

บทที่ 5

แอลเคน (Alkane)

สารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเท่านั้น เรียกว่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) ถ้าโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนมีพันธะเดี่ยวเพียงชนิดเดียวเรียกว่าไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว (Saturated hydrocarbon) มีพันธะคู่หรือพันธะสาม เรียกว่าไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว (Unsaturated hydrocarbon)

แอลเคนเป็นไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวมีพันธะระหว่างอะตอมคาร์บอนกับคาร์บอนเป็นพันธะเดี่ยว มีสูตรทั่วไปเป็น C_nH_{2n+2} เมื่อ n เป็นเลขจำนวนเต็ม และแอลเคนโมเลกุลเล็กที่สุดคือมีเทน (Methane; CH_4) ส่วนแอลเคนอื่นๆ เช่น C_2H_6 , C_4H_{10} , C_5H_{12} เป็นต้น

โดยในบทนี้จะทำให้รายละเอียดเกี่ยวกับสารประกอบแอลเคน เริ่มจากการเรียกชื่อ ทั้งชื่อสามัญและ IUPAC รวมทั้งแสดงให้เห็นถึงหมู่แอลคิลที่สำคัญ ที่เราพบเห็นบ่อยๆ นอกจากนั้นยังจะได้ศึกษาถึงสมบัติทางกายภาพ ปฏิกิริยาเคมีของแอลเคน แหล่งของแอลเคน ปฏิกิริยาการเตรียมแอลเคนที่สำคัญ ตลอดจนไซโคลแอลเคน

5.1 การเรียกชื่อแอลเคน

การเรียกชื่อแอลเคนที่มีจำนวนอะตอมอยู่ในโมเลกุลจำนวนน้อย นิยมเรียกตามชื่อสามัญ (Common name หรือ Trivial name) โดยอาจเรียกตามสมบัติหรือตามแหล่งกำเนิด ส่วนการเรียกชื่ออีกระบบหนึ่งคือการเรียกตามระบบ IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) ทั้งนี้จะต้องจำชื่อแอลเคนที่มีคาร์บอน 1-10 อะตอมที่มีโครงสร้างเป็นโซ่ตรง (Straight chain alkane) ให้ได้ก่อน เพื่อจะใช้เป็นหลักในการเรียกชื่อต่อไป ชื่อของแอลเคนจะเรียกตามจำนวนอะตอมคาร์บอนและลงท้ายด้วย -ane โดยคำว่า "alk" แสดงถึงความยาวของโซ่ (Chain length) ในขณะที่คำว่า "ane" แสดงถึงความอิ่มตัว (Saturation) ดังตารางที่ 5.1

แอลเคนมีสูตรทั่วไปดังนี้

$R-H$, $R-CH_3$, $R-CH_2-R$, $R_1-CH_2-R_2$, R_1-R_2 , $R-R$, $R-CH_2-CH_3$ เป็นต้น

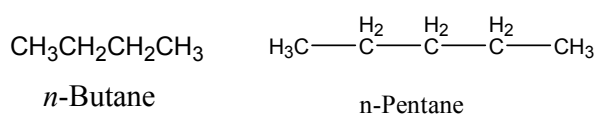
ตารางที่ 5.1 จำนวนอะตอมคาร์บอน และชื่อแอลเคนที่เป็นโซ่ตรง

จำนวนอะตอมคาร์บอน	สูตรโมเลกุล	รากศัพท์	ชื่อแอลเคน
1	CH ₄	Meth	Methane
2	C ₂ H ₆	Eth	Ethane
3	C ₃ H ₈	Prop	Propane
4	C ₄ H ₁₀	But	Butane
5	C ₅ H ₁₂	Penta	Pentane
6	C ₆ H ₁₄	Hexa	Hexane
7	C ₇ H ₁₆	Hepta	Heptane
8	C ₈ H ₁₈	Octa	Octane
9	C ₉ H ₂₀	Nona	Nonane
10	C ₁₀ H ₂₂	Deca	Decane

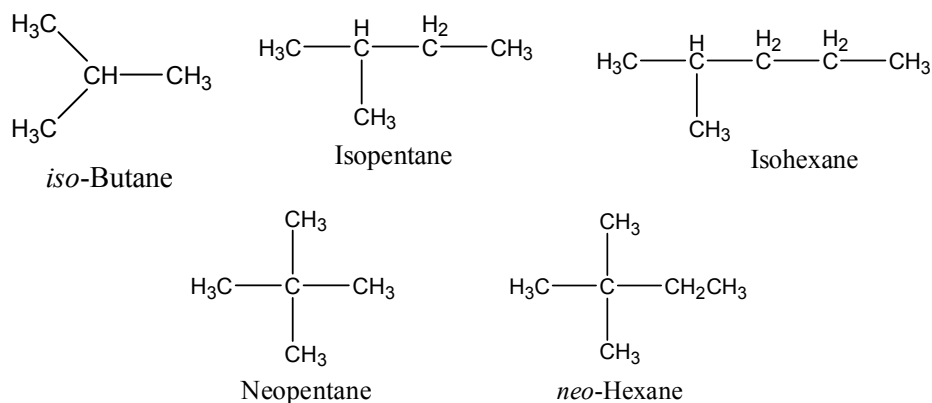
(ที่มา: Sharma, A.K., 2006: 34.4)

การเรียกชื่อแอลเคน มีการเรียกชื่ออยู่ 2 แบบคือ

1. การเรียกชื่อสามัญ (Common name) นิยมเรียกแอลเคนที่มีคาร์บอนน้อยโดยบอกลักษณะโครงสร้างด้วยคำนำหน้าคือ *n-*, *iso-*, *neo-* ให้เรียกชื่อตามจำนวนอะตอมคาร์บอนแล้วลงท้ายด้วย *-ane* และสารสามตัวแรกของแอลเคนมีชื่อเหมือนกันทั้งชื่อสามัญและชื่อ IUPAC ตัวอย่างการเรียกชื่อสามัญ เช่น

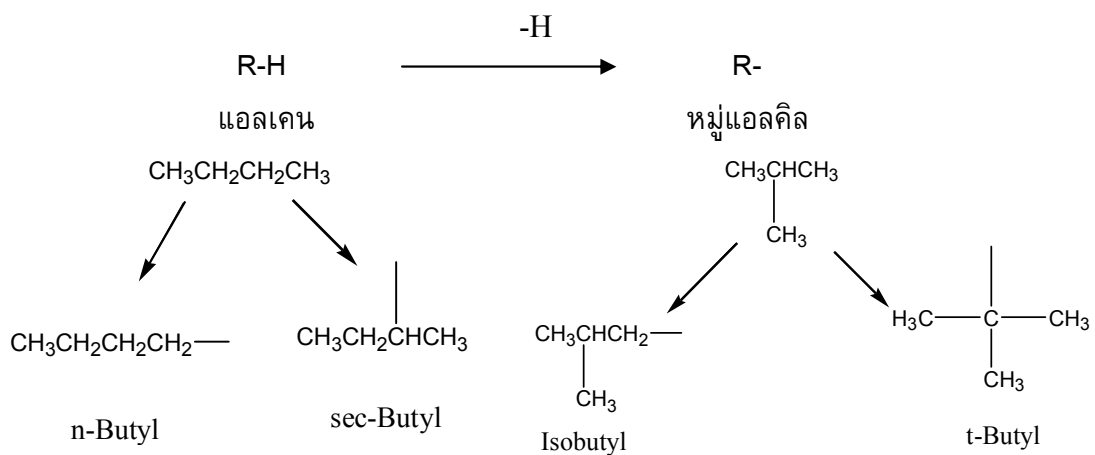


โดยคำนำหน้าว่า *n-* นิยมใช้เรียกแอลเคนที่มีโมเลกุลไม่ใหญ่จนเกินไปและอะตอมคาร์บอนทุกอะตอมต่อกันในแนวเส้นตรง ไม่มีโซ่กิ่ง

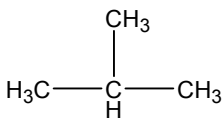


ส่วน Isoalkane ใช้เรียกสารประกอบแอลเคนที่มีอะตอมคาร์บอน 6 อะตอมหรือน้อยกว่าซึ่งคาร์บอนต่อกันเป็นเส้นตรง ยกเว้นคาร์บอนอะตอมตำแหน่งรองสุดท้ายของโซ่หลักมีกิ่งก้าน ดังตัวอย่างข้างต้น

หมู่อะตอมแอลคิล (Alkyl substituents) เป็นหมู่อะตอมที่เหลือจากการดึงไฮโดรเจนอะตอมออกจากโมเลกุลไปหนึ่งอะตอม เช่น มีเทน (CH_4) จะได้หมู่เมทิล (CH_3-) อีเทนก็จะได้หมู่เอทิล โพรเพนได้หมู่โพรพิล ส่วนบิวเทนให้แอลคิลหลายหมู่ดังนี้



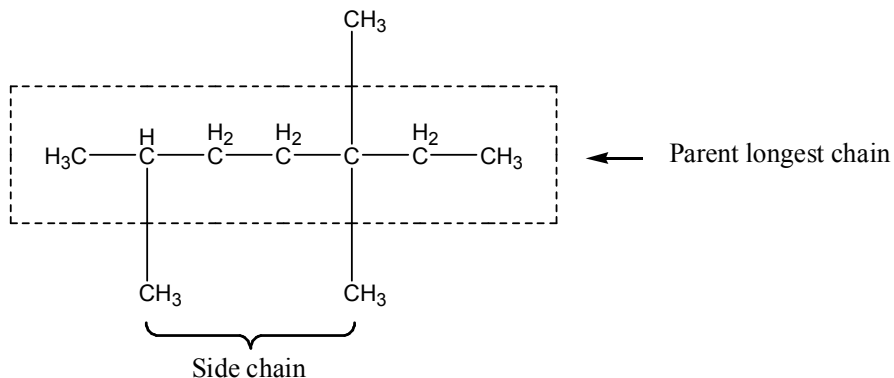
ตารางที่ 5.2 ชื่อของหมู่แอลคิลบางชนิด

แอลเคน	หมู่แอลคิล	ชื่อย่อ	ชื่อเรียกหน้า
CH ₄ (Methane)	H ₃ C—	Me-	Methyl
C ₂ H ₆ (Ethane)	H ₃ CH ₂ C—	Et-	Ethyl
CH ₃ -CH ₂ -CH ₃ (Propane)	H ₃ CH ₂ CH ₂ C— CH ₃ CH— CH ₃	<i>n</i> -Pr- <i>iso</i> -Pr-	<i>n</i> -Propyl Isopropyl หรือ 1-Methyl ethyl
CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃ (<i>n</i> -Butane)	H ₃ C—C _{H₂} —C _{H₂} —C _{H₂} — H ₃ C—C _{H₂} —C _H —CH ₃ CH ₃	<i>n</i> -Bu <i>s</i> -Bu <i>iso</i> -Bu	<i>n</i> -Butyl <i>sec</i> -Butyl <i>iso</i> -Butyl
 (Isobutane)	H ₃ C—C _H —CH ₃ CH ₃ H ₃ C—C—CH ₃ H ₃ C	<i>t</i> -Bu	<i>t</i> -Butyl

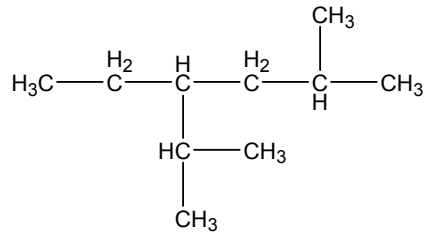
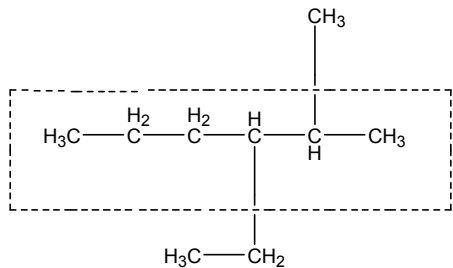
(ที่มา: Sharma, A.K., 2006: 34.4-34.5)

2. การเรียกชื่อ IUPAC

2.1 การเรียกชื่อแอลเคนที่เป็นโซ่ตรงให้เรียกตามจำนวนอะตอมคาร์บอนลงท้ายด้วย -ane (*n*-Alkane) หรืออนุพันธ์ของชื่อหลัก *n*-Hydrocarbon โดยใช้อาฉวางตัวในแนวนอน (Horizontal) แนวตั้ง (Vertical) หรือซิกแซก (Zig-zag) ซึ่งอันดับแรกต้องระบุโครงสร้างหลักหรือโซ่หลักที่ยาวที่สุดให้ถูกต้องก่อน ดังตัวอย่างต่อไปนี้



