



ST2091101 เคมีสำหรับสุขภาพ เครื่องสำอางและการชะลอวัย

# สารประกอบเอมีน

## Amine Compounds



พศ.ดร.วรวิทย์ จันทรืสุวรรณ  
Asst.Prof.Woravith Chansuvarn, Ph.D.



Chemographics



woravith



woravith.c@rmutp.ac.th

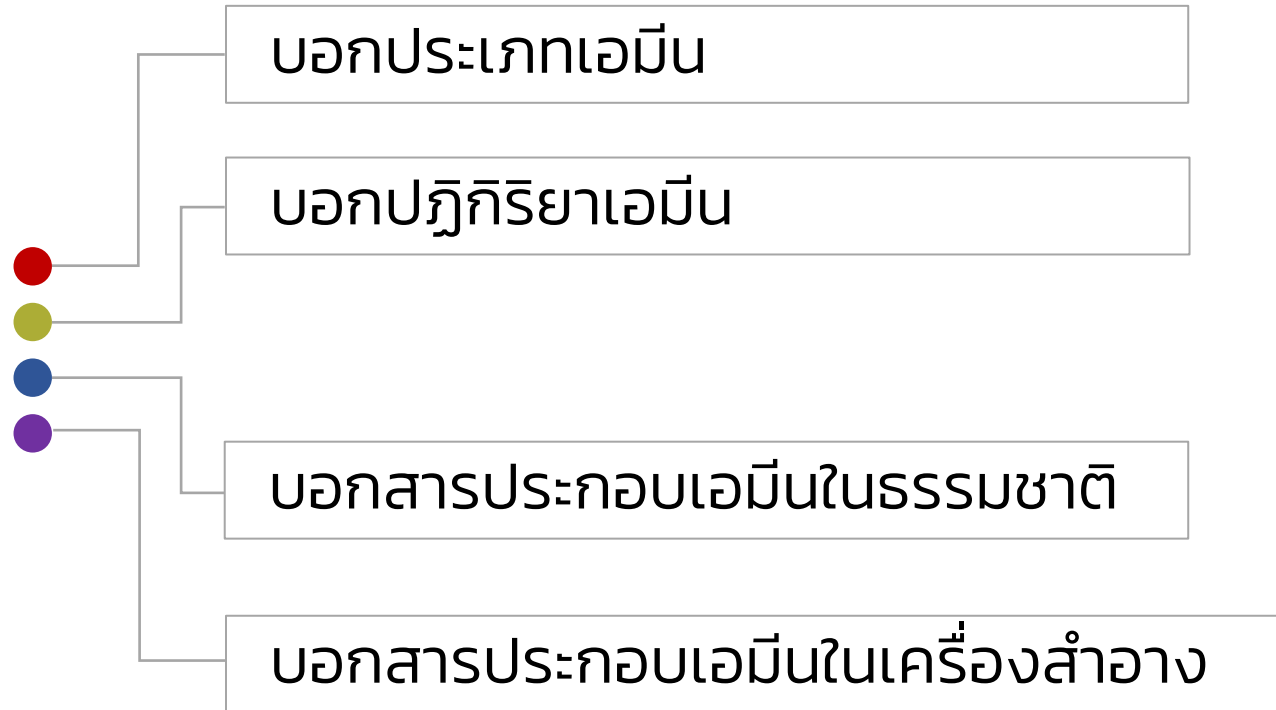
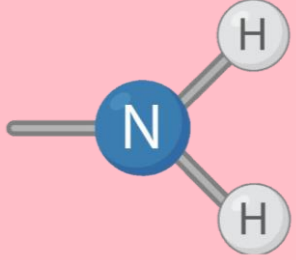


<http://web.rmutp.ac.th/woravith>

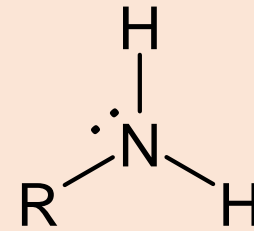
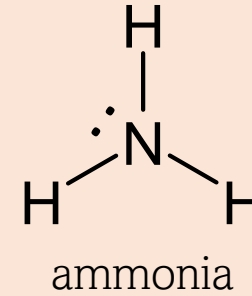
# #แผนการเรียนรู้และการประเมินผลการเรียนรู้

7.2

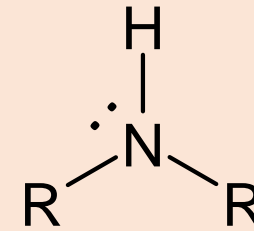
เอมีน



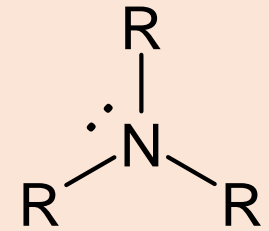
- เอมีนเป็นอนุพันธ์อินทรีย์ของ  $\text{NH}_3$
- อะตอม N มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 1 คู่ สามารถเป็นผู้ให้คู่อิเล็กตรอนได้ (Lewis base)
- เอมีนแบ่งเป็น 3 ประเภทตามจำนวนหมู่แทนที่ที่มาต่อกับอะตอม N
- หมู่แทนที่ H : alkylamine หรือ arylamine
- อะตอม N ที่มี 4 พันธะ แสดงประจุเป็นบวก สารเป็น quaternary ammonium salts



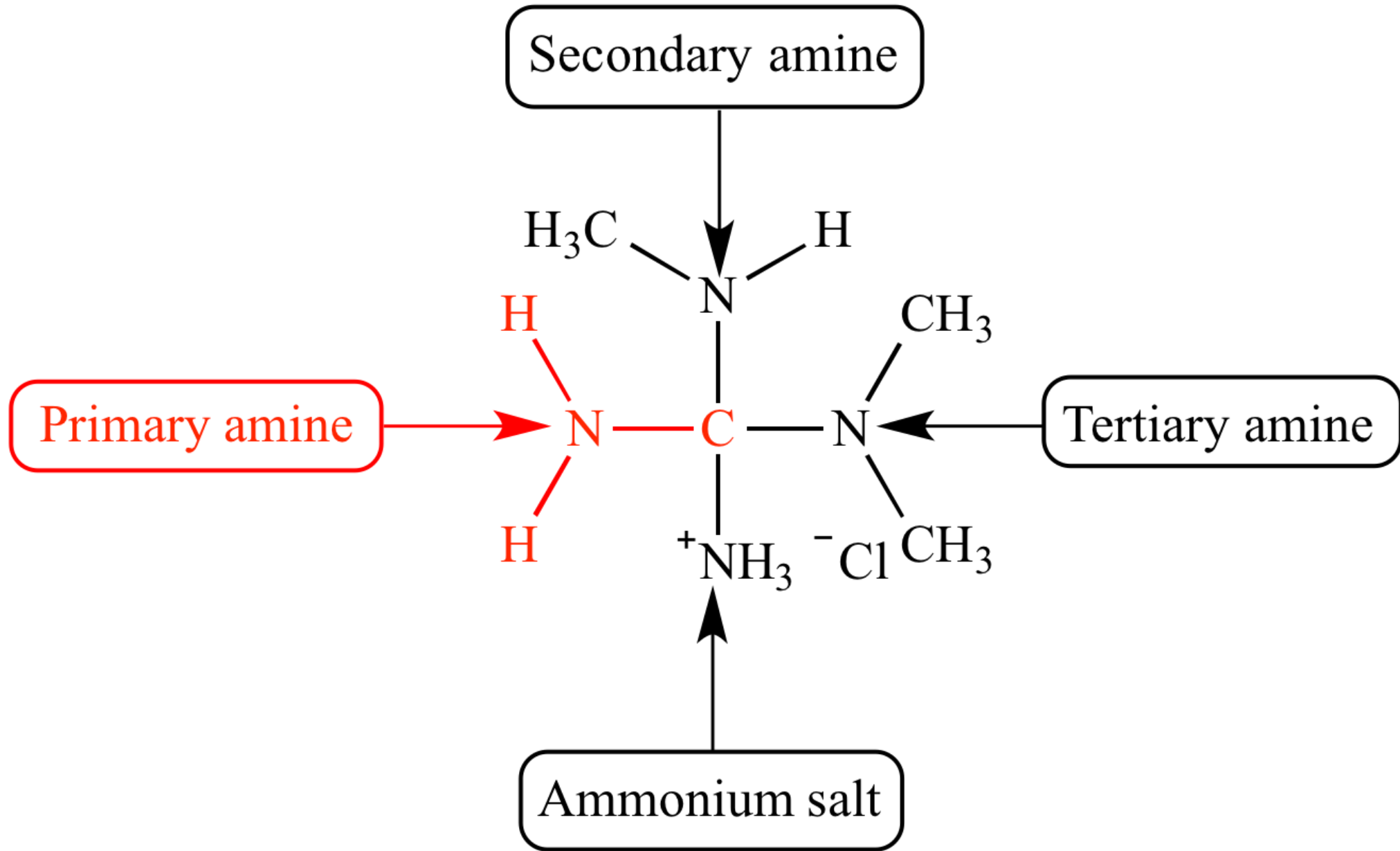
primary amine  
(1°)



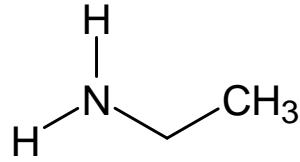
secondary amine  
(2°)



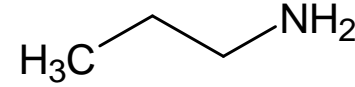
tertiary amine  
(3°)



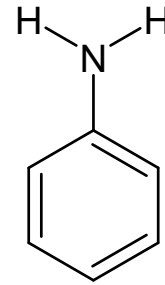
## 1°Amine



ethylamine

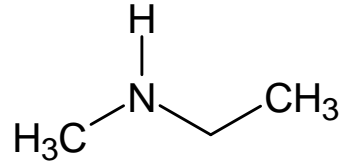


propylamine

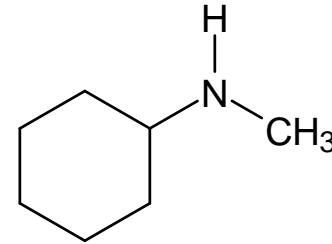


aniline  
phenylamine  
aminobenzene

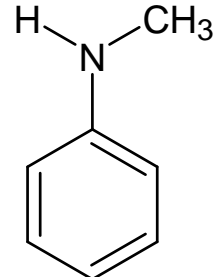
## 2°Amine



ethylmethanamine  
*N*-ethyl-*N*-methanamine

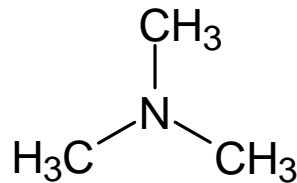


cyclohexylmethanamine  
*N*-cyclohexyl-*N*-methanamine

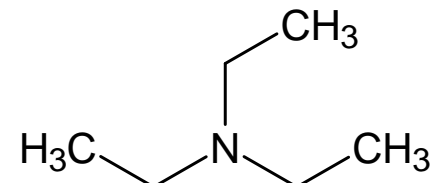


*N*-methylaniline  
*N*-methylphenylamine

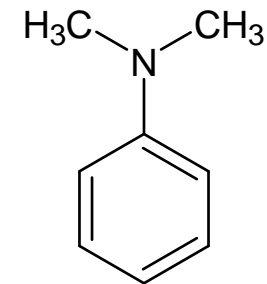
## 3°Amine



trimethanamine



triethylamine

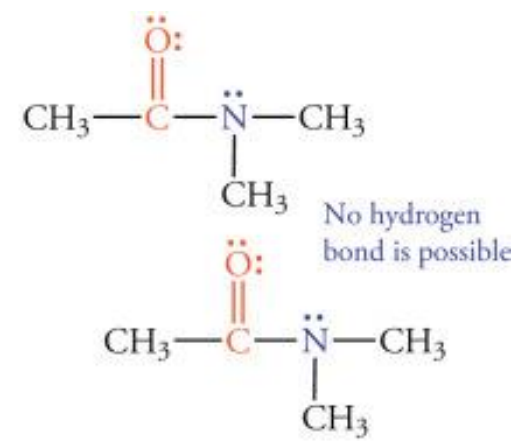
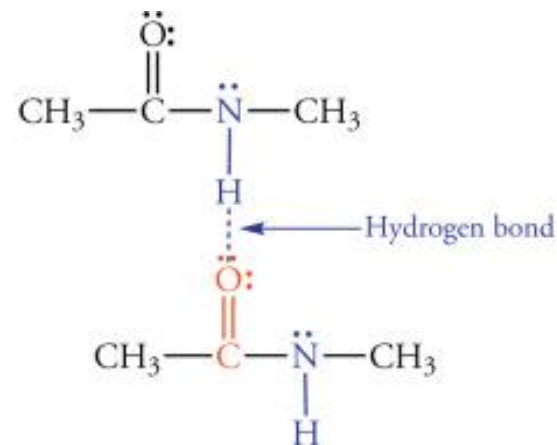
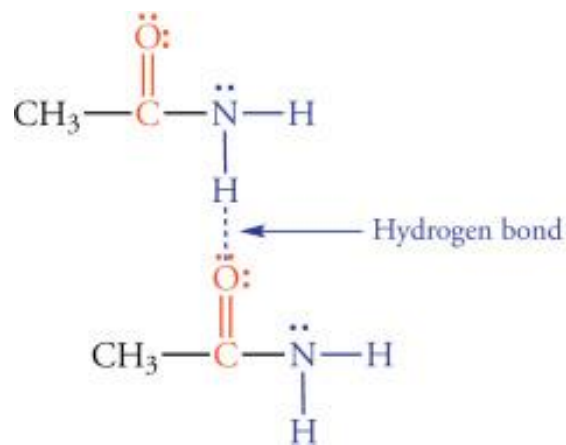


