แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 4

เนื้อหาประจำบท

- ความสำคัญของลิพิด
- ประเภทของลิพิด
- อนุพันธ์ของลิพิด
- ลิพิดอย่างง่าย
- ลิพิดเชิงประกอบ
- ลิพิดเบ็ดเตล็ด
- การทดสอบลิพิด

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายความสำคัญของลิพิดได้
2. สามารถจัดแบ่งประเภทของลิพิดได้
3. สามารถเขียนโครงสร้างของกรดไขมัน ได้แก่ กรดไขมันจำเป็นและกรดไขมันไม่จำเป็นได้ พร้อมทั้งมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์ของกรดไขมัน
5. สามารถอธิบายความหมายของลิพิดอย่างง่ายได้
4. สามารถเขียนปฏิกิริยาแสดงการเกิดไขมันและน้ำมัน และอธิบายสมบัติของไขมันและน้ำมันได้
6. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลิพิดเชิงประกอบ และสามารถยกตัวอย่างลิพิดเชิงประกอบได้
7. สามารถอธิบายความหมายของลิพิดเบ็ดเตล็ด และยกตัวอย่างลิพิดเบ็ดเตล็ดได้
8. สามารถอธิบายวิธีทดสอบลิพิดชนิดต่างๆ ได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

วิธีสอน

1. บรรยาย ประกอบเอกสารประกอบการสอน และ Slide Powerpoint Presentation
2. การยกตัวอย่างประกอบ
3. การอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับความสำคัญของลิพิด และการทดสอบลิพิด

4. ให้นักศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่างๆ เช่น หนังสือ เอกสาร วารสาร อินเทอร์เนต

5. ทำปฏิบัติการเกี่ยวกับการทดสอบลิพิด

กิจกรรมการเรียนการสอน

1. นักศึกษาฟังคำบรรยาย
2. นักศึกษามีส่วนร่วมในการยกตัวอย่างประกอบ
3. นักศึกษาตอบคำถามในชั้นเรียน
4. นักศึกษาแสดงความคิดเห็น และอภิปรายเนื้อหา
5. นักศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่างๆ และรายงานผลการค้นคว้า

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอน หนังสือ และตำราต่างๆ
2. Slide Powerpoint Presentation
3. เอกสารสื่อทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น อินเทอร์เน็ต ซีดีรอม แผนภูมิ แผ่นภาพ วีดีทัศน์ และ วีซีดี (VCD) ที่เกี่ยวข้อง

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนขณะเรียน

1.1 ความสนใจและความตั้งใจ

1.2 การจดบันทึก

1.3 การตรงต่อเวลา

1.4 การแต่งกาย

2. การอภิปราย และการตอบคำถามหลังเรียน

3. พิจารณาจากการทำแบบฝึกหัด

3. พิจารณาผลงานจากการค้นคว้าทั้งรายบุคคลและรายกลุ่ม

4. การใช้แบบทดสอบ

บทที่ 4
ลิพิด

ลิพิด (lipid) เป็นสารชีวโมเลกุลที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิต ลิพิดเป็นสารที่พบมากในธรรมชาติ ประกอบด้วยธาตุที่สำคัญ 3 ชนิด คือ คาร์บอน(C) ไฮโดรเจน(H) ออกซิเจน(O) บางครั้งพบไนโตรเจน(N) และฟอสฟอรัส(P) ด้วย ลักษณะทั่วไปของลิพิดเป็นไขมัน (Fat) น้ำมัน (Oil) และไข (Waxes) คุณสมบัติที่สำคัญของลิพิด คือ สมบัติในการละลาย โดยลิพิดส่วนใหญ่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดี ในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วต่ำ เช่น อีเทอร์ แอลกอฮอล์ คลอโรฟอร์ม และคาร์บอนเตตระคลอไรด์ ดังนั้นในการแยก หรือการสกัดลิพิดจากธรรมชาติสามารถทำได้โดยการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์เหล่านี้ ลิพิดพบได้ทั้งในพืชและสัตว์ ลิพิดที่พบในพืชส่วนมากจะอยู่ในรูปน้ำมัน เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันมะพร้าว น้ำมันรำข้าว น้ำมันข้าวโพด น้ำมันมะกอก น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันเมล็ดฝ้าย ส่วนลิพิดที่พบในสัตว์ส่วนมากจะอยู่ในรูปไขมัน เช่น ไขมันหมู ไขมันวัว ไขปลาวาฬ

4.1 ความสำคัญของลิพิด

ลิพิดมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตมาก โดยหน้าที่ของลิพิดมีดังนี้

1) ให้พลังงานแก่ร่างกาย โดยไขมัน 1 กรัม ให้พลังงาน 9.1 กิโลแคลอรี

2) เป็นตัวทำละลายของวิตามิน ที่ละลายในไขมัน คือ วิตามิน เอ ดี อี เค ซึ่งวิตามินเหล่านี้เป็นสารอาหารที่สำคัญ และจำเป็นต่อร่างกาย ถ้าหากขาดไขมันก็จะทำให้ขาดวิตามินเหล่านี้เพราะร่างกายไม่สามารถดูดซึมได้

3) สะสมไว้เป็นพลังงานสำรอง ร่างกายสะสมลิพิดไว้ใช้เมื่อขาดอาหารโดยสะสมในรูปไขมันอยู่ที่เนื้อเยื่อไขมัน (Adipose tissue) นอกจากนี้ไขมันสามารถเปลี่ยนไปเป็นคาร์โบไฮเดรตและกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นได้

4) เป็นสารตัวกลางในกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืชและสัตว์

5) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของร่างกาย เช่น เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ และเป็นส่วนประกอบของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น ระบบประสาท เนื้อเยื่อ เป็นต้น

6) เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์วิตามิน และฮอร์โมนบางชนิด เช่น วิตามินที่ละลายในไขมัน และฮอร์โมนพวกสเตอรอยด์ เป็นต้น

7) ช่วยป้องกันการกระทบกระเทือนของอวัยวะภายใน ไขมันที่อยู่รอบอวัยวะภายในช่องอกและช่องท้อง สามารถป้องกันการกระทบกระเทือนของอวัยวะเหล่านั้นได้ เช่น ตับ ไต

8) เป็นฉนวนป้องกันการสูญเสียความร้อนของร่างกาย ทำให้ความร้อนภายในร่างกายออกสู่ภายนอกอย่างช้า ๆ เช่น คนอ้วนจะไม่รู้สึกหนาวในขณะที่อากาศเย็น เพราะไขมันใต้ผิวหนังเป็นฉนวนป้องกันไว้

9) ช่วยในการขนส่งสาร เช่น การขนส่งไขมันในเลือดในรูปลิโพโปรตีน

4.2 ประเภทของลิพิด

ลิพิดสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภทตามลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

1) อนุพันธ์ของลิพิด (Derivative of lipid) ได้จากการสลายลิพิดบางชนิด เช่น การสลายไทรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) จะได้กรดไขมัน (Fatty acid) และกลีเซอรอล (Glycerol)

2) ลิพิดอย่างง่าย (Simple lipid) หรือลิพิดธรรมดา หรือลิพิดเชิงเดียว เป็นสารเอสเทอร์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ ตัวอย่างลิพิดอย่างง่าย เช่น ไตรกลีเซอไรด์ เป็นลิพิดที่พบมากที่สุดในร่างกาย

3) ลิพิดเชิงประกอบ (Compound lipid) เป็นลิพิดที่มีสารอื่นเป็นองค์ประกอบ เช่น ฟอสโฟลิพิด ประกอบด้วยหมู่ฟอสเฟตในโมเลกุล

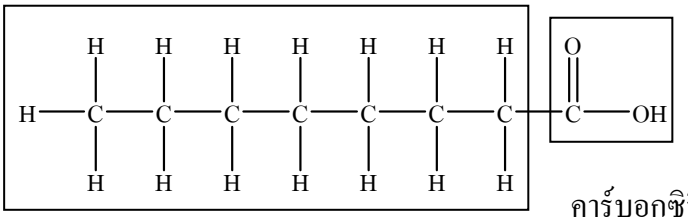
4) ลิพิดเบ็ดเตล็ด (Miscellaneous lipid) เป็นลิพิดที่มีโครงสร้างทางเคมีที่ไม่สามารถจำแนกเข้ากลุ่มกับลิพิด 3 ชนิดแรกได้ จึงนำมาจัดรวมกันไว้ในกลุ่มของลิพิดเบ็ดเตล็ด เช่น เทอร์พีน (Terpene) วิตามินที่ละลายในไขมัน (พัชรี บุญศิริ และคณะ, 2550 : 66)

4.3 อนุพันธ์ของลิพิด

อนุพันธ์ของลิพิด เป็นสารที่ได้จากการสลายลิพิดอย่างง่าย หรือลิพิดเชิงประกอบ โดยที่สารที่ได้จากการสลายนี้ ยังมีคุณสมบัติของลิพิดอยู่ อนุพันธ์ของลิพิดที่สำคัญ ได้แก่ กรดไขมัน กลีเซอรอล มอโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride)

4.3.1 กรดไขมัน

กรดไขมัน คือ สารอินทรีย์ที่ประกอบด้วย สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) ที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นคาร์บอกซิลิก แอซิด (Carboxylic acid group, -COOH) มีสูตรทั่วไปเป็น R-COOH โครงสร้างของกรดไขมัน แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 โครงสร้างของกรดไขมัน

