

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันน้ำมันปรุงอาหารมีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมาก ผู้บริโภคส่วนใหญ่เลือกใช้ น้ำมันพืชเป็นหลักในการประกอบอาหาร เนื่องจากหาซื้อได้สะดวกกว่าน้ำมันจากสัตว์ น้ำมันจากพืชนั้นมีอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดมีข้อดีข้อด้อยต่างกัน หากเลือกใช้อย่างเหมาะสมจะเกิดประโยชน์อย่างยิ่งกล่าวคือได้ทั้งอาหารที่อร่อย ปลอดภัยและป้องกันโรคและไม่เกิดโทษต่อสุขภาพ

น้ำมันพืชที่มีขายในท้องตลาด มี 2 ชนิด คือ

1. ชนิดที่เป็นไข เมื่อนำไปแช่ตู้เย็นหรือเมื่ออากาศเย็น
2. ชนิดที่ไม่เป็นไขในที่เย็น

น้ำมันพืชชนิดที่เป็นไขจะประกอบไปด้วยไขมันชนิดอิ่มตัวอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งไขมันชนิดอิ่มตัวเป็นไขมันที่อยู่ในไขมันสัตว์ ไขมันจากมะพร้าวและน้ำมันปาล์ม มีคุณสมบัติที่เป็นไขได้ง่าย ย่อยยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเด็กทารกจะย่อยได้ไม่เต็มที่ นอกจากนี้ยังทำให้คอเลสเตอรอลในเลือดสูง แต่มีข้อดี คือ จะทนต่อความร้อน ความชื้นและออกซิเจน ไม่เหม็นหืนและเวลาที่ใช้ทอดอาหาร จะทำให้อาหารกรอบอร่อยและน่ารับประทาน



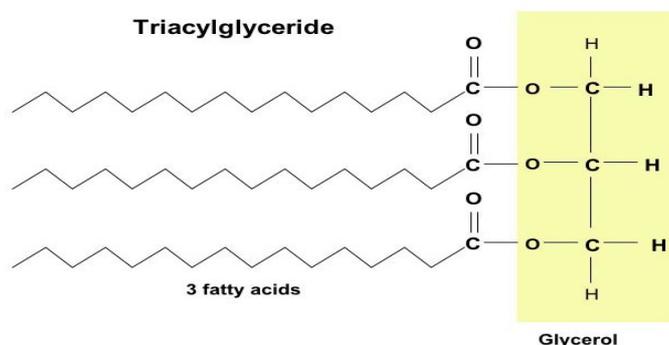
ภาพที่ 1 น้ำมันบริโภคชนิดต่างๆ

น้ำมันชนิดที่ไม่เป็นไข ประกอบด้วยไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่ในเปอร์เซ็นต์ที่สูง ไขมันชนิดนี้ย่อยง่าย ร่างกายนำไปใช้สร้างเซลล์ต่างๆ จึงเหมาะสมกับเด็กที่กำลังเจริญเติบโตและยังช่วยลดคอเลสเตอรอลในเลือด ผู้ที่มีปัญหาคอเลสเตอรอลในเลือดสูงจึงควรเลือกใช้ไขมันชนิดนี้ แต่ข้อเสียของไขมันชนิดนี้คือ เมื่อถูกทำลายจะกลายเป็นสารประกอบโพลาร์ซึ่งทำให้น้ำมันเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และมีกลิ่นเหม็นหืน ซึ่งสารโพลาร์เหล่านี้อาจทำให้เกิดโรคหัวใจจากเส้นเลือดหัวใจตีบตัน อาจจะทำให้เป็นมะเร็งในกระเพาะอาหาร ทำให้ตับเสื่อมได้ อย่างไรก็ตามผลที่เกิดขึ้นเหล่านี้ เป็นเพียงผลที่เกิดในสัตว์ทดลอง ส่วนในคนยังไม่มีหลักฐานใดๆ ว่าสารโพลาร์จากไขมันไม่อิ่มตัวที่ถูกความร้อนสูงจะทำให้เกิดโรคเหมือนในสัตว์ทดลองเลย

