

ไขมันและน้ำมัน: การทบทวนประเภทและผลกระทบต่อสุขภาพ

ชนิตา อุณหพิพัฒพงศ์¹, สุรณัฐ เจริญศรี², วีระเดช พิศประเสริฐ³

¹ หน่วยโภชนวิทยาคลินิก กลุ่มงานอายุรกรรม โรงพยาบาลขอนแก่น ขอนแก่น ประเทศไทย

² อนุสาขาวิชาต่อมไร้ท่อและเมตาบอลิซึม สาขาวิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น ประเทศไทย

³ อนุสาขาวิชาโภชนศาสตร์คลินิก สาขาวิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น ประเทศไทย

Fats and Oils: A Review of Their Types and Health Implications

Chanita Unhapipatpong¹, Suranut Charoensri², Veeradej Pisprasert³

¹ Division of Clinical Nutrition, Department of Medicine, Khon Kaen Hospital, Khon Kaen, Thailand, 40000

² Division of Endocrinology and Metabolism, Department of Medicine, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, 40002

³ Division of Clinical Nutrition, Department of Medicine, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, 40002

Thai JPEN 2025;33(1):13-29.

บทคัดย่อ

โรคไม่ติดต่อเรื้อรังถือเป็นปัญหาสำคัญทั่วโลก ปัจจัยเสี่ยงสำคัญที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ คือ การเลือกบริโภคอาหารโดยเฉพาะไขมันและน้ำมันที่ปรุงอาหาร ซึ่งหากเลือกบริโภคชนิดของไขมันหรือน้ำมันที่เหมาะสม อาจช่วยลดความเสี่ยงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังรวมถึงโรคอ้วน และโรคไขมันผิดปกติได้อีกด้วย ผลกระทบของการบริโภคไขมันอิ่มตัวที่มาจากสัตว์และน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวมาจากพืช ส่งผลต่อปัจจัยเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือดแตกต่างกัน ควรพิจารณาเลือกบริโภคน้ำมันที่มีส่วนประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวทดแทนการบริโภคไขมันอิ่มตัว นอกจากนี้ควรพิจารณาถึงวิธีการปรุงอาหาร ซึ่งจะส่งผลต่อการเลือกน้ำมันและไขมันในอาหาร เนื่องจากจุดเกิดควันของไขมันหรือน้ำมันที่ใช้ปรุงอาหารจะต้องสอดคล้องกับวิธีการปรุงอาหาร อีกทั้งน้ำมันที่ใช้ทอดควรหลีกเลี่ยงการใช้น้ำมันทอดซ้ำ เนื่องจากมีโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง นอกจากนี้ ควรพิจารณาคอเลสเตอรอลในอาหาร แม้ว่าคอเลสเตอรอลในอาหารไม่ได้ส่งผลต่อการเพิ่มระดับไขมันในเลือดมากนัก แต่อาหารที่บริโภคพร้อมกับอาหารที่มีคอเลสเตอรอลสูง เช่น เนื้อสัตว์แปรรูป และประเภทของไขมันที่ใช้เป็นส่วนประกอบอาหาร เช่น เนย อาจเพิ่มระดับไขมันในเลือด และส่งผลต่อความเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือด ดังนั้น ควรบริโภคอาหารที่สมดุล และควรตระหนักถึงชนิดของไขมันในอาหารและน้ำมันที่บริโภคด้วย บทความนี้จะเป็นการทบทวนวรรณกรรมเพื่อการทำความเข้าใจบทบาทของน้ำมันบริโภคประเภทต่าง ๆ ผลกระทบต่อโรคอ้วน และผลกระทบต่อสุขภาพหัวใจและหลอดเลือด

Corresponding author: Veeradej Pisprasert, MD

Division of Clinical Nutrition, Department of Medicine, Faculty of Medicine,
Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, 40002

Email: pveera@kku.ac.th

ABSTRACT

Noncommunicable diseases (NCDs) represent a global burden. Dietary patterns, especially dietary fats and edible oils, are among the modifiable factors that can affect the risks of NCDs, including obesity and dyslipidemia. The effects of saturated fats on CVD risk factors differ between animal-based and plant-based fats. Dietary saturated fat intake should be replaced by foods rich in unsaturated fatty acids.

The type of cooking is also important for choosing edible oils and dietary fats, with smoking points needing to be appropriate. Reusing frying oils should be avoided due to polycyclic aromatic hydrocarbons, which are carcinogenic agents. Dietary cholesterol does not solely affect serum lipid profiles, but foods that are consumed together, especially processed meats, and the type of fat also affect CVD risk. Hence, a balanced dietary pattern should be maintained, and emphasis should be placed on the type of dietary fats and edible oils. This comprehensive review states the effect of edible oils and solid fat on obesity and cardiovascular disease.

คำสำคัญ: ไขมัน, น้ำมัน, โรคหัวใจและหลอดเลือด, คอเลสเตอรอล, จุดเกิดควัน

Keywords: fat, oil, cardiovascular disease, cholesterol, smoking point

บทนำ

น้ำมันและไขมันที่บริโภคมีบทบาทสำคัญในโภชนาการของมนุษย์ เนื่องจากน้ำมันมีการดัดแปลงให้เป็นและให้พลังงานแก่ร่างกาย น้ำมันและไขมันเป็นแหล่งพลังงานที่ให้พลังงานสูง โดย 1 กรัม ให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี นอกจากนี้ น้ำมันและไขมันที่บริโภคมักทำหน้าที่เป็นตัวพาของวิตามินที่ละลายในไขมัน ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค รวมถึงยังจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม การบริโภคน้ำมันหรือไขมันที่มากเกินไป โดยเฉพาะน้ำมันหรือไขมันบางประเภท มีความเชื่อมโยงกับความเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด เช่น ไขมันอิ่มตัว ซึ่งส่วนใหญ่พบในไขมันจากสัตว์ และไขมันทรานส์ซึ่งมักพบในอาหารแปรรูป ซึ่งสามารถเพิ่มระดับคอเลสเตอรอลชนิดแอลดีแอลคอเลสเตอรอล (low density lipoprotein, LDL-C) และเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคหัวใจ ในทางกลับกันไขมันหรือน้ำมันที่มีการดัดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acids, PUFAs) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acids, MUFAs) ที่พบในน้ำมันจากพืชอาจส่งผลดีต่อสุขภาพของหัวใจเมื่อบริโภคในปริมาณที่เหมาะสม ดังนั้นปัจจุบันแนะนำให้ลดการบริโภคน้ำมันหรือไขมันอิ่มตัว และควรแทนที่ด้วยอาหารที่อุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพื่อลดความเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด

บทความนี้จึงเป็นการทบทวนวรรณกรรมเพื่อทำความเข้าใจ

เข้าใจ บทบาทของน้ำมัน และไขมันที่บริโภคประเภทต่าง ๆ และผลกระทบต่อโรคอ้วน และสุขภาพหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งถือเป็นสิ่งสำคัญในการส่งเสริมสุขภาพร่างกายโดยรวมที่ดี

1. คำนิยามของ ลิพิด ไขมัน น้ำมันและคอเลสเตอรอล

ลิพิด (lipids) เป็นสารอินทรีย์ที่เป็นส่วนประกอบของสารอาหารหลัก (macronutrients) ที่ให้พลังงาน และมีทำหน้าที่ต่าง ๆ ที่สำคัญต่อการดำรงชีวิต เช่น เป็นแหล่งสะสมพลังงานให้ร่างกาย เป็นโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ ช่วยจัดระเบียบและควบคุมกระบวนการของเซลล์ ลิพิดเป็นคำกว้าง ๆ ที่ใช้เรียกรวมทั้ง ไขมัน น้ำมัน และคอเลสเตอรอล

ไขมัน (fats) และน้ำมัน (oils) มีส่วนประกอบเป็นไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ซึ่งไตรกลีเซอไรด์ประกอบด้วยเอสเทอร์ (ester) ของกลีเซอรอล (glycerol) เป็นแกน และกรดไขมัน (fatty acid) สามชนิด โดยที่คำเรียกไขมันหรือน้ำมันขึ้นอยู่กับสถานะทางกายภาพที่อุณหภูมิห้อง ไขมันจะมีสภาพเป็นของแข็ง และน้ำมันจะมีสภาพเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง^{2,3}

ไตรกลีเซอไรด์ เป็นคำเรียกโมเลกุลที่เป็นรูปแบบหลักในการจัดเก็บและขนส่งกรดไขมันภายในเซลล์ โดยเฉพาะเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) และในพลาสมา (plasma)⁴

คอเลสเตอรอล (cholesterol) เป็นแอลกอฮอล์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (high-molecular-weight alcohols) และมีโครงสร้างจำเพาะ โดยที่นิวเคลียสสเตอรอลส่วนกลาง

(central sterol nucleus) เป็นลักษณะเฉพาะของฮอร์โมนสเตียรอยด์ทั้งหมด (steroid hormones) คอเลสเตอรอลทำหน้าที่เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ในร่างกาย และจำเป็นสำหรับการพัฒนาสมองและเนื้อเยื่อประสาท นอกจากนี้ยังเป็นสารตั้งต้นของกรดน้ำดี ฮอร์โมนสเตียรอยด์ และ 7-ดีไฮโดรโคเลสเตอรอล (7-dehydrocholesterol) ในผิวหนัง ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของวิตามินดี คอเลสเตอรอลที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในอาหารมีต้นกำเนิดจากสัตว์เท่านั้น โดยพบได้สูงสุดในอาหารจำพวกตับ ไข่แดง เนื้อสัตว์โดยเฉพาะสัตว์เนื้อแดง สัตว์ปีกโดยเฉพาะผิวหนัง นมสด และชีส²

ลิพิดที่หมุนเวียนในเลือดอยู่ในรูปของโครงสร้างไลโปโปรตีน (lipoproteins) ซึ่งประกอบด้วยคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิพิด (phospholipids) และโปรตีน ไลโปโปรตีนหลักในเลือดมี 5 ชนิด ได้แก่

1. ไคโลไมครอน (chylomicron) เป็นไลโปโปรตีนที่อุดมด้วยไตรกลีเซอไรด์ขนาดใหญ่
2. ไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำมาก (very low-density lipoprotein, VLDL)
3. ไลโปโปรตีนความหนาแน่นปานกลาง (intermediate-density lipoprotein, IDL)
4. ไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำ (low-density lipoprotein, LDL) ซึ่งไหลเวียนในเลือด จะทำหน้าที่เคลื่อนย้ายคอเลสเตอรอลทั่วร่างกาย ไปยังเซลล์ที่มีความต้องการใช้คอเลสเตอรอล และบริเวณที่จำเป็นต่อการซ่อมแซมเซลล์ และหากมีระดับสูงในกระแสเลือด จะเกิดการสะสมในชั้นผนังหลอดเลือด ซึ่งนำไปสู่พยาธิสภาพของโรคหลอดเลือดแดงตีบตันและเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคหัวใจวาย โรคหลอดเลือดสมองและโรคหลอดเลือดแดงส่วนปลายได้

5. ไลโปโปรตีนความหนาแน่นสูง (high-density lipoprotein, HDL) ทำหน้าที่ในการนำคอเลสเตอรอลออกจากหลอดเลือดแดงและกลับไปยังตับ ซึ่งคอเลสเตอรอลจะถูกทำลายและส่งออกจากร่างกาย แต่ HDL-c ไม่สามารถกำจัดคอเลสเตอรอลได้ทั้งหมดเนื่องจาก HDL-c มีในเลือดปริมาณน้อย และพบว่าระดับ HDL-c ในระดับต่ำสัมพันธ์กับความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของโรคหัวใจและหลอดเลือด

ไลโปโปรตีนแต่ละประเภทเหล่านี้จะลำเลียงคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ไปยังปลายทาง ระดับคอเลสเตอรอลจึงมีบทบาทสำคัญในกระบวนการโรคหลอดเลือดหัวใจ ภาวะไขมันในเลือดสูง รวมถึงคอเลสเตอรอลรวม LDL-c และไตรกลีเซอไรด์ในซีรัมที่สูง เพิ่มความเสี่ยงโรคหลอดเลือดหัวใจและหลอดเลือด⁵

