้วยการระเบิด หรืออันตราย จากการกระจายของสะเก็ดบ้าง หรือเกิดอันตรายทั้งสองอย่าง แต่ไม่ก่อให้เกิดอันตราย จากการระเบิดอย่างรุนแรง	พลุ, ดอกไม้ไฟบางชนิด
1.4	สาร หรือสิ่งซึ่งไม่ก่อให้เกิดอันตรายมากนัก ผลของการระเบิดจำกัดอยู่ในเฉพาะหีบห่อ ไม่มีการกระจายของสะเก็ด	ประทัด, ยุทธภัณฑ์ที่ใช้ในการฝึกซ้อม
1.5	สารที่ไม่ไวต่อการระเบิด แต่ถ้าเกิดการระเบิด จะก่อให้เกิดอันตรายอย่างรุนแรง เช่นเดียวกับสารในข้อ 1.1	Explosive slurries, emulsion, water gel (type E explosives)
1.6	สารที่ไม่ว่องไว หรือเฉื่อยชามาก ต่อการระเบิด ซึ่งไม่ก่อให้เกิดอันตรายรุนแรง จากการระเบิด	
2. แก๊ส : ในรูปของเหลวอัดความดันหรืออยู่ในรูปของสารละลายภายใต้ความดัน		
2.1	แก๊สไวไฟ	แก๊สหุงต้ม
2.2	แก๊สไม่ไวไฟ ไม่เป็นพิษ และไม่กัดกร่อน	แก๊สไนโตรเจน
2.3	แก๊สพิษ (Poisonous gas)	คลอไรด์, ไซยาไนด์
2.4	แก๊สกัดกร่อน	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์
3. ของเหลวไวไฟ		
3.1	ของเหลวที่มีจุดวาบไฟน้อยกว่า -18°C	Gasoline
3.2	ของเหลวที่มีจุดวาบไฟน้อยกว่า -18 ถึง 23°C	อะซีโตน
3.3	ของเหลวที่มีจุดวาบไฟน้อยกว่า 23 ถึง 61°C	เมทานอล
4. ของแข็งไวไฟ ซึ่งสามารถลุกไหม้ได้เอง และสารที่เมื่อสัมผัสกับน้ำแล้วจะปล่อยแก๊สไวไฟออกมา		
4.1	ของแข็งซึ่งขนส่งในสภาวะปกติ เกิดติดไฟ และลุกไหม้อย่างรุนแรง ซึ่งมีสาเหตุจากการเสียดสี หรือจากความร้อนที่ยังหลงเหลืออยู่ จากกระบวนการผลิต หรือปฏิกิริยาของสารเอง	ฟอสฟอรัส หรือไม้ขีดไฟ
4.2	สารที่ลุกติดไฟได้เอง ภายใต้การขนส่งในสภาวะปกติ หรือเมื่อสัมผัสกับอากาศแล้ว เกิดความร้อน จนถึงลุกติดไฟ	ฟอสฟอรัสขาว

ประเภท	คำจำกัดความ	ตัวอย่าง
4.3	สารที่เมื่อสัมผัสกับน้ำแล้ว จะปล่อยแก๊สไวไฟออกมา หรือเกิดการลุกไหม้ได้เอง เมื่อสัมผัสกับน้ำ หรือไอน้ำ	แคลเซียมคาร์ไบด์
5. สารออกซิไดซ์ และสารเปอร์ออกไซด์อินทรีย์		
5.1	สารซึ่งทำให้ หรือช่วยให้สารอื่นติดไฟได้ โดยการให้ออกซิเจน หรือสารออกซิไดซ์อื่น ซึ่งตัวมันจะติดไฟหรือไม่ก็ตาม	ไนเตรท, ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
5.2	สารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้าง "-O-O-" ซึ่งเป็นสารออกซิไดซ์ที่รุนแรง และสามารถระเบิดสลายตัว หรือไวต่อความร้อน การกระทบกระเทือน หรือการเสียดสี	เมธิล เอธิล คีโตนเปอร์ออกไซด์
6. สารพิษ และสารที่ก่อให้เกิดการติดเชื้อ		
6.1 (a)	สารพิษ	ไซยาไนด์ อาเซนิก
6.1 (b)	สารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ	สารประกอบของแคดเมียม
6.2	สารที่ก่อให้เกิดการติดเชื้อ	วัคซีน, จุลินทรีย์
7. สารกัมมันตรังสี		ยูเรเนียม, ไอโซโทปของรังสี
8. สารที่ทำให้เกิดการกัดกร่อน		กรดซัลฟูริก กรดเกลือ
9. สาร หรือวัตถุอื่น ที่อาจเป็นอันตรายได้		
9.1	สารที่เป็นอันตราย ซึ่งยังไม่จำกัดอยู่ในประเภทใด ใน 8 ประเภทข้างต้น แต่สามารถก่อให้เกิดอันตรายได้	น้ำแข็งแห้ง (dry ice)
9.2	สารที่ก่อให้เกิดอันตราย ต่อสภาวะแวดล้อม	
9.3	ของเสียอันตราย	

ตารางที่ 4 การแยกประเภทและสัญลักษณ์ความเป็นอันตรายด้านกายภาพของสารเคมี

ประเภทความเป็นอันตราย	คำอธิบายโดยสังเขป	สัญลักษณ์*
1. วัตถุระเบิด (explosives)	- สารในรูปของแข็งหรือของเหลวที่เมื่อทำปฏิกิริยาทางเคมีแล้วเกิดแก๊สที่มีอุณหภูมิและความดันสูงจนสามารถทำความเสียหายให้กับสิ่งโดยรอบ - สารดอกไม้เพลิง (pyrotechnic substance)	
2. แก๊สไวไฟ (flammable gases)	แก๊สที่มีช่วงความไวไฟกับอากาศที่อุณหภูมิ 20°C ที่ความดันบรรยากาศ 101.3 kPa	
3. สารละอองลอยไวไฟ (flammable aerosols)	สารละอองลอยที่มีคุณสมบัติไวไฟ หรือมีส่วนประกอบของสารไวไฟ	
4. แก๊สออกซิไดซ์ (oxidizing gases)	แก๊สที่ให้ออกซิเจนได้ ซึ่งเป็นสาเหตุหรือมีส่วนทำให้วัสดุอื่นเกิดการเผาไหม้มากกว่าปกติ	

ประเภทความเป็นอันตราย	คำอธิบายโดยสังเขป	สัญลักษณ์*
5. แก๊สภายใต้ความดัน (gases under pressure)	แก๊สที่มีความดันไม่ต่ำกว่า 200 kPa ที่บรรจุอยู่ในภาชนะบรรจุ ซึ่งหมายรวมถึง แก๊สอัด (compressed gas) แก๊สเหลว (liquefied gas) แก๊สในสารละลาย (dissolved gas) และแก๊สเหลวอุณหภูมิต่ำ (refrigerated liquefied gas)	
6. ของเหลวไวไฟ (flammable liquids)	ของเหลวที่มีจุดวาบไฟไม่เกิน 93°C	
7. ของแข็งไวไฟ (flammable solids)	ของแข็งที่ลุกติดไฟได้ง่าย หรืออาจเป็นสาเหตุหรือช่วยให้เกิดไฟด้วยแรงเสียดทาน	
8. สารเคมีที่ทำปฏิกิริยาได้เอง (self-reactive substances and mixtures)	สารที่ไม่เสถียรทางความร้อนซึ่งมีแนวโน้มที่จะเกิดการสลายตัวระดับโมเลกุลทำให้เกิดความร้อนขึ้นอย่างรุนแรง แม้ไม่มีออกซิเจน (อากาศ) เป็นส่วนร่วม (ไม่รวมถึงสารที่เป็น วัตถุระเบิด สารเปอร์ออกไซด์ อินทรีย์ หรือ สารออกซิไดซ์)	
9. ของเหลวที่ลุกติดไฟได้เองในอากาศ (pyrophoric liquids)	ของเหลวที่มีแนวโน้มที่จะลุกติดไฟภายใน 5 นาที แม้มีอยู่ในปริมาณน้อย เมื่อสัมผัสกับอากาศ	
10. ของแข็งที่ลุกติดไฟได้เองในอากาศ (pyrophoric solids)	ของแข็งที่มีแนวโน้มที่จะลุกติดไฟภายใน 5 นาที แม้มีอยู่ในปริมาณน้อย เมื่อสัมผัสกับอากาศ	
11. สารเคมีที่เกิดความร้อนได้เอง (self-heating substances and mixtures)	สารที่ทำปฏิกิริยากับอากาศโดยไม่ได้รับพลังงานจากภายนอก จะทำให้เกิดความร้อนได้เอง (สารประเภทนี้จะแตกต่างจากสารที่ลุกติดไฟได้เองในอากาศ คือ จะลุกติดไฟได้ก็ต่อเมื่อมีปริมาณมาก (หลายกิโลกรัม) และสะสมอยู่ด้วยกันเป็นระยะเวลานาน (หลายชั่วโมงหรือหลายวัน)	
12. สารเคมีที่สัมผัสน้ำแล้วให้แก๊สไวไฟ (substances and mixtures, which in contact with water, emit flammable gases)	สารที่เป็นของแข็งหรือของเหลวที่ทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วสามารถลุกไหม้ได้โดยตัวเองหรือปล่อยแก๊สไวไฟออกมาในปริมาณที่เป็นอันตราย	
13. ของเหลวออกซิไดซ์ (oxidizing liquids)	ของเหลวที่โดยทั่วไปจะปล่อยแก๊สออกซิเจน ซึ่งเป็นสาเหตุหรือมีส่วนทำให้วัสดุอื่นเกิดการเผาไหม้ได้มากกว่าปกติ	

ประเภทความเป็นอันตราย	คำอธิบายโดยสังเขป	สัญลักษณ์*
14. ของแข็งออกซิไดซ์ (oxidizing solids)	ของแข็งที่โดยทั่วไปจะปล่อยแก๊สออกซิเจน ซึ่งเป็นสาเหตุหรือมีส่วนทำให้วัสดุอื่นเกิดการเผาไหม้ได้มากกว่าปกติ	
15. สารเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ (organic peroxides)	สารอินทรีย์ที่เป็นของเหลวและของแข็งที่ประกอบด้วยโครงสร้างที่มีออกซิเจนสองอะตอมเกาะกัน (bivalent-O-O-structure) และอนุพันธ์ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่อะตอมไฮโดรเจนถูกแทนที่ด้วยอนุมูลอินทรีย์ (organic radicals) และอาจมีคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนี้ ■ เมื่อสลายตัวทำให้เกิดการระเบิดได้ ■ ลุกไหม้ได้อย่างรวดเร็ว ■ ไวต่อแรงกระแทกหรือการเสียดสี ■ เกิดปฏิกิริยาอันตรายกับสารอื่นๆ ได้	
16. สารที่กัดกร่อนโลหะ (corrosive to metals)	สารที่ทำความเสียหายหรือทำลายโลหะได้ด้วยผลจากการกระทำทางเคมี	

*<u>หมายเหตุ</u> * ประเภทความเป็นอันตรายบางประเภทสามารถมีสัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายได้มากกว่า 1 รูป ขึ้นกับระดับความเป็นอันตรายย่อย (category) ของประเภทความเป็นอันตรายนั้นๆ*

ตารางที่ 5 การแยกประเภทและสัญลักษณ์ความเป็นอันตรายด้านสุขภาพของสารเคมี

ประเภทความเป็นอันตราย	คำอธิบายโดยสังเขป	สัญลักษณ์*
1. ความเป็นพิษเฉียบพลัน (acute toxicity)	ทำให้เกิดผลกระทบร้ายแรงหลังจากการได้รับสารเคมีเข้าสู่ร่างกายทางปากหรือทางผิวหนังเพียงครั้งเดียวหรือหลายครั้งภายในเวลา 24 ชั่วโมง หรือทางการหายใจเป็นเวลา 4 ชั่วโมง	
2. การกัดกร่อน/ระคายเคืองผิวหนัง (skin corrosion/irritation)	แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ■ <u>กัดกร่อนผิวหนัง</u> หมายถึง การเกิดอันตรายต่อผิวหนังชนิดที่ไม่สามารถฟื้นฟูให้กลับคืนสู่สภาพเดิมได้ หรือมีการตายของเซลล์ผิวหนังชั้นนอกจนถึงชั้นใน หลังการทดสอบกับสารทดสอบเป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง ■ <u>ระคายเคืองผิวหนัง</u> หมายถึง การเกิดอันตรายต่อผิวหนังชนิดที่สามารถฟื้นฟูให้กลับคืนสู่สภาพเดิมได้ หลังการทดสอบกับสารทดสอบเป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง	
3. การทำลายดวงตาอย่างรุนแรง/การระคายเคืองต่อดวงตา (serious eye	แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ■ <u>ทำลายดวงตาอย่างรุนแรง</u> คือ ทำให้เนื้อเยื่อตาเสียหาย หรือเกิดความเสียหายทางกายภาพอย่าง	