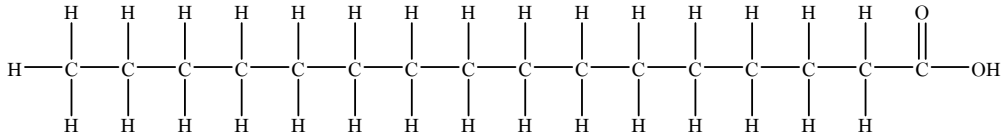
จากโครงสร้างของกรดไขมัน ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นไฮโดรคาร์บอน ส่วนนี้เป็นส่วนที่ไม่ละลายน้ำ เรียกว่า ไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic) และส่วนที่เป็นหมู่คาร์บอกซิลิก แอซิด โดยส่วนนี้เป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ เรียกว่า ไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic) ดังนั้นกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนมากขึ้นจะละลายน้ำได้น้อยลง

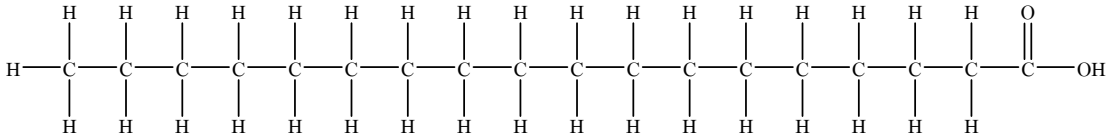
กรดไขมันที่พบในพืช และสัตว์ ส่วนใหญ่จะมีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่ โดยกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอน 16 และ 18 อะตอมเป็นกรดไขมันที่พบมากที่สุด

4.3.1.1 ประเภทของกรดไขมัน

ประเภทของกรดไขมัน แบ่งตามระดับความอิ่มตัว แบ่งได้ 2 ประเภท คือ กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) ดังนี้

1) กรดไขมันอิ่มตัว คือ กรดไขมันที่มีส่วนของไฮโดรคาร์บอน เป็นพันธะเดี่ยว (Single bond) เช่น กรดปาล์มิติก (Palmitic acid) กรดสเตียริก (Stearic acid) ดังรูปที่ 4.2

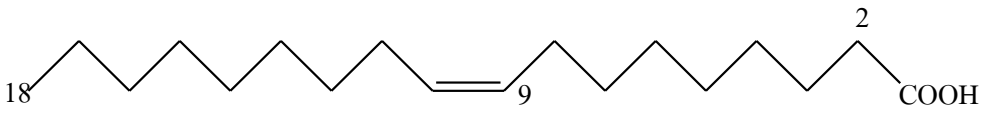




รูปที่ 4.2 โครงสร้างของกรดปาล์มิติกและกรดสเตียริก

กรดไขมันอิ่มตัว มีคุณสมบัติ แข็งตัวง่าย มีจุดหลอมเหลวสูงกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว กรดไขมันอิ่มตัวพบมากในน้ำมันและไขมันจากสัตว์ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม

2) กรดไขมันไม่อิ่มตัว คือ กรดไขมัน ที่มีส่วนของไฮโดรคาร์บอน เป็นพันธะคู่ (Double bond) อย่างน้อย 1 พันธะ เช่น กรดโอเลอิก (Oleic acid) กรดไลโนเลอิก (Linoleic acid) ดังรูปที่ 4.3



กรดโอเลอิก

กรดไลโนเลอิก

รูปที่ 4.3 โครงสร้างของกรดโอเลอิก และกรดไลโนเลอิก

กรดไขมันไม่อิ่มตัว มีคุณสมบัติ แข็งตัวยาก มีจุดหลอมเหลวต่ำ พบมากในน้ำมันจากพืช เช่น น้ำมันมะกอก น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันถั่วเหลือง

ประเภทของกรดไขมัน แบ่งตามความจำเป็นต่อร่างกาย แบ่งได้ 2 ประเภท คือ กรดไขมันจำเป็น (Essential fatty acid) และกรดไขมันไม่จำเป็น (Nonessential fatty acid) ดังนี้

1) กรดไขมันจำเป็น คือ กรดไขมันที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหารโดยตรง กรดไขมันจำเป็นที่สำคัญ เช่น กรดไลโนเลอิก (Linoleic acid) กรดไลโนเลนิก (Linolinic acid) โดยกรดไขมันจำเป็น ที่สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมต้องการมากที่สุด คือ กรดไลโนเลอิก ทั้งนี้เพราะสารในกลุ่มไตรกลีเซอไรด์ และฟอสโฟกลีเซอไรด์ในสัตว์กลุ่มนี้ มีกรดไลโนเลอิก เป็นส่วนประกอบ 10 – 20% ของกรดไขมันทั้งหมด กรดไลโนเลอิก และกรดไลโนเลนิกมีมากในพืช หน้าที่ของกรดไขมันจำเป็นยังไม่ทราบแน่ชัด ที่ค้นพบแล้วในขณะนี้คือ เป็นสารตั้งต้น ในการสังเคราะห์ฮอร์โมนพรอสทาแกลนดิน (Prostaglandin) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่สำคัญในร่างกาย

2) กรดไขมันไม่จำเป็น คือ กรดไขมันที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ มีอยู่ในอาหารประเภทไขมันทั่วไป เช่น กรดปาลมิติก กรดสเตียริก กรดโอเลอิก

การเรียกชื่อกรดไขมัน มีหลายวิธี เช่น การเรียกชื่อสามัญ (Common name) และการเรียกชื่อตามระบบ (Systematic name) ชื่อสามัญเป็นชื่อที่ผู้ค้นพบตั้งขึ้น โดยมีที่มาแตกต่างกัน ส่วนชื่อตามระบบ ใช้เรียกชื่อกรดไขมัน เพื่อให้มีมาตรฐานเดียวกัน โดยการแสดงจำนวนคาร์บอนเป็นภาษากรีกแล้วตามด้วยคำว่า –anoic สำหรับกรดไขมันอิ่มตัว และใช้ –enoic สำหรับกรดไขมันไม่อิ่มตัว (ดาวัลย์ ฉิมภู่, 2548 : 144) ตัวอย่างกรดไขมันที่พบในสิ่งมีชีวิต แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างกรดไขมันที่พบในสิ่งมีชีวิต

ชื่อสามัญ	ชื่อ IUPAC	โครงสร้าง
Lauric acid	Dodecanoic acid	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$
Myristic acid	Tetradecanoic acid	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$
Palmitic acid	Hexadecanoic acid	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$
Stearic acid	Octadecanoic acid	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$
Arachidic acid	Eicosanoic acid	$CH_3(CH_2)_{18}COOH$
Behenic acid	Docosanoic acid	$CH_3(CH_2)_{20}COOH$
Lignoceric acid	Tetracosanoic acid	$CH_3(CH_2)_{22}COOH$
Palmitoleic acid	9-Hexadecenoic acid	$CH_3(CH_2)_5CH=CH(CH_2)_7COOH$
Oleic acid	9-Octadecenoic acid	$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$
Linoleic acid	9,12-Octadecadienoic acid	$CH_3(CH_2)_4(CH=CHCH_2)_2(CH_2)_6COOH$
α-Linolenic	9,12,15-Octadecatrienoic acid	$CH_3CH_2(CH=CHCH_2)_3(CH_2)_6COOH$
γ-Linolenic acid	6,9,12,-Octadecatrienoic acid	$CH_3(CH_2)_4(CH=CHCH_2)_3(CH_2)_3COOH$
Arachidonic	5,8,11,14-Eicosatetraenoic acid	$CH_3(CH_2)_4(CH=CHCH_2)_4(CH_2)_2COOH$
EPA	5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid	$CH_3CH_2(CH=CHCH_2)_5(CH_2)_2COOH$
Nervonic acid	15-Tetracosenoic acid	$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_{13}COOH$

4.3.1.2 การเขียนสัญลักษณ์ของกรดไขมัน

สัญลักษณ์ของกรดไขมัน จะบอกความยาวของโมเลกุล จำนวนคาร์บอน และในกรณีที่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะบอกตำแหน่งพันธะคู่ การใช้สัญลักษณ์ประกอบด้วยเลข 2 ชุดซึ่งมีเครื่องหมาย : คั่น ตัวเลขข้างหน้าแสดงจำนวนคาร์บอน ตัวเลขข้างหลังแสดงจำนวนและตำแหน่งพันธะคู่ ดังนี้

ตัวเลขแสดงจำนวนคาร์บอน : ตัวเลขแสดงจำนวนและตำแหน่งพันธะคู่

การนับจำนวนคาร์บอนเพื่อบอกตำแหน่งพันธะคู่นั้น ในปัจจุบันใช้อยู่ 3 ระบบ คือ ระบบ Δ (Delta) ระบบ n และระบบ ω (Omega) ซึ่งแต่ละระบบจะมีวิธีการนับจำนวนคาร์บอนดังนี้

ปลายเมทิล ปลายคาร์บอกซิล

ระบบ Δ 7 6 5 4 3 2 1

ระบบ n 1 2 3 4 5 6 7

ระบบ ω ω ω-1..... δ γ β α

ตัวอย่างการเขียนสัญลักษณ์ของกรดไขมัน เช่น กรดสเตียริก ใช้ระบบ Δ

สัญลักษณ์คือ 18:0

กรดโอเลอิก สัญลักษณ์คือ $18:1\Delta^{9}$

กรดไลโนเลอิก สัญลักษณ์คือ $18:2\ \Delta^{9,12}$

ถ้าพันธะคู่เป็นแบบ cis ไม่ต้องเขียนคำว่า cis แต่ถ้าพันธะคู่เป็น trans ต้องเขียนคำว่า trans

