บทที่ 4 ลิพิดและกรดไขมัน
Lipids and Fatty Acids

จุดประสงค์การเรียนรู้

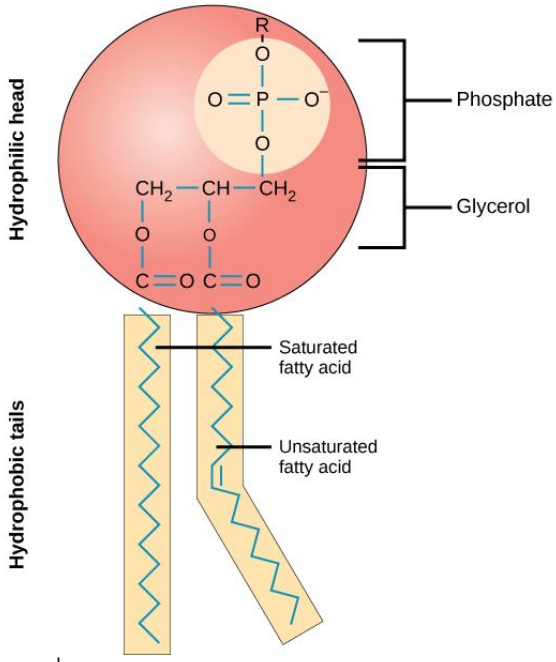
1. อธิบายถึงคุณสมบัติและจำแนกประเภทของลิพิดและกรดไขมันได้
2. บอกบทบาทหน้าที่ของลิพิดและกรดไขมันได้

ลิพิด (lipid) เป็นสารชีวโมเลกุลขนาดใหญ่ มีบทบาทสำคัญในการใช้เป็นแหล่งพลังงานสำรองของร่างกาย และเป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด (NRC, 2007; McDonald et al., 2011) โดยลิพิดที่เป็นพลังงานสำรองของร่างกายมนุษย์และสัตว์ ได้แก่ ไตรเอซิลกลีเซอรอล (triacylglycerol) ซึ่งประกอบไปด้วย กรดไขมัน (fatty acid) และ กลีเซอรอล (glycerol) ส่วนลิพิดที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ เนื้อเยื่อสมองและประสาท ได้แก่ ฟอสโฟลิพิด (phospholipid) สฟิงโกลิพิด (sphingolipid) และ คอเลสเตอรอล (cholesterol) เป็นต้น (นัยนา, 2553)

คุณสมบัติของลิพิด

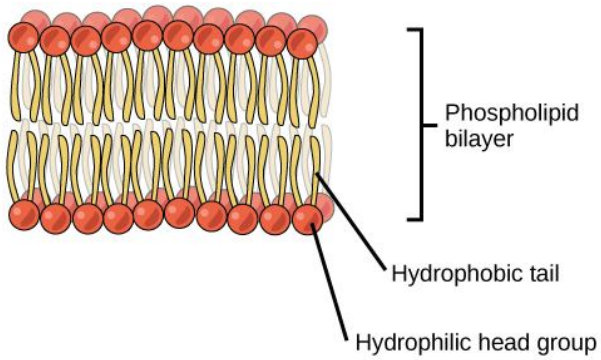
ลิปิด ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน แต่สัดส่วนของทั้ง 3 ธาตุจะไม่คงที่เหมือนกับโภชนะตัวอื่น (บุญล้อม, 2546) โดยปกติลิพิดจะมีจำนวนธาตุออกซิเจนน้อยกว่าคาร์บอนและไฮโดรเจนมาก ลิพิดมีโครงสร้างเป็นไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) ที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) แต่ละลายได้ในตัวทำละลายไม่มีขั้ว (nonpolar) คือตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น คลอโรฟอร์ม อีเทอร์ โพรพาโนน เบนซีน เป็นต้น ในขณะที่บางกลุ่มของลิพิดมีทั้งโครงสร้างที่แสดงการมีขั้ว (polar) ด้วย ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความชอบน้ำ (hydrophilic) ดังนั้นอาจเรียกกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่แสดงคุณสมบัติทั้ง 2 อย่าง คือทั้งชอบน้ำและไม่ชอบน้ำอยู่ในโมเลกุลเดียวกัน หรือ แอมฟิไฟล์ (amphiphile) (ภาพที่ 4.1) โดยทั่วไปลิพิดมีคุณสมบัติไม่ละลายในน้ำ แต่มีลิพิดบางชนิด เช่น ฟอสโฟกลีเซอไรด์ และสฟิงโกลิพิด ที่มีคุณสมบัติเป็นแอมฟิไฟด์ คือ มีส่วนที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ เมื่อนำมาละลายน้ำ ลิพิดเหล่านั้นจะมีโครงสร้างได้ 3 แบบคือ 1) แบบไมเซลล์ (micelle) โดยลิพิดจะหันส่วนที่มีขั้ว (หมู่คาร์บอกซิล) ไว้ด้านนอกเพื่อสัมผัสกับน้ำ และจะเอาส่วนหาง (สายไฮโดรคาร์บอน) ที่ไม่ชอบน้ำเอาไว้ด้านใน 2) แบบแผ่นชั้นเดียว (monolayer) จะมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มชั้นเดียว ลอยอยู่บนผิวน้ำ ส่วนที่มีขั้วจะสัมผัสกับน้ำ ส่วนที่ไม่ชอบน้ำจะชี้ขึ้นไปในอากาศ และ 3) แบบแผ่นสองชั้น (bilayer) ลิพิดจะหันส่วนที่ชอบ

