

แผนการสอนสัปดาห์ที่ 10

หน่วยที่ 6 แอลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน

บทเรียนที่ 6.1 แอลกอฮอล์ อีเทอร์ และฟีนอล

จำนวนชั่วโมง 3

จุดประสงค์การสอน (จุดประสงค์ทั่วไป)

1. เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับแอลกอฮอล์และฟีนอล

ผลการเรียนรู้ (จุดประสงค์เฉพาะ)

1. อธิบายแอลกอฮอล์
2. อธิบายอีเทอร์
3. อธิบายฟีนอล

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. การบรรยาย และอภิปราย
2. กิจกรรมกลุ่มในชั้นเรียน (Work@class)

สื่อการสอน/อุปกรณ์การสอน

1. เอกสารประกอบการสอน วิชาเคมีสำหรับสุขภาพ เครื่องสำอางและการชะลอวัย
2. เอกสาร powerpoint
3. https://web.rmutp.ac.th/woravith/?page_id=11425
4. <https://www.facebook.com/chemographics>
5. <https://www.slideshare.net/woravith>

การวัดผล

1. ประเมินจากกิจกรรมในชั้นเรียน
2. ประเมินจากกิจกรรมแบบฝึกหัด หรืองานที่มอบหมาย
3. ประเมินจากการสรุปประเด็นสำคัญ หรือการนำเสนอผลของการสืบค้นที่ได้รับมอบหมาย
4. ประเมินจากการสอบย่อยรายหน่วยเรียน

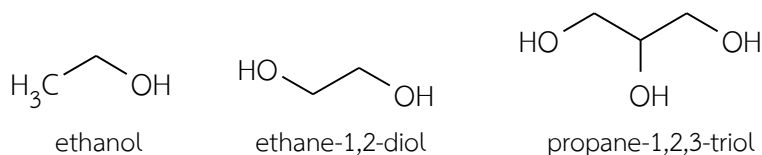
หน่วยที่ 6 แอลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน

บทเรียนที่ 6.1 แอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์

6.1.1 แอลกอฮอล์

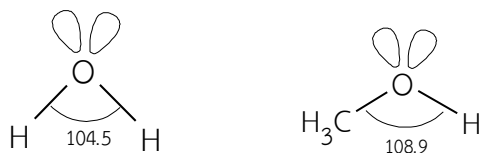
1) โครงสร้างและชนิดของแอลกอฮอล์

แอลกอฮอล์ เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) หนึ่งหมู่หรือมากกว่าอยู่ในโมเลกุลแอลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน โดยแอลกอฮอล์หมู่ไฮดรอกซิลต่ออยู่กับหมู่แอลคิล มีสูตรทั่วไปเป็น R-OH เมื่อ R คือหมู่แอลคิล ภายในโมเลกุลของแอลกอฮอล์อาจเป็นเส้นตรงหรือวงแหวน หรืออาจมีพันธะคู่ก็ได้ ดังนั้นสารในกลุ่มนี้จึงสามารถแบ่งออกเป็น โมโนไฮดริคแอลกอฮอล์ (mono-) ไดไฮดริคแอลกอฮอล์ (di-) และไตรไฮดริคแอลกอฮอล์ (tri-) ขึ้นอยู่กับหมู่ของ -OH ที่เกาะอยู่ในโมเลกุลเป็น 1, 2 และ 3 หมู่ ตามลำดับ



แอลกอฮอล์ที่มีหมู่ -OH ตั้งแต่ 4 ขึ้นไปจะเรียกว่าพอลิไฮดริคแอลกอฮอล์ (polyhydric alcohols) นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงที่หมู่แอลคิลจะมีผลต่อปฏิกิริยาของแอลกอฮอล์และในบางครั้งอาจมีผลต่อชนิดของปฏิกิริยาอีกด้วยแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ -OH มากกว่าหนึ่งหมู่เกาะอยู่ที่คาร์บอนอะตอมเดียวกัน โมเลกุลจะไม่เสถียรภาพและจะสูญเสียน้ำเพื่อเปลี่ยนเป็นแอลดีไฮด์หรือคีโตนที่มีเสถียรภาพมากขึ้น

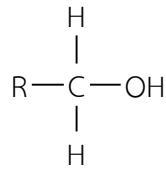
โครงสร้างของแอลกอฮอล์มาจากโครงสร้างทางโมเลกุลของน้ำซึ่งเกิดจากหมู่แอลคิล (R-) เข้าไปแทนที่อะตอมไฮโดรเจนของน้ำ 1 อะตอม ภาพที่ 12.1 เป็นการเปรียบเทียบโครงสร้างของน้ำกับเมทานอล จะเห็นว่าอะตอมออกซิเจนทั้งของน้ำและแอลกอฮอล์ใช้ไฮบริดออร์บิทัล sp₃ แต่มุมพันธะ C-O-H ในเมทานอล (108.90) ใหญ่กว่ามุมพันธะ H-O-H ในโมเลกุลของน้ำ (104.5°) เพราะหมู่เมทิล (-CH₃) ใหญ่กว่าอะตอมไฮโดรเจน สำหรับความยาวพันธะ O-H ในโมเลกุลของน้ำเท่ากับในเมทานอล (0.96 Å) แต่ความยาวพันธะ C-O จะยาวกว่า (1.4 Å) ซึ่งมีผลมาจากรัศมีโคเวเลนต์ของอะตอมคาร์บอนที่มีมากกว่าอะตอมไฮโดรเจน



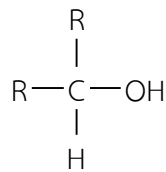
ภาพที่ 6.1 โครงสร้างของน้ำและเมทานอล

โมโนไฮดริคแอลกอฮอล์สามารถแบ่งย่อยได้อีกเป็น 3 ชนิด คือ แอลกอฮอล์ปฐมภูมิ (primary alcohol) แอลกอฮอล์ทุติยภูมิ (secondary alcohol) และแอลกอฮอล์ตติยภูมิ (tertiary alcohol)

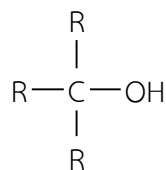
1) แอลกอฮอล์ปฐมภูมิ (1°) เป็นแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ $-OH$ เกิดพันธะกับอะตอมคาร์บอนปฐมภูมิ ซึ่งเป็นอะตอมคาร์บอนที่เกิดพันธะกับคาร์บอนข้างเคียง 1 พันธะ



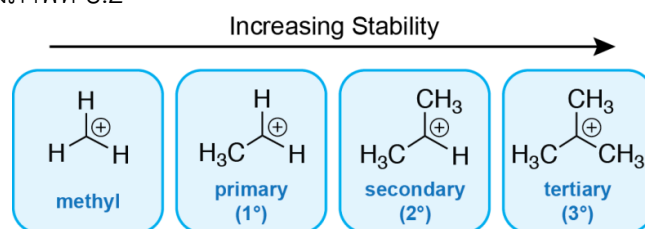
2) แอลกอฮอล์ทุติยภูมิ (2°) เป็นแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ $-OH$ เกิดพันธะกับอะตอมคาร์บอนทุติยภูมิ ซึ่งเป็นอะตอมคาร์บอนที่เกิดพันธะกับคาร์บอนข้างเคียง 2 พันธะ



3) แอลกอฮอล์ตติยภูมิ (3°) เป็นแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ $-OH$ เกิดพันธะกับอะตอมคาร์บอนตติยภูมิ ซึ่งเป็นอะตอมคาร์บอนที่เกิดพันธะกับคาร์บอนข้างเคียง 3 พันธะ



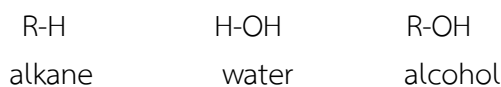
ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับไฮโดรเจนของหมู่ $-OH$ ซึ่งส่งผลให้แอลกอฮอล์แต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยปกติแล้วแอลกอฮอล์แต่ละชนิดจะแตกต่างกันที่อัตราหรือกลไกการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งเกี่ยวกับสมบัติทางโครงสร้างของแอลกอฮอล์เหล่านั้น แต่การมีหมู่แทนที่ที่แตกต่างกันส่งผลให้แอลกอฮอล์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันได้ ความเสถียรของแอลกอฮอล์เรียงลำดับมากไปน้อยคือ $3^\circ > 2^\circ > 1^\circ$ ดังภาพที่ 8.2



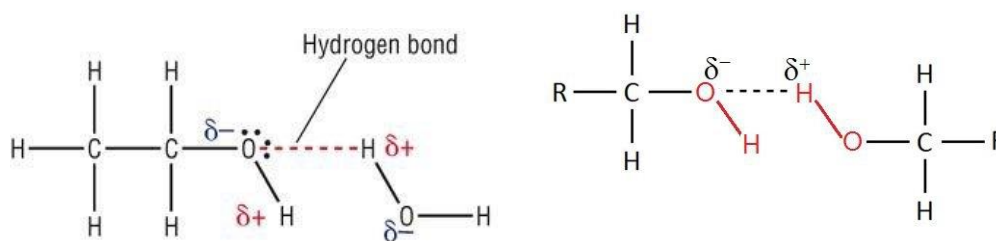
ภาพที่ 6.2 ความเสถียรของแอลกอฮอล์

2) สมบัติของแอลกอฮอล์

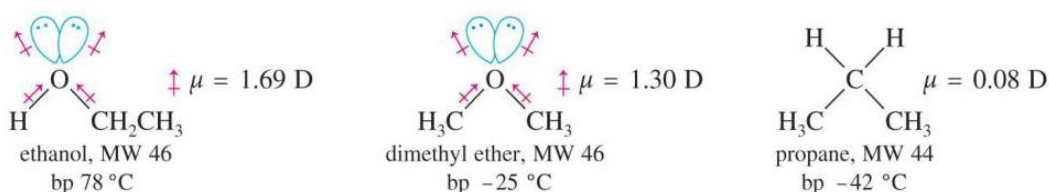
แอลกอฮอล์ส่วนใหญ่มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง มีสมบัติแตกต่างจากแอลเคนและแอลคีนที่มีมวลโมเลกุลหรือความยาวของโซ่เท่ากัน เมทานอลและเอทานอลเป็นแอลกอฮอล์ที่ระเหยง่าย มีกลิ่นฉุน แอลกอฮอล์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และมีโครงสร้างเป็นกิ่ง บางชนิดมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง สมบัติทางกายภาพของแอลกอฮอล์จะมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างของแอลเคนและน้ำ



โดยแอลกอฮอล์มีหมู่แอลคิล (R) คล้ายแอลเคน และมีหมู่ -OH คล้ายกับน้ำ โดยหมู่ -OH จะเป็นตัวแสดงสมบัติของแอลกอฮอล์ ส่วนหมู่แอลคิลจะขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างที่จะส่งผลต่อสมบัติของแอลกอฮอล์ ซึ่งหมู่ -OH จะมีขั้วและมีความสำคัญที่สุด โดยมีไฮโดรเจนที่เกิดพันธะกับออกซิเจนซึ่งเป็นธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูง ส่งผลให้หมู่ -OH ของแอลกอฮอล์เกิดพันธะไฮโดรเจนขึ้นระหว่างโมเลกุลของแอลกอฮอล์ด้วยกันเองหรือกับโมเลกุลที่ประกอบด้วยธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงอื่น ๆ ทั้งโมเลกุลที่เป็นกลาง และไอออนลบ ดังนี้