ประเภทความเป็นอันตราย	คำอธิบายโดยสังเขป	สัญลักษณ์*
damage/eye irritation)	รุนแรงต่อการมองเห็น ที่ไม่สามารถฟื้นฟูกลับสู่สภาพเดิมได้ภายใน 21 วัน หลังการสัมผัส ■ <u>ระคายเคืองต่อดวงตา</u> คือ การเปลี่ยนแปลงของดวงตา ที่สามารถฟื้นฟูกลับสู่สภาพเดิมได้ภายใน 21 วัน หลังการสัมผัส	
4. การทำให้ไวต่อการกระตุ้นอาการแพ้ต่อระบบทางเดินหายใจหรือผิวหนัง (respiratory or skin sensitization)	■ <u>ไวต่อการกระตุ้นให้เกิดอาการแพ้ทางระบบทางเดินหายใจ</u> หมายถึง ทำให้เกิดภาวะภูมิไวเกินในระบบทางเดินหายใจหลังจากได้รับสารจากการหายใจ	
	■ <u>ไวต่อการกระตุ้นให้เกิดอาการแพ้ทางผิวหนัง</u> หมายถึง ทำให้เกิดอาการภูมิแพ้หลังจากได้รับสารทางผิวหนัง	
5. การกลายพันธุ์ของเซลล์สืบพันธุ์ (germ cell mutagenicity)	ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ของเซลล์สืบพันธุ์ของมนุษย์ซึ่งสามารถถ่ายทอดสู่ลูกหลานได้	
6. ความสามารถในการก่อมะเร็ง (carcinogenicity)	ทำให้เกิดมะเร็งหรือเพิ่มอุบัติการณ์ของการเกิดมะเร็ง หรือทำให้เกิดก้อนเนื้องอกชนิดไม่รุนแรงและรุนแรงลุกลามในสัตว์ทดลอง	
7. ความเป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์ (reproductive toxicity)	เป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์ของมนุษย์ อาจเกิดอันตรายต่อการเจริญพันธุ์หรือทารกในครรภ์ รวมถึงอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพของเด็กที่ได้รับการเลี้ยงด้วยน้ำนมมารดา	
8. ความเป็นพิษต่อระบบอวัยวะเป้าหมาย-การได้รับสัมผัสครั้งเดียว (specific target organ toxicity–single exposure)	ทำให้เกิดความผิดปกติของระบบต่างๆ ของร่างกาย ทั้งที่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้และไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ แบบเฉียบพลันและ/หรือเรื้อรัง (แต่ไม่ถึงระดับทำให้เสียชีวิต) จากการได้รับสัมผัสครั้งเดียว	
9. ความเป็นพิษต่อระบบอวัยวะเป้าหมาย-การได้รับสัมผัสซ้ำ (specific target organ toxicity - repeated exposure)	ทำให้เกิดความผิดปกติของระบบต่างๆ ในร่างกาย ทั้งที่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้และไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ แบบเฉียบพลันและ/หรือเรื้อรัง (แต่ไม่ถึงระดับทำให้เสียชีวิต) จากการได้รับสัมผัสซ้ำๆ กัน	
10. อันตรายต่อระบบทางเดินหายใจส่วนล่างหรือทำให้ปอดอักเสบจากการสำลัก (aspiration hazardous)	เมื่อได้รับสารที่เป็นของแข็ง/ของเหลวเข้าสู่ระบบหายใจโดยผ่านทางปาก จมูก หรือการสำลัก จะทำให้เกิดอาการรุนแรงที่เกิดขึ้นอย่างเฉียบพลัน เช่น ปอดบวมจากสารเคมี การบาดเจ็บที่เกิดต่อปอด โดยมีความรุนแรงหลายระดับจนถึงเสียชีวิต	

*<u>หมายเหตุ</u> * ประเภทความเป็นอันตรายบางประเภทสามารถมีสัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายได้มากกว่า 1 รูป ขึ้นกับระดับความเป็นอันตรายย่อย (category) ของประเภทความเป็นอันตรายนั้นๆ*

ตารางที่ 6 การแยกประเภทและสัญลักษณ์ความเป็นอันตรายด้านสิ่งแวดล้อมของสารเคมี

ประเภทความเป็นอันตราย	คำอธิบายโดยสังเขป	สัญลักษณ์
1. ความเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมทางน้ำ (hazardous to the aquatic environment)	หมายรวมถึงปัจจัยต่อไปนี้ ■ เป็นพิษเฉียบพลันต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ■ เป็นพิษเรื้อรังต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ■ ทำให้เกิดการสะสมสารเคมีในสิ่งมีชีวิตในน้ำ ■ ส่งผลกระทบต่อระบบการย่อยสลายสารเคมีในน้ำหรือในสิ่งมีชีวิต	
2. ความเป็นอันตรายต่อชั้นโอโซน (hazardous to the ozone layer)	■ สามารถทำลายชั้นโอโซนในชั้นบรรยากาศได้ ■ เป็นสารที่มีอยู่ในรายการสารเคมีที่พิจารณาว่าเป็นอันตรายต่อชั้นโอโซน	

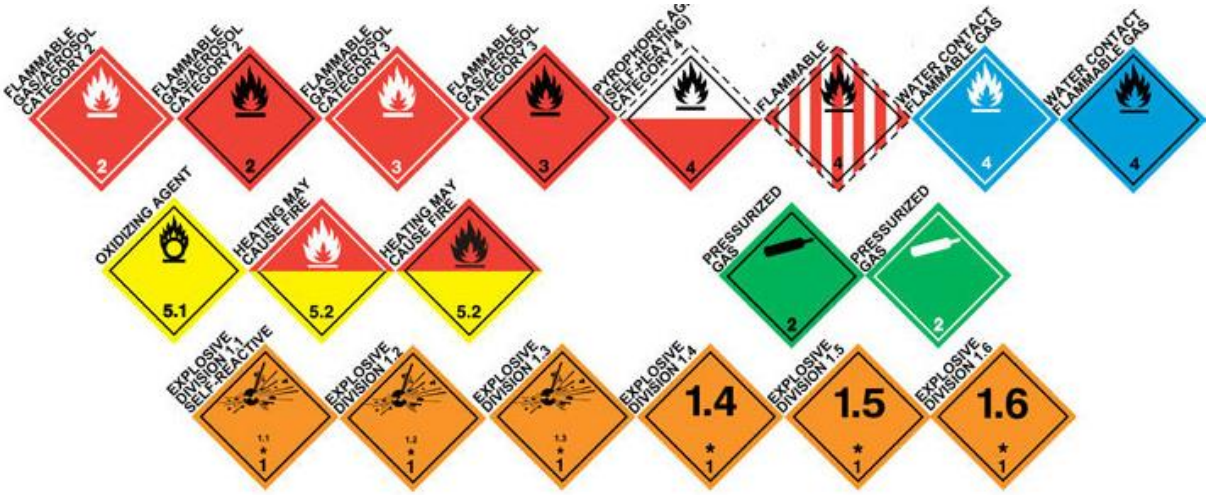
2.4.2 สัญลักษณ์แสดงอันตราย

สัญลักษณ์แสดงอันตราย (hazard pictogram) ของสารเคมีเป็นเครื่องหมายสากลที่เข้าใจง่าย อาจใช้สีพื้น หรือข้อความที่แตกต่างกันได้บ้าง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงอันตรายของสารเคมี หรือแจ้งให้ทราบว่าเป็นพื้นที่อันตราย

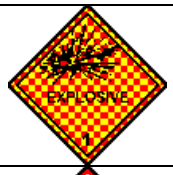
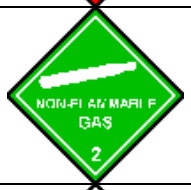
1. ระบบแสดงอันตรายของ อีอีซี (European Economic council, EEC) ของยุโรป เป็นสัญลักษณ์แสดงอันตรายสำหรับติดบนภาชนะที่ใช้เป็นสากลตามข้อกำหนดของ EEC ที่ 67/548/EEC โดยใช้สัญลักษณ์ภาพในรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสพื้นสีส้ม ภาพสีดำ ดังรูปที่ 4

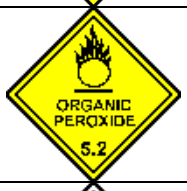
รูปที่ 4 สัญลักษณ์แสดงอันตรายตามระบบ EEC

2. ฉลากเตือนอันตรายขององค์การสหประชาชาติ (UN) หรือองค์การทางทะเลระหว่างประเทศ (international maritime organization, IMO) สำหรับการขนส่ง (การติดภายนอกหีบห่อบรรจุ) โดยใช้สัญลักษณ์ภาพ สี และตัวเลข ตามประเภทของสารเคมี 9 ประเภท ลักษณะของฉลากเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสทำมุม 45 องศา



รูปที่ 5 เครื่องหมายแสดงอันตรายระบบ UN

	**วัตถุระเบิด** : ระเบิดได้เมื่อถูกกระแทกเสียดสี หรือความร้อน เช่น ทีเอ็นที ดินปืน พลุไฟ ดอกไม้ไฟ
	แก๊สไวไฟ : ติดไฟง่ายเมื่อถูกประกายไฟ เช่น แก๊สหุงต้ม แก๊สไฮโดรเจน แก๊สมีเทน แก๊สอะเซทีลีน
	**แก๊สไม่ไวไฟ, ไม่เป็นพิษ :** อาจเกิดระเบิดได้ เมื่อถูกกระแทกอย่างแรก หรือได้รับความร้อนสูงจากภายนอก เช่น แก๊สออกซิเจน แก๊สไนโตรเจนเหลว แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
	แก๊สพิษ : อาจตายไปเมื่อสูดดม เช่น แก๊สคลอรีน แก๊สแอมโมเนีย แก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์
	ของเหลวไวไฟ : ติดไฟง่ายเมื่อถูกประกายไฟ เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง ทินเนอร์ อะซิโตน ไซลิน
	ของแข็งไวไฟ : ลุกติดไฟง่าย เมื่อถูกเสียดสี หรือความร้อนสูงภายใน 45 นาที เช่น ผงกำมะถัน ฟอสฟอรัสแดง ไม้ขีดไฟ
	วัตถุที่ถูกน้ำแล้วให้แก๊สไวไฟ : เช่น แคลเซียมคาร์ไบด์ โซเดียม

	วัตถุที่เกิดการลุกไหม้ได้เอง : ลุกติดไฟได้เมื่อสัมผัสกับอากาศภายใน 5 นาที เช่น ฟอสฟอรัสขาว ฟอสฟอรัสเหลือง โซเดียมซัลไฟต์
	วัตถุออกซิไดซ์ : ไม่ติดไฟแต่ช่วยให้สารอื่นเกิดการลุกไหม้ได้ดีขึ้น เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โปแตสเซียมคลอเรต แอมโมเนียมไนเตรท
	**ออร์แกนิคเปอร์ออกไซด์ :** อาจเกิดระเบิดได้เมื่อถูกความร้อนไวต่อการกระทบ และเสียดสีทำปฏิกริยารุนแรงกับสารอื่นๆ เช่น อะซิโตนเปอร์ออกไซด์
	วัตถุติดเชื้อ : ;วัตถุที่มีเชื้อโรคปนเปื้อนและทำให้เกิดโรคได้ เช่น ของเสียอันตรายจากโรงพยาบาล เข็มฉีดยาที่ใช้แล้ว เชื้อโรคต่าง ๆ
	วัตถุมีพิษ : อาจทำให้เสียชีวิตหรือบาดเจ็บอย่างรุนแรงจากการกิน การสูดดม หรือจากการสัมผัสทางผิวหนัง เช่น อาร์ซีนิค ไซยาไนด์ ปรอท สารฆ่าแมลง สารปราบศัตรูพืช โลหะหนักเป็นพิษ
	วัตถุก่อให้เกิดการระคายเคือง : อาจก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ทำลายเยื่อบุผิวหนังและเยื่อบุตา เช่น กรดแก่, ด่างแก่

3. ระบบมาตรฐาน NFPA (national fire protection association) เป็นระบบของประเทศสหรัฐอเมริกา นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ โรงพยาบาลและบริเวณที่เก็บสารเคมี ซึ่งใช้สัญลักษณ์สีและตัวเลข ภายในรูปสี่เหลี่ยมข้าวหลามตัด แบ่งเป็นสี่ส่วน มีสี่สี เพื่อบ่งบอกความรุนแรงเกี่ยวกับสุขภาพ ความไวไฟ ความไวในปฏิกิริยาและข้อมูลพิเศษ รายละเอียดดังนี้