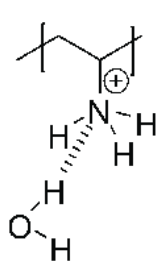
*N,N*-dimethylaniline  
*N,N*-dimethylphenylamine

# สมบัติกายภาพ

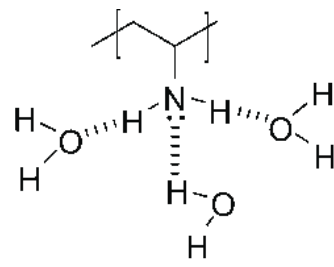
เอมีนเป็นเบสอ่อน ซึ่งมีจุดเดือดสูงกว่า “แอลเคน” แต่ต่ำกว่า “แอลกอฮอล์” ที่มีน้ำหนักโมเลกุลใกล้เคียงกัน

- N มีค่า EN ต่ำกว่า O พันธะ N-H จึงมีขั้วน้อยกว่าพันธะ O-H ทำให้เกิด H-bond ที่แข็งแรงน้อยกว่า
- โมเลกุลของ 1° และ 2° amine สามารถเกิด H-bond ระหว่างโมเลกุลได้และยังเกิดกับน้ำได้อีกด้วย
- 3° amine จะไม่สามารถเกิด H-bond ระหว่างโมเลกุลได้ นอกจากเกิดกับน้ำ ทำให้มีจุดเดือดที่ต่ำกว่าทั้ง 1° และ 2° amine ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน





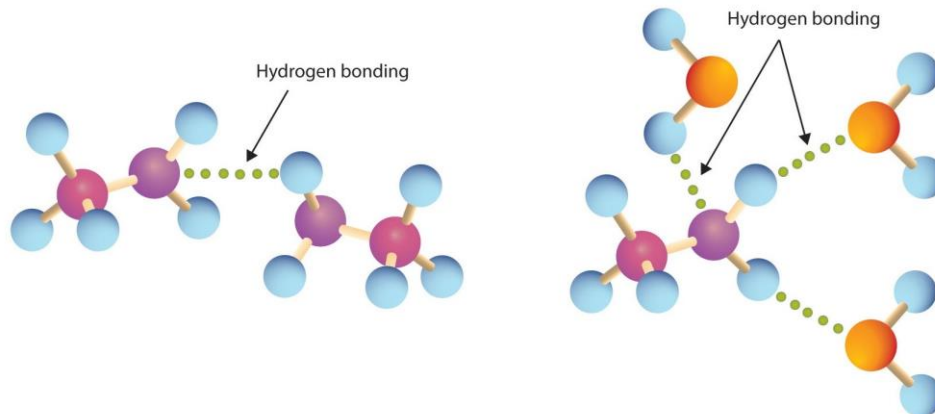
Hydrogen bond donor  
Hydrogen bond acceptor



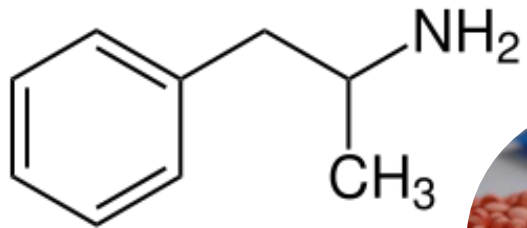
Hydrogen bond acceptor  
Hydrogen bond donor  
Hydrogen bond acceptor

Systematic Name	Common Name	Structure	Boiling Point (°C)
	Ammonia	NH <sub>3</sub>	-33.4
Methanamine	Methylamine	CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	-6.3
<i>N</i> -Methylmethanamine	Dimethylamine	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH	7.4
<i>N,N</i> -Dimethylmethanamine	Trimethylamine	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N	2.9
Ethanamine	Ethylamine	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	16.6
Propanamine	Propylamine	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	48.7
Butanamine	Butylamine	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	77.8

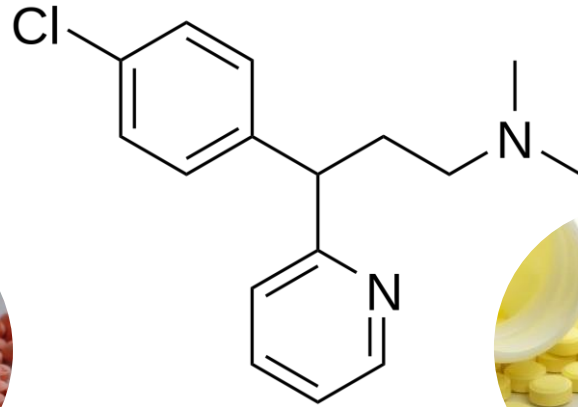
amine type	formula	boiling point (°C)
1°	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	48
2°	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> NHCH <sub>3</sub>	37
3°	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N	3



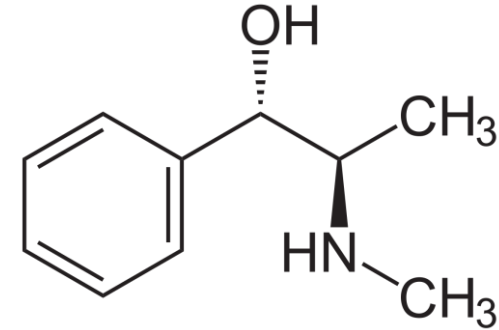
# เอมีนเป็นสารที่มีกลิ่นแรงเฉพาะตัว เช่น ในแอมโมเนีย ปัสสาวะ และเนื้อปลา



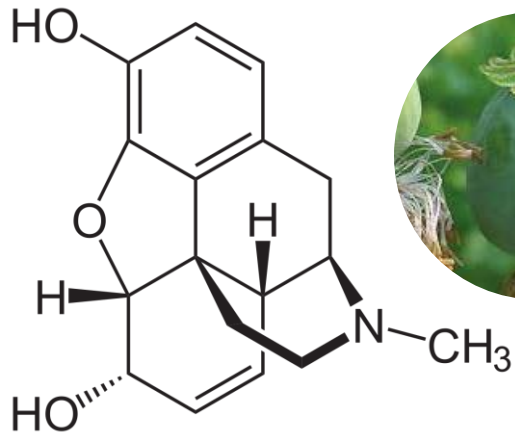
amphetamine



chlorpheniramine



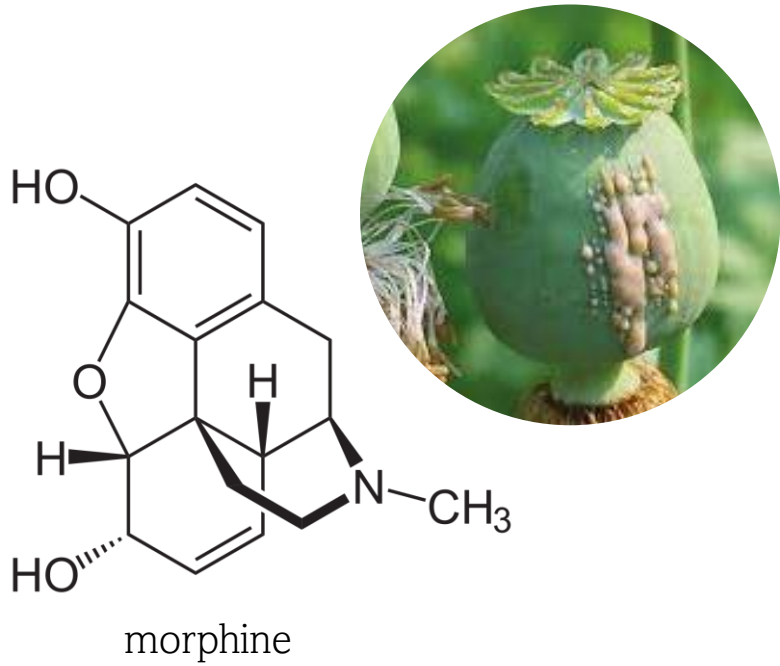
ephedrine



morphine

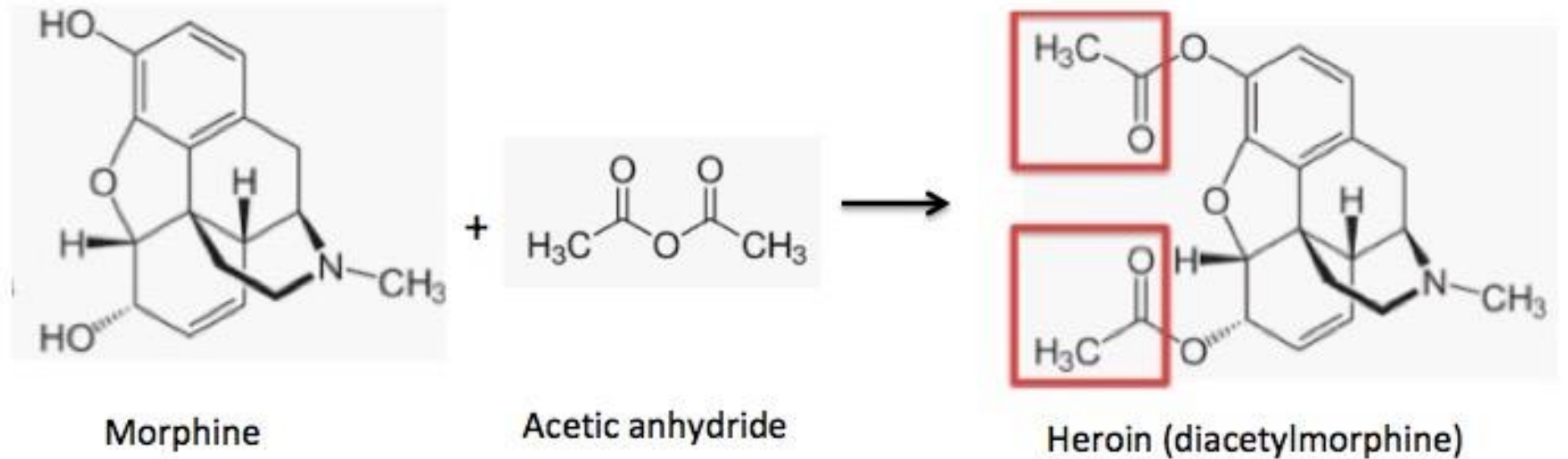






มอร์ฟีน (Morphine) ได้จากยางของผลฝิ่น มีการสกัดมอร์ฟีนตั้งแต่ยุคอียิปต์ ใช้ในทางยาแก้ปวดที่รุนแรงมาก ระวังการเจ็บปวดได้ดีกว่า aspirin 50 เท่า

ต่อมานักเคมีสังเคราะห์เฮโรอีน (heroin) จากมอร์ฟีน ซึ่งมีฤทธิ์ทางชีวภาพมากกว่ามอร์ฟีนและเป็นสารเสพติดที่อันตรายมาก

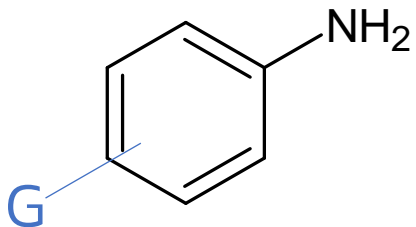


# ความเป็นกรด-เบส

เอมีนแสดงความเป็นกรดเบสได้เช่นเดียวกับแอลกอฮอล์ แต่เนื่องจาก N มีค่า EN ต่ำกว่า O จะทำให้มีผลดังนี้

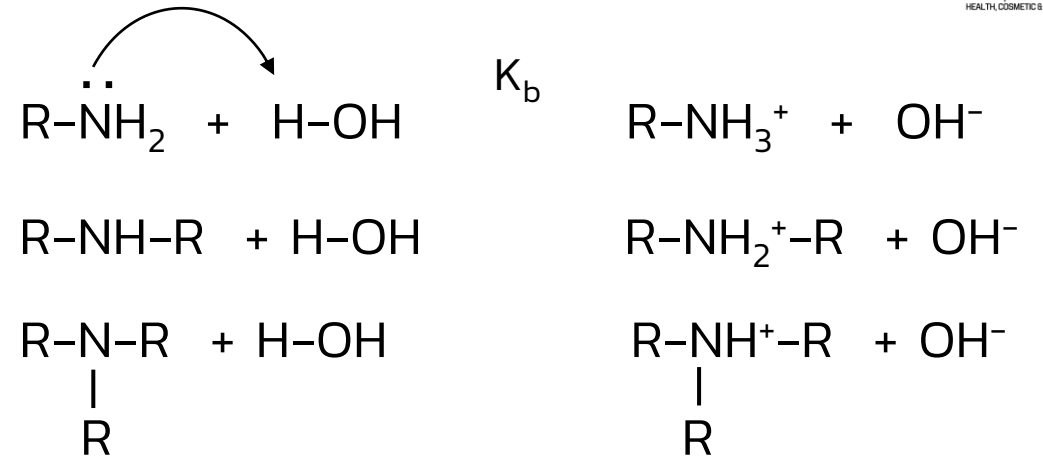
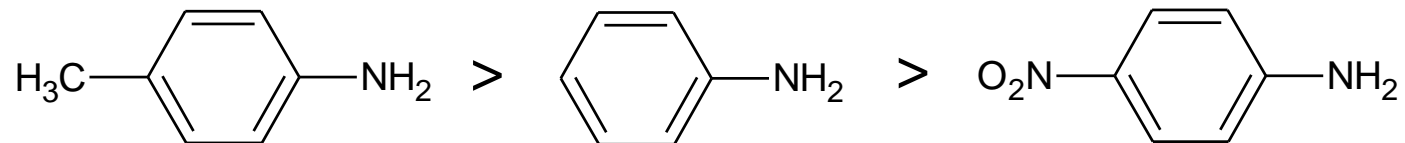
- ความเป็นกรดของเอมีน < แอลกอฮอล์มาก (20 เท่า)
- ความเป็นเบสของเอมีน > แอลกอฮอล์ เพราะ N สามารถให้คู่อิเล็กตรอนได้ 2° amine
- Aromatic amine เป็นเบสน้อยกว่า aliphatic amine