1. จุดเดือด ปัจจัยที่ส่งผลต่อจุดเดือดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทั้งหลายคือ มวลโมเลกุล และรูปร่างของโมเลกุล นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับการเกิดพันธะไฮโดรเจนและแรงแวนเดอร์วาลส์อีกด้วย สำหรับน้ำและแอลกอฮอล์จะมีจุดเดือดสูง เพราะน้ำและแอลกอฮอล์มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูงเนื่องจากเกิดพันธะไฮโดรเจน และมีแรงดึงดูดระหว่างขั้ว (Dipole-dipole attraction) เพราะเอทานอลมีโมเมนต์ขั้วคู่ (dipole moment, μ) สูงถึง 1.70 D ในขณะที่ โพรเพนไม่มีแรงดึงดูดเหล่านี้จึงมีจุดเดือดต่ำกว่าเอทานอลมาก

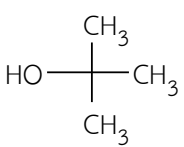
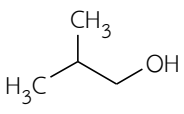
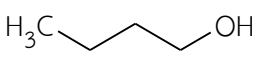
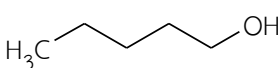
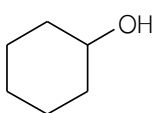
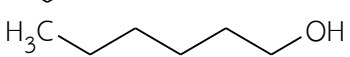
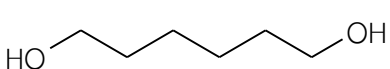
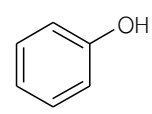


ตารางที่ 6.1 เปรียบเทียบจุดเดือดระหว่างโมเลกุลที่มีพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลที่ไม่มีพันธะไฮโดรเจน

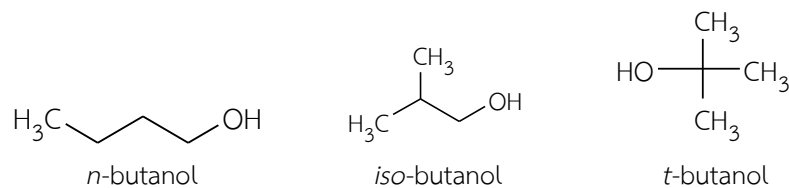
สารอินทรีย์	สูตรเคมี/โครงสร้าง	น้ำหนักโมเลกุล	จุดเดือด (°C)
มีเทน (methane)	CH ₄	16	-162
น้ำ (water)	H ₂ O	18	100
เมทานอล (methanol)	CH ₃ OH	32	65
อีเทน (ethane)	CH ₃ CH ₃	30	-89
อีทีน (ethene)	CH ₂ =CH ₂	28	-102
เอทานอล (ethanol)	CH ₃ CH ₂ OH	46	78
โพรเพน (propane)	CH ₃ CH ₂ CH ₃	44	-42
โพรพีน (propene)	CH ₂ =CHCH ₃	42	-48
โพรพานอล (n-propanol)	CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	60	97.2

2. การละลาย น้ำและแอลกอฮอล์มีสมบัติคล้ายคลึงกันมาก เพราะต่างก็มีหมู่ไฮดรอกซิล ซึ่งสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ ถ้าเป็นแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำก็จะละลายน้ำได้ดี ถ้ามีมวลโมเลกุลสูงขึ้นการละลายจะลดลง การละลายน้ำของแอลกอฮอล์บางชนิดแสดงไว้ในตารางที่ 6.2

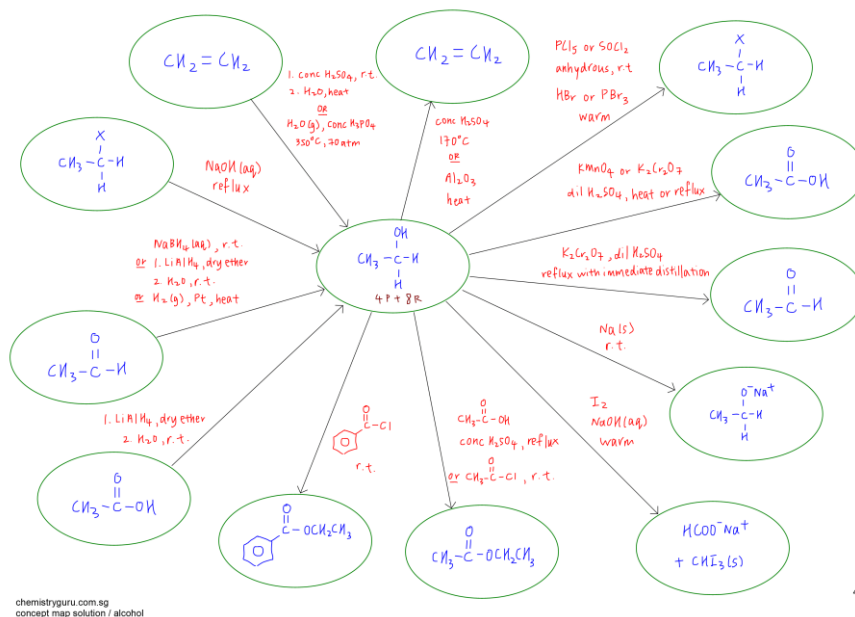
ตารางที่ 6.2 ค่าการละลาย น้ำและแอลกอฮอล์ที่ 25°C

แอลกอฮอล์	โครงสร้าง	ค่าการละลาย (g/100 g ของน้ำ)
methanol	CH ₃ OH	ละลาย
ethanol	CH ₃ CH ₂ OH	ละลาย
<i>n</i> -propanol	CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	ละลาย
<i>t</i> -butanol		ละลาย
<i>iso</i> -butanol		10.0
<i>n</i> -butanol		9.1
<i>n</i> -pentanol		2.7
cyclohexanol		3.6
<i>n</i> -hexanol		0.6
hexan-1,6-diol		ละลาย
phenol		9.3

จากตารางที่ 6.2 ซึ่งแสดงค่าการละลายน้ำของแอลกอฮอล์บางชนิดนั้น จะเห็นว่าการละลายลดลง เมื่อหมู่แอลคิลมีขนาดใหญ่ขึ้น หมู่แอลคิลที่มีคาร์บอน 1, 2 หรือ 3 อะตอมละลายน้ำได้ดี แต่หมู่แอลคิลที่มีคาร์บอน 4 อะตอมขึ้นไป สมบัติละลายได้เล็กน้อย เช่น *n*-butanol และ *iso*-butanol แต่ *t*-butanol ละลายได้ดีเพราะโมเลกุลมีรูปร่างกลม



3) ปฏิบัติการเตรียมแอลกอฮอล์



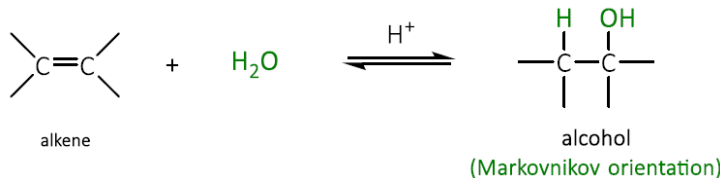
chemistryguru.com.sg
concept map solution / alcohol

4

ภาพที่ 6.3 แผนผังปฏิบัติการเตรียมแอลกอฮอล์
(<https://chemistryguru.com.sg/alcohol-reactions-organic-chemistry>)

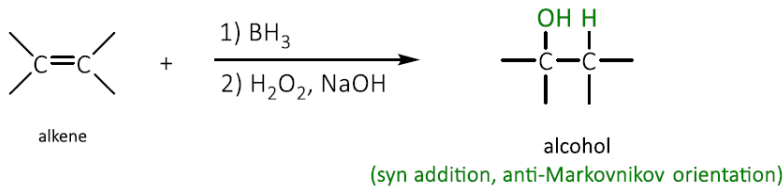
3.1) ปฏิบัติการไฮเดรชันโดยมีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Acid-catalyzed hydration)

ปฏิกิริยาไฮเดรชันเป็นการเติมน้ำเข้าไปที่พันธะไพน์ของแอลคีนโดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้สารผลิตภัณฑ์เป็นแอลกอฮอล์ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นผลิตภัณฑ์ของ Markovnikov



3.2) ปฏิบัติการไฮโดรโบเรชัน-ออกซิเดชัน (Hydroboration-Oxidation)

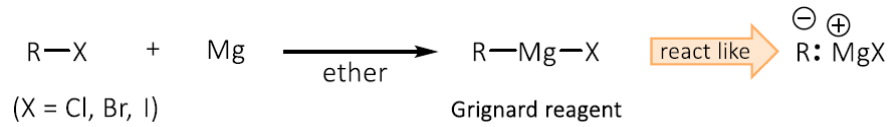
ปฏิกิริยาไฮโดรโบเรชัน-ออกซิเดชัน เป็นการเติมน้ำเข้าไปที่พันธะ-π ของแอลคีนได้สารผลิตภัณฑ์เป็นแอลกอฮอล์ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นแบบ anti-Markovnikov



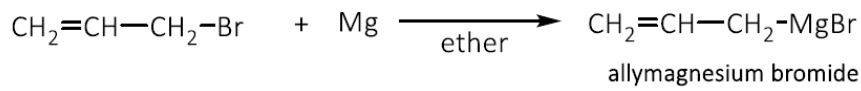
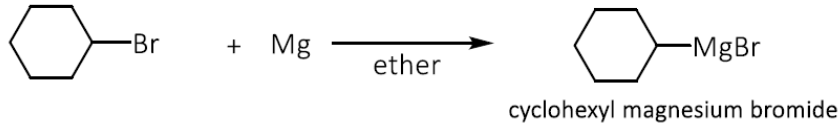
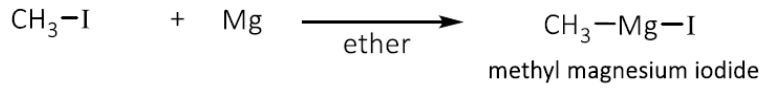
3.3) การเตรียมแอลกอฮอล์โดยใช้กริญญารีเอเจนต์ (Grignard Reagent)

กริญญารีเอเจนต์ถูกเตรียมจากปฏิกิริยาระหว่างอัลคิลเฮไลด์และโลหะ Mg ในตัวทำละลายอีเทอร์ และต้องเตรียมภายใต้สภาวะที่ปราศจากน้ำ

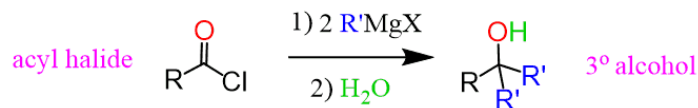
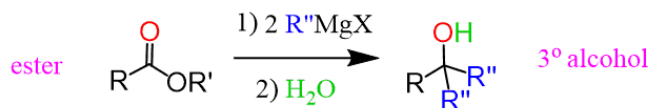
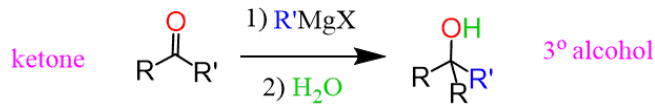
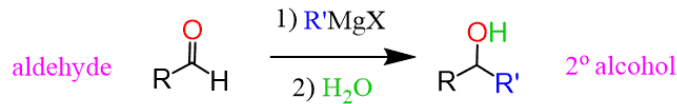
ปฏิบัติการเตรียมกริญญารีเอเจนต์



