

บทที่ 18

ไขมันและน้ำมัน (fats and oils)

น้ำมันและไขมันหรือลิพิด (lipid) เป็นกลุ่มของสารอินทรีย์ที่เป็นไขมัน (fat) หรือสารที่มีลักษณะไขมันเกิดขึ้นโดยธรรมชาติ ลิพิดมีทั้งในพืชและสัตว์ ไขมัน น้ำมัน (oil) ไข (wax) และสารประกอบอีกหลายชนิดจัดรวมกันเป็นลิพิด แม้ว่าลิพิดจะมีโครงสร้างโมเลกุลแตกต่างกันอย่างมากก็ตาม การที่จัดเป็นกลุ่มเดียวกันเพราะมีลักษณะการละลายคล้ายคลึงกัน โดยทั่วไปลิพิดละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่มีขั้ว (nonpolar solvent; เช่น คลอโรฟอร์ม อีเทอร์ เบนซีน และอื่นๆ) แต่ไม่ละลายในน้ำ การที่ลิพิดมีสมบัติการละลายในตัวทำละลายชนิดต่างๆ ได้ ทำให้สามารถบอกความแตกต่างได้ว่าสารใดเป็นลิพิด คาร์โบไฮเดรต หรือโปรตีนในระหว่างกลุ่มของสารต่างๆ ที่เป็นลิพิดด้วยกันนั้นได้แก่ ไขมันธรรมชาติ (natural fats) ฟอสโฟลิพิด (phospholipids) ซีรีโบไซด์ (cerebosides) สเตียรอยด์ (steroids) และไลโปโปรตีน (lipoproteins) สารประกอบอื่นๆ ซึ่งอาจจะพิจารณาได้ว่าเป็น ลิพิดได้อีก เช่น วิตามิน A D E และ K

ลิพิดเป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งในอาหาร เป็นสารที่ให้พลังงานแก่ร่างกายสูงกว่า คาร์โบไฮเดรต และเป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย และยังช่วยดูดซึมวิตามินพวกที่ละลายได้ในไขมัน ช่วยป้องกันการกระทบกระเทือนของอวัยวะภายใน นอกจากนี้ลิพิดยังเป็นสารประกอบที่แสดงบทบาทสำคัญมากในแง่โครงสร้าง หน้าที่และเป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) เนื่องจากลิพิดมีลักษณะการละลายจำเพาะ จึงทำหน้าที่ขัดขวางการแลกเปลี่ยนสารจากภายในเซลล์ไปยังของไหลนอกเซลล์ (extracellular fluid) นอกจากนี้ลิพิดยังสามารถเกิดเป็นไลโปโปรตีนเชิงซ้อนกับโปรตีนและเอนไซม์ต่างๆ ทำให้สมบัติทางเคมีและหน้าที่ของเยื่อหุ้มเซลล์นั้นซับซ้อนมากขึ้น

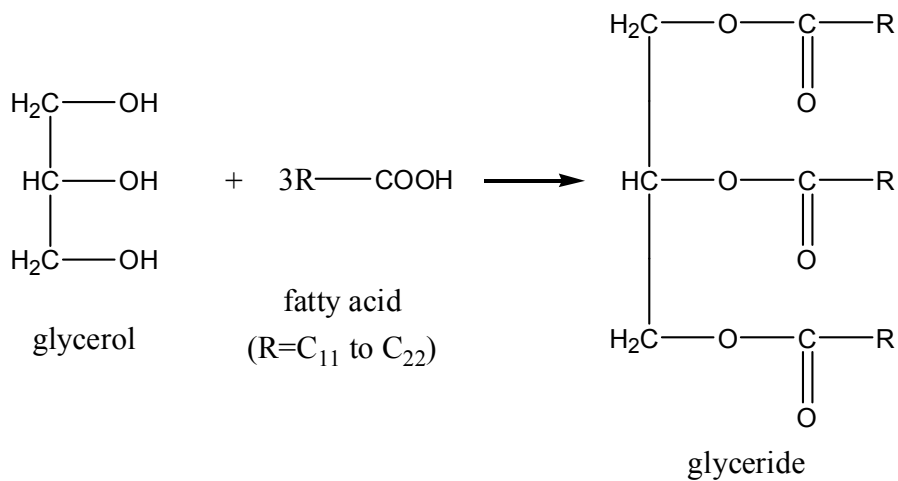
18.1 ประเภทของลิพิด

ลิพิดอาจแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่ม กลุ่มที่หนึ่งเป็นพวกไขมัน น้ำมัน และไข ซึ่งเป็นสารสามารถแยกสลายหรือ saponified ได้ด้วยสารละลายเบส กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มลิพิดที่ไม่สามารถแยกสลายได้ด้วยเบส เช่น สเตียรอยด์ โคลเลสเตอรอล (cholesterol) เป็นต้น นอกจากนี้ลิพิดยังสามารถแบ่งตามลักษณะการเกิดได้อีกเป็น simple lipids, compound lipids และ derived lipids ดังนี้

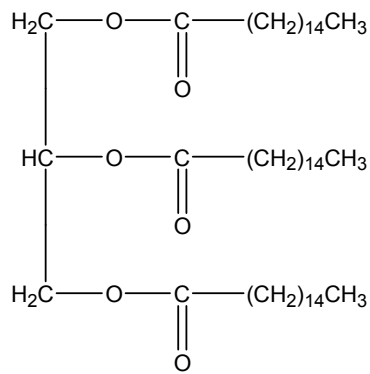
18.1.1 ลิพิดอย่างง่าย (Simple lipids) เป็นเอสของกรดไขมัน (fatty acids) กับ

แอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ ลิพิดชนิดนี้ยังสามารถแบ่งย่อยเป็น

1. ไขมันและน้ำมัน (fats and oils) น้ำมันและไขมันเป็นเอสเทอร์ของกลีเซอรอลและกรดไขมันโซ่ยาว (fatty acid) ถ้าเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้องเรียกว่าน้ำมัน (oil) ถ้าเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องเรียกว่าไขมัน (fat) กรดไขมันเป็นได้ทั้งชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว เนื่องจากกรดไขมันมีเป็นจำนวนมากจึงทำให้มีไขมันสัตว์และน้ำมันพืชในธรรมชาติมากมายหลายชนิดตามไปด้วย หมู่ไฮดรอกซิลทั้งสามหมู่ของกลีเซอรอลสามารถถูกเอสเทอร์ไฟต์โดยกรดไขมันชนิดต่างๆ กัน ทำให้เกิดเป็นโมโน ได หรือไตรกลีเซอไรด์ เอสเทอร์ของกลีเซอรอล (ไขมันและน้ำมัน) นั้นเป็นกลีเซอไรด์

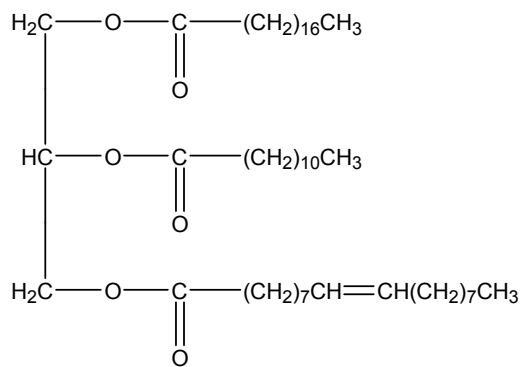


ไตรเอสเทอร์ของกลีเซอรอลเป็นกลีเซอไรด์ เป็นลิพิดที่หมู่ไฮดรอกซิลทั้งสามหมู่ในกลีเซอรอล ถ้าถูกเอสเทอร์ไฟต์ด้วยกรดไขมันชนิดเดียวกันจะเป็นกลีเซอไรด์ชนิดเชิงเดี่ยว (simple glyceride) แต่ถ้าถูกเอสเทอร์ไฟต์ด้วยกรดไขมันต่างชนิดกันจะให้กลีเซอไรด์เชิงผสม (mixed glyceride) ตัวอย่างเช่น



glyceryl tripalmitate (palmitin)

กลีเซอไรด์ชนิดเชิงเดี่ยว



glycerylstearylolauroleate

กลีเซอไรด์ชนิดผสม

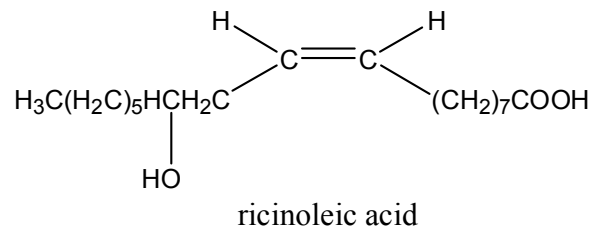
กลีเซอไรด์ทั้งชนิดเชิงเดี่ยวและชนิดเชิงผสมเป็นองค์ประกอบของน้ำมันและไขมันที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ น้ำมันและไขมันในธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นชนิดกลีเซอไรด์เชิงผสมมากกว่าที่จะเป็นเชิงเดี่ยว และส่วนประกอบของไขมันจะระบุเป็นจำนวนร้อยละของกรดไขมันที่มีอยู่ในสารนั้นๆ ตัวอย่างเช่น น้ำมัน โอลีฟจะมีกรดโอเลอิกประมาณร้อยละ 83 กรดไลโนเลอิกร้อยละ 7 กรดพาล์มิติกร้อยละ 6 และ กรดสเตียริกร้อยละ 4 รายละเอียดของกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันและไขมันดังในตารางที่ 18.2

ตารางที่ 18.2 กรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบของน้ำมันและไขมันบางชนิด

ไขมันหรือน้ำมัน	ร้อยละของกรดไขมัน					
	myristic	palmitic	stearic	oleic	linoleic	อื่นๆ
น้ำมันมะกอก	-	6	4	83	7	-
น้ำมันมะพร้าว	-	7	5	60	21	7
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	1	21	2	25	51	-
น้ำมันดอกคำฝอย	-	6	3	13	77	1
น้ำมันข้าวโพด	1	10	4	34	48	3
ไขวัว	2	32	25	38	3	-
น้ำมันหมู	1	30	18	41	6	4
ไขมันคน	3	25	8	46	10	8

(ที่มา: สมพงษ์ จันทรโพศรี, ม.ปป. หน้า 165)