$R-NH_2$  หมู่ R ให้  $e^-$  ความเป็นเบสเพิ่มขึ้น



ถ้าหมู่ G เป็นรับอิเล็กตรอน ความเป็นเบส ลดลง  
ถ้าหมู่ G เป็นให้อิเล็กตรอน ความเป็นเบส เพิ่มขึ้น

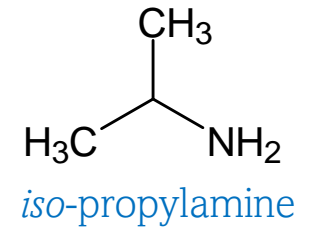
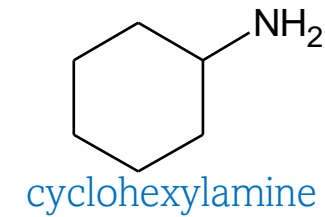
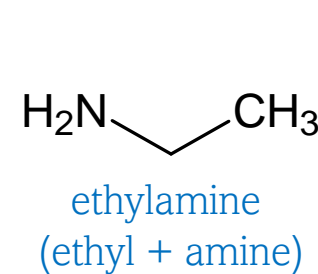
ลำดับความเป็นเบส



# การเรียกชื่อสามัญ (common nomenclature)

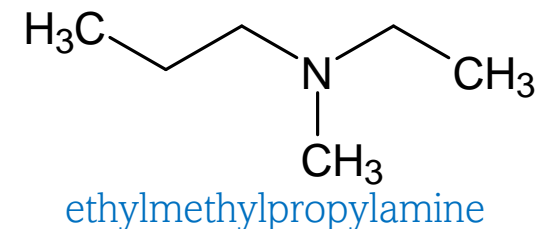
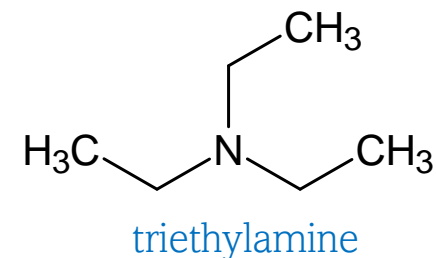
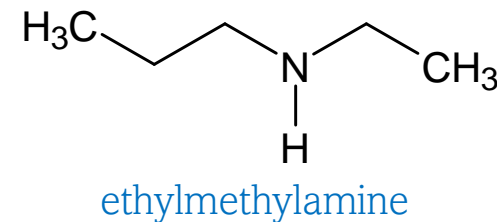
## 1°Amine

- เรียกเป็น alkyl-amine (หมู่ที่ต่อกับ N เรียกตามหมู่แอลคิล)
- เรียกชื่อโซ่หรือวงแหวนหลักที่มีหมู่เอมีนต่ออยู่เป็น alkane ตัด -e แล้วเติม -amine



## 2°Amine

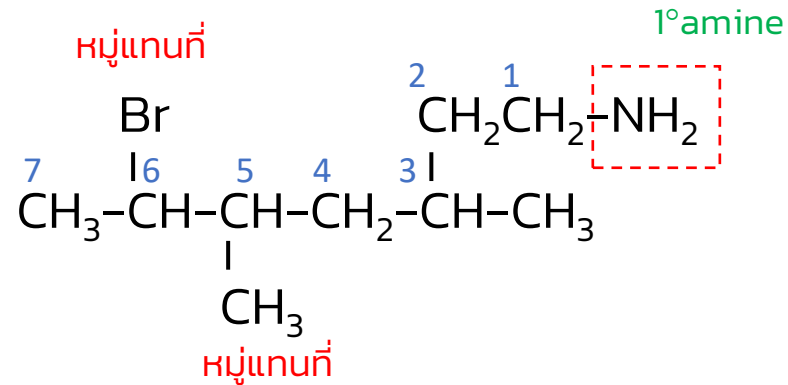
- ระบุจำนวนหมู่แทนที่ที่เป็นชนิดเดียวกันด้วย *di-* (2 หมู่) หรือ *tri-* (3 หมู่) กรณีที่มีหมู่แทนที่ต่างกัน เรียกตามตัวอักษร
- การเรียกชื่อแบบเป็นระบบจะใช้ *N-*ตามด้วยชื่อหมู่แทนที่ที่ต่ออยู่กับไนโตรเจน (*N-alkyl*) เติมหน้าชื่อหลัก



## 3°Amine

# #การเรียกชื่อเอมีน > IUPAC

	1°Amine	2°Amine	3°Amine
โครงสร้างหลัก (โซ่ยาวที่สุดที่ N)	R ยาวที่สุด	R/R' ยาวที่สุด	R/R'/R'' ยาวที่สุด
หมู่ฟังก์ชัน	R-NH <sub>2</sub>	$\begin{array}{c} \text{R}-\text{N}-\text{R}' \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{R}-\text{N}-\text{R}' \\   \\ \text{R}'' \end{array}$
การนับสายโซ่	เหมือน alkane (หมู่ฟังก์ชัน N เป็นตำแหน่งน้อยสุด)		
หมู่แทนที่ H ใน -NH <sub>2</sub>		หมู่ R/R'/R'' ที่สั้นเรียกตามหมู่แอลคิล/แอริล เขียน N-หน้าหมู่แอลคิลที่ต่อกับอะตอม N	
คำลงท้าย	เอมีน (-amine)		
ชื่อเรียก	alkyl-amine	N-alkyl-amine	N,N-dialkyl-amine
ชื่อโซ่กิ่ง/หมู่แทนที่ โซ่กิ่ง/หมู่แทนที่ เหมือนกันซ้ำกัน	เหมือน alkane		
ถ้าชื่อสายโซ่หลักมีหมู่ฟังก์ชันอื่น	เรียก NH <sub>2</sub> เป็นหมู่แทนที่ว่า amino		
แอมโรเมติกเอมีน และเฮเทอโรไซคลิกเอมีน	เรียกตามชื่อสามัญ		



6-bromo-3,5-dimethylheptanamine  
 6-bromo-3,5-dimethylheptan-1-amine

โซ่หลัก

คำนำหน้า

คำลงท้าย

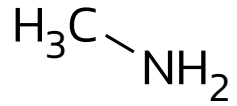
โครงสร้างหลักมีหมู่ -C=O คือ 7C (C-C) : heptane

หมู่แทนที่ CH<sub>3</sub>- 2 หมู่เกาะที่ C3, C5  
 หมู่แทนที่ -Br 1 หมู่เกาะที่ C6  
 ได้เป็น 6-bromo-3,5-dimethyl

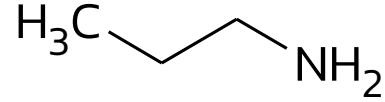
หมู่ฟังก์ชัน -NH<sub>2</sub> ที่ C1  
 ลงท้ายด้วย amine

heptane + amine = heptanamine

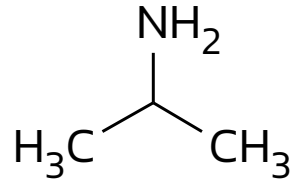
# #1° amine



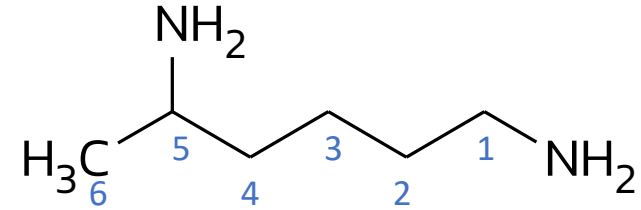
methanamine  
(methylamine)



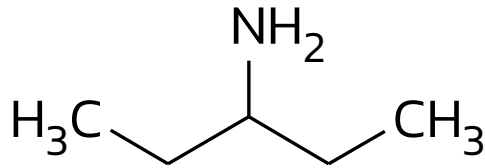
propan-1-amine  
1-propanamine  
(propylamine)



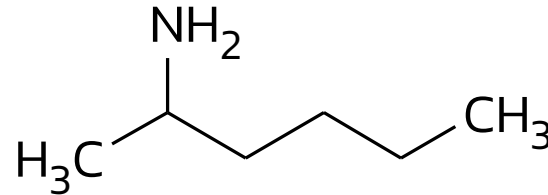
propan-2-amine  
2-propanamine  
(isopropylamine)



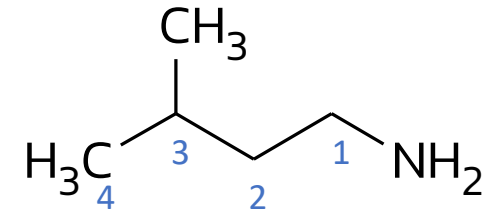
hexane-1,5-diamine  
(1,5-hexanediamine)



3-pentanamine  
(pentan-3-amine)

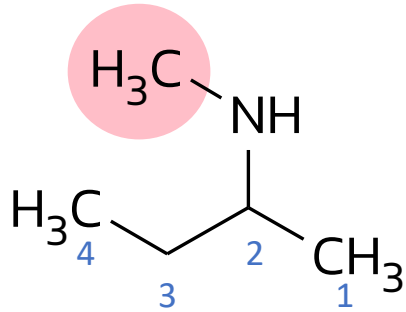


2-hexanamine  
(hexan-2-amine)

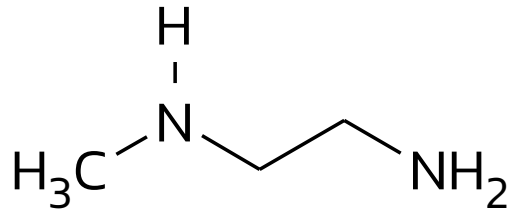


3-methyl-1-butanamine  
(3-methylbutan-1-amine)

## #2° amine

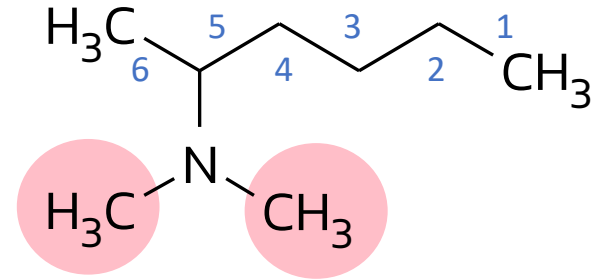


*N*-methyl-2-butanamine  
*N*-methylbutan-2-amine

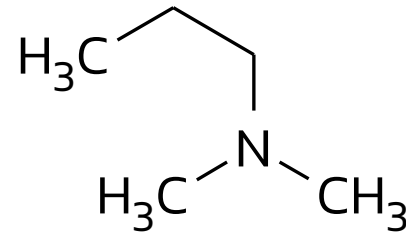


*N*-methylethane-1,2-diamine

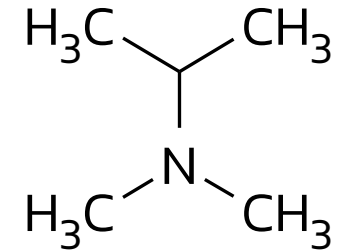
## #3° amine



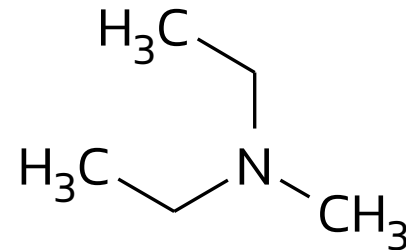
*N,N*-dimethyl-2-hexanamine  
*N,N*-dimethylhexan-2-amine



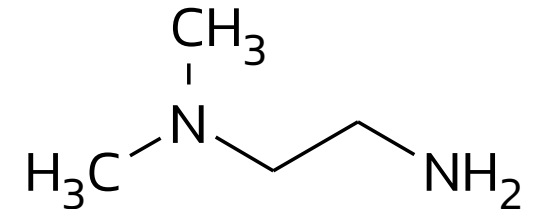
*N,N*-dimethylpropan-1-amine



*N,N*-dimethylpropan-2-amine

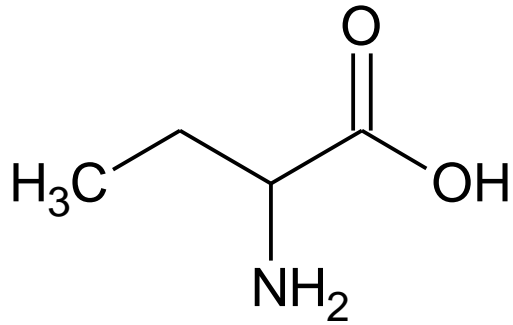


*N*-ethyl-*N*-methylethane-1-amine

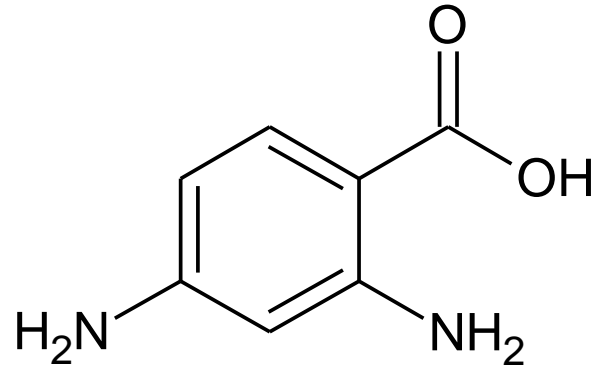


*N,N*-dimethylethane-1,2-diamine

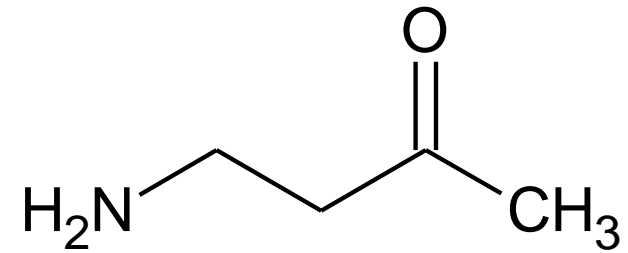
หมู่  $\text{NH}_2$  เป็นหมู่แทนที่เรียกว่า amino และระบุตำแหน่งด้วย