ตัวอย่างปฏิกิริยาการเตรียมกริญญารีเอเจนต์



ปฏิกิริยาของกริญญารีเอเจนต์กับสารประกอบอัลดีไฮด์ คีโตน และ พอร์มาดีไฮด์ เพราะเมื่อทำปฏิกิริยาแล้วสารผลิตภัณฑ์จะได้สารประกอบแอลกอฮอล์ต่างชนิดกัน ดังนี้

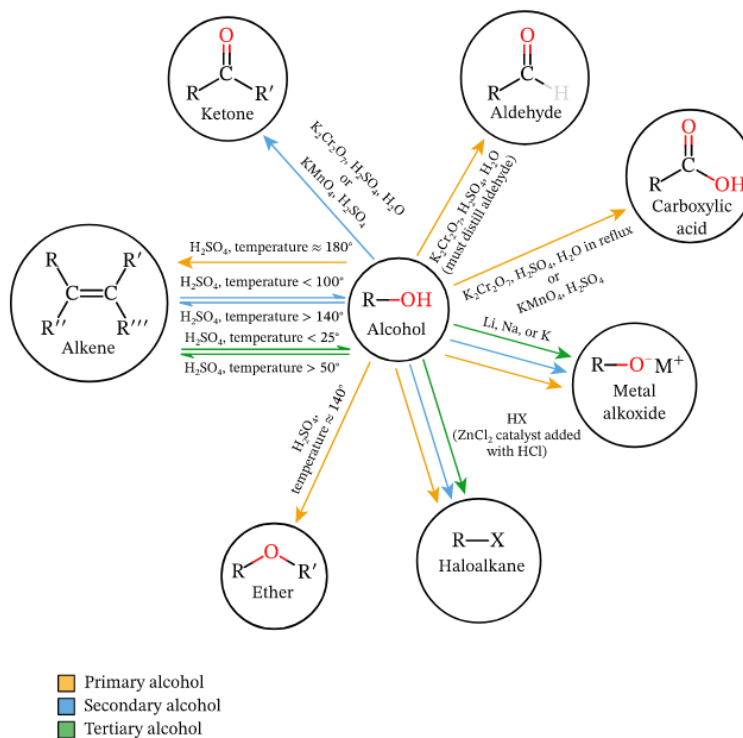


4) ปฏิกิริยาของแอลกอฮอล์

แอลกอฮอล์มีหมู่ OH ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญในสารประกอบอินทรีย์ หมู่ OH สามารถเปลี่ยนเป็นอะตอมหรือหมู่ฟังก์ชันอื่นได้ ในหัวข้อนี้จะศึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยาของแอลกอฮอล์ที่สำคัญๆ รวมทั้งรีเอเจนต์ที่มักใช้ในการทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ ตารางที่ 6.3 แสดงการสรุปชนิดของปฏิกิริยาของแอลกอฮอล์

ตารางที่ 6.3 ปฏิกิริยาของแอลกอฮอล์

R-OH		type of reaction	Product
R-OH	dehydration	→	alkenes
R-OH	esterification	→	R-O-C(=O)-R' esters
R-OH	oxidation	→	ketones, aldehydes and, carboxylic acids
R-OH	tosylation	→	R-OTs Tosylate ester (good leaving group)
R-OH	substitution	→	R-X halides
R-OH	reduction	→	R-H alkanes
R-OH	1) form alkoxide 2) R'-X	→	R-O-R' ether

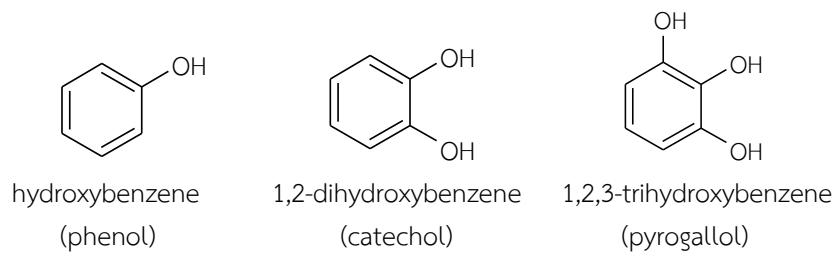


ภาพที่ 6.4 ปฏิกิริยาของแอลกอฮอล์

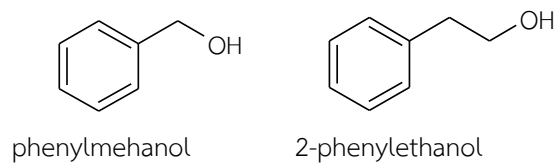
6.1.2 ฟีนอล

1) โครงสร้างและชนิดของฟีนอล

ฟีนอล (phenol) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) หนึ่งหมู่หรือมากกว่าหนึ่งหมู่แทนที่อะตอมไฮโดรเจนของวงเบนซีน มีสูตรทั่วไปเป็น Ar-OH เมื่อ Ar คือหมู่แอริล ดังนั้นสารในกลุ่มนี้จึงสามารถแบ่งออกเป็น โมโนไฮดริก (mono-) ไดไฮดริก (di-) และไตรไฮดริก (tri-) ตามจำนวนหมู่ -OH ที่แทนที่อะตอม H ของวงเบนซีนเป็น 1, 2 และ 3 หมู่ ตามลำดับ

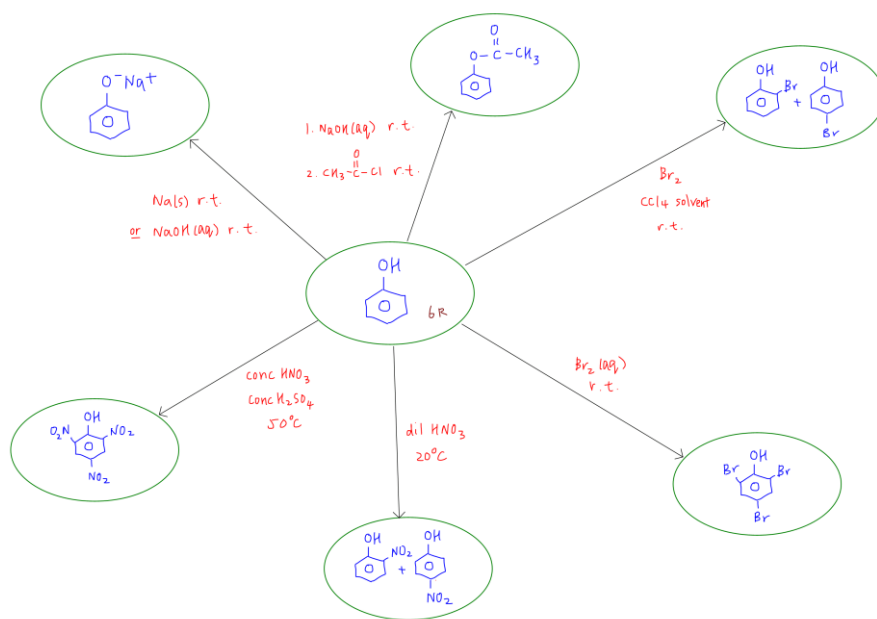


สารประกอบแอรอแมติกที่หมู่ -OH ไม่ได้แทนที่อะตอม H ของวงเบนซีน จัดว่าไม่เป็นสารประกอบฟีนอล แต่เรียกว่า แอรอแมติกแอลกอฮอล์ (aromatic alcohols)

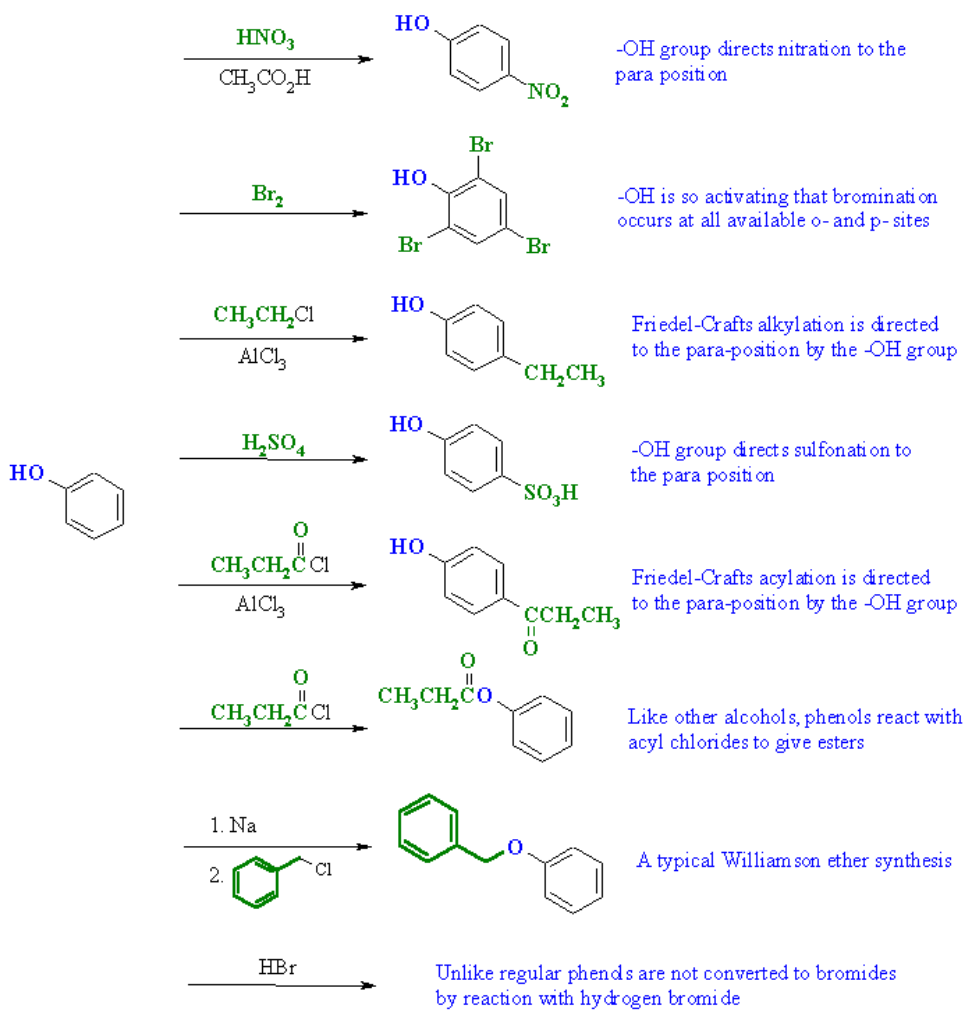


สำหรับฟีนอลละลายได้ดีกว่าแอลกอฮอล์ต่างๆ ที่มีคาร์บอน 6 อะตอม เพราะโมเลกุลฟีนอลเป็นวงและเกิดพันธะไฮโดรเจนที่แข็งแรงระหว่างหมู่ -OH ของฟีนอลกับโมเลกุลของน้ำ

2) ปฏิกิริยาของฟีนอล



ภาพที่ 6.5 แผนผังปฏิกิริยาฟีนอล
(<https://chemistryguru.com.sg/alcohol-reactions-organic-chemistry>)