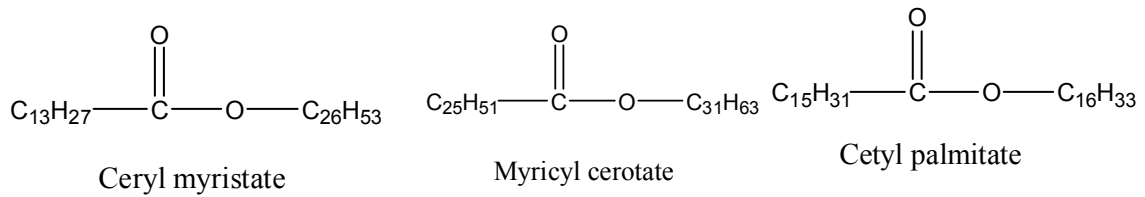
ดอินทรีย์ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดหลอมเหลวของสาร หรือขึ้นอยู่กับโครงสร้างของหมู่ R ของกรดไขมัน โดยทั่วไปเมื่อหมู่ R เป็นกรดไขมันอิ่มตัวจะได้กลีเซอไรด์ที่เป็นของแข็งและเมื่อ R เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลีเซอไรด์ที่ได้จะเป็นของเหลว ดังนั้นในน้ำมันหมู R จะเป็นหมู่อิ่มตัวมีพันธะคู่ระหว่างคาร์บอน-คาร์บอนหลายพันธะคู่ ส่วนในไขมันหมู R มีพันธะคู่คาร์บอน-คาร์บอนน้อย ในตารางที่ 19.1 แสดงชนิดของกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันและไขมัน กรดไขมันขนาดใหญ่จะพบในไขมันสัตว์มากกว่าในไขมันพืช ตามปกติไขมันสัตว์จะมีกรดพาล์มิติก (palmitic acid) หรือกรดสเตียริก (stearic acid) ไขมันพืชส่วนใหญ่จะมีกรดไขมันไลโนเลอิก (linoleic acid) ซึ่งกรดไขมันนี้พบน้อยมากในไขมันสัตว์ กรดไขมันไม่อิ่มตัวส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบซิส-ไอโซเมอร์ ทั้งนี้เพราะมีพันธะคู่คาร์บอน-คาร์บอน ตัวอย่างเช่น กรดริซินอเลอิก (ricinoleic acid) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของน้ำมันระหุง (castor oil) จะอยู่ในรูปซิส-ไอโซเมอร์ดังนี้



2. ไข (waxes) เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ที่ไม่ใช่กลีเซอริน ไขแตกต่างจากไขมันและน้ำมันที่ต่างกันก็เป็นเอสเทอร์ แต่ไม่เป็นเอสเทอร์ของกลีเซอรอล ไขเป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันโซ่ยาวและแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล 1 หมู่ (monohydric alcohol) ทั้งกรดและแอลกอฮอล์จะมีความยาวของตั้งแต่ 16 ถึง 36 คาร์บอนอะตอม และทั้งคู่จะมีคาร์บอนอะตอมเป็นเลขคู่ สูตรทั่วไปของไขเหมือนเช่นเอสเทอร์ $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OR}'$ มีจุดหลอมเหลวอยู่ระหว่าง 310-373 K เมื่อนำเอาไขไป saponified โดยเบสจะให้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ละลายในน้ำ (โดยเฉพาะแอลกอฮอล์โซ่ยาวที่เกิดขึ้น) ซึ่งแตกต่างจากไขมันและน้ำมัน ไขอาจจะมีสารอื่นเจือปนอยู่บ้างเล็กน้อย (เช่น กรดไขมันและสเตียรอยด์) ตามปกติไขจะเปราะและมีความแข็งมากกว่าไขมันไขนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นมากมาย อาทิเช่น สารขัดมัน ขัดรองเท้า เทียนไข และเครื่องสำอาง เป็นต้น

ไขมีอยู่ด้วยกันสองชนิด คือ ไขผึ้ง (beeswax) และเทียนไข (spermaceti) ไขผึ้งจะมีสูตร $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{CO}_2\text{C}_{30}\text{H}_{61}$ ส่วนใหญ่เป็นเอสเทอร์ Ceryl myristate ส่วนเทียนไขนั้นได้จากน้ำมันในสมองปลาวาฬ ส่วนใหญ่เป็นเอสเทอร์ Cetyl palmitate, $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{CO}_2\text{C}_{16}\text{H}_{33}$ ไขคาร์นูบา (Carnauba Wax) ซึ่ง

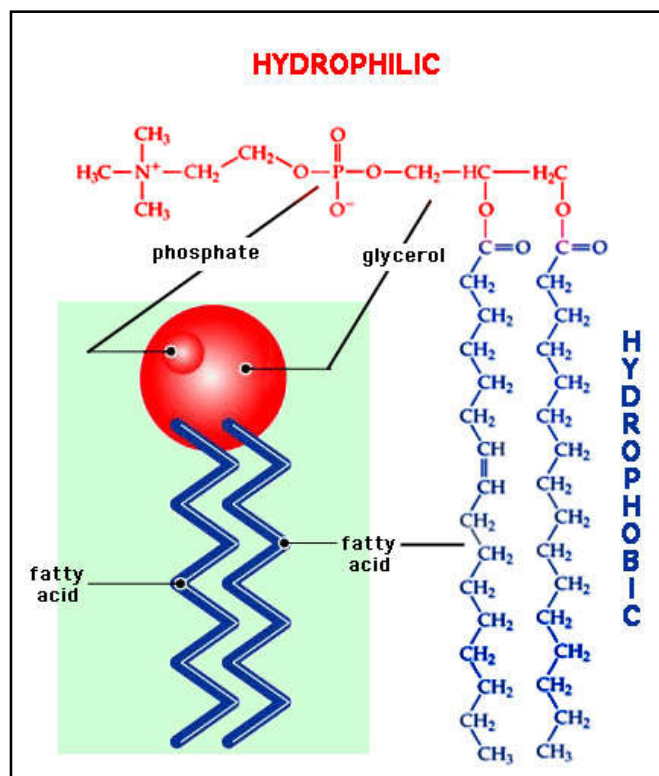
เคลื่อนย้ายตามใบของต้นปาล์มคาร์นุบา(Carnauba) ที่พบในประเทศบราซิลนั้นส่วนใหญ่จะเป็น Myricyl Cerotate ($C_{25}H_{51}CO_2C_{31}H_{63}$)



18.1.2 ลิพิดเชิงประกอบ (Compound lipids) เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับ

แอลกอฮอล์และมีสารอื่นปนอยู่ด้วย ลิพิดชนิดนี้ได้แก่

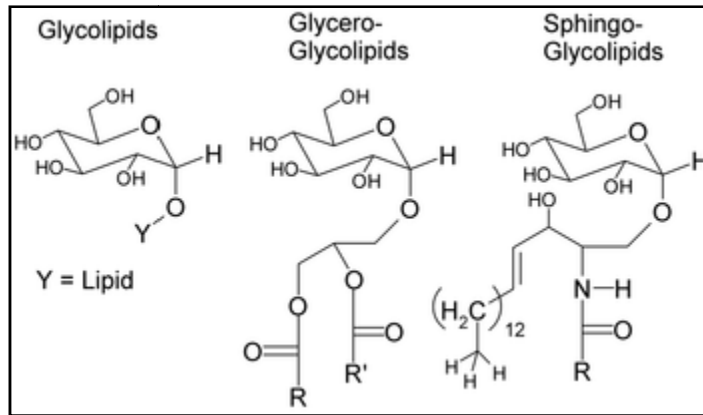
1. Phospholipids (phosphatides) เป็นไขมันที่กรดฟอสฟอริกและสารประกอบพวกไนโตรเจนอยู่ในโมเลกุล



Phospholipids

ที่มา: <http://images.google.co.th/imglanding?q=phospholipids&imgurl>

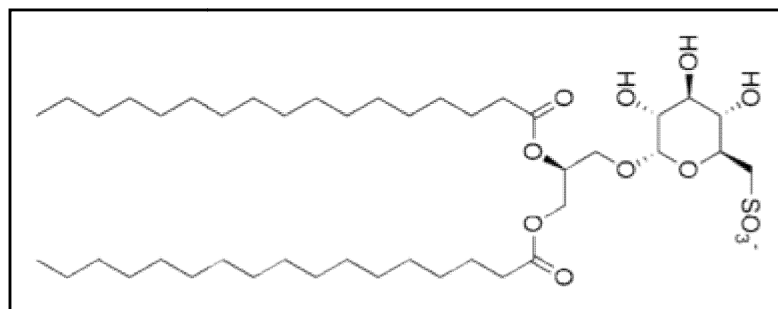
2. Glycolipids (Cerebrosides) เป็นไขมันที่มีคาร์โบไฮเดรตและสารประกอบพวกไนโตรเจนอยู่ในโมเลกุล



Glycolipids

(ที่มาจาก <http://www.google.com/imgres?imgurl=http://wpcontent.answers.com/wikipedia/>)

3. Lipids ที่มีสารอื่นอยู่ด้วย เช่น sulfolipids มีกรดกำมะถันอยู่ด้วย aminolipids มีหมู่อะมิโนในโมเลกุล



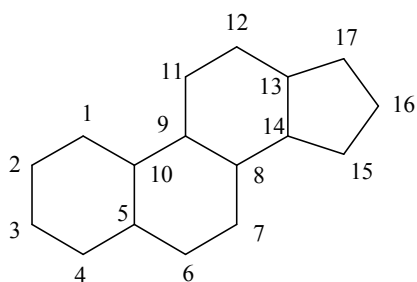
sulfolipid

(ที่มาจาก <http://www.google.com/images?hl=th&gbv=2&tbs=isch%3A1&sa=3&q=sulfolipid&btnG>)

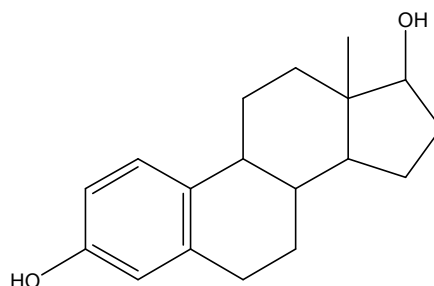
18.1.3 อนุพันธ์ลิปิด (Derived lipids) เป็นสารที่ได้จากการแตกตัว (hydrolysis) ของลิปิดสองประเภทข้างต้น แบ่งย่อยได้อีกเป็น

1. กรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว
2. โมโนและไดกลีเซอไรด์
3. แอลกอฮอล์โมเลกุลใหญ่ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงๆ และสารพวกสเตียรอยด์ (steroids)