2-aminobutanoic acid



2,4-diaminobenzoic acid



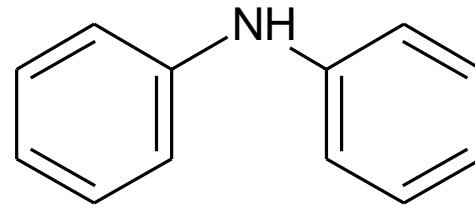
4-amino-2-butanone



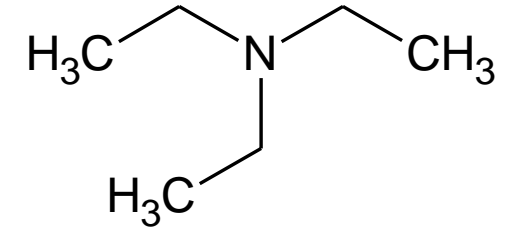
## กรณีที่มีหมู่แทนที่หลายหมู่

1) หมู่แทนที่เหมือนกัน (Symmetrical 2°, 3° amines)

- เติมคำนำหน้าหมู่แทนที่เป็นจำนวนซ้ำ เช่น 2: *di-*, 3: *tri-*



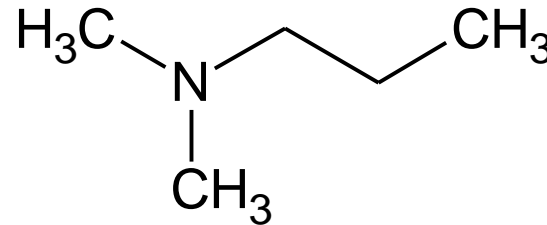
diphenylamine



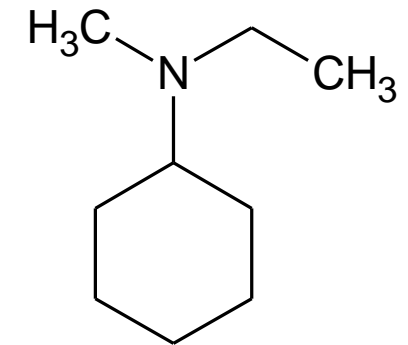
triethylamine

2) หมู่แทนที่ไม่เหมือนกัน (Unsymmetrical 2°, 3° amines)

- หมู่แทนที่ที่ยาวที่สุดจะเป็น parent name หมู่แทนที่อื่นจะเรียกเป็น *N-alkyl*



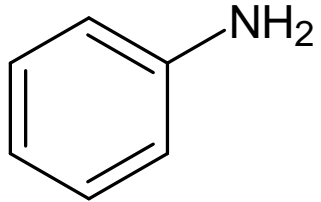
*N,N*-dimethylpropylamine



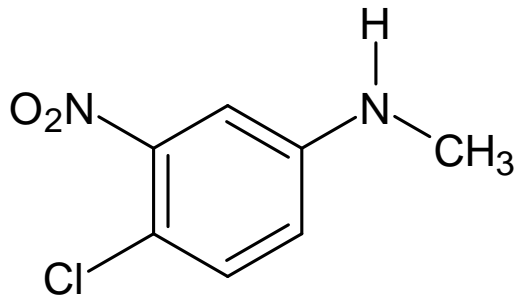
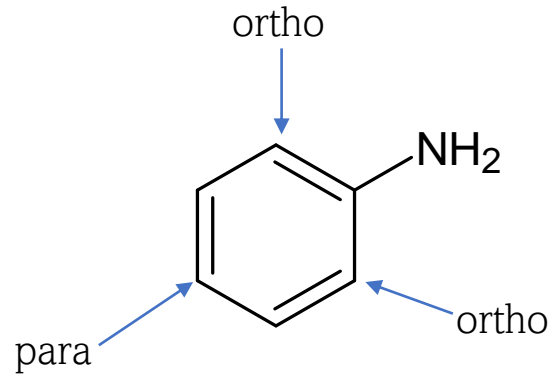
*N*-ethyl-*N*-methylcyclohexylamine

# Aromatic amine

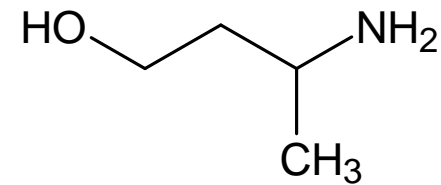
นิยมเรียกชื่อสามัญ



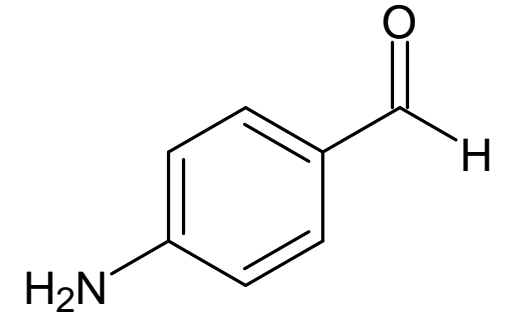
**aniline**  
(phenylamine)  
(aminobenzene)



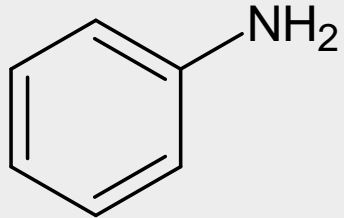
4-chloro-3-nitro-*N*-methylaniline



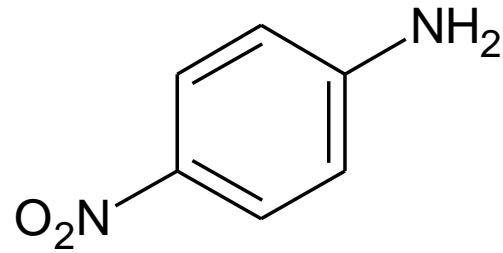
2-aminobutanol



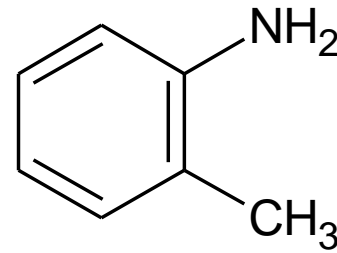
*p*-aminobenzaldehyde



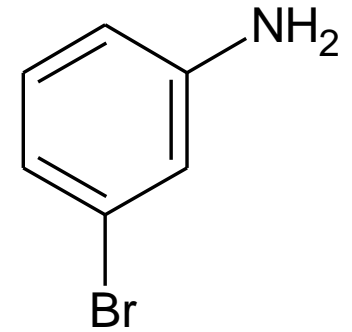
**aniline**  
(phenylamine)  
(aminobenzene)



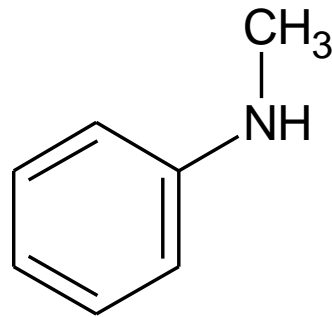
*p*-nitroaniline



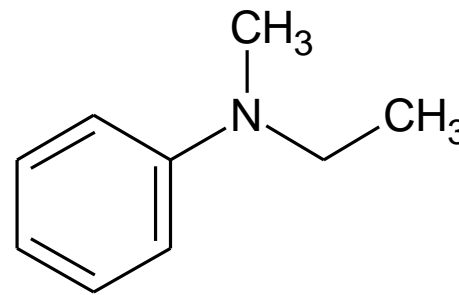
*o*-methylaniline



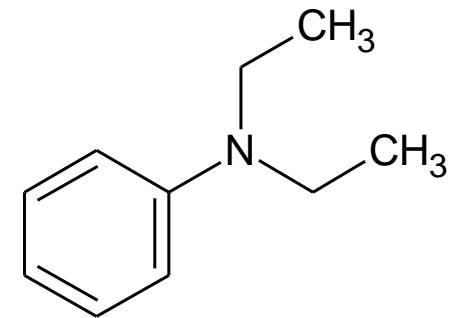
*m*-broboaniline



*N*-methylaniline



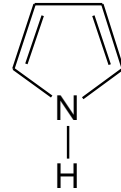
*N*-ethyl-*N*-methylaniline



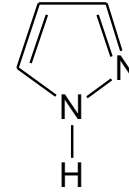
*N,N*-diethylaniline

# Heterocyclic amines

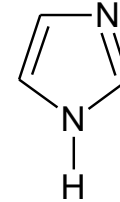
- นิยมเรียกชื่อสามัญ
- ชื่ออย่างเป็นระบบจะใช้คำนำหน้าเป็น aza-, diaza และ triaza- เพื่อระบุจำนวนไนโตรเจนที่ไปแทนที่คาร์บอนในสารประกอบ hydrocarbon ที่มีโครงสร้างคล้ายกัน



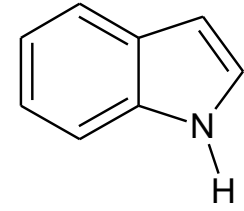
pyrrole  
(1-azacyclopenta-2,4-diene)



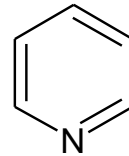
pyrazole  
(1,2-diazacyclopenta-2,4-diene)



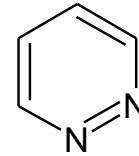
imidazole  
(1,3-diazacyclopenta-2,4-diene)



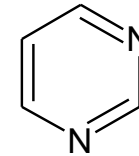
indole  
(1-azaindene)



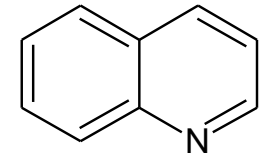
pyridine  
(azabenzene)



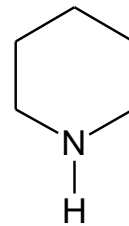
pyridazine  
(1,2-diazabenzene)



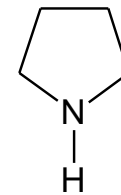
pyrimidine  
(1,3-diazabenzene)



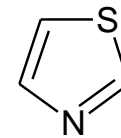
quinoline  
(1-azanaphthaline)



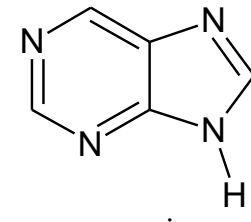
piperidine  
(azacyclohexane)



pyrrolidine  
(azacyclopentane)

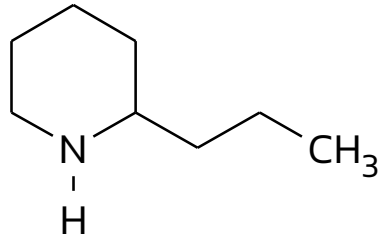


thiazole  
(1,3-thia-3-azacyclopenta-2,4-diene)



purine

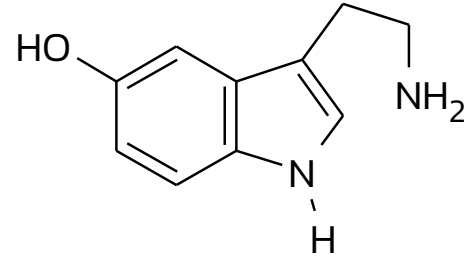
# #Naturally occurring of amine compounds



Coniine



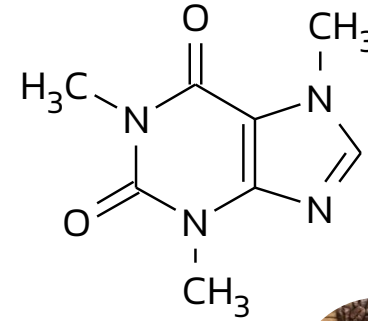
แอลคาลอยด์ที่เป็นพิษที่พบในพืช มีฤทธิ์ทำลายระบบประสาทส่วนกลาง



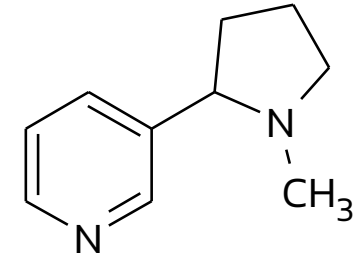
Serotonin



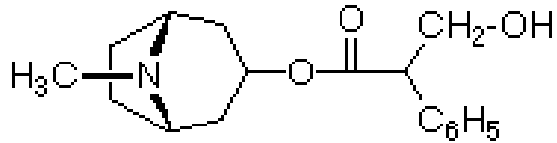
สารสื่อประสาท พบมากในระบบทางเดินอาหารของสัตว์