การเลือกใช้น้ำมันจึงขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ถ้าเป็นอาหารที่ต้องใช้ความร้อนสูงอยู่นานๆ เช่นการทอดปลาทั้งตัว ไก่ หมู หรือเนื้อชิ้นใหญ่ที่ต้องใช้เวลานาน ควรเลือกน้ำมันชนิดเป็นไข เพื่อให้ได้อาหารที่รสชาติดี กรอบอร่อย ส่วนการผัด หรือทอดเนื้อชนิดบางๆ เช่นหมูแฮม ควรใช้น้ำมันชนิดไม่เป็นไข เพราะร่างกายจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี นอกจากนี้ น้ำมันที่ใช้ทอดอาหารไม่ควรใช้ซ้ำบ่อยๆ เพราะน้ำมันที่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมักจะมีสารโพลาร์อยู่มาก อาจเป็นอันตรายต่อร่างกายได้

2.1 ความรู้เกี่ยวกับน้ำมันและไขมัน

ไขมันและน้ำมัน (fat and oils) เป็นสารชีวโมเลกุล ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ของกรดไขมัน (fatty acid) และกลีเซอรอล (glycerol) โดยกลีเซอรอลรวมตัวกับกรดไขมัน เกิดเป็นไตรกลีเซอไรด์



ภาพที่ 2 โครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์ที่เกิดจากการรวมตัวของกรดไขมันและกลีเซอรอล

ไขมันและน้ำมันมีลักษณะแตกต่างกันเนื่องจากชนิดของกรดไขมันที่เกาะกับกลีเซอรอล นอกจากไขมันและน้ำมันจะประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์เป็นส่วนใหญ่แล้ว ยังมีสารประกอบอื่นๆ ปนอยู่อีกด้วย ได้แก่ ฟอสโฟลิปิด (phospholipid) สเตอรอล (sterol) สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ชนิดต่างๆ วิตามินอี รังควัตถุต่างๆ ตลอดจนไนโอะอินต่างๆ เป็นต้น

น้ำมันที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อของสัตว์หรืออวัยวะพืชเมื่อนำมาสกัดและกลั่นให้บริสุทธิ์เพื่อใช้บริโภค เรียกว่า น้ำมันกินได้ (edible oil) หรือ ไขมันกินได้ (edible fat) น้ำมันที่ใช้บริโภคมีหลายชนิด เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันมะพร้าว น้ำมันถั่ว น้ำมันงา น้ำมันเมล็ดทานตะวันและน้ำมันปาล์ม น้ำมันแต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบของกรดไขมันต่างกัน

ไขมันเป็นองค์ประกอบสำคัญส่วนหนึ่งของร่างกาย เพราะเป็นส่วนประกอบของอวัยวะหลายอย่าง อาทิเช่น สมองซึ่งประกอบด้วยไขมันถึงร้อยละ 60 นอกจากนี้ไขมันยังเปรียบเสมือนเบาะห่อหุ้มร่างกายให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย การบริโภคไขมันชนิดจำเป็นสามารถลดความเสี่ยงในการเป็นมะเร็ง โรคหัวใจ โรคภูมิแพ้และโรคอัลไซเมอร์ เป็นต้น ซึ่งไขมันชนิดจำเป็นจะพบในถั่ว เมล็ดพืชและปลาเป็นส่วนใหญ่ ในการบริโภคอาหารควรได้รับพลังงานจากอาหารประเภทไขมันไม่เกินกว่าร้อยละ 20 ของพลังงานทั้งหมด แต่ในความเป็นจริงแล้วชาวอเมริกันกินอาหารประเภทไขมันมากกว่าร้อยละ 35 ซึ่งมากกว่าที่ควรเป็นในขณะที่ชาวญี่ปุ่น ไทยและฟิลิปปินส์ ซึ่งอาหารการกินนั้นประกอบด้วยไขมันโดยเฉลี่ยไม่เกินร้อยละ 20 นั้นพบว่ามีอัตราการเกิดภาวะหลอดเลือดและหัวใจอุดตันน้อยกว่าชาวอเมริกันและการบริโภคอาหารประเภทไขมันดังกล่าวนั้นควรบริโภคไขมันชนิด กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acids) อย่างน้อย 1 ใน 3 ไขมันชนิด กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนนั้นประกอบด้วยไขมันชนิดจำเป็น 2 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ กรดไขมันไลโนเลนิกหรือโอเมก้า- 6 และกรดไขมันอัลฟา-ไลโนเลนิกหรือโอเมก้า- 3

ชนิดของไขมัน

ไขมันแบ่งได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

1) คอเลสเตอรอล (Cholesterols)