ภาพที่ 6.6 สรุปปฏิกิริยาฟีนอล

6.1.3 อีเทอร์และอีพอกไซด์

1) โครงสร้างอีเทอร์และอีพอกไซด์

อีเทอร์ (Ethers หรือ Alkoxyalkanes) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรทั่วไปเป็น $\text{C}_n\text{H}_{2n} + 2\text{O}$ ซึ่งเหมือนกับโมโนไฮดรอกซีแอลกอฮอล์และมีสูตรโครงสร้างทั่วไปเป็น $\text{R}-\text{O}-\text{R}'$ เมื่อ R และ R' เป็นหมู่แทนที่แอลคิลหรือหมู่เอริล (วงเบนซีน) หมู่แอลคิลทั้งสองนี้อาจเหมือนกันหรือต่างกันได้ แต่ถ้าเหมือนกันเรียกว่า อีเทอร์อย่างง่าย (Simple ethers) หรืออีเทอร์สมมาตร (Symmetrical ethers) ถ้าแตกต่างกัน เรียกว่า อีเทอร์ผสม (Mixed ethers) หรืออีเทอร์ไม่สมมาตร (Unsymmetrical ethers) เช่น

$\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$	อีเทอร์อย่างง่าย
$\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_3$	อีเทอร์อย่างง่าย
$\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_3$	อีเทอร์ผสม

อีเทอร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ แอลิฟาติก และแอโรมาติกอีเทอร์ โดยในส่วนของแอลิฟาติกอีเทอร์นั้นหมู่ R และ R' เป็นหมู่แอลคิล ในขณะที่แอโรมาติกอีเทอร์ จะมีหมู่ R หรือ R' หนึ่งหมู่หรือทั้งสองหมู่เป็นหมู่เอริล อีเทอร์ที่มีหมู่หนึ่งเป็นแอลคิลและอีกหมู่หนึ่งเป็นเอริลเรียกว่า แอริล

แอลคิลอีเทอร์หรือฟีนอลิกอีเทอร์ (aryl alkyl ether หรือ phenolic ether) แต่ถ้าทั้งสองหมู่เป็นแอริล เรียกว่า ไดแอริลอีเทอร์ (diaryl ether)

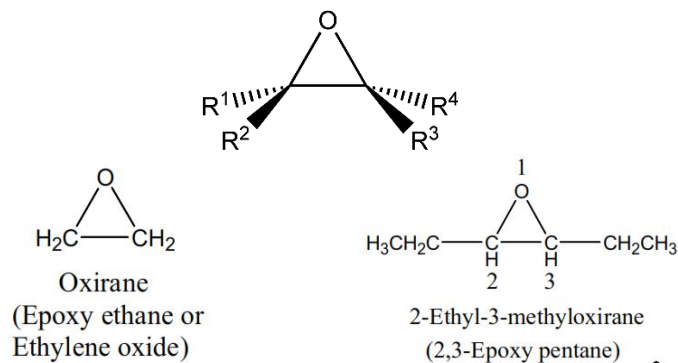
อีเทอร์ใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์โดยใช้ไดเอทิลอีเทอร์ (diethyl ether) เป็นยาสลบ โดยจะออกฤทธิ์กดประสาทส่วนกลางจนทำให้หมดสติอีเทอร์ใช้เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้ในการสกัดสารหรือตกผลึกสาร อีเทอร์สามารถละลายสารประกอบอินทรีย์ได้หลายชนิด อีเทอร์ขจัดออกได้ง่ายเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาเนื่องจากมีจุดเดือดต่ำ

การเรียกชื่ออีเทอร์อาจเรียกชื่อสามัญว่า อัลคิล อัลคิล อีเทอร์ (alkyl alkyl ether) เรียกชื่อ IUPAC ว่า อัลคอกซีอัลเคน (alkoxy alkane)

การเรียกชื่อ IUPAC ของอีเทอร์กำหนดให้หมู่อัลคิลที่มีขนาดใหญ่กว่า (คือมีจำนวนคาร์บอนมากกว่า) ให้เป็นชื่อหลัก และจะเรียกชื่อไว้ตำแหน่งหลังสุด โดยเรียกชื่อตามจำนวนคาร์บอนเหมือนการเรียกชื่อของอัลเคน ส่วนหมู่อัลคิลขนาดเล็ก (คือมีจำนวนคาร์บอนน้อยกว่า) ให้เรียกชื่อเขียนไว้ด้านหน้าในรูปของหมู่อัลคอกซี (alkoxy group)

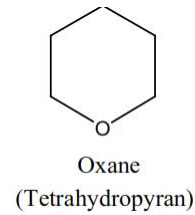
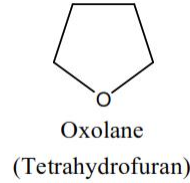
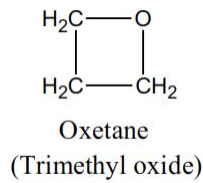
ไซคลิกอีเทอร์ (cyclic ethers) เป็นสารประกอบเฮเทอโรไซคลิก (heterocyclic compound) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นวง ภายในวงมีอะตอมออกซิเจนอยู่ด้วย ไซคลิกอีเทอร์แบ่งออกได้ดังนี้

1) อีพอกไซด์ (epoxide, oxirane) โครงสร้างเป็นวงปิด 3 อะตอม (คาร์บอน 2 อะตอม) ภายในโมเลกุลประกอบด้วยคาร์บอนตั้งแต่ 2 -10 อะตอม อะตอมคาร์บอนเกาะกับอะตอมออกซิเจนด้วยพันธะเดี่ยว พันธะระหว่าง C-O มีความเป็นขั้ว อีพอกไซด์มีความเครียดสูงคล้ายไซโคลโพรเพน เมื่อมีนิวคลีโอไฟล์ (nucleophiles) เข้ามาทำปฏิกิริยาที่อะตอมคาร์บอนของพันธะ C-O ทำให้เกิดการแตกของวงอีพอกไซด์ การเรียกชื่อให้นับจากตำแหน่งอะตอมของออกซิเจนเป็นลำดับที่ 1

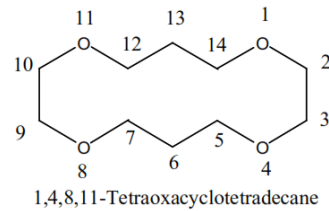
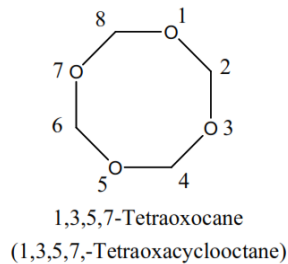
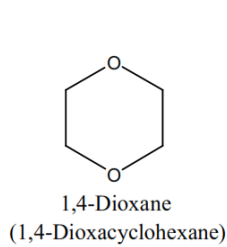


2) ไซคลิกอีเทอร์ที่มีคาร์บอนตั้งแต่ 3 อะตอมขึ้นไป

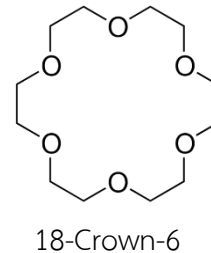
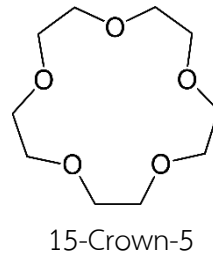
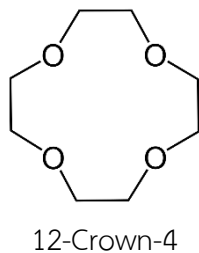
- ออกซีเทน (oxetane) โครงสร้างเป็นวงปิด 4 อะตอม (คาร์บอน 3 อะตอม)
- ฟิวราน (furan, oxolane) โครงสร้างเป็นวงปิด 5 อะตอม (คาร์บอน 4 อะตอม)
- ไพราน (pyran, oxane) โครงสร้างเป็นวงปิด 6 อะตอม (คาร์บอน 5 อะตอม)
- ไดออกเซน (dioxane) โครงสร้างเป็นวงปิด 6 อะตอม (คาร์บอน 4 อะตอม ออกซิเจน 2 อะตอม)



ส่วนโมเลกุลที่มีหมู่อีเทอร์หลาย ๆ หมู่ในวงแหวนเดียวกัน ให้นับจำนวนอะตอมของทั้งออกซิเจนและคาร์บอน แล้วเรียกชื่อให้สอดคล้องกับโมเลกุลนั้น

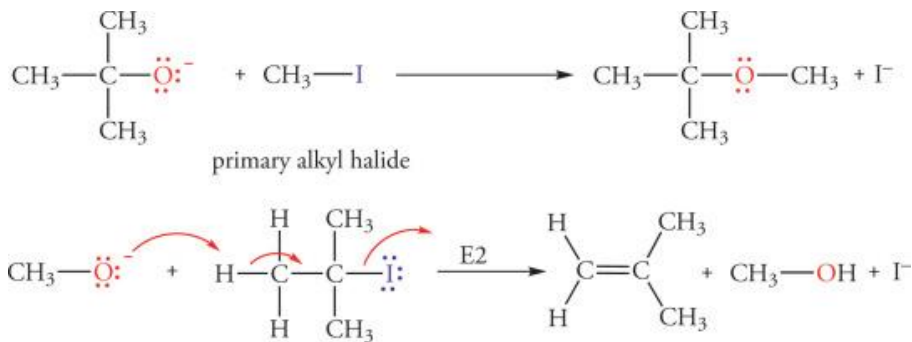
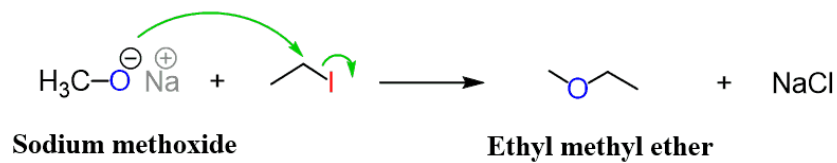
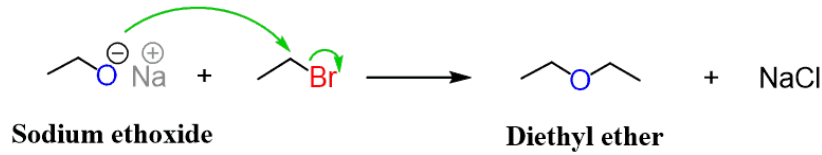
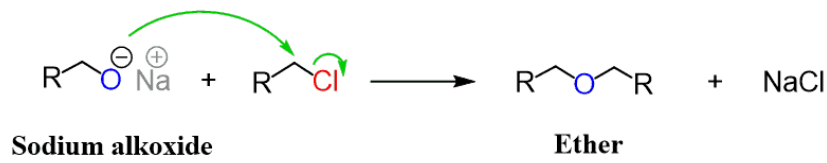


Crown ethers คือสารประกอบไซคลิกที่มีอีเทอร์ตั้งแต่ 4 อีเทอร์ในวงแหวนที่มีจำนวนอะตอมตั้งแต่ 12 หรือมากกว่าขึ้นไป ที่เรียกว่า Crown เพราะมีโครงสร้างคล้ายมงกุฎ ซึ่งการเรียกชื่อจะใช้คำว่า Crown โดยนำหน้าด้วยจำนวนอะตอมคาร์บอนทั้งหมดและตามหลังคำนี้ด้วยจำนวนอะตอมของออกซิเจน เช่น