2. การแบ่งชนิดของไขมัน และน้ำมันกับรีโก

ไขมันและน้ำมัน มีส่วนประกอบเป็น ไตรกลีเซอไรด์ โดยในโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์ตามธรรมชาติจะมีกรดไขมันซึ่งจะถูกเอสเตอร์ไปยังตำแหน่งแบบแผนจำเพาะ (stereospecific positions) สามตำแหน่งบนแกนหลักกลีเซอรอล โดยตำแหน่งของกรดไขมันจะถูกกำหนดหมายเลขที่สัมพันธ์กับตำแหน่งแบบแผนจำเพาะ (stereospecific number: sn) คือ sn-1, sn-2 และ sn-3 ตามลำดับ ดังนั้น การแบ่งชนิดของไขมัน และน้ำมันในอาหารโดยรวมจะขึ้นอยู่กับประเภทของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบและความจำเพาะของสเตอริโอในโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งจะทำให้มีลักษณะทางกายภาพของไขมันหรือน้ำมันในอาหารแตกต่างกันไป⁶

ตัวอย่างการเขียนสูตรของกรดไขมัน เช่น กรดไขมันโอเลอิก oleic acid (C18: cis1, n-9) โดยที่

C18 หมายถึง	จำนวนคาร์บอนในสายกรดไขมัน โดยกรดโอเลอิกมีคาร์บอน 18 อะตอม
cis หมายถึง	พันธะคู่ในกรดไขมันมักจะอยู่ในรูปแบบซิส (cis configuration) หรือรูปแบบโค้งงอ
1 หมายถึง	จำนวนพันธะคู่ในสาย โดยกรดโอเลอิกมีพันธะคู่ 1 พันธะ
n-9 หรือ ω-9 หมายถึง	ตำแหน่งของพันธะคู่แรกโดยนับจากปลายเมทิลของกรดไขมัน โดยกรดโอเลอิกมีพันธะคู่แรกอยู่ตำแหน่งที่ 9 นับจากปลายเมทิล หรือ เรียกว่า โอเมกา 9 ⁷

2.1 การจำแนกชนิดของไขมันและน้ำมันตามความยาวกรดไขมัน

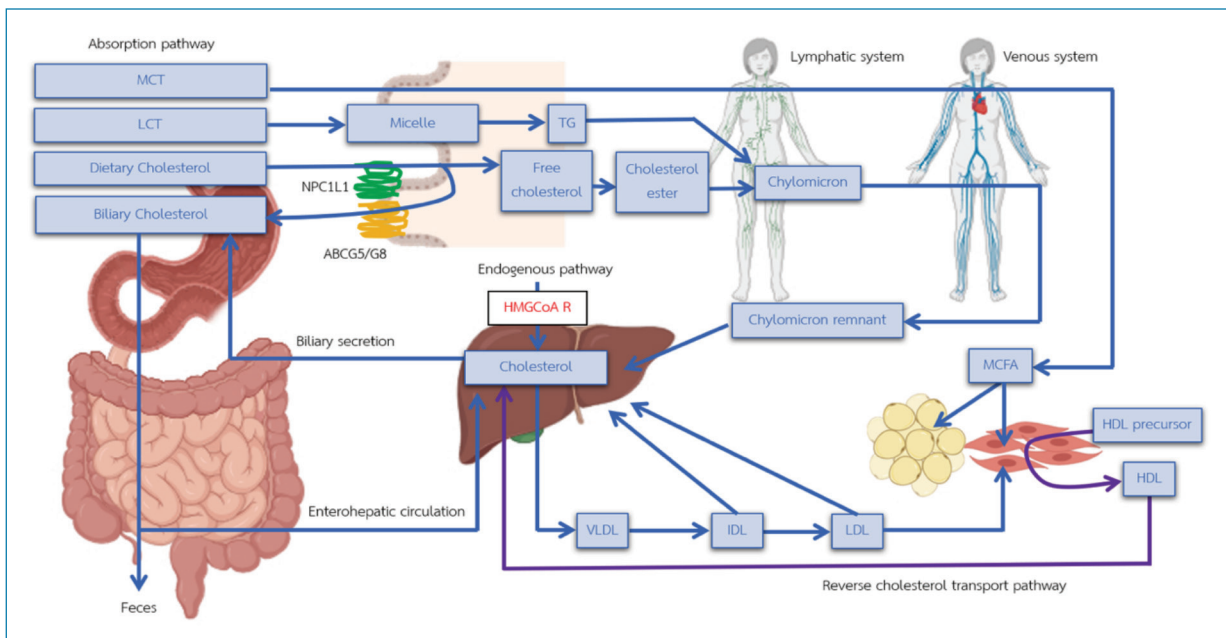
หากแบ่งตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนในความยาวสายโซ่อัลคิล (alkyl chain) ของกรดไขมันสามารถจำแนกได้

เป็น กรดไขมันสายสั้นซึ่งประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอน 2-4 อะตอม กรดไขมันสายกลางซึ่งประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอน 6-12 อะตอม และกรดไขมันสายยาวซึ่งประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอน 14-26 คาร์บอน⁸

2.1.1 กรดไขมันสายยาว (long-chain fatty acids; LCFA) เป็นส่วนประกอบหลักในน้ำมันที่พบในธรรมชาติ ส่วนใหญ่จากทั้งน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ กรดไขมันโดยทั่วไปประกอบด้วยสายอัลคิล และมีปลายสายเป็นหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) อาจถูกจัดกลุ่มเป็นกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid, SFA) หากไม่มีพันธะคู่ หรือกลุ่มกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) หากมีพันธะคู่อย่างน้อย 1 พันธะ 2 การดูดซึมของน้ำมันหรือไขมันที่มีส่วนประกอบเป็นกรดไขมันสายยาวต้องใช้กรดน้ำดี (bile acid) เป็นตัวอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ไขมันให้เป็นอนุภาคโคไลไมครอนขนาดเล็กดังรูปที่ 1 เพื่อเพิ่มกับการสัมผัสกับเอนไซม์ไลเปส

(lipase) จากนั้นไลโปโปรตีนไลเปส (lipoprotein lipase, LPL) จะไฮโดรไลซ์ (hydrolyze) ไตรกลีเซอไรด์ในโคไลไมครอนไปเป็นกรดไขมัน และจากนั้นจะใช้คาร์นิทีน (carnitine) เพื่อการถ่ายโอนกรดไขมันสายยาวผ่านไปยังเยื่อหุ้มไมโทคอนเดรียชั้นใน (inner mitochondrial membrane) เพื่อนำไปใช้ในปฏิกิริยาเบต้าออกซิเดชัน (β -oxidation) ต่อไป⁷

2.1.2 กรดไขมันสายกลาง (medium-chain fatty acids, MCFA) มักพบในไตรกลีเซอไรด์สายกลาง (medium-chain triglycerides, MCTs) ตัวอย่างของกรดไขมันสายกลาง เช่น กรดคาโปรอิก (caproic acid, C6:0) กรดคาไพริก (caprylic acid, C8:0) กรดคาปริก (capric acid, C10:0)



รูปที่ 1 แผนผังวิธึมแบบอิมัลซิฟิเคชันของไขมันและคอเลสเตอรอลจากการบริโภคอาหาร การสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในร่างกาย และการขนส่งไขมันภายในร่างกาย^{7,9}

- 1) การดูดซึมของน้ำมันหรือไขมันจากภายนอกในร่างกาย (exogenous pathway) น้ำมันหรือไขมันที่มีส่วนประกอบเป็นกรดไขมันสายยาว (long-chain triglyceride, LCT) ต้องใช้กรดน้ำดี (bile acid) เป็นตัวอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ไขมันให้เป็นอนุภาคโคไลไมครอนขนาดเล็กที่มีส่วนประกอบส่วนมากเป็นไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride, TG) ซึ่งมีกรดไขมันสายยาว (long-chain fatty acids, LCFA) ในขณะที่ไขมันสายกลาง (medium-chain triglycerides, MCTs) สามารถดูดซึมเข้าสู่หลอดเลือดดำพอร์ทัล (portal venous system) ผ่านการแพร่โดยไม่ต้องสร้างเป็นรูปแบบของโคไลไมครอน
- 2) ในขณะที่กระบวนการสร้างคอเลสเตอรอลในร่างกาย (endogenous system) จะเกิดขึ้นโดยเอนไซม์ 3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA reductase (HMGCoA R) ที่ตับ การการขนส่งลิพิดที่หมุนเวียนในเลือดในรูปของโครงสร้างไลโปโปรตีน (lipoproteins) ได้แก่ ไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำมาก (very low-density lipoprotein, VLDL) ไลโปโปรตีนความหนาแน่นปานกลาง (intermediate-density lipoprotein, IDL) ไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำ (low-density lipoprotein, LDL) ซึ่งจะทำหน้าที่เคลื่อนย้ายคอเลสเตอรอลทั่วร่างกาย และไลโปโปรตีนความหนาแน่นสูง (high-density lipoprotein, HDL) ทำหน้าที่ในการนำคอเลสเตอรอลออกจากหลอดเลือดแดงและกลับไปยังตับ ซึ่งคอเลสเตอรอลจะถูกทำลายและส่งออกจากร่างกาย
- 3) การเข้าสู่แหล่งรวมคอเลสเตอรอลทั้งร่างกายมาจากการดูดซึมคอเลสเตอรอลในทางเดินอาหารเข้าทาง Niemann-Pick C1-Like 1 (NPC1L1) และช่องทาง ATP-binding cassette transporters G5/G8 (ABCG5/G8) และการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลภายในร่างกาย คอเลสเตอรอลถูกสังเคราะห์โดยเซลล์เกือบทุกเซลล์ และจะถูกกำจัดออกจากร่างกายผ่านการสังเคราะห์กรดน้ำดี และการขับคอเลสเตอรอลออกจากร่างกายผ่านทางอุจจาระ

กรดลอริก (lauric acid, C12:0) เป็นต้น¹⁰ MCTs สามารถดูดซึมเข้าสู่หลอดเลือดดำพอร์ทัล (portal venous system) ผ่านการแพร่ โดยไม่ต้องสร้างเป็นรูปแบบของโคเลสเตอรอล ดังรูปที่ 1 ซึ่งแตกต่างจากไตรกลีเซอไรด์สายยาว long-chain triglyceride (LCT) ที่ต้องดูดซึมในรูปแบบโคเลสเตอรอลและเข้าสู่ระบบน้ำเหลือง (lymphatic system) ก่อนเข้าสู่ระบบหลอดเลือดดำพอร์ทัล อีกทั้ง MCTs จะถูกไฮโดรไลซ์อย่างสมบูรณ์เพื่อให้ได้กรดไขมันอิสระ และ MCFA สามารถผ่านเยื่อหุ้มไมโทคอนเดรียของตับและกล้ามเนื้อ โดยไม่ขึ้นกับระบบถ่ายโอนคาร์นิทีน ทำให้เป็นแหล่งพลังงานที่สามารถเมตาบอลิซึมให้เกิดพลังงานได้เร็วกว่ากรดไขมันสายยาว⁹ นอกจากนี้ MCTs มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่า LCT ขนาดโมเลกุลเล็กกว่า และให้พลังงานต่ำกว่าเล็กน้อย (8.4 เทียบกับ 9.2 กิโลแคลอรี/กรัม ตามลำดับ) และ MCTs เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง โดยที่น้ำมัน MCTs สังเคราะห์ (synthetic MCT oil) จะถูกสังเคราะห์ขึ้นโดยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันระหว่างกลีเซอรอลและ MCFA ซึ่งประกอบไปด้วย กรดคาโปรริก และกรดคาปริก เป็นส่วนใหญ่ โดยมีกรดไขมันลอริกในปริมาณน้อย ในขณะที่แหล่งน้ำมันในธรรมชาติที่ประกอบด้วย MCTs มีค่อนข้างจำกัด เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันจากเนื้อมะลิคัลปาล์ม (palm kernel oil) และนมวัว ตัวอย่างเช่น น้ำมันมะพร้าวมีกรดลอริกประมาณร้อยละ 45-53 เป็นปริมาณมากกว่า MCFA อื่นๆ ดังนั้น น้ำมันมะพร้าวจึงมีคุณสมบัติต่างกับน้ำมัน MCTs สังเคราะห์ แม้ว่าน้ำมัน MCTs สังเคราะห์จะช่วยให้เพิ่มความอิ่มเพิ่มขึ้นและลดการบริโภคอาหารได้เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันชนิดอื่น แต่ผลจากการศึกษายังไม่ยืนยันว่าน้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติดังกล่าว⁹ นอกจากนี้ น้ำมันมะพร้าวยังมีปริมาณไขมันอิ่มตัวสูงซึ่งมีอยู่ประมาณร้อยละ 92¹¹ และแม้ว่ากรดลอริกในน้ำมันมะพร้าวจะมีโครงสร้างเป็นกรดไขมันสายปานกลางแต่มีคุณสมบัติคล้ายกรดไขมันสายยาวในแง่การดูดซึม และเมแทบอลิซึมอีกด้วย¹²