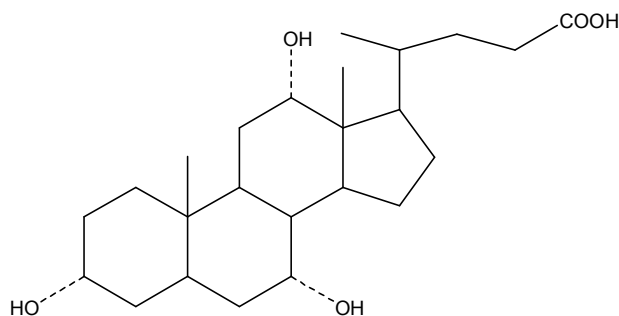
ในหัวข้อจะให้รายละเอียดเกี่ยวกับสารพวกแอลกอฮอล์โมเลกุลใหญ่และสเตียรอยด์นี้ ซึ่งเป็นลิพิดที่มีโครงสร้างเป็นรูปวงแหวน perhydrocyclopentanophenanthrene เป็นสาเหตุทำให้สเตียรอยด์ละลายในสารอินทรีย์ แต่ไม่ละลายในน้ำ ตัวอย่างของลิพิดที่เป็นสเตียรอยด์ เช่น ฮอร์โมนเพศหญิง (estradiol) ฮอร์โมนเพศชาย (testosterone) กรดโคเลอิก (cholic acid) เป็นต้น



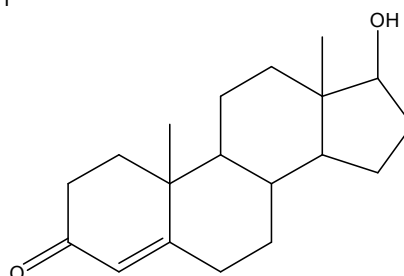
perhydrocyclopentanophenanthrene



estradiol



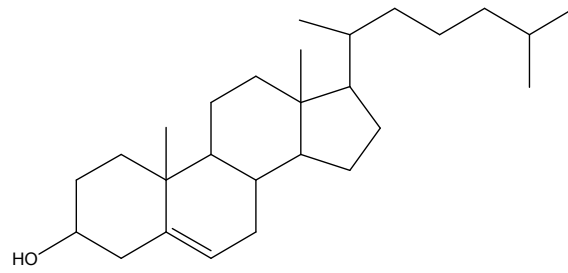
cholic acid



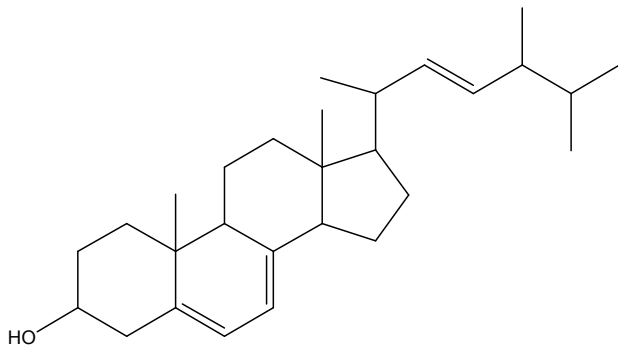
testosterone

สูตรโครงสร้างของสเตียรอยด์บางชนิด

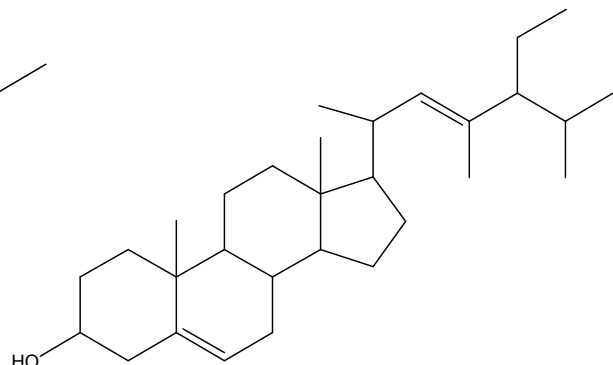
สเตอรอล (sterol) ซึ่งเป็นอนุพันธ์แอลกอฮอล์ของสเตียรอยด์ ตัวที่พบมากในเซลล์สัตว์ได้แก่ โคเลสเตอรอล (cholesterol) ซึ่งพบทั้งในรูปอิสระที่เยื่อเซลล์ และในรูปเอสเทอร์กับกรดไขมัน โคเลสเตอรอลพบในไลโปโปรตีนของน้ำเลือด (plasma lipoprotein) ส่วนสเตอรอลที่พบในพืชได้แก่ stigmasterol สำหรับในเชื้อราและยีสต์ เช่น ergosterol เป็น provitamin D จะกลายเป็นวิตามิน D เมื่อกระตุ้นด้วยแสง



cholesterol



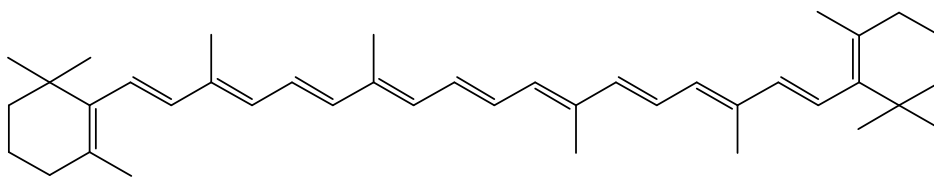
ergosterol



stigmasterol

18.1.4 ลิพิดเบ็ดเตล็ด (Miscellaneous lipids) เช่น พวงแคโรทีนอยด์ (carotenoids)

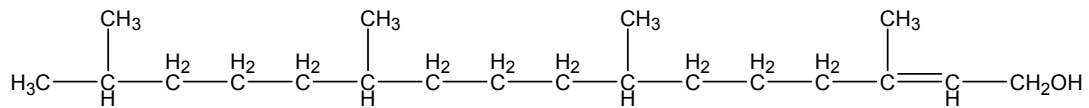
เทอร์ปีนอยด์ (terpenoids) และวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน (ได้แก่ วิตามิน A, D, E และ K)



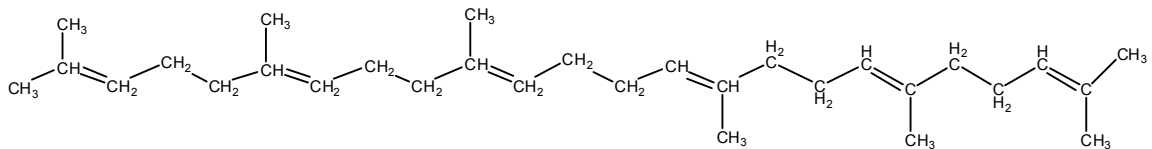
β - carotene

carotenoids

สารประกอบพวก เทอร์ปีนอยด์มีมากมาย เช่น เมื่อนำคลอโรฟิลล์มาไฮโดรไลซ์จะได้สารประกอบเทอร์ปีนอยด์ ชื่อ ฟิตอล (phytol) เป็นแอลกอฮอล์ที่มีโครงสร้างเป็นสายยาว (open-chain terpenes) ส่วนในน้ำมันตับปลาก็มีสารประกอบเทอร์ปีนอยด์ชื่อสควอลีน (squalene) ตัวอย่างของไอโซพรีน ฟิตอล และสควอลีน

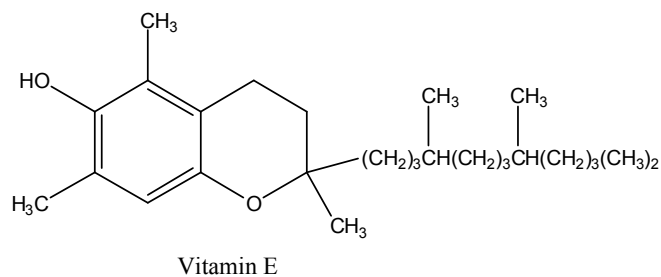
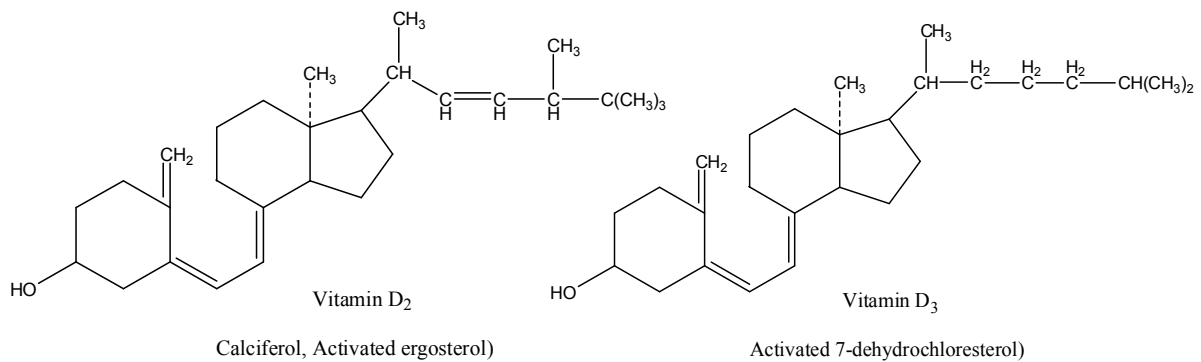
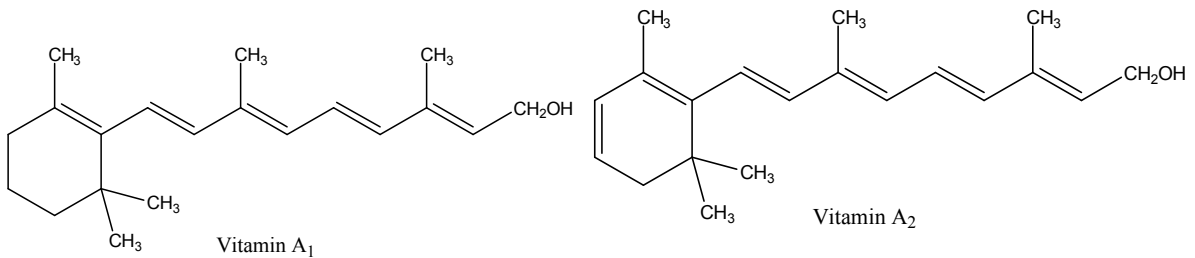