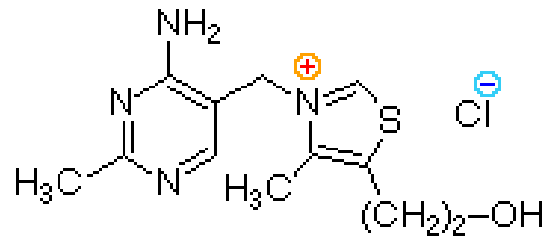
Caffeine



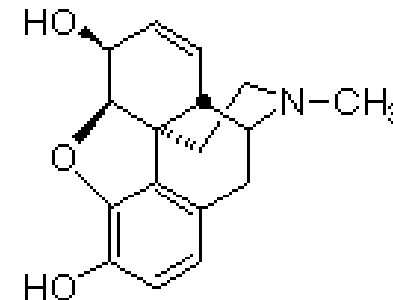
Nicotine (tobacco)



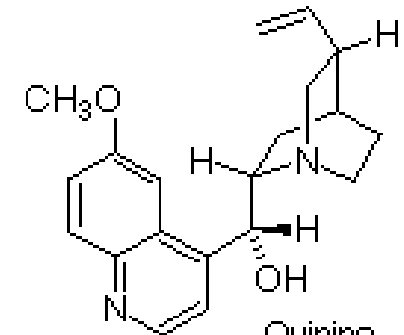
Atropine



Thiamine  
vitamin B<sub>1</sub>



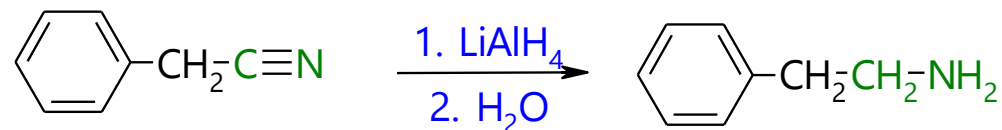
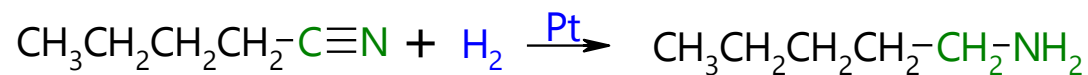
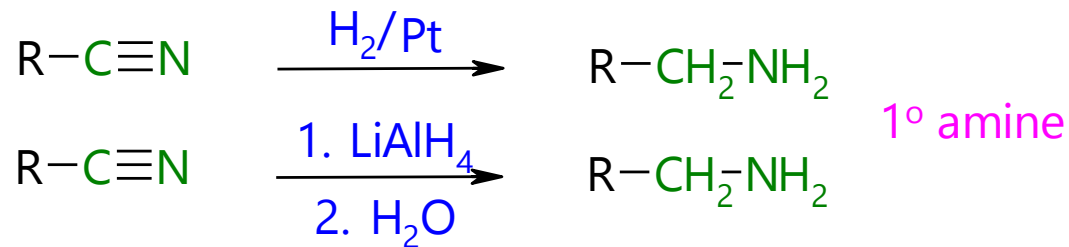
Morphine (opium)  
analgesic



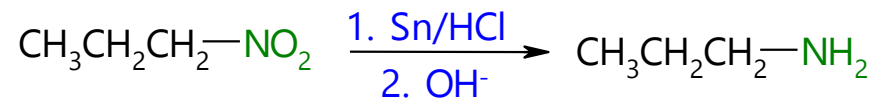
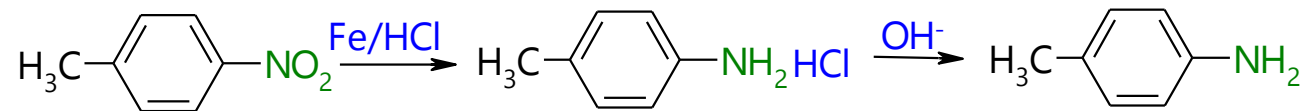
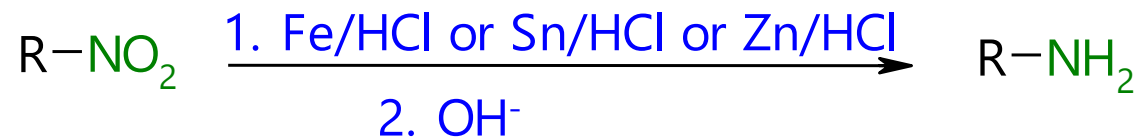
Quinine  
antimalarial

## ▶ ปฏิกิริยารีดักชัน

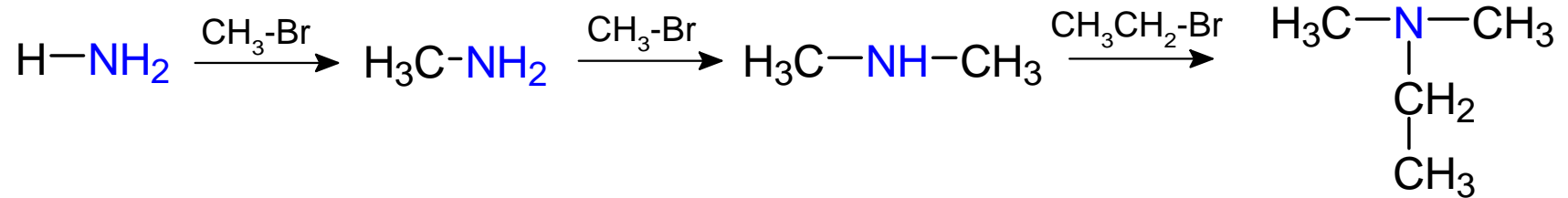
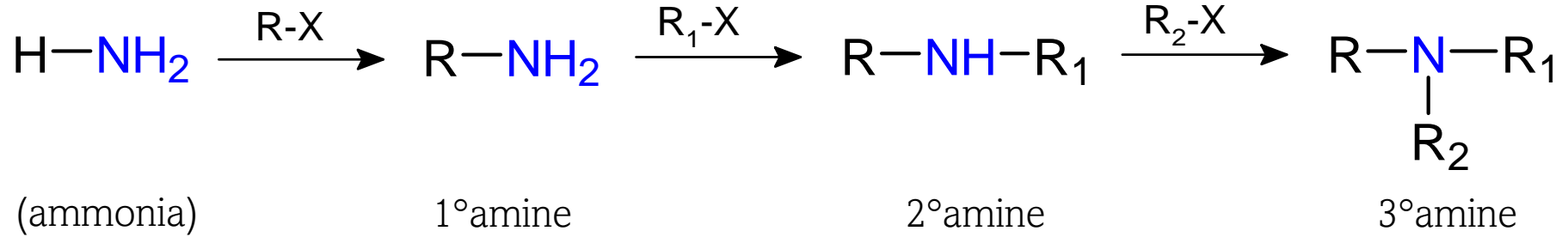
- สารประกอบไนไตรล์ (C≡N)



- สารประกอบไนโตร (NO<sub>2</sub>)

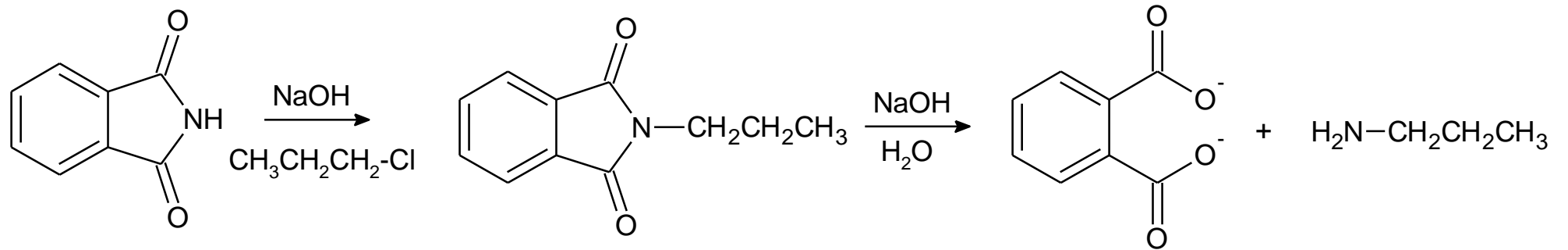
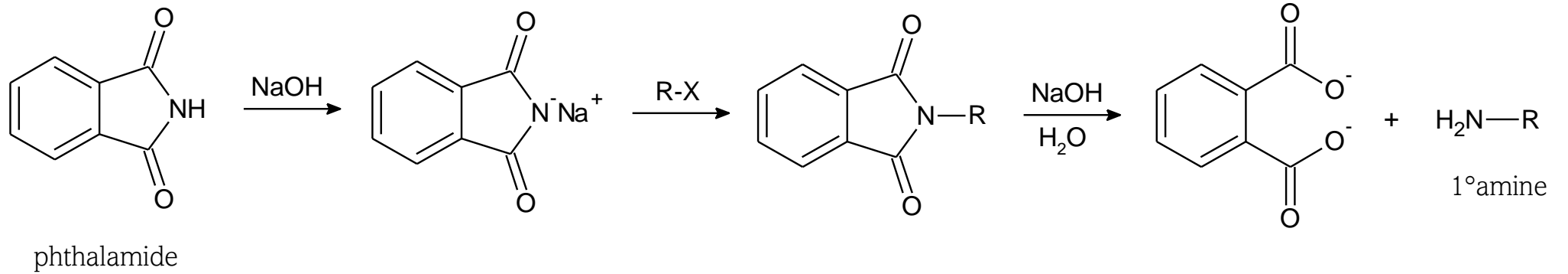


## ▶ ปฏิกิริยา alkylation ของ NH<sub>3</sub> หรือ NH<sub>2</sub>



ถ้าต้องการ 1° amine ต้องใช้ NH<sub>3</sub> มากเกินพอ

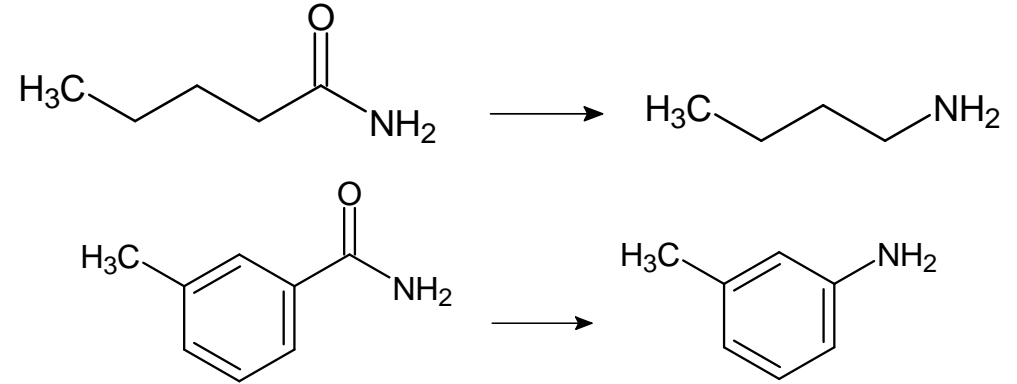
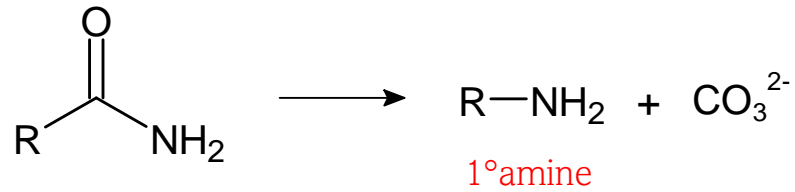
# ▶ ปฏิกิริยา Gabriel synthesis (สังเคราะห์ 1° amine)



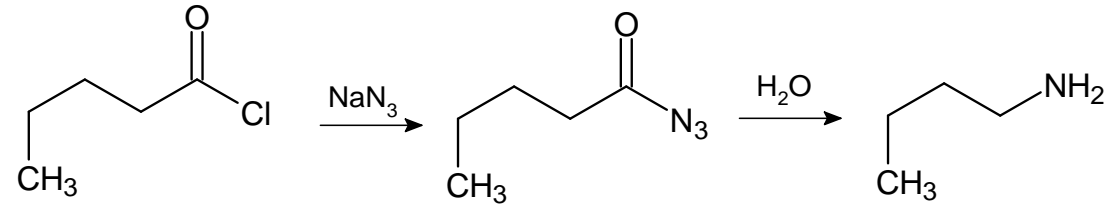
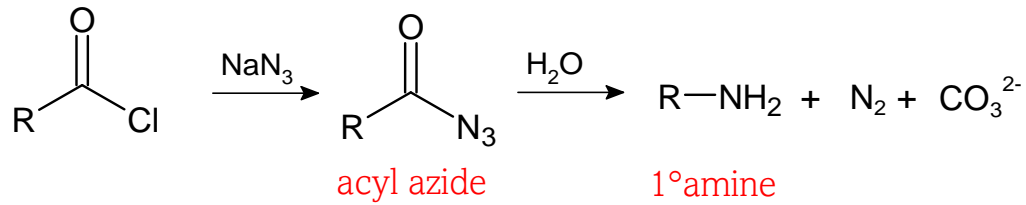


