ไขมันและน้ำมัน (Fat and Oil)

3

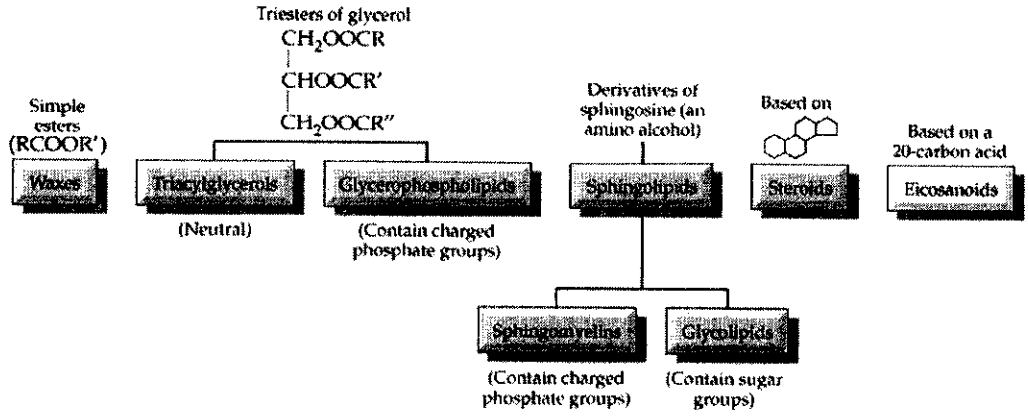
จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของไขมันและน้ำมัน
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณความไม่อิ่มตัวของไตรกลีเซอไรด์บางชนิด
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของกรดไขมันในลิพิดและสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของลิพิด

ทฤษฎี

ไขมันและน้ำมัน (Fat and Oil) จัดเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ในสิ่งมีชีวิตประเภทลิพิด (Lipid) ไม่ละลายในน้ำแต่ละลายในตัวทำละลายไม่มีขั้ว เช่น อีเทอร์ เบนซีน คาร์บอนเตเตราคลอไรด์ เฮกเซน เป็นต้น

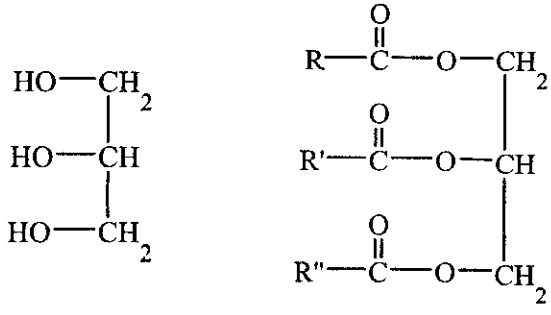
ไขมันและน้ำมันมีชื่อทางเคมีว่า **ไตรกลีเซอไรด์** (Triglyceride) เป็นแหล่งให้พลังงานแก่ร่างกาย จึงเป็นสารอาหารที่จำเป็นและใช้เป็นตัวทำละลายวิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค พบในอาหารชนิดต่างๆ เช่น เนย มาร์การีน น้ำมันพืช เนื้อสัตว์ และเนยถั่ว ในร่างกายไตรกลีเซอไรด์จึงเป็นแหล่งเดียวที่สามารถให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวของกรดลิโนลีอิก (Linoleic acid) ซึ่งร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้ นอกจากนี้แล้วไตรกลีเซอไรด์ยังช่วยทำให้ร่างกายรู้สึกหิวช้าลงเมื่อรับประทาน



รูปที่ 8.1 สารประกอบไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ในสิ่งมีชีวิตประเภทลิพิด (Lipid)

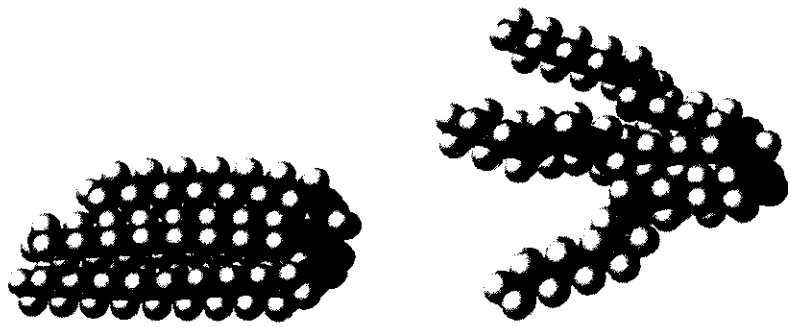
ไตรกลีเซอไรด์จัดเป็นสารประกอบเอสเทอร์ที่มาจากปฏิกิริยาของกรดไขมัน (Fatty acid) 3 โมเลกุล กับ 1 โมเลกุลของกลีเซอรอล (Glyceral) *ไขมัน (Fat)* เป็นไตรกลีเซอไรด์ที่เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ส่วน*น้ำมัน (Oil)* มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง

3 Fatty acid + Glycerol → Triglyceride + 3 Water



Glycerol Triglyceride

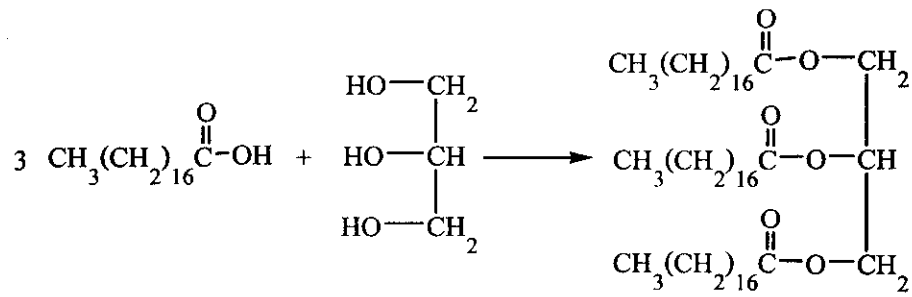
โครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์จึงมีสองส่วน ส่วนแรกคือส่วนของอัลกอฮอล์ที่มาจากกลีเซอรอล ส่วนที่สองคือส่วนของโซ่ยาวของกรดไขมัน ดังรูปที่ 9.2

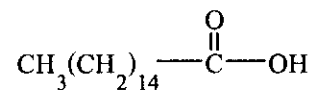


ไขมัน น้ำมัน

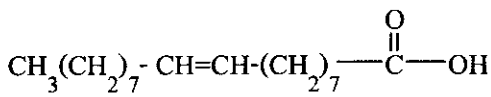
รูปที่ 9.2 แสดงโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน

สำหรับหมู่ R ของกรดไขมันอาจเป็นกรดไขมันชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ เช่น

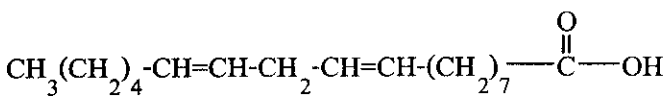




Palmitic acid

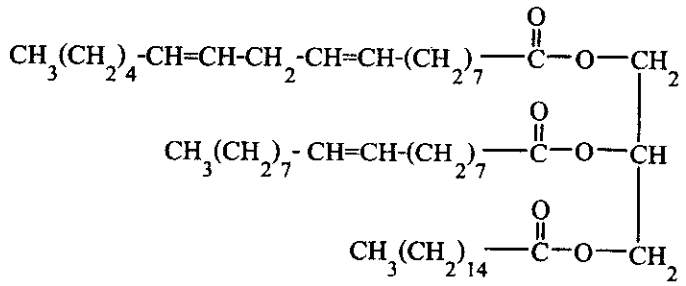


Oleic acid



Linoleic acid

กรดปาลมิติกเป็น*กรดไขมันอิ่มตัว*ที่โซ่ยาวของไฮโดรคาร์บอนพันธะของคาร์บอน-คาร์บอนมีแต่พันธะเดี่ยวเท่านั้น ส่วนอีกสองชนิดเป็น*กรดไขมันไม่อิ่มตัว* จะมีพันธะคู่อยู่ภายในโซ่ยาวของไฮโดรคาร์บอน ไตรกลีเซอไรด์ที่มาจากกรดไขมันข้างต้นกับกลีเซอรอลจะเป็นชนิดของโมเลกุลในน้ำมันเมล็ดฝ้าย



โครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันเมล็ดฝ้าย (Cottonseed oil)

การอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวของกรดไขมันเป็นสาเหตุที่ทำให้ไตรกลีเซอไรด์มีสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลว กรดไขมัน*อิ่มตัว*เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง เช่น ไข วัว เนย ในขณะที่กรดไขมัน*ไม่อิ่มตัว*จะเป็นของเหลว เช่น น้ำมันถั่วเหลือง ทั้งนี้เพราะจุดหลอมเหลวมีสัมพันธ์กับความไม่อิ่มตัวของโมเลกุล จุดหลอมเหลวเป็นสัดส่วนผกผันกับจำนวนของพันธะคู่ในโซ่ยาวที่มาจากกรดไขมันของไตรกลีเซอไรด์ และเป็นสัดส่วนกับจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุล ส่วนใหญ่จะมีจำนวนคาร์บอนเป็นคู่ ระหว่าง 10 ถึง 18 คาร์บอนอะตอม ดังตารางที่ 9.1

ตารางที่ 9.1 แสดงจุดหลอมเหลวของกรดไขมันบางชนิด

ชื่อ	จำนวนคาร์บอนอะตอม	จุดหลอมเหลว, °C
Saturated fatty acids		
Capric	10	32
Lauric	12	44
Myristic	14	54
Palmitic	16	63
Steric	18	70
Unsaturated fatty acids		
Oleic (1 double bonds/molecule)	18	16
Linoleic (2 double bonds/molecule)	18	5
Linolenic (3 double bonds/molecule)	18	-11

ไขมันและน้ำมัน เป็นแหล่งของอาหารในธรรมชาติที่มีกรดไขมันชนิดต่างๆ ประกอบอยู่ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและสัตว์ ตลอดจนแหล่งที่ปลูกพืชและอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ ซึ่งมักจะคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิ่มตัว ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่าหนึ่งพันธะ (Polyunsaturated fat) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่เพียงพันธะเดียว (Monounsaturated fat) พบว่าไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบจะมีสภาพของแข็งหรือกึ่งของแข็ง เช่น ไขมันจากสัตว์ ในทางตรงกันข้ามไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมักพบในน้ำมันพืช เช่น น้ำมันมะกอก น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดอกทานตะวัน ดังตารางที่ 9.2

ตารางที่ 9.2 แสดงเปอร์เซ็นต์กรดไขมันแต่ละประเภทในอาหารบางชนิด

ชนิดของไขมัน/น้ำมัน	Saturated fat, %	Polyunsaturated fat, %	Monounsaturated fat, %
น้ำมันดอกคำฝอย	9	78	13
น้ำมันดอกทานตะวัน	11	69	20
น้ำมันข้าวโพด	13	62	25
น้ำมันมะกอก	14	9	77
น้ำมันถั่วเหลือง	15	61	24
น้ำมันถั่วลิสง	18	34	48
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	27	12	47
น้ำมันหมู	41	12	47
น้ำมันปาล์ม	51	10	39
ไขเนื้อวัว	52	4	44
ไขมันนม	66	4	30
น้ำมันมะพร้าว	92	2	6

แต่อย่างไรก็ตามพบว่ายังมีน้ำมันพืชบางชนิดที่มีเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิ่มตัวอยู่เป็นปริมาณมาก ได้แก่ น้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าว ดังนั้นครีมเทียมบางชนิดที่ทำมาจากน้ำมันมะพร้าวจึงมีกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่าครีมที่ทำมาจากไขมันนม

ไขมันและน้ำมันบางชนิดที่มีเปอร์เซ็นต์กรดไขมันไม่อิ่มตัวมาก สามารถที่จะเปลี่ยนลักษณะเป็นของแข็งได้ โดยการเติมไฮโดรเจน (Hydrogenation) ที่พันธะคู่ของคาร์บอน-คาร์บอน ทำให้พันธะดังกล่าวเปลี่ยนเป็นพันธะเดี่ยวได้ ดังเช่นน้ำมันถั่วลิสงเป็นน้ำมันที่มีปริมาณมากทั้งกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่าหนึ่งพันธะ และกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่เพียงพันธะเดียว สามารถทำปฏิกิริยากับก๊าซไฮโดรเจนโดยมีโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้เป็นเนยถั่วลิสงที่มีลักษณะกึ่งของแข็งและมีคุณภาพเช่นเดียวกับน้ำมันถั่วลิสง