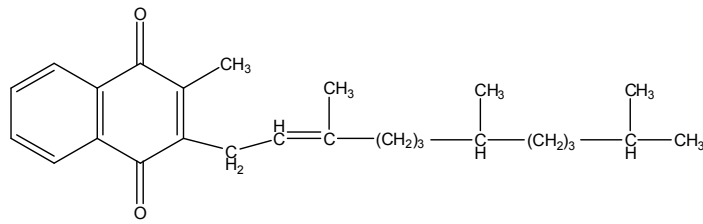
Phytol



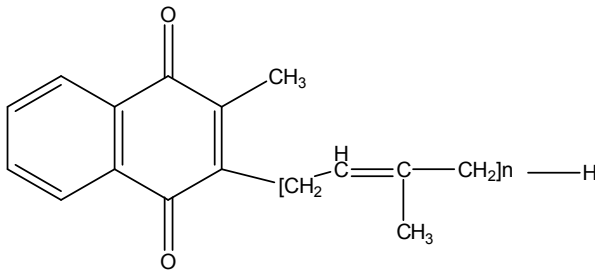
Squalene

วิตามิน A, D, E และ K



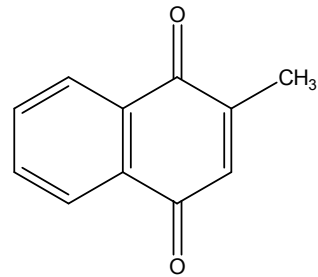


Vitamin K₁



Vitamin K₂

(n= 6, 7, 9)



Vitamin K₃

18.2 กรดไขมัน (Fatty acids)

กรดไขมัน (Fatty acids) เป็นกรดอินทรีย์ที่เกิดจากการแตกตัวของน้ำมันและไขมัน เป็นส่วนสำคัญของลิพิด กรดไขมันที่อยู่ในเซลล์หรือเนื้อเยื่อมักไม่อยู่เป็นอิสระและมักจะอยู่เป็นส่วนประกอบของลิพิดต่างๆ จำนวนคาร์บอนในโมเลกุลเป็นเลขคู่ไม่มีเลขคี่เลย เช่น ตั้งแต่ 4-22 อะตอม กรดไขมันถ้าแบ่งตามความอิ่มตัว (degree of saturation) จะแบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ คือ กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids)

18.2.1 กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids) คือกรดไขมันที่มีพันธะระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอนเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด ไม่สามารถเติมไฮโดรเจนได้อีก กรดไขมันชนิดนี้มีสูตรทั่วไปเป็น $C_nH_{2n}O_2$ เช่น บิวทิริก (butyric acid; C_3H_7COOH) คาโปรอิก (caproic acid; $C_5H_{11}COOH$) คาพริลลิก (caprylic acid; $C_7H_{15}COOH$) คาปริค (capric acid; $C_9H_{19}COOH$) ปาล์มิติก (palmitic acid; $C_{15}H_{31}COOH$) สเตียริก (stearic acid; $C_{17}H_{35}COOH$) อราซิดิก (arachidic acid; $C_{19}H_{39}COOH$) กรดไขมันเหล่านี้มีโครงสร้างเป็นเส้นตรง ส่วนพวกที่มีโมเลกุลสูงกว่านี้มักพบในขี้ผึ้ง

18.2.2 กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids) คือกรดไขมันที่มีพันธะคู่ (double bond) ระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอน 1 พันธะหรือมากกว่า มีสูตรทั่วไปเป็น $C_nH_{2n-m}O_2$ (m = 2,4,6,...เลขคู่) กรดไขมันพวกนี้สามารถเติมไฮโดรเจนอะตอมเข้าไปในโมเลกุลได้อีกและสามารถ

เปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันอิ่มตัวได้ ตัวอย่างของกรดไขมันกลุ่มนี้ เช่น โอเลอิก (oleic acid; $C_{17}H_{33}COOH$) ไลโนเลอิก (linoleic acid; $C_{17}H_{31}COOH$) ไลโนเลนิก (linolenic acid; $C_{17}H_{29}COOH$)

ตารางที่ 18.1 กรดไขมันทั้งชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวที่มีอยู่ในน้ำมันและไขมันบางชนิด

ชื่อ	สูตร	แหล่งที่พบ
กรดไขมันอิ่มตัว		
Lauric acid	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$	น้ำมันปลาวาฬ น้ำมันมะพร้าว
Myristic acid	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$	น้ำมันมะพร้าว ลูกจันทน์เทศ เนย
Palmitic acid	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	ไขมันและน้ำมันของพืชและสัตว์
Stearic acid	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	ไขมันและน้ำมันของพืชและสัตว์
Arachidic acid	$CH_3(CH_2)_{18}COOH$	น้ำมันถั่วลิสง
Cerotic acid	$CH_3(CH_2)_{24}COOH$	ขี้ผึ้ง
กรดไขมันไม่อิ่มตัว		
Oleic acid (cis-isomer)	$CH_3(CH_2)_7-CH=CH(CH_2)_7COOH$	ไขมันและน้ำมันของพืชและสัตว์
Linoleic acid	$CH_3(CH_2)_4CH=CH-CH_2CH=CH-$ $(CH_2)_7COOH$	น้ำมันลินซีด น้ำมันเมล็ดฝ้าย
Linolenic acid	$CH_3CH_2CH=CH-CH_2CH=CH-$ $CH_2CH=CH-(CH_2)_7COOH$	น้ำมันลินซีด
Ricinoleic acid (cis-isomer)	$CH_3(CH_2)_5CH(OH)CH_2CH=CH(CH_2)_7-$ $COOH$	น้ำมันละหุ่ง
Arachidonic acid	$CH_3(CH_2)_4-(CH=CH-CH_2)_4-(CH_2)_2-$ $COOH$	เลซิทิน เซฟาลิน

(ที่มา:)

นอกจากนี้ถ้าแบ่งตามปฏิกิริยาการสังเคราะห์กรดไขมันในร่างกายจะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ กรดไขมันจำเป็น (essential fatty acids) เป็นกรดไขมันที่ร่างกายสร้างขึ้นเองไม่ได้ จะต้องได้รับจากอาหาร กรดไขมันจำเป็นมีเพียงหนึ่งตัวคือ กรดไลโนเลอิก ซึ่งมีความสำคัญทางโภชนาการมากโดยช่วยป้องกันโรคผิวหนังในเด็ก ช่วยให้เด็กเจริญเติบโต ส่วนในผู้ใหญ่จะช่วยป้องกันโรคหลอดเลือดตีบตัน กรดไลโนเลอิกมีมากในน้ำมันพืช (ยกเว้นน้ำมันมะพร้าว) และเนยเทียมมีมากกว่าในไขมันจากสัตว์

กรดไขมันไม่จำเป็น (non essential fatty acids) เป็นกรดไขมันที่ร่างกายสังเคราะห์ได้และเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ได้แก่กรดไขมันอื่นๆ (นอกจากกรดไลโนเลอิก)

18.3 สมบัติของกรดไขมัน

สามารถแบ่งสมบัติของกรดไขมันออกเป็น 2 ประการคือ สมบัติทางกายภาพ (physical properties) และสมบัติทางเคมี (chemical properties) ดังนี้

18.3.1 สมบัติทางกายภาพ (physical properties) กรดไขมันที่บริสุทธิ์เป็นสารไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและไม่มีรส แต่เมื่อทิ้งไว้ในอากาศนานๆ อาจจะมีกลิ่นเหม็นหืน (rancid) โดยทั่วไปกรดไขมันมีสมบัติทางกายภาพที่สำคัญๆ ดังนี้

1. จุดหลอมเหลว (melting point) ขึ้นอยู่กับจำนวนคาร์บอน ถ้ามีจำนวนคาร์บอนน้อยจะมีจุดหลอมเหลวต่ำ ถ้ามีจำนวนคาร์บอนมากจะมีจุดหลอมเหลวจะสูง และถ้ากรดไขมันมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่ากัน กรดไขมันอิ่มตัวจะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว ส่วนกรดไขมันชนิดเดียวกันแบบทรานส์ (*trans-form*) จะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าแบบซิส (*cis-form*)

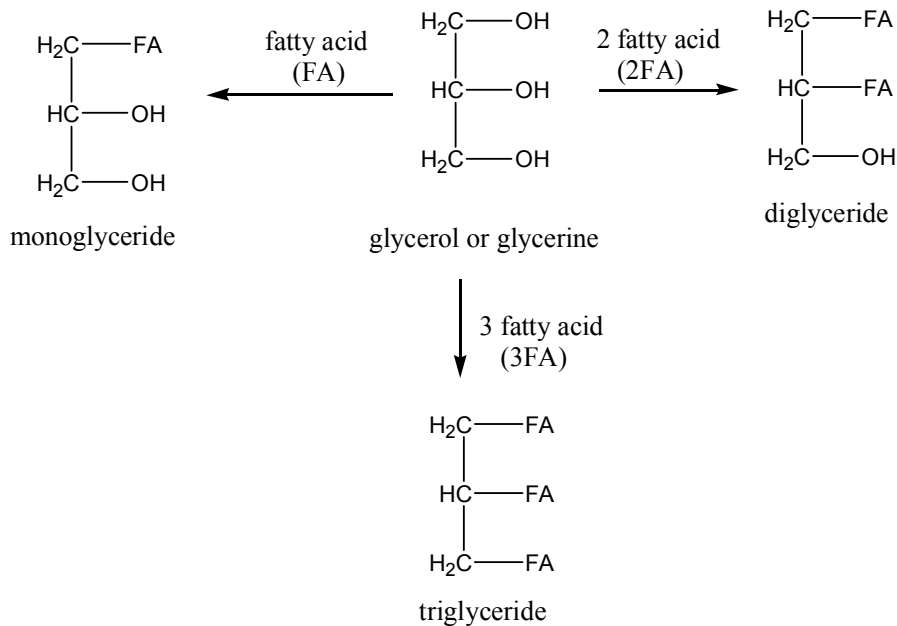
2. จุดเดือด กรดไขมันทั้งที่อิ่มตัวและไม่อิ่มตัวจะมีจุดเดือดสูงขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น

3. การละลาย กรดไขมันอิ่มตัวที่มีคาร์บอนต่ำกว่า 6 อะตอมจะรวมตัวกับน้ำได้บ้าง แต่ถ้ามากกว่า 6 อะตอมขึ้นไปจะรวมกับน้ำได้ยาก แต่ถ้ามีจำนวนอะตอมของคาร์บอนมากกว่า 10 จะไม่ละลายน้ำ เมื่อมีมวลโมเลกุลสูงจะละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เบนซีน แอลกอฮอล์ และคลอโรฟอร์ม เป็นต้น

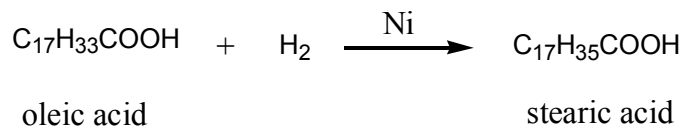
18.3.2 สมบัติทางเคมี (chemical properties)

กรดไขมันสามารถทำปฏิกิริยากับสารต่างๆ ได้หลายชนิดให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน จึงอาจจำแนกได้ดังนี้