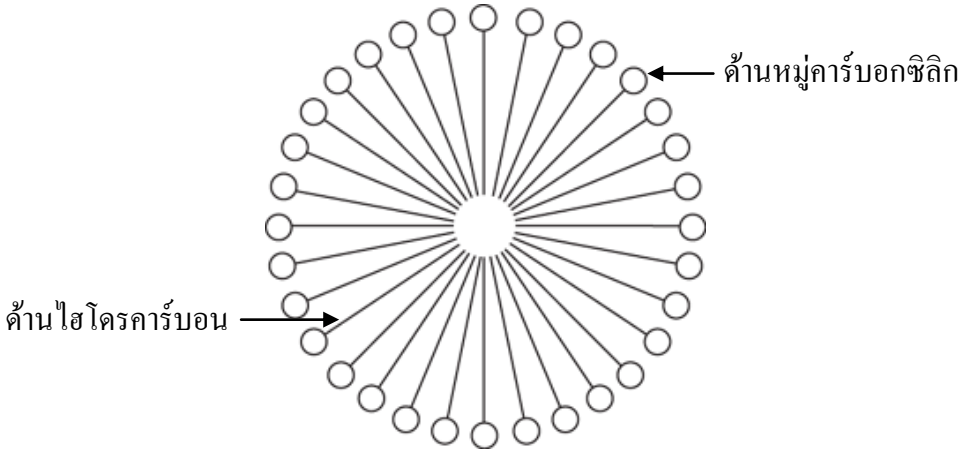
Elaidic acid สัญลักษณ์คือ 18:1 $\Delta^{9\ trans}$

(ดาวัลย์ ฉิมภู่, 2548 : 144-145)

4.3.1.3 สมบัติของกรดไขมัน

สมบัติทางกายภาพของกรดไขมัน ขึ้นกับจำนวนอะตอมคาร์บอน และพันธะคู่ที่อยู่ในโมเลกุล ดังนี้

1) การละลาย กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอน 16 – 18 อะตอม ไม่สามารถละลายน้ำได้ เพราะโครงสร้างมีส่วนไฮโดรคาร์บอนมาก แต่เกลือของกรดไขมัน เรียกว่า สบู่ สามารถสร้างไมเซลล์ (Micelle) มีลักษณะเป็นทรงกลมเมื่ออยู่ในน้ำ ดังรูปที่ 4.4 โดยด้านหมู่คาร์บอกซิลิก แอซิด ซึ่งละลายน้ำได้จะหันออกหาน้ำ ส่วนด้านไฮโดรคาร์บอนซึ่งไม่ละลายน้ำจะหันหน้าเข้าหากันเอง (พัชรี บุญศิริ และคณะ, 2550 : 70)



รูปที่ 4.4 ไมเซลล์

(ที่มา : Thermo Fisher Scientific, 7 April 2013)

2) จุดหลอมเหลว กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนมาก จะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่ากรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนน้อย และกรดไขมันอิ่มตัวจะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่ากรด

ไขมันไม่อิ่มตัว เมื่อมีจำนวนคาร์บอนเท่ากัน เช่น กรดสเตียริก (18:0) มีจุดหลอมเหลวสูงกว่ากรดโอเลอิก (18:1)

สมบัติทางเคมีของกรดไขมัน กรดไขมันจะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ที่หมู่ฟังก์ชัน นั่นคือหมู่ฟังก์ชันกรดคาร์บอกซิลิก เช่น ปฏิกิริยาการเกิดเอสเทอร์ (Esterification) ปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction) นอกจากนี้ในส่วนของไฮโดรคาร์บอน ก็สามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ เมื่อมีพันธะคู่ เช่น ปฏิกิริยาการเติม (Addition) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) เป็นต้น (พัชรี บุญศิริ และคณะ, 2550 : 71)

ปฏิกิริยาการเกิดไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งเป็นสารเอสเทอร์ เป็นปฏิกิริยาที่สำคัญปฏิกิริยาหนึ่งของกรดไขมัน เรียกว่าปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน หรือปฏิกิริยาการเกิดเอสเทอร์ โดยกรดไขมัน 3 โมเลกุลจะทำปฏิกิริยากับ กลีเซอรอลซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ 1 โมเลกุล ดังสมการ

3 กรดไขมัน + กลีเซอรอล ⟶ ไตรกลีเซอไรด์ + 3 น้ำ

4.3.2 กลีเซอรอล

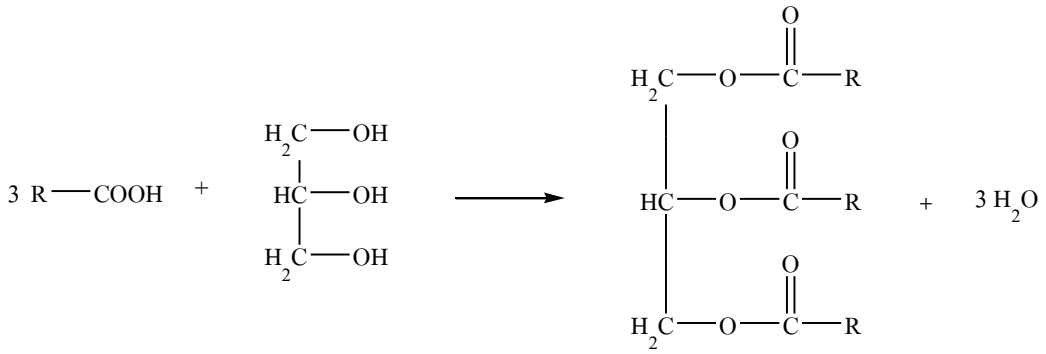
กลีเซอรอล เป็นแอลกอฮอล์ ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) 3 หมู่ เรียกว่าไตรไฮดรอกซีแอลกอฮอล์ (Trihydroxyalcohol) มีสูตรโมเลกุล $C_3H_8O_3$ กลีเซอรอลสามารถละลายน้ำและตัวทำละลายที่มีขั้วได้ดี แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำ เช่น เฮกเซน อีเทอร์

4.4 ลิพิดอย่างง่าย

ลิพิดอย่างง่าย คือ สารประเภทเอสเทอร์ ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ ลิพิดประเภทนี้ได้แก่ ไขมัน น้ำมัน (Fat and Oil) และขี้ผึ้ง (Wax)

4.4.1 ไขมันและน้ำมัน

ไขมันและน้ำมัน เป็นลิพิดที่พบมากในธรรมชาติ ไขมันและน้ำมันเรียกรวมว่าไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) หรือไตรเอซิลกลีเซอรอล (Triacylglycerol) โดยเป็นสารเอสเทอร์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมัน 3 โมเลกุล กับกลีเซอรอล 1 โมเลกุล ดังสมการ



กรดไขมัน กลีเซอรอล ไตรกลีเซอไรด์ น้ำ

ไตรกลีเซอไรด์ หรือไตรเอซิลกลีเซอรอล จะมีหลายประเภท โดยจะเป็นแบบใดขึ้นกับชนิดของกรดไขมันทั้ง 3 โมเลกุลที่ทำปฏิกิริยา ถ้าเป็นกรดไขมันชนิดเดียวกันทั้งสามโมเลกุลจะเรียกว่า ไตรเอซิลกลีเซอรอลเชิงเดียว (Simple triacylglycerol) ถ้ากรดไขมันที่ทำปฏิกิริยาเป็นกรดไขมันต่างชนิดกันจะเรียกว่า ไตรเอซิลกลีเซอรอลผสม (Mixed triacylglycerol)

ลักษณะทางกายภาพของไตรกลีเซอไรด์ มีทั้งที่เป็นของเหลวเรียกว่า น้ำมัน (จุดหลอมเหลวต่ำ) และไตรกลีเซอไรด์ ที่เป็นของแข็งเรียกว่า ไขมัน (จุดหลอมเหลวสูง) โดยไตรกลีเซอไรด์จะเป็นไขมัน หรือน้ำมัน ขึ้นอยู่กับกรดไขมันที่ทำปฏิกิริยา ไตรกลีเซอไรด์ที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว ไตรกลีเซอไรด์นั้นมักจะเป็นน้ำมัน แต่ถ้าไตรกลีเซอไรด์ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว ไตรกลีเซอไรด์นั้นมักจะเป็นไขมัน ดังนั้นไตรกลีเซอไรด์ที่ได้จากพืชมักจะเป็นของเหลวเรียกว่า น้ำมันพืช (Vegetable oil) ส่วนไตรกลีเซอไรด์ที่ได้จากสัตว์มักจะเป็นของแข็งเรียกว่า ไขมันสัตว์ (Animal fat) น้ำมันพืชและไขมันสัตว์แต่ละชนิดจะมีกรดไขมันเป็นองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ตัวอย่างส่วนประกอบกรดไขมันในไขมันสัตว์ และน้ำมันพืชต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ส่วนประกอบกรดไขมันในไขมันสัตว์และน้ำมันพืชบางชนิด

ไขมัน/น้ำมัน	กรดไขมันอิ่มตัว (%)				กรดไม่ไขมันอิ่มตัว (%)	
	C_{12} Lauric	C_{14} Myristic	C_{16} Palmitic	C_{18} Stearic	C_{18} Oleic	C_{18} Linoleic
ไขมันสัตว์						
น้ำมันหมู	-	1	25	15	50	6
เนย	2	10	25	10	25	5

ตารางที่ 4.2 ส่วนประกอบกรดไขมันในไขมันสัตว์ และน้ำมันพืชบางชนิด (ต่อ)