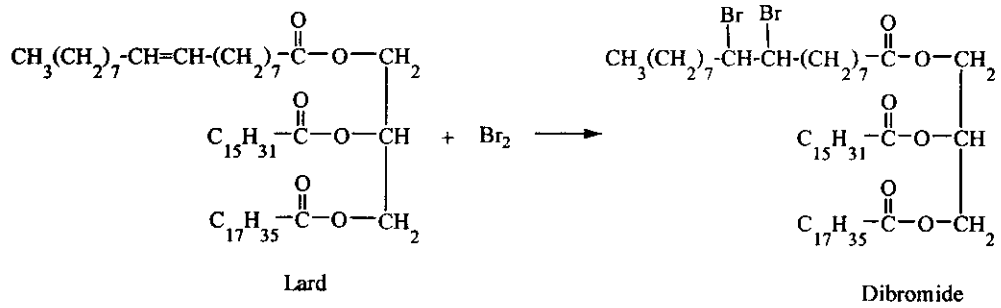
ปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์

ไตรกลีเซอไรด์เป็นสารประกอบเอสเทอร์และบางชนิดมีโซ่ยาวของอัลคีนประกอบอยู่ด้วย ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจึงเกิดขึ้นได้สองส่วน สำหรับปฏิกิริยาที่สำคัญของสารประกอบเอสเทอร์คือ

1. *ปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยน้ำ* (Hydrolysis) การทำปฏิกิริยากับน้ำของสารประกอบเอสเทอร์ โดยมีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะให้สารผลิตภัณฑ์เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล
2. *ปฏิกิริยาสะพอนิฟิเคชัน* (Saponification) เป็นปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์กับเบสได้สารผลิตภัณฑ์เป็นกลีเซอรอลและเกลือของกรดไขมัน (สบู่)

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับหมู่ฟังก์ชันของอัลคีน ได้แก่ปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจน การป้องกันการเหม็นหืน ปฏิกิริยากำจัดความชื้นในน้ำมัน (Drying oil) ปฏิกิริยาการเพิ่มน้ำ (Hydration) และปฏิกิริยาเพิ่มเข้าของฮาโลเจน (Halogenation)

การทดลองนี้เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเพิ่มเข้าของฮาโลเจนที่พันธะคู่ในโซ่ยาวของกรดไขมันในไตรกลีเซอไรด์ โดยการทำปฏิกิริยากับโบรมีน (Br_2) เรียกว่า *Bromination* เช่น การทำปฏิกิริยาเพิ่มเข้าของโบรมีนในน้ำมันหมู



Iodine Number

เพื่อความสะดวกในการวัดระดับขั้นของความไม่อิ่มตัว (degree of unsaturation) ของไตรกลีเซอไรด์ จะใช้ปริมาณของไอโอดีน (*Iodine number*) เป็นกรัม ที่ทำปฏิกิริยากับ 100 กรัมของไตรกลีเซอไรด์ แต่เนื่องจากปฏิกิริยาของไอโอดีนเกิดขึ้นช้าและไม่ค่อยสมบูรณ์ จึงใช้การทำปฏิกิริยาของสารที่มีความไวกว่า เช่น BrI, BrCl หรือ Br_2 แล้วใช้เทียบกลับกับไอโอดีน การทดลองวันนี้ใช้โบรมีนละลายในกรดแอซีติก ซึ่งอัตราเปรียบเทียบโดยน้ำหนักของโบรมีนกับไอโอดีนเป็น 127/80 สำหรับไตรกลีเซอไรด์ที่มีส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวเพียงอย่างเดียว จะมีค่า *Iodine number* เป็นศูนย์ แต่ไตรกลีเซอไรด์ที่มีส่วนของกรดไขมันเป็นชนิดที่มีพันธะคู่หลายพันธะ ค่าของ *Iodine number* จะมีค่ามาก อาหารที่มีไตรกลีเซอไรด์ชนิดที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ มักจะใช้ในคนที่ต้องการควบคุมอาหารเป็นพิเศษ เพื่อป้องกันภาวะที่ผนังเส้นเลือดใหญ่หนา

ตารางแสดงค่า *Iodine number* ของลิพิดบางชนิด http://www.csmt.ewu.edu/csmt/chem/jcorkill/TGcompo.html

