การเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี (Chemical Incompatibility) และแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ดร.องอาจ ธเนศนิตย์

ศูนย์ความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จุฬาฯ (23 กุมภาพันธ์ 2566)

การเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี คือ การที่สารเคมีต่างชนิดกัน เมื่อถูกนำมาผสมรวมกัน จะเกิดปฏิกิริยาที่มีความรุนแรง มักมีการคายความร้อนเกิดขึ้นร่วมด้วย บางครั้งอาจให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นก๊าซและมีความเป็นอันตรายในแบบต่าง ๆ อาทิ ไวไฟ เป็นพิษ กัดกร่อน ระเบิดได้ ซึ่งเป็นสาเหตุในการเกิดไฟไหม้ และการระเบิดได้ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงในการเกิดปฏิกิริยา นอกจากจะขึ้นกับสมบัติทางเคมีของสารเคมีแล้ว ยังขึ้นกับความเข้มข้นของสารเคมีด้วย โดยหากสารเคมีที่มีความเข้มข้นสูง ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นก็จะมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นด้วย[1-5] ตัวอย่างเช่น สารประกอบไซยาไนด์ (cyanides) จะเข้ากันไม่ได้กับกรด (acids) เนื่องจากสามารถให้ผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ ซึ่งมีความเป็นพิษ ตัวอย่างของกลุ่มสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดง<u>ตัวอย่าง</u>ของสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้[4]

สารเคมี	**<u>ตัวอย่าง</u>ของสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ ซึ่งไม่ควรผสมหรือจัดเก็บไว้บริเวณใกล้กัน**
Acetic acid	Chromic acid, nitric acid, hydroxyl compounds, ethylene glycol, perchloric acid, peroxides, permanganate
Acetone	Base, oxidizing agents, reducing agents, phosphorous oxychloride
Hydrogen peroxide	Copper, chromium, iron, most metals or their salts, alcohols, acetone, organic materials, aniline, nitromethane, combustible materials
Hydrogen sulfide	Fuming nitric acid, oxidizing gases
Nitric Acid	Acetic acid, aniline, chromic acid, hydrogen sulfide, flammable liquids, flammable gases, copper, brass, any heavy metals
Potassium permanganate	Glycerol, ethylene glycol, benzaldehyde, sulfuric acid
Cyanides	Acids
Flammable liquids	Ammonium nitrate, chromic acid, hydrogen peroxide, nitric acid, sodium peroxide, halogens
Hydrocarbons (such as butane, propane, benzene)	Fluorine, chlorine, bromine, chromic acid, sodium peroxide
Hydrofluoric acid (anhydrous)	Ammonia (aqueous or anhydrous)
Sulfides	Acids
Sulfuric acid	Potassium chlorate, potassium perchlorate, potassium permanaganate (similar compounds of light metals, such as sodium, lithium)

<u>ตัวอย่างของอุบัติเหตุที่เกี่ยวกับสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้</u>

อุบัติเหตุที่เคยเกิดขึ้นในจุฬาฯ

<u>เหตุการณ์ที่ 1 (nitric acid incompatibility, มิถุนายน 2562)</u>

เกิดการระเบิดของภาชนะบรรจุของเสียอันตราย ซึ่งถูกเก็บไว้บริเวณใต้ตู้ดูดควัน หลังเกิดเหตุพบสารเคมีหกรั่วไหล เศษแก้วแตกกระจายและไอสารเคมีฟุ้งกระจายจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม ไม่มีผู้ได้รับบาดเจ็บจากเหตุการณ์ระเบิดในครั้งนี้ สาเหตุเกิดจาก

นักศึกษาฝึกงานได้นำกรดไนตริกที่ไม่ได้ใช้งาน จำนวน 25 mL เทลงในขวดบรรจุของเสียประเภทกรด ซึ่งภายในขวดบรรจุกรดชนิดอื่นที่เข้ากันไม่ได้กับกรดไนตริก จากนั้น ทำการปิดฝาและนำไปเก็บไว้ใต้ตู้ดูดควัน หลังจากเวลาผ่านไป 1.30 ชม ขวดบรรจุของเสียสารเคมีจึงเกิดการระเบิดขึ้น