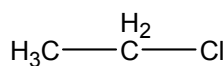
ชื่อของสารประกอบนี้คือ 4-Ethyl-2,3,5-trimethyl hexane ไม่ใช่ 4-Isopropyl-2,3-dimethyl hexane เพราะชื่อแรกมีโซ่กิ่งมากกว่า สำหรับตัวอย่างอื่นๆ เช่น



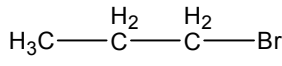
โซ่หลักมีโซ่กิ่ง 2 หมู่

โซ่หลักมี 3 โซ่กิ่ง

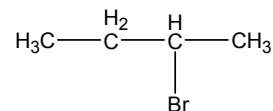
2.7 สำหรับแฮลคิลแฮไลด์ (Alkyl halides) ที่เรียกว่า แฮโลแอลเคน ซึ่งเกิดจากอะตอมของธาตุแฮโลเจนเกาะอยู่กับหมู่แฮลคิล การเรียกชื่อจะขึ้นต้นด้วยชื่อของหมู่แฮลคิลแล้วตามด้วยคำว่า fluoro, chloro, bromo หรือ iodo พร้อมด้วยบอกตำแหน่งของแฮโลเจนเหล่านี้



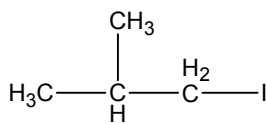
1-Chloroethane



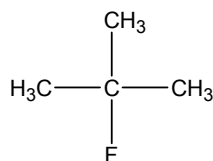
1-Bromopropane



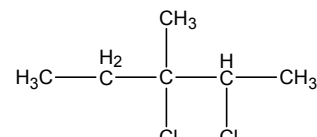
2-Bromobutane



1-Iodo-2-methylpropane



2-Fluoro-2-methylpropane



2,3-Dichloro-3-methylpentane

5.2 สมบัติทางกายภาพของแอลเคน

แอลเคนใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิง ตัวทำละลายและสารหล่อลื่น แอลเคนในธรรมชาติ เช่น แก๊สปิโตรเลียม แก๊สโซลีน (Gasoline) เคอโรซีน (Kerosene) น้ำมันหล่อลื่นและพาราฟิน (Paraffin) มีสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันอันเป็นผลมาจากความแตกต่างของมวลโมเลกุล สมบัติทางกายภาพของ แอลเคนเป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับจุดหลอมเหลว จุดเดือด ความหนาแน่น การละลาย ค่าดัชนีหักเห และสมบัติอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี

5.2.1 แอลเคนที่มีคาร์บอน 1-4 ไม่มีสี และเป็นแก๊สที่ไม่มีกลิ่น

5.2.2 จุดเดือด (Boiling point, bp) แอลเคนทุกตัวมีจุดเดือดต่ำกว่าสารประกอบอินทรีย์ทั้งหมด เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของแอลเคนเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์ (Vander Waal's force) ที่อ่อนมาก สำหรับแอลเคนที่เป็นไอโซเมอร์กัน จุดเดือดจะลดลงตามการเพิ่มขึ้นของจำนวนโซ่กิ่งดังนี้

n-Alkane > Isopentane > Neoalkane

เช่น *n*-Pentane > Isopentane > Neopentane

เมื่อจำนวนโซ่กิ่งเพิ่มขึ้นรูปร่างของโมเลกุลมีแนวโน้มเป็นทรงกลม (Spheroidal) แรงแวนเดอร์วาลส์จึงแปรตรงตามพื้นที่ผิวของโมเลกุล ดังนั้นจุดเดือดของแอลเคนจะลดลงเมื่อโมเลกุลมีกิ่งก้านสาขาเพิ่มขึ้น

5.2.3 จุดหลอมเหลว (Melting point, mp) โดยจุดหลอมเหลวของแอลเคนที่มีจำนวนอะตอมคาร์บอนสูงกว่าจะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าแอลเคนที่อยู่รอบข้างและมีจำนวนอะตอมเป็นเลขคี่ เช่น $C_{14}H_{30}$ จะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่า $C_{13}H_{28}$ และ $C_{15}H_{32}$ เป็นต้น สมบัติเช่นนี้เรียกว่า "Alternation effect" ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลของแอลเคนที่มีจำนวนอะตอมคาร์บอนสูงจะบรรจุอย่างเหมาะสมภายในผลึก (Crystal lattice) จึงทำให้แรงยึดเหนี่ยวมีค่ามาก จุดหลอมเหลวจึงสูง

5.2.4 การละลาย แอลเคนเกือบทั้งหมดไม่ละลายในน้ำหรือไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) เพราะน้ำเป็นตัวทำละลายที่มีขั้ว แต่ละลายได้ดีในเอทานอล อีเทอร์ และความสามารถในการละลายจะค่อยๆ ลดลง เมื่อมวลโมเลกุลเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลของสารอินทรีย์ไม่มีขั้ว (Non-polar in nature) จึงละลายได้ในตัวทำละลายไม่มีขั้วมีขั้วเพียงเล็กน้อย (Weak polar organic solvent) เช่น เบนซีน เฮกเซน คาร์เตตระคลอไรด์ คลอโรฟอร์ม เป็นต้น

5.2.5 ความหนาแน่น โดยทั่วไปแอลเคนมีความหนาแน่นประมาณ 0.7 g/ml เมื่อเทียบกับความหนาแน่นของน้ำ 1.0 g/ml แอลเคนมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำและไม่ละลายน้ำจึงสามารถแยกของผสมระหว่างแอลเคนกับน้ำได้โดยง่ายเพราะจะแยกออกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นแอลเคน ความหนาแน่นของแอลเคนโซ่ตรงแสดงไว้ในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 สมบัติทางกายภาพของแอลเคนโซ่ตรงที่มีคาร์บอนอะตอม 1-20 อะตอม

แอลเคน	สูตรโมเลกุล	bp ($^{\circ}$ C)	mp ($^{\circ}$ C)	d (g/ml ที่ 20° C)
Methane	CH ₄	-183	-162	0.55
Ethane	CH ₃ CH ₃	-172	-88.5	0.51
Propane	CH ₃ CH ₂ CH ₃	-187	-42	0.50
<i>n</i> -Butane	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₃	-138	0	0.58
<i>n</i> -Pentane	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₃	-130	36	0.63
<i>n</i> -Hexane	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₃	-95	69	0.66
<i>n</i> -Heptane	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH ₃	-90.5	98	0.68
<i>n</i> -Octane	CH ₃ (CH ₂) ₆ CH ₃	-57	126	0.70
<i>n</i> -Nonane	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH ₃	-54	151	0.72
<i>n</i> -Decane	CH ₃ (CH ₂) ₈ CH ₃	-30	174	0.73
<i>n</i> -Undecane	CH ₃ (CH ₂) ₉ CH ₃	-26	196	0.74
<i>n</i> -Dodecane	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ CH ₃	-10	216	0.75
<i>n</i> -Tridecane	CH ₃ (CH ₂) ₁₁ CH ₃	-6	234	0.76
<i>n</i> -Tetradecane	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ CH ₃	5.5	252	0.76
<i>n</i> -Pentadecane	CH ₃ (CH ₂) ₁₃ CH ₃	10	266	0.77
<i>n</i> -Hexadecane	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ CH ₃	18	280	0.77
<i>n</i> -Heptadecane	CH ₃ (CH ₂) ₁₅ CH ₃	22	292	0.76
<i>n</i> -Octadecane	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ CH ₃	28	308	0.76
<i>n</i> -Nonadecane	CH ₃ (CH ₂) ₁₇ CH ₃	32	320	0.78
<i>n</i> -Icosane	CH ₃ (CH ₂) ₁₈ CH ₃	36	343	0.79
Isobutane	(CH ₃) ₂ CH ₂ CH ₃	-159	-12	-
Isopentane	(CH ₃) ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	-160	28	0.620
Neopentane	(CH ₃) ₄ C	-17	9.5	-
Isohexane	(CH ₃) ₂ CH ₂ (CH ₂) ₂ CH ₃	-154	60	0.654
3-Methylpentane	CH ₃ CH ₂ CH(CH ₃)CH ₂	-118	63	0.676
2,2-dimethylbutane	CH ₃	-98	50	0.649
2,3-dimethylbutane	(CH ₃) ₃ CCH ₂ CH ₃	-129	58	0.668
	(CH ₃) ₂ CHCH(CH ₃) ₂			

(ที่มา: Morrison, R.T. and Boyd, R.N., 2006: 129)

5.3 แหล่งของแอลเคน (Sources of Alkanes)

แหล่งของแอลเคนที่สำคัญมี สองแหล่งคือ แก๊สธรรมชาติและปิโตรเลียมหรือน้ำมันดิบ (Petroleum หรือ Crude oil) โดยแก๊สธรรมชาติจะประกอบด้วยมีเทนระหว่าง 90-95 %, อีเทน 5-10 % และแอลเคนผสมที่มีจุดเดือดต่ำอื่นๆ อีก เช่น โพรเพน (Propane) บิวเทน (Butane) และ 2-Methylpropane ส่วนปิโตรเลียมเป็นลักษณะชั้น เหนียว ที่ประกอบด้วยสารประกอบมากกว่า 1,000 ชนิด อยู่รวมกัน โดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เกิดจากการสลายตัวของพืชในทะเลและซากสัตว์ต่างๆ ปิโตรเลียมและอนุพันธ์ใช้เป็นเชื้อเพลิงรถยนต์ เครื่องบินและรถไฟ นอกจากนี้ยังมีความสำคัญมากในอุตสาหกรรม ปิโตรเลียมยังเป็นแหล่งของสารอินทรีย์ (Organic raw materials) ที่ใช้ในการสังเคราะห์และใช้ประโยชน์ในการผลิตเส้นใย พลาสติก สารซักฟอก ยา สี และผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นอื่นๆ

กระบวนการสำคัญที่ใช้ในการแยกองค์ประกอบของปิโตรเลียมให้มีความบริสุทธิ์มากขึ้น (Refining) คือการกลั่นลำดับส่วน (Fractional distillation) ด้วยอุณหภูมิที่สูง โดยองค์ประกอบต่างๆ จะแยกออกมาที่อุณหภูมิต่างๆ กัน ผลผลิตที่ได้จากการกลั่นเป็นแอลเคนที่ยังไม่บริสุทธิ์ซึ่งจะแยกออกมาเป็นช่วงๆ ที่มีจุดเดือดอย่างจำเพาะ ดังตารางที่ 5.3

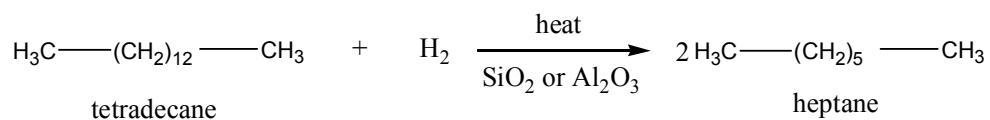
ตารางที่ 5.3 สารส่วนใหญ่ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนปิโตรเลียม

จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	อะตอมคาร์บอน	ส่วนที่ได้	ประโยชน์
<20	1-4	แก๊สปิโตรเลียม	เชื้อเพลิง
20-180	5-12	แก๊สโซลีน	เชื้อเพลิงและตัวทำละลาย ในห้องปฏิบัติการ
200-300	12-15	เคโรซีน	เชื้อเพลิง
300-400	15-18	น้ำมันเชื้อเพลิง	เชื้อเพลิงดีเซล ให้ความ ร้อนภายในบ้าน
>400	>18		การหล่อลื่น ซีเมนต์พาราฟิน ยางมะตอย

(ที่มา: Ebbing, Darrell D., 1999: 1031)

ปิโตรเลียมที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนสามารถที่จะถูกเปลี่ยนไปเป็นสารเคมีชนิดต่างๆ และปฏิกิริยาการเกิดไอโซเมอร์โดยมีตัวเร่ง (Catalytic isomerization) จะทำให้แอลไซตรงเปลี่ยนไปเป็น แอลเคนที่มีกิ่งก้านชนิดต่างๆ นอกจากนี้ยังกระบวนการเปลี่ยนโมเลกุลของแอลเคนที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง ด้วยการทำให้แตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic

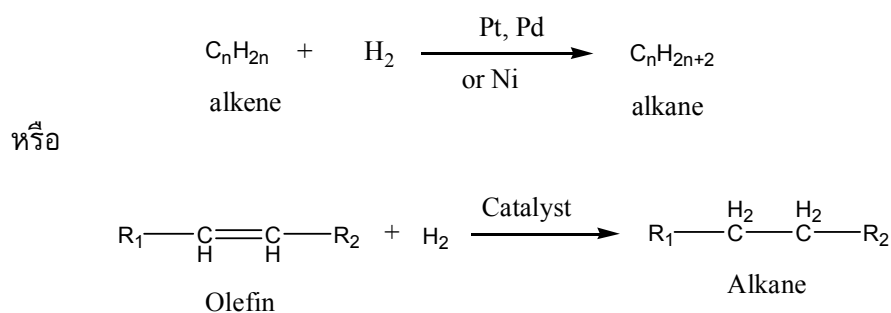
cracking) เพื่อเปลี่ยนให้ได้ส่วนของน้ำมันเบนซินเพิ่มมากขึ้น (Morrison, R.T. and Boyd, R.N., 2006: 132) ซึ่งจะต้องใช้ความร้อนช่วยเร่งปฏิกิริยาการแตกโมเลกุลใหญ่ให้เล็กลง ปฏิกิริยาการแตกตัวจะใช้ส่วนที่ได้จากการกลั่นที่มีจุดเดือดสูง เช่น เคอโรซีน (มีคาร์บอน 8-16 อะตอม) เปลี่ยนให้เป็นแก๊สโซลีน (มีคาร์บอน 4-9 อะตอม) ซึ่งจะใช้ประโยชน์ได้มาก ถ้ากระบวนการแตกตัวมีแก๊สไฮโดรเจนด้วย ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นแอลเคนและไม่มีกำมะถัน ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ ปฏิกิริยาการแตกโมเลกุลเตตระดีเคนที่มีแก๊สไฮโดรเจนในปฏิกิริยา (Catalytic hydrocracking) จะได้ผลผลิตเป็นเฮพเทน (ประเสริฐ ศรีไพโรจน์, 2552: 93) ดังสมการ



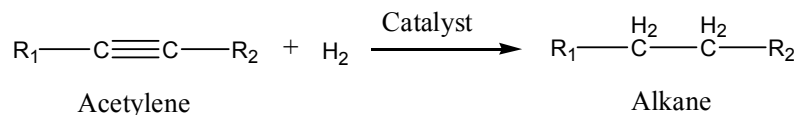
5.4 การเตรียมแอลเคน

แอลเคนส่วนใหญ่ได้มาจากแก๊สธรรมชาติและการกลั่นลำดับส่วนของน้ำมันปิโตรเลียม แต่ในห้องปฏิบัติการก็สามารถเตรียมแอลเคนได้จากปฏิกิริยาต่างๆ (Sharma, A.K., 2006: 36.2-36.5) ดังต่อไปนี้

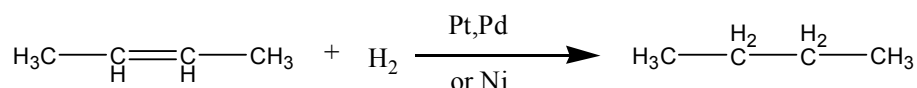
5.4.1 เตรียมจากไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว (From unsaturated hydrocarbons; Sabatier and Senderen's reaction) โดยนำไอของโอเลฟิน (Olefins, >C=C<) และอะเซทิลีน (-C≡C-) ผสมกับแก๊สไฮโดรเจน โดยมีโลหะเป็นตัวเร่ง เช่น Pt, Pd, Ni หรือที่เรียกว่า Catalytic hydrogenation เป็นวิธีที่มีประโยชน์มากในการเตรียมแอลเคน ทำได้โดยการนำแอลคีนผสมกับตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นผงโลหะอยู่ในสารละลายเมทานอลหรือเอทานอล แล้วต่อภาชนะที่ใช้บรรจุของผสมนี้ไปยังถังแก๊สไฮโดรเจน เขย่าหรือกวนไปเรื่อยๆ เพื่อให้แก๊สไฮโดรเจนทำปฏิกิริยากับแอลคีน ซึ่งปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic reaction) จึงต้องระวัง ปฏิกิริยานี้ให้ Yield สูงมากอาจถึง 100 เปอร์เซ็นต์ และมีสมการทั่วไปดังนี้



หรือ



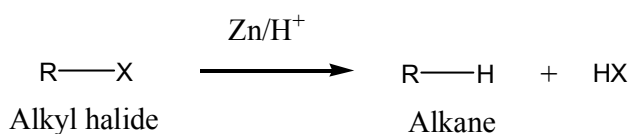
โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ช่วยให้เกิดปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วคือ Platinum (Pt) และ Palladium (Pd) ในช่วงความดันบรรยากาศ 1-3 atm ส่วน Nickel (Ni) เร่งปฏิกิริยาได้ช้ากว่า ต้องใช้อุณหภูมิสูง (250-300^oC) ส่วนจำนวนอะตอมคาร์บอนของแอลคีนที่ใช้เป็นสารตั้งต้นต้องเท่ากับจำนวนอะตอมคาร์บอนของแอลเคนที่ต้องการเตรียม เช่น ต้องการเตรียมแอลเคนที่มีคาร์บอน 4 อะตอมคือบิวเทน (Butane) ต้องใช้แอลเคนที่มีคาร์บอน 4 อะตอมคือบิวทีน (Butene) เช่นเดียวกันและมีโครงสร้างเหมือนกัน ดังสมการ



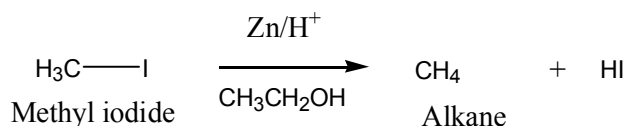
ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนที่ด้านเดียวกัน (*cis*-Addition) ที่ความดัน 1 atm อุณหภูมิ 25^oC

5.4.2 การรีดิวซ์แอลคิลแฮไลด์ (Reduction of alkyl halide) แอลคิลแฮไลด์ (RX)

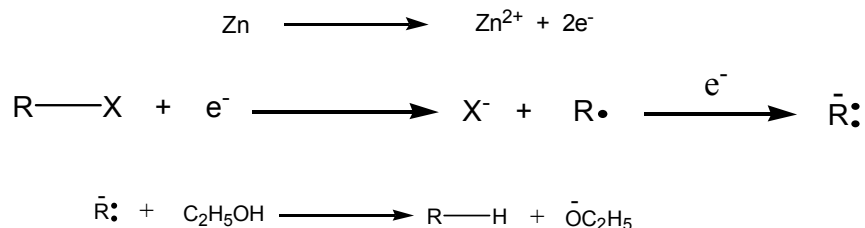
ใช้เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมแอลเคนได้โดยการรีดิวซ์แอลคิลแฮไลด์ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น แอลคิลแฮไลด์ถูกรีดิวซ์ด้วยโลหะที่ละลายได้ เช่น Zn และแอซิดิก หรือ ไฮโดรคลอริก Zn และโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือ Zn-Cu ในเอทานอล Al-Hg/CH₃CH₂OH เป็นต้น



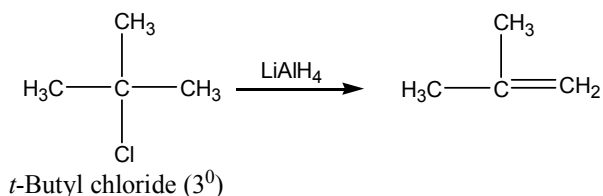
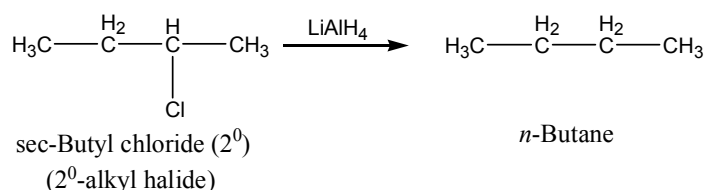
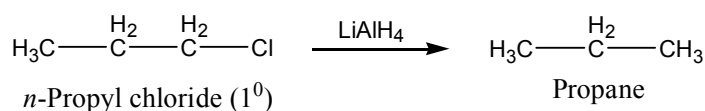
ตัวอย่างเช่น



ซึ่งกลไกการรีดิวซ์ R-X ด้วยโลหะนั้นจะเกิดขึ้นโดยการส่งผ่านอิเล็กตรอนจากโลหะไปยังซัลเฟอร์ (R-X) ดังสมการ

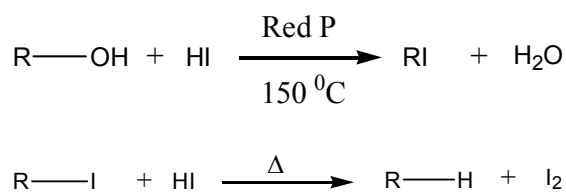


แอลคิลแฮไลด์ปฐมภูมิ (1^0) และแอลคิลแฮไลด์ทุติยภูมิ (2^0) จะถูกรีดิวซ์ไปเป็นแอลเคนได้ทันทีโดย LiAlH_4 ส่วนแอลคิลแฮไลด์ตติยภูมิ (3^0) จะได้ผลผลิตส่วนใหญ่เป็นแอลคีนดังสมการ

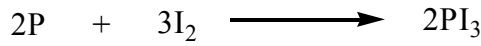


สำหรับไซเดียมโบโรไฮไดรด์ (NaBH_4) สามารถรีดิวซ์ 2^0 - และ 3^0 -Alkyl halide ได้ แต่ไม่สามารถรีดิวซ์ 1^0 -Alkyl halide ส่วน ไตรฟีนิลทิน (Ph_3SnH) รีดิวซ์แอลคิลแฮไลด์ได้ทั้ง 3 ชนิด

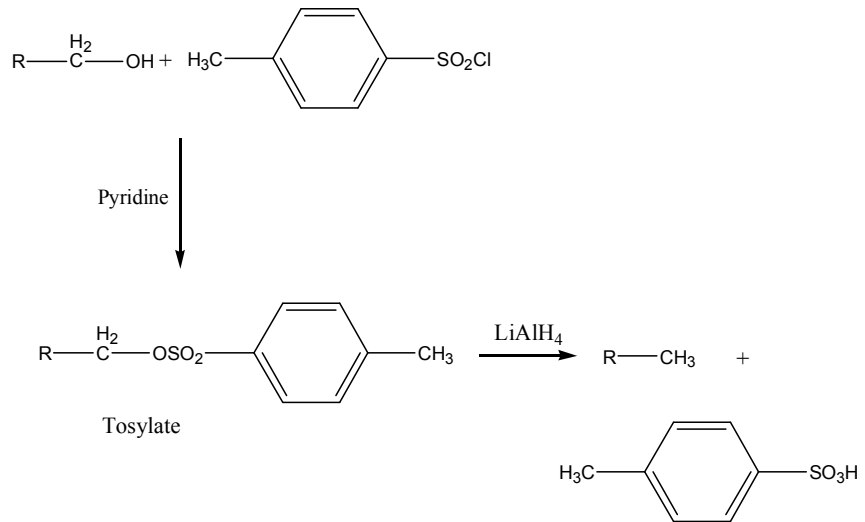
5.4.3 การรีดิวซ์แอลกอฮอล์ (By the reduction of alcohols) โดยแอลกอฮอล์ สามารถถูกรีดิวซ์ไปเป็นแอลเคนโดย HI และฟอสฟอรัสแดง (Red P) ที่ 150°C วิธีนี้มีความเหมาะสมในการเตรียมแอลเคน



เนื่องจากไอโอดีนอาจจะเกิดขึ้นในระหว่างเกิดปฏิกิริยา ซึ่งมันอาจจะกลับไปทำปฏิกิริยาแอลเคนอีก ดังนั้นจึงต้องกำจัดไอโอดีนออกด้วยฟอสฟอรัสแดง ดังสมการ

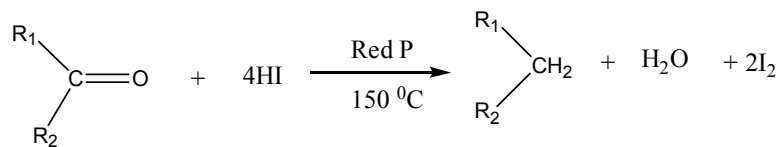


แอลกอฮอล์ปฐมภูมิและทุติยภูมิอาจเปลี่ยนไปเป็นแอลกอฮอล์โดยการรีดิวซ์ *p*-Toluene sulphonates (Tosylates) ของมันด้วยโซเดียมอะไซด์ หรือ LiAlH_4