## ▶ ปฏิกิริยาการเตรียมจากอนุพันธ์ของกรดคาร์บอกซิลิก

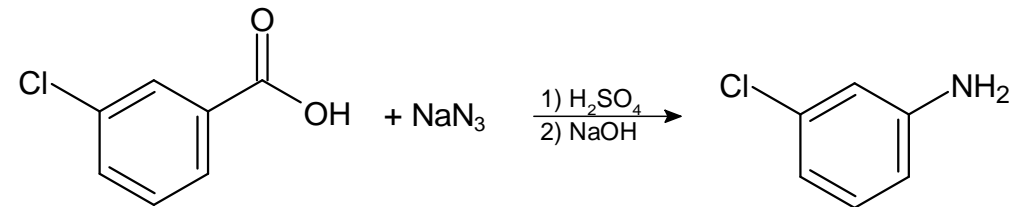
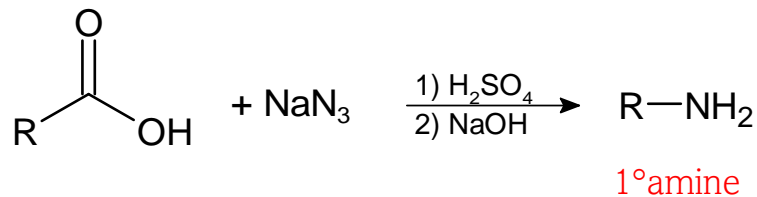
### ▪ Hofmann degradation



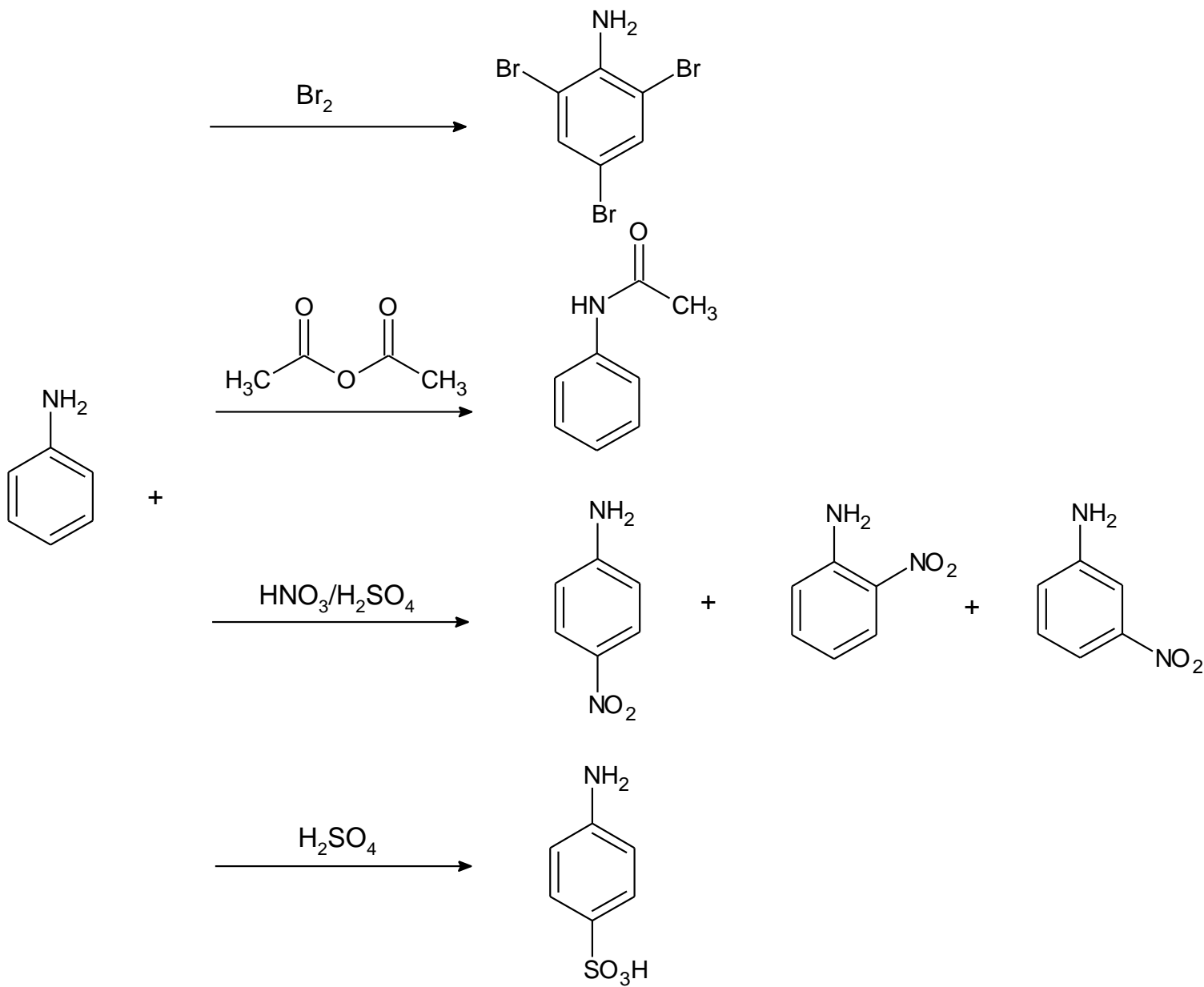
### ▪ Curtius reaction



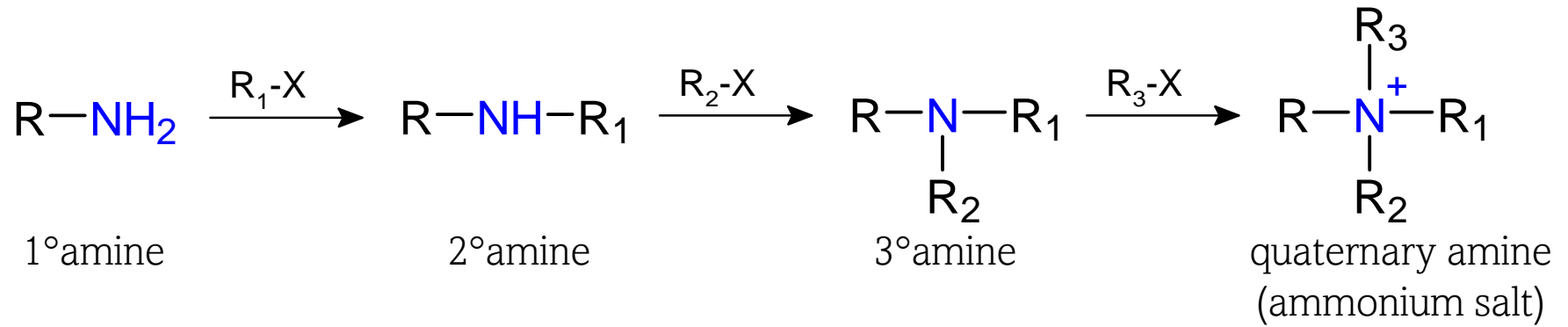
### ▪ Schmidt reaction



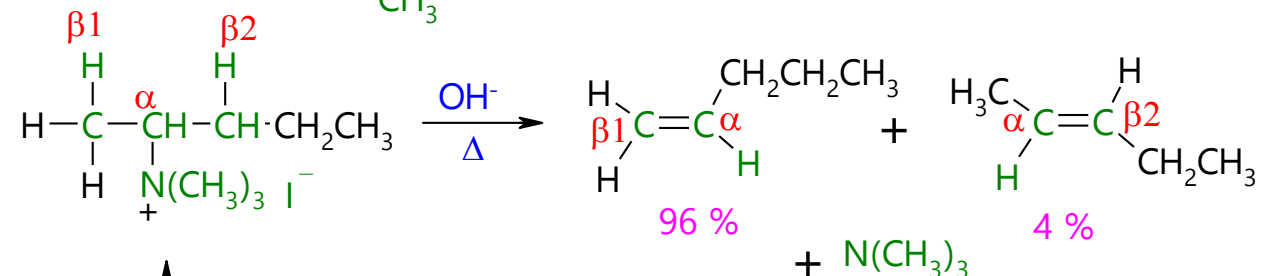
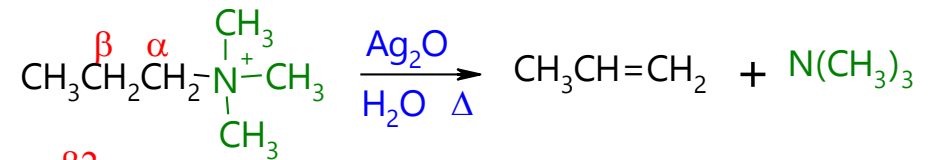
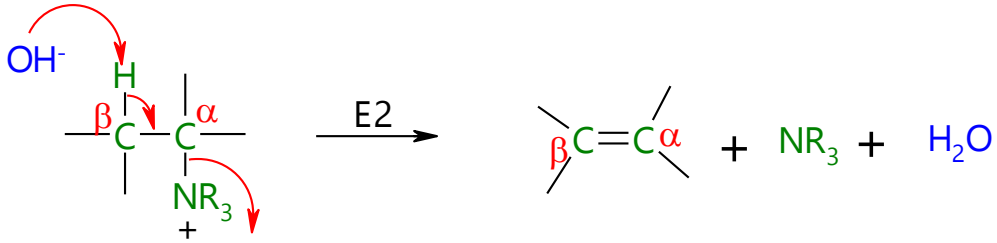
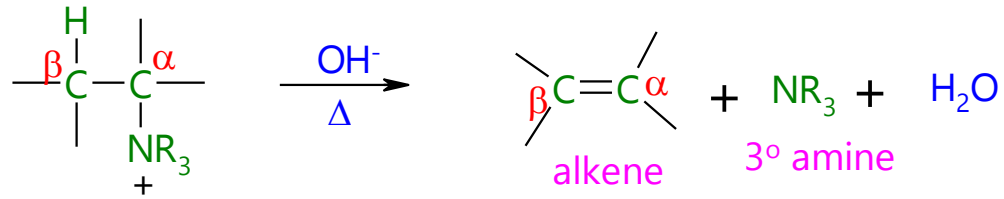
# ปฏิกิริยาของแอมโรแมตทิคเอมีน