ไขมัน/น้ำมัน	กรดไขมันอิ่มตัว (%)				กรดไม่ไขมันอิ่มตัว (%)	
	C_{12} Lauric	C_{14} Myristic	C_{16} Palmitic	C_{18} Stearic	C_{18} Oleic	C_{18} Linoleic
ไขมันในมนุษย์	1	3	25	8	46	10
ไขปลาวาฬ	-	8	12	3	35	10
น้ำมันพืช						
น้ำมันมะพร้าว	50	18	8	2	6	1
น้ำมันข้าวโพด	-	1	10	4	35	45
น้ำมันมะกอก	-	1	5	5	80	7
น้ำมันถั่วลิสง	-	-	7	5	60	20
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	-	-	5	3	20	20

(ที่มา : John Mcmurry, 2004 : 1029)

สมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ของไขมัน และน้ำมัน จะคล้ายกับสมบัติของกรดไขมัน เนื่องจากไขมันและน้ำมันมีกรดไขมันเป็นองค์ประกอบในสัดส่วนที่มาก สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมันมีดังนี้

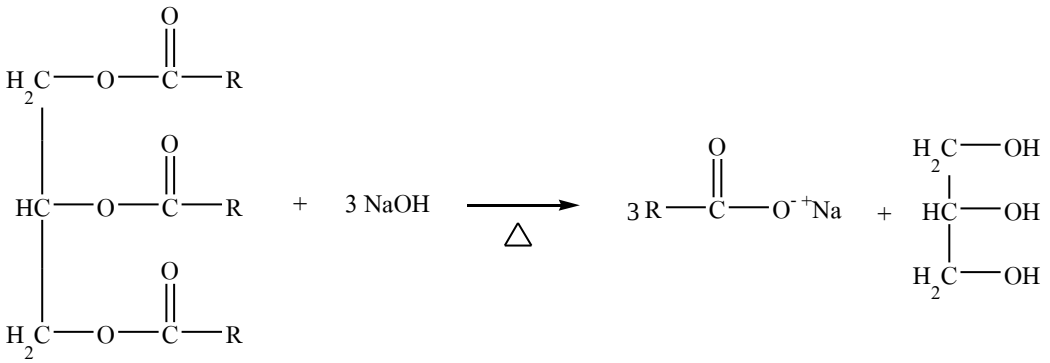
1) การละลาย ไขมันและน้ำมันไม่ละลายน้ำ และไม่สามารถสร้างไมเซลล์ได้ แต่ละลายในตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำ เช่น เบนซีน อีเทอร์

2) จุดเหลอมเหลว ไขมันในสัตว์มีจุดหลอมเหลวสูง เนื่องจากส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว ในขณะที่น้ำมันในพืชมีจุดหลอมเหลวต่ำ เนื่องจากส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว

3) สี กลิ่น รส ไขมัน และน้ำมันบริสุทธิ์ จะไม่มีสี กลิ่น รส การที่น้ำมันและไขมันบางชนิดเกิดสี กลิ่น และรสได้นั้น เกิดจากการที่ลิพิดดูดซับเอาสารบางชนิดเข้ามา ซึ่งสารนั้นสามารถละลายในไขมัน และน้ำมันได้ เช่น เนยเหลวมีสีเหลือง เนื่องจากมีรงควัตถุแคโรทีนอยู่ด้วย นอกจากนี้อาจเกิดจากน้ำมันและไขมันเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

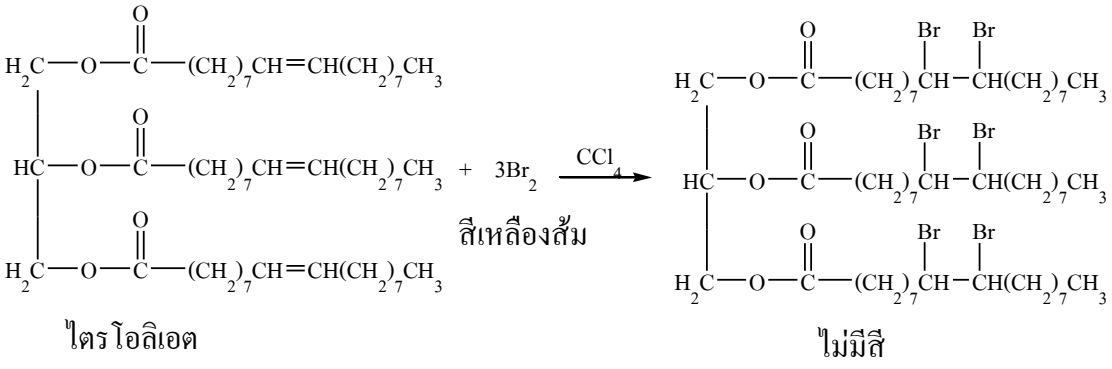
สมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมัน มีดังนี้

1) ปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชัน (Saponification) เป็นปฏิกิริยาที่ไขมัน และน้ำมันทำปฏิกิริยากับเบส เกิดเกลือของกรดไขมันหรือสบู่ (Sapon เป็นภาษาละตินแปลว่า สบู่) กับกลีเซอรอล เป็นผลิตภัณฑ์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้คือสบู่ จึงเรียกปฏิกิริยานี้ว่า ปฏิกิริยาการเกิดสบู่ ดังสมการ



ปฏิกิริยาสปอนิฟิเคชันนี้ ใช้ในการผลิตสบู่มากที่สุด โดยไขมันและน้ำมันจะถูกต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนกระทั่งเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ จากนั้นเติมโซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride, NaCl) เพื่อให้สบู่ตกตะกอน หลังจากแยกเอาสบู่ออกมาแล้วสามารถแยกกลีเซอรอลออกมาได้โดยการกลั่น นำสบู่ที่แยกออกมาทำให้บริสุทธิ์โดยการตกตะกอนซ้ำ ทำการเติมน้ำหอมลงไปถ้าต้องการสบู่ที่มีกลิ่นหอม เช่น สบู่ที่ใช้ในห้องน้ำ หรือทำการเติมโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate, Na_2CO_3) และสารอื่นๆ สำหรับสบู่ที่ใช้กำจัดสิ่งสกปรก (Solomons , T.W. Graham and Fryhle, Craig B., 2004 : 1136)

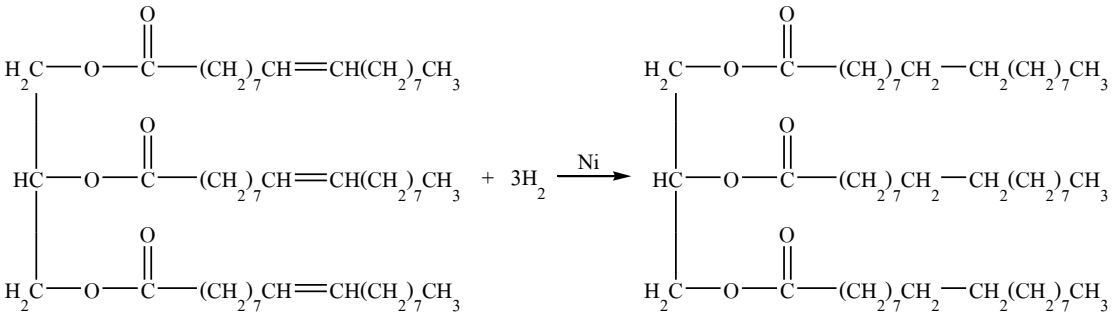
2) ปฏิกิริยาแฮโลจิเนชัน (Halogenation) เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่อยู่ในรูปอิสระ หรืออยู่ในรูปไขมัน หรือน้ำมัน ทำปฏิกิริยากับสารประกอบแฮโลเจน (สารที่ประกอบด้วยธาตุในหมู่ 7 ของตารางธาตุ) โดยเป็นการเติมสารแฮโลเจนเข้าที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งจะทำให้เกิดการฟอกจางสีของสารละลายแฮโลเจน เช่น สารละลายโบรมีน (Br_2) สารละลายไอโอดีน (I_2) ตัวอย่างเช่น การเกิดปฏิกิริยาแฮโลจิเนชันของไตรโอลิเอตกับสารละลายโบรมีน ดังสมการ



ไตรโอลิเอต ไม่มีสี

ปฏิกิริยาแฮโลจิเนชัน ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการทดสอบความไม่อิ่มตัวของไขมันและน้ำมัน ซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างแฮโลเจนกับลิพิดที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยโบรมีน หรือไอโอดีนจะเข้าทำปฏิกิริยาที่พันธะคู่ของลิพิด ปฏิกิริยานี้อาจเรียกว่าเป็นการฟอกจางสีโบรมีนหรือไอโอดีน เพราะถ้ายังมีความไม่อิ่มตัว หรือพันธะคู่เหลืออยู่ สีของโบรมีนหรือไอโอดีนที่ใส่ลงไปจะหายไปทันที เมื่อโบรมีนหรือไอโอดีนทำปฏิกิริยากับพันธะคู่จนหมด จึงจะปรากฏสีโบรมีนหรือไอโอดีนที่มากเกินพอให้เห็น เปรียบเทียบปริมาณแฮโลเจนที่ใช้สำหรับลิพิดแต่ละชนิด ลิพิดใดที่ต้องใช้ปริมาณแฮโลเจนมากแสดงว่ามีความไม่อิ่มตัวมาก ลิพิดใดที่ใช้ปริมาณแฮโลเจนน้อยแสดงว่ามีความไม่อิ่มตัวน้อย

3) ปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน (Hydrogenation) เป็นปฏิกิริยาของน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจน (H_2) โดยไฮโดรเจนจะถูกเติมเข้าที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ดังสมการ