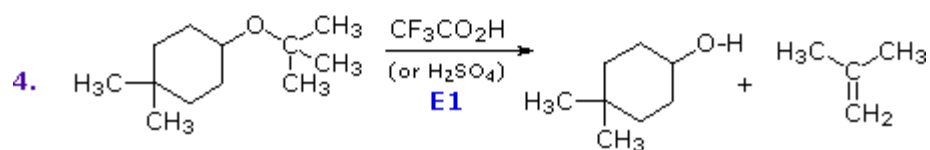
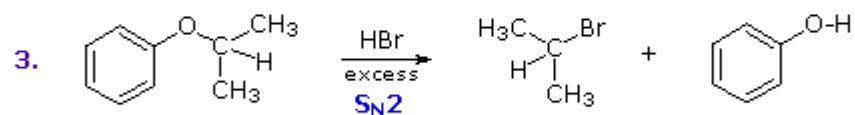
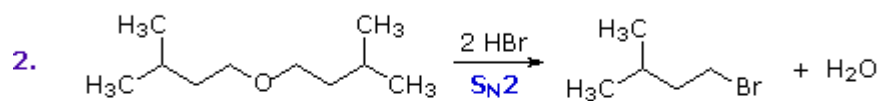
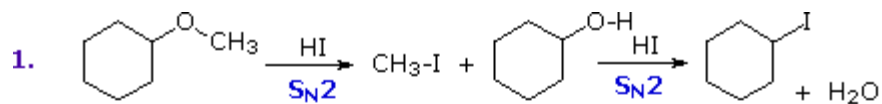


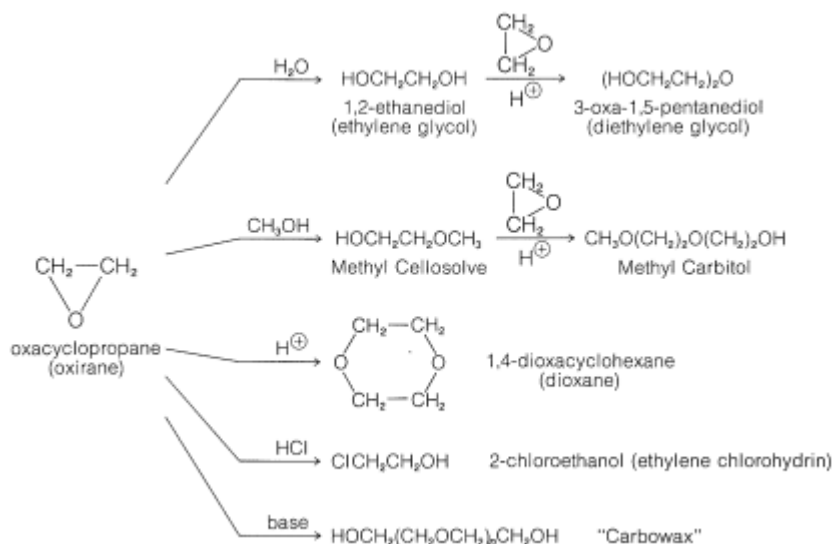
2) ปฏิกริยาการเตรียมอีเทอร์

การสังเคราะห์อีเทอร์ด้วยวิธีของวิลเลียมสัน (Williamson ether synthesis) เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างอัลคอกไซด์ไอออนกับอัลคิลเฮไลด์ปฐมภูมิเป็นปฏิกิริยาการแทนที่แบบ SN2



3) ปฏิกิริยาอีเทอร์และอีพอกไซด์





สรุปท้ายบทเรียน

แอลกอฮอล์ เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) หนึ่งหมู่หรือมากกว่าอยู่ในโมเลกุลแอลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน โดยแอลกอฮอล์หมู่ไฮดรอกซิลต่ออยู่กับหมู่แอลคิล มีสูตรทั่วไปเป็น R-OH แอลกอฮอล์ส่วนใหญ่มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง มีสมบัติแตกต่างจากแอลเคนและแอลคีนที่มีมวลโมเลกุลหรือความยาวของโซ่เท่ากัน เมทานอลและเอทานอลเป็นแอลกอฮอล์ที่ระเหยง่าย มีกลิ่นฉุน แอลกอฮอล์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และมีโครงสร้างเป็นกิ่ง บางชนิดมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง สมบัติทางกายภาพของแอลกอฮอล์จะมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างของแอลเคนและน้ำ

ฟีนอลเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลหนึ่งหมู่หรือมากกว่าหนึ่งหมู่แทนที่อะตอมไฮโดรเจนของวงเบนซีน มีสูตรทั่วไปเป็น Ar-OH

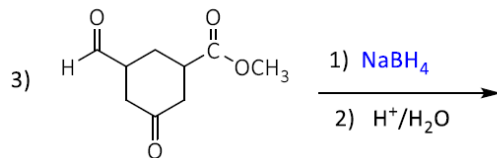
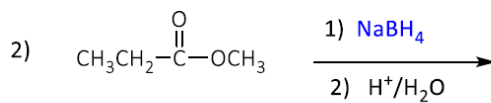
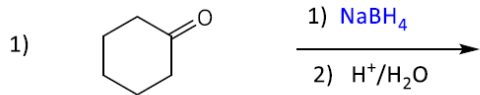
อีเทอร์เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโครงสร้างทั่วไปเป็น R-O-R' เมื่อ R และ R' เป็นหมู่แทนที่แอลคิลหรือแอริล หมู่แอลคิลทั้งสองนี้อาจเหมือนกันหรือต่างกันได้ อีเทอร์บางออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ แอลิฟาติกอีเทอร์และแอโรมาติกอีเทอร์ โดยในส่วนของแอลิฟาติกอีเทอร์นั้นหมู่ R และ R' เป็นหมู่แอลคิล ในขณะที่แอโรมาติกอีเทอร์ จะมีหมู่ R หรือ R' หนึ่งหมู่หรือทั้งสองหมู่เป็นหมู่แอริล อีเทอร์ที่มีหมู่หนึ่งเป็นแอลคิลและอีกหมู่หนึ่งเป็นแอริลเรียกว่า แอริลแอลคิลอีเทอร์หรือฟีนอลิกอีเทอร์ แต่ถ้าทั้งสองหมู่เป็นแอริล เรียกว่า ไดแอริลอีเทอร์

ไซคลิกอีเทอร์เป็นสารประกอบเฮเทอโรไซคลิกซึ่งมีโครงสร้างเป็นวง ภายในวงมีอะตอมออกซิเจนอยู่ด้วย อีพอกไซด์ โครงสร้างเป็นวงปิด 3 อะตอม ไซคลิกอีเทอร์ที่มีโครงสร้างเป็นวงปิด 4 อะตอม เรียกว่า ออกซีเทน โครงสร้างเป็นวงปิด 5 อะตอม เรียกว่า ไพราน โครงสร้างเป็นวงปิด 6 อะตอม เรียกว่า ไพราน และโครงสร้างเป็นวงปิด 6 อะตอม เรียกว่า ออกเซน

กิจกรรม

ขั้นตอน	วิธีการ
แนะนำโจทย์ปัญหา (P)	แจกใบกิจกรรม 6.1
ไตร่ตรองทางแก้ไขเฉพาะตน (E)	แต่ละคนบอกวิธีการแก้ไขโจทย์ปัญหา (5 นาที)
ระดมสมองโดยกลุ่ม (T)	ให้รวมกลุ่ม มอบหมายโจทย์ให้แต่ละกลุ่มระดมสมองแก้ไขโดยวิธีการร่วมแสดงความคิดเห็น (10 นาที)
สื่อสารทางออก (C)	ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอ วิธีการแก้ไขโจทย์ปัญหา 1) หลักการสำคัญหรือหลักพื้นฐานที่ถูกต้อง 2) วิธีการคำนวณค่าที่ถูกต้อง 3) วิธีอธิบายเชิงพฤติกรรม (วิธีปฏิบัติ) ที่ถูกต้อง โดยให้กลุ่มอื่น ๆ รับฟัง และซักถามในข้อที่สงสัย (10 นาที)
ถอดรหัสปรับใช้ (D)	ผู้สอนสรุป ความถูกต้องและความผิดพลาด โดยเพิ่มเติมประเด็นที่เกี่ยวข้องให้สมบูรณ์

แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน



เอกสารอ้างอิง

- Averil, B.A. (2012). *Principles of General Chemistry* (Online ed.).
<https://2012books.lardbucket.org/books/principles-of-general-chemistry-v1.0m/index.html>
- Brown, L.S., & Holme, T.A. (2018). *Chemistry for Engineering Students* (4th ed.). Thomson Brook Cole.
- Brown, T.L., LeMay, H.E., Bursten, B.E., Murphy, C.J., Woodward, P.M. & Stoltzfus, M.W. (2017). *Chemistry: The Central Science* (14th ed.). Pearson Education, Inc.
- Chang, R., & Goldsby, K.A. (2016). *Chemistry* (12th ed.). McGraw-Hill.
- Ebbing, D.D., & Gammon, S.D. (2017). *General Chemistry* (11th ed.). Cengage Learning.
- Jespersen, N.D., Brady, J.E., & Hyslop, A. (2012). *Chemistry: The Molecular Nature of Matter* (6th ed.). John Wiley & Sons, Inc
- Petrucci, R.H., Herring, F.G., Madura, D.J., & Bissonnette, C. (2017). *General Chemistry: Principles and Modern Applications* (11th ed.). Pearson Prentice Hall.
- Overby, J. & Chang, R., (2022). *Chemistry* (14th ed.). McGraw-Hill.
- Silberberg, M.S. (2013). *Principle of General Chemistry* (3rd ed.). McGraw-Hill Publishing Company.
- Silberberg, M.S. & Amateis, P.G. (2021). *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change* (9th ed.). McGraw-Hill Publishing Company.

แผนการสอนสัปดาห์ที่ 11

หน่วยที่ 6 แอลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน
บทเรียนที่ 6.2 สารประกอบคาร์บอนิล

จำนวนชั่วโมง 3

จุดประสงค์การสอน (จุดประสงค์ทั่วไป)

1. เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับสารประกอบคาร์บอนิล

ผลการเรียนรู้ (จุดประสงค์เฉพาะ)

1. อธิบายแอลดีไฮด์
2. อธิบายคีโตน

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. การบรรยาย และอภิปราย
2. กิจกรรมกลุ่มในชั้นเรียน (Work@class)

สื่อการสอน/อุปกรณ์การสอน

1. เอกสารคำสอน รายวิชาเคมีสำหรับสุขภาพ เครื่องสำอางและการชะลอวัย
2. เอกสาร power point
3. https://web.rmutp.ac.th/woravith/?page_id=11425
4. <https://www.facebook.com/chemographics>
5. <https://www.slideshare.net/woravith>

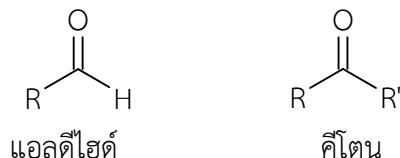
การวัดผล

1. ประเมินจากกิจกรรมในชั้นเรียน
2. ประเมินจากกิจกรรมแบบฝึกหัด หรืองานที่มอบหมาย
3. ประเมินจากการสรุปประเด็นสำคัญ หรือการนำเสนอผลของการสืบค้นที่ได้รับมอบหมาย
4. ประเมินจากการสอบย่อยรายหน่วยเรียน

บทเรียนที่ 6.2 สารประกอบคาร์บอนิล

6.2.1 แอลดีไฮด์และคีโตน

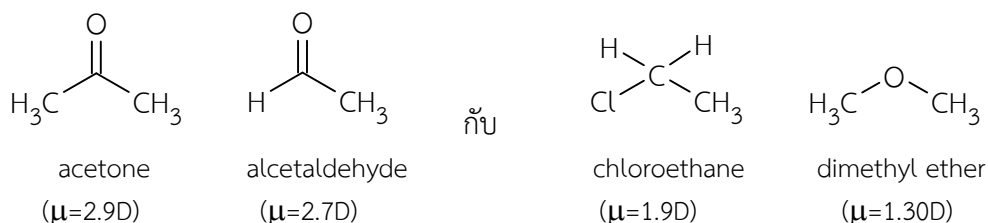
แอลดีไฮด์และคีโตน (aldehyde and ketone) เป็นผลผลิตขั้นแรกจากการออกซิเดชันของแอลกอฮอล์ปฐมภูมิ และทุติยภูมิ และเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่คาร์บอนิล (C=O) อยู่ในโมเลกุลมีสูตรทั่วไป