เหตุการณ์ที่ 2 (acid incompatibility, มิถุนายน 2562)

เกิดการระเบิดของภาชนะบรรจุของเสียอันตราย ซึ่งถูกเก็บไว้ภายในตู้ดูดควัน หลังเกิดเหตุ พบสารเคมีหกรั่วไหลและเศษแก้วแตกกระจายรอบพื้นที่ที่เกิดเหตุ และพบนิสิตท่านหนึ่งได้รับบาดเจ็บจากเศษแก้วที่ทิ่มแทงบริเวณช่องท้อง นิสิตที่ประสบเหตุถูกล้างตัวโดยใช้ฝักบัวฉุกเฉิน และได้รับการปฐมพยาบาลเบื้องต้นก่อนนำส่งโรงพยาบาล สาเหตุของการระเบิดเกิดจาก นิสิตได้เทกรดลงในขวดบรรจุของเสียอันตราย ซึ่งภายในภาชนะบรรจุของเสียอันตรายที่เข้ากันไม่ได้กับกรดชนิดที่เทลงไป (คาดว่าเกิดจากการผสมกันระหว่างกรดไนตริก และสารที่เข้ากันไม่ได้กับกรดไนตริก)

เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในองค์กรอื่น (เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนอกจุฬาฯ)

เหตุการณ์ที่ 3 (bleach incompatibility, n.d.) เกิดขึ้นที่มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง ประเทศสหรัฐอเมริกา[5]

นักวิจัยได้รับบาดเจ็บในช่วงการเตรียม plasmid prep lysis buffer reagent โดยเผลอเท bleach (sodium hypochlorite solution) ลงในสารละลาย buffer ซึ่งมี guanidine hydrochloride เป็นองค์ประกอบ ซึ่งสารดังกล่าวเข้ากันไม่ได้กับ bleach ทำให้เกิดก๊าซคลอรีนจากปฏิกิริยา นักวิจัยที่ปฏิบัติงานได้รับบาดเจ็บจากการสูดดมก๊าซพิษชนิดดังกล่าว

เหตุการณ์ที่ 4 (nitric acid incompatibility, มกราคม 2560) เกิดขึ้นที่มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง ประเทศสหรัฐอเมริกา[6]

เกิดการระเบิดของภาชนะบรรจุของเสียอันตราย สาเหตุเกิดจากนักวิจัยได้เท ether (ประมาณ 24 mL) ลงในภาชนะบรรจุของเสียผิดภาชนะ จากนั้นทำการปิดฝา ซึ่งในเวลาต่อมาขวดบรรจุของเสียสารเคมีได้เกิดการระเบิดขึ้น มีผู้ได้รับบาดเจ็บจากเหตุการณ์จำนวนสองท่าน จากการสืบสวนอุบัติเหตุพบว่า ภาชนะของเสียที่เกิดการระเบิดเป็นภาชนะที่มีการบรรจุของเสียกรดไนตริก

เหตุการณ์ที่ 5 (acid incompatibility, มิถุนายน 2562) เกิดขึ้นที่มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง ประเทศสหรัฐอเมริกา[7]

เกิดการระเบิดของภาชนะบรรจุของเสียอันตราย ณ จุดเกิดเหตุ พบสารเคมีหกรั่วไหล เศษแก้วแตกกระจายและไอสารเคมีฟุ้งกระจายจำนวนมาก ฉลากภาชนะบรรจุของเสียอันตราย มีการระบุองค์ประกอบของของเสียสารเคมี ได้แก่ กรดไนตริก 50%, กรดซัลฟูริก 25% และ กรดไฮโดรคลอริก 25% สาเหตุอาจเกิดจาก

- มีการผสมของสารอินทรีย์ปนเปื้อน (contaminants as organic compounds) ซึ่งเป็นสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ กับกรดผสมที่ใช้งาน (กรดไนตริก 50%, กรดซัลฟูริก 25% และ กรดไฮโดรคลอริก 25%) ซึ่งการปนเปื้อนอาจเกิดขึ้นจาก
    - การล้างภาชนะบรรจุของเสียสารเคมีก่อนการใช้งานที่ไม่สะอาด ซึ่งอาจมีสารเคมีเดิมของภาชนะนั้นเหลือคง
    - กรดผสมถูกใช้งานล้างภาชนะที่มีสารอินทรีย์ปนเปื้อนซึ่งมีปริมาณมากเกินไป