คอเลสเตอรอล เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นองค์ประกอบสำคัญในเยื่อของสมองและระบบประสาท ใช้สร้างกรดน้ำดี ทั้งยังเป็นวัตถุดิบในการสร้างฮอร์โมนบางชนิด เช่น ฮอร์โมนเพศชาย ฮอร์โมนเพศหญิง และฮอร์โมนคอร์ติโซน และเป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของวิตามิน ร่างกายสามารถสร้างคอเลสเตอรอลขึ้นเองได้จากตับ คอเลสเตอรอลที่ได้จากอาหารมีเฉพาะในอาหารที่มาจากสัตว์เท่านั้น มีมากในอาหารบางชนิด เช่น ไข่แดง เครื่องในสัตว์ มันสัตว์ สัตว์น้ำบางชนิด

2) ฟอสโฟไลปิด (Phospholipids)

ฟอสโฟไลปิดเป็นไขมันชนิดหนึ่งที่ร่างกายใช้เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ เช่น เซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์ผนังหลอดเลือด เป็นต้น นอกจากนี้ยังเป็นสารลดความตึงผิวที่อยู่ภายในถุงลมของปอด ถ้าขาดสารนี้เสียแล้ว ถุงลมปอดก็ไม่อาจพองตัวได้ในยามที่เราสูดลมหายใจเข้าไป ฟอสโฟไลปิดจึงเป็นทั้งสารที่ร่างกายต้องใช้ในขณะทำงานตามสรีรภาพของร่างกาย

3) ไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides)

ไตรกลีเซอไรด์ส่วนใหญ่ไขมันที่รับประทานไปทั้งหมด คือไตรกลีเซอไรด์ซึ่งช่วยสร้างความอบอุ่นให้แก่ร่างกาย และยังเป็นตัวทำละลายสำหรับวิตามินกลุ่มที่ละลายในไขมัน ได้แก่ วิตามินเอ ดี อีและเค ไตรกลีเซอไรด์จะประกอบด้วย ไตรกลีเซอรอลกับกรดไขมันอีก 3 โมเลกุล

2.2 องค์ประกอบของน้ำมันและไขมัน

น้ำมันและไขมันมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ กลีเซอรอล กรดไขมัน และนอนกลีเซอไรด์ องค์ประกอบหลักของน้ำมัน ได้แก่ ไตรกลีเซอไรด์

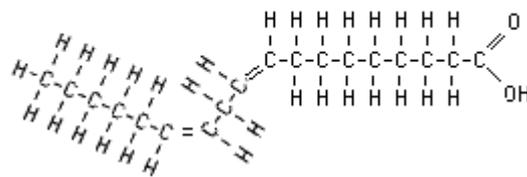
2.2.1 กลีเซอไรด์หรือกลีเซอรอล คือ เอสเทอร์ของกรดไขมันกับไตรไฮดรอกซิลแอลกอฮอล์ (trihydroxyl alcohol) สามารถแบ่งชนิดของกลีเซอไรด์ออกเป็น 3 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ มอนोगลิเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งมีจำนวนกรดไขมันต่อโมเลกุลเป็น หนึ่ง สอง และสามตามลำดับ น้ำมันและไขมันทั่วไปจะเป็นส่วนผสมของกลีเซอไรด์กับกรดไขมันชนิดต่างๆ ในอัตราส่วนต่างๆกัน ในน้ำมันปาล์มส่วนของกลีเซอไรด์ประกอบด้วย trisaturated ปรมาณร้อยละ 10.2 disaturated ร้อยละ 48.0 monosaturated ร้อยละ 34.6 และ disaturated ร้อยละ 48.0 และ triunsaturated ร้อยละ 6.8

2.2.2 กรดไขมัน เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของน้ำมันและไขมันทุกชนิด โดยทั่วไปจะพบกรดไขมันอยู่ในรูปส่วนประกอบของน้ำมันหรือไขมัน กรดไขมันเป็นสารประกอบคาร์บอนโมเลกุลต่อเป็นสายโซ่ยาว และมีหมู่คาร์บอกซิล (COOH) ที่ปลาย พบมากที่สุดมีจำนวนคาร์บอน 16 และ 18

กรดไขมัน แบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ ตามโครงสร้างทางชีวเคมี ดังนี้

1) กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) จะมีอะตอมของคาร์บอนที่ต่อกันเป็นลูกโซ่ด้วยพันธะเดี่ยวเท่านั้น โดยที่แขนของคาร์บอนแต่ละตัวจะจับอะตอมของไฮโดรเจน

(2) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน เรียกว่า polyunsaturated fatty acid (PUFA) หมายถึง กรดไขมันที่มีธาตุคาร์บอนต่อกันด้วยพันธะคู่อยู่หลายตำแหน่ง หากรับประทานแทนไขมันอิ่มตัว จะไม่เพิ่มระดับไขมันในร่างกาย อาหารที่มีไขมันชนิด PUFA ได้แก่ น้ำมันพืชทั้งหลาย เช่น น้ำมันข้าวโพด น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดอกทานตะวันและน้ำมันดอกคำฝอย ตัวอย่างเช่น กรดไลโนเลอิก (linoleic acid)



Linoleic acid, a polyunsaturated fatty acid.