1. ปฏิกริยากับแอลกอฮอล์ (esterification) เมื่อให้กรดไขมันทำปฏิกริยากับแอลกอฮอล์ในสารละลายของกรดซัลฟิวริกเข้มข้นจะได้ผลผลิตที่เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน และทั้งนี้เมื่อใช้แอลกอฮอล์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลหลายหมู่ก็จะได้เอสเทอร์หลายชนิด เช่น ไชท์กลีเซอรอล ถ้าหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) เข้าทำปฏิกริยากับกรดไขมันทั้งสามหมู่จะได้ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ถ้า -OH เข้าทำสองหมู่จะได้ไดกลีเซอไรด์ (diglyceride) และถ้า -OH เข้าทำปฏิกริยาเพียงหมู่เดียวจะได้โมโนกลีเซอไรด์ ดังนี้



2. ปฏิกริยาการเติมไฮโดรเจน (hydrogenation) น้ำมันพืชมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวอยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อเติมแก๊สไฮโดรเจนโดยมีโลหะนิกเกิล (Ni) เป็นตัวเร่ง จะทำให้กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวเปลี่ยนเป็นกรดไขมันอิ่มตัว ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นเป็นสมการ



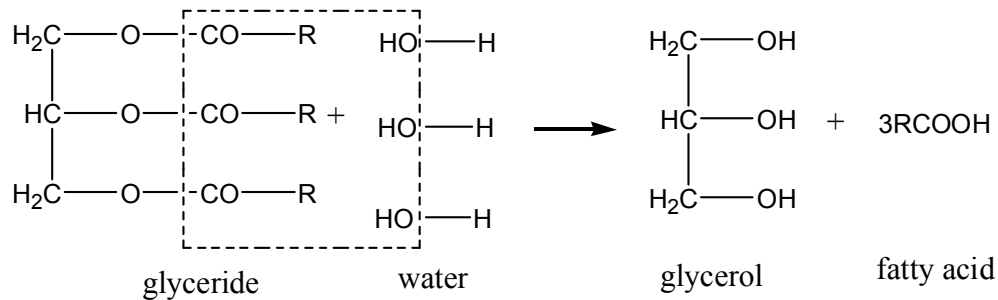
หลักการนี้มีประโยชน์ในการทำเนยเทียม (margarine)

3. ทำปฏิกริยากับแฮโลเจน (halogenations) กรดไขมันไม่อิ่มตัวสามารถทำปฏิกริยาการเติมแฮโลเจนได้ โดยฟลูออรีน คลอรีน โบรมีน และไอโอดีนจากเร็วที่สุดไปช้าที่สุด (F > Cl > Br > I) ตามลำดับ

18.4 ปฏิกิริยาของไขมันและน้ำมัน

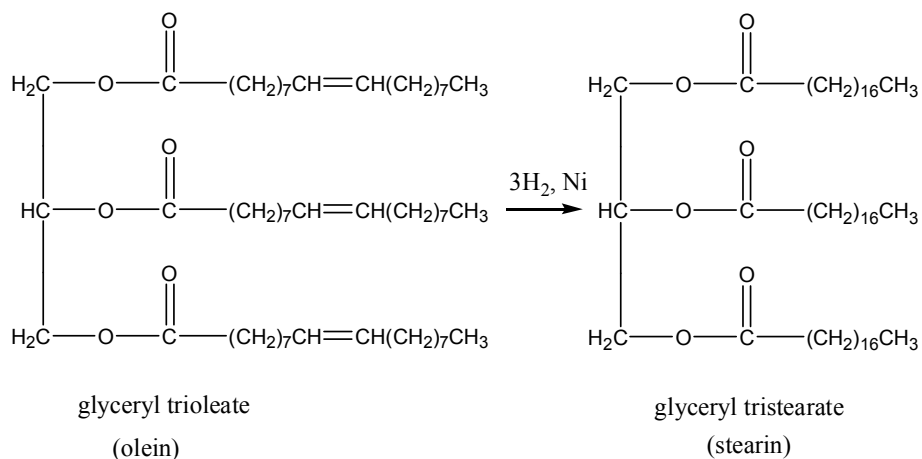
18.4.1 การแยกสลายด้วยน้ำ (hydrolysis)

ไขมันและน้ำมันหรือลิปิดจะถูกไฮโดรไลซ์น้ำที่อุณหภูมิสูงและมีกรดเป็นตัวเร่ง หรือใช้เอนไซม์ไลเปส (lipase) เพียงอย่างเดียว ผลผลิตที่ได้คือกรดไขมันกับกลีเซอรอล ดังสมการ



18.4.2 ปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจน (Hydrogenation)

ไขมันที่มีหมู่แอลคิล (R) ไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นส่วนของโมเลกุลกรดไขมัน เมื่อทำปฏิกิริยากับแก๊สไฮโดรเจนที่มีโลหะนิกเกิลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ไฮโดรเจนอะตอมจะถูกเติมเข้าไปที่พันธะคู่ของคาร์บอน-คาร์บอนแล้วให้ผลผลิตเป็นกลีเซอไรด์อิ่มตัว ดังนี้

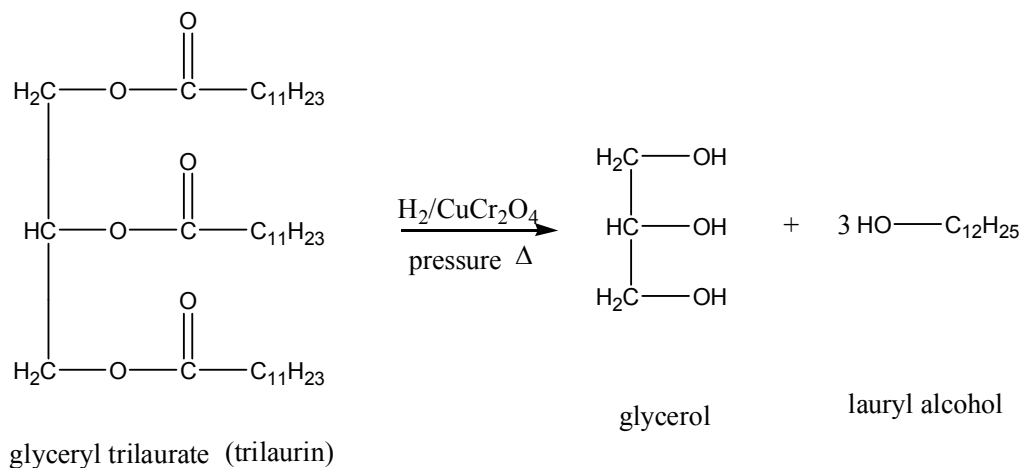


กระบวนการนี้ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันพืช การเปลี่ยนพันธะไม่อิ่มตัวเป็นพันธะอิ่มตัวในน้ำมันนั้นจะทำให้ผลผลิตที่ได้มีจุดหลอมเหลวสูงขึ้น เป็นการเปลี่ยนจากน้ำมันที่เป็นของเหลวไปเป็น

ไขมันซึ่งเป็นของแข็ง กระบวนการนี้มีชื่อเรียกเฉพาะว่า กระบวนการ hardening นิยมใช้ป้องกันการเหม็นหืน

18.4.3 ปฏิกริยารีดักชัน (Reduction)

เมื่อนำเอาลิปิดไปทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนที่อุณหภูมิและความดันสูงและมีคอปเปอร์โครไมท์ (CuCr_2O_4) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ลิปิดจะแตกตัวให้ผลผลิตเป็นกลีเซอรอลกับกรดไขมันที่ถูกรีดิวซ์ไปเป็นแอลกอฮอล์โซ่ยาว แอลกอฮอล์โซ่ยาวที่เกิดขึ้นนี้นำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตสารซักฟอกสังเคราะห์ (synthetic detergents) ตัวอย่างของปฏิกิริยานี้คือ การรีดักชันของกลีเซอริลไตรลอเรตหรือไตรลอรีน (จากน้ำมันมะพร้าว) ไปเป็นแอลกอฮอล์โซ่ยาวลอรีลและกลีเซอรอล



18.4.4 ปฏิกริยาการเติมแฮโลเจน (Halogenation)

ลิปิดไม่อิ่มตัวจะทำปฏิกิริยาการเติมแฮโลเจน (คลอรีน โบรมีน ไอโอดีน แลไฮโอไดน์โบรมด์) ให้ผลผลิตเป็นสารประกอบไดแฮไลด์ในลักษณะเดียวกันกับสารประกอบแอลคีนเชิงเดี่ยว ลักษณะของปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นเช่นเดียวกับการเติมไฮโดรเจน โดยแฮโลเจนจะถูกเติมเข้าไปที่พันธะคู่ของลิวปีดชนิดไม่อิ่มตัว

เมื่อให้ลิวปีดไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยาการเติมไอโอดีนโดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาเมอคูริกคลอไรด์ (HgCl_2) อยู่ด้วย จำนวนของไอโอดีนที่ถูกใช้ไปในการเข้าทำปฏิกิริยากับลิวปีดที่ทราบน้ำหนักแน่นอนนี้จะเป็นการบอกให้รู้ถึงความไม่อิ่มตัวของไขมันหรือน้ำมัน ปริมาณของไอโอดีนที่ใช้ไปนั้นเรียกว่า iodine number

ของไขมันหรือน้ำมัน โดยไอโอดีนอิ่มเบอร์มีค่าเท่ากับจำนวนกรัมของไอโอดีนที่ต้องใช้ทำปฏิกิริยากับ 100 กรัมของไขมันหรือน้ำมันนั้น

ตัวอย่างของไอโอดีนอิ่มเบอร์ของไขมันและน้ำมันบางชนิดแสดงให้เห็นในตารางที่ 18.3 จะเห็นว่าไอโอดีนอิ่มเบอร์ของน้ำมันที่เป็นพอลิอันแซทจูเลเตด (polyunsaturated; มีพันธะคู่เป็นจำนวนมาก) เช่น น้ำมันดอกคำฝอยจะมีปริมาณไอโอดีนอิ่มเบอร์สูงกว่าพวกไขมันที่อิ่มตัวมาก เช่น น้ำมันหมู และ ไข่ขาว เป็นต้น

ตารางที่ 18.3 ไอโอดีนอิ่มเบอร์ของไขมันและน้ำมันบางชนิด

ไขมันหรือน้ำมัน	ไอโอดีนอิ่มเบอร์
น้ำมันมะกอก	82
น้ำมันถั่วลิสง	87
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	109
น้ำมันดอกคำฝอย	131
น้ำมันข้าวโพด	120
ไข่ขาว	38
น้ำมันหมู	55
ไขมันมนุษย์	65

