

# เคมีอินทรีย์

## Organic Chemistry

อ.ดร. จตุรงค์ สุภาพพร้อม

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ใช้ในการประกอบการเรียน การสอน เพื่อการศึกษา

เคมีอินทรีย์

### เอกสารอ้างอิง

- ทบวงมหาวิทยาลัย เคมี เล่ม 2 สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์ กรุงเทพฯ 2529.
- [http://www.chem.neu.edu/courses/reiff/download/Blb\\_Chpt07.ppt](http://www.chem.neu.edu/courses/reiff/download/Blb_Chpt07.ppt)
- กฤษณา ชูติมา, หลักเคมีทั่วไป เล่ม 1, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- Raymond Chang, Chemistry, 5th ed., New Jersey : McGraw Hill, 1994.
- J.W. Hill, R.H. Petrucci, T.W. McCreary and S.S. Perry, General Chemistry, 4th ed., Pearson Prentice Hall, 2005.
- เอกสารประกอบการสอนวิชาเคมีทั่วไป ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, [http://www.chemistry.sc.chula.ac.th/course\\_info/2302127/2302127.htm](http://www.chemistry.sc.chula.ac.th/course_info/2302127/2302127.htm)
- สื่อการสอนออนไลน์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร <http://www.sci.nu.ac.th/chemistry/elearning/E%20Learning/Principle%20Chemistry.htm>

## เคมีอินทรีย์

- ความรู้เบื้องต้นของสารอินทรีย์
- การอ่านชื่อสารอินทรีย์
- ไอโซเมอริซึม
- หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์
- ปฏิกริยาของสารอินทรีย์

## เคมีอินทรีย์

สารอินทรีย์ คือสารประกอบที่มีอยู่ในกระบวนการ metabolism ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งรวมไปถึงอนุพันธ์ของสารประกอบเหล่านี้ด้วย โดยปรกติสารอินทรีย์จะมีองค์ประกอบหลักเป็นธาตุคาร์บอน และอาจจะมีธาตุอื่นรวมอยู่ด้วย เช่น H หรือ O หรือ N เป็นต้น

C H O N

## เคมีอินทรีย์

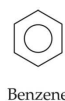
ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่า สารประกอบอินทรีย์ก็คือ **สารประกอบของคาร์บอน** ยกเว้น

- ธาตุคาร์บอน เช่น เพชร, แกรไฟต์, C60, Carbon Nano เป็นต้น
- สารประกอบโลหะคาร์ไบด์ (metal carbide) เช่น  $\text{Ca}_2\text{C}$ ,  $\text{Mg}_2\text{C}$  เป็นต้น
- สารประกอบออกไซด์ของคาร์บอน เช่น  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  เป็นต้น
- สารประกอบกรดคาร์บอนิกและเกลือ (carbonic acid, bicarbonate salt, carbonate salt) เช่น  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$  เป็นต้น
- สารประกอบเกลือ cyanide, cyanate และ thiocyanate เช่น  $\text{KCN}$ ,  $\text{NaOCN}$ ,  $\text{NH}_4\text{SCN}$

## ประเภทของสารอินทรีย์

1. สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon Compounds) คือ สารประกอบที่มีธาตุคาร์บอน (C) และไฮโดรเจน (H) เท่านั้นเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

|                     |                            |   |                                                      |
|---------------------|----------------------------|---|------------------------------------------------------|
| ALKANE<br>Ethane    | $\text{CH}_3\text{CH}_3$   | } | ไฮโดรคาร์บอนชนิดอิ่มตัว (Saturated Hydrocarbon)      |
| ALKENE<br>Ethylene  | $\text{CH}_2=\text{CH}_2$  |   |                                                      |
| ALKYNE<br>Acetylene | $\text{CH}\equiv\text{CH}$ | } | ไฮโดรคาร์บอนชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated Hydrocarbon) |
| AROMATIC<br>Benzene | $\text{C}_6\text{H}_6$     |   |                                                      |



2. สารอินทรีย์อื่นๆ คือ สารประกอบที่นอกจากจะมีธาตุ C และ H แล้ว ยังอาจมีธาตุ O, N หรือธาตุอื่นๆ เป็นองค์ประกอบด้วยได้แก่

มี CHO เป็นองค์ประกอบ

กรดอินทรีย์

แอลกอฮอล์

อีเทอร์

เอสเทอร์

แอลดีไฮด์

คีโตน

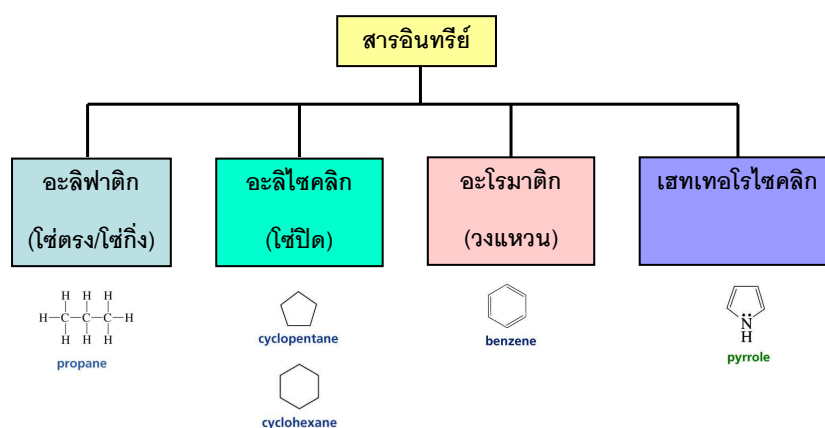
มี CHN เป็นองค์ประกอบ

เอมีน

เอไมด์ (CHON)

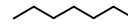
## ประเภทของสารอินทรีย์

การแบ่งสารอินทรีย์ตามโครงสร้างของโมเลกุล มี 4 ประเภท คือ



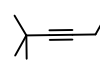
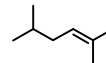
**2.1 สารประกอบอะลิฟาติก (Aliphatic compounds)** คือ สารประกอบที่มีโครงสร้างเป็นแบบโซ่เปิด

- โซ่ตรง = C อะตอมจะต่อกันเป็นโซ่ยาวหรือโซ่ตรง



- โซ่กิ่ง = C อะตอมบางอะตอมจะแยกออกจากโซ่ยาวมาเป็นกิ่ง

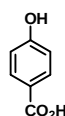
เช่น แอลเคน แอลคีน แอลไคน์



**2.2 สารประกอบอะลิไซคลิก (Alicyclic compounds)** คือ สารประกอบที่มีโครงสร้างเป็นแบบโซ่ปิด หรือเป็นวง อาจจะเป็นสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม หรือห้าเหลี่ยมก็ได้ เช่น ไซโคลแอลเคน ไซโคลแอลคีน ไซโคลแอลไคน์



**2.3 สารประกอบอะโรมาติก (Aromatic compounds)** คือ สารประกอบที่มีวงแหวน เช่น เบนซีน :  $C_6H_6$  เช่น เบนซีน และอนุพันธ์ของเบนซีน