น้ำไว้ด้านนอกผิว 2 ด้าน และเอาส่วนที่ไม่ชอบน้ำไว้ตรงกลาง ลักษณะเช่นนี้จะพบได้ในเยื่อหุ้มเซลล์ (ภาพที่ 4.2) นอกจากนี้เมื่อนำฟอสโฟกลีเซอไรด์มาเขย่าในน้ำและผ่านคลื่นเสียงมีความถี่สูง มันจะเรียงตัวเป็นถุงปิด ที่ผนังจะเรียงตัวเป็น 2 ชั้น มีน้ำอยู่ภายในถุง เรียกโครงสร้างเหล่านี้ว่า ลิโปโซม (liposome) โครงสร้างนี้มีประโยชน์นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและยา โดยจะนำมาใช้เป็นพาหะในการนำส่งยาเข้าสู่อวัยวะเป้าหมาย เนื่องจากมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับเยื่อหุ้มเซลล์ (Riis, 1983)



ภาพที่ 4.1 โครงสร้างของลิพิดที่เป็นแอมฟิไฟล์ (amphiphile)

ที่มา: OpenStax College (2013)



ภาพที่ 4.2 โครงสร้างของลิพิดที่เป็นแบบแผ่นสองชั้น (bilayer)

ที่มา: OpenStax College (2013)

กระบวนการทางเคมีของลิพิด

1. การเกิดสปอนนิพิเคชัน (sponification) เป็นขบวนการที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของกรดไขมันกับด่าง ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ เกลือของกรดไขมันหรือสบู่นั่นเอง ปฏิกิริยา sponification จะให้ค่าคงที่ค่าหนึ่งคือ sponification number ค่านี้หาได้จาก จำนวนมิลลิกรัมของ KOH ที่ใช้ในการ sponify ไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัม ค่าลิพิดแต่ละชนิดมีค่า sponification number เฉพาะตัวจึงสามารถนำค่านี้ไปใช้ในการหาน้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันซึ่งเป็นองค์ประกอบของลิพิดได้ โดยลิพิดที่มีกรดไขมันโมเลกุลใหญ่จะมีค่า sponification number น้อยกว่าลิพิดที่มีกรดไขมันโมเลกุลน้อยเป็นองค์ประกอบ

2. การเกิดฮาโลจีเนชัน (halogenation) กรดไขมันไม่อิ่มตัวสามารถทำปฏิกิริยากับธาตุฮาโลเจนได้ โดยการเติมฮาโลเจนเข้าไปในพันธะคู่ ผลของปฏิกิริยาจะทำให้เกิดการฟอกจากสีของสารละลายฮาโลเจน เรียกขบวนการนี้ว่า ฮาโลจีเนชัน ซึ่งปฏิกิริยานี้จะให้ค่าคงที่ค่าหนึ่งคือ iodine number ซึ่งหาได้จากจำนวนกรัมของไอโอดีนที่เติมเข้าไปในน้ำมันหรือไขมัน 100 กรัม ค่านี้สามารถนำไปใช้หาความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันได้โดยถ้าค่า iodine number สูงแสดงว่ามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงอยู่ในโมเลกุล

3. การเกิดไฮโดรจีเนชัน (hydrogenation) เป็นขบวนการเปลี่ยนน้ำมันให้เป็นไขมัน ในบางครั้งเรียกว่า “Hardening” สามารถทำได้โดยให้ก๊าซไฮโดรเจน ภายใต้ความกดดัน (25 ปอนด์/ตารางนิ้ว) ลงไปในถังที่ใส่น้ำมันร้อนๆ (200 °C) และมี Ni เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนน้ำมันถั่วเหลืองให้กลายเป็นมาการีน เป็นต้น

4. การเหม็นหืน (racidity) ปกตินำ้มันและไขมันบริสุทธิ์จะไม่มีกลิ่น แต่ในบางครั้งลิพิดทั้ง 2 ชนิดอาจมีกลิ่นหืนได้ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยทั่วไปไขมันไม่อิ่มตัวจะเหม็นหืนง่ายกว่าไขมันอิ่มตัว แต่ในทางอุตสาหกรรมมีการใส่สารป้องกันการเหม็นหืนที่เรียกว่า “antioxdants” ลงไปเล็กน้อยจะช่วยป้องกันการเกิดกลิ่นได้ โดยสาร antioxdants ที่นิยมใช้ได้แก่ วิตามิน C และ E เป็นต้น