ที่มา: สมพงษ์ จันทรโพศรี, ม.ป.ป. หน้า 168)

18.4.5 ปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยอากาศหรือการเหม็นหืน (rancidity)

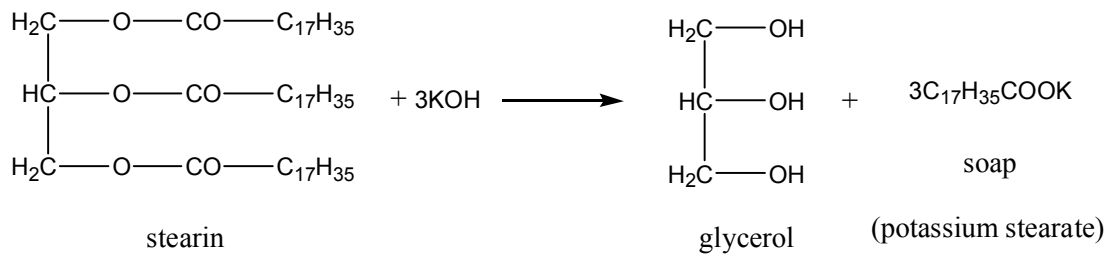
ลิปิดที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturated lipids) จะถูกออกซิไดซ์อย่างช้าๆ ออกซิเจนในอากาศไปเป็นผลผลิตต่างๆ เช่น ไปเป็นกรดคีโตนหรือกรดไฮดรอกซีคีโตน การที่น้ำมันมีรสและกลิ่นเปลี่ยนไปนั้นเกิดจากเดิมเป็นผลผลิตจากการเหม็นหืนนั่นเอง

ลิปิดที่มีความไม่อิ่มตัวสูง เช่น น้ำมันลินซีด (Linseed) น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันมะเยา (Tung oil) จะมีผิวของน้ำมันเป็นของแข็ง มีความแข็งและกันน้ำซึม สมบัติเช่นนี้เกิดจากน้ำมันเกิดออกซิเดชันและเกิดพอลิเมอร์ น้ำมันที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้เป็นน้ำมันที่เรียกกันว่า drying oil ใช้ใส่ลงในสีทาบ้านและเซลแลค

น้ำมันลินซีดดิบแห้งช้ามาก ดังนั้นจึงนำไปเผากับโคบอลต์แมกนีเซียมหรือเกลือตะกั่วเพื่อให้มีสมบัติแห้งเร็วขึ้น น้ำมันลิดซีดที่ได้จากกระบวนการดังกล่าวเรียกว่า Boiled linseed oil

18.4.6 Saponification

เมื่อต้มไขมันกับเบสแก่ (เช่น NaOH หรือ KOH) โมเลกุลของไขมันจะแตกสลายได้กลีเซอรอลกับเกลือของกรดไขมันหรือที่เรียกว่าสบู่ (soaps)



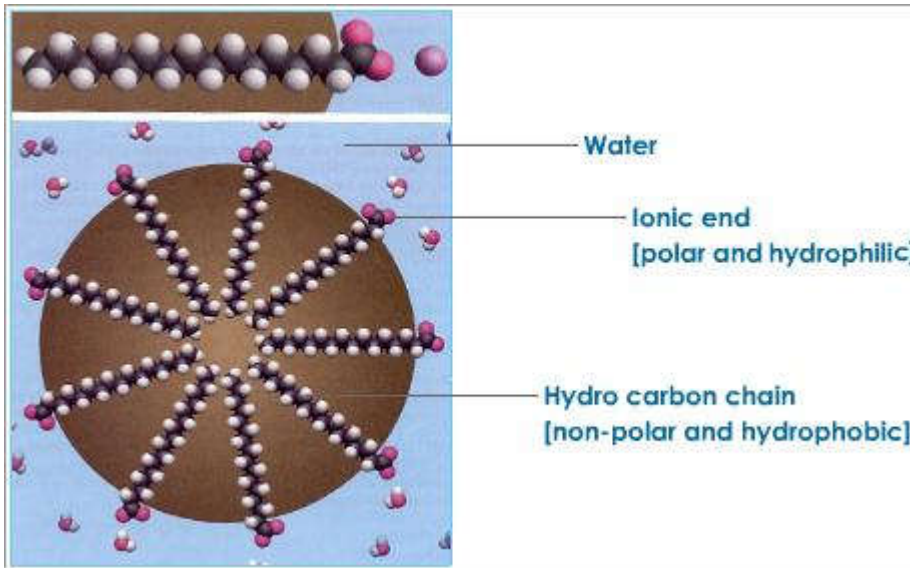
กลีเซอรอลและสบู่ต่างก็ละลายได้ในน้ำ เราสามารถแยกเอาสบู่ออกจากกลีเซอรอลได้โดยการเติมเกลือจะทำให้สบู่ตกตะกอน ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับสบู่และสารซักฟอกจะได้พูดถึงในหัวข้อต่อไป

18.5 สบู่ และสารซักฟอก (Soap and detergent)

18.5.1 สบู่

ไขมันหรือน้ำมันจะมีหมู่คาร์บอกซิล ($-\text{COOH}$) ที่มีค่า pK_a ประมาณ 4.8 ดังนั้นในสารละลายเจือจาง NaOH หรือ KOH กรดไขมันจะแตกตัว (ionize) และมีประจุลบ (anion) ซึ่งจะรวมตัวกับ Na^+ หรือ K^+ ได้เกลือของกรดไขมัน (หรือสบู่) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่าสะพอนิฟิเคชัน (saponification) โดยโมเลกุลของสบู่จะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญสองส่วน คือ ส่วนที่มีขั้ว (polar หรือ hydrophilic part; ส่วน COO^-) และส่วนที่ไม่มีขั้ว (non-polar หรือ hydrophobic part; หรือส่วน hydrocarbon) โมเลกุลในลักษณะนี้เรียกว่า แอมฟิไฟล์ (amphiphile) เกลือของกรดไขมัน หรือ แอมฟิไฟล์ เมื่ออยู่ในน้ำจะเกิดการรวมตัวกันเกิดโครงสร้างที่เรียกว่า ไมเซลล์ (micelle) โดยจะหันส่วนที่มีขั้วออกไปด้านนอกเพราะมีประจุเหมือนกัน หันส่วนไม่มีขั้วเข้าหากันและอยู่ด้านใน การเกิดโครงสร้างไมเซลล์ทำให้สบู่ละลายน้ำได้ และยังสามารถละลายหรือทำความสะอาดคราบไขมันตามเสื้อผ้าได้โดยส่วนที่ไม่มีขั้วของไมเซลล์จะดึงเอาคราบไขมันเหล่านั้น นอกจากนี้ยังมีแอมฟิไฟล์อื่นๆ คือสารซักฟอก (detergent) เช่น Triton X-100, sodium dodecylsulfate (SDS)

สบู่โพแทสเซียมจะนุ่มกว่าและละลายในน้ำได้ดีกว่าสบู่โซเดียมจึงนำไปใช้เป็นสบู่เหลวหรือครีมโกนหนวด

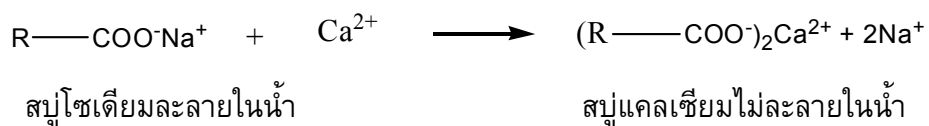


รูปที่ 18.2 แบบจำลองโมเลกุลของกลุ่มสบู่ในน้ำ

ที่มา: [http://images.google.co.th/imglanding?q=mechanism%20of%20soap%20in%20water,](http://images.google.co.th/imglanding?q=mechanism%20of%20soap%20in%20water)
25/4/10

การที่จะให้สบู่มีประสิทธิภาพสูง กรดไขมันจะต้องมีจำนวนคาร์บอนอะตอมอย่างต่ำ 12 คาร์บอนอะตอม แต่ถ้าโมเลกุลของสบู่มีคาร์บอนอะตอมมากกว่า 22 คาร์บอนอะตอม จะเป็นสบู่ที่ไม่มีประโยชน์ เพราะไม่สามารถละลายในน้ำ ส่วนไขวัวใช้ป็นสารทำสบู่ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เพราะมีกรดไขมันที่มีคาร์บอนอะตอม 18 อะตอม

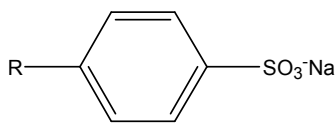
ส่วนสบู่แคลเซียมและแมกนีเซียมไม่ละลายในน้ำ ดังนั้นในน้ำกระด้างที่มีแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออนสูง สบู่โซเดียมจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสบู่แคลเซียมและสบู่แมกนีเซียมจะไม่รวมตัวกันเป็นไมเซลล์ จึงไม่ละลายน้ำ ทำให้เกิดเป็นตะกอนที่เรียกว่าโคลสบู่ จึงทำให้สบู่โซเดียมมีประสิทธิภาพน้อยลงเมื่อน้ำที่ใช้ในการซักฟอกเป็นน้ำกระด้าง



18.5.2 สารซักฟอก

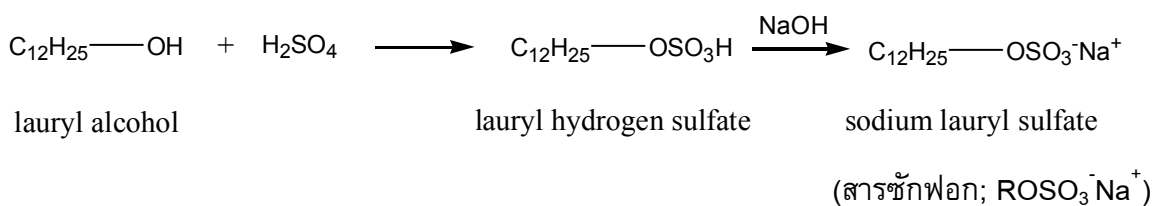
สารซักฟอกหรือผงซักฟอกมีสมบัติในการซักล้างได้ดีกว่าสบู่ เพราะเกิดฟองกับน้ำได้ดีกว่าสบู่ ผงซักฟอกที่บริสุทธิ์เป็นสารประกอบของเกลือของกรดซัลโฟนิก มีสูตรทั่วไปเป็น RSO_3Na หรือ ROSO_3Na และตารางที่ 18.4 โดย R เป็นหมู่แอลคิลที่ประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนหลายๆ อะตอม เนื่องจากโมเลกุลของสารซักฟอกมีทั้งส่วนที่ละลายในน้ำมัน (หมู่แอลคิลโซ่ยาว) และส่วนที่ละลายในน้ำ (เกลือโซเดียม) สารซักฟอกจึงแสดงสมบัติการกระจายตัวในน้ำมันเหมือนกับสบู่ แต่มีสมบัติดีกว่าเพราะเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมของสารซักฟอกนั้นสามารถละลายในน้ำได้ ดังนั้นสารซักฟอกจึงใช้ได้กับน้ำกระด้างโดยไม่มีการเกิดโคลของสบู่ ผงซักฟอกมี 2 ชนิดใหญ่ คือ ABS (Alkylbenzene sulfonate) และ LAS (Linear alkylbenzene sulfonate) การสังเคราะห์ผงซักฟอกมีดังนี้