รูปที่ 6 ฉลากสัญลักษณ์ระบบ NFPA

เครื่องหมายเตือนอันตรายระบบนี้ เครื่องหมายเป็นรูปเหลี่ยมแบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆกัน วางตั้งตามแนวเส้นทแยงมุม โดยการกำหนดเป็นระดับตัวเลข 0-4 อยู่บน สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน 4 ชิ้น เรียงกันหรือ diamond shape สำหรับข้อมูลพื้นฐานในการดับเพลิง การอพยพ ออกจากพื้นที่อันตรายแยกเป็น 4 สี คือ

พื้นสีแดง แสดงอันตรายจากไฟ (flammability)
พื้นสีน้ำเงิน แสดงอันตรายต่อร่างกาย (health)
พื้นสีเหลือง แสดงความว่องไวต่อปฏิกิริยาของสาร (reactivity)
พื้นสีขาว แสดงเครื่องหมายเตือนอันตราย (ถ้ามี)

ระดับอันตรายแต่ละช่อง (ยกเว้นช่องสีขาว) แสดงด้วยตัวเลขสีดำ จาก 0 จนถึง 4 หมายเลข 0 แสดงว่าไม่มีอันตราย หมายเลข 4 แสดงว่ามีอันตรายมากที่สุด

ช่องสีขาว (special hazard) โดยมีรายละเอียด คือ

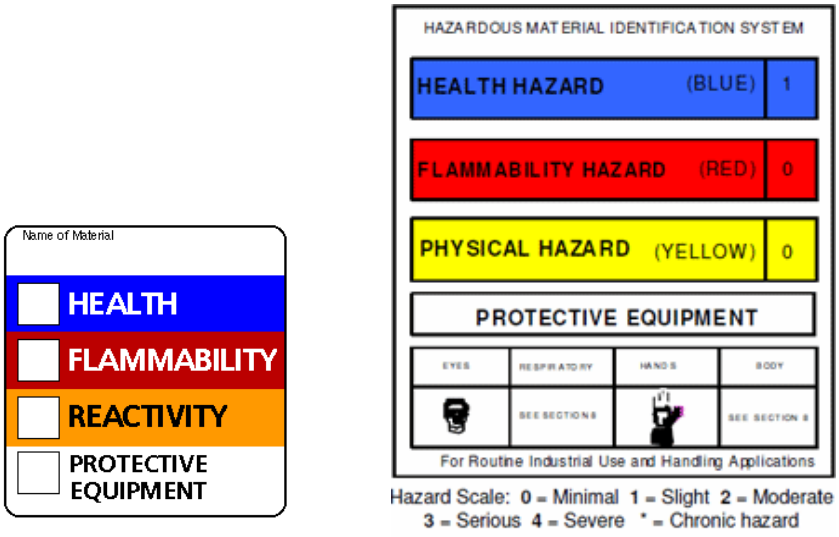
W หมายถึง สารเคมีที่ทำปฏิกิริยากับน้ำ (water reactive)
Ox หมายถึง สารออกซิไดซ์ (oxidizer agent)
Cor หมายถึง สารเคมีที่มีฤทธิ์กัดกร่อน (corrosive)

ตารางที่ 7 รายละเอียดความรุนแรงของสารเคมีโดยแบ่งตามสีและระดับตัวเลขตามมาตรฐาน NFPA

สี	**ประเภทอันตราย**	**0=น้อยมาก**	**1=น้อย**	**2=ปานกลาง**	**3=มาก**	**4=ร้ายแรง**
แดง	ติดไฟ (flammability)	ไม่ติดไฟที่อุณหภูมิห้อง	ติดไฟที่ Fp>93°C	ติดไฟที่ Fp>38°C แต่ <93°C	ติดไฟที่ Fp<23°C Bp>=38°C	ติดไฟที่ Fp<22°C Bp<38°C
น้ำเงิน	อันตรายต่อสุขภาพ (health hazard)	ไม่อันตราย (oral LD_{50} >2000 มก./กก.)	น้อย (oral LD_{50} >500-2000 มก./กก.)	ปานกลาง (oral LD_{50} >50-500 มก./กก.)	มาก (oral LD_{50} >5-50 มก./กก.)	ถึงชีวิต (oral LD_{50}<=5 มก./กก.)
เหลือง	ไวต่อปฏิกิริยาเคมี (reactivity hazard)	ไม่เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง	เกิดปฏิกิริยาหากมีการเพิ่มอุณหภูมิ	เกิดปฏิกิริยารุนแรง หากมีการเพิ่มอุณหภูมิ หรือความดัน	สามารถเกิดการระเบิดได้หากมีการเพิ่มอุณหภูมิ หรือความดัน	สามารถเกิดการระเบิดได้ที่อุณหภูมิห้อง
ขาว	ลักษณะพิเศษ (special hazard)	-	-	-	-	-

หมายเหตุ Fp = จุดวาบไฟ (Flash point) ; Bp= จุดเดือด (Boiling point)

4. ระบบ HMIG (hazardous material identification guide) เป็นป้ายแสดงอันตรายของสารเคมี ซึ่งพัฒนาขึ้นมาโดยบริษัทเอกชน Lab safety Supply, Inc. และระบบ HMIS (hazardous material information system) ซึ่งพัฒนาโดย NPCA (national paint and coating association) ทั้งระบบ HMIG และ HMIS มีการใช้สี 4 สี โดยที่สามสีแรก ได้แก่ น้ำเงิน แดง และเหลือง เป็นการระบุถึงอันตรายของสารเคมี ที่เกิดต่อสุขภาพ การติดไฟและปฏิกิริยาของสารเคมี ตามลำดับ โดยมีระดับคะแนนตั้งแต่ 0-4 (0 คือสารเคมีนั้นไม่ก่อให้เกิดอันตราย ขณะที่หมายเลข 4 แสดงความอันตรายสูงสุด) ขณะที่สีสุดท้ายคือ สีขาว จะแสดงถึงเครื่องป้องกันส่วนบุคคล ข้อแตกต่างของ HMIG และ HMIS ได้แก่ในระบบในช่องสีน้ำเงิน ได้มีการเพิ่มช่องขึ้น หากในช่องที่เพิ่มขึ้นนี้มีเครื่องหมายดอกจัน แสดงว่าสารเคมีนั้นส่งมีผลในระยะยาว



รูปที่ 7 ป้ายกำกับของสารเคมีตามมาตรฐาน HMIG

2.4.3 การจัดการสารเคมีเฉพาะ

1. การจัดการสารเคมีที่เป็นสารพิษ

การพิจารณาระดับความเป็นพิษของสารเคมีอาจพิจารณาจากค่า TLV (threshold limit values) หรือ PEL (permissible exposure limits) ซึ่งกำหนดระดับความเข้มข้นของสารเคมีสูงสุดที่มีได้ในอากาศ โดยปกติสารเคมีถูกจัดเป็นสารพิษ เมื่อมีค่า TLV หรือ PEL ต่ำกว่า 50 ppm นอกจากนี้ยังสามารถพิจารณาความเป็นพิษของสารเคมีจากค่า LD_{50} (lethal dose) หรือ LC_{50} (lethal concentration) โดยที่ LD_{50} เป็นการระบุความเข้มข้นของสารเคมีที่ให้สัตว์ทดลองตายลง 50% โดยสัตว์ทดลองได้รับสารเคมีนั้นโดยการกิน การฉีด หรือการดูดซึม หรือการหายใจ ขณะที่ LC_{50} เป็นการระบุความเข้มข้นของสารเคมีที่ให้สัตว์ทดลองตายโดยการหายใจเท่านั้น ปกติค่าเหล่านี้จะมีระบุอยู่ในข้อมูล MSDS ของสารเคมีนั้นๆ

ตารางที่ 8 ระดับความเป็นพิษของสารเคมีพิจารณาจากค่า LD_{50}หรือ LC_{50}

ระดับความเป็นพิษ	การกิน (มก./กก.) *	ทางลมหายใจ	การดูดซึม (มก./กก.)*
รุนแรง	<=1	<10 ppm	<=5
มาก	1-50	10-100 ppm	5-50
ปานกลาง	50-500	100-1,000 ppm	50-500
น้อย	500-5,000	1,000-10,000 ppm	500-5,000

หมายเหตุ * หมายถึง น้ำหนักเป็น มก.ของสารเคมี ต่อน้ำหนัก 1 กก.ของสัตว์ทดลอง

ทั้งนี้การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารพิษ ต้องทำในตู้ดูดควันเท่านั้น รวมทั้งผู้ปฏิบัติงานต้องใช้เครื่องป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสม

2. การจัดการสารเคมีไวไฟ

สารเคมีไวไฟหมายถึงสารเคมีที่มีจุดวาบไฟ (flash point) ที่อุณหภูมิต่ำกว่ากว่า 93.3°C ถือเป็นสารเสี่ยงต่อการติดไฟ และอาจก่อให้เกิดความเสียหายจากเพลิงไหม้ได้ การจัดเก็บสารเคมีไวไฟควรเก็บในตู้เก็บ

สารเคมีสำหรับสารเคมีไวไฟเท่านั้น ควรเปิดตู้เมื่อจำเป็นเท่านั้น การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีไวไฟ ต้องทำในตู้ดูดควันเท่านั้น หลีกเลี่ยงอุปกรณ์ที่ก่อให้เกิดประกายไฟ

ตารางที่ 9 ตัวอย่างจุดวาบไฟ และจุดชวาล ของสารเคมีบางชนิด

สารเคมี	**จุดวาบไฟ °C**	**จุดชวาล °C**
n-hexane	-22.7	260
Acetone	-9.4	537
Methanol	12.2	464
Ethanol	12.7	422

หมายเหตุ จุดวาบไฟ (flash point) หมายถึง อุณหภูมิต่ำสุดที่ของเหลว หรือของแข็งติดไฟโดยอาศัยประกายไฟ
จุดชวาล (autoignition point) หมายถึงอุณหภูมิต่ำสุดที่ของเหลวหรือของแข็งติดไฟโดยไม่ต้องอาศัยประกายไฟ

3. การจัดการสารเคมีที่ไวต่อปฏิกิริยาเคมี

สารเคมีที่ไวต่อปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ สารจำพวก oxidizer, organic peroxide และสารที่ระเบิดได้ (explosive) การเคลื่อนย้ายสารเหล่านี้ต้องทำด้วยความระมัดระวัง ควรเก็บแยกจากสารประเภทอื่น นอกจากนี้หลีกเลี่ยงการผสมสารเหล่านี้ เข้ากับสารเคมีตัวอื่นโดยไม่จำเป็น การปฏิบัติงานกับสารในกลุ่มนี้ควรใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสม

4. การจัดการสารเคมีที่มีฤทธิ์กัดกร่อนและอันตรายต่อการสัมผัส

สารเคมีที่มีฤทธิ์กัดกร่อน ในที่นี้หมายถึงสารเคมีที่มีผลทำลายหรือเปลี่ยนแปลงเซลล์สิ่งมีชีวิต นอกจากนี้ยังหมายรวมถึงสารเคมีที่สามารถกัดกร่อนโลหะอีกด้วยการปฏิบัติงานกับสารในกลุ่มนี้ควรทำในตู้ดูดควัน รวมทั้งควรใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสม

5. การจัดการสารที่ก่อมะเร็ง

ข้อมูลเกี่ยวกับสารก่อมะเร็ง (carcinogen) สามารถสืบค้นได้จากหน่วยงานที่ศึกษา และทำวิจัยเกี่ยวกับมะเร็ง ที่สำคัญ ได้แก่ IARC (The International Agency for Research on Cancer) ซึ่งเป็นหน่วยงานภายใต้องค์กรอนามัยโลก (World Health Organization) ทั้งนี้ IARC ได้แบ่งสารก่อมะเร็งออกเป็นหลายหมวดหมู่ ขึ้นอยู่กับความสามารถก่อมะเร็งของสารนั้นๆ รายชื่อสารเคมีที่อาจก่อให้เกิดมะเร็ง ซึ่งสามารถตรวจค้นได้ที่ http://www.iarc.fr นอกจากนี้อาจสืบค้นสารก่อมะเร็งได้จาก http://www.cdc.gov/niosh/npotocca.html ซึ่งเป็นเว็บไซต์ของสถาบันความปลอดภัยในอาชีพและสุขภาพแห่งชาติ (NIOSH)

ตารางที่ 10 สารก่อให้เกิดมะเร็งตามมาตรฐาน NIOSH ที่พบในห้องปฏิบัติการ

ชนิด	วัตถุประสงค์ในการใช้
แคดเมียมผง	วิเคราะห์ในเตรทในน้ำ
ใยแก้ว (glass wool)*	วิเคราะห์ในเตรทในน้ำ
Chloroform	สกัด DNA ในการทำ PCR
Potassium dichromate	วิเคราะห์ organic carbon ในดิน
	วิเคราะห์ COD ในน้ำ
Formaldehyde	รักษาโรคพาราสิตปลา