จำแนกประเภทของลิพิด

ลิพิดสามารถแยกออกได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ ลิพิดอย่างง่าย (simple lipid) ลิพิดเชิงประกอบ (compound lipid) อนุพันธ์ของลิพิด (derived lipid) และลิพิดอื่นๆ (miscellaneous lipid) (นัยนา, 2553)

1. ลิพิดอย่างง่าย (simple lipid) คือลิพิดที่เป็นเอสเตอร์ของกรดไขมัน (fatty acids) กับแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1.1 ไขมัน (fat) และน้ำมัน (oil) เป็นเอสเตอร์ของกรดไขมัน และกลีเซอรอล (glycerol) ในรูปของไตรเอซิลกลีเซอรอล (tryacylglycerol) โดยถ้าไตรเอซิลกลีเซอรอลอยู่ในสภาวะที่เป็นของเหลวจะเรียกว่า น้ำมัน แต่ถ้าอยู่ในรูปของแข็งจะเรียกว่าไขมัน

1.2 แวกซ์ หรือไข (waxes) เป็นเอสเตอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงๆ ที่ไม่ใช่กลีเซอรอล เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ มีลักษณะแข็งเมื่อเย็นและจะอ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อน ตัวอย่างที่พบเห็นได้ คือ ขี้ผึ้ง

2. ลิพิดเชิงประกอบ (compound lipid) คือลิพิดที่เป็นเอสเตอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์และสารอื่น แบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่

2.1 ฟอสโฟลิพิด (phospholipids) ประกอบด้วย กรดไขมัน แอลกอฮอล์ และกรดฟอสฟอริค บางครั้งอาจจะพบเบสที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบรวมอยู่ด้วยก็ได้ เช่น กลีเซอโรฟอสโฟลิพิด (glycerophospholipids) และ สฟิงโกฟอสโฟลิพิด (sphingophospholipids)

2.2 ไกลโคลิพิด (glycolipids) เป็นลิพิดที่ประกอบด้วยกรดไขมัน สฟิงโกไซน์ และคาร์โบไฮเดรต

2.3 ลิพิดเชิงประกอบชนิดอื่นๆ เช่น ลิโพโปรตีน (lipoproteins) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของลิพิดและโปรตีน หรือ ซัลโฟลิพิด (sulfolipids) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของลิพิดและซัลเฟอร์ เป็นต้น

3. อนุพันธ์ของลิพิด (derived lipid) หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายของลิพิดอย่างง่าย หรือลิพิดเชิงประกอบที่ยังคงคุณสมบัติของลิพิดอยู่ ได้แก่ กรดไขมัน, โมโนเอซิลกลีเซอรอล (monoacylglucerol) และไดเอซิลกลีเซอรอล (diacylglucerol) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายไตรเอซิลกลีเซอรอล (triacylglucerol) เป็นต้น

4. ลิพิดอื่นๆ (miscellaneous lipid) เป็นลิพิดที่ไม่สามารถจำแนกเข้ากลุ่มได้ เช่น สเตอรอยด์ (steroid) เทอร์พีน (terpene) ไอโคซานอยด์ (icosanoid) เป็นต้น

กรดไขมัน (fatty acids)

กรดไขมันคือกรดแอลิแฟติกคาร์บอกซิลิก (aliphatic carboxylic acid) ที่มีสายของไฮโดรคาร์บอนยาวขนาดต่างๆ กันมีสูตรโครงสร้างโดยทั่วไปเป็น R–COOH โดย R คือสายไฮโดรคาร์บอน กรดไขมันที่พบในไขมันและน้ำมัน ตามธรรมชาติจะอยู่ในรูปของเอสเทอร์

(ester) เป็นลิพิดชนิดต่างๆ ส่วนกรดไขมันที่พบใน พลาสม่าจะอยู่ในรูปเสรี โดยจับอยู่กับแอลบูมิน กรดไขมันมักมีโครงสร้างเป็นสายตรง ไม่แตกแขนงและมีคาร์บอนเป็นจำนวนคู่ สายไฮโดรคาร์บอนของกรดไขมันอาจจะมีพันธะคู่ หรือไม่มีก็ได้ ดังนั้นจึงแบ่งกรดไขมันออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid), กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid)

คุณสมบัติของกรดไขมัน

1. ลักษณะทางกายภาพของกรดไขมันขึ้นอยู่กับความยาวของสายไฮโดรคาร์บอนและความอิ่มตัวหรือไม่อิ่มตัว โดยปกติแล้วจุดหลอมเหลวของกรดไขมันจะแปรผันตรงตามความยาวของสายไฮโดรคาร์บอน ในขณะที่จะแปรผกผันกับความไม่อิ่มตัวของกรดไขมัน กล่าวคือ ในกรดไขมันที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่จะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่ากรดไขมันที่มีขนาดเล็ก และในกรดไขมันที่อิ่มตัวจะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่ากรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว ดังนั้นจะเห็นว่าน้ำมันพืชซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีพันธะคู่อยู่ในโมเลกุลจะมีสภาพเป็นของเหลวแม้ว่าจะมีอุณหภูมิลดลงถึง 4 องศาก็ตาม

2. กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ส่วนมากจะเป็นประเภทที่ไม่อิ่มตัว เนื่องจากในเยื่อหุ้มเซลล์มีความจำเป็นที่จะต้องประกอบด้วยไขมันที่มีสถานะภาพเป็นของเหลวเพื่อทำหน้าที่ทางชีวภาพได้ ในขณะที่ไขมันที่เป็นองค์ประกอบของลิพิดที่จะถูกเก็บสะสมเป็นพลังงานสำรอง จะมีความอิ่มตัวมากกว่าที่พบในเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นต้น

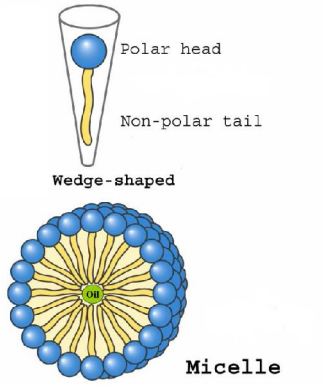
3. กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีการจัดเรียงตัวตรงตำแหน่งพันธะคู่ ได้ 2 แบบ คือ แบบ *cis–form* และ *trans–form* กรดไขมันแบบ *trans* จะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าแบบ *cis* กรดไขมันไม่อิ่มตัวเกือบทั้งหมดมีโครงสร้างแบบ *cis–form*

4. กรดไขมันไม่สามารถดูดแสงในช่วง visible light และ near ultraviolet light แต่ถ้าใช้โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และให้ความร้อนกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 พันธะ สามารถเปลี่ยนพันธะ คู่ให้เป็นแบบคอนจูเกต (conjugated double bond, –CH=CH–CH=CH–) ซึ่งสามารถดูดแสงได้ใน ช่วงคลื่นแสง 230–260 nm จึงใช้เป็นวิธีหาปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 พันธะได้

5. กรดไขมันคือสามารถเติมธาตุหมู่ฮาโลเจน (halogen) เช่น ไอโอดีน หรือคลอรีน ลงในพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้ และใช้วิธีนี้หาจำนวนพันธะคู่ในกรดไขมัน หรือลิพิดได้ ขณะที่กรดไขมันในสิ่งมีชีวิตจะอยู่ในรูปเอสเตอร์ (ester) หรือ เอไมด์ (amide) และกรดไขมัน

อิสระมีค่า pKa ประมาณ 4.85 จึงสามารถแตกตัวได้ที่ physiological pH และพบปริมาณน้อยในพลาสมา สามารถจับกับ โปรตีนอัลบูมินได้

6. โครงสร้างของกรดไขมันมี 2 ส่วน คือส่วนที่ละลายน้ำได้ ได้แก่ บริเวณหมู่คาร์บอกซิล และส่วนที่ไม่ละลายน้ำได้แก่ ส่วนของสายไฮโดรคาร์บอน เมื่อนำกรดไขมันมาเขย่ากับน้ำกรดไขมันจะกระจายตัวเป็นหยดน้ำมันเล็กๆในน้ำ โดยกรดไขมันจะหันส่วนที่ไม่ชอบน้ำไว้ข้างใน และเอาส่วนที่ชอบน้ำไว้ด้านนอกเพื่อสัมผัสกับน้ำ การฟอร์มตัวแบบนี้เรียกว่า ไมเซลล์ (micelle) (ภาพที่ 4.3)



ภาพที่ 4.3 การฟอร์มตัวของกรดไขมันในรูปแบบของไมเซลล์ (micelle)

ที่มา: Nelson and Cox (2000)

การจำแนกชนิดของกรดไขมัน

กรดไขมันสามารถจำแนกตามโครงสร้างได้ 2 ชนิด ดังนี้ (แสดงดังภาพที่ 4.4)