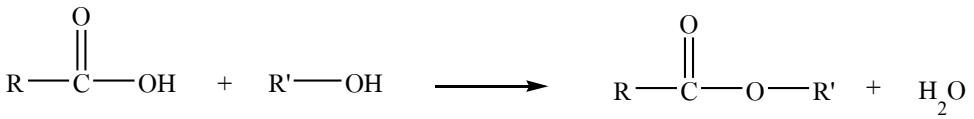


ในทางอุตสาหกรรมจะใช้ปฏิกิริยานี้ในการเปลี่ยนรูปน้ำมันพืชซึ่งเป็นของเหลวให้เป็นไขมันซึ่งเป็นของแข็ง นิยมใช้ในการเปลี่ยนน้ำมันพืชที่มีจำนวนมาก และราคาไม่แพง เช่น น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันถั่วเหลือง ให้เป็นมาการีน (Margarine) ได้

4) การเหม็นหืน (Rancidity) ของไขมันและน้ำมัน ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) โดยออกซิเจนในอากาศจะเข้าทำปฏิกิริยาที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้เป็นสารแอลดีไฮด์ และกรดไขมันโมเลกุลเล็ก ซึ่งมีกลิ่นเหม็นหืน นอกจากนี้การเหม็นหืนของไขมัน และน้ำมัน อาจเกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส (Hydrolysis) ระหว่างไขมันหรือน้ำมันกับน้ำโดยมีเอนไซม์จากจุลินทรีย์ในอากาศเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดไขมันโมเลกุลเล็กที่ระเหยง่ายและมีกลิ่นเหม็นหืน ดังนั้นการเก็บไขมันหรือน้ำมันไว้โดยไม่ให้เกิดการเหม็นหืนจะต้องเก็บไว้ในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ ปิดภาชนะให้สนิท ไม่ให้สัมผัสกับออกซิเจน และไอน้ำในอากาศ (ศุภศิษฏ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์, 2552 : 53)

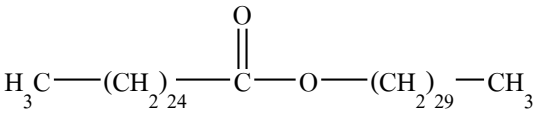
4.4.2 ไข

ไข เป็นสารเอสเทอร์เช่นเดียวกับไขมันและน้ำมัน ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ โดยแอลกอฮอล์ที่ทำปฏิกิริยาจะเป็นชนิดโมโนไฮดรอกซีแอลกอฮอล์ (Monohydroxyalcohol) ดังสมการ



กรดไขมัน แอลกอฮอล์ ไข

ตัวอย่างไข เช่น ไขจากผึ้ง (Myricyl palmitate) ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 โครงสร้างของไขจากผึ้ง

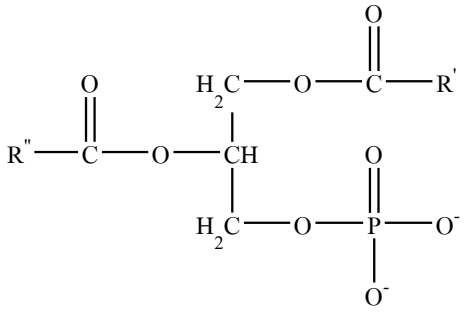
ไขมีจุดหลอมเหลวต่ำ เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ไม่ละลายน้ำ ไขที่พบในธรรมชาติมักเคลือบอยู่ที่ผิวของใบไม้ และผลไม้ ที่ผิวหนังและขนของสัตว์ ในทางอุตสาหกรรมนำไขจากพืชมาใช้ประโยชน์ เช่น ทำเป็นยาขัดรองเท้า ขัดพื้น ทำเทียนไข

4.5 ลิพิดเชิงประกอบ

ลิพิดเชิงประกอบ คือ ลิพิดอย่างง่ายที่มีสารอื่นรวมอยู่ด้วย ได้แก่ ฟอสโฟลิพิด ไกลโคลิพิด สฟิงโกลิพิด และลิโพโปรตีน

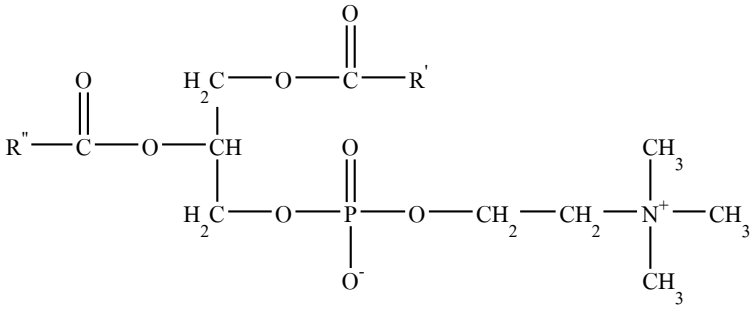
4.5.1 ฟอสโฟลิพิด

ฟอสโฟลิพิด (Phospholipid) เป็นลิพิดที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ ส่วนมากพบในเยื่อเซลล์ของพืชและสัตว์ ฟอสโฟลิพิดในร่างกายมีหลายชนิดมีหน้าที่ต่างๆ เช่น เป็นส่วนประกอบสำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์ เนื้อเยื่อประสาท น้ำเลือด ช่วยขนส่งลิพิดในเลือด นอกจากนี้ยังพบในไข่แดง ตัวอย่างฟอสโฟลิพิด เช่น ฟอสฟาทิเดท (Phosphatidate) ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 โครงสร้างของฟอสฟาทิเดท

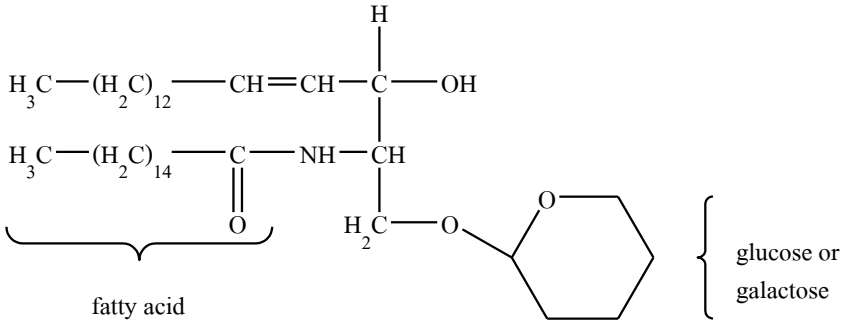
เลซิติน (Lecithin) เป็นฟอสโฟลิพิดที่พบมากในไข่แดง และถั่วเหลือง นิยมนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตนม โครงสร้างของเลซิติน แสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 โครงสร้างของเลซิติน

4.5.2 ไกลโคลิพิด หรือ ไกลโคสฟิงโกลิพิด

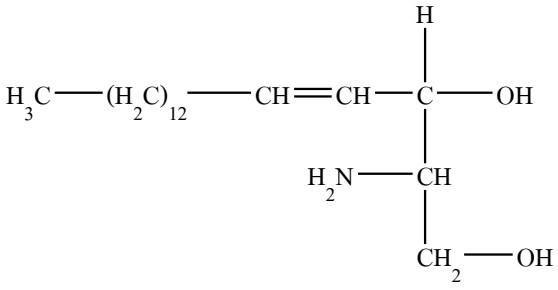
ไกลโคลิพิด (Glycolipid) หรือไกลโคสฟิงโกลิพิด (Glycosphingolipid) เป็นลิพิดที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ พบในเนื้อเยื่อ โดยพบมากในเนื้อเยื่อประสาท เนื้อเยื่อสมอง และเยื่อหุ้มเซลล์ ตัวอย่างเช่น เซรีโบรไซต์ (Cerebroside) มีน้ำตาลกลูโคส หรือกาแลกโทสเป็นองค์ประกอบ สารชนิดนี้พบที่เยื่อหุ้มเซลล์ของสมอง และเส้นประสาท โครงสร้างของเซรีโบรไซต์ แสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 โครงสร้างของเซรีโบรไซต์

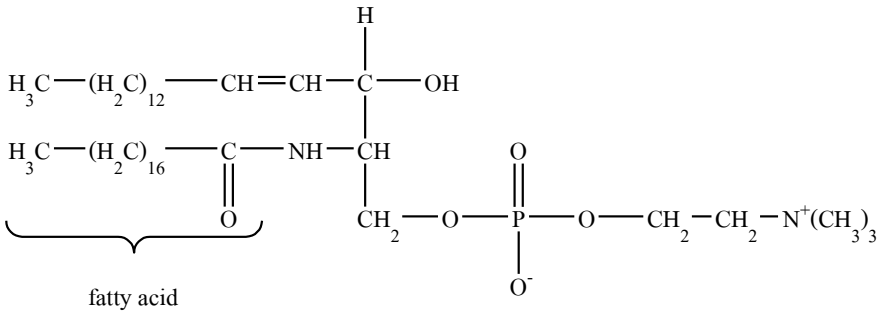
4.5.3 สฟิงโกลิพิด

สฟิงโกลิพิด (Sphingolipid) คือ ลิพิดที่มีสฟิงโกซีน (Sphingosine) เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่พบในเยื่อเซลล์ของพืชและสัตว์ โครงสร้างของสฟิงโกซีน แสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 โครงสร้างของสฟิงโกซีน

สฟิงโกลิพิดที่พบมาก ได้แก่ สฟิงโกไมอีลิน (Sphingomyelin) เป็นส่วนประกอบของเยื่อเซลล์ โครงสร้างของสฟิงโกไมอีลิน แสดงดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 โครงสร้างของสฟิงโกไมอีลิน

4.5.4 ลิโพโปรตีน

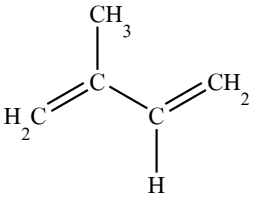
ลิโพโปรตีน (Lipoprotein) เป็นลิพิดที่อยู่รวมกับกรดอะมิโน หรือโปรตีน พบในเยื่อหุ้มเซลล์ และพบในเลือด โดยทำหน้าที่ขนส่งสารกลุ่มลิพิดไปยังเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกาย

4.6 ลิพิดเบ็ดเตล็ด

ลิพิดเบ็ดเตล็ด เป็นลิพิดที่มีโครงสร้างต่างๆ ที่ไม่สามารถจัดเข้ากลุ่มกับลิพิด 3 ชนิดแรกได้ จึงนำมาจัดไว้ในกลุ่มของลิพิดเบ็ดเตล็ด เช่น เทอร์พีน สเตอรอยด์ และวิตามินที่ละลายในไขมัน (วิตามินเอ ดี อี เค)

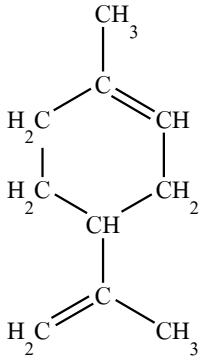
4.6.1 เทอร์พีน

เทอร์พีน (Terpene) หรือเทอร์พีนอยด์ (Terpenoid) เป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่พบมากในน้ำมันจากพืชและดอกไม้ โครงสร้างของเทอร์พีนประกอบด้วย หน่วยย่อยที่เรียกว่า ไอโซพรีน (Isoprene unit) ซึ่งเป็นสารที่มีคาร์บอน 5 อะตอม มีสูตรโมเลกุล C_5H_8 ดังรูปที่ 4.11



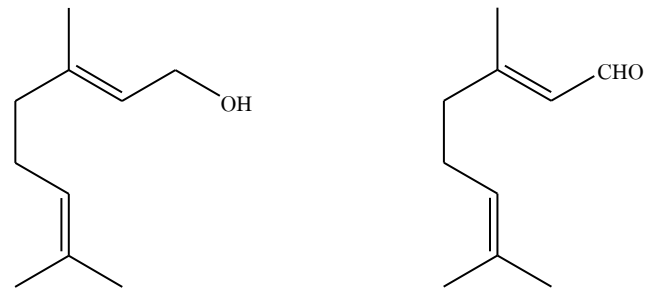
รูปที่ 4.11 โครงสร้างของหน่วยย่อยไอโซพรีน

เทอร์พีน ที่พบในธรรมชาติมีหลายชนิดที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหย (Essential oil) เช่น ลิโมนีน (Limonene) พบในน้ำมันเปลือกส้มมีฤทธิ์ไล่ยุงได้ ลิโมนีนเป็นเทอร์พีนที่ประกอบด้วยหน่วยย่อยไอโซพรีน 2 หน่วย โครงสร้างของลิโมนีนแสดงดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 โครงสร้างของลิโมนีน

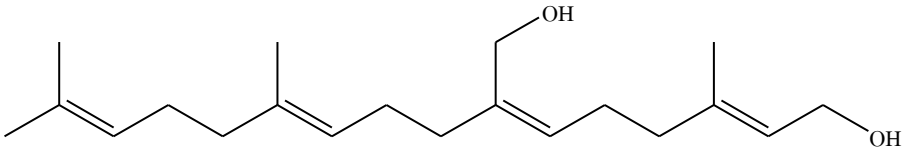
เจอรานิออล (Geraniol) และซิทรัล (Citral) เป็นเทอร์พีนที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ ประกอบด้วยหน่วยย่อยไอโซพรีน 2 หน่วย มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียบางชนิด โครงสร้างของเจอรานิออล และซิทรัลแสดงดังรูปที่ 4.13



เจอรานิออล ซิทรัล

รูปที่ 4.13 โครงสร้างของเจอรานิออล และซิทรัล

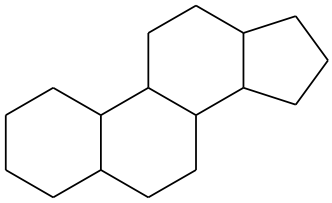
เปลาโนทอล (Plaunotol) พบในใบเปล้าน้อย (*Croton sublyratus* Kurz.) มีฤทธิ์สมานแผลในกระเพาะอาหาร ประกอบด้วยหน่วยย่อยไอโซพรีน 4 หน่วย โครงสร้างของเปลาโนทอลแสดงดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 โครงสร้างของเปลาโนทอล

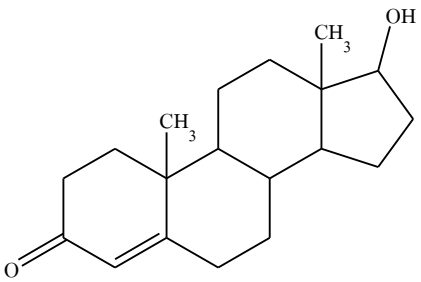
4.6.2 สเตอรอยด์

สเตอรอยด์ (Steroid) เป็นสารที่มีโครงสร้างพื้นฐาน เป็นวงแหวนสี่วงเชื่อมต่อกัน เรียกว่า ไซโคลเพนทาโนเปอร์ไฮโดรฟีแนนทรีน (Cyclopentanoperhydrophenanthrene) ดังรูปที่ 4.15



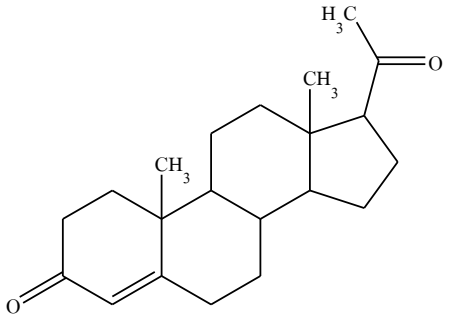
รูปที่ 4.15 โครงสร้างของไซโคลเพนทาโนเปอร์ไฮโดรฟีแนนทรีน

สเตอรอยด์ แต่ละชนิดจะมีโครงสร้างของวงไซโคลเพนทาโนเปอร์ไฮโดรฟีแนน-ทรีนที่เหมือนกัน และจะแตกต่างกันที่หมู่ฟังก์ชัน (Functional group) และอะตอมของธาตุที่มาทำพันธะกับวงดังกล่าว สเตอรอยด์พบมากในสิ่งมีชีวิตทั้งพืช และสัตว์ โดยมีบทบาทสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต เช่น เป็นฮอร์โมน นอกจากนี้สเตอรอยด์หลายชนิดมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่มีผลต่อร่างกาย เช่น ลดการอักเสบ มีผลต่อหัวใจ ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ ได้แก่ เทสโทสเตอโรน (Testosterone) เป็นฮอร์โมนเพศชาย โครงสร้างของเทสโทสเตอโรนแสดงดังรูปที่ 4.16



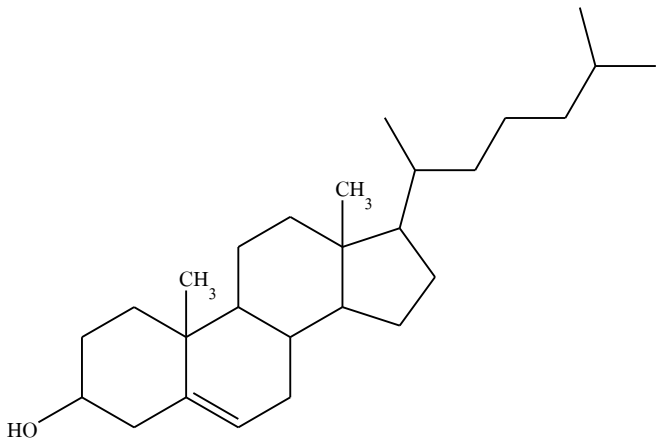
รูปที่ 4.16 โครงสร้างของเทสโทสเตอโรน

โปรเจสเตอโรน (Progesterone) เป็นฮอร์โมนในเพศหญิง โครงสร้างของโปรเจสเตอโรนแสดงดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 โครงสร้างของโปรเจสเตอโรน

คอเลสเตอรอล (Cholesterol) เป็นสเตอรอยด์ที่พบในร่างกาย เป็นองค์ประกอบของส่วนต่างๆ ในร่างกาย เช่น สมอง คอเลสเตอรอลเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ฮอร์โมนในกลุ่มสเตอรอยด์ น้ำดี และวิตามินดี คอเลสเตอรอลในร่างกายได้จากการสังเคราะห์โดยอวัยวะต่างๆ เช่น ตับ และบางส่วนได้จากอาหารที่รับประทาน แต่ถ้าร่างกายมีคอเลสเตอรอลมากเกินไปจะทำให้คอเลสเตอรอลไปเกาะผนังหลอดเลือด ทำให้เกิดการตีบตันของเส้นเลือดซึ่งทำให้เกิดอันตรายได้ โครงสร้างของคอเลสเตอรอลแสดงดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 โครงสร้างของคอเลสเตอรอล