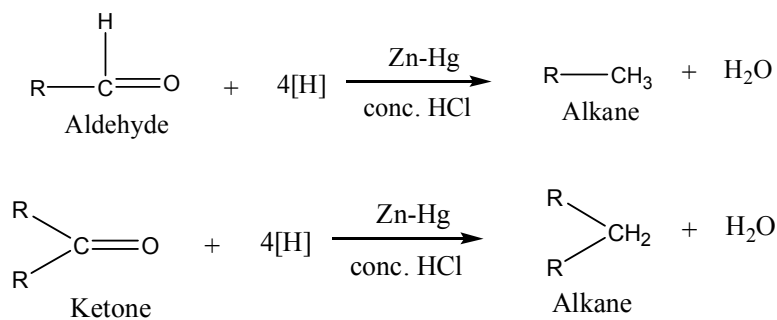


5.4.4 การรีดิวซ์แอลดีไฮด์และคีโตน (By reduction of aldehyde and

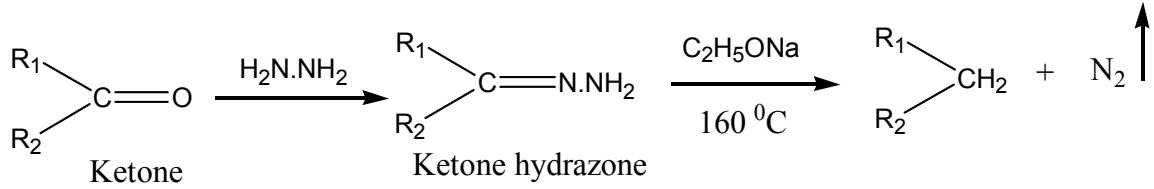
ketone) คีโตนสามารถที่จะถูกรีดิวซ์ไปเป็นแอลเคนโดยให้ความร้อนที่มีสารละลาย HI เข้มข้น และฟอสฟอรัสแดงที่ความอุณหภูมิ 150°C ดังสมการ



ทั้งแอลดีไฮด์และคีโตนถูกรีดิวซ์ไปเป็นแอลเคนได้โดยการนำมาทำปฏิกิริยากับสังกะสีอะไซด์และกรด HCl เข้มข้น ซึ่งเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Clemmensen's reaction

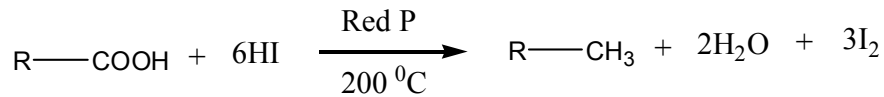


นอกจากนี้ปฏิกิริยา Wolff-Kishner reduction ก็เป็นปฏิกิริยาที่สามารถเปลี่ยนคีโตนไปเป็นพาราฟินได้ดี ดังสมการ

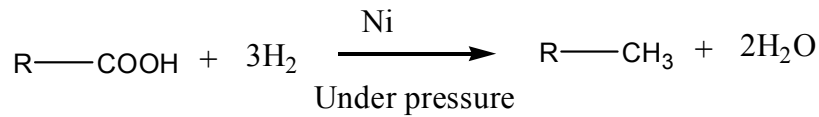


5.4.5 การรีดิวซ์ของกรดไขมัน (By reduction of fatty acids) การรีดิวซ์ของ

กรดไขมัน (R-COOH) ด้วย HI/P ในภาชนะปิด ที่อุณหภูมิ 200 °C จะได้แอลเคน ดังสมการ

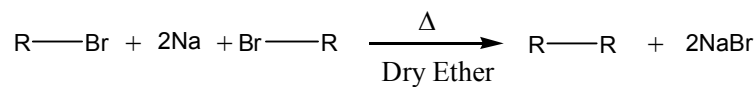


จะได้ผลผลิตที่เป็นแอลเคนโมเลกุลใหญ่ นอกจากนี้ เมื่อนำกรดไขมันมาทำปฏิกิริยากับแก๊สไฮโดรเจนภายใต้ความดันและมีโลหะเป็นตัวเร่งก็จะได้แอลเคน ดังสมการ

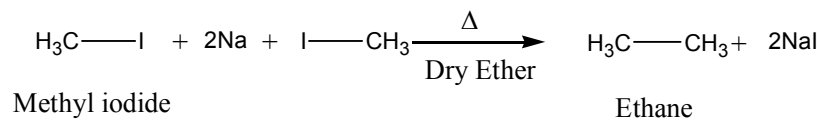


5.4.6 Wurtz reaction ปฏิกิริยานี้จะเกี่ยวข้องกับการควบแน่น (Condensation) ของ

แอลคิลแฮไลด์ 2 โมเลกุล ที่มีโลหะโซเดียมและ Dry Ether มีสมการทั่วไปดังนี้



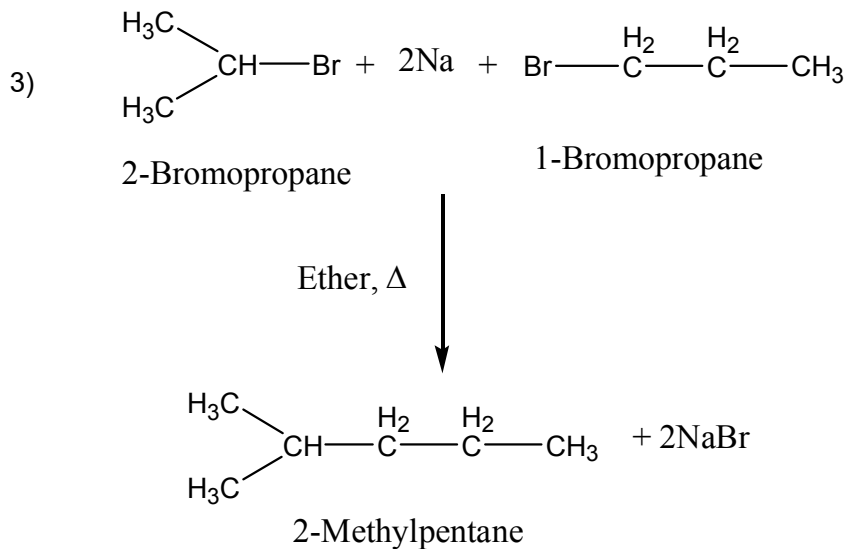
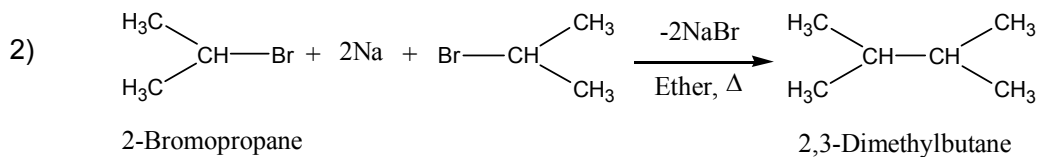
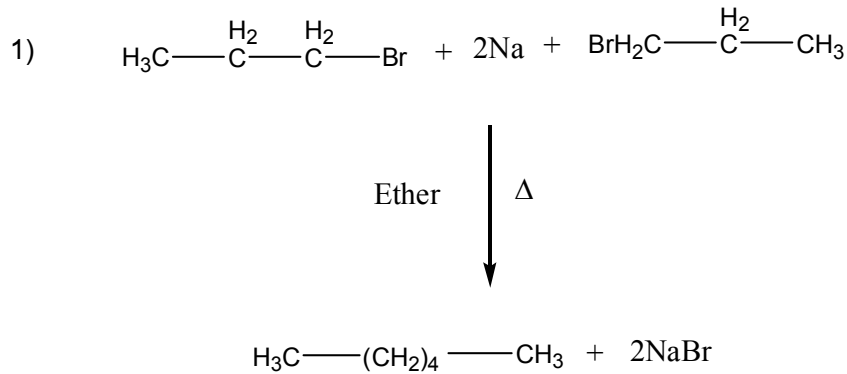
ตัวอย่าง



การเตรียมแอลเคนโดยวิธีนี้แอลคิลแฮไลด์ที่ใช้เป็นสารตั้งต้นต้องเป็นชนิดปฐมภูมิ และมีแทนไม่สามารถเตรียมได้จากปฏิกิริยานี้

แอลเคนที่ได้เป็นโมเลกุลใหญ่และมีสมมาตร จำนวนอะตอมคาร์บอนเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ซึ่งมาจากแอลคิลแฮไลด์ทั้งสองที่มาทำปฏิกิริยากันนั้น

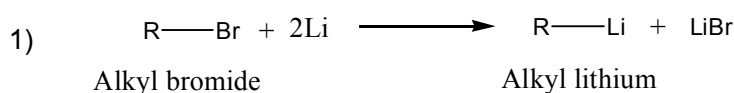
ถ้าเป็นชนิดทุติยภูมิ หรือตติยภูมิ หรือใช้แอลคิลแฮไลด์ 2 ชนิดทำปฏิกิริยากับโซเดียม จะได้แอลเคนหลายชนิดผสมกัน เช่น 1-Bromopropane กับ 2-Bromopropane จะได้แอลเคนผสมต่างๆ ดังต่อไปนี้



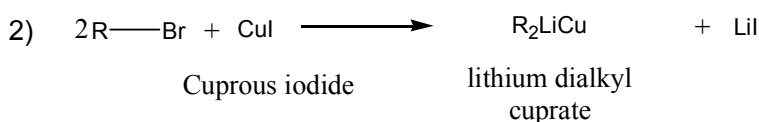
Wurtz reaction มีประโยชน์ในการเตรียมแอลเคนสมมาตร (Symmetrical alkanes) และโดยทั่วไปแล้วปฏิกิริยานี้จะใช้กับแอลคิลแฮไลด์ตติยภูมิไม่ได้

5.4.7 Corey-House Synthesis โดยนักวิทยาศาสตร์ E.J.Corey และ Herbert

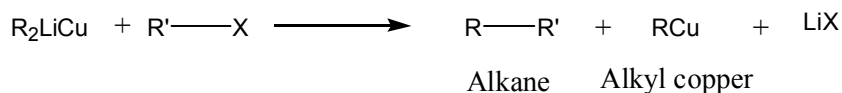
House เป็นวิธีเตรียมแอลเคนชนิด R₁-R₂ โดยมีขั้นตอนที่เกี่ยวข้อง 3 ขั้นตอน ดังนี้



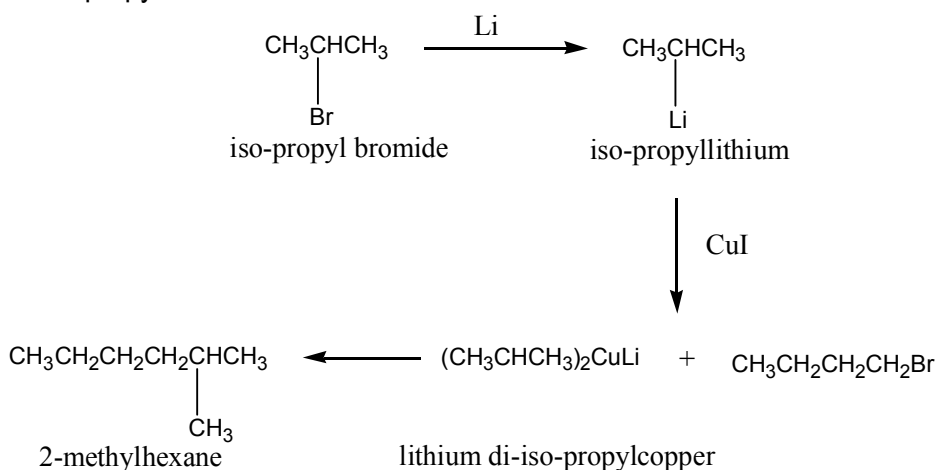
หมู่แอลคิลที่มาคู่ควบกันอาจมีจำนวนอะตอมคาร์บอนเท่ากันหรือแตกต่างกันก็ได้ ซึ่งปฏิกิริยาจะเริ่มจากการที่แอลคิลแฮไลด์ทำปฏิกิริยากับลิเทียมในอีเทอร์ที่ปราศจากน้ำ (Anhydrous ether) ได้สารประกอบแอลคิลลิเทียมและสารนี้จะทำปฏิกิริยาต่อไปกับ copper (I) halide (CuX) ได้ผลผลิตเป็นลิเทียมไดแอลคิลคิวเปรต



3) ปฏิกิริยาจะเกิดการคู่ควบต่อไปเพื่อเกิดเป็นแอลเคน เมื่อแอลคิลแฮไลด์โมเลกุลต่อไปเข้าทำปฏิกิริยากับลิเทียมไดแอลคิลคิวเปรต ดังสมการ

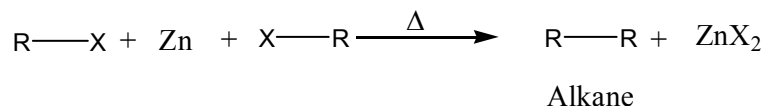


และปฏิกิริยาจะเกิดได้ดีเมื่อ R' เป็นหมู่แอลคิลชนิดปฐมภูมิ เช่น การสังเคราะห์ 2-methyl hexane จาก iso-propyl bromide ดังสมการ