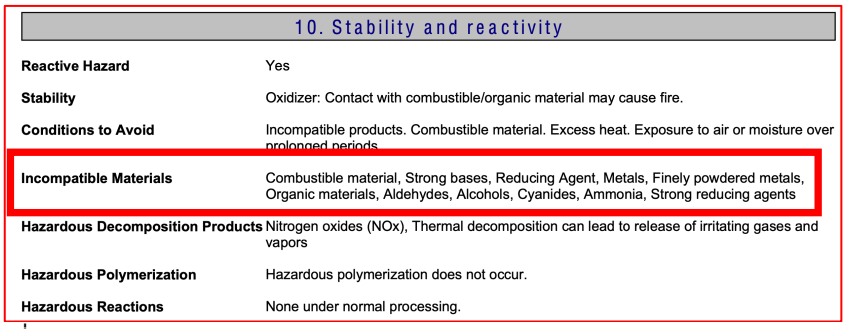
ตัวอย่าง VDO แสดงอันตรายจากสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ (เช่น กรดไนตริก + เอทานอล)

ORS Safety Training-Northwestern U. (2016) “Nitric acid Waste” [online VDO] Available at: https://vimeo.com/163014970 [Accessed 23 February 2023]

สำหรับข้อมูลการเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี สามารถค้นหาได้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

- จากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของสาร (Safety Data Sheet, SDS) โดยข้อมูลการเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี จะมีแสดงไว้ในหัวข้อที่ 10 ความเสถียรและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and reactivity) ดังแสดงในภาพที่ 1 เอกสารข้อมูลความปลอดภัยของสาร เป็นเอกสารที่ผู้ขายสารเคมีจะต้องจัดหาและส่งมอบให้แก่ผู้ซื้อสารเคมี สำหรับนำไปใช้บริหารความเสี่ยงในการทำงานกับสารเคมี

ภาพที่ 1 แสดงข้อมูลการเข้ากันไม่ได้ของสารเคมีของกรดไนตริก จากเอกสารข้อมูลความปลอดภัย (SDS)



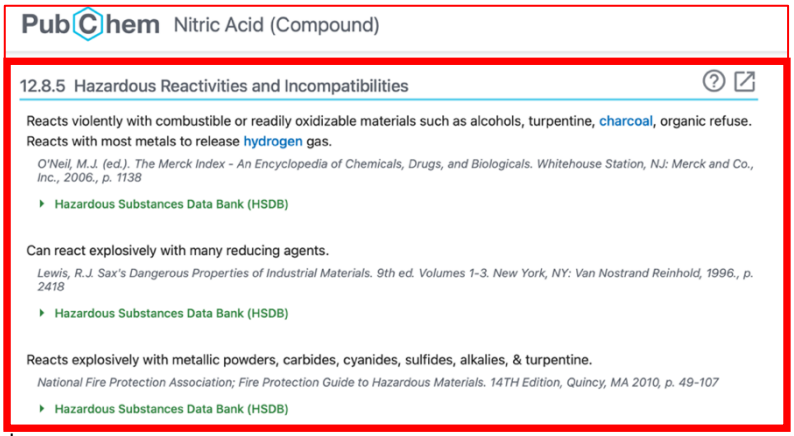
10. Stability and reactivity

Reactive Hazard	Yes
Stability	Oxidizer: Contact with combustible/organic material may cause fire.
Conditions to Avoid	Incompatible products. Combustible material. Excess heat. Exposure to air or moisture over prolonged periods.
Incompatible Materials	Combustible material, Strong bases, Reducing Agent, Metals, Finely powdered metals, Organic materials, Aldehydes, Alcohols, Cyanides, Ammonia, Strong reducing agents
Hazardous Decomposition Products	Nitrogen oxides (NOx), Thermal decomposition can lead to release of irritating gases and vapors
Hazardous Polymerization	Hazardous polymerization does not occur.
Hazardous Reactions	None under normal processing.