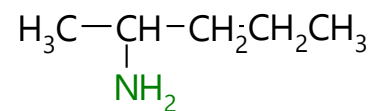
## ► Alkylation



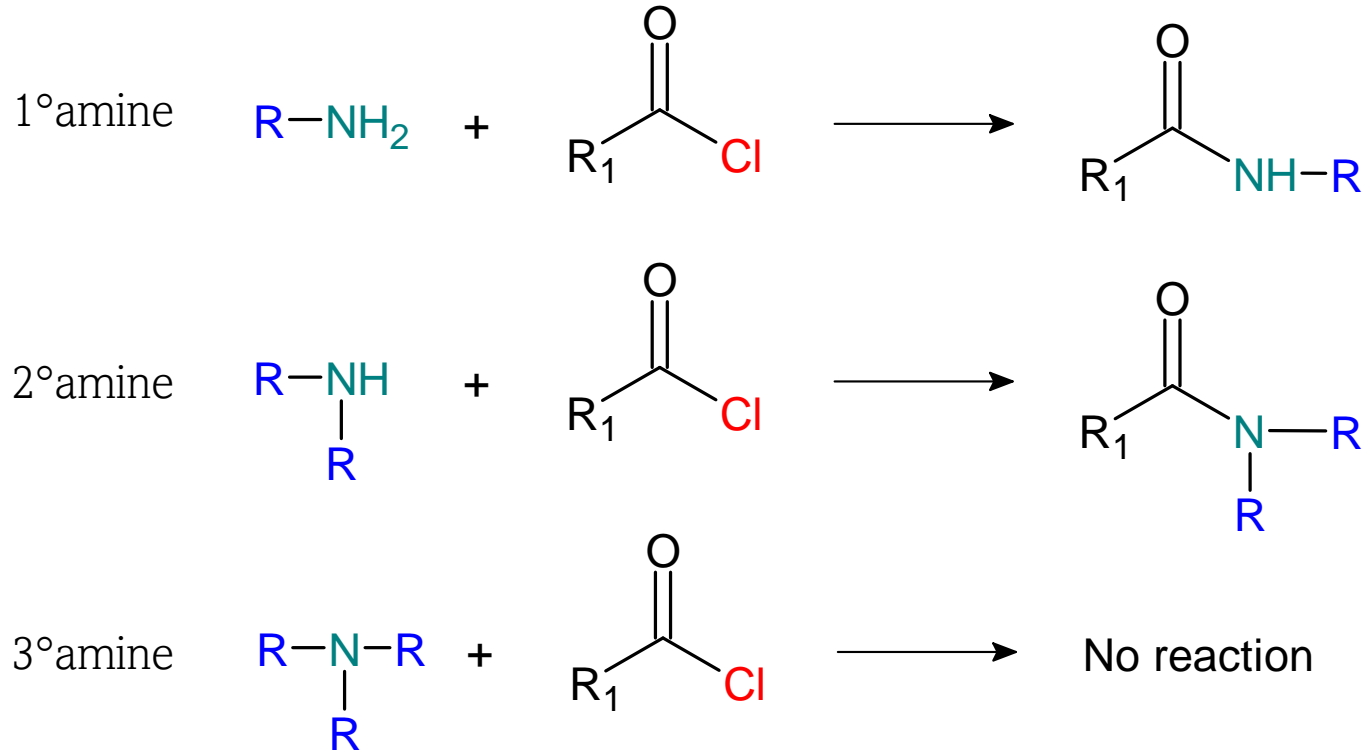
# Hofmann elimination



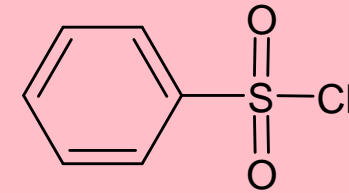
↑ CH<sub>3</sub>-I มากเกินไป



## ► Amide formation

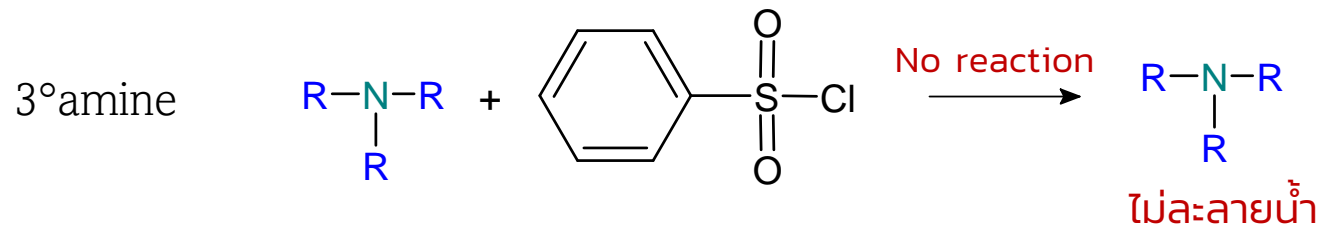
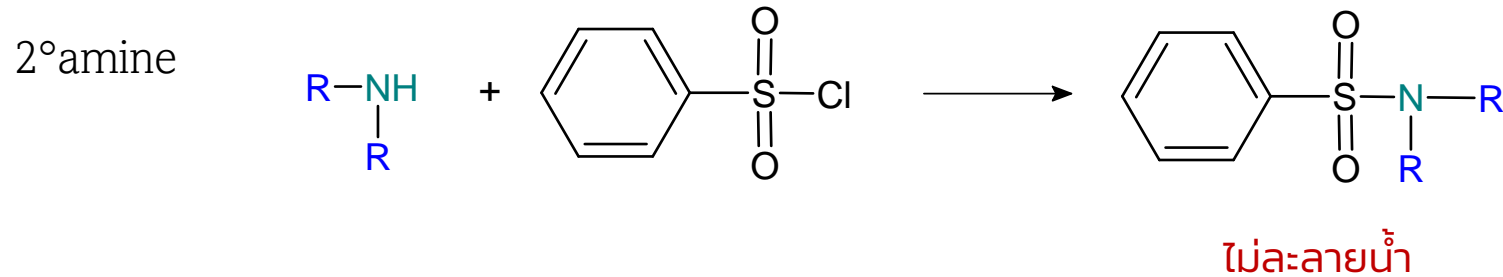
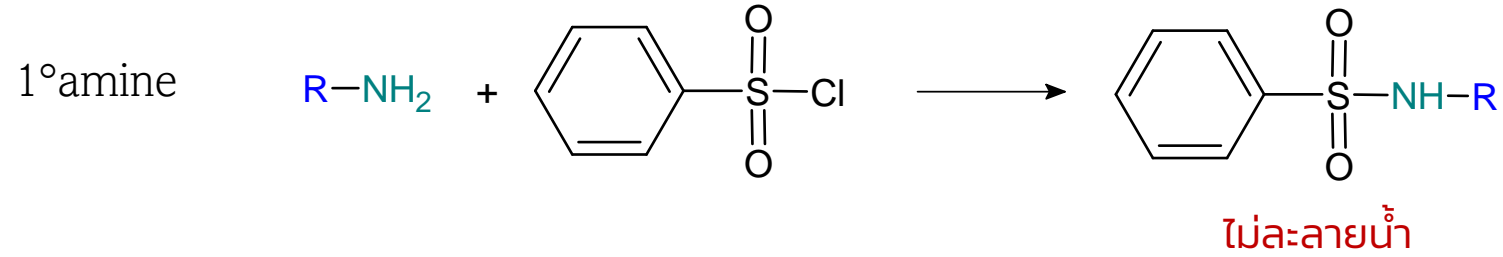


ปฏิกิริยา amide formation นี้สามารถใช้ทดสอบชนิดของ amine โดยใช้ benzenesulfonyl chloride ( $PhSO_2Cl$ ) แทน acyl chloride เรียกว่า Hinsberg test



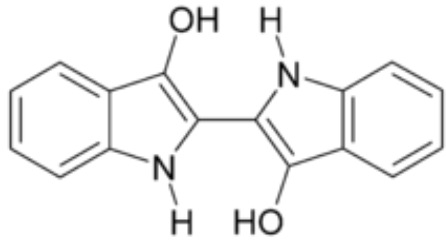
benzenesulfonyl chloride

# ปฏิกิริยา amide formation นี้สามารถใช้ทดสอบชนิดของ amine

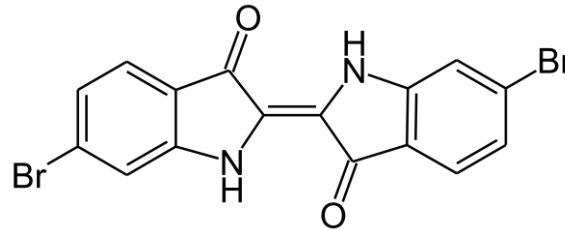


# สีย้อมธรรมชาติ (Natural dyes)

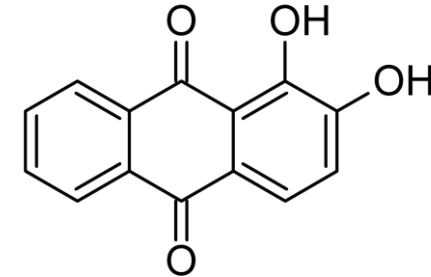
indigo (สีย้อมคราม สีนํ้าเงิน)/ tyrian purple (สีม่วง) / Alizarin (สีแดง)



indigo (blue)



tyrian purple



alizarin



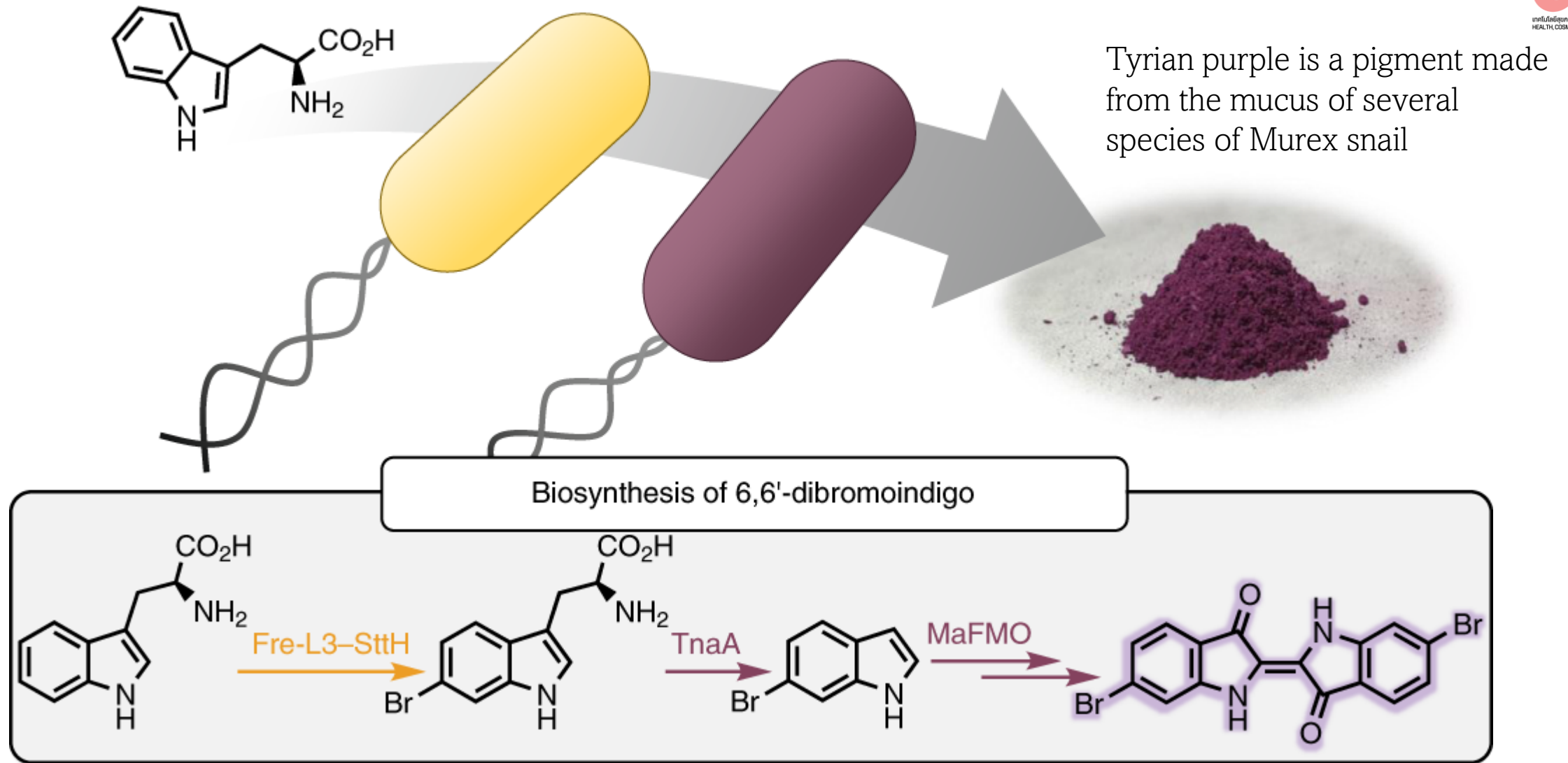
ต้นคราม (indigo plant)



สีที่ได้จากการสกัด  
ของเหลวในตัวหอยหนาม



madder  
(*Rubia tinctorum*)

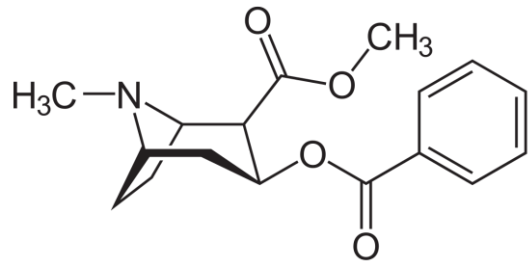


Lee, et al. (2021). Production of Tyrian purple indigoid dye from tryptophan in *Escherichia coli*. *Nature Chemical Biology*. 17,104-112

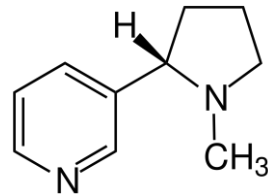


**แอลคาลอยด์ (alkaloid)** คือสารประกอบอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

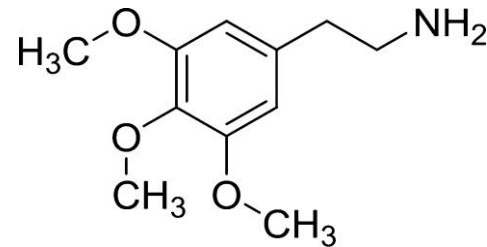
- มีสมบัติเป็นเบส มีรสขม ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์
- พบอยู่ในพืช
- แอลคาลอยด์บางชนิดจัดเป็นสารพิษ
- ตัวอย่างแอลคาลอยด์ : ชาโลนีนในมันฝรั่ง กาเฟอีนและทีโอบโรมินในชา กาแฟ ช็อกโกแลต และโกโก้



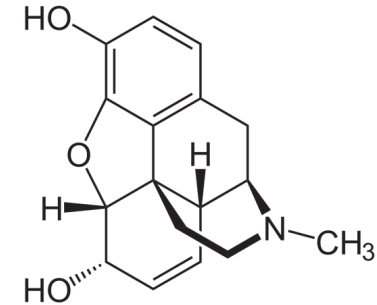
cocaine in coca leaves



nicotine in tobacco



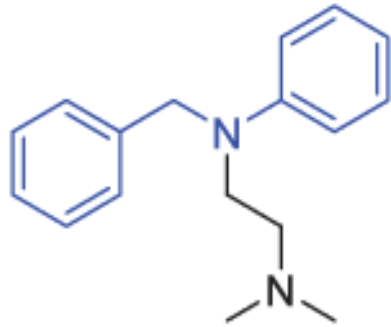
mescaline in peyote cactus  
ยากล่อมประสาท ประสาทหลอน