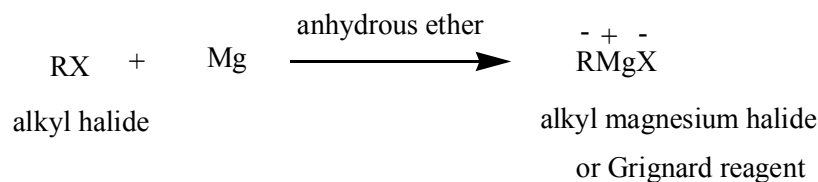
5.4.8 ปฏิกิริยาของแฟรงค์แลนด์ (Frankland's reaction)

เป็นปฏิกิริยาการเตรียมแอลเคนโดยการให้ความร้อนกับแอลคิลแฮไลด์ 2 โมเลกุล และมีโลหะสังกะสีอยู่ด้วย ดังสมการ

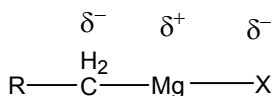


5.4.9 การแยกสลายกรีนยาร์ตรีเอเจนต์ด้วยน้ำ (Hydrolysis of Grignard reagent)

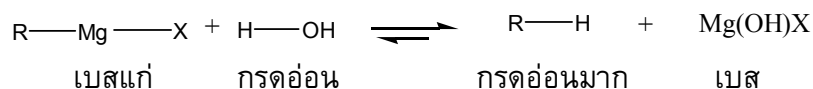
กรีนยาร์ตรีเอเจนต์ (R-MgX) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีอะตอมคาร์บอนเกิดพันธะกับโลหะ เตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างแอลคิลแฮไลด์กับโลหะ เช่น แมกนีเซียมในสารละลายอีเทอร์ที่ปราศจากน้ำ (Anhydrous ether) (ประเสริฐ ศรีไพโรจน์, 2552: 94) ดังสมการ

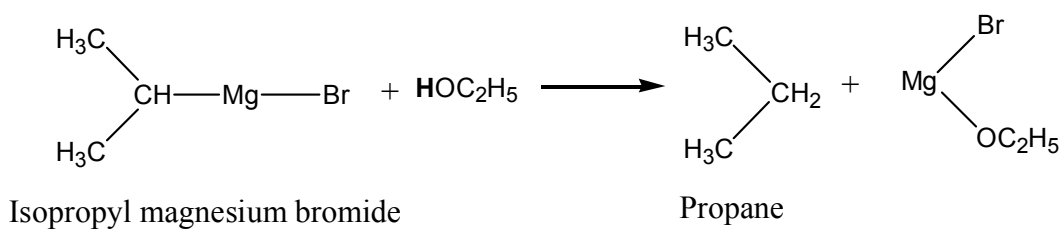
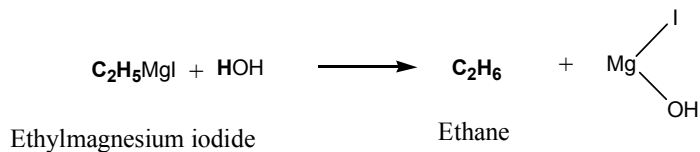
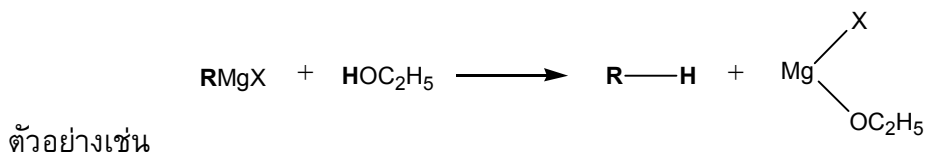


เนื่องจากพันธะระหว่างหมู่แอลคิลกับแมกนีเซียมเป็นพันธะโคเวเลนต์ที่มีขั้วมากโดยคาร์บอนมีประจุเป็นลบเพราะมีสภาพไฟฟ้าลบ (Electronegativity, EN) สูงกว่าแมกนีเซียม จึงสามารถจับกับอะตอมไฮโดรเจนที่ขาดอิเล็กตรอน (H^+) ได้ ส่วนพันธะระหว่างแมกนีเซียมกับแฮไลด์เป็นพันธะไอออนิก



การเป็นประจุลบของคาร์บอนทำให้เกิดการทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนไอออนได้ดี ตลอดจนถึงกรดอ่อนอื่นๆ เช่น น้ำ แอลกอฮอล์ เอมีน หรือกรดคาร์บอกซิลิก ดังนั้นเมื่อให้กรีนยาร์ตรีเอเจนต์ทำปฏิกิริยากับน้ำหรือสารที่ให้ไฮโดรเจน จะได้แอลเคนเป็นผลผลิต ดังสมการ

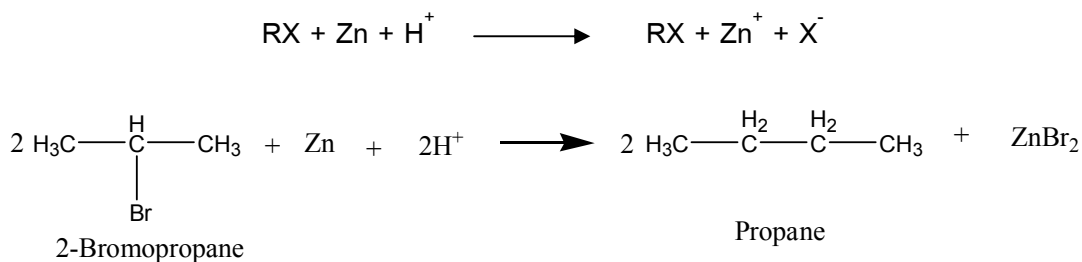




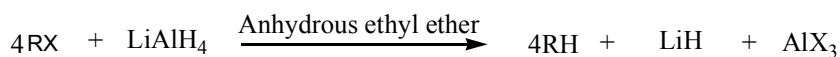
5.4.10 การรีดิวซ์แอลคิลแฮไลด์ด้วยโลหะสังกะสีและกรด (Reduction alkyl

halide with Zn and acid)

ผลผลิตที่ได้คือแอลเคน ซึ่งสังกะสีและกรดทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ ส่วนจำนวนอะตอมของแอลเคนที่เตรียมเตรียมได้จะต้องเท่ากับจำนวนอะตอมของแอลคิลแฮไลด์ที่ใช้ ดังสมการ



ส่วนโลหะไฮไดรด์ (Metallic hydride) ต่างๆ เช่น NaBH_4 , LiH และ LiAlH_4 สามารถใช้แทนโลหะสังกะสีได้ แต่ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นในตัวทำละลาย Anhydrous ethyl ether ดังสมการ

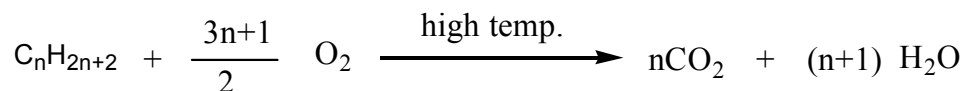


5.5 ปฏิกิริยาของแอลเคน

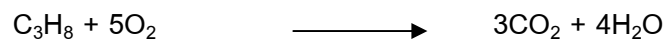
แอลเคนและไซโคลแอลเคนเป็นสารอินทรีย์ที่มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารอินทรีย์อื่นๆ เช่น สารอินทรีย์มากมายเกิดปฏิกิริยากับกรดเข้มข้น เบสรีดิวซิงเอเจนต์ (Reducing agent) หรือ ออกซิไดซิงเอเจนต์ (Oxidizing agent) เหล่านี้ จึงทำให้แอลเคนมีชื่อว่าพาราฟิน (Parafins) เพราะนักเคมีพบว่าแอลเคนไม่เกิดปฏิกิริยากับกรดหรือเบสหรือรีเอเจนต์อื่นๆ เกือบทุกชนิด

แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าแอลเคนจะเกิดปฏิกิริยาได้ยาก แต่ก็สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาได้บ้างภายใต้สภาวะที่เหมาะสม (Sharma, A.K., 2006: 36.5-36.7) ปฏิกิริยาที่สำคัญของแอลเคนมีดังนี้

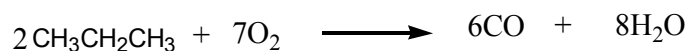
5.5.1 การเผาไหม้ (Combustion) แอลเคนเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนได้อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูง ทำให้แอลเคนเปลี่ยนไปเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ มีสมการทั่วไปดังนี้



เช่น



กลไกของปฏิกิริยาเชื่อกันว่าน่าจะผ่านขั้นตอนมัธยันตร์ที่เป็นอนุมูลอิสระ และปฏิกิริยาจะเกิดสมบูรณ์ถ้ามีออกซิเจนอย่างเพียงพอ แต่ถ้ามีออกซิเจนอย่างจำกัดปฏิกิริยาจะเกิดไม่สมบูรณ์จะเกิด CO ดังสมการ



การควบคุมอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเชื้อเพลิงหรือปริมาณแอลเคนกับอากาศหรือแก๊สออกซิเจนจะทำให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพสูงสุด

5.5.2 แฮโลจิเนชัน (Halogenation)

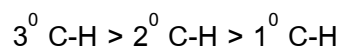
ปฏิกิริยาแฮโลจิเนชัน เกิดจากการที่แอลเคนทำปฏิกิริยาธาตุแฮโลเจน จึงสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้

1. ปฏิกิริยาคลอรีเนชัน (Chlorination) ของแอลเคนจะเกิดขึ้นในสภาวะดังต่อไปนี้

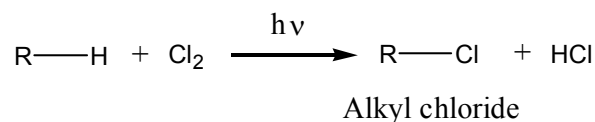
- 1) ในที่มีด อุณหภูมิ 300 °C
- 2) ที่อุณหภูมิ 100 °C และมีเปอร์ออกไซด์ของสารอินทรีย์อยู่ด้วย
- 3) ที่อุณหภูมิ 150 °C และมีเตตระเอทิลเลด (Tetra ethyl lead)
- 4) ในสภาวะที่มีแสง หรือรังสี UV หรือรังสีอื่นๆ

โดยในสภาวะเหล่านี้ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะผ่านกลไกเรดิคัล (Free radical)

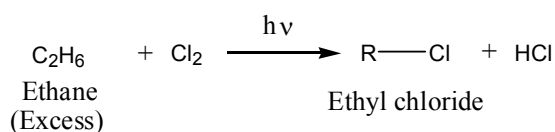
เมื่อเรียงลำดับความว่องไวของไฮโดรเจนอะตอมในแอลเคน เป็นดังนี้



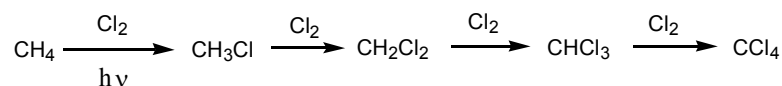
ปฏิกิริยาแฮโลจิเนชันของแอลเคนมีสมการทั่วไปดังนี้



ซึ่งอนุพันธ์โมโนคลอไรด์แอลเคนจะเกิดขึ้นเมื่อใช้แอลเคนในปริมาณมาก เช่น



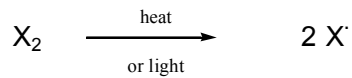
แต่ถ้าใช้คลอรีนมากเกินไปจะได้ผลผลิตที่เป็นของผสมต่างๆ เกิดขึ้น เช่น mono, di, tri, tetra และ Perchloro derivatives ดังสมการ



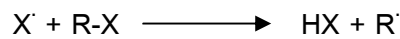
ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ เมื่อเกิดแล้วจะดำเนินต่อไปเรื่อยๆ อย่างรวดเร็วและควบคุมยาก กล่าวคือ อะตอมไฮโดรเจนของ CH₄ จะถูกแทนที่ด้วยอะตอมคลอรีนทีละอะตอมจึงได้ผลผลิตผสมเป็น CH₃Cl, CH₂Cl₂, CHCl₃ และ CCl₄

สำหรับกลไกการเกิดปฏิกิริยาเป็นแบบลูกโซ่อนุมูลอิสระ (Free radical chain mechanism) ซึ่งมี 3 ขั้นตอนและสามารถแสดงด้วยสมการทั่วไปดังนี้

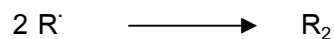
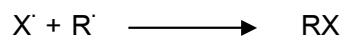
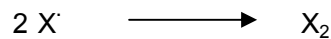
1. ขั้นเริ่มต้น (Initiation step) เกิดจากโมเลกุลแฮโลเจน (X_2) ได้รับความร้อนหรือแสงจะแตกออกเป็นอะตอมซึ่งเป็นอนุมูลอิสระ (X')