ตารางที่ 18.4 เปรียบเทียบสูตรทั่วไปของสบู่และสารซักฟอก

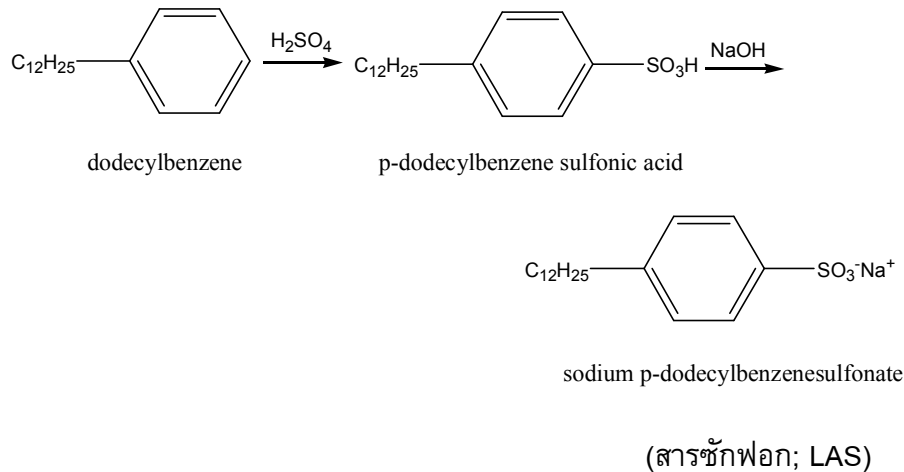
สบู่	สารซักฟอก
$\text{R}-\text{COO}^-\text{Na}^+$ โซเดียมคาร์บอกซิเลต	$\text{R}-\text{O}-\text{SO}_3^-\text{Na}^+$ โซเดียมแอลคิลซัลเฟต  โซเดียมแอลคิลเบนซีนซัลโฟเนต

(ที่มา:)

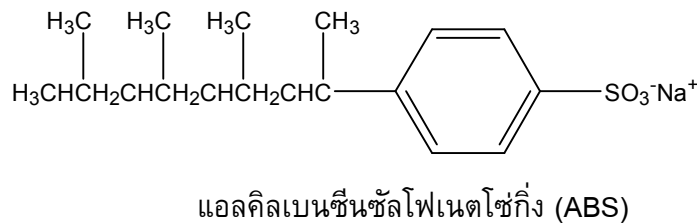
1. การสังเคราะห์โซเดียมแอลคิลซัลเฟต สามารถสังเคราะห์ได้จากแอลกอฮอล์โซ่ยาว โดยแอลกอฮอล์โซ่ยาวได้จากปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนให้กับไขมันหรือน้ำมัน เช่น ลอริลแอลกอฮอล์ (lauryl alcohol) ถูกเปลี่ยนไปเป็นโซเดียมลอริลซัลเฟต ดังนี้



2. การสังเคราะห์โซเดียมแอลคิลเบนซีนซัลโฟเนต สามารถสังเคราะห์ได้จากผลผลิตของสารที่มาจากปิโตรเลียม กระบวนการสังเคราะห์แตกต่างจากการสังเคราะห์โซเดียมแอลคิลซัลเฟต ตัวอย่างต่อไปนี้เป็น การแสดงให้เห็นขั้นตอนสุดท้ายในการสังเคราะห์โซเดียมพาราโตเดซิลเบนซีนซัลโฟเนต



การผลิตโซเดียมแอลคิลเบนซีนซัลโฟเนตที่ง่ายที่สุดคือ โซเดียมแอลคิลเบนซีนซัลโฟเนตที่มีหมู่แอลคิลโซ่กิ่ง C₁₂ เกาะกับวงแหวนเบนซีน



สารตั้งต้นที่นำมาใช้ในการสังเคราะห์แอลคิลเบนซีนซัลโฟเนตโซ่กิ่งมีราคาถูก จึงใช้เป็นส่วนผสมหลักในสารซักฟอกที่ผลิตเพื่อการค้า แต่สารประกอบนี้ไม่ถูกย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวะ (nonbiodegradable) หรือไม่ถูกเปลี่ยนอย่างรวดเร็วไปเป็นโมเลกุลขนาดเล็กโดยจุลินทรีย์ (การมีโซ่กิ่งในโซ่แอลคิลเป็นการยับยั้งการทำให้แตกสลายโดยจุลินทรีย์) ดังนั้นการมีโซเดียมแอลคิลเบนซีนซัลโฟเนตโซ่กิ่งอยู่เป็นจำนวนมากในแม่น้ำ ลำคลองจะทำให้เกิดปัญหามลพิษอย่างรุนแรง

ผงซักฟอกชนิดโซเดียมแอลคิลซัลโฟเนต R-OSO₃⁻Na⁺ และโซเดียมแอลคิลเบนซีนซัลโฟเนตโซ่ตรงนั้น โมเลกุลพร้อมที่จะถูกย่อยสลายด้วยกระบวนการชีวะ (biodegradable) จุลินทรีย์สามารถเข้าทำลายสารชนิดนี้ได้ทุกสาร ดังนั้นในปัจจุบันจึงนิยมใช้สารชนิดนี้ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดผลดีต่อนิเวศวิทยาทางสิ่งแวดล้อม แม้ว่าราคาผลผลิตสารซักฟอกจะมีราคาแพงก็ตาม

สารซักฟอกในทางการค้ำนั้นจะมีจำนวนร้อยละของเกลือฟอสเฟตอยู่ด้วย ทั้งนี้เพื่อทำให้เกิดสารเชิงซ้อนได้กับแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออนที่มีอยู่ในน้ำกระด้าง ดังนั้นสารซักฟอกจึงซักฟอกได้ดีแม้ น้ำที่ใช้จะเป็นน้ำกระด้างก็ตาม แต่การมีฟอสเฟตปริมาณมากในแม่น้ำ ลำคลองจะก่อให้เกิดภาวะมลพิษขึ้น เพราะฟอสเฟตช่วยในการเจริญเติบโตของพืชน้ำ สารที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้แทนฟอสเฟตในสารซักฟอกทางการค้ำนั้นยังไม่มี

18.6 กระบวนการสร้างและสลายของลิปิด

ในกระเพาะอาหาร ไขมันจะไม่ถูกย่อยและเปลี่ยนแปลงมากนัก ไตรกลีเซอไรด์จะเริ่มต้นถูกดูดซับในดูโอดินัมและลำไส้เล็ก (Jejunum) น้ำดีที่มีอยู่ในลำไส้เล็กจะผสมไตรกลีเซอไรด์กับน้ำให้กลมกลืนกันจนเป็นเมือกขาว (Emulsify) เพื่อให้สามารถเกิดการแยกสลายด้วยเอนไซม์ชนิดต่างๆ เช่น เอนไซม์ Pancreatic lipase จะแยกสลายกลีเซอไรด์หลายชนิดไปเป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล กลีเซอไรด์บางชนิดจะถูกแยกสลายบางส่วนไปเป็นโมโนกลีเซอไรด์ กรดไขมันและกลีเซอรอลอาจจะรวมกันใหม่และสังเคราะห์ไปเป็นไขมันชนิดใหม่ หรือกลีเซอรอลอาจจะเข้าสู่วงจรการสร้างและสลายคาร์โบไฮเดรตธรรมดา กรดไขมันอาจจะแตกสลายและเปลี่ยนไปเป็นพลังงานของร่างกายตามความต้องการ

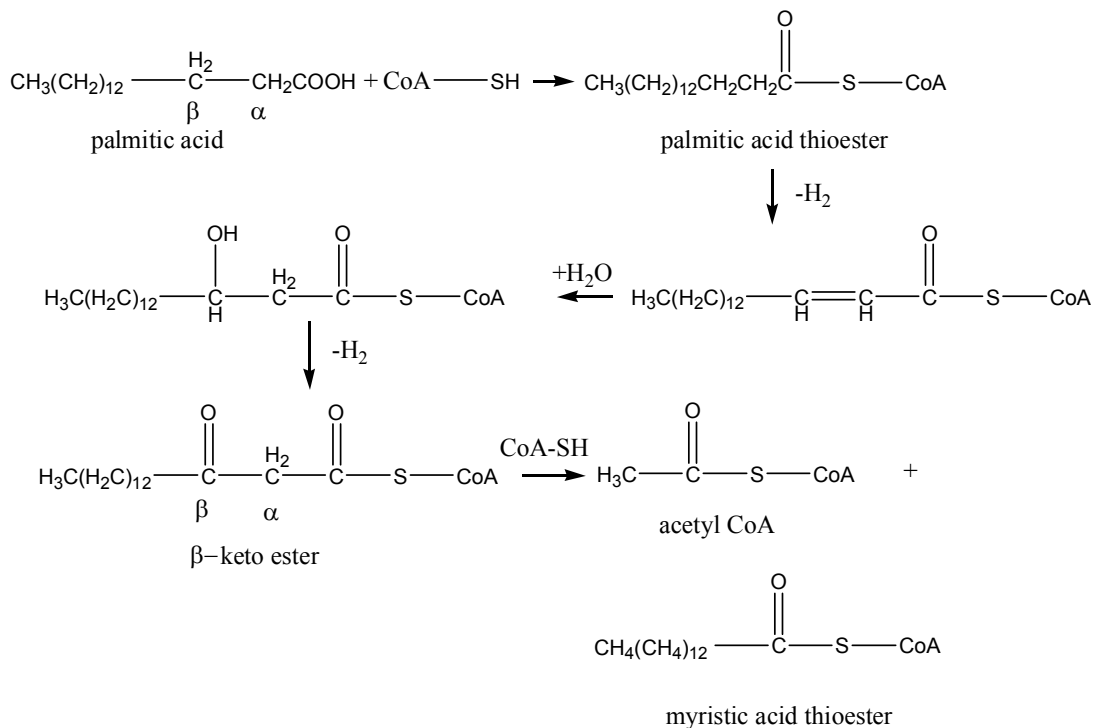
ผลการทดลองของคนูพ (Knoop) ในปี ค.ศ. 1904 ทำให้นักวิทยาศาสตร์เข้าใจการออกซิเดชันของกรดไขมันในร่างกาย จากผลการทดลองทำให้คนูพพัฒนาทฤษฎีเบตา-ออกซิเดชัน (Beta-oxidation theory) ซึ่งสรุปได้ว่า การออกซิเดชันของกรดไขมันทุกขั้นตอนของกระบวนการทำให้แตกสลายจะเกิดขึ้นในลักษณะการสูญเสียคาร์บอนอะตอมสองอะตอมซึ่งถูกขจัดออกมาเป็นเสี้ยว (Fragment) ทั้งนี้เพราะการออกซิเดชันเกิดขึ้นที่เบตาคาร์บอนอะตอมของหมู่คาร์บอกซิล