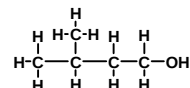
**2.4 สารประกอบเฮเทอโรไซคลิก (Heterocyclic compounds)** คือ สารประกอบที่มีอะตอมของคาร์บอนต่อกันเป็นวง โดยมีอะตอมของธาตุอื่น เช่น  $C_5H_5N$  (pyridine)



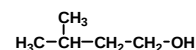
## การเขียนสูตรโครงสร้างในสารประกอบอินทรีย์

สูตรโครงสร้างในสารประกอบอินทรีย์มี 4 แบบ คือ

- สูตรโครงสร้างแบบเส้น



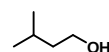
- สูตรโครงสร้างแบบลิวอิสผสมแบบย่อ



- สูตรโครงสร้างแบบย่อ



- สูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุม



## การแบ่งประเภทของสารอินทรีย์ตามหมู่ฟังก์ชัน

| ประเภท          | หมู่ฟังก์ชัน |                                  |                                             | ตัวอย่างสารประกอบ                                          |
|-----------------|--------------|----------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                 | ชื่อ         | สูตรโครงสร้าง                    | สูตรทั่วไป                                  |                                                            |
| 1. ไฮโดรคาร์บอน |              |                                  |                                             |                                                            |
| ก. แอลเคน       | พันธะเดี่ยว  | $\text{C}-\text{C}$              | $\text{RC}-\text{CR}'$                      | $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$                           |
| ข. แอลคีน       | พันธะคู่     | $>\text{C}=\text{C}<$            | $\text{RC}=\text{CR}'$                      | $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$                           |
| ค. แอลไคน์      | พันธะสาม     | $-\text{C}\equiv\text{C}-$       | $\text{R}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{R}'$ | $\text{HC}\equiv\text{CH}$                                 |
| ง. อะโรแมติก    | วงเบนซีน     |                                  |                                             |                                                            |
| 2. เฮไลด์       | เฮไลด์       | $-\text{X}$ (X = Cl, Br, I, )    | $\text{R}'-\text{X}$                        | $\text{CH}_3-\text{Cl}$                                    |
| 3. แอลกอฮอล์    | ไฮดรอกซิล    | $-\text{OH}$                     | $\text{R}-\text{OH}$                        | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$                        |
| 4. อีเทอร์      | ออกซิ        | $-\text{O}-$                     | $\text{R}'-\text{O}-\text{R}$               | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ |
| 5. เอมีน        | อะมิโน       | $-\text{NR}_2$ (R เป็น H หรือ R) | $\text{R}'-\text{NR}_2$                     | $\text{CH}_3-\text{NH}_2$                                  |

### การแบ่งประเภทของสารอินทรีย์ตามหมู่ฟังก์ชัน

| ประเภท         | หมู่ฟังก์ชัน     |                                                                                                                     |                                                                                                                                     | ตัวอย่างสารประกอบ                                                                                                                                |
|----------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | ชื่อ             | สูตรโครงสร้าง                                                                                                       | สูตรทั่วไป                                                                                                                          |                                                                                                                                                  |
| 6. แอลดีไฮด์   | คาร์บอกซาลดีไฮด์ | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$                                          | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$                                                  | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$                                                               |
| 7. คีโตน       | คาร์บอนิล        | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}- \end{array}$                                                  | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}'-\text{C}-\text{R}' \end{array}$                                                | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$                                                         |
| 8. กรดอินทรีย์ | คาร์บอกซิล       | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$                                         | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$                                                 | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{OH} \end{array}$                                                           |
| 9. เอไมด์      | เอไมด์           | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$                                       | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$                                               | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$                                                         |
| 10. เอสเทอร์   | คาร์บอกซิเลต     | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$                                         | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{OR} \end{array}$                                                 | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{OCH}_3 \end{array}$                                                        |
| 11. แอนไฮไดรต์ | แอนไฮไดรต์       | $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ -\text{C}-\text{O}-\text{C}- \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{R} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$ |
| 12. ไนไตรล์    | ไซยาไนด์         | $-\text{C}\equiv\text{N}$                                                                                           | $\text{R}-\text{CN}$                                                                                                                | $\text{CH}_3-\text{CN}$                                                                                                                          |

13

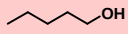
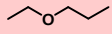
### ไอโซเมอริซึม (Isomerism)

Isomer คือ สารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีสูตรโครงสร้างที่ต่างกัน ซึ่งจะทำให้สารนั้นมีสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีที่ต่างกันไปด้วย สามารถแบ่งประเภทของ isomer ได้ดังต่อไปนี้

| Stereoisomer                                                           | Constitutional isomer (Structural isomer)  |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Enantiomer                                    | <input type="checkbox"/> Functional isomer |
| <input type="checkbox"/> Diastereoisomer                               | <input type="checkbox"/> Positional isomer |
| <input type="checkbox"/> Geometrical isomer ( <i>cis-trans</i> isomer) | <input type="checkbox"/> Skeleton isomer   |

ในที่นี้จะสนใจเฉพาะ constitutional isomer หรือ ไอโซเมอร์เชิงโครงสร้างเท่านั้น โดยจะยกตัวอย่างจากโมเลกุล  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$  โดยจะแสดงโครงสร้างบางโครงสร้างที่เป็นไอโซเมอร์กันได้ดังต่อไปนี้

14

|                                                           |                                                                                    |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Functional isomer<br>: มีหมู่ฟังก์ชันแตกต่างกัน           |  |  |
| Positional isomer<br>: มีตำแหน่งของหมู่ฟังก์ชันแตกต่างกัน |   |  |
| Skeleton isomer<br>: มีหมู่แทนที่แตกต่างกัน               |   |  |

## Geometrical isomer (cis-trans isomer)

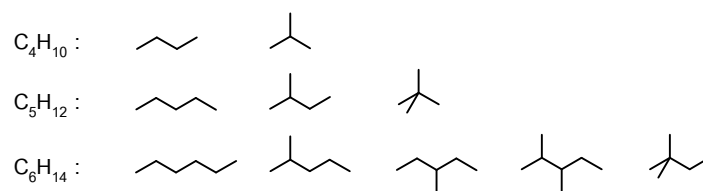


6, 33, 42

15

## ตารางแสดงจำนวนไอโซเมอร์ที่ควรทราบ

| จำนวน C ในโมเลกุล | แอลเคน ( $C_nH_{2n+2}$ ) | แอลคีน ( $C_nH_{2n}$ ) | แอลไคน์ ( $C_nH_{2n-2}$ ) |
|-------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|
| 4                 | 2                        | 3                      | 2                         |
| 5                 | 3                        | 5                      | 3                         |
| 6                 | 5                        | 13                     | 7                         |



16



## การเรียกชื่อสารอินทรีย์

การเรียกชื่อสารอินทรีย์แบ่งเป็น 2 ระบบ

### 1. ชื่อสามัญ (Common name)

ไม่มีกฎเกณฑ์ที่แน่นอน อาจเรียกชื่อตามสิ่งที่พบหรือตามสถานที่พบ หรือผันจากสารที่มีโครงสร้างใกล้เคียงกัน มักใช้เรียกสารที่ค้นพบในอดีต และยังคงเรียกอยู่ด้วยความคุ้นเคย เช่น กรดน้ำส้ม กรดมด