แอลดีไฮด์และคีโตนมีโครงสร้างและสมบัติส่วนใหญ่คล้ายคลึงกัน แต่ก็มีสมบัติบางประการที่แตกต่างกัน เช่น การเกิดปฏิกิริยากับตัวออกซิไดส์และนิวคลีโอไฟล์ ซึ่งแอลดีไฮด์มีความว่องไวต่อปฏิกิริยามากกว่าคีโตน สาเหตุเนื่องจากไดโพลโมเมนต์ของพันธะคู่ของหมู่คาร์บอนิลมีค่ามาก

โครงสร้างของหมู่คาร์บอนิลทั้งแอลดีไฮด์และคีโตนมีหมู่คาร์บอนิล โดยคาร์บอนิลคาร์บอนใช้ไฮบริดออร์บิทัลเป็น sp^2 ดังนั้นรอบอะตอมคาร์บอนจึงมี sp^2 3 ออร์บิทัล และอีก 1 p ออร์บิทัลที่ไม่ได้เกิดไฮบริด อะตอมคาร์บอนจึงใช้ sp^2 เกิดพันธะซิกมาที่อะตอมข้างเคียง 3 พันธะ โดยสร้างพันธะกับไฮโดรเจน 1 อะตอม เหลืออีก 2 ออร์บิทัลจะนำไปสร้างพันธะกับอะตอมหรือกลุ่ม อะตอมอื่น (R หรือ H) พันธะซิกมาทั้งสามพันธะจะอยู่ในระนาบเดียวกันและทำมุมต่อกัน 120° ส่วนออร์บิทัล p ที่ไม่ได้ใช้ในการเกิดไฮบริดซึ่งวางตัวในตำแหน่งที่ตั้งฉากกับพันธะทั้งสามนี้ จะ ใช้दानข้างขนานทับกับออร์บิทัล p ของอะตอมออกซิเจนเกิดเป็นพันธะไพ พันธะคู่ ระหว่างอะตอมคาร์บอนกับออกซิเจนในหมู่คาร์บอนิลคล้ายกับพันธะคู่ระหว่างอะตอมคาร์บอน กับคาร์บอนในแอลคีน แต่ที่แตกต่างก็คือพันธะคู่ในหมู่คาร์บอนิลสั้นกว่าและแข็งแรงกว่าพันธะคู่ในแอลคีน

ข้อแตกต่างอีกประการหนึ่งระหว่างพันธะคู่ในหมู่คาร์บอนิลกับแอลคีนคือพันธะคู่ในหมู่คาร์บอนิลมีโมเมนต์ขั้วคู่มากกว่าของแอลคีน เพราะอะตอมออกซิเจนมีสภาพไฟฟ้าลบสูงกว่าคาร์บอนและมีอิเล็กตรอนคู่ที่ไม่ได้ใช้ในการสร้างพันธะส่งผลให้แอลดีไฮด์และคีโตนมีโมเมนต์ขั้วคู่มากกว่าแอลคิลแอลกอฮอล์และอีเทอร์อีกด้วย เช่น ค่าโมเมนต์ขั้วคู่ของแอลดีไฮด์ และคีโตนเปรียบเทียบกับค่าโมเมนต์ขั้วคู่ของแอลคิลแอลกอฮอล์และอีเทอร์



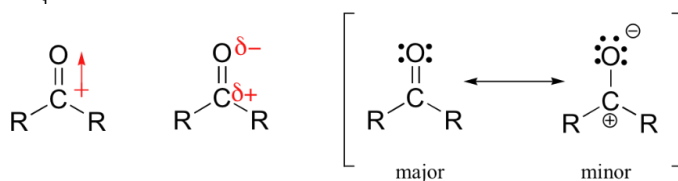
แอลดีไฮด์และคีโตนมีทั้งที่เป็นแก๊สที่อุณหภูมิห้อง (เช่น ฟอรัมาลดีไฮด์) มีสถานะเป็นของเหลวและของแข็งตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น มีกลิ่นเฉพาะตัวทั้งกลิ่นเหม็นแสบ จมูก กลิ่นหอม โดยเฉพาะแอมโรมาติกแอลดีไฮด์มีกลิ่นหอมจึงนำไปใช้ทำน้ำหอม หรือใช้ปรุงอาหาร เป็นต้น

จุดเดือด ทั้งแอลดีไฮด์และคีโตนจะมีจุดเดือดสูงเมื่อเทียบกับสารไฮโดรคาร์บอนอื่นที่มีมวลใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากทั้งแอลดีไฮด์และคีโตนประกอบด้วยหมู่ที่มีขั้วของคาร์บอนิล ดังนั้นจึงมีแรงระหว่างขั้ว (dipole-dipole interaction) ของโมเลกุลสูงมาก

ตารางที่ 6.4 จุดเดือดแอลดีไฮด์และคีโตนเทียบกับสารไฮโดรคาร์บอนที่มีมวลใกล้เคียงกัน

Type of Compound	Compound	Structure	Molecular Mass	Boiling Point (°C)	
{	alkane	ethane	CH ₃ —CH ₃	30	-89
	aldehyde	methanal	H—CHO	30	-21
	alcohol	methanol	CH ₃ —OH	32	65
{	alkane	propane	CH ₃ —CH ₂ —CH ₃	44	-42
	aldehyde	ethanal	CH ₃ —CHO	44	20
	alcohol	ethanol	CH ₃ —CH ₂ —OH	46	78
{	alkane	butane	CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₃	58	-1
	aldehyde	propanal	CH ₃ —CH ₂ —CHO	58	49
	alcohol	1-propanol	CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —OH	60	97

แอลดีไฮด์และคีโตนมีจุดเดือดเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนอะตอมในโมเลกุล แต่แอลดีไฮด์และคีโตนไม่มีพันธะ O—H หรือ N—H ในโมเลกุลจึงไม่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลได้ ทำให้มี จุดเดือดต่ำกว่าแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน เนื่องจากแอลกอฮอล์มีพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล



การมีขั้วของหมู่คาร์บอนิล แต่แรงระหว่างขั้วมีค่าน้อยกว่าพันธะไฮโดรเจนในแอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์และคีโตนจึงมีจุดเดือดต่ำกว่าแอลกอฮอล์ที่มีมวลใกล้เคียงกันดังกล่าว สำหรับจุดเดือด จุดหลอมเหลวและการละลายน้ำของคีโตนและแอลดีไฮด์ดังตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 สมบัติทางกายภาพของแอลดีไฮด์และคีโตนบางชนิด

Compound	Boiling Point (°C)	Solubility in Water
Methanal (formaldehyde)	-21	Very soluble
Ethanal (acetaldehyde)	21	Very soluble
Propanal (propionaldehyde)	49	Soluble
Propanone (acetone)	56	Soluble
Butanal (butyraldehyde)	75	Soluble
Butanone	80	Soluble
Pentanal	103	Slightly soluble
2-Pentanone	102	Slightly soluble
3-Pentanone	102	Slightly soluble
Hexanal	129	Not soluble
2-Hexanone	127	Not soluble
3-Hexanone	124	Not soluble

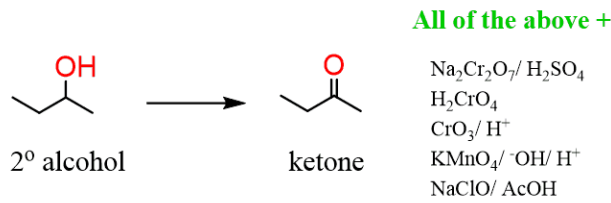
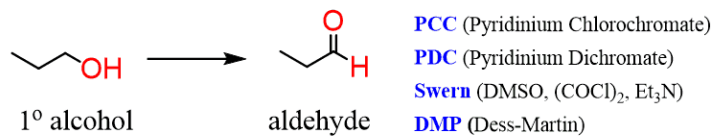
increasing size

6.2.2 การเตรียมแอลดีไฮด์และคีโตน

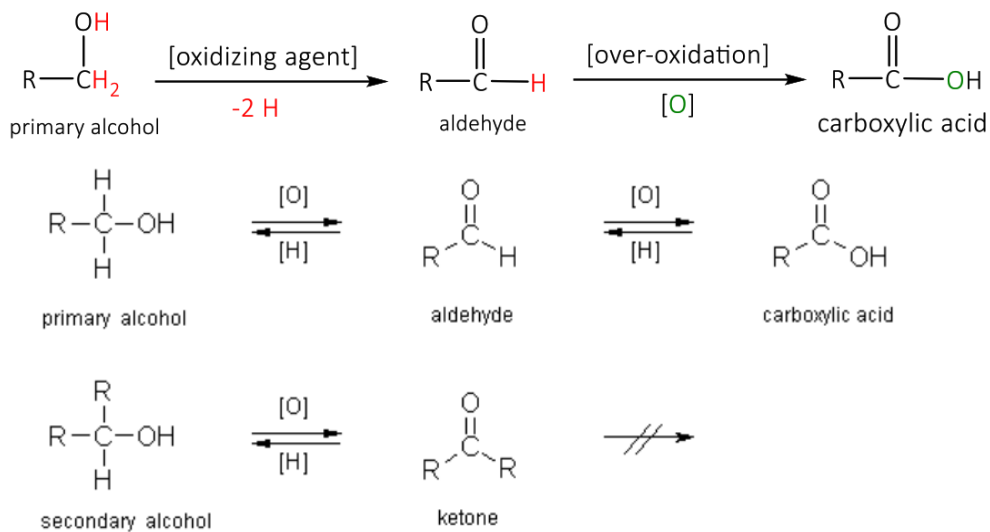
1) ปฏิกิริยาออกซิเดชันแอลกอฮอล์

ถ้าออกซิไดส์แอลกอฮอล์ปฐมภูมิด้วยตัวออกซิไดส์ที่มากเกินไปจะได้ผลผลิตสุดท้ายเป็นกรดคาร์บอกซิลิก เพราะแอลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นจากการออกซิไดส์ในครั้งแรกจะถูกออกซิไดส์ไปเป็นกรดได้ง่าย แอลดีไฮด์เตรียมได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลกอฮอล์ปฐมภูมิ (1°) โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตหรือโพแทสเซียมไดโครเมตเป็นตัวออกซิไดส์ในสภาวะที่เป็นกรด สำหรับรีเอเจนต์ที่ดีที่สุดในการเปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นแอลดีไฮด์คือ Collin' reagent (Chromium trioxide-pyridine complex) รีเอเจนต์นี้ยังสามารถใช้ตรวจสอบการออกซิเดชันของแอลดีไฮด์ไปเป็นกรดคาร์บอกซิลิกได้อีกด้วย โดยใช้ตัวทำละลายที่ไม่ใช่ น้ำ เช่น ไคลอโรฟอร์ม (CH₂Cl₂)