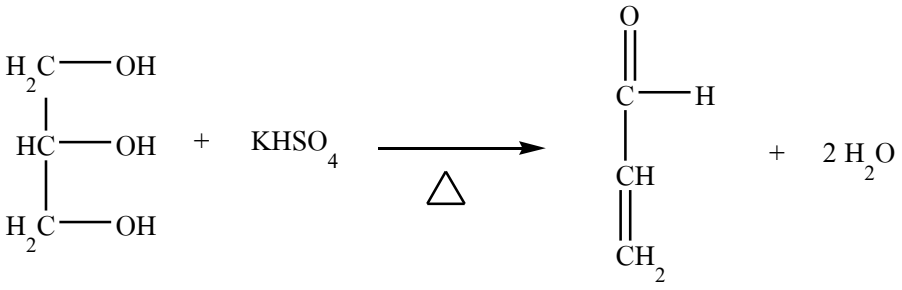
4.7 การทดสอบลิพิด

4.7.1 การทดสอบความไม่อิ่มตัว

การทดสอบความไม่อิ่มตัวใช้ปฏิกิริยาแฮโลจิเนชัน (Halogenation)ระหว่างแฮโลเจนกับลิพิดที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยโบรมีนหรือไอโอดีนจะเข้าทำปฏิกิริยาที่พันธะคู่ของลิพิด ปฏิกิริยานี้อาจเรียกว่าเป็นการฟอกสีโบรมีนหรือไอโอดีน เพราะถ้ายังมีความไม่อิ่มตัวหรือพันธะคู่เหลืออยู่ สีของโบรมีน หรือไอโอดีนที่ใส่ลงไปจะหายไปทันที เมื่อโบรมีนหรือไอโอดีนทำปฏิกิริยากับพันธะคู่จนหมด จึงจะปรากฏสีโบรมีนหรือไอโอดีนที่มากเกินพอให้เห็น เปรียบเทียบปริมาณแฮโลเจนที่ใช้สำหรับลิพิดแต่ละชนิด ลิปิดใดที่ต้องใช้ปริมาณแฮโลเจนมากแสดงว่ามีความไม่อิ่มตัวมาก ลิพิดใดที่ใช้ปริมาณแฮโลเจนน้อยแสดงว่ามีความไม่อิ่มตัวน้อย

4.7.2 การทดสอบกลีเซอรอล

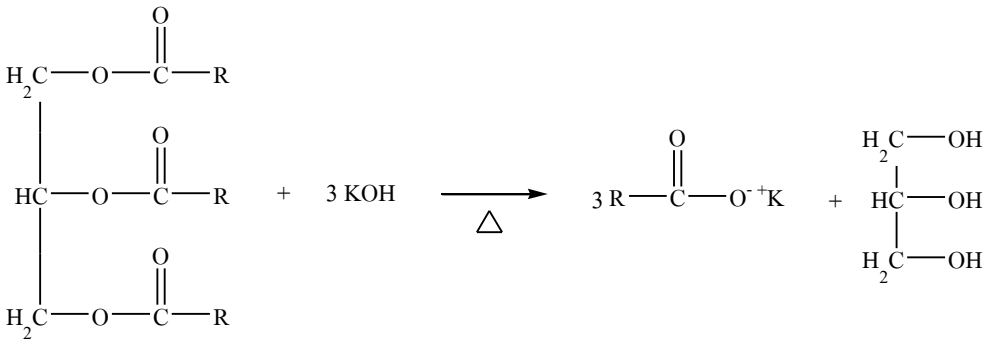
การทดสอบกลีเซอรอลเรียกว่า Acrolein test โดยกลีเซอรอลสามารถทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไบซัลเฟต (Anhydrous potassium bisulfate; $KHSO_4$) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซอะโครลีน (Acrolein) ซึ่งเป็นอัลดีไฮด์ที่มีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว ดังสมการ



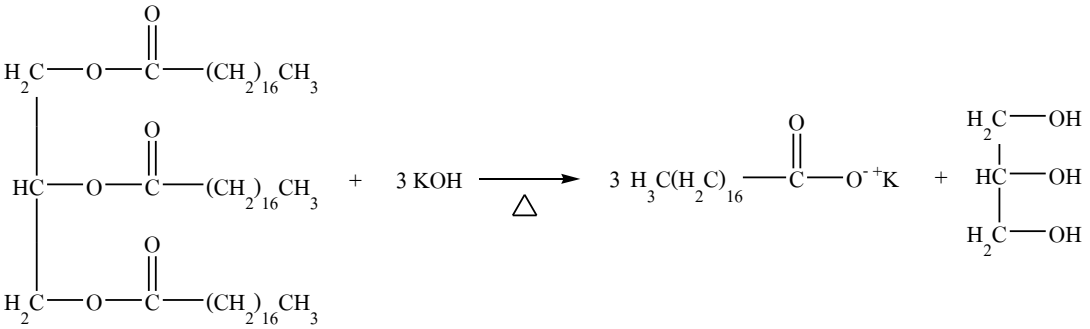
ดังนั้นในการตรวจสอบกลีเซอรอล ทำโดยนำกลีเซอรอลมาทำปฏิกิริยากับ $KHSO_4$ ในหลอดทดลอง และให้ความร้อนบริเวณก้นหลอดโดยการเผา ในช่วงแรกให้ใช้ไฟอ่อนเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จากนั้นค่อยๆเพิ่มไฟให้แรงขึ้น ตรวจสอบ acroleinที่เกิดขึ้นโดยการดมกลิ่นแก๊สซึ่งจะมีกลิ่นฉุน โดยใช้มือโบกพัดให้ก๊าซเข้าจมูกเพียงเล็กน้อย

4.7.3 การหาค่าเลขสปอนิฟิเคชัน

เลขสปอนิฟิเคชัน (Saponification number) คือ จำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียม-ไฮดรอกไซด์ (KOH) หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับลิพิด 1 กรัม การหาค่าเลขสปอนิฟิเคชันของลิพิด ทำโดยใช้ปฏิกิริยาสปอนิฟิเคชัน ระหว่างลิพิดที่รู้น้ำหนักแน่นอนกับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มากเกินพอ ดังสมการ



แล้วไทเทรตหาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่เหลือด้วยกรดที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน แล้วคำนวณหาค่าเลขสปอนิฟิเคชัน ลิพิดแต่ละชนิดจะมีค่าเลขสปอนิฟิเคชันต่างกันขึ้นอยู่กับโครงสร้างของลิพิด ลิพิดที่มีกรดไขมันสายยาวๆ จะมีค่าเลขสปอนิฟิเคชันน้อยกว่าลิพิดที่มีกรดไขมันสายสั้นๆ ตัวอย่างการคำนวณหาค่าเลขสปอนิฟิเคชันของไตรสเตียริน (Tristearin) แสดงดังนี้



ไตรสเตียริน

จากสมการ 3 โมลของ KOH ทำปฏิกิริยาพอดีกับ 1 โมลของไตรสเตียริน

โดย 3 โมลของ KOH = 3 x 56 x 1000 มิลลิกรัม KOH

(มวลโมเลกุลของ KOH = 56)

1 โมลของไตรสเตียริน = 890 กรัม (มวลโมเลกุลของไตรสเตียริน = 890)

จะได้ ไตรสเตียริน 890 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับ KOH 3 x 56 x 1000 มิลลิกรัม

ดังนั้น ไตรสเตียริน 1 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับ KOH $\frac{3 \times 56 \times 1000}{890}$ มิลลิกรัม

= 189 มิลลิกรัม

ดังนั้นค่าเลขสปอนิฟิเคชันของไตรสเตียรินเท่ากับ 189 มิลลิกรัม KOH/กรัมลิพิด

(เรืองลักขณา จามิกรณ์, 2544 : 212)

4.7.4 การหาค่าเลขไอโอดีน

เลขไอโอดีน (Iodine number) คือ จำนวนกรัมของไอโอดีน ที่เติมลงในไขมันหรือน้ำมัน 100 กรัม การหาค่าเลขไอโอดีน ทำได้โดยอาศัยปฏิกิริยาแฮโลจิเนชันระหว่างลิพิดที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวกับสารประกอบแฮโลเจน โดยแฮโลเจนจะถูกเติมเข้าที่พันธะคู่ของลิพิด ดังสมการ

ถ้าลิพิดมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากจะมีเลขไอโอดีนมาก ลิพิดที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวน้อยจะมีเลขไอโอดีนน้อย ในการทดลองให้ไอโอดีนมอนอคลอไรด์ทำปฏิกิริยากับไขมันไม่อิ่มตัวด้วยการใส่ไอโอดีนคลอไรด์ ให้มากเกินพอที่จะทำปฏิกิริยากับไขมัน แล้วหาปริมาณไอโอดีนมอนอคลอไรด์ที่เหลือด้วยการเติมโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงไปทำปฏิกิริยา แล้วไทเทรตไอโอดีนที่เกิดขึ้นด้วยโซเดียมไทโอซัลเฟต ดังสมการ

ไตรกลีเซอไรด์ + ICl ที่มากเกินพอ → ไตรกลีเซอไรด์ที่มีแฮโลเจนเติมที่พันธะคู่ + ICl ที่เกิน

$$KI + ICl \longrightarrow KCl + I_2$$

$$I_2 + 2Na_2S_2O_3 \longrightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6$$

ตัวอย่างค่าเลขไอโอดีนของน้ำมันบางชนิดแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เลขไอโอดีนของน้ำมันบางชนิด

ไตรกลีเซอไรด์	เลขไอโอดีน
น้ำมันมะพร้าว	8-10
น้ำมันปาล์ม	51.5-57
น้ำมันมะกอก	79-88
น้ำมันงา	103-108
น้ำมันถั่วเหลือง	137-143

(ที่มา: กนกวรรณ ฤดีสิริศักดิ์, 2553 : 74)

สรุปท้ายบท

ลิพิด เป็นสารที่ประกอบด้วยธาตุที่สำคัญ 3 ชนิด คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน บางครั้งพบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสด้วย ลักษณะทั่วไปของลิพิดเป็นไขมัน น้ำมัน และไข คุณสมบัติที่สำคัญของลิพิด คือ สมบัติในการละลาย โดยลิพิดส่วนใหญ่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วต่ำ ลิพิดมีประโยชน์ต่อร่างกายมาก เช่น เป็นพลังงาน เป็นตัวทำละลายของวิตามิน เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของร่างกาย เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์วิตามิน และฮอร์โมนบางชนิด ลิพิดสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ตามลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ อนุพันธ์ของลิพิด ลิพิดอย่างง่าย ลิพิดเชิงประกอบ และลิพิดเบ็ดเตล็ด