*จัดอยู่ในกลุ่ม 2B ตามมาตรฐานของ IARC

การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารก่อมะเร็ง ควรทำในพื้นที่ที่กำหนดไว้ให้โดยเฉพาะ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวต้องมีขอบเขตที่แน่ชัดและมีป้ายประกาศที่ชัดเจน การปฏิบัติงานทำได้เฉพาะบุคลากรที่ได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับสารก่อมะเร็งเท่านั้น การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารก่อมะเร็ง ควรใช้สารก่อมะเร็งในปริมาณที่น้อยที่สุดเท่าที่กำหนดในคู่มือปฏิบัติงานเท่านั้น รวมทั้งควรทำความสะอาดพื้นที่ทำงานทุกครั้งภายหลังการปฏิบัติงาน

2.5 ระบบการจัดการของเสีย

ของเสียอันตรายแต่ละประเภทควรทำการเก็บในขวดแก้วแยกจากกัน แต่ถ้าของเสียที่มีส่วนประกอบเป็นน้ำ ควรเก็บไว้ในขวดพลาสติก ชนิด polyethylene ไม่ใช้ขวดโลหะในการเก็บของเสียที่เป็นกรดหรือด่าง ภาชนะที่บรรจุของเสียควรมีจุกปิดแน่น ปิดฝาให้สนิท หลีกเลี่ยงการใช้ฝาปิดที่ไม่คงทน เช่น จุกคอร์กหรือแผ่นพาราฟิล์ม ไม่ควรใส่ของเสียในภาชนะจนเต็ม เพื่อป้องกันการขยายตัวของของเสีย ภาชนะที่ใช้บรรจุของเสียควรมีฉลากระบุชนิดของของเสีย พร้อมทั้งระบุวันที่เก็บของเสีย จากนั้นนำไปเก็บในสถานที่ที่จัดไว้ เพื่อรอการกำจัดต่อไป

2.5.1 ข้อปฏิบัติในการจัดการของเสีย

ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการต้องคัดแยกขยะและของเสียอันตราย ทั้งนี้ห้องปฏิบัติการได้ทำการแยกประเภทถังขยะออกเป็น 4 ส่วน คือ

1) ถังขยะทั่วไป คือ ขยะที่ไม่มีการปนเปื้อนของสารเคมี

2) ถังขยะที่เป็นเศษแก้ว

3) ถังขยะในห้องปฏิบัติการ (ของแข็งเผาได้)

4) ของเสียจากการใช้สารเคมีหรือของเสียอันตราย (*แยกประเภทตามระบบการจำแนกของเสียของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)*

การคัดแยกประเภทของของเสียการคัดแยกของเสียจากห้องปฏิบัติการ นอกจากจะทำให้การกำจัดทำได้ง่ายและปลอดภัยยิ่งขึ้นแล้ว ยังลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียอีกด้วย ไม่มีวิธีการกำจัดของเสียแบบใดแบบหนึ่งที่เหมาะสมกับของเสียทุกประเภท ดังนั้น การคัดแยกของเสียจึงทำให้สามารถเลือกใช้วิธีที่เหมาะสม ตามประเภทของของเสีย ควรแยกของเสียทั่วไป ของเสียที่เป็นอันตรายและไม่เป็นอันตรายออกจากกัน คุณสมบัติความเป็นอันตรายหลักของสารที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับต้นๆ ได้แก่ คุณสมบัติการติดไฟ การระเบิด และการ

ออกซิไดซ์ คุณสมบัติรองของสารที่นำมาพิจารณา ได้แก่ ความเป็นพิษ การกัดกร่อน ของเสียติดเชื้อ ของเสียกัมมันตรังสี เป็นต้น โดยต้องมีการศึกษาข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมีแต่ละประเภทก่อนของเสียที่เกิดขึ้นจากห้องปฏิบัติการต่างๆ จำแนกประเภทและระดับความเป็นอันตราย ได้ดังนี้

1. ของเสียประเภทที่ไม่เป็นอันตราย (non-Hazardous Waste Stream) หรือของเสียอันตรายต่ำ

1.1 ของเสียทั่วไป เช่น ถุงพลาสติก กระดาษชั่งสาร กระดาษทิชชู กระดาษปูโต๊ะภายในห้องปฏิบัติการ วัสดุที่ทำจากพลาสติก และวัสดุที่ไม่เป็นอันตราย เป็นต้น

1.2 พลาสติกที่รีไซเคิลได้ (recyclable plastic product) ได้แก่ ขวดพลาสติกสำหรับใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ และขวดพลาสติกสำหรับใส่สารเคมีที่ไม่มีอันตราย เป็นต้น

1.3 ขวดแก้วที่มีการปนเปื้อน (glass) ได้แก่ ขวดแก้วสำหรับเก็บตัวอย่าง ขวดแก้วสำหรับใส่สารเคมีที่เตรียมภายในห้องปฏิบัติการ และขวดใส่สารเคมีที่ไม่มีอันตราย เป็นต้น

1.4 ของเสียที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว (autoclaved Wastes) ได้แก่ ของเสียที่เกิดจากการทดสอบทางจุลชีววิทยา

2. ของเสียประเภทที่เป็นอันตราย (Hazardous Waste Stream) ส่วนใหญ่จะเป็นของเสียอันตรายที่เป็นของเหลวหรือของแข็ง โดยจัดกลุ่มได้ดังนี้

2.1 กลุ่มไซยาไนด์

2.2 กลุ่มปรอท

2.3 กลุ่มสารอินทรีย์

2.4 กลุ่มออกซิแดนซ์

2.5 กลุ่มโลหะ

2.6 กลุ่มกรด-เบส

2.7 ของเสียกลุ่มพิเศษ ได้แก่ ของเสียติดเชื้อจุลินทรีย์ ของเสียกัมมันตรังสี หรือของเสียที่เป็นสารพิษอื่นๆ ที่ไม่เข้าข่ายของเสียประเภทใดประเภทหนึ่ง แต่อาจท าให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้ เป็นต้น

การจัดการของเสียเบื้องต้น

1) ใช้ภาชนะบรรจุของเสียที่เหมาะสมตามประเภท พร้อมทั้งตรวจเช็คสภาพภาชนะก่อนบรรจุ เช่น รอยรั่ว หรือภาชนะที่ปิดไม่สนิท

2) ต้องติดป้ายข้อมูล Waste ทันที ที่มีการบรรจุของเสียลงขวด โดยระบุชื่อพร้อมระบุกลุ่มของเสีย ตามคู่มือการแยกประเภทของเสียในห้องปฏิบัติการ พร้อมทั้งระบุชื่อ และลงวันที่ให้เรียบร้อย

สารเคมีที่ใช้แล้ว (Waste)

ชื่อสารเคมี .....

ประเภท (กลุ่ม) สารเคมี.....

ชื่อนักศึกษา.....

วันที่.....

3) ตรวจสอบความบกพร่องของภาชนะและฉลากของเสียอย่างสม่ำเสมอ

4) บรรจุไม่เกินกว่า 80% ของความจุภาชนะหรือปริมาณของเสียต้องอยู่ต่ำกว่าปากภาชนะอย่างน้อย 1 นิ้ว

5) มีภาชนะรองรับขวดของเสียที่เหมาะสม

6) แยกภาชนะรองรับขวดของเสียที่เข้ากันไม่ได้

7) ไม่วางภาชนะบรรจุของเสียใกล้บริเวณอุปกรณ์ฉุกเฉิน หรือ ขวางทาง เข้า-ออก

8) วางภาชนะบรรจุของเสียห่างจากความร้อน แหล่งกำเนิดไฟ และเปลวไฟ

9) ของเสียประเภทขวดขนาดเล็ก เช่น ขวดยาพลาสติก จะรวบรวมส่งกำจัดประเภทของแข็งโดยจำแนกตามลักษณะสาร

2.5.2 การกำจัดของเสียอันตราย

ระบบการจัดการของเสียอันตราย WasteTrack ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจำแนกของเสียอันตรายเป็น 14 ประเภท ดังนี้

1. ประเภทที่ 1 ของเสียพิเศษ (I : special waste) หมายถึงของเสียที่มีปฏิกิริยาต่อน้ำหรืออากาศ ของเสียที่อาจมีการระเบิด (เช่น azide, peroxides) สารอินทรีย์ ของเสียที่ไม่ทราบที่มา ของเสียที่เป็นชีวพิษ และของเสียที่เป็นสารก่อมะเร็ง เช่น เอทธิเดียมโบรไมด์

2. ประเภทที่ 2 ของเสียที่มีไซยาไนด์ (II : cyanide waste) หมายถึงของเสียที่มีไซยาไนด์ เป็นส่วนประกอบ เช่น โซเดียมไซยาไนด์ หรือเป็นของเสียที่มีสารประกอบเชิงซ้อนไซยาไนด์หรือมีไซยาโนคอมเพล็กซ์ เป็นองค์ประกอบ เช่น $Ni(CN)_4^{2-}$ เป็นต้น

3. ประเภทที่ 3 ของเสียที่มีสารออกซิแดนซ์ (III : oxidizing waste) หมายถึงของเสียที่มีคุณสมบัติในการให้อิเล็กตรอน ซึ่งอาจเกิดปฏิกิริยารุนแรงกับสารอื่นทำให้เกิดระเบิดได้ เช่น โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต, โซเดียมคลอเรต, โซเดียมเปอร์ไอออเดต และโซเดียมเปอร์ซัลเฟต

4. ประเภทที่ 4 ของเสียที่มีปรอท (IV : mercury waste) หมายถึงของเสียชนิดที่มีปรอทเป็นองค์ประกอบ เช่น เมอร์คิวรี (II) คลอไรด์, อัลคิลเมอร์คิวรี เป็นต้น

5. ประเภทที่ 5 ของเสียที่มีสารโครเมต (V : chromate waste) หมายถึงของเสียที่มีโครเมียม (VI) เป็นองค์ประกอบ เช่น สารประกอบ Cr^{6+}, กรดโครมิก, ของเสียที่ได้จากการวิเคราะห์ chemical oxygen demand (COD) เป็นต้น

6. ประเภทที่ 6 ของเสียที่มีโลหะหนัก (VI : heavy metal waste) หมายถึงของเสียที่มีไอออนของโลหะหนักอื่นที่ไม่ใช่ปรอทเป็นส่วนผสม เช่น แบเรียม แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง เหล็ก แมงกานีส สังกะสี โคบอล นิเกิล เงิน ดีบุก แอนติโมนี ทังสเตน วาเนเดียม เป็นต้น

7. ประเภทที่ 7 ของเสียที่เป็นกรด (VII : acid waste) หมายถึงของเสียที่มีค่าของ pH ต่ำกว่า 7 และมีกรดแร่ปนอยู่ในสารมากกว่า 5% เช่น กรดซัลฟูริก, กรดไนตริก, กรดไฮโดรคลอริก เป็นต้น

8. ประเภทที่ 8 ของเสียอัลคาไลน์ (VIII : alkaline waste) หมายถึงของเสียที่มีค่า pH สูงกว่า 8 และมีด่างปนอยู่ในสารละลายมากกว่า 5% เช่น คาร์บอเนต, ไฮดรอกไซด์, แอมโมเนีย เป็นต้น

9. ประเภทที่ 9 ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม (IX : petroleum products) หมายถึง ของเสียประเภทน้ำมันปิโตรเลียม และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำมัน เช่น น้ำมันเบนซิน, น้ำมันดีเซล, น้ำมันก๊าด, น้ำมันเครื่อง, น้ำมันหล่อลื่น

10. ประเภทที่ 10 oxygenated (X : oxygenated) หมายถึงของเสียที่ประกอบด้วยสารเคมีที่มีออกซิเจนอยู่ในโครงสร้าง เช่น เอทิลอาซิเตต อะซิโตน, เอสเทอร์, อัลกอฮอล์, คีโตน, อีเทอร์ เป็นต้น