2.1.3 กรดไขมันสายสั้น (short-chain fatty acids, SCFAs) ส่วนใหญ่ร้อยละ 90 เกิดจากการสร้างโดยจุลินทรีย์ในลำไส้โดยการหมักเส้นใยอาหารได้เป็น SCFAs มีบทบาทสำคัญในสุขภาพและการเกิดโรคของมนุษย์ ตัวอย่าง SCFAs หลักคือ acetate, propionate และ butyrate และนอกจากนี้ SCFAs มากกว่าร้อยละ 90 ถูกดูดซึมและถูกเผาผลาญโดยเซลล์ของลำไส้ใหญ่ (colonocytes) หรือตับ โดย butyrate เป็นแหล่ง

พลังงานที่สำคัญของเซลล์ของลำไส้ใหญ่อีกด้วย¹³

2.2 การจำแนกชนิดของไขมันและน้ำมันตามพันธะคู่ที่เป็นส่วนประกอบในกรดไขมัน

2.2.1 กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acids, SFAs) เป็นกรดอินทรีย์สายตรงที่มีอะตอมของคาร์บอนเป็นจำนวนคู่ มีอะตอมคาร์บอน 8 ถึง 18 อะตอม โดยไม่มีพันธะคู่ในสาย ได้แก่ กรดคาโปรริก (caprylic acid, C8:0) กรดคาโปรริก (caproic acid, C10:0) กรดลอริก (lauric acid, C12:0) กรดไมริสติก (myristic acid, C14:0) กรดปาล์มิติก (palmitic acid, C16:0) และกรดสเตียริก (stearic acid, C18:0) แหล่งที่มาของกรดไขมันอิ่มตัวในอาหารได้มาจากทั้งไขมันสัตว์และน้ำมันพืช ได้แก่ ไขมันเนย ไขมันเนื้อสัตว์ และน้ำมันพืชเขตร้อน (น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันเมล็ดในปาล์ม)¹⁴

2.2.2 กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated fatty acids, MUFAs) เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่เดี่ยวในสายคาร์บอนของกรดไขมัน ชนิดของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวที่สำคัญในอาหารคือ กรดโอเลอิก (oleic acid, C18:1) น้ำมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูง ได้แก่ น้ำมันคาโนลา/น้ำมันเรพซีด (canola oil/rapeseed oil) น้ำมันรำข้าว และน้ำมันมะกอก

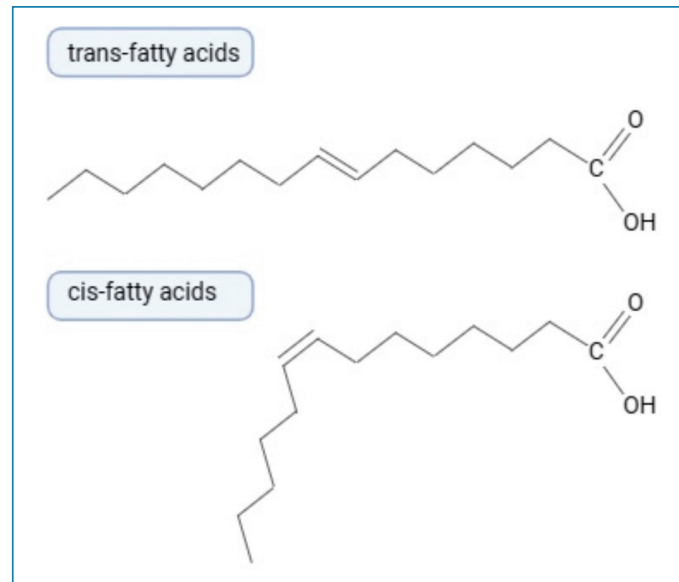
2.2.3 กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated fatty acids, PUFAs) เป็นกลุ่มของกรดไขมันที่มีอะตอมของคาร์บอนมากกว่า 18 อะตอมและมีพันธะคู่ไม่อิ่มตัวหลายพันธะ หากมีพันธะคู่คาร์บอนแรกอยู่ที่ตำแหน่งที่สามจากปลายเมทิลหรือโอเมก้า จะเรียกว่ากรดไขมันโอเมก้า-3 ได้แก่ กรดอัลฟาไลโนเลนิก (alpha-linolenic acid (ALA), C18:3ω3) กรดไอโคซาเพนทาอีโนอิก (eicosapentaenoic acid (EPA), C20:5ω3) กรดโดโคซาเฮกซาอีโนอิก docosahexaenoic acid (DHA; C22:6ω3) หากพันธะคู่คาร์บอนแรกอยู่ที่ตำแหน่งที่หกจากปลายเมทิล จะเรียกว่ากรดไขมันโอเมก้า-6 ได้แก่ กรดไลโนเลนิก (linoleic acid, LA) ซึ่งทั้ง ALA และ LA เป็นกรดไขมันจำเป็นทั้งคู่ และต้องได้รับจากอาหาร¹⁵

2.3 การจำแนกชนิดของไขมันและน้ำมันตาม Cis/Trans

โดยธรรมชาติแล้ว พันธะคู่ในกรดไขมันมักจะอยู่ในรูปแบบซิส (cis configuration) หรือรูปแบบโค้งงอ อย่างไรก็ตาม ในธรรมชาติจะมีพันธะคู่ในกรดไขมันในรูปแบบทรานส์ (trans geometrical configuration) คือ พันธะคู่เอทิลีนที่ด้านตรงข้ามของโซ่คาร์บอนหรือรูปแบบเส้นตรงได้เช่นกัน ดังรูปที่ 2

ซึ่งพบได้ประมาณร้อยละ 2-5 จากสัตว์เคี้ยวเอื้องธรรมชาติในนมและเนื้อสัตว์ นอกจากนี้กรดไขมันในรูปแบบทรานส์ยังพบได้ในน้ำมันที่สังเคราะห์ขึ้นโดยกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วน (partially hydrogenated oils) อีกร้อยละ 5-20⁷

พันธะทรานส์มีความเสถียรทางอุณหพลศาสตร์ (thermodynamical stability) มากกว่าพันธะซิส จึงมีปฏิกิริยาทางเคมีน้อยกว่า



รูปที่ 2 รูปแบบของกรดไขมันในรูปแบบซิสและรูปแบบทรานส์¹⁶

ไขมันทรานส์ที่ผลิตทางอุตสาหกรรมสามารถพบได้ในมาการีนหรือเนยเทียม เนยขาวจากผัก (vegetable shortening) เนยใสวานาสปาตี (vanaspathi ghee) อาหารทอด และขนมอบ เช่น แครกเกอร์ บิสกิต พาย เป็นต้น อาหารข้างทางแบบอบหรือทอดมักมีไขมันทรานส์ที่ผลิตทางอุตสาหกรรม ความแข็งของไขมันจะแปรผันตามความเข้มข้นของกรดไขมันทรานส์ กล่าวคือ หากมีความเข้มข้นของกรดไขมันทรานส์สูง ไขมันจะแข็งมากขึ้น กรดไขมันสามารถเปลี่ยนจากรูปแบบซิสไปเป็นรูปแบบทรานส์ได้โดยกระบวนการต่าง ๆ เช่น การทำความร้อน การอบ และการทอด กรดไขมันทรานส์มีส่วนเกี่ยวข้องกับโรคหัวใจและหลอดเลือดในผู้ใหญ่¹⁷ อันตรายของน้ำมันที่เติมไฮโดรเจนบางส่วนอาจไม่ได้เกิดจากไอโซเมอร์ของกรดไขมันทรานส์ เช่น กรดอีไลดิก (elaidic acid, C18:1n-9t) แต่อาจเกิดจากสารประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ ที่เกิดจากกระบวนการไฮโดรจิเนชันทางอุตสาหกรรม (industrial hydrogenation process) ในขณะที่กรดไขมันทรานส์ที่ได้มา

จากผลิตภัณฑ์นมและแหล่งสัตว์เคี้ยวเอื้องอื่น ๆ ไม่ใช่ไขมันที่ผ่านการเติมไฮโดรเจนบางส่วนนั้นไม่มีข้อมูลเพียงพอที่แสดงผลเสียต่อสุขภาพ¹⁸ ดังนั้น ประกาศจากกระทรวงสาธารณสุขจึงระบุให้น้ำมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วนและอาหารที่มีน้ำมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วนเป็นส่วนประกอบ เป็นอาหารที่ห้ามผลิต นำเข้า หรือจำหน่าย¹⁹ กรดไขมันทรานส์ควรระบุเป็น “ไขมันทรานส์” หรือ “ทรานส์” แยกบรรทัดใต้รายการไขมันอิ่มตัวในฉลากโภชนาการ ปริมาณไขมันทรานส์ต้องแสดงเป็นกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ระดับไขมันทรานส์ที่น้อยกว่า 0.5 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภคสามารถระบุเป็นไขมันทรานส์ 0 กรัม

ไม่จำเป็นต้องมีรายการไขมันทรานส์บนบรรจุภัณฑ์อาหาร แม้ว่ารายงานทางวิทยาศาสตร์จะยืนยันความสัมพันธ์ระหว่างไขมันทรานส์กับความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของโรคหลอดเลือดหัวใจ แต่ก็ยังไม่มีปริมาณไขมันทรานส์และน้ำมันที่เติมไฮโดรเจนบางส่วนในการกำหนดร้อยละปริมาณสารอาหาร

ที่ร่างกายต้องการต่อวัน (Percent Daily Value, %DV) ที่แนะนำโดยองค์การอาหารและยาสหรัฐ (United States Food and Drug Administration, USFDA) เพราะไม่สามารถจัดว่าเป็นไขมันหรือน้ำมันที่ 'โดยทั่วไปถือว่าปลอดภัย' (Generally Regarded As Safe; GRAS) จึงเป็นสาเหตุที่ USFDA ไม่อนุมัติการกล่าวอ้างปริมาณสารอาหารได้ ซึ่งแตกต่างจากไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลที่มีการกำหนดร้อยละรายวันสำหรับการเลือกอาหาร โดยให้ใช้ข้อกำหนดที่ว่า ปริมาณที่น้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 5 ของปริมาณสารอาหารที่ร่างกายต้องการต่อวัน ให้กำหนดว่า มีสารอาหารชนิดนั้น "ต่ำ" และถ้ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 20 ของปริมาณสารอาหารที่ร่างกายต้องการต่อวัน ให้กำหนดว่า มีสารอาหารชนิดนั้น "สูง"^{15,18}

2.4 การจำแนกชนิดของไขมันและน้ำมันตามความต้องการของร่างกาย

หากแบ่งตามความจำเป็นที่ร่างกายต้องได้รับจากอาหาร สามารถแบ่งได้เป็นกรดไขมันไม่จำเป็น (non-essential fatty acids) คือ กรดไขมันที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้เอง² และกรดไขมันจำเป็น (essential fatty acids, EFAs) ได้แก่ กรดไลโนเลนิก (alpha-linolenic acid, ALA) ซึ่งเป็นกรดไขมันกลุ่มโอเมกา-3 (omega-3 fatty acids) และกรดไลโนเลอิก (linoleic acid, LA) ซึ่งเป็นกรดไขมันกลุ่มโอเมกา-6 (omega-6 fatty acids) โดยกรดไขมันทั้งสองเป็นกรดไขมันสายยาวที่ร่างกายต้องได้รับจากอาหารเพราะไม่สามารถสังเคราะห์กรดไขมันชนิดนี้ได้เอง ในขณะที่ความต้องการกรดไขมันจำเป็นเพื่อป้องกันโรคขาดกรดไขมันจำเป็น (essential fatty acid deficiency, EFAD) สำหรับกรดไลโนเลนิกในปริมาณร้อยละ 0.25-0.5 ของพลังงานทั้งหมด และกรดไลโนเลอิกในปริมาณร้อยละ 2-5 ของพลังงานทั้งหมด^{20,21} ปริมาณ ALA ตามข้อกำหนดการบริโภคที่เพียงพอ (adequate intake, AI) คือ ในเพศชาย 1.4 กรัม/วัน ในเพศหญิง 1.1 กรัม/วัน ในระหว่างตั้งครรภ์ 1.6 กรัม/วัน และหญิงให้นมบุตร 1.3 กรัม/วัน²¹

แหล่งอาหารของกรดไขมันโอเมกา-3 จากสัตว์ คือ น้ำมันจากปลาทะเล ซึ่งจะได้รับในรูปแบบ EPA และ DHA ในขณะที่น้ำมันจากพืช เช่น น้ำมันจากเมล็ดแฟลกซ์ (flaxseed) และวอลนัท (walnut) จะมีโอเมกา-3 ในรูป ALA น้ำมันจาก