(ที่มาของภาพ: https://www.fishersci.com/msds?productName=A467250%26productDescription=NITRIC)

- จากฐานข้อมูลที่เชื่อถือได้ เช่น
  - ฐานข้อมูล PubChem ของสถาบันสุขภาพแห่งชาติ (National Institutes of Health-NIH) ของประเทศสหรัฐอเมริกา (www.pubchem.com) ใน section 12.8.5 Hazardous reactivities and incompatibility ดังแสดงในภาพที่ 2

ภาพที่ 2 แสดงข้อมูลการเข้ากันไม่ได้ของสารเคมีของกรดไนตริก จากฐานข้อมูล PubChem (section 12.8.5)



PubChem Nitric Acid (Compound)

12.8.5 Hazardous Reactivities and Incompatibilities

Reacts violently with combustible or readily oxidizable materials such as alcohols, turpentine, charcoal, organic refuse.
Reacts with most metals to release hydrogen gas.

O'Neil, M.J. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., 2006., p. 1138

Hazardous Substances Data Bank (HSDB)

Can react explosively with many reducing agents.

Lewis, R.J. Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 9th ed. Volumes 1-3. New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1996., p. 2418

Hazardous Substances Data Bank (HSDB)

Reacts explosively with metallic powders, carbides, cyanides, sulfides, alkalies, & turpentine.

National Fire Protection Association; Fire Protection Guide to Hazardous Materials. 14TH Edition, Quincy, MA 2010, p. 49-107

Hazardous Substances Data Bank (HSDB)

(ที่มาของภาพ: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/944#section=Reactivity-Profile)

ในกรณีที่ต้องการเปรียบเทียบความเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี ๆ จำนวนหลายชนิด (ในครั้งเดียวพร้อมๆ กัน) สามารถใช้ฐานข้อมูล CAMEO Chemicals (https://cameochemicals.noaa.gov) ซึ่งถูกพัฒนาโดย National Oceanic and Atmospheric Administration และ Environmental Protection Agency ของประเทศสหรัฐอเมริกา

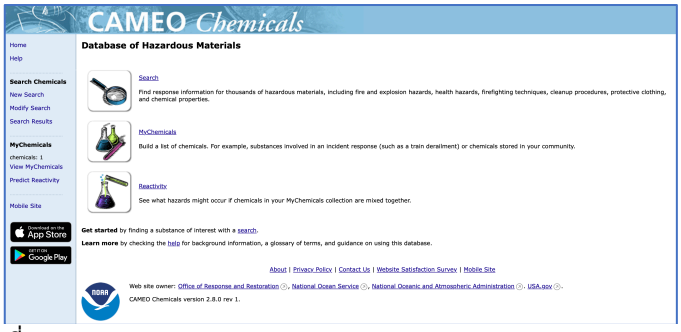
สำหรับตัวอย่างนี้ จะทำการเปรียบเทียบการเข้ากันไม่ได้ของสารเคมีจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ 1) กรดไนตริก 2) กรดซัลฟูริก และ 3) กรดไฮโดรคลอริก โดยใช้ฐานข้อมูล CAMEO Chemicals ดังรายละเอียด

<u>ขั้นตอนการใช้ฐานข้อมูล CAMEO Chemicals เพื่อเปรียบเทียบความเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี</u>

1) เข้าไปที่ฐานข้อมูล CAMEO Chemicals โดยเข้าที่website: https://cameochemicals.noaa.gov

2) กด click ที่คำว่า “search” ดังแสดงในภาพที่ 3

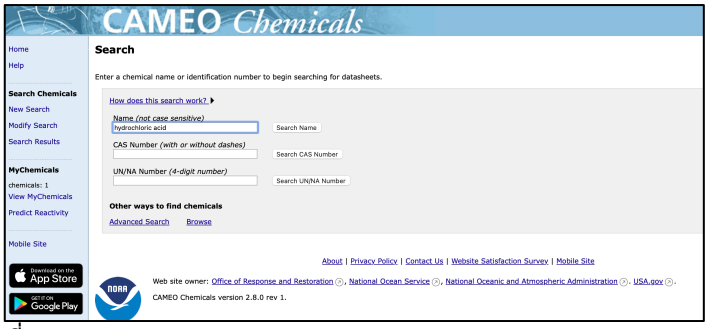
ภาพที่ 3 แสดงข้อมูลภายในโปรแกรม CAMEO Chemicals (หน้าแรกในการใช้งาน)