Copyright © 1998, by John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

คำถามก่อนการทดลอง

1. จงยกตัวอย่างลิพิดที่พบในชีวิตประจำวันมา 5 ตัวอย่าง
2. ไขมันและน้ำมันแตกต่างกันอย่างไรบ้างอธิบาย
3. ในการรับประทานไขมันหรือน้ำมัน ถ้าต้องการลดปริมาณของคอเลสเทอรอลในร่างกายควรจะรับประทานชนิดใด ยกตัวอย่าง

อุปกรณ์และสารเคมี

1. น้ำมันชนิดต่างๆ 3 ชนิด
2. สารละลายไดคลอโรมีเทน (CH_2Cl_2)
3. ขวดรูปกรวย
4. หลอดหยด
5. สารละลายโบรมีน 5% ในกรดแอซีติก
6. จุกยางปิดขวดรูปกรวย
7. แท่งคน
8. ช้อนตักสาร

วิธีทำการทดลอง

สังเกตลักษณะทางกายภาพของน้ำมันตัวอย่าง บันทึกผลการทดลอง

การหาค่า *Iodine number* ของน้ำมัน

1. ชั่งสารตัวอย่างน้ำมันประมาณ 0.2-0.3 กรัม ใส่ขวดรูปกรวย ละลายด้วยสารละลายไดคลอโรมีเทน 5 มล. ใช้แท่งแก้วคนสารละลาย
2. เตรียมสารละลาย *Blank*

นำขวดรูปกรวยใส่สารละลายไดคลอโรมีเทน 10 มล. หยดสารละลาย 5% ของโบรมีน ลงไป 10 หยด ปิดจุก เขย่า แล้วนำมาวางบนกระดาษขาว

3. ชั่งน้ำหนักของขวดรูปกรวยในข้อ 1 บันทึกน้ำหนักเป็นกรัม หยดสารละลาย 5%ของโบรมีน ทีละหยด (แกว่งขวดรูปกรวยเป็นบางครั้ง) สังเกตสีของสารละลาย หยดต่อไปจนกระทั่งสีของสารละลายเหมือนกับสารละลาย *Blank* ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง
4. ทำซ้ำกับสารตัวอย่างชนิด
5. คำนวณหาค่า *Iodine number* จากสมการ

$$\textit{Iodine number} = \frac{(\text{น้ำหนักของสารละลายโบรมีน} - 0.2\ \text{กรัม}) \times 0.05 \times \frac{127}{80} \times 100}{\text{น้ำหนักของสารตัวอย่าง}}$$

0.2 กรัม คือ 10 หยดของสารละลาย 5%โบรมีนที่เติมลงในสารละลาย *Blank*
0.05 แทน 5%ของสารละลายโบรมีน
100 เป็นการคำนวณคิดเทียบกับไตรกลีเซอไรด์ 100 กรัม

ผลการทดลอง

	สารตัวอย่าง	ลักษณะ
1.	.....	.....
		.....
2.	.....	.....
		.....

ตารางบันทึกผล

	สารตัวอย่าง 1		สารตัวอย่าง 2	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
น้ำหนักของสารตัวอย่าง (กรัม)				
น้ำหนักของขวดรูปกรวยในการทดลอง ข้อ 3. **ก่อน**เติม 5%โบรมีน (กรัม)				
น้ำหนักของขวดรูปกรวยในการทดลอง ข้อ 3. **หลัง**เติม 5%โบรมีน (กรัม)				
น้ำหนักของสารละลาย 5% โบรมีนที่ใช้ (กรัม)				
น้ำหนักเฉลี่ยของสารละลาย 5% โบรมีนที่ใช้				
ค่า *Iodine number* ที่คำนวณได้				

ตอบคำถาม

1. จงแสดงวิธีการคำนวณค่า *Iodine number* ของสารตัวอย่างที่ 1
2. เปรียบเทียบค่า *Iodine number* ของสารตัวอย่างที่ 1 และสารตัวอย่างที่ 2 พร้อมอธิบายสาเหตุที่ทำให้ค่า *Iodine number* แตกต่างกัน
3. จงเขียนสมการเคมี ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาของกลีเซอรอลกับกรดไขมันของ 2 โมเลกุลของกรดสเตียริก และ 1 โมเลกุลของกรดไลโนลิอิก และพร้อมเขียนสูตรโครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์ที่ได้
4. จงเขียนสูตรโครงสร้างของคอเลสเทอรอล