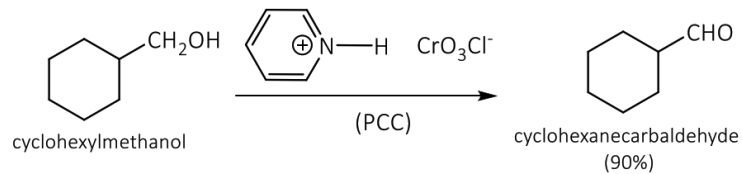
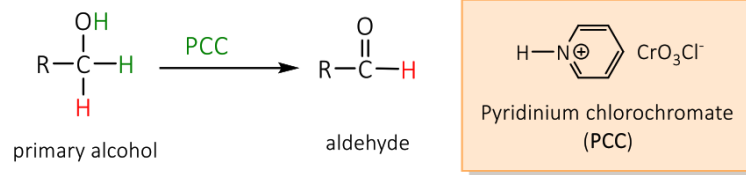
ส่วนคีโตนสามารถเตรียมได้จากตัวออกซิไดส์เหมือนกัน แต่ใช้แอลกอฮอล์ทุติยภูมิ (2°)



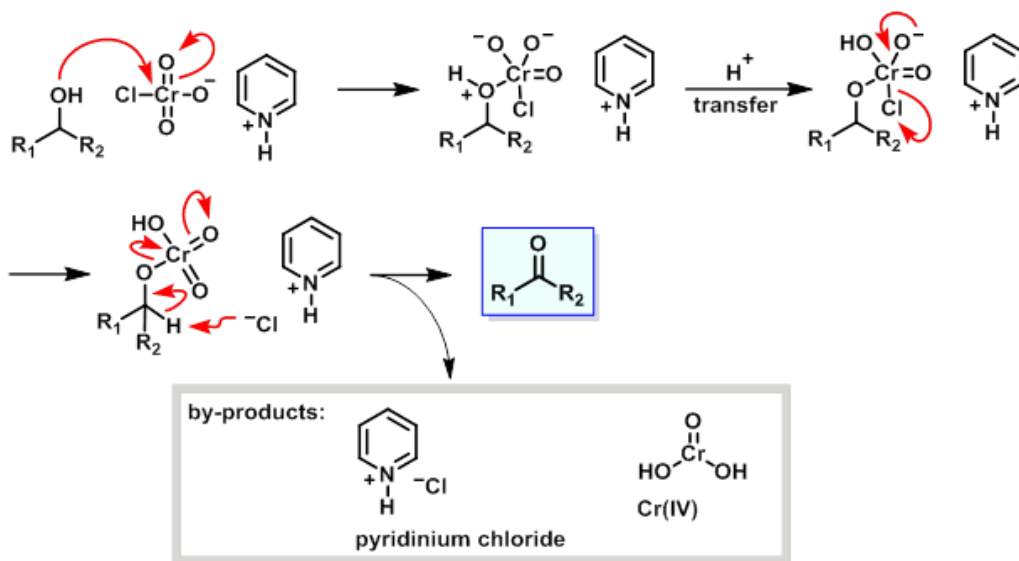
โซเดียมไดโครเมต (Na₂Cr₂O₇) ในสารละลายกรดซัลฟิวริกนี้ถือเป็นตัวออกซิไดส์ที่แรง ภายใต้ปฏิกิริยาที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานี้ เมื่อเปลี่ยนจาก 2° แอลกอฮอล์เป็น 1° แอลกอฮอล์ จะไม่ได้แอลดีไฮด์เป็นผลผลิตสุดท้าย เนื่องจากแอลดีไฮด์ไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงมาก หลังจาก 1° แอลกอฮอล์ถูกออกซิไดส์เป็นแอลดีไฮด์แล้วจะเกิดปฏิกิริยาต่อไปเป็นกรดคาร์บอกซิลิกได้ง่ายมาก ปฏิกิริยาการนี้เรียกว่าเกิด over oxidation



เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิด over-oxidation ไปเป็นกรดคาร์บอกซิลิก จึงมีการใช้ตัวออกซิไดส์ที่อ่อนลงนั่นคือ พิริดิเนียมคลอโรโครเมต (Pyridinium chlorochromate, PCC)

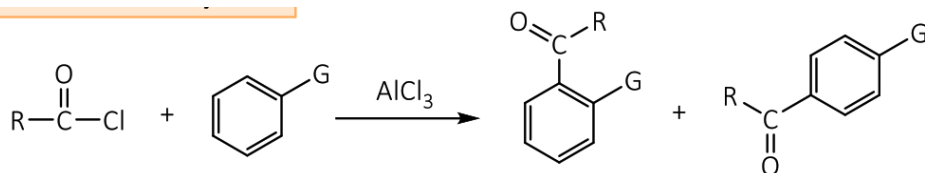


กลไกดังนี้

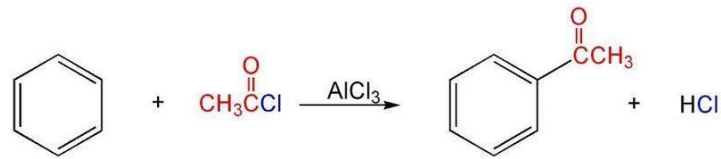
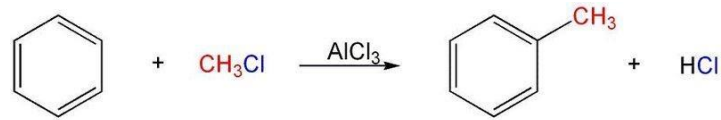


2) ปฏิกิริยาฟรีเดล-คราฟท์ แอซิลเลชัน

ปฏิกิริยาฟรีเดล-คราฟท์ แอซิลเลชัน (Friedel-Crafts acylation) เบนซีนทำปฏิกิริยากับแอซิดเฮไลด์ โดยมีกรดของลิอิวสเป็นตัวคะตะลิสต์ จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นอะริลคีโตน อิเล็กโทรไฟล์ของปฏิกิริยานี้คือ เอซิล-เลียมไอออน (acylium ion)

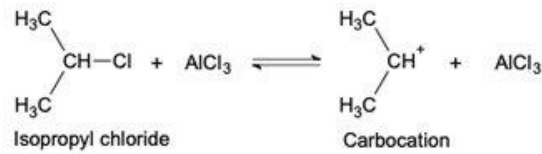


R = alkyl / aryl;
G = hydrogen, electron-donating group, halogen

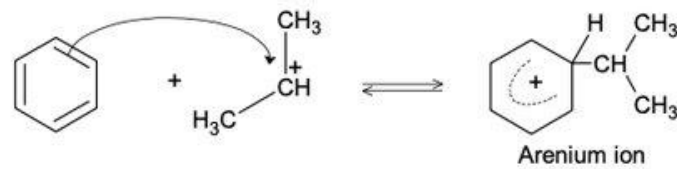


กลไกดังนี้

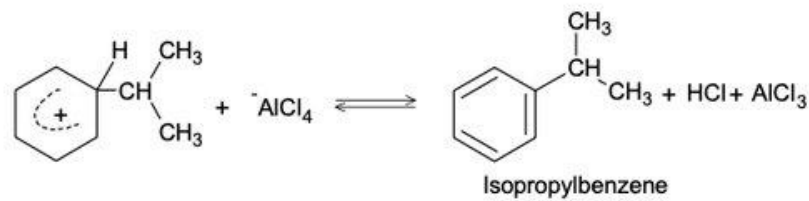
Step 1:



Step 2:

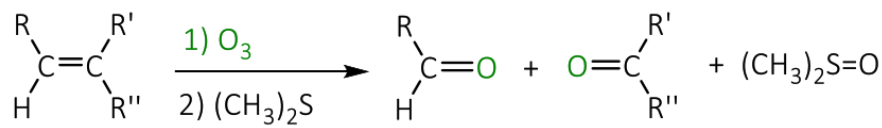


Step 3:

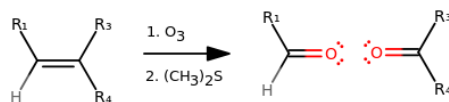


3) ปฏิกิริยาโอโซนโนไลซิสของอัลคีน

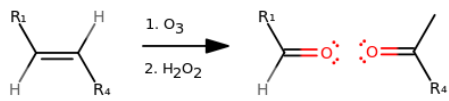
ปฏิกิริยาโอโซนโนไลซิสเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันของอัลคีนโดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นตัวรีดิวซ์



Ozone oxidative cleavage of an alkene to form ketones, where $\text{R}_n \neq \text{H}$ (reductive workup)

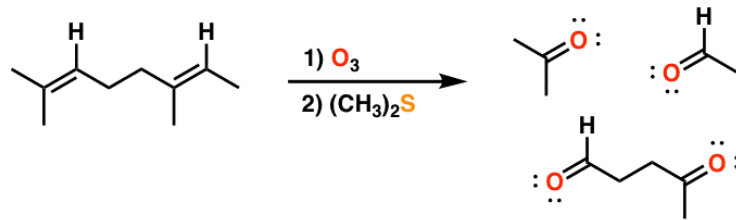


Ozone oxidative cleavage of an alkene to form aldehydes and ketones, where $\text{R}_n \neq \text{H}$ (reductive workup)

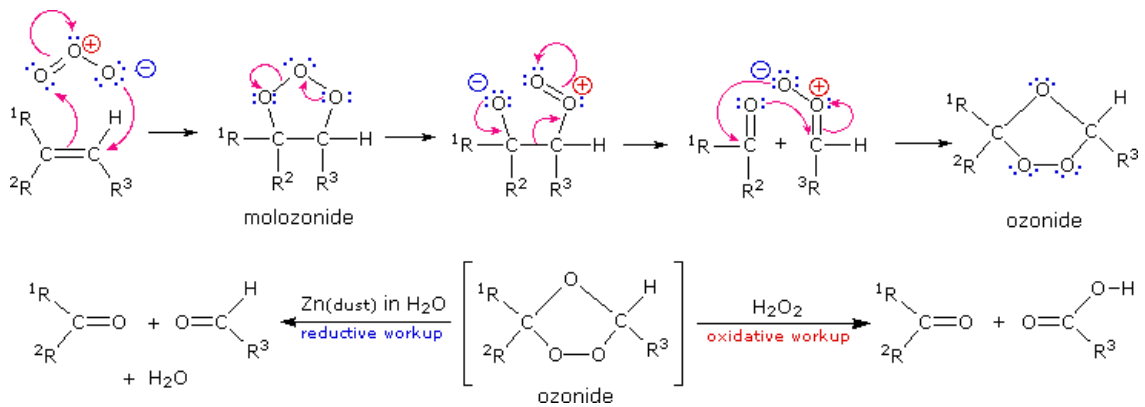


Ozone oxidative cleavage of an alkene to form aldehydes and ketones, where $\text{R}_n \neq \text{H}$ (oxidative workup)