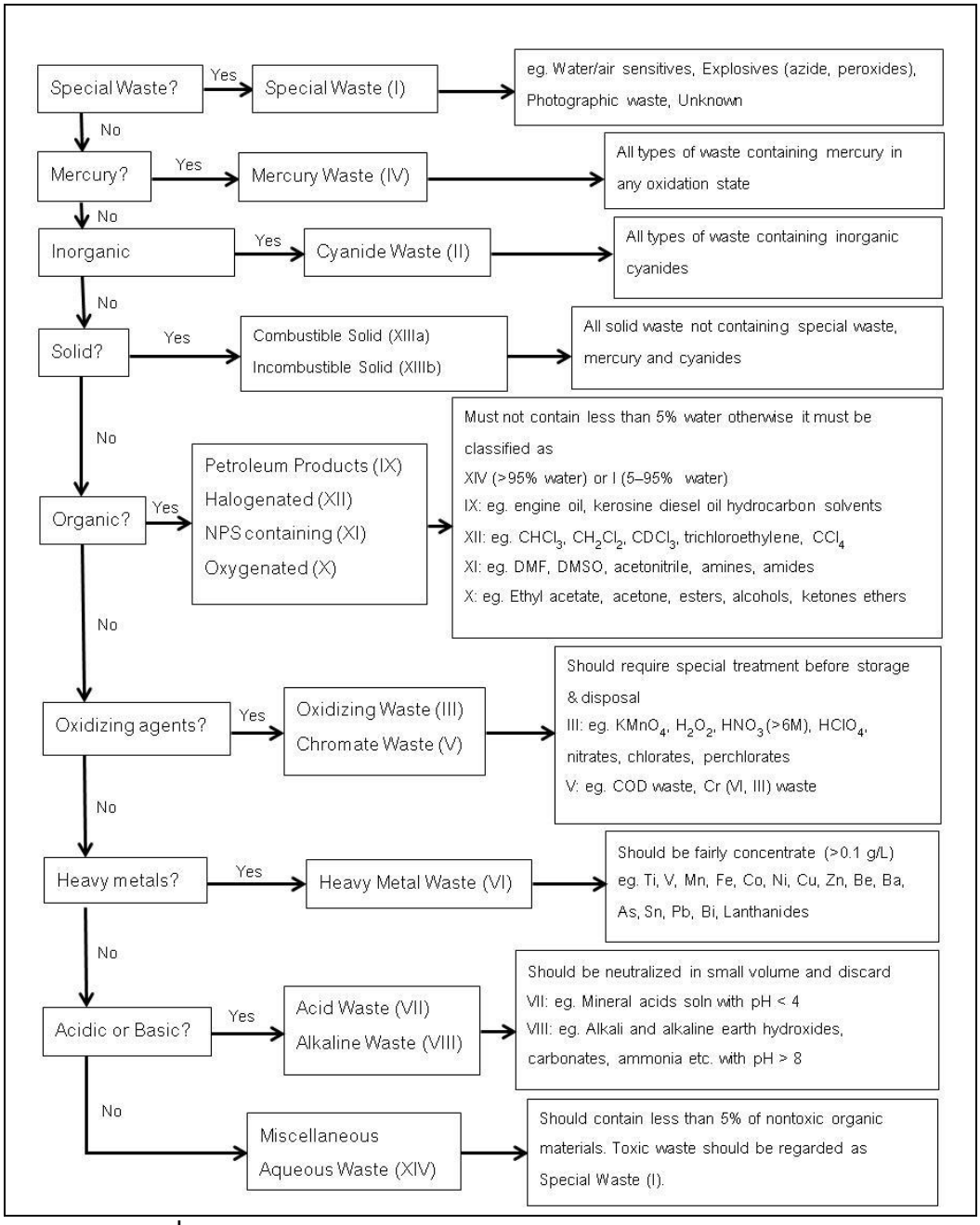
11. ประเภทที่ 11 NPS containing (XI : NPS containing) หมายถึงของเสียที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, ซัลเฟอร์ เช่นสารเคมีที่มีส่วนประกอบของ dimethyl formamide (DMF), dimethyl sulfoxide (DMSO), อะซิโตรไนไตรล์, เอมีนและเอไมด์

12. ประเภทที่ 12 halogenated (XII : halogenated) หมายถึงของเสียที่มีสารประกอบอินทรีย์ของธาตุฮาโลเจน เช่น คาร์บอนเตตราคลอไรด์ (CCl_4), คลอโรเอทิลีน

13. ประเภทที่ 13 (a) : ของแข็งที่เผาไหม้ได้ (XIII (a) : combustible solid)

(b) : ของแข็งที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ (XIII (b) : incombustible solid)

14. ประเภทที่ 14 ของเสียที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายอื่น ๆ (XIV : miscellaneous aqueous waste) หมายถึง ของเสียที่มีสารประกอบน้อยกว่า 5% ที่เป็นสารอินทรีย์ที่ไม่มีพิษ หากเป็นสารมีพิษให้พิจารณาเสมือนว่าเป็นของเสียพิเศษ (I : special Waste)



รูปที่ 9 ระบบการจำแนกของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (WasteTrack)

2.5.3 การจัดการของเสียสารเคมีบางชนิด

กรดและด่าง (acid/base)

ของเสียที่เป็นกรดและด่างสามารถกำจัดความเป็นพิษโดยทำให้เป็นกลาง (neutralization) ก่อนปล่อยทิ้ง ข้อควรระวัง การกำจัดของเสียประเภทนี้ควรทำในตู้ดูดควันที่มีกระจกกั้น

อะซิโตไนไทรล์ (acetonitrile)

อะซิโตไนไทรล์ (CH_3CN) เป็นสารทำละลายนิยมใช้ในห้องปฏิบัติการ HPLC จัดเป็นสารที่อันตรายและติดไฟได้ อะซิโตไนไทรล์สามารถเป็นอันตรายต่อร่างกาย จากการสัมผัสทางผิวหนัง การเข้าสู่ร่างกายทางช่อง

ปากและจากการหายใจ นอกจากนี้ร่างกายยังสามารถเปลี่ยนอะซิโตไนไทรล์เป็นไซยาไนด์ได้ การกำจัดการปนเปื้อนของอะซิโตไนไทรล์ ควรทำในตู้ดูดควัน เพื่อไล่แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา ขั้นตอนปฏิกิริยาดังนี้

$$CH_3CN \xrightarrow[NaOH]{H_2O,\ OH^-} CH_3CONH_2$$

$$CH_3CONH_2 \xrightarrow[HCl]{} CH_3COONa^+ + NH_3$$

$$CH_3COONa^+ \longrightarrow CH_3COOH + NaCl$$

ขั้นตอน

- เจือจางสารละลาย CH_3CN ด้วยน้ำให้มีความเข้มข้นต่ำกว่า 10%(v/v)
- เติมสารละลาย 10 mol/L NaOH ในสัดส่วน 2.5 mol NaOH ต่อ 1 mol CH_3CN คนให้เข้ากัน
- ปรับอุณหภูมิสารละลายให้เป็น 80°C นาน 70 นาที
- ทิ้งให้เย็น ปรับให้เป็นกลาง pH 5-9 โดยใช้กรดเกลือ
- ผลท้ายสุดของปฏิกิริยาได้เป็นกรดน้ำส้มเจือจาง และเกลือ สามารถทิ้งได้ตามปกติ

โพแทสเซียมไดโครเมต

โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ถือเป็นสารออกซิไดซ์และ USEPA (United States Environmental protection agency) ถือเป็นของเสียที่เป็นโลหะหนัก ผงฝุ่นของ $K_2Cr_2O_7$ ถือเป็นสารก่อมะเร็ง ในการกำจัดใช้การตกตะกอนโครเมียม ออกจากสารละลาย อย่างไรก็ตามตะกอนโครเมียมที่เกิดขึ้นจำเป็นต้องส่งไปกำจัดโดยหน่วยงาน หรือบริษัทเอกชนที่รับกำจัดของเสียที่เป็นโลหะหนักโดยเฉพาะ

ฟอร์มัลดีไฮด์

ฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde และ formalin (37-40% formaldehyde ใน 5-12% methanol) เป็นสารที่นิยมใช้ในการเก็บรักษาตัวอย่างและใช้ในการฆ่าเชื้อ USEPA ได้จัด formaldehyde เป็นสารพิษ เป็นสารที่ติดไฟและมีฤทธิ์กัดกร่อน (corrosive) เป็นพิษในระดับปานกลาง หากสูดดมหรือสัมผัสทางผิวหนัง

ตารางผนวกที่ 1 สารเคมีที่ก่อให้เกิดเปอร์ออกไซด์

ก. สารเคมีที่ก่อให้เกิดเปอร์ออกไซด์และเกิดการระเบิดจากโดยไม่คำนึงถึงระดับความเข้มข้น (Chemicals that form explosive levels of peroxides without concentration)

Butadine	Divinylacetylene	Tetrafluoroethylene	Vinylidene chloride
Choloprene	Isopropyl ether		

ข. สารเคมีที่ก่อให้เกิดการระเบิดจากเปอร์ออกไซด์เมื่อถึงระดับความเข้มข้น

Acetal	Decahydronaphthalene	2-Hexanol	1-Phenylethanol
Actealdehyde	Diacetylene	Methylacetylene	2-Phenylethanol
Benzyl alcohol	Dicyclopentadine	3-Methyl-1-butanol	2-Propanol
2-Butanol	Diethyl ether	Methylcyclopentane	Tetrahydrofuran
Cumene	Diethylene glycol dimethyl ether	Methyl isobutyl ketone	Tetrahydronaphthalene
Cyclohexanol	Dioxanes	4-Methyl-2-pentanol	Vinyl ethers
2-Cyclohexen-1-ol	Ethylene glycol dimethyl ether	2-pentanol	Other secondary alcohols
Cyclohexene	4-Heptanol	4-Penten-1-ol	

ค. สารเคมีที่สามารถก่อให้เกิดเปอร์ออกไซด์

Acrylic acid	Chlorotrifluoroethylene	Vinyl acetate	Vinyladiene chloride
Acrylonitrile	Methyl methacrylate	Vinylacetylene	
Butadiene	Styrene	Vinyl chloride	
Chloroprene	Tetrafluoroethylene	Vinylpyrdine	

ง. สารเคมีที่เชื่อว่าสามารถก่อให้เกิดเปอร์ออกไซด์

Acrolein	*o*-Chlorophenetole	*n*-Hexyl ether
Allyl ether	p-Chlorophenetole	*p*,*o*-Iodophenetole
Allyl ethyl ether	Cyclooctene	Isoamyl benzyl ether
Allyl phenyl ether	Cyclopropyl methyl ether	Isoamyl ether
p-(n-Amyloxy) benzoyl chloride	Diallyl ether	Isobutyl vinyl ether
n-Amyl ether	p-Di-n-butoxybenzene	Isophorone
Benzyl n-butyl ether	1,2-Dibenzyloxyethane	*beta*-isopropoxypropionitrile
Benzyl ether	p-Dibenzyloxybenzene	Isopropyl 2,4,5-trichloro-phenoxyacetaet
Benzyl ethyl ether	1,2-Dichloroethyl ethyl ether	Limonene
Benzyl methyl ether	2,4-Dichlorophenetole	1,5-p-Methadiene
Benzyl 1-napthyl ether	Diethoxymethane	Methyl-*p*-(*n*-amyloxy) benzoate
1,2-Bis(2-chloroethoxy) ethane	2,2-Diethoxypropane	4-Methyl-2-pentanone
Bis(2 ethoxyethyl) ether	Diethyl ethoxymethylenemalonate	*n*-Methylpenetole
Bis(2-(methoxyethoxy) ethyl ether	Diethyl fumerate	n-Methylpenetole

Bis(2-chloroethyl) ether	Diethyl acetal	2-Methyltetrahydrofuran
Bis(2-ethoxyethyl) adipate	Diethylketene	3-Methoxy-1-butyl acetate
Bis(2-ethoxyethyl) phthalate	*m*,*o*,*p*-Diethoxybenzene	3-Methoxyehtyl acetate
Bis(2-methoxyethyl) carbonate	1,2-Diethoxyethane	2-Methoxyethyl vinyl ether
Bis(2-methoxyethyl) ether	Dimethoxymethane	Methoxy-1,3,5,7-cycloocta tetraene
Bis(2-methoxyethyl) phthalate	1,1-Dimethoxyethane	*beta*-Methoxyproponitrile
Bis(2-methoxymethyl) adipate	Dimethylketene	*m*-Nitrophenetole
Bis(2-n-butoxyethyl) phthalate	3,3-Dimethoxypropene	1-Octene
Bis(2-phenoxyethyl) ether	2,4-Dinitrophenetole	Oxybis(2-ethyl acetate)
Bis(4-chlorobuyl) ether	3,3-Dioxepane	Oxybis(2-ethyl benzoate)
Bis(chloromethyl) ether	Di(1-propynl) ether	*beta*, *beta*-Oxydipropionitrile
2-Bromomethyl ethyl ether	Di(2-propynl) ether	1-Pentene
Beta-Bromophenetole	Di-n-propoxynethane	Phenoxyacetyl chloride
o-Bromophenetole	1-2-Epoxy-3-isopropoxy propane	*alpha*-Phenoxypropionyl chloride
p-Bromophenetole	1,2-Epoxy-3-phenoxy propane	Phenyl o-propyl ether
3-Bromopropyl phenyl ether	*p*-Ethoxyacetophenone	*p*-Phenylphenetone
1,3-Butadiyne	1-(2-Ethoxyethoxy) ethyl acetate	*n*-Propyl ether
Buten-3-yne	2-Ethoxyethyl acetate	*n*-Propyl isopropyl ether
Tert-Butyl ethyl ether	(2-Ethoxyethyl)-o-benzoyl benzoate	Sodium 8,11,14-eicosatetraenoate
Tert-Butyl methyl ether	3-Ethoxyopropionitrile	Sodium ethoxyacetylide
n-Butyl phenyl ether	2-Ethylacryladehyde oxime	Tetrahydropyran
n-Butyl vinyl ether	2-Ethylbutanol	Triethylene glycol diacetate
Chloroacetaldehyde diethylacetal	Ethyl beta-ethoxypropionate	Triethylene glycol dipropionate
2-Chlorobutadiene	2-Ethylhexanal	1,3,3-Trimethoxypropene
1-(2-Chloroethoxy)-2-phenoxyethane	Ethyl vinyl ether	1,1,2,3-Tetrachloro-1,3-buta diene
Chloroethylene	Furan	Vinyl cyclohexene
Chloromethyl methyl ether	2,5-Hexadiyn-1-ol	Vinylene carbonate
b-Chlorophenetole	4,5-Hexadien-2-yn-1-ol	Vinylidene chloride