### 2. ระบบ IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)

สัมพันธ์กับชนิดและสูตรโครงสร้างของสารและมีการเรียกอย่างเป็นระบบ และมีกฎเกณฑ์ที่แน่นอน จึงทำให้ง่ายแก่การจดจำ ซึ่งยังคงใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้

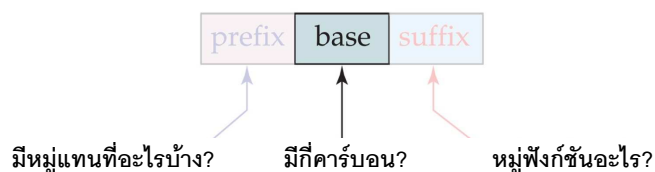
## การเรียกชื่อตามระบบ IUPAC

หลักเกณฑ์ทั่วไปในการเรียกชื่อ คือ ให้แบ่งการเรียกชื่อสารอินทรีย์ออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 เป็นชื่อโครงสร้างหลัก (basic unit หรือ parent name)

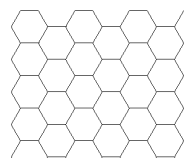
ส่วนที่ 2 เป็นคำลงท้าย (suffix)

ส่วนที่ 3 เป็นคำนำหน้า (prefix)



## จำนวนนับในเคมีอินทรีย์

- C1 = meth Mother
- C2 = eth Eat (Enjoy)
- C3 = prop Peanut
- C4 = but BUTter
- C5 = pent PENTagon
- C6 = hex HEXagon
- C7 = hept HEPTember (Roman = Sept / Greek = Hept)
- C8 = oct OCTober
- C9 = non NONember (Roman = Nov / Greek = Non)
- C10 = dec DECember



## จำนวนนับในเคมีอินทรีย์

- C11 Undec
- C12 Dodec
- C13 Tridec
- C14 Tetradec
- C15 Pentadec
- C16 Hexadec
- C17 Heptadec
- C18 Octadec
- C19 Nonadec
- C20 Eicos



| name    | Kekulé structure | condensed structure                                             | ball-and-stick model |
|---------|------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------|
| methane |                  | CH <sub>4</sub>                                                 |                      |
| ethane  |                  | CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>                                 |                      |
| propane |                  | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>                 |                      |
| butane  |                  | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> |                      |

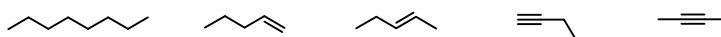
ส่วนที่ 1 ชื่อโครงสร้างหลัก (Basic unit) เลือกใช้อะตอมของคาร์บอนที่ **ยาวที่สุด**

ส่วนที่ 2 คำลงท้าย (Suffix unit) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

2.1 บอกลักษณะของสายโซ่คาร์บอนโดยเขียนต่อจากชื่อหลัก

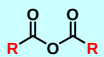
| ชนิดของสายโซ่คาร์บอน | คำลงท้าย | โครงสร้าง                                       | ชื่อ    |
|----------------------|----------|-------------------------------------------------|---------|
| alkane               | -ane     | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> | propane |
| alkene               | -ene     | CH <sub>2</sub> =CHCH <sub>3</sub>              | propene |
| alkyne               | -yne     | HC≡CCH <sub>3</sub>                             | propyne |

Try this!!



ส่วนที่ 2 คำลงท้าย (Suffix unit) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

2.2 บอกลักษณะของหมู่ฟังก์ชันหลัก โดยเขียนต่อจากคำลงท้าย ส่วนที่ 1 โดยตัด e ออกก่อน

| หมู่ฟังก์ชัน                                                                      | คำลงท้าย       | ตัวอย่าง                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | -oic acid      | CH <sub>3</sub> COOH (ethanoic acid)<br>หรือ (acetic acid)                                     |
|  | -oic anhydride | CH <sub>3</sub> CO-O-COCH <sub>3</sub> (ethanoic anhydride)<br>หรือ (acetic anhydride)         |
|  | alkyl -oate    | CH <sub>3</sub> CO-O-CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> (ethyl ethanoate)<br>หรือ (ethyl acetate) |
|  | -oyl halide    | CH <sub>3</sub> CO-Cl (ethanoyl chloride)<br>หรือ (acetyl chloride)                            |
|  | -amide         | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CO-NH <sub>2</sub> (propanamide)<br>หรือ (ethyl amide)         |

23

| หมู่ฟังก์ชัน                                                                        | คำลงท้าย | ตัวอย่าง                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | -al      | CH <sub>3</sub> -CO-H (ethanal)<br>หรือ (acetaldehyde)                                                    |
|  | -one     | CH <sub>3</sub> -COCH <sub>3</sub> (2-propanone)<br>หรือ (acetone)                                        |
|  | -ol      | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> -OH (ethanol)<br>หรือ (ethyl alcohol)                                     |
|  | -amine   | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> -NH <sub>2</sub> (ethanamine)<br>หรือ (ethyl amine)                       |
|  | -ether   | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> -O-CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> (diethyl ether)                        |
|  | -halide  | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -Br (bromobutane)<br>หรือ (butyl bromide) |

24

ส่วนที่ 3 คำนำหน้า (Prefix unit) ระบุจำนวนและชนิดของหมู่แทนที่ที่ต่ออยู่

ชื่อหมู่แทนที่ (substitute group)

- หมู่แอลคิล (alkyl) เป็นแอลเคนที่ขาดไฮโดรเจนไปหนึ่งอะตอม นิยมเขียนแทนหมู่เหล่านี้ด้วย R
- เรียกชื่อหมู่แอลคิลคล้ายแอลเคน เพียงตัด -ane แล้วเติม -yl แทน

|                                                 |                           |                                      |                                      |
|-------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| $\text{CH}_3-$                                  | $\text{CH}_3\text{CH}_2-$ | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-$ | $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)-$ |
| methyl                                          | ethyl                     | n-propyl                             | isopropyl                            |
| $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$ | $\text{CH}_2=\text{CH}-$  | $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2-$         | $\text{C}_6\text{H}_5-$              |
| n-butyl                                         | vinyl                     | allyl                                | phenyl                               |
| Cl-                                             | Br-                       | $\text{O}_2\text{N}-$                | $\text{H}_2\text{N}-$                |
| chloro                                          | bromo                     | nitro                                | amino                                |
| $\text{CH}_3\text{O}-$                          | HO-                       | NC-                                  |                                      |
| methoxy                                         | hydroxy                   | cyano                                |                                      |

หมู่แทนที่บางชนิดที่ควรรู้จัก

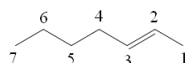
Table 2.2 Names of Some Alkyl Groups

|           |                                                   |                    |                                                              |
|-----------|---------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------|
| methyl    | $\text{CH}_3-$                                    | <i>sec</i> -butyl  | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}-$<br> <br>$\text{CH}_3$     |
| ethyl     | $\text{CH}_3\text{CH}_2-$                         |                    |                                                              |
| propyl    | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-$              |                    |                                                              |
| isopropyl | $\text{CH}_3\text{CH}-$<br> <br>$\text{CH}_3$     | <i>tert</i> -butyl | $\text{CH}_3\text{C}-$<br> <br>$\text{CH}_3$                 |
| butyl     | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$   | pentyl             | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$   |
| isobutyl  | $\text{CH}_3\text{CHCH}_2-$<br> <br>$\text{CH}_3$ | isopentyl          | $\text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CH}_2-$<br> <br>$\text{CH}_3$ |