ปลาเป็นแหล่งเข้มข้นเพียงแห่งเดียวของ EPA และ DHA แม้ว่าปลาเองไม่สามารถสังเคราะห์กรดไขมันโอเมกา-3 ได้ แต่ปลาบางชนิดที่เป็นแหล่งของกรดไขมันโอเมกา-3 เช่น ปลาเฮอริง (herring fish) หรือปลาซาร์ดีน (sardines) จะได้รับ EPA และ DHA จากแหล่งอาหารอื่น เช่น สาหร่ายทะเลขนาดเล็กหรือในกรณีปลาน้ำจืดที่เป็นแหล่งของ EPA และ DHA จะบริโภคปลาที่เป็นเหยื่อ ซึ่งปลาที่เป็นเหยื่อจะบริโภคแพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) ที่มี EPA และ DHA เป็นอาหารอีกที ดังนั้น การสกัดจากสาหร่ายเพื่อให้ได้น้ำมันสาหร่ายจึงเป็นที่ถกเถียงถึงแหล่งน้ำมันที่ EPA และ DHA²²⁻²⁴ ในขณะที่แหล่งอาหารธรรมชาติของกรดไขมันโอเมกา-3 จากพืช เช่น เมล็ดแฟลกซ์ (flaxseed) และวอลนัท (walnut) จะพบ ALA เป็นส่วนใหญ่ โดยปริมาณ ALA ของเมล็ดแฟลกซ์มากกว่าวอลนัทถึงห้าเท่า²¹ อย่างไรก็ตามเมแทบอลิซึมของกรดไขมัน ALA จะต้องถูกเปลี่ยนเป็นกรดไขมัน EPA และ DHA โดยผ่านการทำงานของเอนไซม์ desaturase และ elongase ก่อนที่จะเกิดผลทางชีวภาพ ในร่างกายของมนุษย์เมแทบอลิซึมดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงของ ALA ร้อยละ 2 ถึง 10 เป็น EPA และน้อยกว่าร้อยละ 0.01 เป็น DHA²⁵ ดังนั้น ALA และ EPA ไม่สามารถเทียบเท่ากันในทางชีวภาพ (biological equivalence) และผลต่อสุขภาพของการบริโภคน้ำมันที่อุดมด้วย ALA นั้นน้อยกว่าผลของน้ำมันที่อุดมด้วย EPA²⁶ ในคนที่รับประทานมังสวิรัตหรืออาหารเจมีความเสี่ยงต่อการขาดกรดไขมันโอเมกา-3 และอาจส่งผลให้สัดส่วนของกรดไขมันโอเมกา-6 ต่อกรดไขมันโอเมกา-3 สูงกว่าการบริโภคอาหารแบบปกติ ดังนั้นคำแนะนำสำหรับผู้รับประทานมังสวิรัตหรือบริโภคอาหารเจ ควรรับประทานแหล่งอาหารที่มี ALA โดยเฉพาะจากน้ำมันพืชที่มี ALA ในปริมาณที่เหมาะสมซึ่งจำเป็นต่อความสมดุลของสัดส่วนกรดไขมันโอเมกา-6 ต่อกรดไขมันโอเมกา-3 และควรคำนึงถึงสำหรับการรักษาสุขภาพในระยะยาว²¹ แหล่งอาหารของกรดไขมันโอเมกา-6 พบมากในน้ำมันจากข้าวโพด ถั่วเหลือง เมล็ดทานตะวัน และเมล็ดดอกคำฝอย ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เป็นส่วนประกอบในน้ำมันแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เป็นส่วนประกอบในน้ำมัน^{27,28}

ปริมาณ	กรดไขมันอิ่มตัว (กรัม/100 กรัม)	กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (กรัม/100 กรัม)	กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (กรัม/100 กรัม)
ไขมันและน้ำมันที่มีส่วนประกอบหลักเป็นกรดไขมันอิ่มตัว			
น้ำมันปาล์ม	49	37	9
น้ำมันเมล็ดปาล์ม (palm kernel oil)	82	11	2
น้ำมันมะพร้าว	82	6	2
น้ำมันหมู	39	45	11
ไขมันวัว	50	42	4
น้ำมันที่มีส่วนประกอบหลักเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว			
น้ำมันรำข้าว	22.5	44.0	33.6
น้ำมันคาโนลาหรือเรพซีด	7	63	28
น้ำมันมะกอก	14	73	10
น้ำมันดอกคำฝอย ชนิดโอเลอิกสูง	8	75	13
น้ำมันดอกทานตะวัน ชนิดโอเลอิกสูง	10	84	4
น้ำมันที่มีส่วนประกอบหลักเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน			
น้ำมันถั่วเหลือง	16	23	58
น้ำมันข้าวโพด	13	28	55
น้ำมันดอกคำฝอย ชนิดไลโนเลอิกสูง	6	14	75
น้ำมันดอกทานตะวัน ชนิดไลโนเลอิกสูง	10	20	66
น้ำมันเมล็ดแฟลกซ์	9-10	20	70

3. ผลของไขมันและน้ำมันที่มีต่อสุขภาพ

3.1 ผลของไขมันและน้ำมันที่มีต่อโรคอ้วน

ปัจจุบันโรคอ้วนเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-communicable diseases, NCDs) ที่สำคัญในประเทศไทย จากรายงานของกองโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข พบว่า ในปี พ.ศ. 2564 พบความชุกของปัญหาน้ำหนักเกินหรืออ้วนในผู้ใหญ่ประมาณ 47.2% ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2559 โรคอ้วนส่งผลเสียต่อสุขภาพและภาวะแทรกซ้อนหลายด้าน เช่น โรคหลอดเลือดสมอง โรคหัวใจ โรคเบาหวาน ภาวะหยุดหายใจขณะหลับ โรคเมตาบอลิกซินโดรม โรคไขมันพอกตับ โรคข้อเสื่อม กรดไหลย้อน อีกทั้งยังก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมากต่อประเทศไทย ดังนั้น การลดความอ้วนจึงเป็นการลดปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญ

การลดน้ำหนักมีหลายวิธี เช่น การจำกัดแคลอรี (caloric restriction) การลดปริมาณไขมันในอาหาร (low fat diet) หรือการลดปริมาณคาร์โบไฮเดรตในอาหาร (low carbohydrate diet) จากการศึกษาแบบการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์หอคอสมัน พบว่าการลดปริมาณไขมันในการรับประทานอาหารในผู้ที่มีน้ำหนักเกินหรือเป็นโรคอ้วนสามารถส่งผลต่อการลดน้ำหนักตัวได้ไม่แตกต่างจากการจำกัดแคลอรีของอาหารในการลดน้ำหนักระยะยาว²⁹ ดังนั้น การเลือกปรับอาหารเพื่อลดน้ำหนักขึ้นอยู่กับปัจเจกบุคคล และการลดปริมาณไขมันในอาหารเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ช่วยลดพลังงานในอาหาร และทำให้ลดน้ำหนักได้

ไขมันหรือน้ำมันที่ประกอบอาหารทั่วไป 1 ส่วน เท่ากับ 1 ช้อนชา มีไขมัน 5 กรัม ให้พลังงาน 45 กิโลแคลอรี หรือเทียบ

ได้พลังงานเท่ากับข้าวครึ่งทัพพี โดยกระทรวงสาธารณสุขแนะนำให้บริโภคไขมันเกินวันละ 6 ช้อนชา หรือ 30 กรัม ดังนั้นในจำนวนกรัมที่เท่ากัน ผลของไขมันที่บริโภคมีพลังงานสูงกว่าเมื่อเทียบกับสารอาหารหลักอื่น ๆ ได้แก่ โปรตีน และ คาร์โบไฮเดรต ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อโรคอ้วนคือ ทำให้ร่างกายได้รับพลังงานที่มากเกินไปจากการรับประทานไขมันหรือน้ำมัน

ในขณะที่น้ำมันกรดไขมันสายปานกลาง หรือ MCT มีพลังงานน้อยกว่าน้ำมันทั่วไป กล่าวคือ 8.4 เทียบกับ 9.2 กิโลแคลอรี/กรัม³⁰ น้ำมัน MCT หนึ่งช้อนโต๊ะ (15 มล.) มีปริมาณน้ำมัน MCT 14 กรัม และให้พลังงาน 115 กิโลแคลอรี น้ำมัน MCT สามารถนำมาผสมเป็นอาหารและเครื่องดื่มได้หลากหลาย การใช้ไขมัน MCT เพื่อการประกอบอาหารควรรักษาอุณหภูมิไว้ต่ำกว่า 150 องศาเซลเซียส เพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดออกซิเดชัน และเพื่อลดผลกระทบต่อรสชาติของอาหาร³¹ ในแง่การลดน้ำหนัก การบริโภคไขมัน MCT ทดแทนน้ำมันกรดไขมันสายยาว หรือ LCT พบว่า น้ำมัน MCT มีผลเพิ่มระยะเวลาที่ใช้ในการบิตัวของกระเพาะอาหารเพื่อดันอาหารลงสู่ลำไส้เล็ก ทำให้ช่วยลดปริมาณการรับประทานอาหาร ส่งผลให้ได้รับพลังงานจากการรับประทานอาหารลดลง^{32,33} บางการศึกษาพบว่า น้ำมัน MCT สามารถเพิ่มการใช้พลังงานของร่างกาย (energy expenditure) และมีผลเพิ่มการสร้างความร้อนในร่างกายเมื่อเทียบกับน้ำมัน LCT นอกจากนี้การบริโภคไขมัน MCT ยังเพิ่มความรู้สึกอิ่ม และลดความอยากอาหารมากกว่าการบริโภคไขมัน LCT ทำให้เกิดสมดุลพลังงานเป็นลบ และช่วยให้ลดน้ำหนักได้ ความรู้สึกอิ่มที่เพิ่มขึ้นจาก MCT อาจเกี่ยวข้องกับการที่ไขมัน MCT เข้าถึงตับโดยตรงผ่านทางหลอดเลือดดำพอร์ทัล โดยที่ไขมัน MCT ส่วนใหญ่จะถูกออกซิไดส์อย่างรวดเร็วโดยตับ เมื่อเทียบกับ LCT และการแสดงออกของฮอร์โมนความอิ่ม เช่น cholecystokinin (CCK) และ gastric inhibitory polypeptide (GIP) อาจส่งผลต่อความรู้สึกอิ่มจากการบริโภค MCT อย่างไรก็ตาม การบริโภคไขมัน MCT ไม่ได้แพร่หลายเนื่องจากมีจุดเกิดควันต่ำ (smoking point) เกิดพองง่ายในระหว่างการทอดและต้นทุนสูง³⁴ การบริโภค MCT ที่ปลอดภัยคือไม่เกิน 1 กรัมต่อน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) บางการศึกษายอมรับปริมาณสูงสุดที่บริโภคได้ต่อวัน คือ 50-100 กรัมต่อวัน ควรค่อย ๆ เพิ่มปริมาณไขมัน MCT ตามที่ทนได้ถึงปริมาณสูงสุดที่ต้องการในแต่ละวัน โดยแบ่งเท่า ๆ กันในทุกมื้ออาหาร อย่างไรก็ตาม ผลข้างเคียงที่พบบ่อย คือ อาการทางระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ ท้องอืด รู้สึก

ไม่สบายท้อง ตะคริวที่ท้อง ท้องอืด และท้องเสีย โดยบุคคลที่ไม่เคยรับประทานน้ำมัน MCT มาก่อนอาจพบผลข้างเคียงได้มากกว่า³⁵