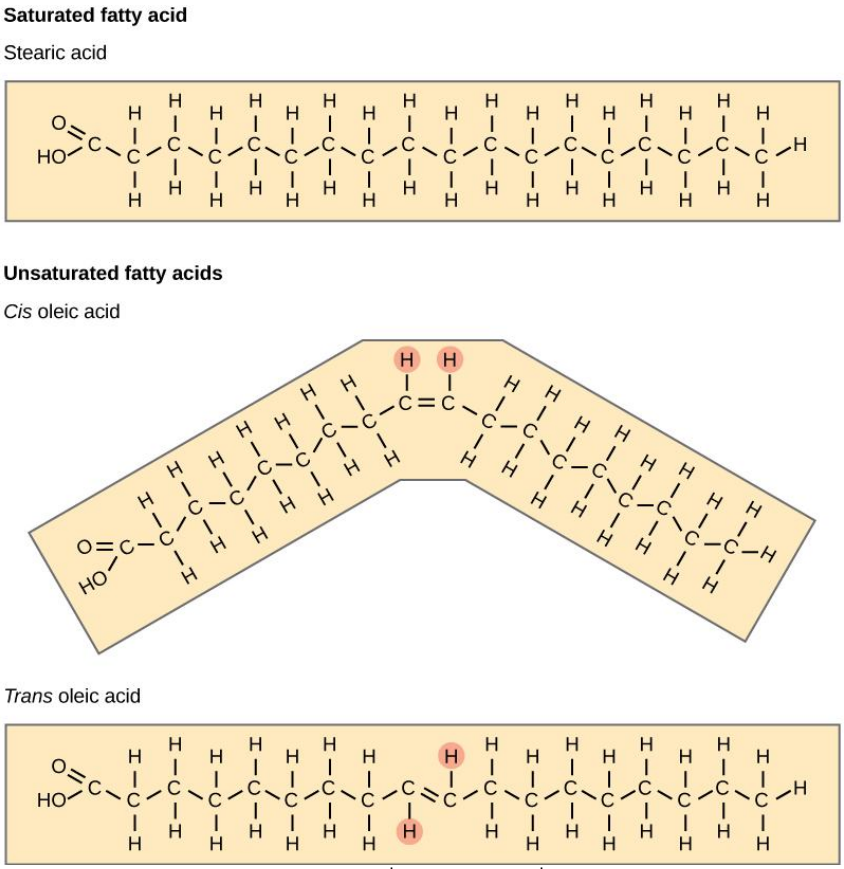
1. **กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids)** เป็นกรดไขมันที่มีโครงสร้างอะตอมคาร์บอนและไฮโดรเจนเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเดี่ยวตลอดสาย กรดไขมันอิ่มตัวที่มีมากที่สุดธรรมชาติ คือ กรดพาลมิติก (palmitic acid: C16) รองลงมา คือ กรดสเตียริค (stearic acid: C18) ซึ่งกรดไขมันเหล่านี้ร่างกายได้รับจากอาหารหรือสังเคราะห์ขึ้นได้เอง

2. **กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids)** เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่บนโครงสร้างคาร์บอน ตรงตำแหน่งพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีโครงสร้าง 2 แบบ คือ แบบ *cis* และ *trans* ส่วนใหญ่กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีพันธะคู่อยู่ในรูปแบบ *cis* ในธรรมชาติจะพบกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวมากที่สุดและมักพบว่าพันธะคู่จะอยู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอนที่ 9

หรือ 10 (Mapato et al., 2010) โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด ตามลักษณะของโครงสร้างและจำนวนพันธะคู่ ดังนี้

2.1 กรดไขมันที่มี 1 พันธะคู่ (monounsaturated fatty acids) เป็นกลุ่มที่พันธะคู่เพียง 1 พันธะ กรดไขมันที่มีมากที่สุดในร่างกาย คือ กรดพาล์มิโทเลอิค (palmitoleic, C16:1) และกรดโอเลอิค (oleic acid, C18:2) จากการศึกษาวิจัยของ Mapato et al. (2010) พบว่า การเสริมน้ำมันมะพร้าวที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่ โดยทำการเสริมที่ระดับ 3% ในสูตรอาหารข้น สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตน้ำนมในโคนมได้

2.2 กรดไขมันที่มีมากกว่า 1 พันธะคู่ (polyunsaturated fatty acids) เป็นกลุ่มที่มีพันธะคู่มากกว่า 2 พันธะขึ้นไป ปกติพันธะคู่ของกรดไขมันจะไม่อยู่ชิดกัน มีหมู่ methylene (–CH_2–) คั่นกลาง ตัวอย่างเช่น กรดลิโนเลอิก (linoleic, C18:2) กรดลิโนเลนิก (linolenic, C18:3) และกรดอะแรชิโดนิก (arachidonic, C20:4) เป็นต้น (Park et al., 2013)



ที่ 4.4 เปรียบเทียบโครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว และแสดงการเกิดรูปแบบของ *cis* และ *trans* ของกรดโอเลอิก

ที่มา: OpenStax College (2013)

3. ไอโคซานอยด์ (eicosanoids) เป็นอนุพันธ์ของกรดไขมันชนิดที่มีพันธะมากกว่า 1 คู่ และมีจำนวนคาร์บอนมากกว่า 20 อะตอม (eicosa หมายถึง 20) ซึ่งเกิดจากกรดไขมันดังกล่าวถูกย่อยแล้วได้ผลผลิตที่มีวงแหวนคาร์บอนตรงกลางโมเลกุล แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

3.1 Prostanoids แบ่งออกได้เป็น prostaglandins (PGs), prostacyclins (PGIs) และ thromboxanes (TXs)

3.2 Leukotrienes จะแตกต่างจาก prostanoids คือไม่มีวงแหวนคาร์บอน แต่จะเป็นกรดไขมันที่มีหมู่ไฮดรกซิลมากๆ แทน พบครั้งแรกในเม็ดเลือดขาว ต่อมาพบใน mastocytoma cells, platelets และ macrophages มีหน้าที่เกี่ยวกับโรคภูมิแพ้