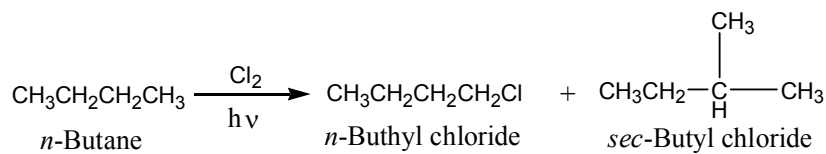
2. ขั้นแพร่ขยาย (propagation step) เกิดจากอะตอมแฮโลเจนที่เป็นอนุมูลอิสระไปตั้งอะตอมไฮโดรเจนออกจากแอลเคน ทำให้แอลเคนเปลี่ยนเป็นอนุมูลแอลคิล (R') และจะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลแฮโลเจนต่อไปได้แอลคิลคลอไรด์และอะตอมแฮโลเจนที่เป็นอนุมูลอิสระ ปฏิกิริยาจะเกิดไปเรื่อยๆ จนกว่าแอลเคนหรือแฮโลเจนจะถูกใช้ไปจนหมด



3. ขั้นสิ้นสุด (termination step) เกิดจากอนุมูลอิสระต่างๆ เข้าจับกันเป็นโมเลกุล



นอกจากนี้ยังมีปฏิกิริยาที่น่าสนใจ คือปฏิกิริยาระหว่างบิวเทนกับคลอรีน ดังสมการ



สำหรับจำนวนสัดส่วนสัมพัทธ์ของไอโซเมอร์ทั้งสอง (*n*-Butane และ *sec*-Butyl chloride) มีดังนี้

$$\begin{aligned} \frac{n\text{-Butyl chloride}}{\text{sec-Butyl chloride}} &= \frac{\text{Number of } 1^\circ \text{ H}}{\text{Number of } 2^\circ \text{ H}} \times \frac{\text{Reactivity of } 1^\circ \text{ H}}{\text{Reactivity of } 2^\circ \text{ H}} \\ &= \frac{6}{4} \times \frac{1.0}{3.8} \\ &= \frac{6}{15.2} \end{aligned}$$

จำนวนไอโซเมอร์ทั้งหมดจึงเท่ากับ $6.0 + 15.2 = 21.2$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของ } n\text{-Butane} = \frac{6 \times 100}{21.2} = 28.3$$

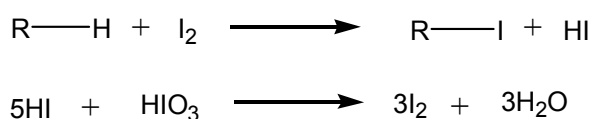
$$\text{ส่วน เปอร์เซ็นต์ของ } \text{sec-Butyl chloride} = 100 - 28.3 = 71.7$$

2. ปฏิกิริยาโบรมิเนชันของแอลเคน (Bromination of alkanes) เกิดขึ้นได้ทำนองเดียวกับคลอรีเนชัน แต่มีความว่องไวน้อยกว่า

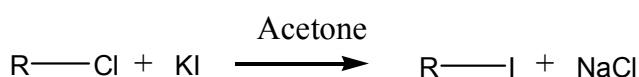
3. ไอโอดิเนชันของแอลเคน (Iodination of alkane) ปฏิกิริยานี้ผันกลับได้ ดังสมการ



ปฏิกิริยาไอโอดิเนชันยังสามารถเกิดขึ้นได้ในสภาวะที่มีตัวออกซิไดซ์ (Oxidizing agent) เช่น HIO_3 , HNO_3 , HgO เป็นต้น อยู่ด้วย เพราะจะช่วยกำจัด HI ที่เกิดขึ้นและทำให้ปฏิกิริยาดำเนินไปข้างหน้ามากขึ้น ดังสมการ

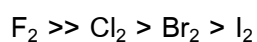


แอลคิลไฮโอไดด์หรือไฮโอไดแอลแคลเตรียมได้ง่ายๆ โดยการนำอนุพันธ์ของคลอไรด์หรือโบรมิมาทำปฏิกิริยากับ NaI หรือ KI ในตัวทำละลายเมทานอลหรือเอซีโตน ดังสมการ



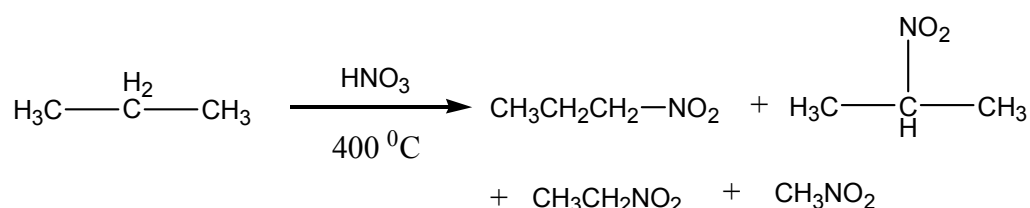
ปฏิกิริยานี้เรียกว่า โคนันท์ ฟิงเกิลสไตน์ (Conant Finkelstein reaction)

4. ไตรีกต์ฟลูออริเนชันของแอลเคน (Direct-fluorination of alkane) การทำปฏิกิริยาโดยตรงระหว่างแอลเคนกับฟลูออรีนจะเกิดการระเบิด แต่สามารถทำได้โดยใช้สารละลายเจือจางของฟลูออรีนทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนในหลอดที่ทำด้วยโลหะและเคลือบด้วยทองแดงอีกครั้ง ที่อุณหภูมิระหว่าง $150\text{-}350^\circ\text{C}$ ผลผลิตที่ได้จะเป็นของผสมที่ซับซ้อนมาก เนื่องจากแฮโลเจนมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาแตกต่างกันซึ่งสามารถเรียงลำดับได้ดังนี้

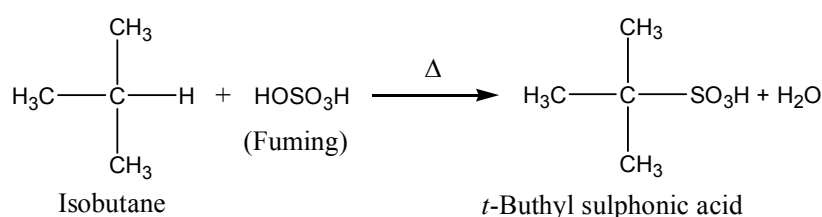
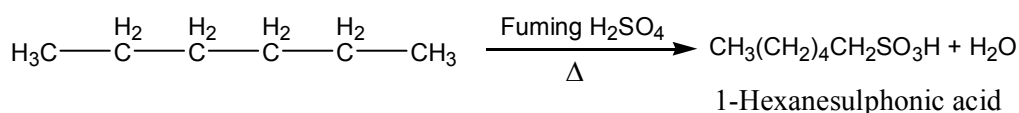


จะเห็นว่าฟลูออรีนมีความว่องไวต่อปฏิกิริยานี้ดีที่สุด แต่ก็ไม่เป็นที่นิยมเพราะว่าอาจทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือทำให้เกิดโซ่ของแอลเคนแตกได้ผลผลิตที่ไม่ต้องการเกิดขึ้น ส่วนไอโอไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยาจึงไม่มีความสำคัญทางเคมีอินทรีย์ นักเคมีจึงเลือกเฉพาะคลอรีนและโบรมีนเท่านั้น

5.5.3 ไนเตรชัน (Nitration) เมื่อนำไอของแอลเคนผสมกับไอของกรดไนตริกและให้ความร้อนระหว่าง 150-475 °C จะเกิดผลผลิตผสมของไนโตรแอลเคน เช่น ถ้าใช้โพรเพนทำปฏิกิริยาจะได้ 1-Nitropropane, 2-Nitropropane, Nitroethane และ Nitromethane ดังสมการ

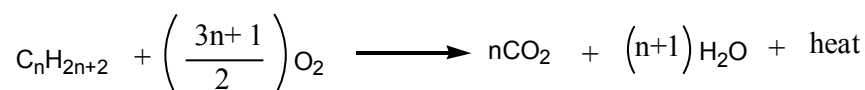


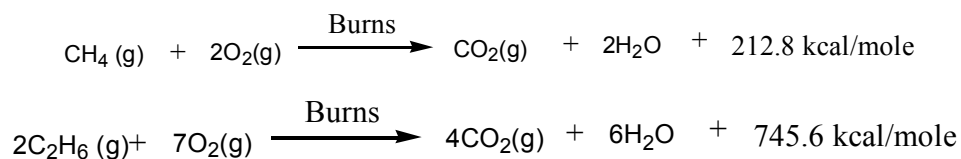
5.5.4 ซัลโฟเนชัน (Sulphonation) ปฏิกิริยานี้ อะตอมของไฮโดรเจนของพันธะ C-H ถูกแทนที่ด้วยหมู่ -SO₃H แอลเคนที่จะเกิดปฏิกิริยาซัลโฟเนชันควรมีอะตอมของคาร์บอนตั้งแต่ 6 อะตอมขึ้นไป ดังสมการ



5.5.5 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) แบ่งย่อยดังนี้

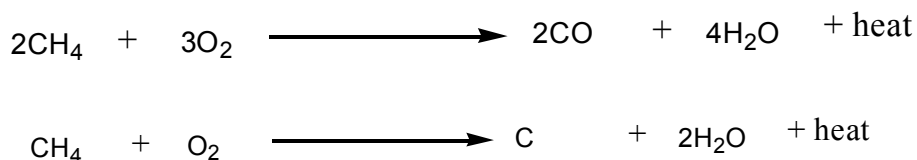
1) ปฏิกิริยาออกซิเดชันสมบูรณ์ (Complete oxidation หรือ Combustion) แอลเคนทุกชนิดพร้อมที่จะเกิดการเผาไหม้ในอากาศหรือออกซิเจนที่มากเกินไปได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำดังสมการต่อไปนี้



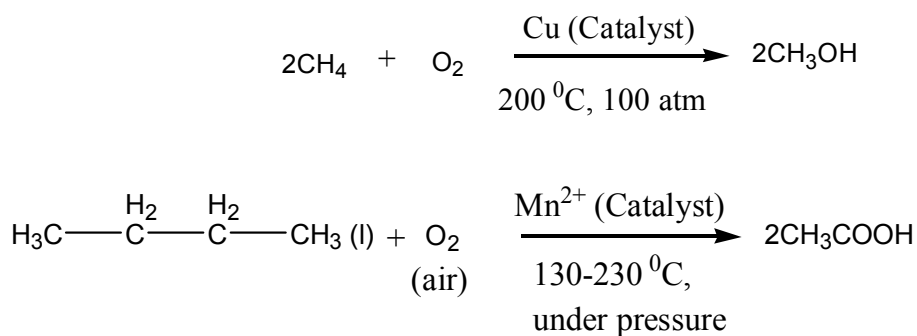


เนื่องจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ของแอลเคนเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic reaction) ดังนั้นใช้เป็นพลังงานในการหุงต้ม เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ เป็นต้น

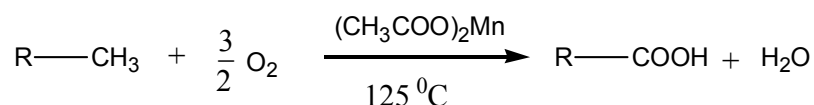
2) การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete combustion) แอลเคนเมื่อถูกเผาไหม้ในสภาวะที่มีออกซิเจนอย่างจำกัด จะเกิดการเผาไหม้เพียงบางส่วนได้ผลผลิตเป็น CO หรือ C ดังสมการ



3) ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีตัวเร่ง (Catalytic oxidation) แอลเคนจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพียงบางส่วนในสภาวะที่มีตัวเร่งจะได้ผลผลิตเป็นแอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ และกรดไขมัน เป็นต้น ดังสมการ

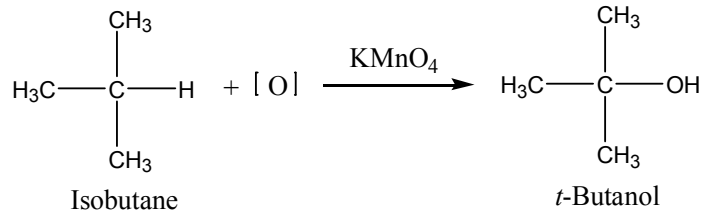


ถ้าใช้แมงกานีสแอซีเตตเป็นตัวเร่ง หมู่-CH₃ ที่อยู่ปลายสุดของแอลเคนจะถูกออกซิไดส์ไปเป็น -COOH ดังสมการ