3.2 ผลของไขมันที่บริโภคต่อระดับไขมันในเลือด

การทบทวนอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์อภิมานแสดงให้เห็นว่า น้ำมันจากพืช และไขมันสัตว์ส่งผลต่อระดับไขมันในเลือดแตกต่างกัน ไขมันจากสัตว์ที่มีส่วนประกอบเป็นกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนประกอบหลักเพิ่มระดับของคอเลสเตอรอลรวมและ LDL-c และน้ำมันจากพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนประกอบหลัก เช่น น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันปาล์ม เพิ่มทั้งระดับคอเลสเตอรอลรวม LDL-c และ HDL-c¹² เมื่อบริโภคไขมันที่มีส่วนประกอบเป็นกรดไขมันอิ่มตัวมากเกินไปจะเพิ่มความเข้มข้นของคอเลสเตอรอลในเลือด โดยกลไกที่กรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มระดับ LDL-c ได้แก่ กรดไขมันอิ่มตัวไปยับยั้งการแสดงออกของตัวรับ LDL (LDL receptors)¹⁵ การส่งผลกระทบต่อระดับไขมันแตกต่างกันเนื่องจากกรดไขมันอิ่มตัวที่เป็นส่วนประกอบของไขมัน/น้ำมันแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน แหล่งที่มาหลักของกรดไขมันอิ่มตัวคือ ไขมันจากนม และเนย ในขณะที่น้ำมันปาล์มมีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนประกอบหลัก จากการศึกษาแบบสุ่ม กรดไขมันอิ่มตัวสามารถเพิ่มระดับคอเลสเตอรอลได้สูงสุดเมื่อเทียบกับกรดไขมันอิ่มตัว³⁶ และจากการวิเคราะห์อภิมานของการศึกษาแบบสุ่ม กรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มคอเลสเตอรอลรวม แต่ผลส่วนใหญ่คือการเพิ่ม HDL-c ด้วยเหตุนี้ น้ำมันที่มีส่วนประกอบกรดไขมันอิ่มตัวจึงลดอัตราส่วนของคอเลสเตอรอลทั้งหมดต่อ HDL-c³⁷ ซึ่งน้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนประกอบ

แม้ว่าไขมันจากเนื้อสัตว์เช่น น้ำมันหมูหรือไขมันหมูจะมีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวค่อนข้างสูง (ตารางที่ 1) แต่พบว่ามีผลต่างจากน้ำมันพืช คือ น้ำมันหมูหรือไขมันหมูมีกรดไขมันอิ่มตัวค่อนข้างสูงด้วยเช่นกัน จึงอาจส่งผลต่อระดับไขมันแตกต่างจากน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูง แต่มีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำกว่า¹² การศึกษาของ Geng Zong และคณะแสดงให้เห็นว่าการบริโภคไขมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูง มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงต่อโรคหัวใจและหลอดเลือดที่ลดลง แต่ไม่พบความสัมพันธ์ในการปกป้องโรคหลอดเลือดหัวใจจากน้ำมันจากสัตว์ที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูง³⁸ คำแนะนำทางการบริโภคไขมันและน้ำมันได้มีการเปลี่ยนจากการจำกัดไขมันทั้งหมด เป็นการจำกัดไขมันอิ่มตัวโดยเฉพาะ กล่าวคือเปลี่ยนแปลงคำแนะนำจากการกำหนดเรื่อง

ปริมาณไขมันเป็นการเน้นที่คุณภาพ หรือชนิดองค์ประกอบของกรดไขมัน เนื่องจากผลของชนิดของกรดไขมันมีผลต่อระดับไขมันในหลอดเลือดและอุบัติการณ์โรคหลอดเลือดหัวใจที่แตกต่างกันไป ทำให้คำแนะนำทางการแพทย์ไม่ได้มุ่งเน้นที่การกำหนดปริมาณไขมันเช่นเดิม ตัวอย่างเช่น คำแนะนำจากโปรแกรมการศึกษาคอเลสเตอรอลแห่งชาติสำหรับการรักษาผู้ใหญ่ (National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III, NCEP-ATP III) ในปี พ.ศ. 2544 ได้แนะนำอาหารเพื่อการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตสำหรับบุคคลที่มีระดับ LDL-c ในเลือดสูง โดยมุ่งเน้นไปที่การจำกัดการบริโภคไขมันอิ่มตัวน้อยกว่าร้อยละ 7 ของพลังงานทั้งหมด และเพิ่มสัดส่วนของไขมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนน้อยกว่าร้อยละ 20 น้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนน้อยกว่าร้อยละ 10 และปริมาณคอเลสเตอรอลน้อยกว่า 200 มก./วัน เพื่อลดระดับ LDL-c ในเลือด³⁹ ต่อมาแนวทางเวชปฏิบัติจากสมาคมโรคหัวใจแห่งสหรัฐอเมริกา (American Heart Association, AHA) และวิทยาลัยโรคหัวใจแห่งสหรัฐอเมริกา (American College of Cardiology, ACC) ปี พ.ศ. 2562 แนะนำให้รับประทานน้ำมันที่อุดมด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน และ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทดแทนไขมันอิ่มตัว⁴⁰ และล่าสุด องค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) ปี พ.ศ. 2566 ได้ให้คำแนะนำเพื่อลดความเสี่ยงของการเพิ่มน้ำหนักที่ไม่ดีต่อสุขภาพ โดยแนะนำให้ผู้ใหญ่จำกัดการบริโภคไขมันทั้งหมดไม่เกินร้อยละ 30 ของปริมาณพลังงานทั้งหมด และไขมันที่บริโภคควรเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นหลักและบริโภคไขมันที่มาจากกรดไขมันอิ่มตัวไม่เกินร้อยละ 10 ของพลังงานทั้งหมด⁴¹

การทบทวนอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์การถดถอย (meta-regression analysis) ในปี พ.ศ. 2559 ที่รวบรวมการศึกษาชนิดการทดลองแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุม 84 รายการ ศึกษาผลของไขมันในอาหารต่อระดับ LDL-c ไตรกลีเซอไรด์ และ HDL-c ในเลือด พบว่าหากรับประทานไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทดแทนรับประทานไขมันอิ่มตัวร้อยละ 1 ของพลังงานที่ร่างกายต้องการได้รับต่อวัน จะสามารถช่วยลดระดับ LDL-c ลง 2.1 มก./ดล. และจะช่วยลดไตรกลีเซอไรด์ได้ 0.9 มก./ดล. และหากรับประทานกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทดแทนรับประทานไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 1 ของพลังงานที่ร่างกายต้องการได้รับต่อวัน จะสามารถลดระดับ LDL-c ลง 1.6 มก./ดล. และจะช่วยลดไตรกลีเซอไรด์ได้ 0.4 มก./ดล. อย่างไรก็ตามการบริโภคไขมัน

ทั้ง 2 ชนิดทดแทนไขมันอิ่มตัวจะลดระดับ HDL-c ลงเล็กน้อยที่ 0.2 และ 0.1 มก./ดล. ตามลำดับ²⁷

จากการวิเคราะห์อภิมานแบบเครือข่าย (network meta-analysis) ในปี พ.ศ. 2561 ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลจากการทดลองโดยตรง กล่าวคือ การทดลองที่เปรียบเทียบไขมันหรือน้ำมัน 2 ชนิดโดยตรง และการเปรียบเทียบโดยอ้อม คือ การอนุมานคู่เปรียบเทียบแม้ไม่มีการทดลอง การศึกษาดังกล่าวช่วยให้สามารถอนุมานเกี่ยวกับทุกการเปรียบเทียบที่เป็นไปได้ระหว่างไขมันหรือน้ำมันทั้ง 2 ชนิด โดยจากผลการศึกษาแสดงการจัดอันดับสัมพัทธ์ของไขมันและน้ำมันโดยใช้ค่าพื้นผิวใต้เส้นโค้งของการจัดอันดับสะสม (surface under the cumulative ranking curve; SUCRA) พบว่าน้ำมันดอกคำฝอยมีค่า SUCRA สูงสุดสำหรับการลดระดับ LDL-c และคอเลสเตอรอลรวม รองลงมาคือ น้ำมันเรพซิด และน้ำมันดอกทานตะวัน ซึ่งเป็นน้ำมันพืชชนิดที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว ในขณะที่น้ำมันหรือไขมันที่เพิ่มระดับคอเลสเตอรอลชนิด HDL-c ได้ดีคือ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์มและไขมันวัว ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นน้ำมันและไขมันที่มีส่วนประกอบส่วนมากเป็นกรดไขมันอิ่มตัวทั้งสิ้น⁴² อีกการศึกษาชนิดวิเคราะห์อภิมาน ปี พ.ศ. 2563 ที่แสดงผลของการบริโภคน้ำมันมะพร้าวเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันชนิดอื่นๆ พบว่าน้ำมันมะพร้าวเพิ่มระดับ LDL-c 10.47 มก./ดล. และ HDL-c 4 มก./ดล. ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁴³ ต่อมาการศึกษาชนิดวิเคราะห์อภิมาน ปี พ.ศ. 2564 ที่ศึกษาน้ำมันเขตร้อนต่อระดับไขมันในเลือด ยืนยันผลเสียของไขมันอิ่มตัวต่อระดับไขมัน โดยส่งผลกระทบต่อระดับ LDL-c ที่สูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบความแตกต่างของไขมันหรือน้ำมันอิ่มตัวที่มีแหล่งที่มาจากพืชและจากสัตว์ โดยพบว่า การบริโภคน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าวทดแทนไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวและไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนนั้นสามารถเพิ่ม ระดับคอเลสเตอรอลรวม LDL-c และ HDL-c แต่การบริโภคน้ำมันหมูทดแทนจะเพิ่มระดับคอเลสเตอรอลรวม และ LDL-c แต่ก็ไม่มีความแตกต่างที่มีนัยสำคัญต่อระดับ HDL-c¹² จากการศึกษาวิเคราะห์อภิมานที่กล่าวมา พบว่าหลักฐานดังกล่าวยังสนับสนุนคำแนะนำในปัจจุบันในการลดการบริโภคไขมันอิ่มตัวในอาหารและควรแทนที่ด้วยน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพื่อลดความเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด

ในแง่ของกรดไขมันโอเมกา-3 ซึ่งอาจลดความเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด เช่น ลดระดับไตรกลีเซอไรด์เนื่องจาก

เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน อีกทั้งยังช่วยเพิ่มระดับ HDL-c ลดความดันโลหิตขณะพัก ลดการรวมตัวของเกล็ดเลือด ป้องกันการอุดตันของหลอดเลือดหัวใจ และลดการอักเสบผ่านทางวิถีเมแทบอลิซึมของกรดอาราชีดิก (arachidonic acid)⁴⁴ พบว่า กรดไขมันโอเมกา-3 โดยเฉพาะ EPA และ DHA สามารถใช้ปริมาณ 2-4 กรัม/วัน เพื่อลดไตรกลีเซอไรด์ อีกทั้ง กรดไขมันโอเมกา-3 ยังลดไขมันในเลือดและไลโปโปรตีน โดยเฉพาอย่างยิ่งความเข้มข้นของ VLDL ดังนั้นแนวทางการจัดการภาวะไขมันในเลือดที่ผิดปกติโดยสมาคมโรคหัวใจแห่งยุโรป (European Society of Cardiology, ESC) และสมาคมหลอดเลือดแดงแห่งยุโรป (European Atherosclerosis Society, EAS) ปี พ.ศ. 2562 จึงแนะนำให้ผู้ป่วยที่มีระดับไตรกลีเซอไรด์สูงแม้ว่าจะได้รับการรักษาด้วยยาลดไขมันกลุ่มสแตตินอยู่เดิม ควรได้กรดไขมันโอเมกา-3 ชนิดโอเคซาเพนต์เอทิลปริมาณ 2 กรัม 2 ครั้งต่อวันเพื่อลดความเสี่ยง⁴⁵ แหล่งอาหารสำคัญสำหรับการบริโภค คือ ปลาที่มีกรดไขมันชนิดโอเมกา-3 สูง เช่น ปลาสวาย 2,111 มก./100 กรัม ปลาทุ 1,636 มก./100 กรัม ปลาซ็อน 1,052 มก./100 กรัม และปลาอินทรี 882 มก./100 กรัม⁴⁶ โดยสมาคมโรคหัวใจแห่งสหรัฐอเมริกาแนะนำให้รับประทานปลา 2 หน่วยบริโภคต่อสัปดาห์ (โดยเฉพาะปลาที่มีไขมัน) หนึ่งหน่วยบริโภค คือ เนื้อปลาปรุงสุก 3 ออนซ์ หรือปลาเกล็ดประมาณ 3/4 ถ้วยตวง⁴⁷

3.3 ผลของคอเลสเตอรอลที่บริโภคต่อระดับไขมันในเลือดและโรคหัวใจและหลอดเลือด

คำแนะนำในปี พ.ศ. 2544 จาก NCEP-ATP III ได้แนะนำอาหารเพื่อการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตสำหรับบุคคลที่มี LDL-c ในเลือดสูง โดยแนะนำให้จำกัดปริมาณคอเลสเตอรอลจากอาหารให้น้อยกว่า 200 มก./วัน³⁹ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันคำแนะนำจากแนวทางในการบริโภคอาหารของสหรัฐอเมริกาฉบับปี พ.ศ. 2563 - 2568 ไม่ได้กล่าวถึงการจำกัดคอเลสเตอรอลในอาหาร แต่สถาบันการศึกษาแห่งสหรัฐอเมริกา แนะนำว่าการบริโภคคอเลสเตอรอลในอาหารควรจำกัดให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยไม่กระทบต่อความเพียงพอทางโภชนาการของการรับประทานอาหาร⁴⁸