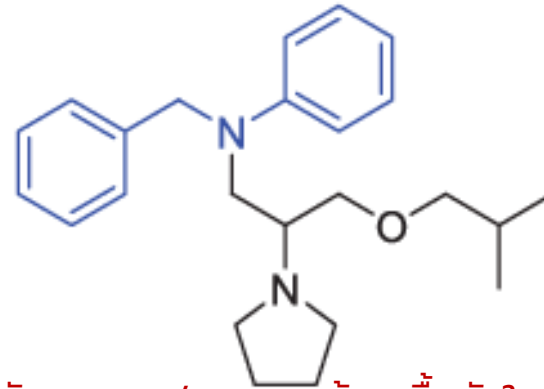
morphine in opium poppies



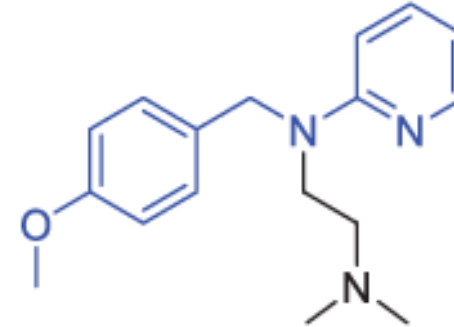
Alkaloid	Action
Ajmaline	antiarrhythmic   ภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ
Atropine, hyoscyamine, scopolamine	anticholinergic
Caffeine	adenosine receptor antagonist, stimulant   ยาที่ทำให้หัวใจคนอึด ตื่นแรง
Codeine	analgesic, antitussive   ยาระงับปวด ยาบรรเทาปวด
Colchicine	remedy for gout   ยารักษาโรคเกาต์
Emetine	emesis, antiprotozoal agent
Ergot alkaloids	vasoconstriction, Uterotonic, hallucinogenic
Morphine	analgesic
Nicotine	nicotinic acetylcholine receptor agonist, stimulant
Physostigmine	acetylcholinesterase inhibitor
Quinidine	antiarrhythmic
Quinine	antimalarial, antipyretic
Reserpine	antihypertensive
Tubocurarine	relax muscle
Vinblastine, vincristine	antitumor
Vincamine	antihypertensive, vasodilating
Yohimbine	aphrodisiac, stimulant



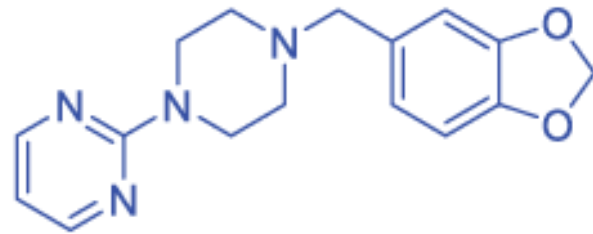
ยาแก้แพ้  
Tripelennamine  
(antihistamine)



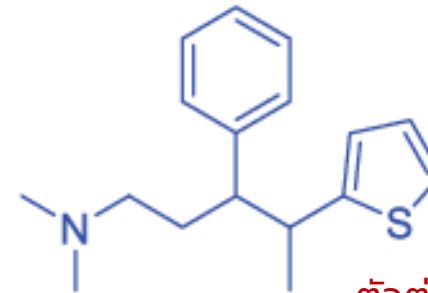
รักษาภาวะ/อาการกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด  
บำบัดรักษาโรคความดันโลหิตสูง  
Beperidil  
(calcium channel blocker)



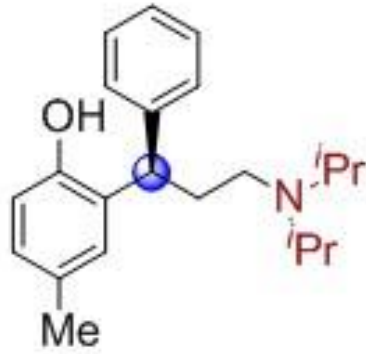
ตัวต่อต้านโรคภูมิแพ้  
Pyrilamine  
(antiallergic)



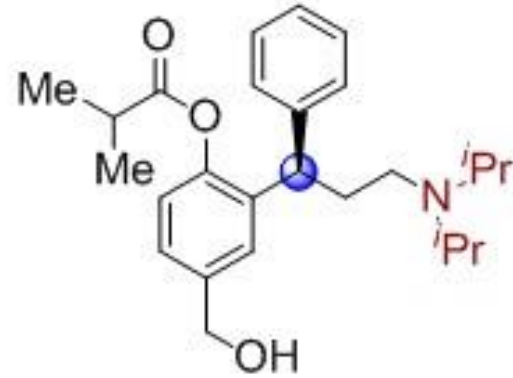
ยายายหลอดเลือด  
Piribedil  
(vasodilators)



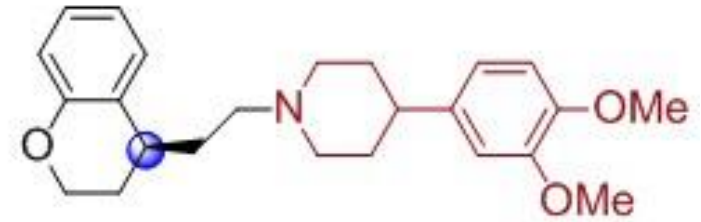
ตัวต่อต้านมะเร็ง  
Methapyrilene  
(anticancer)



**Tolterodine**  
(antimuscarinic)



**Fesoterodine**  
(antimuscarinic)



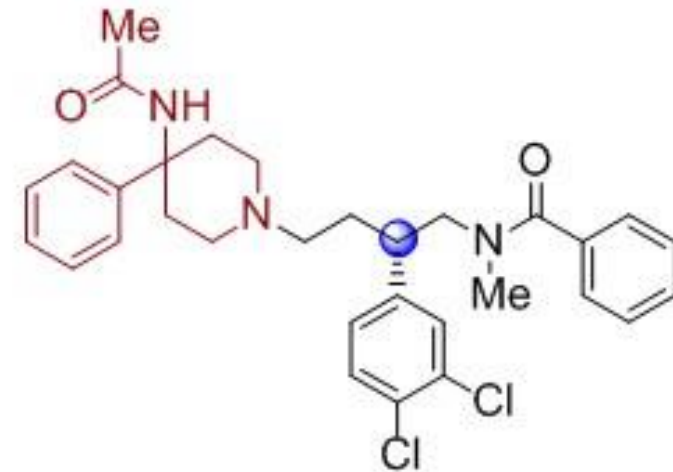
**Terikalant**  
(antiarrhythmic)



**Dexbrompheniramine**  
(antihistamine)



**Ramelteon**  
(insomnia)

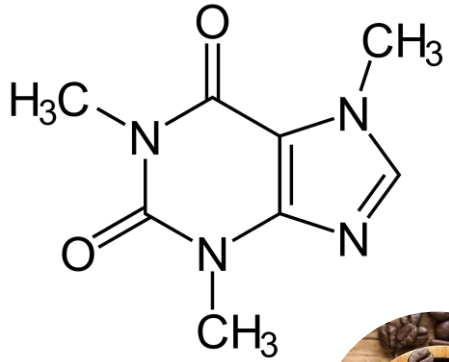


**Saredutant**  
(antidepressant)

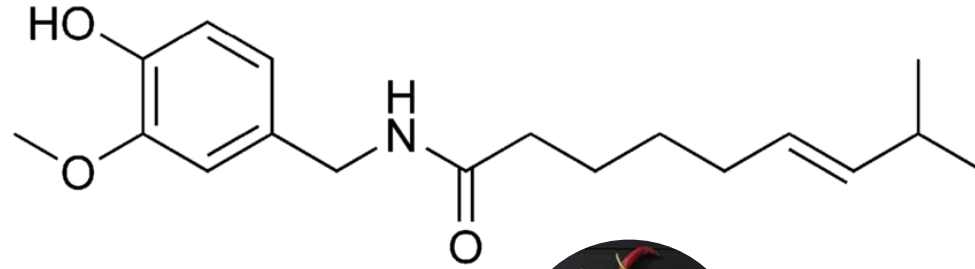
**Table 1**  
Selected Alkaloids Used in Cosmetics

Name	Group	Occurrence	Action	Used in cosmetics	LD50	References
Caffeine	Purine alkaloids	Caffe ( <i>Coffea L.</i> ), tea ( <i>Camellia</i> ), cola ( <i>Colae</i> ), Yerba mate ( <i>Ilex paraguariensis</i> ), and guarane ( <i>Paullinia cupana</i> )	Firming, elasticity blood vessels, antioxidant, stimulate hair high, and antiaging	Anti-cellulite balms, antiaging creams, highlight creams, and shampoo and conditioners on hair high	80–100 mg/L, 367 mg/kg BW	(7,21)
Capsaicin	Protoalkaloids	Chili peppers ( <i>Capsicum chili</i> ), jalapeño ( <i>Capsicum annuum 'Jalapeño'</i> ), and cayenne pepper ( <i>Capsicum annuum "Cayenne"</i> )	Analgesic, antioxidant, weight loss, antibacterial, and thermoregulatory	Lipsticks, lip glosses, hair masks, wipes, shampoos, creams, and anti-cellulite balms	512 mg/kg BW	(4,30,36,78)
Berberine	Isoquinoline alkaloids	Barberry ( <i>Berberis vulgaris</i> ) and abuta ( <i>Abuta grandifolia</i> )	Antibacterial, antifungal, antimicrobial, antioxidant, and highlight	Masks, creams, tonics, balms, and natural sun filter factors UVA i UVB	329 mg/kg BW	(4,53)
Anatabine	Pyridine alkaloids	Annual paprika ( <i>Capsicum annuum L.</i> ), tomatoes ( <i>Solanum lycopersicum L.</i> ), eggplant ( <i>Solanum melongena L.</i> )	Inflammatory, soothing, and regenerative	Creams, pastes, tonics, balms, and gels	–	(75,76)
Piperine	Piperidine alkaloids	Black pepper ( <i>Piper nigrum L.</i> )	Anti-inflammatory and anti-cellulite	Face creams, lotions, tonics, soaps, and anti–nail biting preparations	330 mg/kg BW	(61,62)
Spilanhtol (afinine)	Alkiloamids	<i>Acmella oleracea</i>	Anti-wrinkles, antiaging, antibacterial, and firming	Antiaging creams, anti-cellulite creams, gels and emulsion care, and aqua extract for cleaning skin	113 mg/kg BW	(63,65,67)

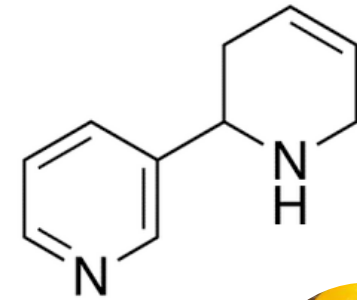




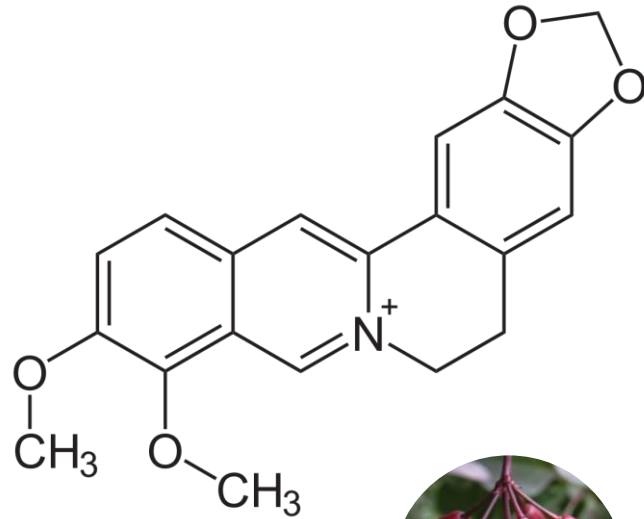
Caffeine



Capsaicin

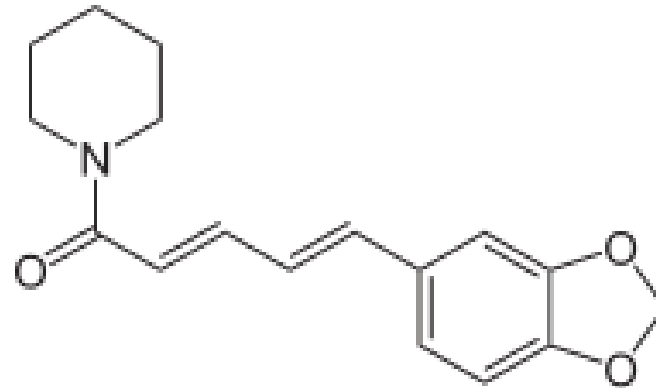


Anatabine



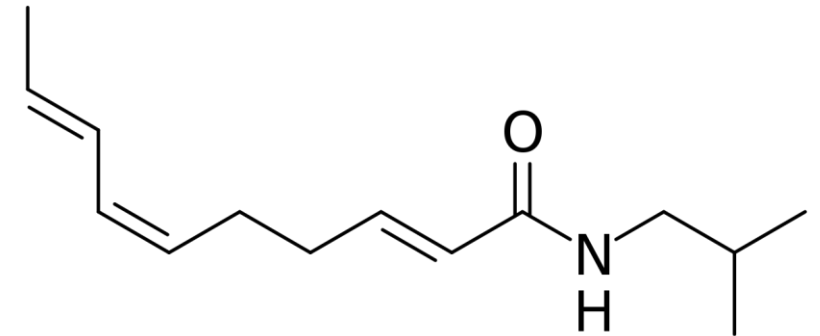
Berberine

(from barberry)



Piperine

(from black pepper)



Affinin (Spilanthol)

ผักคราดหัวแหวน  
(*Spilanthes acmella*)



# #กิจกรรม work@class

## แบ่งกลุ่มทำกิจกรรม 7.2

มอบหมายโจทย์ให้แต่ละกลุ่ม  
ระดมสมองแก้ไขโดยวิธีการ  
ร่วมแสดงความคิดเห็น

ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอ วิธีการแก้ไขโจทย์ปัญหา

- 1) หลักการสำคัญหรือหลักพื้นฐานที่ถูกต้อง
- 2) วิธีการคำนวณค่าที่ถูกต้อง
- 3) วิธีอธิบายเชิงพฤติกรรม (วิธีปฏิบัติ) ที่ถูกต้อง

โดยให้กลุ่มอื่น ๆ รับฟัง และซักถามในข้อที่สงสัย