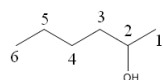
## สรุปหลักการเรียกชื่อสารอินทรีย์

1. เลือกสายโซ่คาร์บอนที่ยาวที่สุดที่มีหมู่ฟังก์ชันอยู่ ใช้อ่าน Basic+Suffix unit
2. การให้เลขตำแหน่ง นับตำแหน่ง C ที่ปลายที่ใกล้กับหมู่ฟังก์ชันที่สุดเป็น C1 แล้วไล่ไปจนถึงอีกปลายหนึ่ง ส่วนหมู่แทนที่ต่างๆ ให้อ่านเป็น Prefix unit
3. ถ้าเลขเท่ากัน ให้ใช้ทิศที่ทำให้เลขตำแหน่งหมู่แทนที่รวมกันน้อยที่สุด
4. เรียงลำดับการอ่านชื่อหมู่แทนที่ ตามตัวอักษร
5. หมู่แทนที่หรือหมู่ฟังก์ชันที่ซ้ำกัน จะใช้คำนำหน้าหมู่นั้นๆ ที่แสดงจำนวนที่ซ้ำกันนั้น เช่น di (2 หมู่) tri (3 หมู่) tetra (4 หมู่) penta (5 หมู่)

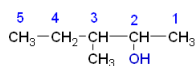
## แบบฝึกหัดการเรียกชื่อสารอินทรีย์



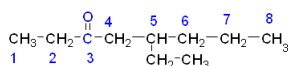
2-heptene



2-hexanol

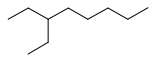


3-methyl-2-pentanol

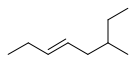


5-ethyl-3-octanone

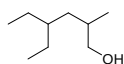
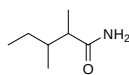
## แบบฝึกหัดการเรียกชื่อสารอินทรีย์



3-ethyloctane

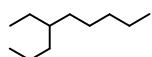


6-methyl-3-octene

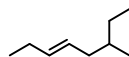
4-ethyl-2-methyl-1-hexanol or  
4-ethyl-2-methylhexanol

2,3-dimethyl-pentanamide

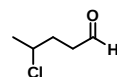
## ตัวอย่างการเรียกชื่อสารอินทรีย์ด้วยระบบ IUPAC



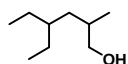
4-ethylnonane



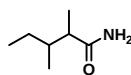
trans-6-methyl-3-octene



4-chloropentanal



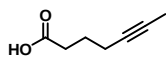
4-ethyl-2-methyl-1-hexanol



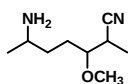
2,3-dimethylpentanamide



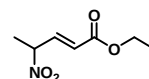
4-methyl-3-penten-2-one



5-heptynoic acid



6-amino-3-methoxy-2-methylheptanenitrile



trans-ethyl 4-nitro-2-pentenoate

### การเรียกชื่อไซโคลแอลเคน (cycloalkane)

- หลักการเช่นเดียวกับแอลเคนโดยเพิ่มคำนำหน้า "cyclo"
- ถ้ามีหมู่แทนที่ 1 หมู่ไม่ต้องระบุตำแหน่งหมู่แทนที่
- ถ้ามีหมู่แทนที่ให้ระบุตำแหน่งหมู่แทนที่ที่เป็นหมู่เล็กด้วยเลขต่ำ แล้วอ่านเรียงตามลำดับตัวอักษร



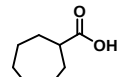
isopropylcyclohexane



2-cyclohexenone



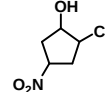
2-methylcyclopentanamine



cycloheptanecarboxylic acid



cyclopropylcyclobutane



2-chloro-4-nitrocyclopentanol

31

### สารอะโรมาติกบางชนิดที่ควรรู้จัก

| โครงสร้าง | ชื่อ                | โครงสร้าง | ชื่อ                 |
|-----------|---------------------|-----------|----------------------|
|           | Toluene             |           | Phenol               |
|           | Styrene             |           | Benzoic acid         |
|           | Xylene              |           | Salicylic acid       |
|           | Aniline             |           | Anisole              |
|           | Benzaldehyde        |           | ortho-dinitrobenzene |
|           | meta-dinitrobenzene |           | para-dinitrobenzene  |

22,31

32



## สมบัติทางกายภาพของสารอินทรีย์

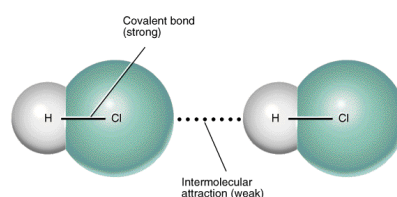
สมบัติทางกายภาพโดยทั่วไป จะหมายรวมถึง สถานะ จุดเดือด จุดหลอมเหลว และความสามารถในการละลาย เป็นต้น ซึ่งสมบัติต่างๆ ดังกล่าว ล้วนเป็นผลมาจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลทั้งสิ้น ดังนั้นสารอินทรีย์จึงสามารถจัดแบ่งประเภทได้ตามแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล และเรียงลำดับจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากไปน้อยของโมเลกุลที่มีขนาดเท่าๆ กัน

- กลุ่มที่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลได้ :  
amide > carboxylic > alcohol > amine
- กลุ่มที่เป็นโมเลกุลมีขั้วสูง เกิดแรงระหว่างขั้วยึดเหนี่ยวกัน :  
ketone > aldehyde > ester > ether
- กลุ่มที่มีขั้วต่ำ หรือไม่มีขั้ว ยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงลอนดอน :  
alkyne > alkane > alkene

33

## แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

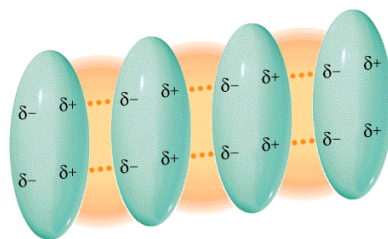
- แรงลอนดอน (London force)
- แรงระหว่างโมเลกุลมีขั้ว-โมเลกุลมีขั้ว (Dipole-dipole interaction)
- พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bonds)



34

### แรงลอนดอน (London force)

แรงแวนเดอร์วาลส์ หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า “Induced dipole-induced dipole force” เป็นแรงที่เกิดระหว่าง “โมเลกุลไม่มีขั้วกับโมเลกุลไม่มีขั้ว” หรือ “โมเลกุลไม่มีขั้วกับโมเลกุลมีขั้ว” ซึ่งเมื่อโมเลกุลมาอยู่ใกล้กัน จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำให้โมเลกุลไม่มีขั้ว มีขั้วขึ้นชั่วคราว โดยยังมีพื้นที่ผิวมากแรงลอนดอนก็ยิ่งมาก