ตารางผนวกที่ 2 ระยะเวลาปลอดภัยในการเก็บสารเคมีที่ก่อให้เกิดเปอร์ออกไซด์

รายละเอียด	**ระยะเวลาจัดเก็บ**
ยังไม่มีการเปิดใช้	18 เดือน
เมื่อมีการเปิดใช้	
- สารเคมีในกลุ่ม ก ตารางผนวก 1	3 เดือน
- สารเคมีในกลุ่ม ข และ ง ตารางผนวก 1	12 เดือน

บทที่ 3
ระบบความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ

3.1 องค์ประกอบหลักของห้องปฏิบัติการมาตรฐาน

1. ทางเข้า-ออก หากมีผู้ปฏิบัติงานค่อนข้างมากควรกำหนดและจัดระเบียบการเข้า-ออกควรแยกกันระหว่างประตู้เข้า-และประตูออก โดยประตูควรจะปิดไว้ตลอดเวลาในขณะปฏิบัติงาน

2. ทางหนีไฟ การกำหนดขนาดและจำนวนของประตูหนีไฟขึ้นกับสถานที่ตั้ง ขนาดของอาคาร จำนวนผู้ปฏิบัติงาน ในแต่ละชั้นควรมีทางหนีไฟอย่างน้อยสองทางที่แยกกัน ทางหนีไฟควรมีระยะทางที่สั้นที่สุดและนำออกไปสู่ภายนอกอาคารได้เร็วที่สุด หากเป็นห้องปฏิบัติการที่ตั้งอยู่ในอาคารที่มีมากกว่า 2 ชั้น ประตูห้องปฏิบัติการต้องสามารถเปิดไปสู่โถงทางเดินกลางได้ และสามารถนำไปยังประตูหนีไฟได้ทันที ตามพื้นทางเดินและฝาผนังควรที่จะมีการแสดงสัญลักษณ์ลูกศรนำทางเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทราบว่าประตูหนีไฟอยู่ในทิศทางใด ประตูหนีไฟควรทำจากวัสดุทนไฟหรือเป็นโลหะที่ทนไฟได้ดีและควรปิดอยู่เสมอ และควรแสดงสัญลักษณ์บริเวณประตูหนีไฟว่า “ทางออก” หรือ “exit”

3. ขนาดประตู ประตูห้องปฏิบัติการต้องมีขนาดกว้างพอที่จะสามารถนำเครื่องมือขนาดใหญ่เข้าออกได้สะดวก และสามารถเปิดกว้างเพื่อให้ผู้คนเข้าออกได้อย่างสะดวกในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน ประตูห้องปฏิบัติการที่ดีควรเป็นแบบ door and half คือเป็นประตู 2 บาน โดยมีบานหนึ่งใหญ่อีกบานหนึ่งมีขนาดเล็ก โดยบานที่มีขนาดใหญ่จะถูกใช้เปิด-ปิดประจำ ส่วนบานเล็กจะถูกใช้ในกรณีมีการขนย้ายอุปกรณ์

4. พื้นห้องปฏิบัติการ พื้นห้องต้องสามารถรองรับเครื่องมืออุปกรณ์ที่มีน้ำหนักมากได้หลายชนิด ควรผลิตมาจากวัสดุที่แข็งแรง ทนทานต่อสารเคมีที่เป็นกรดและด่างได้ดี พื้นผิวต้องไม่ลื่น สามารถทำความสะอาดได้ง่าย โดยทั่วไปมักเป็นพื้นคอนกรีตหรือพื้นหินขัดที่ปูทับด้วยแผ่นยางประเภท polyvinyl อีกชั้นหรือปูทับด้วยพรมน้ำมัน

5. ความสว่าง ควรมีแสงสว่างเพียงพอสำหรับการปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันความผิดพลาดและอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงาน ความสว่างที่เหมาะสมในห้องปฏิบัติการคือ 300-500 lux อย่างไรก็ตามปริมาณแสงสว่างก็ขึ้นอยู่กับประเภทห้องต่างๆ ด้วย เช่น ห้องเก็บของอาจไม่ต้องมีแสงสว่างมากเท่ากับห้องปฏิบัติการ เพราะสารเคมีบางอย่างอาจห้ามโดนแสง เป็นต้น

6. ระบบถ่ายเทอากาศ ระบบการถ่ายเทอากาศที่ดีจะช่วยลดระดับของไอหรือควันจากสารเคมี รวมทั้งลดระดับการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ ห้องปฏิบัติการควรติดตั้งระบบ Local Exhaust Ventilation (LEV) เพื่อลดอันตรายจากสารเคมีและเชื้อจุลชีพต่าง ๆ เช่น พัดลมดูดอากาศ ตู้ดูดควัน ตู้ชีวนิรภัยที่มีแผ่นกรอง HEPA ในการดักจุลชีพ ตลอดจนติดตั้งระบบดูดอากาศเสียจากภายในออกสู่ภายนอกเพื่อป้องกันการหมุนเวียนอากาศเสียภายในห้องปฏิบัติการ

7. อุณหภูมิและความชื้น ห้องปฏิบัติการควรมีอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 20-25 องศาเซลเซียส ในประเทศไทยซึ่งเป็นเมืองร้อนจึงควรติดตั้งเครื่องปรับอากาศ เพื่อให้อุณหภูมิที่เหมาะสมแก่ผู้ปฏิบัติงานและเป็นการรักษาเครื่องมือ

8. ระบบสาธารณูปโภค ซึ่งประกอบไปด้วยระบบน้ำประปา ไฟฟ้า แก๊ส และระบบสื่อสาร ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในห้องปฏิบัติการ จึงควรมีการวางแผนผังให้เหมาะสม เจ้าหน้าที่ทุกคนควรทราบตำแหน่งที่ตั้งและวิธีการในการเปิด-ปิดวาวล์น้ำ แก๊ส และแผงควบคุมวงจรไฟฟ้า เพื่อสามารถเปิด-ปิดได้ทันทีในกรณีเหตุฉุกเฉิน การออกแบบท่อน้ำ ท่อแก๊ส หรือของเหลวประเภทอื่นๆไปตามท่อ pipe ควรมีการระบุชื่อและลูกศรแสดงทิศทางการไหลในแต่ละท่อว่าเป็นท่อสำหรับส่งผ่านสิ่งใด โดยกำหนดสีของตัวอักษรตามชนิดของสารนั้นๆ เช่น

สารเคมีอันตรายสูง (สารไวไฟสารที่มีแรงดันสูง สารเคมีที่เป็นพิษสูง สารกัมมันตภาพรังสี) ควรใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีเหลือง, สารเคมีอันตรายน้อย (เช่น แก๊สหรือของเหลวผสม) ควรใช้อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีเขียว, สารที่ใช้ดับเพลิง (น้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซฮาลอน) ควรใช้อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีแดง

ในห้องปฏิบัติการควรมีอ่างน้ำอย่างน้อยสองแห่งแยกจากกัน โดยจุดหนึ่งเป็นอ่างล้างมือเท่านั้น ส่วนอีกอ่างสำหรับล้างวัสดุอุปกรณ์ อ่างน้ำควรทำมาจากวัสดุที่ทนทานต่อสารเคมี เช่น stainless, polypropylene เป็นต้น และท่อน้ำทิ้งควรแยกออกจากท่อน้ำเสียทั่วไป ปลายท่อน้ำทิ้งควรต่อไปยังระบบบำบัดน้ำเสียก่อนการส่งออกไปยังภายนอก ในการติดตั้งระบบแก๊สควรเป็นระบบนำส่งตามท่อจากหน่วยกลาง ไม่ควรใช้ระบบแก๊สเป็นถังย่อย ๆ ที่สำคัญควรมีการติดตั้งระบบตัดแก๊สอัตโนมัติเพื่อป้องกันการเกิดแก๊สรั่วและการระเบิด

9. ระบบเตือนภัย ต้องมีการติดตั้งระบบเตือนภัยคู่กับถังดับเพลิงในห้องปฏิบัติการ ระบบเตือนภัยที่ดีต้องส่งเสียงดังได้ทั่วอาคาร อาจเป็นเสียงกระดิ่งหรือเสียงระฆังและอาจมีไฟสีแดงกระพริบ โดยระบบเตือนภัยประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ ส่วนแรกได้แก่ กล่องกระตุ้นให้กระดิ่งหรือสัญญาณทำงาน เรียกว่า “ pull station” จะมีสีแดง มีทั้งลักษณะเป็นรูปตัวที (T) กระตุ้นการทำงานโดยดึงก้านตัวทีลงมาตรง ๆ หรืออีกแบบจะมีลักษณะเป็นตัวที แต่จะมีกระจกกั้นต้องใช้ค้อนหรือโลหะทุบกระจกก่อนถึงจะสามารถดึงตัวทีได้ ส่วนที่สองเป็นส่วนที่เป็นกระดิ่งหรือระฆังเตือนภัย จะมีสีแดงหรือสีน้ำเงิน ติดตั้งไว้บนกำแพงเหนือกล่อง pull station โดยสามารถส่งเสียงและมีไฟกระพริบในขณะที่กระดิ่งดัง

รูปที่ 1 กล่องกระตุ้นให้กระดิ่งทำงาน

10. ชุดดับเพลิง ในห้องปฏิบัติการมีอยู่สองแบบ คือ ชนิดติดตั้งถาวร ซึ่งได้แก่น้ำพุเพดานแบบอัตโนมัติ และชนิดเคลื่อนย้ายได้ ประกอบไปด้วย ชุดท่อประปาดับเพลิง (fire hose) และถังดับเพลิง ทั้งสองอย่างควรเก็บไว้ในตู้ที่มองเห็นได้ชัดเจนและไม่ควรล็อคตู้ โดยสายท่อประปาต้องมีความยาวอย่างน้อย 100 ฟุต ส่วนถังดับเพลิงมีอยู่หลายประเภทขึ้นอยู่กับต้นกำเนิดของเพลิงนั้นๆ