กรดไขมันสามัญที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นเลขคู่และอะซิเตต (สองคาร์บอนอะตอมที่ถูกขจัดออกมาเป็นเสี้ยว) สามารถเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันในร่างกายที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้น (จากผลการทดลองโดยใช้ ^{14}C) ผลที่ได้จากการทดลองเป็นการสนับสนุนทฤษฎีเบตา-ออกซิเดชันอย่างมาก

เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการออกซิเดชันกรดไขมันนั้น เมื่อแยกออกมาและทำให้บริสุทธิ์แล้วปรากฏว่า แทนที่จะเป็นกรดอะซิติกซึ่งถูกขจัดออกมาในลักษณะเป็นเสี้ยวที่มีสองคาร์บอนอะตอมซึ่งเกิดจากออกซิเดชันนั้นกลับไปเป็นโคเอนไซม์ (Coenzyme) acetyl CoA โคเอนไซม์นี้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในอนุกรมทั้งหมดของขั้นตอนในการออกซิเดชันของกรดไขมัน และเกิดขึ้นตั้งแต่ขั้นตอนแรกสุดเมื่อโมเลกุลของกรดไขมันถูกก่อให้เกิดกัมมันต์ (activated) โดยการเปลี่ยนไปเป็นอนุพันธ์ CoA

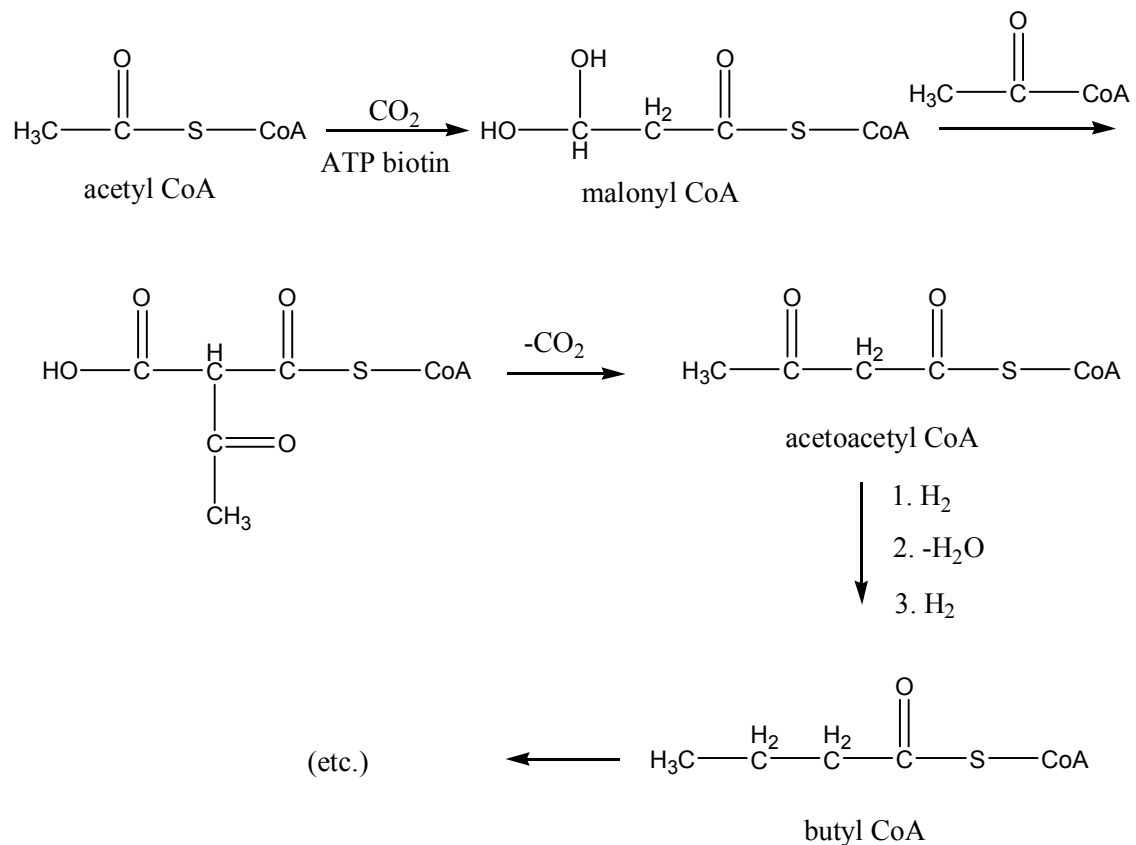
นอกจากนั้นยังพบว่า acetyl CoA เข้าไปเกี่ยวข้องในวงจรเครบส์ของกระบวนการสร้างและสลายคาร์โบไฮเดรตด้วย ในปี ค.ศ. 1974 Fritz Lipmann ค้นพบว่า สารโคเอนไซม์เอเข้าเกี่ยวข้องที่แท้จริงนั้นจะอยู่ในลักษณะหมู่อะเซทิลที่ให้และรับ ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในกระบวนการทางชีวเคมีจำนวนมากที่เกิดขึ้นในร่างกาย โคเอนไซม์เอเป็นโมเลกุลเชิงซ้อนและมีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{21}H_{36}O_{16}N_7P_3S$ มีหมู่ซัลฟไฮไดรล (-SH) โคเอนไซม์เอมักจะเขียนย่อเป็น CoA-SH จากผลงานนี้ทำให้ ฟริทซ์ ลิพมานน์ได้รับรางวัลโนเบล

ตัวอย่างการทำให้แตกสลายของกรดไขมันพาล์มิติกไปเป็นกรดไมริสติกนั้น สามารถอธิบายในรูปของสมการดังนี้



โคเอนไซม์เอก่อให้เกิดไขมันกัมมันต์โดยการเกิดไทโอเอสเทอร์ ไทโอเอสเทอร์ CoA-SH เกิดอนุกรมของปฏิกิริยาเอนไซม์โดยเกี่ยวข้องกับเอนไซม์ชนิดอื่นๆ และเกิดออกซิไดซ์ (โดยการสูญเสียไฮโดรเจน) ไฮเดรตถูกออกซิไดซ์ไปเป็นเบตา-คีโตเอสเทอร์ซึ่งแตกสลายไปเป็น acetyl CoA และไทโอเอสเทอร์ที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมในโครงสร้างลดลงสองอะตอม ลำดับของปฏิกิริยาจะเกิดต่อเนื่องซ้ำปฏิกิริยาเดิมจนกระทั่งโซ่ของกรดไขมันทั้งหมดถูกทำให้แตกสลาย เนื่องจากขั้นตอนการออกซิเดชันเป็นการคายพลังงานความร้อน จึงเป็นแหล่งพลังงานให้กับร่างกาย

ชีวะสังเคราะห์ของกรดไขมันในร่างกายไม่เป็นปฏิกิริยารากกลับโดยตรงของกระบวนการออกซิเดชัน กรดไขมัน แม้ว่า Acetyl CoA จะเป็นสารตั้งต้นก็ตาม acetyl CoA ถูกคาร์บอกซิเลตไปเป็น malonyl CoA เมื่อมีเอนไซม์ acetyl CoA carboxylase, ATP และวิตามิน ไบโอติน (biotin) หลังจากนั้นขั้นตอน เกิดอะเซทิลเลชัน คีคาร์บอกซิเลชัน รีดักชัน ดีไฮเดรชัน และในที่สุดปฏิกิริยารีดักชันไปเป็น butyryl CoA ปฏิกิริยาจะเกิดซ้ำเหมือนเดิมไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเกิดเป็นการสังเคราะห์ให้กรดไขมัน ขั้นตอนของ ปฏิกิริยาแสดงได้ดังนี้



เนื่องจากปฏิกิริยาการทำให้กรดไขมันแตกสลายและการสังเคราะห์กรดไขมันนั้นเกิดขึ้นโดย กระบวนการของปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน กระบวนการทั้งสองจึงสามารถถูกบังคับโดยเซลล์ชนิดต่างๆ ตามความต้องการของร่างกายได้ ปฏิกิริยาดังกล่าวจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำให้ร่างกายของ มนุษย์มีสุขภาพดี

สรุป

แบบฝึกหัด

เอกสารอ้างอิง

ประภาณี เกษมศรี ฦ อยุรยา อำพันธ์ เพ็ญโรจน์ สอาดศรี กาญจนาลัย ศุภชัย ไซ้เทียมวงศ์ มานิตย์
ปัญจมาลา สุภาพ บุญยะรัตเวช, เคมีทั่วไป เล่ม 2, พิมพ์ครั้งที่ 8, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2549.

มนตรี จุฬาววัฒนทล ม.ร.ว. ชินธุสร สวัสดิวัตน์ ยงยุทธ ยุทธวงศ์ ภิญโญ พานิชพันธ์ ประหยัด โก
มารทัต พิณทิพ รื่นวงษา ธีรยศ วิทิตสุวรรณกุล บุรชัย สนธยานนท์ สุมาลี ตั้งประดับกุล และมธุรส พงษ์
ลิขิตมงคล, ชีวเคมี จีรรัชการพิมพ์ กรุงเทพฯ 589 หน้า, 2542.

ประเสริฐ ศรีไพโรจน์ 2528 ชีวเคมี พิมพ์ครั้งที่ 3 ปริดาการพิมพ์ มหาสารคาม 461 หน้า

เสาวนีย์ จักรพิทักษ์ 2527 เคมีประยุกต์ในคหกรรมศาสตร์ ไทยวัฒนาพานิช กรุงเทพฯ 130 หน้า

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