การจำแนกกรดไขมันตามความจำเป็นของร่างกายได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1. กรดไขมันไม่จำเป็น (Non- essential fatty acid) เป็นกรดไขมันที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้เอง กรดไขมันไม่จำเป็นที่พบมากที่สุดในร่างกาย ได้แก่ กรดพาล์มิติก (C16) และกรดสเตียริก (C18) ตามลำดับ

2. กรดไขมันจำเป็น (Essential fatty acid ; EFA) เป็นกรดไขมันที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้เองจำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น (Morel et l., 2013) กรดไขมันจำเป็นที่มีความสำคัญต่อร่างกาย ได้แก่ กรดลิโนเลอิก กรดลิโนเลนิก และ กรดอะราซิโดนิก สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ (ดังแสดงความสัมพันธ์ในภาพที่ 4.5) (Park et al., 2013)

2.1 กรดไขมันโอเมก้า 3 (Omega-3 fatty acid) ประกอบด้วย

2.1.1 กรดลิโนเลนิก (linolenic acid) หรือ ωw-3 fatty acid มีสูตรโมเลกุลคือ 18:3 ω-3 เป็นกรดไขมันที่ร่างกายไม่สามารถผลิตได้เอง ต้องได้รับจากสารอาหารเท่านั้น ω-3 fatty acids จะมีพันธะคู่ ที่ตำแหน่ง C3 นับจากหมู่เมทิล พบมากในอาหารจำพวกปลาและน้ำมันพืช เช่น ปลาเซลมอน (salmon) ปลาซาดีนส์ (sardines) ผลวอลนัท (walnut) และ ถั่วหลือง (Morel et l., 2013) จากการศึกษาพบว่า ถ้าได้รับกรดไขมันชนิด ω-3 นี้ ในปริมาณที่เพียงพอ (ประมาณ 350-400 mg / วัน) อาจจะป้องกันโรคหัวใจได้

2.1.2 Eicosapentaenoic acid (EPA) มีสูตรโมเลกุล 22:5 n-3 โดยมีจำนวนคาร์บอน 22 อะตอม มีพันธะคู่ 5 คู่ พบมากในปลา น้ำมันตับปลาและสาหร่าย

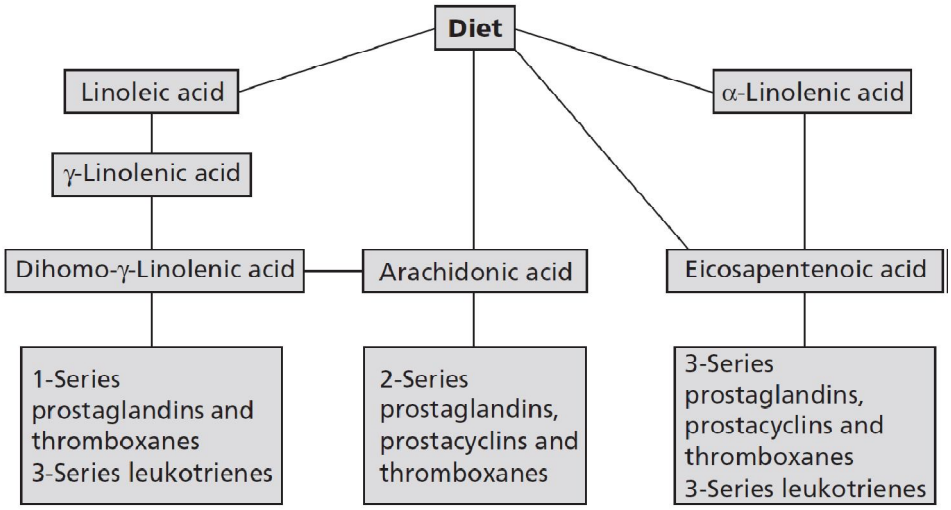
2.1.3 Docosahesaenoic acid (DHA) เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีโมเลกุลยาวที่สุด มีสูตรโมเลกุล 22:6 n-3 โดยมีจำนวนคาร์บอน 22 อะตอม มีพันธะคู่ 6 คู่

เป็นส่วนสำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์สมองและจอตา เป็นกรดไขมันที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตตามปกติของเซลล์ประสาทของทารกในครรภ์

2.2 กรดไขมันโอเมก้า 6 (Omega-6 fatty acid) ประกอบด้วย

2.2.1 กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) หรือ ω-6 fatty acid หรือวิตามินเอฟ มีสูตรโมเลกุล 18:2 n-6 เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวและเป็นวิตามินประเภทที่ละลายในไขมัน มีประโยชน์ช่วยให้ร่างกายเผาผลาญไขมันอิ่มตัวได้ดีขึ้น ช่วยให้เซลล์ได้รับสารอาหารได้มากขึ้น โดยเป็นตัวป้อนสารอาหารให้แก่เซลล์ รักษาสมดุลของระบบการแข็งตัวของเลือด เสริมสร้างความแข็งแรงให้แก่ผนังหลอดเลือดและเยื่อหุ้มเซลล์ (Morel et l., 2013) รวมตัวกับคอเรสเทอรอลเพื่อขนส่งไปในกระแสเลือด มีผลทำให้ระดับคอเรสเทอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดลดลง ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์กรดลิโนเลอิกได้ต้องได้จากสารอาหารเท่านั้น กรดลิโนเลอิกมีมากในน้ำมันพืช เช่น น้ำมันข้าวโพด น้ำมันเมล็ดทานตะวัน (ยกเว้น น้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าว) ในสัตว์น้ำ เช่น ปลา หอย จะพบกรดลิโนเลอิกได้เช่นกัน โดยเฉพาะในน้ำมันตับปลาคอด จะมีกรดลิโนเลอิกมากที่สุด (NRC, 2000; NRC, 2002)