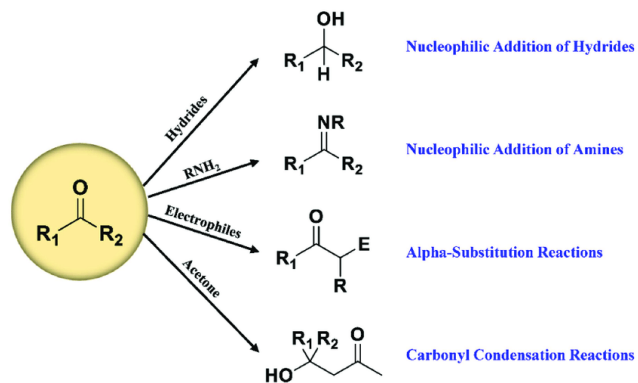
ตัวอย่างปฏิกิริยา

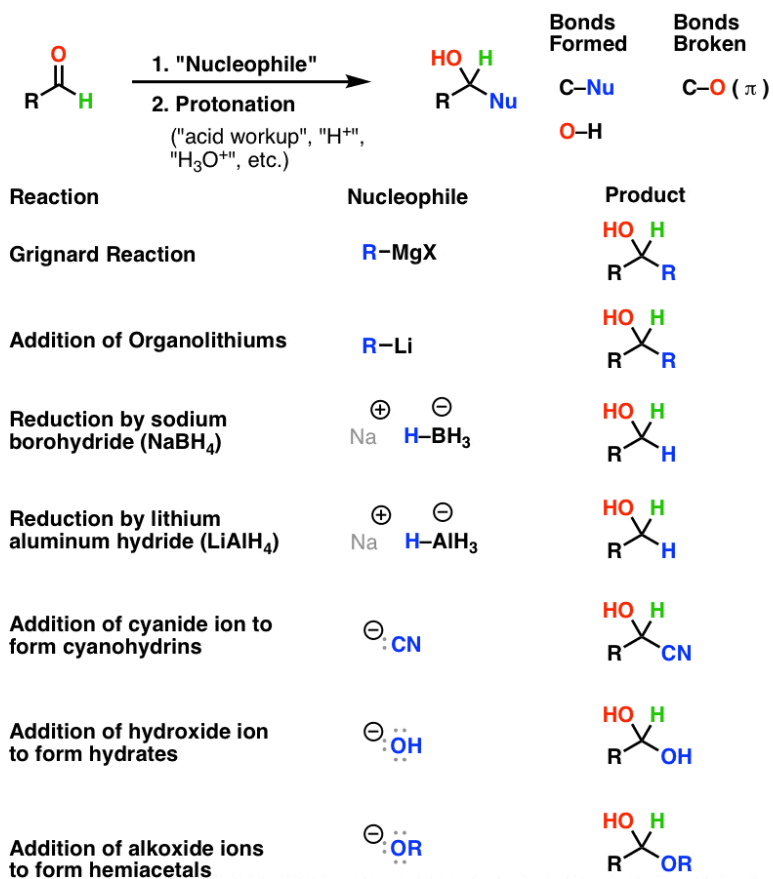


กลไกปฏิกิริยาโอโซนโนไลซิส



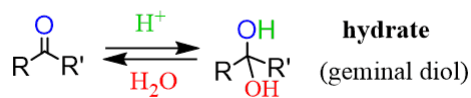
6.2.3 ปฏิกิริยาของแอลดีไฮด์และคีโตน



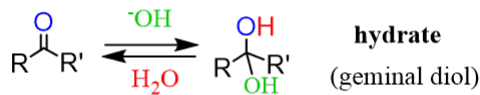


Aldehydes and Ketones:

Reaction with Water produces a Hydrate

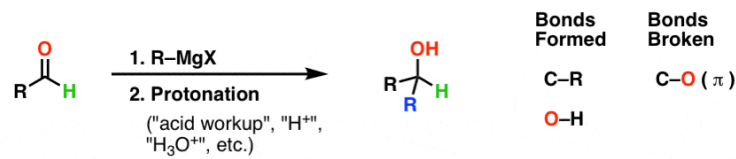


Acid-Catalyzed Addition of water

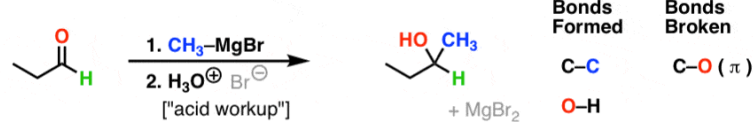


Base-Catalyzed Addition of water

1. Grignard Reaction: Addition of Grignard Reagents To Aldehydes



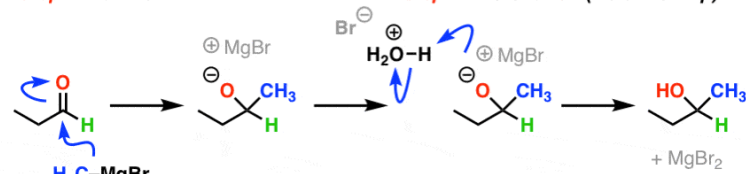
Specific example



Mechanism

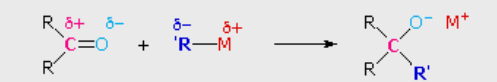
Step 1: Addition

Step 2: Protonation (Acid Workup)



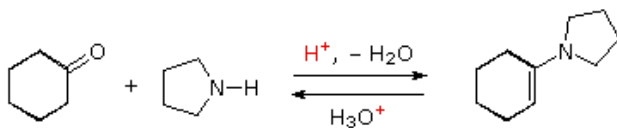
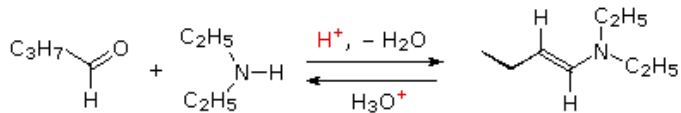
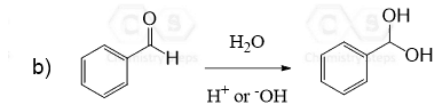
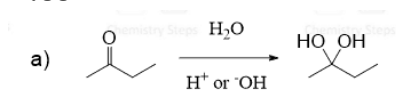
Note: using Br as a specific example, but could use other halides too (Cl, I)

Examples of Organometallic Addition Reactions



1. $\text{C}_6\text{H}_5\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3 + \text{CH}_3\text{CH}_2-\text{MgBr} \xrightarrow{\text{ether or THF}} \text{C}_6\text{H}_5\overset{\text{O}^- \text{ Mg}^+ \text{ Br}}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{CH}_2\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{H}_3\text{O}^+} \text{C}_6\text{H}_5\overset{\text{O-H}}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{CH}_2\text{CH}_3 + \text{magnesium salts}$
2. $\text{C}_6\text{H}_{11}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H} + \text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{Li} \xrightarrow{\text{pentane (or ether)}} \text{C}_6\text{H}_{11}\overset{\text{O}^- \text{ Li}^+}{\text{C}}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{H}_3\text{O}^+} \text{C}_6\text{H}_{11}\overset{\text{O-H}}{\text{C}}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_3 + \text{lithium salts}$
3. $\text{C}_4\text{H}_5\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H} + \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{MgBr} \xrightarrow{\text{ether}} \text{C}_4\text{H}_5\overset{\text{O}^- \text{ Mg}^+ \text{ Br}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 \xrightarrow{\text{H}_3\text{O}^+} \text{C}_4\text{H}_5\overset{\text{O-H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$
4. $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H} + \text{C}_5\text{H}_9-\text{Li} \xrightarrow{\text{pentane (or ether)}} \text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}^- \text{ Li}^+}{\text{C}}-\text{C}_5\text{H}_9 \xrightarrow{\text{H}_3\text{O}^+} \text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O-H}}{\text{C}}-\text{C}_5\text{H}_9$
5. $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H} + (\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{MgCl} \xrightarrow{\text{ether or THF}} (\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{O}^- \text{ Mg}^+ \text{ Cl} \xrightarrow{\text{H}_3\text{O}^+} \text{H}_3\text{C}-\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{H}$
6. $\text{H}_2\text{C}=\text{C}(\text{H})-\text{O} + \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{Li} \xrightarrow{\text{pentane (or ether)}} \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}^- \text{ Li}^+ \xrightarrow{\text{H}_3\text{O}^+} \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{H}$

ตัวอย่าง



สรุปท้ายบทเรียน

แอลดีไฮด์และคีโตนมีโครงสร้างและสมบัติส่วนใหญ่คล้ายคลึงกัน แต่ก็มีสมบัติบางประการที่แตกต่างกัน เช่น การเกิดปฏิกิริยากับตัวออกซิไดส์และนิวคลีโอไฟล์ ซึ่งแอลดีไฮด์มีความว่องไวต่อปฏิกิริยามากกว่าคีโตน แอลดีไฮด์และคีโตนมีทั้งที่เป็นแก๊สที่อุณหภูมิห้อง (เช่น ฟอร์มัลดีไฮด์) มีสถานะเป็น ของเหลวและของแข็งตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น มีกลิ่นเฉพาะตัวทั้งกลิ่นเหม็น แสบ จมูก กลิ่นหอม โดยเฉพาะแอมโรมาติกแอลดีไฮด์มีกลิ่นหอมจึงนำไปใช้ทำน้ำหอม หรือใช้ปรุงอาหาร

กิจกรรม

ขั้นตอน	วิธีการ
แนะนำโจทย์ปัญหา (P)	แจกใบกิจกรรม 6.2
ไตร่ตรองทางแก้ไขเฉพาะตน (E)	แต่ละคนบอกวิธีการแก้ไขโจทย์ปัญหา (10 นาที)
ระดมสมองโดยกลุ่ม (T)	ให้รวมกลุ่ม มอบหมายโจทย์ให้แต่ละกลุ่มระดมสมองแก้ไขโดยวิธีการร่วมแสดงความคิดเห็น (10 นาที)
สื่อสารทางออก (C)	ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอ วิธีการแก้ไขโจทย์ปัญหา 1) หลักการสำคัญหรือหลักพื้นฐานที่ถูกต้อง 2) วิธีการคำนวณค่าที่ถูกต้อง 3) วิธีอธิบายเชิงพฤติกรรม (วิธีปฏิบัติ) ที่ถูกต้อง โดยให้กลุ่มอื่น ๆ รับฟัง และซักถามในข้อที่สงสัย (10 นาที)
ถอดรหัสปรับใช้ (D)	ผู้สอนสรุป อภิปรายสรุป ความถูกต้องและความผิดพลาด โดยเพิ่มเติมประเด็นที่เกี่ยวข้องให้สมบูรณ์

แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

เอกสารอ้างอิง

- Averil, B.A. (2012). *Principles of General Chemistry* (Online).
<https://2012books.lardbucket.org/books/principles-of-general-chemistry-v1.0m/index.html>
- Brown, L.S., & Holme, T.A. (2018). *Chemistry for Engineering Students* (4th ed.). Thomson Brook Cole.
- Brown, T.L., LeMay, H.E., Bursten, B.E., Murphy, C.J., Woodward, P.M. & Stoltzfus, M.W. (2017). *Chemistry: The Central Science* (14th ed.). Pearson Education, Inc.
- Chang, R., & Goldsby, K.A. (2016). *Chemistry* (12th ed.). McGraw-Hill.
- Crystallographic Defects*. (n.d.). <https://www.tec-science.com/material-science/structure-of-metals/crystallographic-defects/>
- Ebbing, D.D., & Gammon, S.D. (2017). *General Chemistry* (11th ed.). Cengage Learning.
- Jespersen, N.D., Brady, J.E., & Hyslop, A. (2012). *Chemistry: The Molecular Nature of Matter* (6th ed.). John Wiley & Sons, Inc
- Petrucci, R.H., Herring, F.G., Madura, D.J., & Bissonnette, C. (2017). *General Chemistry: Principles and Modern Applications* (11th ed.). Pearson Prentice Hall.
- Overby, J. & Chang, R., (2022). *Chemistry* (14th ed.). McGraw-Hill.
- Silberberg, M.S. (2013). *Principle of General Chemistry* (3rd ed.). McGraw-Hill Publishing Company.
- Silberberg, M.S. & Amateis, P.G. (2021). *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change* (9th ed.). McGraw-Hill Publishing Company.