(ที่มาของภาพ: https://cameochemicals.noaa.gov)

3) พิมพ์ชื่อสารเคมี หรือ CAS number หรือ UN/NA number ของสารเคมีที่ต้องการค้นหา (สำหรับตัวอย่างนี้ จะเริ่มค้นหาจากกรดไฮโดรคลอริกก่อน ดังนั้น พิมพ์คำว่า “hydrochloric acid” ลงในช่อง “name”) จากนั้นทำการ click ที่ “search name” ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4

ภาพที่ 4 แสดงข้อมูลภายในโปรแกรม CAMEO Chemicals เกี่ยวข้องกับการสืบค้นข้อมูลสารเคมี



(ที่มาของภาพ: https://cameochemicals.noaa.gov/search/simple)

4) รายการของสารเคมีชนิดต่าง ๆ ที่มีชื่อ matching กับชื่อที่ใช้ค้นหาจะปรากฏขึ้น หลังจากนั้น ให้เลือกชื่อของสารเคมีที่ต้องการ และ click ที่ “Add to MyChemicals” บริเวณด้านใต้ชื่อของสารเคมีชนิดนั้น เพื่อบันทึกข้อมูลสารเคมีสำหรับนำมาประเมินอันตรายของการเข้ากันไม่ได้ของสารเคมีกับสารเคมีที่ต้องการเปรียบเทียบ (โดยหลังจากการเพิ่มชนิดของสารแล้ว ให้สังเกตที่ toolbar บริเวณด้านข้าง ในหัวข้อ “chemicals” ใน “MyChemicals” จะมีตัวเลขแสดงจำนวนสารเคมีที่ได้ถูกบันทึก)

5) ให้ click ไปที่ “Modify Search” ในแถบ toolbar ด้านข้าง เพื่อกลับเข้าสู่เมนูเริ่มต้น จากนั้นทำซ้ำในข้อ 2-5 ตามลำดับ โดยค้นหาและบันทึกข้อมูลสารเคมีตัวอื่น ๆ ที่ต้องการเปรียบเทียบให้ครบถ้วน (สำหรับตัวอย่างนี้ จะค้นหาและบันทึกข้อมูลของกรด ไนตริก และ กรดซัลฟูริก ตามลำดับ จนครบถ้วนสมบูรณ์)
6) หลังจากที่เพิ่มข้อมูลของสารได้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว ให้ click ไปที่ “Predict Reactivity” เพื่อประเมินอันตรายต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในกรณีที่สารเคมีเกิดการผสมกัน (โดยโปรแกรมจะทำการเปรียบเทียบสารเคมีออกเป็นคู่ ๆ) ดังแสดงในภาพที่ 5

ภาพที่ 5 แสดงข้อมูลภายในโปรแกรม CAMEO Chemicals เกี่ยวข้องกับความเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี

	HYDROCHLORIC ACID, SOLUTION	
SULFURIC ACID	**Incompatible** ■ Corrosive Explosive Flammable Generates gas Generates heat Intense or explosive reaction Toxic	SULFURIC ACID
NITRIC ACID, RED FUMING	**Incompatible** ■ Corrosive Explosive Flammable Generates gas Generates heat Intense or explosive reaction Toxic	**Caution** ■ Potentially hazardous

(ที่มาของภาพ: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/944#section=Reactivity-Profile)