2.2.2 กรดอะราชิโดนิก (arachidonic acid) เป็นกรดไขมันที่สร้างจากกรดลิโนเลอิก มีความสำคัญในการพัฒนาของระบบประสาทและการทำงานของระบบประสาทตา นอกจากนี้ยังช่วยลดระดับคอเรสเทอรอลและป้องกันโรคหัวใจหลอดเลือดได้ด้วย กรดอะราชิโดนิกมีมากในน้ำมันดอกคำฝอย น้ำมันดอกทานตะวัน และน้ำมันถั่วเหลือง ถ้าร่างกายขาดจะทำให้ผิวหนังอักเสบ ติดเชื้อง่าย แผลหายช้า



ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกรดไขมันที่จำเป็นและไอโคซานอยด์

ที่มา: McDonald et al. (2011)

สารประกอบเอซิลกลีเซอไรด์ (acylglyceride)

กรดไขมันเมื่อรวมตัวกับกลีเซอรอลจะได้ สารประกอบกลีเซอไรด์ หรือ เอซิลกลีเซอรอล (acylglycerol) ซึ่งแบ่งเป็น 3 กลุ่ม

1. โมโนเอซิลกลีเซอไรด์ (monoacylglyceride) เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน 1 โมเลกุล กับกลีเซอรอล 1 โมเลกุล โดยหมู่คาร์บอกซิล (–COOH) ของกรดไขมัน 1 หมู่ จะจับกับหมู่ไฮดรอกซิล (–H) ของกลีเซอรอล ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 หรือ 2 อย่างใดอย่างหนึ่งจะได้ 1–monoglyceride หรือ 2–monoglyceride ตามลำดับ

2. ไดเอซิลกลีเซอไรด์ (diacylglyceride) เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน 2โมเลกุลกับกลีเซอรอล 1 โมเลกุล โดยหมู่คาร์บอกซิล (–COOH) ของกรดไขมัน 2 หมู่ จะจับกับหมู่ไฮดรอกซิล (–OH) ของกลีเซอรอล ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 และ 3 หรือ ตำแหน่งที่ 1 และ 2

3. ไตรเอซิลกลีเซอไรด์ (triacylglyceride) เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน 3 โมเลกุลกับกลีเซอรอล 1 โมเลกุล โดยหมู่ไฮดรอกซิล(–OH) ทั้ง 3 หมู่ของกลีเซอรอล จะจับกับหมู่คาร์บอกซิล (–COOH) ของกรดไขมันทั้ง 3 หมู่กรดไขมันที่มาจับกับกลีเซอรอลอาจเป็นชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ กลีเซอไรด์ที่พบมากในธรรมชาติส่วนใหญ่อยู่ในรูปไตรเอซิลเซอไรด์

ประโยชน์ของลิปิดและกรดไขมัน (Klaus, 1994; NRC, 2000; NRC, 2002)

กรดไขมันในร่างกายมีหน้าที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. ให้พลังงาน ไขมัน 1 กรัม ให้พลังงาน 9 กิโลแคลลอรี่
2. เป็นตัวทำละลายวิตามินในไขมัน คือวิตามินเอ ดี อีและเค
3. เป็นอาหารสะสมของร่างกาย จะถูกนำมาเผาผลาญให้พลังงาน เมื่อเกิดภาวะขาดแคลนอาหาร
4. ช่วยป้องกันการกระทบกระเทือนของอวัยวะภายใน
5. ป้องกันความร้อนภายใน ให้ออกสู่ภายนอกอย่างช้าๆ ซึ่งจะสังเกตได้จากคนอ้วนจะไม่ค่อยรู้สึกหนาวในขณะที่อากาศเย็น
6. เป็นโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ ได้แก่ ฟอสโฟลิพิด คอเลสเทอรอล และไกลโคลิพิด
7. เป็นส่วนประกอบของระบบต่างๆ ในร่างกาย เช่นระบบประสาท เนื้อเยื่อ
8. เป็นสารตั้งต้นของวิตามินและฮอร์โมนหลายชนิด เช่นวิตามินดี อี และฮอร์โมนพวกสเตรอยด์
9. กลุ่ม eicosanoids มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการอักเสบและการแข็งตัวของเลือด

10. เป็นตัวอิมัลซิไฟด์ (emulsifying agents) ช่วยทำให้ลิพิละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำในขบวนการย่อยและการดูดซึมอาหาร