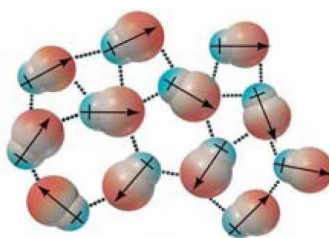


36

35

### แรงระหว่างโมเลกุลมีขั้ว-โมเลกุลมีขั้ว

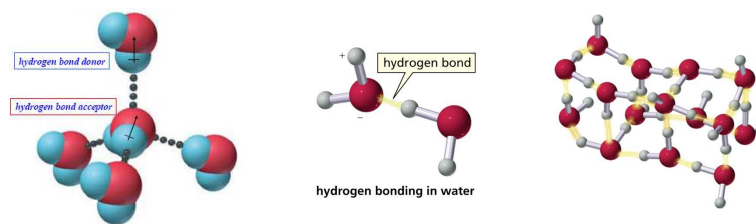
เป็น แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่มีขั้วกับโมเลกุลที่มีขั้ว แรงนี้จะมี ความแข็งแรงกว่าแรงลอนดอน แต่อ่อนกว่าพันธะไอออนิกและ พันธะโคเวเลนต์ และถ้าโมเลกุลมีขั้วมาก ก็จะมีแรงระหว่างโมเลกุล มากขึ้นตามไปด้วย



36

## พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bonds)

พันธะไฮโดรเจนเกิดในโมเลกุลที่อะตอมของไฮโดรเจนต่ออยู่กับ  
อะตอมที่มีค่า EN สูง ได้แก่ F O N



35, 46

37

## จุดเดือด-จุดหลอมเหลว

จุดเดือดจากทุกกลุ่มสารจากมากไปน้อย เมื่อมีขนาดโมเลกุล  
ใกล้เคียงกัน จะสามารถเรียงได้ดังนี้

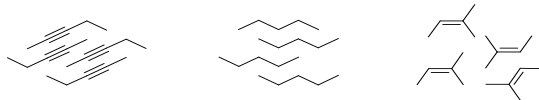
amide > carboxylic acid > alcohol > ketone >  
amine > aldehyde > ester > alkyne > ether >  
alkane > alkene

12, 45

38

ความสามารถในการละลายน้ำนั้น สารในกลุ่มที่ 1 และ 2 สามารถละลายน้ำได้ดีเมื่อมีขนาดโมเลกุลเล็ก และความสามารถในการละลายน้ำจะค่อยๆ ลดลงไปเมื่อขนาดของโมเลกุลใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ

โมเลกุลที่เป็นกิ่งจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลต่ำกว่าโมเลกุลที่เป็นเส้นตรง เพราะการอัดตัวกันเป็นไปได้น้อยกว่า จึงเป็นผลให้โมเลกุลที่มีกิ่งมาก ละลายน้ำได้ง่ายขึ้น และมีจุดเดือด จุดหลอมเหลวต่ำลง

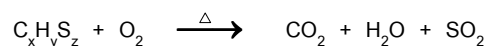
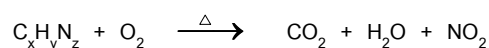
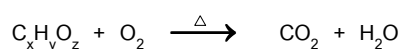
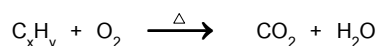


### ปฏิกิริยาเคมีของสารอินทรีย์

- ปฏิกิริยาการเผาไหม้ (Combustion Reaction)
- ปฏิกิริยาการแทนที่ (Substitution Reaction)
- ปฏิกิริยาการเติม (Addition Reaction)
- ปฏิกิริยารีดอกซ์กับโลหะโซเดียม (Redox reaction with Na metal)
- ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรด-เบส (Acid-base neutralization)
- ปฏิกิริยาควบแน่น และ ปฏิกิริยาการแยกออกด้วยน้ำ  
(Condensation-hydrolysis)

## 1. ปฏิกิริยาการเผาไหม้ (Combustion Reaction)

สามารถเกิดได้กับสารอินทรีย์ทุกชนิด โดยเป็นปฏิกิริยา oxidation ด้วย  $O_2$  ซึ่งจะเข้าติดอะตอมของธาตุองค์ประกอบออกมาเป็นสารประกอบออกไซด์ทั้งหมด เช่น



## 1. ปฏิกิริยาการเผาไหม้ (Combustion Reaction)

ความสมบูรณ์ของการเผาไหม้ พิจารณาจากความอึดตัว-ไม่อึดตัวเมื่อปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่เกิดไม่สมบูรณ์ จะเหลือเขม่า และ คาร์บอนดำ ซึ่งก็คือ C เอาไว้ และมี CO ปนออกมาด้วย ซึ่งการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์นั้นเกิดได้จาก

1. สารอินทรีย์ที่มี  $C=C$  หรือ  $C\equiv C$  หรือ วงเบนซีนซึ่งพันธะที่แข็งแรง จะทำให้ไม่สามารถสลายพันธะระหว่างคาร์บอนทั้งหมดได้ จึงเหลือเป็นเขม่า

2. ปริมาณ  $O_2$  น้อยเกินไป

เช่น การเผาในภาชนะปิดที่มี  $O_2$  จำนวนจำกัด

3. สารอินทรีย์ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่มาก

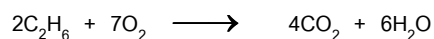
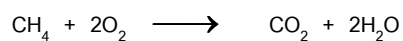
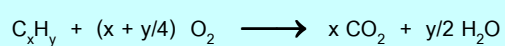
ทำให้  $O_2$  เข้าแทรกทำปฏิกิริยาได้ยาก จึงเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ได้เช่นกัน

## 1. ปฏิกิริยาการเผาไหม้ (Combustion Reaction)

คุณสมบัติของการเผาไหม้ (ไม่มีเขม่า → เขม่ามาก) พิจารณาจากความอึดตัว

แอลเคน → แอลคีน → แอลไคน์ → เบนซีน

สมการการเผาไหม้ของสารอินทรีย์



5

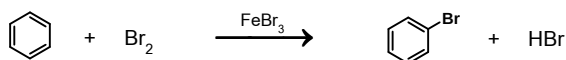
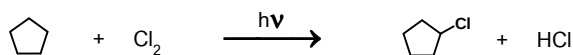
[http://thumbs.dreamstime.com/thumb\\_302/1219318617L675xj.jpg](http://thumbs.dreamstime.com/thumb_302/1219318617L675xj.jpg)

43

## 2. ปฏิกิริยาการแทนที่ (Substitution Reaction)

### 2.1 ปฏิกิริยา halogenation ของ alkane

### 2.2 ปฏิกิริยา halogenation ของ benzene



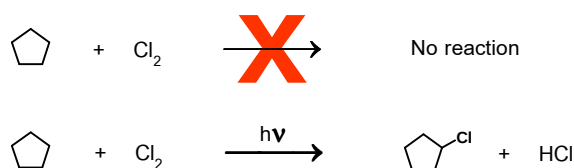
44

## 2. ปฏิกิริยาการแทนที่ (Substitution Reaction)

สารในกลุ่ม alkane เป็นสารที่ไม่มีขั้ว ทำให้ เฉื่อยต่อปฏิกิริยามาก และไม่ค่อยทำปฏิกิริยากับสารอื่น การจะเกิดปฏิกิริยาได้นั้น จะต้องอาศัยสารที่มีความไม่เสถียรสูง ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา มากๆ เข้ามาบังคับให้เกิดปฏิกิริยา