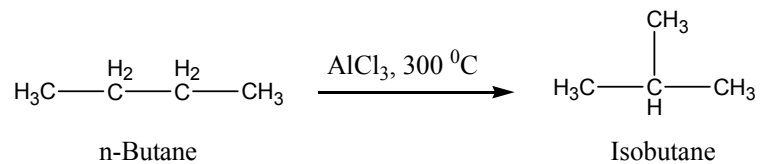
4) การมีตัวออกซิไดส์ (Oxidizing agents) เช่น โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

จะออกซิไดส์ tertiary hydrogen atom ไปเป็น t-Butyl alcohol ดังสมการ

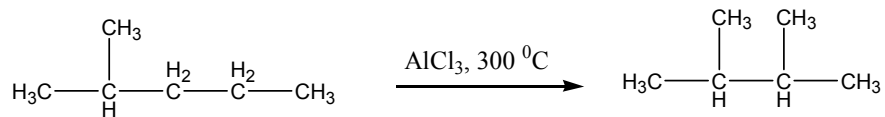


5.5.6 การเกิดไอโซเมอร์ (Isomerization) แอลเคนไซตรงสามารถเปลี่ยนไปเป็นไอ

โซเมอร์แบบกิ่งก้าน เมื่อให้ความร้อนที่ 300 °C และมี AlCl₃ อยู่ด้วย ดังสมการ



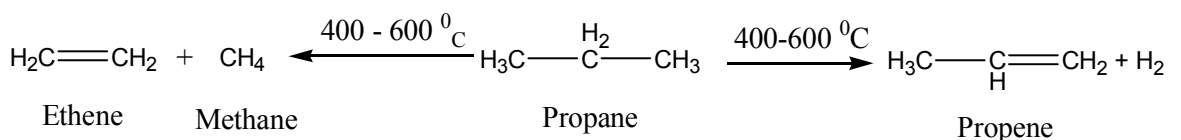
โดยแอลที่มีกิ่งก้านน้อยจะเปลี่ยนไปเป็นแอลเคนที่มีกิ่งก้านมากขึ้น เช่น



การเกิดไอโซเมอร์ของแอลเคนมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมปิโตรเลียมเป็นอย่างยิ่ง เพราะสามารถทำให้ค่าออกเทน (Octane number) ของน้ำมัน (Gasoline) เพิ่มขึ้นได้

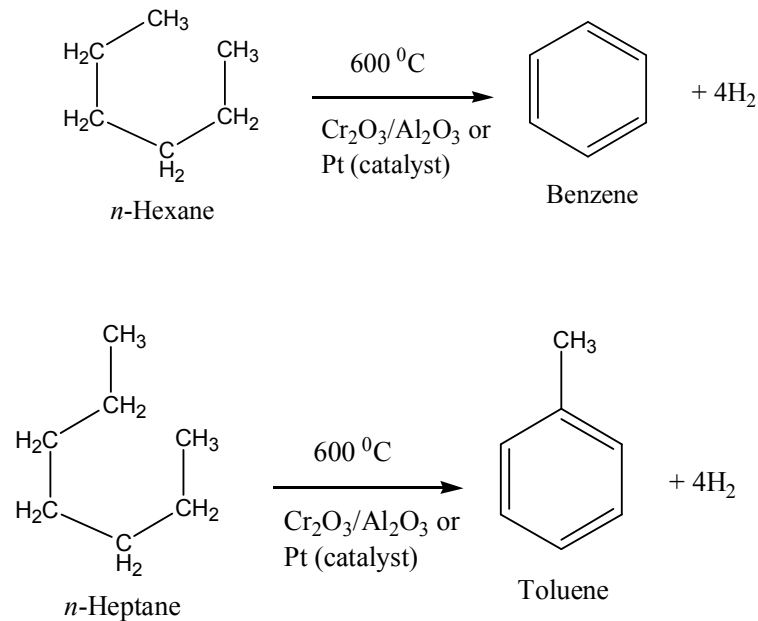
5.5.7 การแตกตัว (Cracking หรือ Pyrolysis หรือ Thermal decomposition) การ

ที่สารประกอบเกิดการสลายตัวด้วยความร้อน เรียกว่า Pyrolysis ในกรณีของแอลเคนนี้ ปฏิกิริยาการสลายตัวด้วยความร้อนเป็นที่รู้จักกันในชื่อ Cracking ทำให้ได้แอลเคนที่มีขนาดเล็กลง หรือได้แอลคีน และไฮโดรเจน ดังสมการ



กลไกของการแตกตัวจะเกิดผ่านอนุมูลอิสระ (Free radical) และปฏิกิริยานี้มีประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

5.5.8 การเกิดวงแอะโรมาติก (Aromatization, Hydroforming หรือ Catalytic reforming) การเปลี่ยนโครงสร้างจากอะลิฟาติกเป็นแอะโรมาติก เรียกว่า Aromatization โดยแอลเคนที่มีคาร์บอน 6 อะตอมหรือมากกว่า เมื่อได้รับความร้อนที่ 600°C ในสภาวะที่มีตัวเร่ง เช่น Cr_2O_3 หรือ Pt จะได้ผลผลิตเป็นแอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ดังสมการ



ปฏิกิริยาการเกิดวงแอะโรมาติกจะเกิดผ่านทางกลไกไซโคลเซชันและดีไฮโดรจิเนชัน

5.6 ไซโคลแอลเคน (Cycloalkanes)

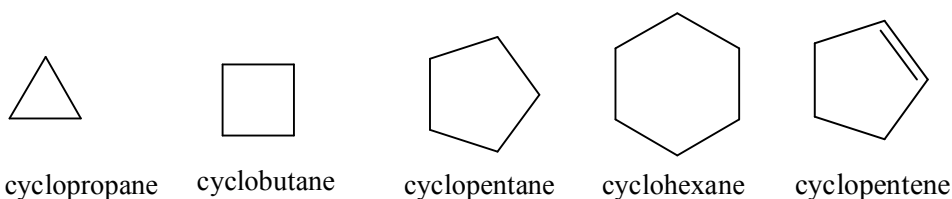
ไซโคลแอลเคนหรือสารประกอบอะลิไซคลิก (alicyclic compounds) เป็นแอลเคนที่อะตอมคาร์บอนเชื่อมต่อกันเป็นวงมีโครงสร้างเป็นไซคลิก (cyclic) ของคาร์บอนตั้งแต่สามอะตอมขึ้นไป มีสูตรโมเลกุลเป็น C_nH_{2n} ขนาดของวงแหวนมีตั้งแต่ขนาดเล็กที่สุด คือคาร์บอนสามอะตอม พบทั่วไปในธรรมชาติโดยเฉพาะในพืชหรือสารอินทรีย์ทั้งหลาย เป็นสารที่ไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยา มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวเพิ่มขึ้นตามมวลโมเลกุล สมบัติทางกายภาพของไซโคลแอลเคนบางชนิดแสดงไว้ในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 สมบัติทางกายภาพของไซโคลแอลเคนบางชนิด

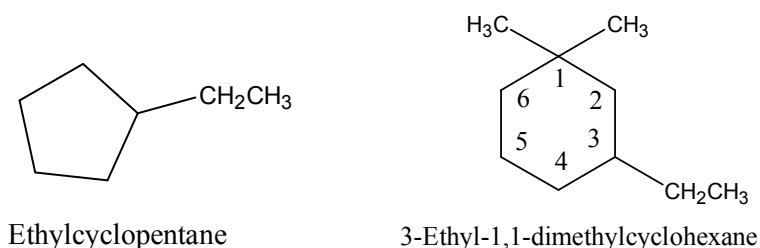
ไซโคลแอลเคน	สูตรโมเลกุล	จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	จุดหลอมเหลว ($^{\circ}\text{C}$)	ความหนาแน่น (g/ml)
ไซโคลโพรเพน	C_3H_6	-33	-128	0.72
ไซโคลบิวเทน	C_4H_8	-12	-50	0.75
ไซโคลเพนเทน	C_5H_{10}	49	-94	0.75
ไซโคลเฮกเซน	C_6H_{12}	81	7	0.78
ไซโคลเฮพเทน	C_7H_{14}	118	-12	0.81
ไซโคลออกเทน	C_8H_{16}	148	14	0.83

(ที่มา: ประเสริฐ ศรีไพโรจน์, 2552: 104)

การเรียกชื่อไซโคลแอลเคนใช้คำว่า ไซโคล (Cyclo-) นำหน้าและตามด้วยจำนวนอะตอมคาร์บอน ข้างล่างนี้เป็นสูตรโครงสร้างของไซโคลแอลเคนบางชนิดและเรียกชื่อ

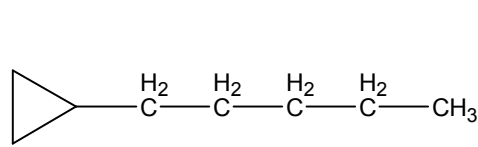


สำหรับการเรียกชื่อ IUPAC จะเติมคำว่า ไซโคล- (Cyclo-) นำหน้าชื่อแอลเคนที่ไม่แตกกิ่ง ซึ่งเท่ากับจำนวนคาร์บอนในวงแหวน และหมู่แทนที่ก็จะต้องให้อยู่ในตำแหน่งที่เป็นตัวเลขต่ำที่สุด เช่น



การเรียกชื่อไซโคลแอลเคนที่อะตอมไฮโดรเจนถูกแทนที่ด้วยหมู่แอลคิลใช้กฎเกณฑ์เช่นเดียวกับการเรียกชื่อแอลเคนตั้งได้กล่าวมาแล้ว คือจะต้องหาสูตรหลักก่อน โดยเปรียบเทียบจำนวนอะตอมคาร์บอนในวงแหวนมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าไซคาร์บอนที่มาเกาะ ให้เรียกหมู่แอลคิลก่อนแล้วลงท้ายด้วยไซโคลแอลเคนนั้น (ประเสริฐ ศรีไพโรจน์, 2552: 105-107) เมื่อบางวงแหวนมีจำนวนอะตอมคาร์บอนน้อยกว่าหมู่แอลคิล สารประกอบนั้นจะถูกเรียกว่าเป็นแอลเคน

โดยมีไซโคลแอลคิลเป็นหมู่แทนที่ จึงต้องเรียกหมู่ไซโคลแอลคิลก่อนตามด้วยแอลเคนนั้น (Carey, Francis A., 2003: 77)

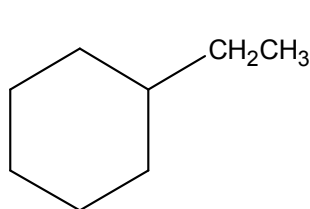


1-cyclopropylpentane

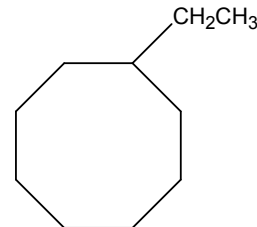


CH₃CH₂CH(CH₂CH₂)CH₂CH₃
3-Cyclopropylpentane

ในกรณีที่มีหมู่แทนที่เพียงหมู่เดียว การเรียกชื่อไม่ต้องระบุตำแหน่ง เพราะทุกตำแหน่งในวงแหวนสมมูลกัน เช่น

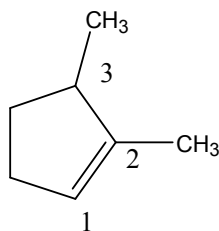


ethylcyclohexane

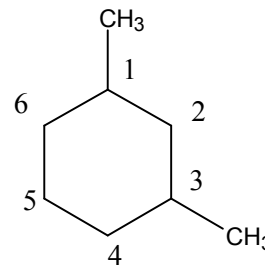


ethylcyclooctane

ถ้ามีหมู่แอลคิลหลายหมู่มาเกาะ การกำหนดตำแหน่งของหมู่ที่มาเกาะจะต้องเป็นตัวเลขที่น้อยที่สุด

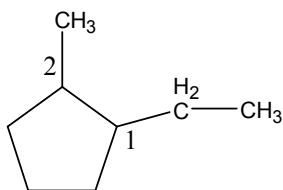


2,3-Dimethylcyclopentene

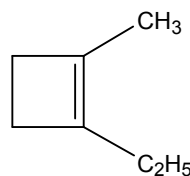


1,3-dimethylcyclohexane

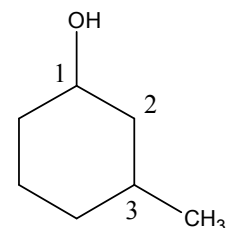
ถ้ามีหมู่แอลคิลที่แตกต่างกัน 2 หมู่หรือมากกว่าให้กำหนดตำแหน่งหมู่แอลคิลเรียงตามลำดับอักษรและเป็นตัวเลขที่น้อยที่สุด