ภาพที่ 5 โครงสร้างกรดไลโนเลอิก

จะเห็นได้ว่าไขมันและน้ำมันชนิดต่างๆ จะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของ กรดไขมันในน้ำมันปรุงอาหารชนิดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ที่พบในน้ำมันจากพืชและน้ำมันจากสัตว์

ชนิดของน้ำมัน	กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (ร้อยละ)	กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ที่มีพันธะคู่หนึ่งพันธะ (ร้อยละ)	กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ที่มีพันธะคู่หลายพันธะ (ร้อยละ)
น้ำมันมะพร้าว	86	6	2
น้ำมันปาล์ม	48	38	9
น้ำมันหมู	38	53	9
น้ำมันฝ้าย	26	29	51
น้ำมันถั่วลิสง	19	46	30
น้ำมันรำข้าว	19	38	37
น้ำมันงา	15	40	40
น้ำมันถั่วเหลือง	15	23	58
น้ำมันมะกอก	14	72	9
น้ำมันข้าวโพด	13	25	58
น้ำมันทานตะวัน	10	21	64
น้ำมันดอกคำฝอย	9	12	74

ที่มา : Food Standards Agency (1991). "Fats and Oils", *McCance & Widdowson's The Composition of Foods*. Royal Society of Chemistry

นอกจากนี้ยังมีสารประกอบต่างๆ ที่พบในน้ำมัน เช่น ฟอสโฟไลปิด สเตอรอล ไฮโดรคาร์บอนต่างๆ รงควัตถุ โทโคไตรอีนอล (tocotrienols) และโทโคฟีรอล (tocopherols) หรือวิตามินอี เป็นต้น ตัวอย่างเช่น ในน้ำมันปาล์มดิบจะมีองค์ประกอบอื่นๆ ปริมาณร้อยละ 5 เมื่อผ่านกรรมวิธีหรือผ่านกระบวนการที่ทำให้น้ำมันบริสุทธิ์จะเหลืออยู่ไม่เกินร้อยละ 2 คือร้อยละ 1 ได้แก่ โทโคฟีรอล หรือวิตามินอี ส่วนที่เหลือเป็นแคโรทีนอยด์ (carotenoids) โทโคไตรอีนอล เทอเพนิค (terpenic) อะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน (aliphatic hydrocarbons) และสิ่งเจือปน ปัจจุบันในทางการค้า

มีการเติมไฮโดรเจนลงในน้ำมันพืชหรือไขมันประเภท polyunsaturated fat เพื่อให้ไขมันเหล่านี้แข็งตัวขึ้นและไม่เหม็นหืน ซึ่งไขมันชนิดดังกล่าวนี้ร่างกายไม่สามารถนำไปใช้ได้และนอกจากนี้ยังขัดขวางปฏิกิริยาการสันดาปของไขมันชนิดดีอื่นๆอีกด้วย กรดไขมันชนิดต่างๆในน้ำมันปรุงอาหารจะมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 กรดไขมันในน้ำมันหรือไขมันและแหล่งที่มา

กรดไขมัน	ชนิดของกรดไขมัน	แหล่งที่มา
Butyric acid	4:0	butterfat
Caproic Acid	6:0	butterfat
Caprylic Acid	8:0	coconut oil
Capric Acid	10:0	coconut oil
Lauric Acid	12:0	coconut oil
Myristic Acid	14:0	palm kernel oil
Palmitic Acid	16:0	palm oil
Palmitoleic Acid	16:1	animal fats
Stearic Acid	18:0	animal fats
Oleic Acid	18:1	olive oil
Ricinoleic acid	18:1	castor oil
Vaccenic Acid	18:1	butterfat
Linoleic Acid	18:2	grape seed oil
Alpha-Linolenic Acid (ALA)	18:3	flaxseed (linseed)
Gamma-Linolenic Acid (GLA)	18:3	borage oil
Arachidic Acid	20:0	peanut oil, fish oil
Gadoleic Acid	20:1	fish oil