ปฏิกิริยา halogenation ของ alkane นี้ เป็นการแทนที่กันระหว่าง H และ halogen ซึ่งได้แก่ F, Cl, Br และ I เป็นต้น โดยจะต้องมี แสง UV เป็นตัวกระตุ้น ให้เกิดปฏิกิริยา

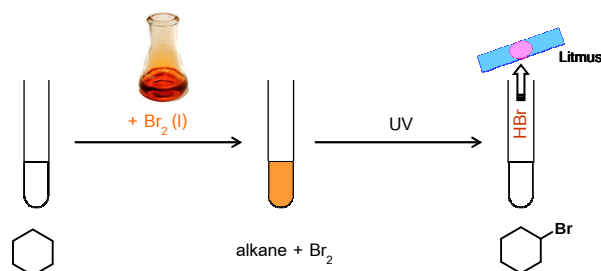
### 2.1 ปฏิกิริยา halogenation ของแอลเคน



ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นผ่าน อนุมูลอิสระ (free radical) หรืออนุภาคที่มี อิเล็กตรอนเดี่ยวของ halogen เช่น  $\cdot\ddot{\text{Cl}}$  เป็นต้น ซึ่งว่องไว ทำให้ สามารถทำปฏิกิริยากับแอลเคนซึ่งเป็นโมเลกุลที่เฉื่อยต่อปฏิกิริยาได้

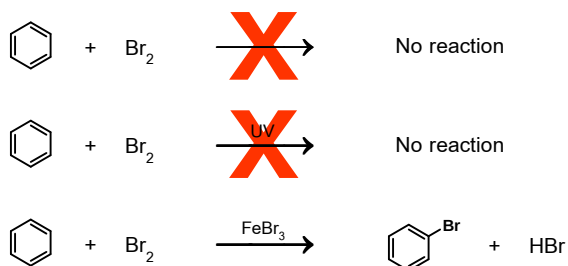
## 2.1 ปฏิกิริยา halogenation ของแอลเคน

ปฏิกิริยานี้เรียกได้ว่าเป็น ปฏิกิริยาการฟอกสีของ halogen เนื่องจาก สีของธาตุ halogen จะหายไปหลังจากเกิดปฏิกิริยาเพราะผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้ง 2 ชนิดไม่มีสี และจะมีก๊าซที่เป็นกรด (HX) สามารถเปลี่ยนสีกระดาษ litmus จากน้ำเงินเป็นแดงได้



## 2.2 ปฏิกิริยา halogenation ของเบนซีน

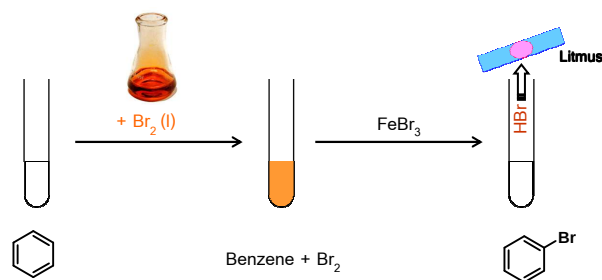
สารในกลุ่ม benzene เป็นสารที่ไม่มีขั้ว และเสถียรมากเนื่องจากสามารถ resonance ได้ทำให้เฉื่อยต่อปฏิกิริยามากกว่าแอลเคน จำเป็นต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจึงจะสามารถเกิดปฏิกิริยาการแทนที่กับ halogen ได้





## 2.2 ปฏิกิริยา halogenation ของเบนซีน

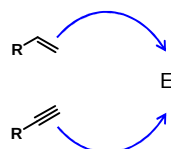
ปฏิกิริยานี้จะคล้ายกับแอลเคน แต่ต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา แทนที่จะใช้แค่แสง UV เท่านั้นโดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้จะแตกต่างกันไปตาม halogen ที่ต้องการจะให้เกิด ปฏิกิริยา คือสำหรับ  $X_2$  จะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น  $FeX_3$  เมื่อ X เป็นธาตุ halogen ใดๆ ส่วน Cl อาจจะใช้  $AlCl_3$  แทนก็ได้



49

## 3. ปฏิกิริยาการเติม (Addition Reaction)

ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นกับพันธะคู่และพันธะสาม (multiple bond) ซึ่งมีอิเล็กตรอนหนาแน่น ดังนั้นสารประกอบในกลุ่ม alkene และ alkyne จะถูกเติมด้วยสารที่ต้องการอิเล็กตรอนมากๆ ได้เป็นอย่างดี และ ปฏิกิริยาในกลุ่มนี้ alkyne จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วกว่า alkene เพราะมีอิเล็กตรอนหนาแน่นกว่า



เมื่อ E (Electrophile) คือ

1. ธาตุที่มีค่า EN สูงมากๆ
2. อนุภาคประจุบวก เช่น กรด ( $H^+$ )

50

### 3. ปฏิกิริยาการเติม (Addition Reaction)

แบ่งออกเป็นปฏิกิริยาย่อยๆ ได้ 5 ปฏิกิริยา ได้แก่

3.1 ปฏิกิริยา halogenation ของ alkene และ alkyne ( $X_2$ )

3.2 ปฏิกิริยา oxidation ของ alkene และ alkyne ( $O_2$ )

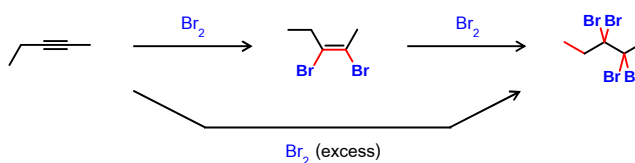
3.3 ปฏิกิริยา hydrohalogenation ของ alkene และ alkyne (HX)

3.4 ปฏิกิริยา hydration ของ alkene และ alkyne ( $H_2O$ )

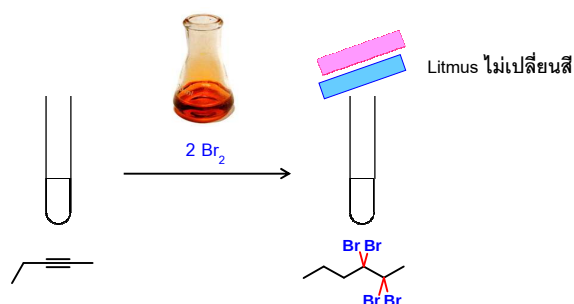
3.5 ปฏิกิริยา hydrogenation ของ alkene และ alkyne ( $H_2$ )