1-ethyl-2-methylcyclopentane

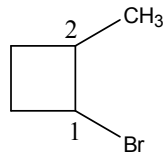


1-Ethyl-2-methylcyclobutene

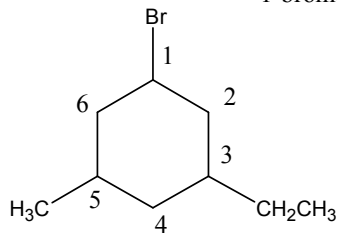


3-Methylcyclohexanol

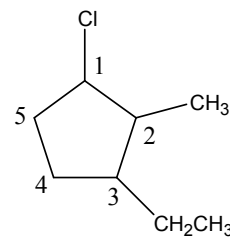
ถ้ามีธาตุแฮโลเจนอยู่ในโครงสร้างของไซโคลแอลเคนด้วย การเรียกชื่อให้ใช้กฎเกณฑ์เช่นเดียวกับหมู่แอลคิล



1-bromo-2-methylcyclobutane

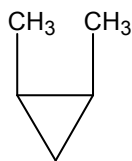


1-bromo-3-ethyl-5-methylcyclohexane

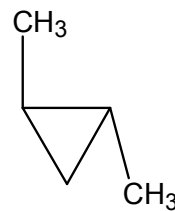


1-chloro-3-ethyl-2-methylcyclohexane

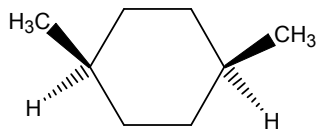
โครงสร้างของไซโคลแอลเคนมี 2 ด้านคือด้านบนและด้านล่าง ดังนั้นเมื่อหมู่แอลคิลมาเกาะจึงมีโอกาสที่จะเกาะอยู่ได้ทั้ง 2 ด้าน ถ้าหมู่แอลคิลเกาะอยู่ทางด้านเดียวกัน โครงสร้างไซโคลแอลเคนนี้เรียกว่า *cis-isomer* แต่ถ้าเกาะอยู่คนละด้านเรียกว่า *trans-isomer* การเรียกชื่อไซโคลแอลเคนเหล่านี้จึงต้องการบอกให้ทราบถึงโครงสร้างด้วย โดยใช้คำนำหน้าว่า *cis-* หรือ *trans-* เพื่อบอกให้ทราบถึงหมู่ที่มาเกาะกับวงแหวนว่าอยู่ด้านเดียวกันหรืออยู่ด้านตรงข้ามกันตามลำดับ เช่น



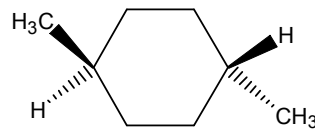
cis-1,2-dimethylcyclopropane



trans-1,2-dimethylcyclopropane



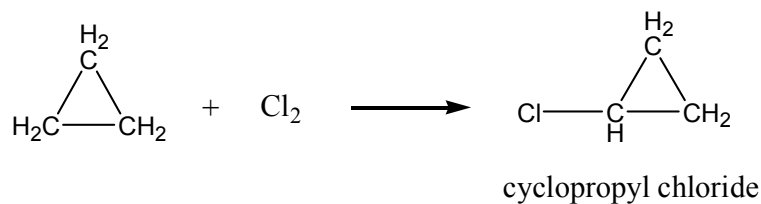
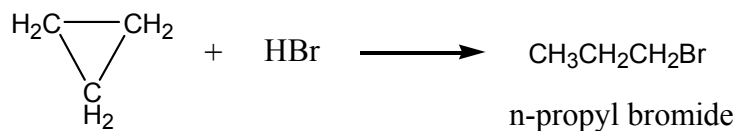
cis-1,4-Dimethylcyclohexane



trans-1,4-Dimethylcyclohexane

5.7 ปฏิกิริยาของไซโคลแอลเคน

ไซโคลแอลเคนส่วนมากมีปฏิกิริยาเคมีคล้ายคลึงกับแอลเคน ยกเว้น ไซโคลโพรเพนและไซโคลบิวเทน การที่ไซโคลโพรเพนและไซโคลบิวเทนมีปฏิกิริยาแตกต่างออกไปนั้น เพราะว่ามีมุมระหว่างพันธะของพันธะชนิดตรงสี่หน้าซึ่งถือว่าเสถียร (มีมุม $109^{\circ} 28'$ มุมของพันธะเดี่ยวระหว่างคาร์บอนคาร์บอนที่ควรจะเป็น) จึงทำให้วงแหวนของไซโคลโพรเพนมีความเครียด (ทฤษฎีความเครียดของเบเยอร์, Baeyer strain) ความเครียดของวงแหวนจะลดลงเมื่อวงแหวนถูกเปิด ไซโคลโพรเพนจึงเกิดปฏิกิริยาให้ผลผลิตชนิดวงแหวนเปิด ดังตัวอย่างต่อไปนี้



ไซโคลบิวเทน C_4H_8 มีโครงสร้างของวงอะตอมของคาร์บอนหักขึ้นหักลง (Puckered) โมเลกุลไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน มีมุมระหว่างพันธะ 90° จึงทำให้โมเลกุลของไซโคลบิวเทนมีความเครียด แต่น้อยกว่าไซโคลโพรเพน ดังนั้นไซโคลบิวเทนมักจะเปิดวงแหวนเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี แต่ไม่เสมอไป ส่วนไซโคลเพนเทนและไซโคลเฮกเซนมีมุมระหว่างพันธะใกล้เคียงกับมุมทรงสี่หน้า $109^{\circ} 28'$ (ไซโคลโพรเพนมีมุมระหว่างพันธะ 108° และไซโคลเฮกเซนมีมุมระหว่างพันธะ 120°) จึงทำให้วงแหวนของโมเลกุลทั้งสองมีความเสถียร ปฏิกิริยาการแทนที่ของไซโคลแอลเคนทั้งสองจึงเหมือนกับแอลเคน เช่น ปฏิกิริยาการที่ด้วยคลอรีน (Chlorination) ของไซโคลโพรเพนจะได้ไซโคลเพนทิลคลอไรด์

5.8 สรุป

แอลเคนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวที่มีพันธะระหว่างอะตอมคาร์บอนกับคาร์บอนเป็นพันธะเดี่ยว มีสูตรทั่วไปเป็น C_nH_{2n+2} เมื่อ n เป็นเลขจำนวนเต็ม และ แอลเคนโมเลกุลเล็กที่สุดคือ มีเทน (Methane; CH_4) ส่วนแอลเคนอื่นๆ เช่น C_2H_6 , C_4H_{10} , C_5H_{12} เป็นต้น การเรียกชื่อแอลเคนที่มีจำนวนอะตอมอยู่ในโมเลกุลจำนวนน้อย นิยมเรียกตามชื่อสามัญ (Common name หรือ Trivial name) โดยอาจเรียกตามสมบัติหรือตามแหล่งกำเนิด ส่วนการเรียกชื่ออีกระบบหนึ่งคือการเรียกตามระบบ IUPAC

แอลเคนใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิง ตัวทำละลายและสารหล่อลื่น แอลเคนในธรรมชาติ เช่น แก๊สปิโตรเลียม แก๊สโซลีน (Gasoline) เคอโรซีน (Kerosene) น้ำมันหล่อลื่นและพาราฟิน (Paraffin) มีสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันอันเป็นผลมาจากความแตกต่างของมวลโมเลกุล

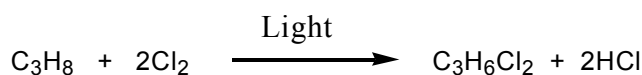
แหล่งของแอลเคนที่สำคัญมี 2 แหล่งคือ แก๊สธรรมชาติและปิโตรเลียมหรือน้ำมันดิบ โดยแก๊สธรรมชาติจะประกอบด้วยมีเทนระหว่าง 90-95 % , อีเทน 5-10 % และแอลเคนผสมที่มีจุดเดือดต่ำอื่นๆ ส่วนปิโตรเลียมเป็นลักษณะชั้น เหนียว ประกอบด้วยสารประกอบมากกว่า 1,000 ชนิด อยู่รวมกัน ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เกิดจากการสลายตัวของพืชในทะเลและซากสัตว์ต่างๆ ปิโตรเลียมและอนุพันธ์ใช้เป็นเชื้อเพลิงรถยนต์ เครื่องบินและรถไฟ นอกจากนี้ยังมีความสำคัญในทางอุตสาหกรรม นอกจากนี้ปิโตรเลียมยังเป็นแหล่งของสารอินทรีย์ ที่ใช้ในการสังเคราะห์และใช้ประโยชน์ในการผลิตเส้นใย พลาสติก สารซักฟอก ยา สีย้อม และผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นอื่นๆ

แอลเคนส่วนใหญ่ได้มาจากแก๊สธรรมชาติและการกลั่นลำดับส่วนของน้ำมันปิโตรเลียม แต่ในห้องปฏิบัติการก็สามารถเตรียมแอลเคนได้จากปฏิกิริยาต่างๆ เช่น เตรียมจากไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว การรีดิวซ์แอลคิลแฮไลด์ การรีดิวซ์แอลกอฮอล์ การรีดิวซ์แอลดีไฮด์ และคีโตน การรีดิวซ์ของกรดไขมัน Wurtz reaction, Corey-House Synthesis, ปฏิกิริยาของแฟรงค์แลนด์ การแยกสลายกรีนยาร์ดรีเอเจนต์ด้วยน้ำ และการรีดิวซ์แอลคิลแฮไลด์ด้วยโลหะสังกะสีและกรด

ปฏิกิริยาของแอลเคน แอลเคนและไซโคลแอลเป็นสารอินทรีย์ที่มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารอินทรีย์อื่นๆ แต่ก็สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาได้บ้างภายใต้สภาวะที่เหมาะสม เช่น ปฏิกิริยาการเผาไหม้ ปฏิกิริยาแฮโลจิเนชัน ไนเทรชัน ซัลโฟเนชัน ออกซิเดชัน เป็นต้น

แบบฝึกหัดท้ายบท

- จงอธิบายว่าทำไมแอลเคนจึงว่องไวต่อปฏิกิริยาการเติมอิเล็กโตรไฟล์น้อยกว่าแอลคีน
- ถ้าต้องการแอลเคนสมมาตร (Symmetrical alkanes) จะเตรียมได้จากปฏิกิริยาในข้อใด
จงอธิบาย
 - 2.1 Wurtz reaction
 - 2.2 Frankland's reaction
 - 2.3 Kolbe's reaction
- ทำไม *n*-Pentane จึงมีจุดเดือดสูงกว่า Neopentane แต่จุดเยือกแข็งของ Neopentane สูงกว่า *n*-Pentane จงอธิบาย
- จงบอกแหล่งที่มาของแอลเคนในธรรมชาติ และการนำไปใช้ประโยชน์
- การเปลี่ยนไฮโดรคาร์บอนเหลวไปเป็นไฮโดรคาร์บอนที่เป็นของผสมในสถานะแก๊สทำได้
อย่างไร จงอธิบาย
- ปฏิกิริยาในการเตรียมแอลเคน โดยการให้ความร้อนกับแอลคิลแฮไลด์ที่มีโซเดียมอยู่ด้วย
เรียกปฏิกิริยานี้ว่าอะไร จงอธิบายและเขียนสมการประกอบ
- มีเทนสามารถเตรียมได้จากปฏิกิริยาอะไรบ้าง จงอธิบาย พร้อมยกตัวอย่าง
- iso*-Octane เติมลงในน้ำมันเพื่อวัตถุประสงค์ใด จงอธิบาย
- ปฏิกิริยาที่กำหนดให้นี้ คือตัวอย่างของปฏิกิริยาอะไร



- องค์ประกอบหลักของปิโตรเลียมคืออะไร

เอกสารอ้างอิง

ประเสริฐ ศรีไพโรจน์ เคมีอินทรีย์พื้นฐาน เล่ม 1, พิมพ์ครั้งแรก ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ.ซี.ที. การพิมพ์ กรุงเทพฯ, 2552.

Carey, Francis A., **Organic Chemistry**. Fifth Edition, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 2003.

Ebbing, Darrell D., **General Chemistry**. Fifth Edition, A.I.T.B.S. Publishers & Distributors (Regd.), Delhi, India, 1999.

Morrison, R.T. and Boyd, R.N., **Organic Chemistry**. Sixth Edition, Peason Education, 2006.

Sharma, A.K., **Vishal's Kit Objective Chemistry**, Vishal Prakashan Mandir, 17 Edition, 2006.

Verma, N.K., Khanna, S.K. and Kapila, B., **Comprehensive Chemistry**, 12th, Laxmi Publications (P) Ltd., New Delhi, 2002.