ไขมันสัตว์มีคอเลสเตอรอลทั้งในรูปแบบอิสระ และรูปแบบเอสเทอร์ไฟต์ (cholesterol esterified form) คอเลสเตอรอลในอาหารเป็นเพียงส่วนหนึ่งของปริมาณคอเลสเตอรอลทั้งหมดที่เคลื่อนผ่านลำไส้ก่อนการดูดซึม

การไหลของคอเลสเตอรอลในทางเดินน้ำดีผ่านทางลำไส้ในแต่ละวันมีค่ามากกว่าการไหลผ่านของคอเลสเตอรอลจากอาหาร 2-4 เท่า ดังนั้น การเข้าสู่แหล่งรวมคอเลสเตอรอลทั้งร่างกายมาจากการดูดซึมคอเลสเตอรอลและการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในร่างกาย คอเลสเตอรอลถูกสังเคราะห์โดยเซลล์เกือบทุกเซลล์ และจะถูกกำจัดออกจากร่างกายผ่านการสังเคราะห์กรดน้ำดี และขับคอเลสเตอรอลออกจากร่างกายผ่านทางอุจจาระ⁴⁹ ดังรูปที่ 1 โดยปกติการดูดซึมของคอเลสเตอรอลและการกำจัดมีความสมดุลกัน ส่งผลให้มีระดับคอเลสเตอรอลในร่างกายคงที่ ดังนั้น ความไม่สมดุลที่เกิดจากการรับคอเลสเตอรอลที่มากเกินไปหรือการกำจัดที่ลดลงอาจทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดสูงขึ้น อัตราการดูดซึมคอเลสเตอรอลในแต่ละวันถูกกำหนดโดยการบริโภคคอเลสเตอรอลในอาหาร การหลั่งคอเลสเตอรอลในทางเดินน้ำดี การขับถ่ายคอเลสเตอรอลโดยตรงในลำไส้ (trans-intestinal cholesterol excretion, TICE) และอัตราการดูดซึมเศษส่วนโดยรวม (fractional absorption rate, FAR) ซึ่ง FAR ของคอเลสเตอรอลในอาสาสมัครที่มีสุขภาพดีมีความแปรปรวนสูงตั้งแต่ร้อยละ 20 ถึง 80 โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 50 การแปรผันอย่างมากใน FAR ของคอเลสเตอรอลโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับ การแปรผันของ Niemann-Pick C1-Like 1 (NPC1L1) ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการดูดซึมคอเลสเตอรอล และ ATP-binding cassette transporters G5/G8 (ABCG5/G8) ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการขับออกของคอเลสเตอรอลในลำไส้เข้าสู่ทางเดินอาหาร⁴⁹ ดังนั้นแนวทางการจัดการภาวะไขมันในเลือดที่ผิดปกติ โดย ESC และ EAS ปี พ.ศ. 2562 จึงกล่าวว่าการจำกัดคอเลสเตอรอลจากอาหารมีผลน้อยกว่าร้อยละ 5 ในการลดระดับ LDL-c ในร่างกาย แต่การลดไขมันอิ่มตัวและไขมันทรานส์ในอาหารกลับมีผลต่อการลดระดับ LDL-c ในร่างกายได้ดีกว่าถึงร้อยละ 5-10 คำแนะนำในปัจจุบันจึงเปลี่ยนทิศทางการจำกัดคอเลสเตอรอลในอาหาร มาเป็นการจำกัดไขมันอิ่มตัวในอาหารซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าในการลดระดับ LDL-c⁴⁵

ในส่วนของการประเมินผลกระทบโดยอิสระของคอเลสเตอรอลในอาหารต่อความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดหัวใจ ตีบั้นมีความซับซ้อน และมีความยากลำบากในการแปลผล เช่น การบริโภคไข่แดงที่มีปริมาณคอเลสเตอรอล 180-200 มก. ซึ่งจะเกินปริมาณที่แนะนำให้ทานคำแนะนำการบริโภคอาหาร³⁹

แต่ปัจจุบันไม่มีเกณฑ์ระบุปริมาณคอเลสเตอรอลมากที่สุดที่กินได้ที่ชัดเจน⁴⁸ ขึ้นอยู่กับอาหารชนิดอื่น ๆ ที่บริโภคพร้อมกับไขมันหรืออาหารคอเลสเตอรอลสูง เช่น เบคอน ไส้กรอก และเนื้อสัตว์แปรรูปหลายชนิด ซึ่งมักจะเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคหัวใจและหลอดเลือดจากสาเหตุอื่น ๆ เช่น ปริมาณของเกลือ ไขมันอิ่มตัว คอเลสเตอรอล ธาตุเหล็กสูง โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (polycyclic aromatic hydrocarbons) และเฮเทอโรไซคลิกเอมีน (heterocyclic amines) ดังนั้นจึงแนะนำให้บริโภคคอเลสเตอรอลในอาหารให้น้อย โดยไม่กระทบต่อความเพียงพอทางโภชนาการของการรับประทานอาหาร⁴⁸

3.4 ผลของไขมันที่บริโภคต่อโรคหัวใจและหลอดเลือด

จากการศึกษาตามรุ่นตามแผน พ.ศ. 2558 ที่มีการติดตามผู้เข้าร่วมการศึกษาจำนวน 127,536 รายเป็นระยะเวลา 24 ถึง 30 ปี เพื่อศึกษาเรื่องของการบริโภคไขมันไม่อิ่มตัวทดแทนไขมันอิ่มตัว และชนิดของคาร์โบไฮเดรตพบว่า การทดแทนร้อยละ 5 ของพลังงานที่ได้รับจากไขมันอิ่มตัวด้วยพลังงานที่เทียบเท่าจากการบริโภคไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน ไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวและคาร์โบไฮเดรตจากเมล็ดธัญพืชในปริมาณที่เท่ากัน มีอัตราเสี่ยงในการเกิดผลลัพธ์ (Hazard ratio) ของโรคหลอดเลือดหัวใจ 0.75 เท่า (0.67 ถึง 0.84) 0.85 (0.74 ถึง 0.97) และ 0.91 (0.85 ถึง 0.98) ตามลำดับ หมายความว่า ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ ในทางตรงกันข้าม คาร์โบไฮเดรตขัดสีและน้ำตาลที่เติมมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเสี่ยงของโรคหลอดเลือดหัวใจ⁵⁰

จากการศึกษาระบาดวิทยาในเขตเมืองและชนบทแบบการศึกษาตามรุ่นตามแผน (The Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) Study) ในปี พ.ศ. 2560 ที่ทำการศึกษาปริมาณของสารอาหารหลักต่ออัตราการเสียชีวิต และอัตราการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดสมอง ที่มีผู้เข้าร่วมการศึกษา 139,506 คน และ ติดตามอย่างน้อย 10 ปี ไม่สนับสนุนคำแนะนำในปัจจุบันให้จำกัดการบริโภคไขมันทั้งหมดให้น้อยกว่าร้อยละ 35 หรือการบริโภคไขมันอิ่มตัวให้น้อยกว่าร้อยละ 10 เนื่องจากการบริโภคไขมันที่น้อยลงอาจทำให้เพิ่มการบริโภคคาร์โบไฮเดรต ซึ่งการบริโภคคาร์โบไฮเดรตในปริมาณสูงมากกว่าร้อยละ 60 มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตโดยรวมที่สูงขึ้น โดยเฉพาะแหล่งที่มาของคาร์โบไฮเดรตที่มาจากคาร์โบไฮเดรต เช่น ขนมปังขาว และข้าวขาว และอาจทำให้ภาวะไขมันบางรูปแบบผิดปกติเพิ่มขึ้น ได้แก่ เพิ่มระดับ

ไตรกลีเซอไรด์ เพิ่มระดับ LDL-c หนาแน่นขนาดเล็ก (small dense LDL) ลดปริมาณ HDL-c และ ลดอัตราส่วน ApoB ต่อ ApoA1 นอกจากนี้ไขมันรวมและไขมันแต่ละประเภทมีความสัมพันธ์กับอัตราการเสียชีวิตโดยรวมที่ลดลง โดยที่ปริมาณไขมันทั้งหมดไม่เกี่ยวข้องกับโรคหลอดเลือดหัวใจ กล้ามเนื้อหัวใจตาย หรือการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจ แนวทางการบริโภคอาหารทั่วโลกควรได้รับการพิจารณาใหม่โดยคำนึงถึงข้อค้นพบเหล่านี้⁵¹ ต่อมาการศึกษาเชิงวิเคราะห์ชนิดการศึกษาตามรุ่นตามแผนและการวิเคราะห์อภิมาน ในปี พ.ศ. 2561 ศึกษาถึงแหล่งที่มาของอาหาร ที่มีผู้เข้าร่วมในการศึกษา 15,428 คน ระยะเวลาการติดตาม 25 ปี พบว่าโปรตีนและไขมันจากพืชแหล่งต่าง ๆ เช่น ผัก ถั่ว เนยถั่ว และขนมปังโฮลเกรนนั้นสัมพันธ์กับอัตราการเสียชีวิตลดลง ในขณะที่หากบริโภคอาหารคาร์โบไฮเดรตต่ำได้รับประทานโปรตีนและไขมันจากสัตว์แหล่งต่าง ๆ เช่น เนื้อแกะ เนื้อวัว เนื้อหมู และไก่ มีความสัมพันธ์กับอัตราการตายที่สูงขึ้น⁵² ดังนั้นการเลือกบริโภคชนิดของไขมันและน้ำมันที่เหมาะสมจะส่งผลดีกับโรคหัวใจและหลอดเลือดและลดอัตราการเสียชีวิต

EPA และ DHA อาจส่งผลดีต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดในหลายด้าน รวมถึงลดการอักเสบ ลดโรคหลอดเลือดส่วนปลาย โรคหลอดเลือดหัวใจ และการแข็งตัวของเลือด²⁵ จากการศึกษา REDUCE-IT (Reduction of Cardiovascular Events With Icosapent Ethyl-Intervention Trial) ในปี พ.ศ. 2562 แสดงให้เห็นว่าในผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดและหัวใจสูงที่มีระดับไตรกลีเซอไรด์ ขณะอดอาหารอยู่ระหว่าง 135-499 มก./ดล. แม้ได้รับการรักษาด้วยยาลดไขมันกลุ่มสแตติน (statin) การได้รับกรดไขมันโอเมกา-3 ชนิดไอโคซาเพนต์เอทิล (icosapent ethyl) ขนาดสูง ซึ่งเป็น EPA ที่มีความบริสุทธิ์สูงและเสถียรขนาด 4 กรัมต่อวัน ช่วยลดความเสี่ยงของการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจ กล้ามเนื้อหัวใจตายที่ไม่ถึงแก่ชีวิต โรคหลอดเลือดสมองที่ไม่ร้ายแรง และ หลอดเลือดหัวใจตีบ โดยมีอัตราเสี่ยงในการเกิดผลลัพธ์ 0.75 เท่า (0.68 ถึง 0.83) จากการติดตามที่ประมาณ 4.9 ปีได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁵³

การทบทวนหลักฐานทางวิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นว่า คำแนะนำในการจำกัดการบริโภคไขมันอิ่มตัวให้ไม่เกินร้อยละ 10 ของพลังงานทั้งหมด ยังมีข้อโต้แย้งในประโยชน์ทางคลินิกและผลกระทบต่อสุขภาพ แต่การคำนึงถึงแหล่งอาหารของ

ไขมัน เช่น การแทนที่ไขมันอิ่มตัวด้วยไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน มีประโยชน์ในการลดความเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดมากกว่า⁴⁰ อย่างไรก็ตาม การศึกษาตามรุ่นตามแผนระยะยาว 11.8 ปีพบว่า การบริโภคไขมันที่มากเกินไปร้อยละ 45 ของพลังงาน รวมทั้งบริโภคต่อวัน ส่งผลต่อการเกิดเหตุการณ์โรคหัวใจและหลอดเลือด (major adverse cardiovascular events, MACE) ร้อยละ 9.8 เทียบกับกลุ่มที่บริโภคอาหารปกติที่เกิดเหตุการณ์ร้อยละ 4.3⁶⁴ ดังนั้นการบริโภคอาหารชนิดไขมันสูงดังนั้นการบริโภคไขมันและน้ำมันควรอยู่บนพื้นฐานของอาหารที่สมดุลเพื่อสุขภาพ และพิจารณาแหล่งของอาหารด้วย