ตารางที่ 2 (ต่อ)

กรดไขมัน	ชนิดของกรดไขมัน	แหล่งที่มา
Arachidonic Acid (AA)	20:4	liver fats
EPA	20:5	fish oil
Behenic acid	22:0	rapeseed oil
Erucic acid	22:1	rapeseed oil
DHA	22:6	fish oil
Lignoceric acid	24 :0	small amounts in most fats

ที่มา : Boskou and Elmadfa, 1999

จากตารางที่ 2 พบว่ากรดไลโนลินิกเป็นกรดไขมันที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย ทำหน้าที่ควบคุมการเจริญเติบโตและการทำงานของอวัยวะภายในส่วนต่างๆ ของร่างกาย แต่ร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้ ดังนั้นการเลือกใช้น้ำมันปรุงอาหารที่มีกรดไลโนลินิกจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ร่างกายสามารถรับกรดไขมันที่จำเป็นชนิดนี้ได้ ในน้ำมันปรุงอาหารแต่ละชนิดมีปริมาณของกรดไลโนลินิกที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณกรดไลโนลินิก (ร้อยละ) ในน้ำมันปรุงอาหาร

ชนิดของน้ำมันปรุงอาหาร	ปริมาณกรดไลโนลินิก (ร้อยละ)
น้ำมันดอกคำฝอย	63.0 - 79.0
น้ำมันดอกทานตะวัน	62.6 - 64.8
น้ำมันข้าวโพด	35.1 - 56.8
น้ำมันงา	40.0 - 42.5
น้ำมันจากเมล็ดกระเจียวแดง	42.1
น้ำมันถั่วเหลือง + หมู (7 : 3)	40.2
น้ำมันรำข้าว	33.0 - 37.3
น้ำมันถั่วลิสง	28.3 - 30.0
น้ำมันถั่วลิสง + ปาล์มโอเลอิน (1 : 1)	23.1 - 29.2
น้ำมันหมู	11.6 - 12.5
น้ำมันปาล์มโอเลอิน	9.5 - 12.9
น้ำมันมะพร้าว	1.5 - 3.0

2.3 ชนิดของน้ำมันปรุงอาหาร

น้ำมันและไขมันที่นำมาใช้ปรุงอาหาร จัดเป็นอาหารที่ให้พลังงานและความร้อนแก่ร่างกาย ได้มากกว่าสารอาหารพวกอื่น ทั้งยังช่วยในการดูดซึมวิตามินที่จำเป็นต่อร่างกายบางชนิด ได้แก่ วิตามิน เอ ดี อี และ เค น้ำมันที่มีจำหน่ายทั่วไปนั้นมีทั้งชนิดที่มาจากสัตว์และจากพืช เช่น เนย เนยเทียม น้ำมันหมู น้ำมันรำ น้ำมันฝ้าย ฯลฯ

น้ำมันพืชปรุงอาหารที่มีวางจำหน่ายตามท้องตลาดมีหลากหลายชนิด แต่ละชนิดมีแหล่งของวัตถุดิบแตกต่างกัน เช่น เมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดดอกทานตะวัน เมล็ดปาล์ม เนื้อปาล์ม รำข้าว เมล็ดข้าวโพด เป็นต้น จากการสกัดน้ำมันที่ใช้แหล่งวัตถุดิบที่แตกต่างกัน จึงทำให้มีองค์ประกอบและสัดส่วนของกรดไขมันที่แตกต่างกันด้วย ส่วนประกอบที่แตกต่างกันของกรดไขมันนี้ มีผลทำให้ น้ำมันปรุงอาหารมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่แตกต่างกัน เช่น น้ำมันปรุงอาหารที่มีกรดไขมันอิ่มตัวปริมาณมากสามารถใช้ทอดอาหารได้ที่อุณหภูมิสูงกว่าน้ำมันปรุงอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณมาก หรือมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งอยู่มาก จะไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ถ้ามีการนำไปใช้ทอดอาหารที่อุณหภูมิสูง เป็นระยะเวลาสั้น จะทำให้เกิดสารโพลีเมอร์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ น้ำมันหรือไขมันจากพืชและสัตว์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือน้ำมันปรุงอาหารธรรมชาติ (Virgin oil) ซึ่งได้จากการบีบ อัด และกรอง และน้ำมันปรุงอาหารผ่านกรรมวิธี Refined เป็นน้ำมันที่ผลิตโดยวิธีธรรมชาติแล้วนำผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์ เปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำมันทั้ง 2 ประเภท แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความแตกต่างของน้ำมันปรุงอาหารธรรมชาติและน้ำมันปรุงอาหารผ่านกรรมวิธี