#### 3.1 ปฏิกิริยา halogenation ของ alkene และ alkyne

ปฏิกิริยานี้เกิดได้ดีโดย **ไม่ต้องมีแสง UV หรือตัวเร่งปฏิกิริยาใดๆ** เนื่องจาก halogen เป็นธาตุที่มีค่า EN สูง จึงสามารถเข้าดั่งอิเล็กตรอนของ alkene และ alkyne ได้โดยง่าย เกิดการฟอกจางสีได้ทันที โดยไม่มีก๊าซ HX ที่มีฤทธิ์เป็นกรดออกมา จึงไม่เกิดการเปลี่ยนสีของกระดาษ litmus



### 3.1 ปฏิกิริยา halogenation ของ alkene และ alkyne



<http://pacificorganicsltd.com/images/Chemical/liquidbromine.jpg>

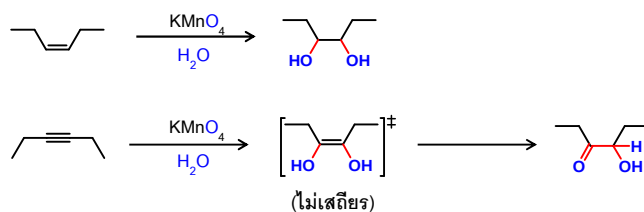
53

### 3.2 ปฏิกิริยา oxidation ของ alkene และ alkyne

ปฏิกิริยา oxidation ของ alkene และ alkyne ในที่นี้ เป็นปฏิกิริยาการเติมธาตุ oxygen ที่มีค่า EN สูงเข้าไปบนพันธะคู่หรือพันธะสาม โดยการเติม oxygen เข้าไปนั้นสามารถเติมโดยใช้สารเข้าทำปฏิกิริยาได้หลายชนิด เกิดปฏิกิริยาได้แม้จะใช้  $\text{O}_2$  ในอากาศ หากแต่ต้องใช้เวลาานาน โดยปกติถ้าจะให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น จะใช้การทำปฏิกิริยากับ  $\text{KMnO}_4$  (ต่างหีบห่อ) แทนซึ่งเมื่อเกิดปฏิกิริยาแล้ว สีม่วงของ  $\text{KMnO}_4$  จะหายไป เรียกว่าเป็น **ปฏิกิริยาการฟอกสี  $\text{KMnO}_4$**

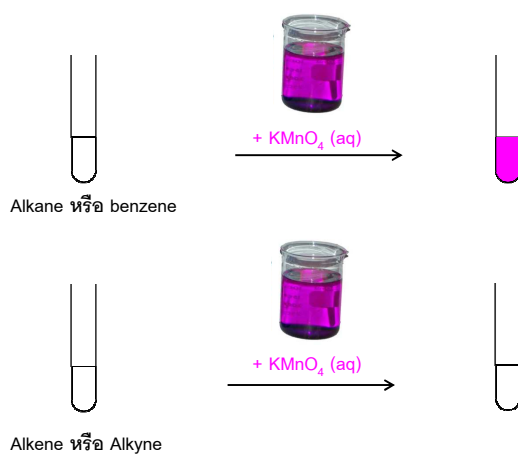
54

## 3.2 ปฏิกิริยา oxidation ของ alkene และ alkyne



55

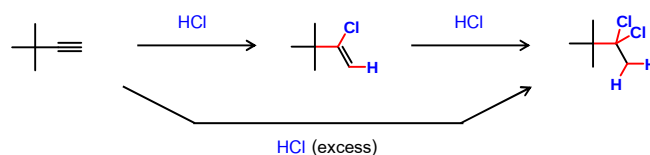
## 3.2 ปฏิกิริยา oxidation ของ alkene และ alkyne



56

### 3.3 ปฏิกิริยา hydrohalogenation ของ alkene และ alkyne

ปฏิกิริยานี้ เป็นปฏิกิริยาการเติมทั้ง hydrogen และ halogen ในรูปของ HX ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดไปบนพันธะคู่หรือพันธะสาม เนื่องจาก  $H^+$  นั้นขาดอิเล็กตรอน จึงสามารถเกิดปฏิกิริยาดึงอิเล็กตรอนมาจากพันธะคู่ และพันธะสามได้โดยง่าย

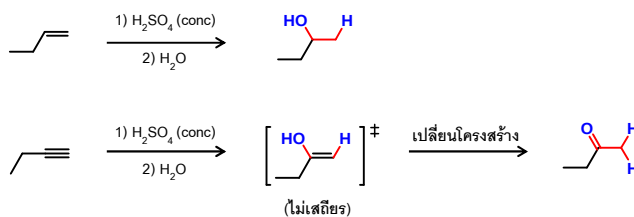


57

### 3.4 ปฏิกิริยา hydration ของ alkene และ alkyne

ปฏิกิริยานี้ เป็น ปฏิกิริยาการเติมน้ำ ลงไปบนพันธะคู่หรือพันธะสาม โดยจำเป็นต้องมี กรด หรือ  $H^+$  เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดย alkene และ alkyne จะทำปฏิกิริยาได้ผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันไป กล่าวคือ

- ปฏิกิริยา hydration ของ alkene จะได้ผลิตภัณฑ์เป็น alcohol
- ปฏิกิริยา hydration ของ alkyne จะได้ผลิตภัณฑ์เป็น ketone

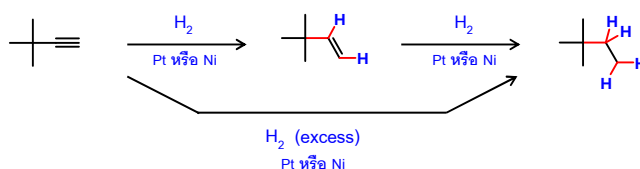


3

58

### 3.5 ปฏิกิริยา hydrogenation ของ alkene และ alkyne

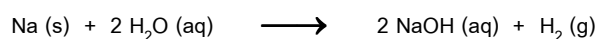
ปฏิกิริยานี้ เป็นปฏิกิริยาการเติม hydrogen ( $H_2$ ) ลงไปบนพันธะคู่หรือพันธะสาม แต่เนื่องจาก  $H_2$  นั้นไม่มีขั้ว และมีค่า EN ต่ำ จึงไม่สามารถเข้าทำปฏิกิริยาดังเอาอิเล็กตรอนของพันธะคู่ หรือ พันธะสามออกมาได้ จำเป็นต้องมีตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าช่วย ตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้สำหรับปฏิกิริยานี้คือ โลหะ Pt หรือ โลหะ Ni โดยปฏิกิริยานี้จะทำให้ทั้ง alkene และ alkyne เปลี่ยนไปเป็น alkane ทั้งคู่



59

### 4. ปฏิกิริยารีดอกซ์กับโลหะโซเดียม

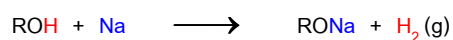
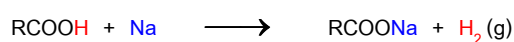
ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นกับไฮโดรเจนที่สร้างพันธะอยู่กับออกซิเจน ซึ่งจะเกิด reduction ไปเป็น  $H_2$  ทำให้สังเกต พบฟองก๊าซ จากปฏิกิริยานี้ได้ง่าย ส่วนโลหะโซเดียมจะเกิด ปฏิกิริยา oxidation ได้เป็น  $Na^+$  เหมือนปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมและน้ำ