4. การเลือกไขมันหรือน้ำมันสำหรับการปรุงอาหารชนิดต่างๆ

การเลือกไขมันหรือน้ำมันเพื่อปรุงอาหารชนิดต่าง ๆ นอกจากพิจารณาเรื่องชนิดของไขมันที่ส่งผลต่อสุขภาพหัวใจและหลอดเลือดแล้วนั้น ควรพิจารณาเพิ่มเติมถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อคุณภาพและการเกิดสารประกอบจากการใช้น้ำมันอย่างไม่เหมาะสมในการปรุงประกอบอาหารด้วย โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

4.1 จุดประสงค์ของการบริโภคไขมันหรือน้ำมัน

การเลือกบริโภคไขมันหรือน้ำมันเพื่อลดน้ำหนักให้พิจารณาบริโภคไขมันหรือน้ำมันให้น้อยที่สุด เนื่องจากไขมันและน้ำมันทุกชนิดมีพลังงานเท่ากัน และมีพลังงานสูงเมื่อเทียบกับสารอาหารหลักชนิดอื่น หรืออาจพิจารณาใช้น้ำมัน MCT ทดแทนเนื่องจากเหตุผลข้างต้น

ในขณะที่การพิจารณาเลือกชนิดไขมันหรือน้ำมันเพื่อลดระดับไขมันในร่างกายและเพื่อให้ส่งผลดีต่อหัวใจและหลอดเลือดให้พิจารณาน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน หรือกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทดแทนไขมันหรือน้ำมันที่มีปริมาณไขมันอิ่มตัวสูงโดยเฉพาะจากสัตว์ หรือน้ำมันที่มีกรดไขมันในรูปแบบทรานส์ในน้ำมันที่สังเคราะห์ขึ้นโดยกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วน เนื่องจากมีหลักฐานเกี่ยวกับการเพิ่มระดับ LDL-c และการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดชัดเจน

4.2 โอกาสการใช้น้ำมันทอดซ้ำและโอกาสการเกิดสารประกอบโพลาร์

ในประเทศไทย กระทรวงสาธารณสุขออกกฎฉบับที่ 283 พ.ศ. 2547 มีการกำหนดปริมาณสารประกอบมีซิวในน้ำมันปรุงอาหารที่ใช้ทอดหรือเตรียมอาหารเพื่อจำหน่ายไม่เกินร้อยละ

25 ของน้ำหนัก การใช้น้ำมันทอดซ้ำเกิน 2-3 ครั้งระหว่างกระบวนการทอดจะเร่งการเสื่อมสลายของน้ำมันทั้งกายภาพและเคมี เช่น น้ำมันมีสีดำขึ้น มีกลิ่นเหม็น จุดเกิดควันลดลง มีฟอง เป็นต้น และอาจตรวจพบสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH) เกินร้อยละ 25 ในตัวอย่างอาหารที่ทอดซ้ำ ซึ่งสาร PAH ส่งผลกระทบต่อการทำงานของร่างกาย และเพิ่มโอกาสเกิดมะเร็ง⁶⁵

คุณลักษณะของสารก่อมะเร็ง PAH ที่เกิดจากกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของไขมันและน้ำมันที่อุณหภูมิสูงยังคงมีข้อมูลที่ไม่แน่ชัด ที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส กรดไขมันอิ่มตัวสามารถถูกไฟโรไลซ์เพื่อสร้าง PAH ได้ยาก แต่ PAH สร้างจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนได้เล็กน้อยอยู่ที่ 44.97 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และ 177.73 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และเมื่ออุณหภูมิสูงถึง 165 องศาเซลเซียส มีการตรวจพบ PAH ทั้งหมด 27.59 142.8 และ 449.68 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ในกรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนตามลำดับ และเมื่ออุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส ปริมาณ PAH ที่สร้างจะสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีอุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁶⁶ จะเห็นได้ว่า การใช้น้ำมันทอดด้วยความร้อนสูง ๆ จะเพิ่มปริมาณ PAH และน้ำมันที่มีกรดไม่อิ่มตัวจะมีโอกาสการเกิด PAH ได้มากกว่า

แม้ว่าการใช้น้ำมันพืชชนิดไม่อิ่มตัวจะดีต่อสุขภาพมากกว่า แต่หากต้องนำมาใช้ในการปรุงประกอบอาหารที่มีความร้อนสูงหรือใช้ทอดซ้ำ ไขมันอิ่มตัวมีโอกาสเกิด PAH น้อยกว่าน้ำมันที่มีส่วนประกอบเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว น้ำมันหรือไขมันอิ่มตัวบางชนิดมีราคาไม่แพง และมีปริมาณการบริโภคสูงในประเทศที่กำลังพัฒนาเนื่องจากเป็นน้ำมันที่เข้าถึงได้ง่าย ดังนั้นคำแนะนำสำหรับการใช้น้ำมันหรือไขมันในการทอดซ้ำไม่ควรใช้เกิน 2-3 ครั้ง ทั้งนี้ในการเลือกใช้น้ำมันหรือไขมันอิ่มตัว ควรพิจารณาน้ำมันที่มาจากพืชมากกว่าไขมันอิ่มตัวที่มาจากสัตว์ เช่น น้ำมันปาล์ม จากเหตุผลในการเพิ่มระดับไขมันในเลือด¹²

4.3 จุดเกิดควันและชนิดของอาหารที่จะใช้น้ำมันหรือไขมันเป็นองค์ประกอบ

ชนิดของอาหารมีผลต่อการเลือกใช้น้ำมันหรือไขมันในการปรุงประกอบ โดยเลือกให้เหมาะสมระหว่างจุดเกิดควันกับความร้อนที่ใช้ในการปรุงอาหารนั้น หากความร้อนที่ใช้ในการปรุงอาหารอยู่เหนือจุดเกิดควันของน้ำมัน อาจทำให้เกิดการ

เปลี่ยนแปลงทางกายภาพ รสชาติ และประโยชน์ใช้สอย การใช้ น้ำมันให้ความร้อนเหนือจุดเกิดควันไม่เพียงส่งผลต่อคุณภาพ ไขมัน แต่ยังนำไปสู่การสร้างสรรค์ประกอบที่เป็นสารก่อมะเร็งได้อีกด้วย ดังนั้นการปรุงอาหารที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเกิดควัน และการเลือกใช้ไขมันให้เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญในการหลีกเลี่ยง การสร้างสรรค์ประกอบดังกล่าว

น้ำสลัดมีลักษณะเป็นอิมัลชันน้ำมันในน้ำ โดยทั่วไป น้ำสลัดเชิงอิมัลชันประกอบเป็นน้ำมันพืช น้ำส้มสายชู ไข่แดง และ แป้ง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นสามกลุ่มตามปริมาณน้ำมัน คือ มายองเนส น้ำสลัดแบบข้นติดได้ และน้ำสลัดแบบฝรั่งเศส⁵⁷ ดังนั้นการเลือกทำน้ำสลัดควรพิจารณาใช้น้ำมันพืชโดยเฉพาะ น้ำมันพืชไม่อิ่มตัว และน้ำมันพืชที่ไม่มีลักษณะเป็นไข

สำหรับขั้นตอนการทอดควรแยกออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การทอดในกระทะด้วยไขมันและน้ำมันบาง ๆ และการทอดแบบน้ำมันท่วมโดยอุณหภูมิที่อาหารลงในชั้นไขมัน ลึก เช่น การจุ่มอาหารในหม้อทอด การทอดโดยใช้น้ำมันน้อย (pan frying) เป็นวิธีดั้งเดิมในการทอด โดยใช้ชั้นไขมันหรือ น้ำมันบาง ๆ น้ำมันจะอยู่ที่ความร้อนประมาณ 180-200 องศา

เซลเซียส เป็นเวลา 2-10 นาที อาหารจะถูกให้ความร้อนบนพื้นผิวเท่านั้น⁵⁸ ในขณะที่กระบวนการทอดแบบน้ำมันท่วม (deep frying) เป็นการนำอาหารจุ่มในน้ำมันที่ร้อนจัดจนถึงอุณหภูมิภายใน โดยที่อุณหภูมิของน้ำมันสำหรับทอดอาหารลึก โดยทั่วไปจะอยู่ที่ 176.6 ถึง 190.5 องศาเซลเซียส หรืออาจสูงถึง 204.4 องศาเซลเซียส อาหารทอดจะร้อนและกรอบนอก การทอดแบบน้ำมันท่วมสามารถเลือกใช้ไขมันหรือไขมันในการปรุงประกอบได้หลากหลายชนิด เช่น น้ำมันพืช ไขมันสัตว์ ไขมันหรือส่วนผสมของมัน⁵⁹ จุดเกิดควันและชนิดการปรุงอาหารที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 2 อย่างไรก็ตาม น้ำมันหรือไขมันที่มีไขมันอิ่มตัวสูง มักจะมีจุดเกิดควันที่สูงเช่นกัน แม้ว่าน้ำมันหรือไขมันที่มีไขมันอิ่มตัวสูง จะมีความเหมาะสมในการใช้ปรุงประกอบด้วยการทอด แต่ควรจำกัดการรับประทาน อาหารทอด เนื่องจากทำให้ได้รับพลังงานส่วนเกินจากไขมันสูง ขึ้น มีภาวะน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น และทำให้เกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ตามมา ทั้งนี้ น้ำมันพืชที่มีทั้งไขมันไม่อิ่มตัวและไขมันอิ่มตัวเชิงเดี่ยวอาจส่งผลดีต่อสุขภาพมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ ไขมันสัตว์ที่มีไขมันอิ่มตัวสูง และมีคอเลสเตอรอลสูง

ตารางที่ 2 จุดเกิดควันและชนิดการปรุงอาหารที่เหมาะสม⁶⁰⁻⁶³

	จุดเกิดควัน (องศาเซลเซียส)	ทอดกรอบ	ผัด	ทำน้ำสลัด
ไขมันและน้ำมันไม่อิ่มตัว				
น้ำมันปาล์ม	235	+	+	+
น้ำมันเมล็ดปาล์ม	180-200		+	+
น้ำมันมะพร้าว (ไม่กลั่น)	177			+
น้ำมันหมู	190		+	
ไขมันวัว	250	+	+	
น้ำมันที่มีส่วนประกอบหลักเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว				
น้ำมันรำข้าว (กลั่น)	232	+	+	+
น้ำมันคาโนลาหรือเรพซีด	220-230	+	+	+
น้ำมันมะกอก (บริสุทธิ์)	199			+
น้ำมันที่มีส่วนประกอบหลักเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน				
น้ำมันถั่วเหลือง	234	+	+	+
น้ำมันข้าวโพด (ไม่กลั่น)	178			+
น้ำมันดอกทานตะวัน (กลั่น)	252-254	+	+	+

บทสรุปของคำแนะนำในการบริโภคไขมัน

การบริโภคไขมันและน้ำมันมีความจำเป็นต่อโภชนาการของมนุษย์และมีประโยชน์ต่อสุขภาพ หากบริโภคไขมันเหล่านี้อย่างเหมาะสมและคำนึงถึงชนิดของไขมันและน้ำมันที่บริโภค การเลือกน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง สามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดหัวใจได้ อีกทั้งน้ำมันจากพืช และไขมันสัตว์ส่งผลต่อระดับไขมันในเลือดแตกต่างกัน ไขมันจากสัตว์เพิ่มระดับของคอเลสเตอรอลรวมและ LDL-c และน้ำมันจากพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนประกอบเพิ่มทั้งระดับคอเลสเตอรอลรวม LDL-c และ HDL-c แม้การทบทวนหลักฐานทางวิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นว่า คำแนะนำในการจำกัดการบริโภคไขมันอิ่มตัวให้ไม่เกินร้อยละ 10 ของ

พลังงานทั้งหมด ยังมีข้อโต้แย้งในประโยชน์ทางคลินิก และผลกระทบต่อสุขภาพ แต่หากการบริโภคไขมันที่มากเกินไปส่งผลต่อการเกิดเหตุการณ์ชนิดรุนแรงจากสาเหตุหัวใจและหลอดเลือด ดังนั้นสิ่งสำคัญคือ ปริมาณไขมันที่บริโภคอย่างเหมาะสม เลือกใช้น้ำมันหรือไขมันตามชนิดของอาหารที่องค์ประกอบ โดยดูจุดเกิดควัน โอกาสการใช้น้ำมันทอดซ้ำและโอกาสการเกิดสารประกอบโพลาร์ โดยการจำกัดการบริโภคไขมันที่มีไขมันอิ่มตัวสูง โดยเฉพาะจากสัตว์ และจากพืช และหลีกเลี่ยงไขมันทรานส์ โดยสิ้นเชิงจะส่งผลดีต่อการลดความเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด

เอกสารอ้างอิง

- Ahmed S, Shah P, Ahmed O. Biochemistry, Lipids. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; May 1, 2023.
- National Research Council (US) Committee on Diet and Health. Diet and health: implications for reducing chronic disease risk. Washington (DC): National Academies Press (US); 1989.
- Kadhun AA, Shamma MN. Edible lipids modification processes: a review. Crit Rev Food Sci Nutr. 2017;57(1):48-58.
- Alves-Bezerra M, Cohen DE. Triglyceride metabolism in the liver. Compr Physiol. 2017;8(1):1-8.
- Lee Y, Siddiqui WJ. Cholesterol levels. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; July 24, 2023.
- Karupaiah T, Sundram K. Effects of stereospecific positioning of fatty acids in triacylglycerol structures in native and randomized fats: a review of their nutritional implications. Nutr Metab (Lond). 2007;4:16.
- Kapoor B, Kapoor D, Gautam S, Singh R, Bhardwaj S. Dietary polyunsaturated fatty acids (pufas): uses and potential health benefits. Curr Nutr Rep. 2021;10(3):232-242.
- Kumar JBS, Sharma B. A review on neuropharmacological role of erucic acid: an omega-9 fatty acid from edible oils. Nutr Neurosci. 2022;25(5):1041-1055.
- Kinsella R, Maher T, Clegg ME. Coconut oil has less satiating properties than medium chain triglyceride oil. Physiol Behav. 2017;179:422-426.
- Salsinha AS, Machado M, Rodriguez-Alcalá LM, Gomes AM, Pinto M. Bioactive lipids. Academic Press. 2023. 1-35.
- Dayrit FM. The properties of lauric acid and their significance in coconut oil. J Am Oil Chem. 2015;92(1):1-15.
- Unhapitapong C, Shantavasinkul PC, Kasemsup V, Siriyotha S, Warodomwicht D, Maneesuwannarat S, et al. Tropical oil consumption and cardiovascular disease: an umbrella review of systematic reviews and meta analyses. Nutrients. 2021;13(5):1549.
- Xiong RG, Zhou DD, Wu SX, Huang SY, Saimaiti A, Yang ZJ, et al. Health benefits and side effects of short-chain fatty acids. Foods. 2022;11(18):2863.
- Grundy SM. Cholesterol: factors determining blood levels. Encyclopedia of Human Nutrition (Third Edition). Waltham: Academic Press; 2013. p. 335-40.
- Marcus JB. Lipids basics: fats and oils in foods and health. Culinary Nutrition. San Diego: Academic Press; 2013. p. 231-77.
- Mensink RP, Katan MB. Effect of dietary trans fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. N Engl J Med. 1990;323(7):439-45.
- Baker RD, Baker SS. Infant and toddler nutrition. Pediatric Gastrointestinal and Liver Disease (Sixth Edition). Philadelphia: Elsevier.

2021. 949-61.
18. Mozaffarian D. Natural trans fat, dairy fat, partially hydrogenated oils, and cardiometabolic health: the Ludwigshafen risk and cardiovascular health study. *Eur Heart J*. 2016;37(13):1079-81.
19. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. การกำหนดอาหารที่ห้ามผลิต นำเข้า หรือจำหน่าย. *ราชกิจจานุเบกษา*. 2561;135(388):5.
20. Fell GL, Nandivada P, Gura KM, Puder M. Intravenous lipid emulsions in parenteral nutrition. *Adv Nutr*. 2015;6(5):600-10.
21. Santos HO, Price JC, Bueno AA. Beyond fish oil supplementation: the effects of alternative plant sources of omega-3 polyunsaturated fatty acids upon lipid indexes and cardiometabolic biomarkers-an overview. *Nutrients*. 2020;12(10):3159.
22. Santos HO, May TL, Bueno AA. Eating more sardines instead of fish oil supplementation: beyond omega-3 polyunsaturated fatty acids, a matrix of nutrients with cardiovascular benefits. *Front Nutr*. 2023;10:1107475.
23. Lane K, Derbyshire E, Li W, Brennan C. Bioavailability and potential uses of vegetarian sources of omega-3 fatty acids: a review of the literature. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2014;54(5):572-9.
24. Doughman SD, Krupanidhi S, Sanjeevi CB. Omega-3 fatty acids for nutrition and medicine: considering microalgae oil as a vegetarian source of EPA and DHA. *Curr Diabetes Rev*. 2007;3(3):198-203.
25. Swanson D, Block R, Mousa SA. Omega-3 fatty acids EPA and DHA: health benefits throughout life. *Adv Nutr*. 2012;3(1):1-7.
26. Nettleton JA. Omega-3 fatty acids: comparison of plant and seafood sources in human nutrition. *J Am Diet Assoc*. 1991;91(3):331-7.
27. Sacks FM, Lichtenstein AH, Wu JHY, Appel LJ, Creager MA, Kris-Etherton PM, et al. Dietary fats and cardiovascular disease: a presidential advisory from the american heart association. *Circulation*. 2017;136(3):e1-e23.
28. Goyal A, Sharma V, Upadhyay N, Gill S, Sihag M. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *J Food Sci Technol*. 2014;51(9):1633-53.
29. Pirozzo S, Summerbell C, Cameron C, Glasziou P. Advice on low-fat diets for obesity. *Cochrane Database Syst Rev*. 2002;(2):CD003640.
30. Jadhav HB, Annapure US. Triglycerides of medium-chain fatty acids: a concise review. *J Food Sci Technol*. 2023;60(8):2143-52.
31. Shah ND. The use of medium-chain triglycerides in gastrointestinal disorders. *Practical Gastroenterology*. 2017.
32. Maher T, Sampson A, Goslawska M, Pangua-Irigaray C, Shafat A, Clegg ME. Food intake and satiety response after medium-chain triglycerides ingested as solid or liquid. *Nutrients*. 2019;11(7).
33. Maher T, Deleuse M, Thondre S, Shafat A, Clegg ME. A comparison of the satiating properties of medium-chain triglycerides and conjugated linoleic acid in participants with healthy weight and overweight or obesity. *Eur J Nutr*. 2021;60(1):203-15.
34. Myrie SB, Jones PJH. Functional foods and obesity. *Functional Foods* (Second Edition): Woodhead Publishing. 2011. 234-60.
35. Lin TY, Liu HW, Hung TM. The ketogenic effect of medium-chain triacylglycerides. *Front Nutr*. 2021;8:747284.
36. Zock PL, de Vries JH, Katan MB. Impact of myristic acid versus palmitic acid on serum lipid and lipoprotein levels in healthy women and men. *Arterioscler Thromb*. 1994;14(4):567-75.
37. Mensink RP, Zock PL, Kester AD, Katan MB. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *Am J Clin Nutr*. 2003;77(5):1146-55.
38. Zong G, Li Y, Sampson L, Dougherty LW, Willett WC, Wanders AJ, et al. Monounsaturated fats from plant and animal sources in relation to risk of coronary heart disease among US men and women. *Am J Clin Nutr*. 2018;107(3):445-453.
39. Skulas-Ray A, Flock M, Kris-Etherton P. The role of diet in the prevention and treatment of cardiovascular disease. *Nutrition in the Prevention and Treatment of Disease* (Third Edition): Academic Press. 2013. 541-67.
40. Astrup A, Teicholz N, Magkos F, Bier DM, Brenna JT, King JC, et al. Dietary saturated fats and health: are the u.s. Guidelines evidence-based? *Nutrients*. 2021;13(10).
41. World Health Organization. Total fat intake for the prevention of unhealthy weight gain in adults and children: WHO guideline summary. Geneva: World Health Organization.

- 2023.
42. Schwingshackl L, Bogensberger B, Benčić A, Knýppel S, Boeing H, Hoffmann G. Effects of oils and solid fats on blood lipids: a systematic review and network meta-analysis. *J Lipid Res*. 2018;59(9):1771-1782.
43. Neelakantan N, Seah JYH, van Dam RM. The effect of coconut oil consumption on cardiovascular risk factors. *Circulation*. 2020;141(10):803-14.
44. Chaddha A, Eagle KA. Omega-3 fatty acids and heart health. *Circulation*. 2015;132(22):e350-e352.
45. Mach F, Baigent C, Catapano AL, Koskinas KC, Casula M, Badimon L, et al. 2019 ESC/EAS Guidelines for the management of dyslipidaemias: lipid modification to reduce cardiovascular risk: The Task Force for the management of dyslipidaemias of the European Society of Cardiology (ESC) and European Atherosclerosis Society (EAS). *Eur Heart J*. 2019;41(1):111-88.
46. ปันดดา ศรีจอมขวัญ. ออกกำลังกายได้ไหมถ้า 3 ต้องเลือกทานปลาชนิดไหนดี: โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์; 2023.
47. Krauss RM, Eckel RH, Howard B, Appel LJ, Daniels SR, Deckelbaum RJ, et al. AHA Dietary Guidelines: revision 2000: A statement for healthcare professionals from the Nutrition Committee of the American Heart Association. *Circulation*. 2000;102(18):2284-99.
48. Dietary Guidelines for Americans, 2020-2025. 9th Edition [Internet]. U.S. Department of Agriculture and U.S. Department of Health and Human Services. 2020. Available from: <https://www.dietaryguidelines.gov/>.
49. Stellaard F. From dietary cholesterol to blood cholesterol, physiological lipid fluxes, and cholesterol homeostasis. *Nutrients*. 2022;14(8).
50. Li Y, Hruby A, Bernstein AM, Ley SH, Wang DD, Chiuve SE, et al. Saturated fats compared with unsaturated fats and sources of carbohydrates in relation to risk of coronary heart disease: a prospective cohort study. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66(14):1538-48.
51. Dehghan M, Mente A, Zhang X, Swaminathan S, Li W, Mohan V, et al. Associations of fats and carbohydrate intake with cardiovascular disease and mortality in 18 countries from five continents (PURE): a prospective cohort study. *Lancet*. 2017;390(10107):2050-62.
52. Seidemann SB, Claggett B, Cheng S, Henglin M, Shah A, Steffen LM, et al. Dietary carbohydrate intake and mortality: a prospective cohort study and meta-analysis. *Lancet Public Health*. 2018;3(9):e419-e428.
53. Bhatt DL, Steg PG, Miller M, Brinton EA, Jacobson TA, Ketchum SB, et al. Cardiovascular risk reduction with icosapent ethyl for hypertriglyceridemia. *N Engl J Med*. 2019;380(1):11-22.
54. Iatan I, Huang K, Vikulova D, Ranjan S, Brunham Liam R. Association of a low-carbohydrate high-fat diet with plasma lipid levels and cardiovascular risk. *JACC: Advances*. 2024;3(6):100924.
55. Thanusin S, Limpiteeprakan P, Lapkham C, Manwong M. Quality of reused cooking oil of food stalls in the area of muangsrikri municipality, warinchamrab, ubon ratchathani. *Health Sci J Thai*. 2021;3(1):17-28.
56. Nie W, Cai K, Li Y, Tu Z, Hu B, Zhou C, et al. Study of polycyclic aromatic hydrocarbons generated from fatty acids by a model system. *J Sci Food Agric*. 2019;99(7):3548-54.
57. Sondhi S. Application of biosurfactant as an emulsifying agent. Applications of next generation biosurfactants in the food sector: Academic Press. 2023. 43-56.
58. Pokorny J, Schmidt Š. Effects of processing and storage on antioxidant efficacy in foods. Oxidation in foods and beverages and antioxidant applications: woodhead publishing. 2010. 368-93.
59. Asokapandian S, Swamy GJ, Hajjul H. Deep fat frying of foods: a critical review on process and product parameters. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2020;60(20):3400-13.
60. Detwiler Jr SB, Markley KS. Smoke, flash, and fire points of soybean and other vegetable oils. *Oil and Soap*. 1940;17(2):39-40.
61. Gunstone F. Vegetable oils in food technology: composition, properties and uses, second edition. 2011. 1-24.
62. Boateng L, Ansong R, Owusu WB, Steiner-Asiedu M. Coconut oil and palm oil's role in nutrition, health and national development: A review. *Ghana Med J*. 2016;50(3):189-96.
63. Sankhyan S, Zabinski K, O'Brien RE, Cohan S, Patel S, Vance ME. Aerosol emissions and their volatility from heating different cooking oils at multiple temperatures. *Environmental Science: Atmospheres*. 2022;2(6):1364-75.