จากภาพที่ 5 พบว่าโปรแกรมได้ทำการเปรียบเทียบความเข้ากันไม่ได้ของสารเคมีทั้งสามชนิด ได้แก่ 1) กรดไนตริก 2) กรดซัลฟูริก และ 3) กรดไฮโดรคลอริก โดยเปรียบเทียบการเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี ออกเป็นคู่ของสารเคมี ได้แก่ 1) กรดไฮโดรคลอริก กับ กรดซัลฟูริก 2) กรดไฮโดรคลอริก กับ กรดไนตริก และ 3) กรดไนตริก กับ กรดซัลฟูริก โดยจะขอยกตัวอย่างผลจากตาราง ระหว่างกรดไฮโดรคลอริก กับ กรดซัลฟูริก โดยพบว่ากรดทั้งสองชนิดเป็นสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ (incompatible) หากผสมกันแล้ว อาจเกิดอันตราย อาทิ สามารถให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นอันตรายต่าง ๆ เช่น มีฤทธิ์กัดกร่อน (corrosive) ระเบิดได้ (explosive) ไวไฟ (flammable) เป็นพิษ (toxic) ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นอาจเป็นก๊าซ (generates gas) มีการคายความร้อนจากปฏิกิริยา (generates heat) รวมทั้ง ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอาจมีความรุนแรงหรือสามารถระเบิดได้ (intense or explosive reaction) เป็นต้น

ดังนั้น ผู้ปฏิบัติงานที่ทำงานเกี่ยวข้องโดยตรงกับสารเคมีอันตรายจำเป็นที่จะต้องทราบข้อมูลการเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี และ**พึงปฏิบัติตามข้อแนะนำเบื้องต้น**ดังต่อไปนี้

- หลีกเลี่ยงไม่นำสารที่เข้ากันไม่ได้มาจัดวางเก็บไว้ใกล้กัน
- ไม่เคลื่อนย้ายสารที่เข้ากันไม่ได้ไปพร้อม ๆ กัน
- หลีกเลี่ยงนำสารหรือของเสียสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ผสมรวมกัน หากมีความจำเป็นต้องปฏิบัติ เช่น การเตรียมสารละลาย Aqua Regia, Piranha ต้องทำตามวิธีการและหลักการที่ถูกต้องอย่างเคร่งครัด (โดยอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้)
- ต้องเตรียมพร้อมและมีมาตรการรองรับหากมีเหตุฉุกเฉินใด ๆ เกิดขึ้นเนื่องจากอุบัติเหตุจากการเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี

ซึ่งจะช่วยลดโอกาสเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากกิจกรรมต่าง ๆ ในการทำงาน เช่น การจัดเก็บ การใช้งาน การเคลื่อนย้าย การกำจัดสารเคมี รวมทั้งช่วยเสริมสร้างความปลอดภัยในการทำงาน ซึ่งก่อประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ต่อผู้ปฏิบัติงาน ผู้ที่เกี่ยวข้องในการทำงาน หน่วยงาน องค์กร รวมทั้ง สังคมและสิ่งแวดล้อมได้

<u>เอกสารอ้างอิง</u>

1. องอาจ ธเนศนิตย์ (2566) “การเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี” *ข่าวสารความปลอดภัยด้านเคมีวัตถุ*, 28(1), น. 5-8.

2. National Research Council (2011). *Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Management of Chemical Hazards*, updated version.

3. EHS-Standford U. (2020) *Chemical Incompatibility Guide* [online], Available at: https://ehs.stanford.edu/forms-tools/chemical-incompatibility-guide [Accessed 23 February 2023]

4. EHS-Harvard U. (2013) *Chemical Hygiene Plan* [online], Available at: https://www.ehs.harvard.edu/sites/default/files/chemical_hygiene_plan.pdf [Accessed 23 February 2023]

5.EHS-Duke U. (n.d.) *Lesson Learned; Chemical Incompatibility* [online], Available at: https://www.safety.duke.edu/sites/default/files/Chemical-Incompatibility-Information-Sheet.pdf [Accessed 23 February 2023]

6. KTVB7 (2017) *Students Evaluated after Chemical Explosion in Boise State Lab* [online], Available at: https://www.ktvb.com/article/news/local/students-evaluated-after-chemical-explosion-in-boise-state-lab/277-38724518 [Accessed 23 February 2023]

7. The UC Center for the Laboratory Safety (n.d.) *Chemical Waste bottle exploded in Lab* 2023, [online], Available at: https://cls.ucla.edu/chemical-waste-bottle-exploded-lab [Accessed 23 February 2023]