60

#### 4. ปฏิกิริยารีดอกซ์กับโลหะโซเดียม

ดังนั้นสารอินทรีย์ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวนี้ขึ้นได้ จะมีอยู่ 2 กลุ่มด้วยกัน อันได้แก่ carboxylic acid และ alcohol โดยที่ carboxylic acid สามารถเกิดปฏิกิริยาได้เร็วและรุนแรงกว่า



#### 5. ปฏิกิริยาการสะเทินระหว่างกรด-เบส

กรดและเบสสามารถทำปฏิกิริยากันได้ โดย  $\text{H}^+$  จากกรดจะทำปฏิกิริยากับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของเบส ได้ผลิตภัณฑ์เป็น เกลือ หรือสารประกอบ ionic ขึ้น ในกลุ่มสารอินทรีย์ สารที่มีฤทธิ์เป็นกรดคือ carboxylic acid และสารที่มีฤทธิ์เป็นเบสคือ amine

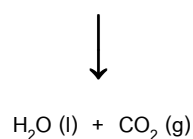
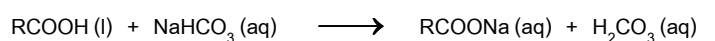
##### 5.1 ปฏิกิริยาสะเทินของ carboxylic acid

##### 5.2 ปฏิกิริยาสะเทินของ amine



### 5.1 ปฏิกิริยาสะเทินของ carboxylic acid

โดยปกติกรด carboxylic acid จะมีความเป็นกรดมากพอที่จะทำปฏิกิริยากับเบสอ่อน  $\text{NaHCO}_3$  ได้ และให้ผลิตภัณฑ์เป็น  $\text{CO}_2$  ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ง่ายเป็นฟองก๊าซจากปฏิกิริยา



[http://www.graheambrown.com/images/resources/neutralisation\\_pharmaceutical\\_food\\_pcc\\_ph.jpg](http://www.graheambrown.com/images/resources/neutralisation_pharmaceutical_food_pcc_ph.jpg)

63

### 5.1 ปฏิกิริยาสะเทินของ carboxylic acid

เมื่อรวมกับปฏิกิริยารีดอกซ์ด้วย Na แล้วจะสามารถใช้ในการวิเคราะห์ว่าสารอินทรีย์ที่สงสัยเป็น carboxylic acid หรือ alcohol หรือไม่ ดังตาราง

| สาร               | สิ่งที่สามารถสังเกตได้จากปฏิกิริยา |                           |
|-------------------|------------------------------------|---------------------------|
|                   | โลหะ Na                            | สารละลาย $\text{NaHCO}_3$ |
| สารอินทรีย์ทั่วไป | —                                  | —                         |
| ROH               | $\text{H}_2 \text{ (g)}$           | —                         |
| RCOOH             | $\text{H}_2 \text{ (g)}$           | $\text{CO}_2 \text{ (g)}$ |

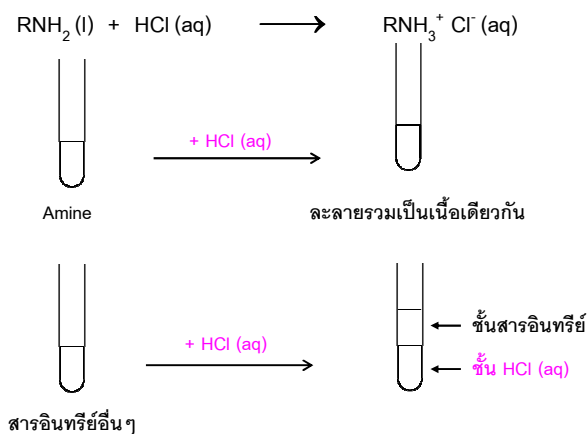
11

64



## 5.2 ปฏิกิริยาสะเทินของ amine

โดยปกติ amine จะเป็นเบสอ่อน และสามารถที่จะทำปฏิกิริยากับกรดแก่อย่าง HCl (aq) ได้เป็นอย่างดี ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือ ionic ที่สามารถละลายน้ำได้



65

## 6. ปฏิกิริยาควบแน่น และ ปฏิกิริยาการแยกออกด้วยน้ำ

ปฏิกิริยาการควบแน่น หมายถึง การควบรวมกันของหมู่ฟังก์ชัน ตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป เป็น หมู่ฟังก์ชันชนิดใหม่ ส่วนการ hydrolysis คือการทำปฏิกิริยาของน้ำกับหมู่ฟังก์ชันใดๆ เป็นผลให้โมเลกุลเกิดการแตกออก ซึ่งทั้งสองปฏิกิริยาในที่นี้เป็นปฏิกิริยาย้อนกลับซึ่งกันและกันได้

### 6.1 Esterification และ hydrolysis

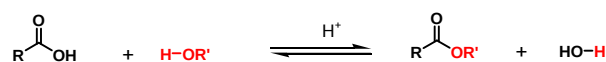
### 6.2 Amidation และ hydrolysis

### 6.3 Saponification

66

## 6.1 Esterification และ hydrolysis

Esterification เป็นปฏิกิริยาควบแน่นระหว่าง **carboxylic acid** และ **alcohol** ได้ผลิตภัณฑ์เป็น ester ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยา hydrolysis ย้อนกลับไปเป็นสารตั้งต้นได้ โดยทั้งปฏิกิริยา esterification และ ปฏิกิริยา hydrolysis สามารถใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้

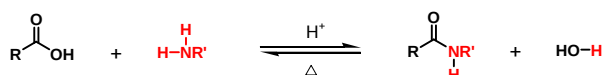


26

67

## 6.2 Amidation และ hydrolysis

ปฏิกิริยานี้เป็นการควบแน่นระหว่าง **carboxylic acid** และ **amine** ได้ผลิตภัณฑ์เป็น amide ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยา hydrolysis ย้อนกลับไปเป็นสารตั้งต้นได้ โดยทั้งปฏิกิริยาควบแน่นและ ปฏิกิริยา hydrolysis นี้สามารถใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้เช่นกัน แต่ปฏิกิริยาการควบแน่นแบบนี้จะเกิดได้ยากกว่าปฏิกิริยา esterification จำเป็นต้องมีการให้ความร้อนช่วยในการทำปฏิกิริยา

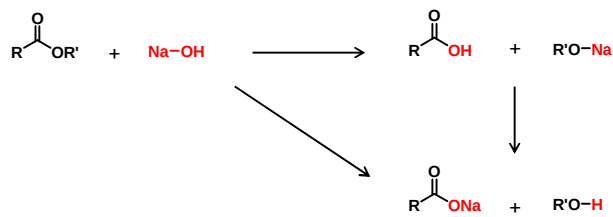


21

68

### 6.3 Saponification

เป็น ปฏิกิริยา hydrolysis ของ ester ภายใต้สภาวะเบส จะได้ผลิตภัณฑ์เป็น alcohol และ เกลือ carboxylate โดยไม่ผันกลับ และปฏิกิริยาจริง ๆ นั้นแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้



จบบท เคมีอินทรีย์