สรุป

ลิพิดเป็นสารชีวโมเลกุลขนาดใหญ่ที่ไม่ละลายในน้ำแต่สามารถละลายในตัวทำละลายได้ ในขณะที่บางกลุ่มของลิพิดมีทั้งโครงสร้างที่แสดงการมีขั้วด้วย ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความชอบน้ำ ดังนั้นอาจเรียกกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่แสดงคุณสมบัติทั้ง 2 อย่าง คือทั้งชอบน้ำและไม่ชอบน้ำอยู่ในโมเลกุลเดียวกัน ลิพิดประกอบด้วย ไขมัน น้ำมัน ไข ฟอสโพลิพิด ลิโพโปรตีน กรดไขมัน กลีเซอรอล สเตอรอยด์ เทอร์พีน ไอโคซานอยด์) เป็นต้น กรดไขมันที่พบในไขมันและน้ำมัน ตามธรรมชาติจะอยู่ในรูปของเอสเทอร์เป็นซึ่งลิพิดชนิดต่างๆ โดยสามารถจำแนกกรดไขมันตามโครงสร้าง คือกรดไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันไม่อิ่มตัว หรือ อาจจำแนกตามความจำเป็นของร่างกาย ได้แก่กรดไขมันไม่จำเป็นต่อร่างกายเช่น กรดพาล์มิติก (C16) และกรดสเตียริก (C18) ตามลำดับ และ กรดไขมันจำเป็น ได้แก่ กรดลิโนเลอิก กรดลิโนเลนิก และ กรดอะราชิโดนิก

กรดไขมันเมื่อรวมตัวกับกลีเซอรอลจะได้ สารประกอบกลีเซอไรด์ หรือ เอซิลกลีเซอรอล (acylglycerol) ซึ่งแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ โมโนเอซิลกลีเซอไรด์ ไดเอซิลกลีเซอไรด์ และไตรเอซิลกลีเซอไรด์ โดยกลีเซอไรด์ที่พบมากในธรรมชาติส่วนใหญ่อยู่ในรูปไตรเอซิลเซอไรด์

ลิปิดและกรดไขมันมีความสำคัญหลายด้าน เช่น เป็นแหล่งพลังงานสะสม เมื่อเกิดภาวะขาดแคลนอาหาร ป้องกันความร้อนภายใน เป็นโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นส่วนประกอบของระบบต่างๆ ในร่างกาย เป็นสารตั้งต้นของวิตามินและฮอร์โมนหลายชนิด เกี่ยวข้องกับการอักเสบและการแข็งตัวของเลือด

คำถามท้ายบท

1. จงอธิบายคุณสมบัติของลิพิดและกรดไขมัน
2. จงจำแนกประเภทของลิพิดและกรดไขมัน
3. ไตรเอซิลกลีเซอไรด์คืออะไร มีบทบาทสำคัญอย่างไร
4. บอกบทบาทหน้าที่ของลิพิดและกรดไขมันมาโดยสังเขป

เอกสารอ้างอิง

นัยนา บุญทวียุวัฒน์. 2553. ชีวเคมีทางโภชนาการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์ เจริญดีมั่นคงการพิมพ์. กรุงเทพฯ. จำนวน 424 หน้า.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2546. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. ปรับปรุงครั้งที่ 2. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ธนบรรณการพิมพ์, เชียงใหม่. จำนวน 202 หน้า.

Klaus, U. 1994. Comparative Animal Biochemistry. Springer– Verlag, Berlin Heidelberg, Germany. 782 pp.

Mapato, C., M. Wanapat and A. Cherdthong. 2010. Effects of urea treatment of straw and dietary level of vegetable oil on lactating dairy cows. Trop. Anim. Health Prod. 42:1635–1642.

McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, C. A. Morgan, L. A. Sinclair, R. G. Wilkinson. 2011. Animal Nutrition (7th ed). Pearson, Harlow, England. 692 pp

Morel, P.C.H., J. Leong, W.G.M. Nuijten, R.W. Purchas, B.H.P. Wilkinson. 2013. Effect of lipid type on growth performance, meat quality and the content of long chain n–3 fatty acids in pork meat. Meat Science. 95: 151–159.

Nelson, D.L., and Cox, M.M. (2000) Lehninger principles of biochemistry, 3rd ed., New York: Worth Publishers., chapter 11–12, p. 363–399.

National Research Council. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle, 7th edn,Washington, DC, National Academy Press.

National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th edn,Washington, DC, National Academy Press.

National Research Council. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants, Washington, DC, National Academy Press.

OpenStax College. 2013. Lipids, Connexions module: m44401. http://cnx.org/content/m44401/1.7/

Park, Y., J. Kim, A.G. Scrimgeour, M.L.Condlin, D. Kim, Y. Park. 2013. Conjugated linoleic acid and calcium co–supplementation improves bone health in ovariectomised mice. Food Chemistry. 140: 280–288.

Riis, P.M. 1983. Dynamic biochemistry of animal production. Elsevier Science Publisher B.V., The Netherlands. 501 pp.