ตารางที่ 3.1 ประเภทของเพลิงไฟ

ประเภท A		มีสัญลักษณ์เป็นรูปตัว A สีขาวหรือสีดำ อยู่ในสามเหลี่ยมสีเขียว - ไฟประเภท A คือไฟที่เกิดจากการลุกไหม้ของวัสดุที่เป็นเชื้อเพลิงทั่วๆ ไป เช่น กระดาษ ไม้ ผ้า ขยะแห้ง พลาสติกบางชนิด ฟาง ปอ ด้าย นุ่น เป็นต้น - วิธีการดับไฟประเภท A คือการลดความร้อนโดยการใช้น้ำ
ประเภท B		มีสัญลักษณ์เป็นรูปตัว B สีขาวหรือสีดำ อยู่ในสี่เหลี่ยมสีแดง - ไฟประเภท B คือไฟที่เกิดจากการลุกไหม้ของของเหลวและก๊าซ เช่น น้ำมันทุกชนิด แอลกอฮอล์ ทินเนอร์ ยางมะตอย จารบี ก๊าซติดไฟ เป็นต้น - วิธีการดับไฟประเภท B ที่ดีที่สุดคือ กำจัดออกซิเจน โดยการใช้ผงเคมีแห้ง, โฟม
ประเภท C		มีสัญลักษณ์เป็นรูปตัว C สีขาวหรือดำ อยู่ในวงกลมสีฟ้า - ไฟประเภท C คือไฟที่เกิดจากการลุกไหม้ของวัสดุทางด้านไฟฟ้า เช่น สายไฟ ปลั๊กไฟ สวิต และอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิด - วิธีดับไฟประเภท C ที่ดีที่สุด คือตัดกระแสไฟฟ้าและใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือน้ำยาเหลวระเหยที่ไม่มีสาร CFC
ประเภท D		มีสัญลักษณ์เป็นรูปตัว D สีขาวหรือดำ อยู่ในดาว 5 แฉก สีเหลือง - ไฟประเภท D คือไฟไหม้บนสสารที่เป็นโลหะ เช่น อลูมิเนียม แมกนีเซียม โซเดียม ฯลฯ ซึ่งไฟประเภทนี้จะมีอุณหภูมิสูงมาก (อาจถึง 1000 C) และยังมีเปลวไฟน้อยมาก จนสังเกตเห็นได้ยาก การใช้น้ าดับไฟประเภทนี้เป็นสิ่งที่ห้ามเด็ดขาด วิธีเดียวในการดับไฟคือใช้สารดับไฟที่เหมาะสม โดยทั่วไปจะใช้ ผงโซเดียมคลอไรด์ หรือ ผงแกรไฟต์ ในการดับไฟ
ประเภท K		มีสัญลักษณ์เป็นรูปตัว K สีขาว อยู่ในรูปแปดเหลี่ยมสีดำ - ไฟประเภท K คือไฟที่เกิดจากน้ำมันที่ติดไฟยาก เช่น น้ำมันทำอาหาร น้ำมันพืช ไขมันสัตว์ติดไฟ - วิธีดับไฟประเภท K ที่ดีที่สุด คือ การกำจัดออกซิเจน การทำให้อับอากาศ ซึ่งจะมีดังดับเพลิงชนิดพิเศษที่สามารถดับไฟชนิดนี้โดยเฉพาะ

ตารางที่ 3.2 ชนิดถังดับเพลิงและการใช้งาน

	ถังดับเพลิงชนิดผงเคมีแห้ง (dry chemical) บรรจุในถังสีแดง ภายในบรรจุผงเคมีแห้งและก๊าซไนโตรเจน สามารถดับไฟได้เกือบทุกประเภท A B C ยกเว้น CLASS K ลักษณะน้ำยาที่ฉีดออกมามีลักษณะเป็นฝุ่นละออง ราคาถูก หาซื้อง่าย ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์
	ถังดับเพลิงชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) บรรจุในถังสีแดง ที่ปลายฉีดจะมีลักษณะเป็นกระบอกหรือกรวย เวลาฉีดน้ำยาที่พ่นออกมาจะมีลักษณะเป็นหมอกหิมะคล้ายน้ำแข็งแห้ง ลดความร้อนของไฟได้ดี สามารถดับไฟได้ประเภท B C เหมาะสำหรับการใช้งานในห้องเครื่องจักร อุตสาหกรรมอาหาร
	ถังดับเพลิงชนิดเคมีสูตรน้ำ หรือ Low Pressure Water Mist สารเคมีจะเป็นน้ำยาชื่อว่า “ABFFC” ที่ใช้สำหรับการดับไฟได้ดี ไม่เป็นสื่อนำไฟฟ้า สามารถดับไฟได้ทุกประเภท A B C และ K ราคากลางๆ แต่จะแพงกว่าถังชนิดเคมีแห้ง เหมาะกับใช้ในบ้าน เนื่องจากสามารถดับไฟที่เกิดจากน้ำมันทอดในครัวเรือนได้ และหากมีการใช้งานแล้ว ฉีดสารเคมีไม่หมด ยังสามารถใช้ต่อจนหมดได้ ถังมีหลายสี แล้วแต่ผู้จำหน่าย ได้แก่ สีฟ้า แสตนเลส หรือบางรายใช้สีเขียว
	ถังดับเพลิงชนิดน้ำยาเหลวระเหย บีซีเอฟ ฮาลอน 1211 บรรจุในถังสีเหลือง ใช้ดับเพลิงได้ดี เพราะมีความเย็นจัดและมีประสิทธิภาพในการไล่ออกซิเจนซึ่งทำให้เกิดเพลิงและไม่ทิ้งคราบสกปรก เหมาะสำหรับเพลิงที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์
	ถังดับเพลิงชนิด HCFC 123 (Halotron) ลักษณะการฉีดออกเป็นแก๊สเหลวระเหย น้ำยาชนิดนี้สามารถใช้กับไฟชนิด A, B และ C เหมาะสำหรับใช้กับสถานที่ที่ใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์สื่อสารในอุตสาหกรรมอิเล็กโทรนิกส์ เรือ เครื่องบินและรถถัง
	ถังดับเพลิงชนิด BF2000 บรรจุในถังสีเขียว น้ำยาเป็นสารเหลวระเหยชนิด BF 2000 (NON-CFC) น้ำยาชนิดนี้ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สามารถดับไฟได้เกือบทุกประเภท A B C ยกเว้น CLASS K ราคาถูก หาซื้อง่าย ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่ติดไฟ ไม่เป็นสื่อนำไฟฟ้า เมื่อฉีดออกจะเป็นไอระเหยสีขาว และจะระเหยไปเองโดยไม่ทำให้วัสดุอุปกรณ์ไฟฟ้าเสียหาย และไม่ทำให้สกปรกในบริเวณที่ใช้งาน
	ถังดับเพลิงชนิดโฟม (Foam) บรรจุน้ำผสมโฟมเข้มข้น เมื่อผสมกับอากาศจะเป็นฟองโฟม เมื่อฉีดออกมาจะเป็นน้ำยาฟองโฟมสีขาว ปกคลุมผิวหน้าของเชื้อเพลิง ทำให้เชื้อเพลิงขาดอากาศมาทำปฏิกิริยา สามารถดับไฟที่เกิดจากน้ำมันพืชลุกไหม้ในกระทะของห้องครัวโดยเฉพาะ และสารไวไฟทุกชนิด ห้ามนำถังดับเพลิงชนิดน้ำยาโฟมไปดับไฟ CLASS C โดยเด็ดขาด เนื่องจากถังดับเพลิงชนิดน้ำยาโฟมมีน้ำเป็นส่วนผสม อาจจะทำให้เกิดไฟฟ้าช็อตได้

11. เครื่องล้างตา (eye wash) ควรติดไว้ประจำที่และจำเป็นต้องมี วางอยู่ห่างจากที่ปฏิบัติงานประมาณ 25-50 ฟุต ใช้เวลาเดินไปไม่นาน และระหว่างทางไม่ควรมีสิ่งกีดขวางใด ๆ การเปิดน้ำอาจใช้ระบบเปิดด้วยเท้า (foot paddle) หรือใช้มือผลัก (push bar) ควรให้น้ำพ่นเข้าตาผ่านทางฐานจมูกโดยไม่ให้น้ำพุ่งเข้าลูกตาโดยตรง และใช้นิ้วบังคับเปลือกตาเพื่อให้น้ำล้างตาได้ทั่วถึง หัวพ่นน้ำควรที่จะมีฝาครอบปูองกันฝุ่นละอองและควรทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอโดยการ flush น้ำทิ้ง

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2 เครื่องล้างตา (ก) ระบบใช้มือผลัก (ข) ระบบเปิดด้วยเท้า และ (ค) ชุดเครื่องล้างตากับฝักบัว

12. ฝักบัวฉุกเฉิน (deluge shower) ควรติดตั้งในบริเวณเดียวกันกับเครื่องล้างตา ฝักบัวควรสูงจากพื้นประมาณ 7-8 ฟุต ห่างจากกำแพงอย่างน้อย 25 นิ้ว การเปิดฝักบัวอาจใช้ตัวผลัก (paddle) หรือใช้การดึงโซ่ โดยฝักบัวฉุกเฉินมีอยู่ 3 แบบ คือ (1) แบบยึดติดกับฝาผนัง (ceiling/wall type) โดยน้ำจะไหลลงศีรษะอย่างต่อเนื่อง (2) แบบที่เป็นสายยางฉีดตัวร่วมกับฝักบัว (wall-mounted drench hose) โดยการใช้งานสามารถฉีดล้างบริเวณที่เปื้อนได้ (3) แบบที่สามคือ ฝักบัวฉุกเฉินที่ติดตั้งคู่กับเครื่องล้างตา (floor-mounted emergency combination) สามารถชำระล้างได้ทั้งตา ใบหน้าและลำตัวในเวลาเดียวกัน ดังรูปที่ 2(ค)

13. ตู้ดูดควัน (chemical fume hood) เป็นสิ่งที่จำเป็นมากในห้องปฏิบัติการหากต้องทำงานกับสารเคมีหรือสารพิษ ตู้ควันส่วนใหญ่ติดตั้งเข้ากับระบบระบายอากาศของตัวอาคาร ตู้ดูดควันส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยพัดลมดูดอากาศในท่อดูดอากาศเสีย โดยทั่วไปมักใช้งานที่เกี่ยวกับกรด ด่าง สารทำละลาย อาจเป็นประตูเปิดแนวตั้ง (vertical sash) หรือประตูเปิดแนวนอน (horizontal sash) การทำงานของตู้ดูดควันขึ้นกับค่า face velocity ซึ่งเป็นค่าของอัตราความเร็วโดยเฉลี่ยของอากาศต่อหน่วยนาทีที่ไหลเข้าไปในตู้แบบตั้งฉากกับ hood face โดยอัตราที่เหมาะสมคือ 100-150 foot per minute (FPM) สำหรับการทำงานกับสารเคมีที่มีอันตรายมากและมีความเป็นพิษสูง ส่วนการทำงานกับสารเคมีที่มีความเป็นพิษน้อยถึงปานกลางอาจใช้ความเร็วที่อัตรา 80-100 FPM ก็เพียงพอ และควรติดตั้งตู้ดูดควันไว้บริเวณด้านในสุดของห้องและต้องห่างจากประตูหน้าต่างหรือทางเดิน เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของอากาศบริเวณประตูหน้าต่างซึ่งอาจรบกวนระบบไหลเวียนอากาศของตู้ดูดควันได้ ไม่ควรใช้ตู้ดูดควันเป็นที่เก็บสารเคมีทุกชนิด

รูปที่ 3 ตู้ดูดควัน

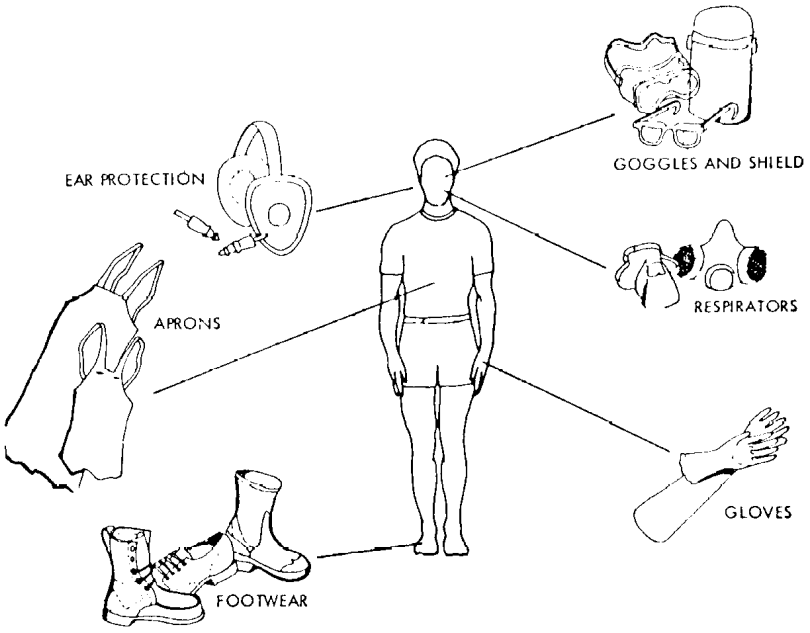
14. ตู้เก็บสารเคมี วัสดุที่ใช้ทำตู้ส่วนใหญ่คือโลหะจำพวก epoxy-coated steel และพลาสติกจำพวก polyethylene แต่ส่วนใหญ่มักนิยมกลุ่ม epoxy-coated steel เพราะทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี ประตูตู้อาจมีทั้งประตูเดี่ยวและประตูคู่ และต้องมีการติดสัญลักษณ์ต่างๆ ให้ทราบว่าเป็นสารเคมีประเภทใด หากต้องเก็บสารเคมีประเภทไวไฟ ตู้เก็บอาจทา epoxy-coated steel ซึ่งมีผนังหนาสองชั้นบุด้วยฉนวนกันไฟ ข้อควรระวังและหลักการเก็บสารเคมีภายในตู้-

ห้ามเก็บสารเคมีโดยเรียงตามตัวอักษร ควรเก็บสารเคมีตามหลักการการเข้ากันได้ (compatible)