อนุพันธ์ของลิพิด เป็นสารที่ได้จากการสลายลิพิดอย่างง่าย หรือลิพิดเชิงประกอบ โดยที่สารที่ได้นี้ยังมีคุณสมบัติของลิพิดอยู่ เช่น กรดไขมัน ลิพิดอย่างง่าย คือ สารประเภทเอสเทอร์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ เช่น ไขมัน และน้ำมัน ซึ่งเป็นลิพิดที่พบมาก และมีความสำคัญต่อมนุษย์มาก ไขมันและน้ำมันเรียกรวมว่า ไตรกลีเซอไรด์ หรือไตรเอซิลกลีเซอรอล โดยเป็นสารเอสเทอร์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมัน 3 โมเลกุล กับกลีเซอรอล 1 โมเลกุล ลิพิดเชิงประกอบ คือ ลิพิดอย่างง่ายที่มีสารอื่นรวมอยู่ด้วย เช่น ฟอสโฟลิพิด จะมีหมู่ฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ ลิพิดเบ็ดเตล็ด เป็นลิพิดที่มีโครงสร้างต่างๆ ที่ไม่สามารถจัดเข้ากลุ่มกับลิพิด 3 ชนิดแรกได้ จึงนำมาจัดไว้ในกลุ่มของลิพิดเบ็ดเตล็ด เช่น สเตอรอยด์ พบมากในสิ่งมีชีวิตทั้งพืช และสัตว์ โดยมีบทบาทสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต เช่น เป็นฮอร์โมน นอกจากนี้สเตอรอยด์หลายชนิดมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่มีผลต่อร่างกาย เช่น ลดการอักเสบ มีผลต่อหัวใจ การทดสอบลิพิดมีหลายวิธี เช่น การทดสอบความไม่อิ่มตัวใช้ปฏิกิริยาแฮโลจิเนชัน การทดสอบกลีเซอรอลใช้วิธีที่เรียกว่า Acrolein test การหาค่าเลขสปอนิฟิเคชัน โดยใช้ปฏิกิริยาสปอนิฟิเคชัน การหาค่าเลขไอโอดีน โดยใช้ปฏิกิริยาแฮโลจิเนชัน

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงอธิบายความสำคัญของลิพิดต่อสิ่งมีชีวิต
2. พิจารณาลิพิดต่อไปนี้ แล้วตอบว่าลิพิดดังกล่าวจัดเป็นลิพิดประเภทใด

2.1 ไตรกลีเซอไรด์	2.2 ฟอสโฟลิพิด
2.3 กรดไขมัน	2.4 สเตอรอยด์
2.5 กลีเซอรอล	2.6 วิตามินดี

2.7 ไกลโคลิพิด 2.8 ไข

3. จงเขียนสัญลักษณ์ของกรดไขมันต่อไปนี้ โดยใช้ระบบ ω

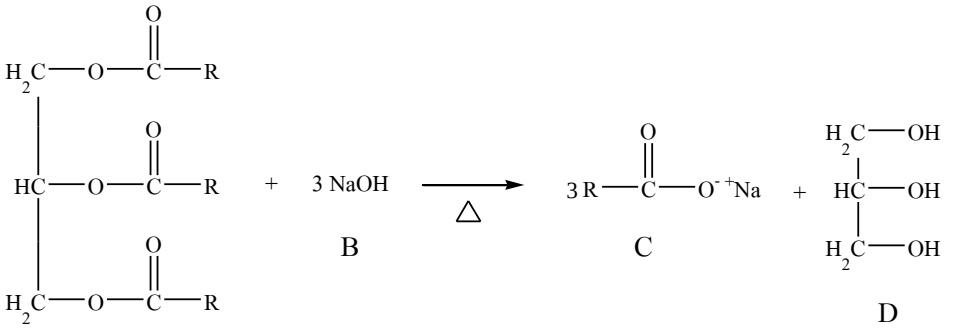
3.1 Palmitic acid ($CH_3(CH_2)_{14}COOH$)

3.2 Palmitoleic acid ($CH_3(CH_2)_5CH=CH(CH_2)_7COOH$)

3.3 Arachidonic ($CH_3(CH_2)_4(CH=CHCH_2)_4(CH_2)_2COOH$)

4. การเกิดไขมันและน้ำมัน โดยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน มีสารใดบ้างเป็นสารตั้งต้น จงเขียนสมการเคมีแสดงการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว

5. พิจารณาปฏิกิริยาการเกิดสบู่ต่อไปนี้



สารตั้งต้น A และ B ทำปฏิกิริยาได้ผลิตภัณฑ์คือ C และ D จากปฏิกิริยาดังกล่าวสารใดคือสบู่

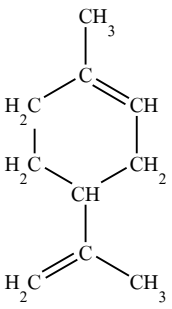
6. การเหม็นหืนของน้ำมันเกิดจากปฏิกิริยาใดบ้าง

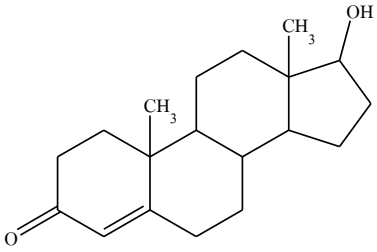
7. พิจารณาลิพิดเชิงประกอบต่อไปนี้ แล้วตอบว่าลิพิดเชิงประกอบดังกล่าวมีสารใดเป็นองค์ประกอบ

7.1 ไกลโคสฟิงโกลิพิด 7.2 ลิโพโปรตีน

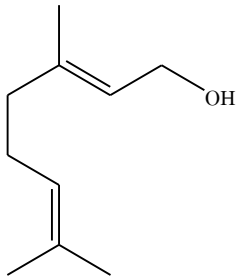
8. พิจารณาโครงสร้างของสารต่อไปนี้ แล้วตอบว่าสารใดเป็นสารสเตอรอยด์

8.1 ลิโมนีน 8.2 เทสโทสเตอโรน

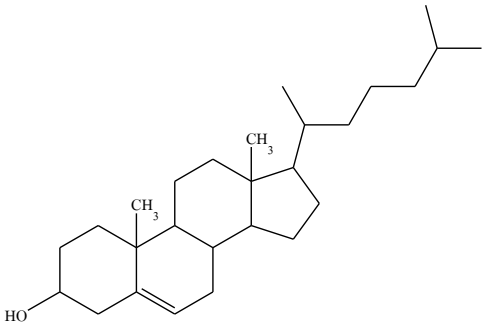




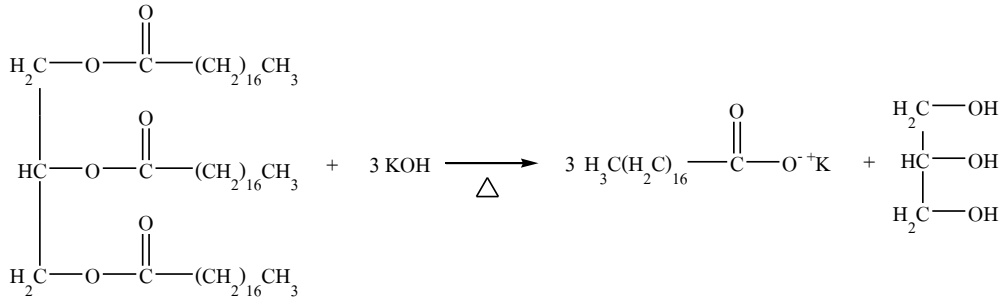
8.3 เจอรานิออล



8.4 คอเลสเตอรอล



9. จากปฏิกิริยาสปอนิฟิเคชันต่อไปนี้ จงหาค่าเลขสปอนิฟิเคชัน



10. การทดสอบความไม่อิ่มตัวของลิพิด สามารถทำการทดสอบได้โดยใช้ปฏิกิริยาใด

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ ฤดีสิริศักดิ์. (2553). **ปฏิบัติการชีวเคมี**. กรุงเทพฯ: ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชัน.

คณาจารย์ภาควิชาชีวเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2554). **ชีวเคมี**. กรุงเทพฯ : เซนเกจ เลินนิ่ง (ประเทศไทย) จำกัด.

ดาวัลย์ ฉิมภู่. (2548). **ชีวเคมี**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พัชรี บุญศิริ เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์ อุบล ชาอ่อน และปีติ ธุวจิตต์. (2550). **ตำราชีวเคมี**. พิมพ์ครั้งที่ 5. ขอนแก่น : คลังนานาวิทยา.

เรืองลักขณา จามิกรณ์. (2544). **ชีวเคมีเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ศุภศิษฎ์ อรุณรุ่งสวัสดิ์. (2552). ชีวเคมีพื้นฐาน. กรุงเทพฯ : ท้อป.

Mcmurry, John E. (2004). **Organic Chemistry**. Boston, NY : Thomson Learning.

Solomons , T.W. Graham and Fryhle, Craig B. (2004). **Organic Chemistry** (8th-ed). New York, NY : John Wiley & Sons.

Thermo Fisher Scientific. (7 April 2013). **Detergents for Cell Lysis and Protein Extraction**. Retrieved from https://www.lifetechnologies.com/th/en/home/life-science/protein-biology/protein-biology-learning-center/protein-biology-resource-library/pierce-protein-methods/detergents-cell-lysis-protein-extraction.html