- ตำแหน่งที่ตั้งของตู้เก็บสารเคมีไม่ควรอยู่ใกล้ประตู
- ภาชนะเครื่องแก้วควรวางไว้ชั้นล่างสุดของตู้
- การจัดเก็บสารเคมีไวไฟสามารถวางรวมกับสารกลุ่มเดียวกันได้ แต่ไม่เกิน 5 ขวด (ขวดละ 1แกลลอน) และควรวางห่างจากแหล่งกำเนิดความร้อน เช่น ตู้เย็น เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ

3.2 อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล

อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับป้องกันผู้สวมใส่จากอันตรายที่เกิดจากการปฏิบัติการ อุปกรณ์เครื่องมือและสารเคมีอันตราย พึงระลึกอยู่เสมอว่าอุปกรณ์เหล่านี้ ไม่ได้ช่วยลดหรือกำจัดความเป็นอันตรายของสารเคมีแต่อย่างใด เพียงแค่ทำหน้าที่ป้องกันผู้สวมใส่เท่านั้น ห้องปฏิบัติการ ควรมีคำแนะนำการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสมให้แก่ผู้ปฏิบัติการ



รูปที่ 4 อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลชนิดต่างๆ

อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล หมายถึง ถุงมือ อุปกรณ์กรองอากาศ อุปกรณ์ป้องกันตา และเสื้อผ้าที่ป้องกันร่างกาย (รูปที่ 4) ความต้องการในการใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลขึ้นกับชนิดหรือประเภทของการปฏิบัติงานและธรรมชาติ/ปริมาณของสารเคมีที่ผู้ทำปฏิบัติการต้องใช้ ซึ่งต้องมีการประเมินความเสี่ยงแต่ละกรณีเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการตัดสินใจเลือกใช้อุปกรณ์ร่วมกับความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกันว่าแต่ละชนิดแต่ละประเภทใช้สำหรับงานประเภทใดและมีข้อจำกัดในการใช้งานอย่างไร เพื่อให้สามารถเลือกแบบที่เหมาะสมและต้องใช้ให้ถูกวิธีด้วย จึงจะสามารถป้องกันภัยได้

2.1 อุปกรณ์ป้องกันหน้า (face protection or face shield)

เมื่อทำงานกับสารเคมีอันตราย ต้องใส่หน้ากากป้องกันการกระเด็นของสารเคมีโดนใบหน้า ซึ่งสามารถใช้ร่วมกันกับแว่นตาได้ หน้ากากป้องกันใบหน้าบางประเภท เช่น หน้ากากที่มีกระบังหน้าเลนส์ใส

รูปที่ 5 หน้ากากนิรภัย

1) อุปกรณ์ป้องกันตา (eye protection) ควรสวมใส่เพื่อป้องกันดวงตาจากอนุภาค แก้ว เศษเหล็ก และสารเคมี ลักษณะของแว่นตาที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมี 2 ประเภท คือ

1.1) แว่นตากันไอระเหย/ฝุ่น/ลม (goggle) เป็นแว่นตาที่ป้องกันตาและพื้นที่บริเวณรอบดวงตาจากอนุภาค ของเหลวติดเชื้อ หรือสารเคมี/ไอสารเคมี

รูปที่ 6 แว่นตากันไอระเหย

1.2) แว่นตานิรภัย (safety glasses) จะคล้ายกับแว่นตาปกติที่มีเลนส์ซึ่งทนต่อการกระแทกและมีกรอบแว่นตาที่แข็งแรงกว่าแว่นตาทั่วไป แว่นตานิรภัยมักมีการชี้บ่งด้วยอักษรเครื่องหมาย "Z87" ตรงกรอบแว่นตาหรือบนเลนส์

รูปที่ 7 แว่นตานิรภัย

2) อุปกรณ์ป้องกันมือ (hand protection) ถุงมือ (gloves) มีหน้าที่ในการป้องกันมือจากสิ่งต่อไปนี้

- สารเคมี สิ่งปนเปื้อนและการติดเชื้อ (เช่น ถุงมือลาเท็กซ์/ถุงมือไวนิล/ถุงมือไนไทรล์)
- ไฟฟ้า เมื่อความต่างศักย์สูงมากเกินไป
- อุณหภูมิที่สูง/ร้อนมาก (เช่น ถุงมือที่ใช้สำหรับตู้อบ)
- อันตรายของเครื่องมือ/เครื่องกล สิ่งของมีคมซึ่งอาจทำให้เกิดบาดแผลได้

การปฏิบัติการทดลองจำเป็นต้องสวมถุงมือ เพราะสารเคมีหลายชนิดทำให้ผิวหนังเกิดอาการระคายเคืองและไหม้ได้ และยังสามารถถูกดูดซึมผ่านผิวหนังได้ด้วย

อัตราการเกิดโรคผิวหนังอักเสบมีมากถึง 40-45% ของโรคที่เกี่ยวข้องกับการทำงานในห้องปฏิบัติการวิจัยที่มีสารเคมีอันตราย การใช้ถุงมือจึงจำเป็นยิ่ง นอกจากนี้สารเคมีพวกไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (dimethyl sulfoxide, DMSO), ไนโตรเบนซีน (nitrobenzene) และตัวทำละลายหลายๆ ชนิดสามารถถูกดูดซึมผ่านผิวหนังและเข้าสู่กระแสโลหิตได้เช่นกัน ซึ่งจะก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพของผู้ที่สัมผัสสารเคมีอันตรายเหล่านั้น

ถุงมือแต่ละชนิดมีสมบัติและอายุการใช้งานแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องพิจารณาเลือกใช้ให้ถูกต้อง เพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด

ตารางที่ 3 ตัวอย่างชนิดของถุงมือและการใช้งาน

วัสดุที่ใช้ทำถุงมือ		การใช้งานทั่วไป
บิวทิล (butyl)		มีความทนทานสูงมากที่สุดต่อการซึมผ่านของแก๊สและไอน้ำ จึงมักใช้ในการทำงานกับสารเคมีพวกเอสเทอร์และคีโตน
นีโอพรีน (neoprene)		มีความทนทานต่อการถลอกและขีดข่วนปานกลาง แต่ทนแรงดึงและความร้อนได้ดี มักใช้งานกับสารเคมีจำพวกกรด สารกัดกร่อน และน้ำมัน
ไนไทรล์ (nitrile)		ถุงมือที่ใช้ทำงานทั่วไปได้ดีมาก สามารถป้องกันสารเคมีพวกตัวทำละลาย น้ำมัน ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมและสารกัดกร่อนบางชนิด และยังทนทานต่อการฉีกขาด การแทงทะลุ และการขีดข่วน
พอลีไวนิลคลอไรด์ (PVC)		ทนทานต่อรอยขีดข่วนได้ดีมาก และสามารถป้องกันมือจากพวกไขมัน กรด และสารเคมีจำพวกปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน
พอลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA)		สามารถป้องกันการซึมผ่านของแก๊สได้ดีมาก สามารถป้องกันตัวทำละลายชนิดแอโรมาติกและคลอรีเนตได้ดีมาก แต่ไม่สามารถใช้กับน้ำหรือสารละลายที่ละลายในน้ำ
ไวทอน (viton)		มีความทนทานต่อตัวทำละลายชนิดแอโรมาติก และคลอริเนตได้ดีเยี่ยม มีความทนทานมากต่อการฉีกขาดหรือการขีดข่วน
ซิลเวอร์ชิลด์ (silver shield)		ทนต่อสารเคมีที่มีพิษและสารอันตรายหลายชนิด จัดเป็นถุงมือที่ทนทานต่อสารเคมีระดับสูงที่สุด
ยางธรรมชาติ		มีความยืดหยุ่นและทนต่อกรด สารกัดกร่อน เกลือ สารลดแรงตึงผิว และแอลกอฮอล์ แต่มีข้อจำกัด เช่น ไม่สามารถใช้กับ chlorinated solvents ได้ และสารบางอย่างสามารถซึมผ่านถุงมือยางได้ เช่น dimethylmercury

3) อุปกรณ์ป้องกันเท้า (foot protection) รองเท้าที่ใช้สวมใส่ในห้องปฏิบัติการ ต้องเป็นรองเท้าที่ปิดนิ้วเท้าและสวมใส่ตลอดเวลา รองเท้าควรทำจากวัสดุที่สามารถทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี ตัวทำละลาย หรือการซึมผ่านของน้ำได้ เช่น รองเท้ายางที่สวมหุ้มรองเท้าธรรมดาและรองเท้าบูท

รูปที่ 8 ตัวอย่างรองเท้าที่ปิดนิ้วเท้า

4) อุปกรณ์ป้องกันร่างกาย (body protection) เสื้อผ้าเพื่อป้องกันร่างกายผู้ปฏิบัติงานไม่ให้สัมผัสกับสิ่งส่งตรวจหรือสารเคมีโดยตรงเมื่ออยู่ในห้องปฏิบัติการต้องสวมเสื้อคลุมปฏิบัติการ (lab coat) ตลอดเวลา เสื้อคลุมปฏิบัติการควรมีความทนทานต่อสารเคมีและการฉีกขาดมากกว่าเสื้อผ้าโดยทั่วไป

- เสื้อกาวน์ (Gown) นิยมใช้มากในห้องปฏิบัติการทั่ว ๆ ไป เป็นเสื้อที่มักสวมใส่เข้าทางด้านหน้าและทำการผูกมัดเชือกทางด้านหลัง
- Lab coat ส่วนมากมีสีขาว เป็นเสื้อมีปก มีกระดุมติดด้านหน้า เหมาะสำหรับห้องปฏิบัติการทั่วไป
- Coverall coat เป็นเสื้อคลุมชนิดคลุมทั้งตัว กางเกงจะเป็นชิ้นเดียวกับตัวเสื้อ ซึ่งกางเกงจะยาวถึงข้อเท้า

“ห้ามสวมเสื้อผ้าที่หลวมไม่พอดีตัว ใหญ่เกินไปหรือรัดมากเกินไป เสื้อผ้าที่มีรอยฉีกขาดอาจทำให้เกิดอันตรายในห้องปฏิบัติการได้ และควรติดกระดุมเสื้อคลุมปฏิบัติการตลอดเวลา”

รูปที่ 9 เสื้อคลุมปฏิบัติการ

5) อุปกรณ์ป้องกันการได้ยิน (hearing protection) เครื่องมือและการทำปฏิบัติการในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่จะไม่เกิดเสียงรบกวนมากจนต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันการได้ยิน ยกเว้นการทดลองกับอุปกรณ์ ultrasonicator ซึ่งมีคลื่นความถี่ของเสียงสูง โดยปกติแล้ว OSHA ได้กำหนดไว้ว่า คนที่ทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีเสียงระดับ 85 เดซิเบล ไม่ควรทำงานเกิน 8 ชั่วโมงต่อวัน

รูปที่ 10 อุปกรณ์ป้องกันการได้ยิน

6) อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ (respiratory protection) ผู้ปฏิบัติการทดลองควรป้องกันการหายใจเอาอนุภาคฝุ่นผงหรือไอสารเคมีเข้าสู่ร่างกายในขณะปฏิบัติงานด้วยการสวมหน้ากากที่สามารถกรองหรือมีตัวดูดจับสิ่งปนเปื้อนก่อนที่จะหายใจเอาอากาศนั้นเข้าสู่ปอด

เอกสารอ้างอิง

1. โครงการปัญหาสิ่งแวดล้อมและวัตถุมีพิษในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเรื่องการจัดการสารเคมีและของเสียอันตรายภายในห้องปฏิบัติการ. พิมพ์ครั้งที่ 12, กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2541.
2. ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. เอกสารประกอบการบรรยายหลักสูตรการอบรมผู้ช่วยปฏิบัติการฟิสิกส์. กรุงเทพมหานคร: 2542.
3. ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. เอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการผู้ช่วยปฏิบัติการวิชาเคมี. กรุงเทพมหานคร: 2542.
4. ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. เอกสารประกอบการอบรมพนักงานวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการชีววิทยา. กรุงเทพมหานคร: 2542.
5. มหาวิทยาลัยมหิดล. ศูนย์บริหารความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม. แนวปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางชีวภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย, 2555.
6. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. ระบบการจัดการความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการที่มีการปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับสารเคมี : ข้อแนะนำทั่วไปเกี่ยวกับหลักการ ระบบ และเทคนิคในทางปฏิบัติ [ออนไลน์].
7. สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. คู่มือความปลอดภัยทางรังสี : การใช้วัสดุกัมมันตรังสีสำหรับงานการฝังวัสดุกัมมันตรังสีแบบถาวร, คปร.1/2557 [ออนไลน์]. กรุงเทพฯ : สำนักงาน, 2557.