น้ำมันปรุงอาหารธรรมชาติ	น้ำมันปรุงอาหารผ่านกรรมวิธี
<ol style="list-style-type: none"> มีกลิ่นหอมตามชนิดของน้ำมัน ลักษณะไม่ใส สีเข้ม สารปนเปื้อนมาก ค่าของกรดสูง น้ำมันถั่วลิสงธรรมชาติ มักตรวจพบสารพิษจากเชื้อราที่เรียกว่า อฟลาท็อก ห้ามบริโภคน้ำมันเมล็ดฝ้ายธรรมชาติ เพราะมีสารพิษ กอกลีพอล (Gossypol) 	<ol style="list-style-type: none"> ไม่มีกลิ่น ลักษณะใส สีอ่อน สารปนเปื้อนน้อย ค่าของกรดต่ำ น้ำมันถั่วลิสงที่ผ่านกรรมวิธีถูกต้องจะปราศจากสารอฟลาท็อกซินหรือมีเหลืออยู่น้อยมากไม่เกิดอันตรายในการบริโภค น้ำมันเมล็ดฝ้ายที่ผ่านกรรมวิธีบริโภคได้เพราะปราศจากสารพิษกอกลีพอล

ตัวอย่างน้ำมันปรุงอาหารที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาดและคุณลักษณะในการเลือกใช้ (White, 2000) มีดังนี้

2.3.1 น้ำมันมะพร้าวและน้ำมันเมล็ดปาล์ม (palm kernel oil)

น้ำมันมะพร้าวและน้ำมันเมล็ดปาล์มไม่นิยมนำมาทอดอาหารเพราะมีจุดมีควันค่อนข้างต่ำ มีกรดลอริก (C-12) และกรดไมริสติก (C-14) ประมาณร้อยละ 65 -70 และกรดไขมันอิ่มตัวที่มีคาร์บอนระหว่าง 1 -10 อะตอม ประมาณร้อยละ 10 น้ำมันประเภทนี้เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง

2.3.2 น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันรำข้าว และน้ำมันงา

น้ำมันถั่วลิสงและน้ำมันรำข้าวมีกรดโอเลอิกประมาณร้อยละ 44 – 46 ซึ่งสูงกว่ากรดไลโนเลอิกเล็กน้อย มีประมาณร้อยละ 31-34 ในขณะที่กรดไขมันทั้งสองในน้ำมันงามีประมาณร้อยละ 40 ซึ่งใกล้เคียงกัน เนื่องจากน้ำมันประเภทนี้มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ปริมาณมากเช่นกัน โอกาสการเกิดอนุมูลอิสระจึงมีมากขึ้นด้วย (White,2000;Chow,2000) น้ำมันประเภทนี้จึง

เหมาะสำหรับการผัดอาหารและปรุงอาหารที่ไม่ใช้ความร้อนสูงมากเหมือนการทอด เนื่องจากจุดมีควันต่ำกว่าน้ำมันปาล์ม

2.3.3 น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันดอกคำฝอย น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันฝ้าย

น้ำมันเหล่านี้มีกรดโอเลอิกสูงมากกว่าร้อยละ 50 น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันและน้ำมันดอกคำฝอยมีกรดไลโนเลอิกซึ่งเป็นกรดไขมันจำเป็นอยู่สูงถึงร้อยละ 68 และ 78 และกรดไลโนเลอิกประมาณร้อยละ 13 และ 19 ตามลำดับ ส่วนในน้ำมันเมล็ดฝ้ายและน้ำมันข้าวโพดพบกรดไลโนเลอิกประมาณร้อยละ 53 และ 57 และกรดโอเลอิกประมาณร้อยละ 18 และ 27 ตามลำดับ โดยภาพรวมแล้วไม่ควรใช้น้ำมันประเภทนี้ทอดอาหาร เนื่องจากมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมดค่อนข้างสูงคือประมาณ ร้อยละ 79- 90

2.3.4 น้ำมันมะกอก (Olive oil)

น้ำมันมะกอกเป็นน้ำมันที่สกัดได้จากผลมะกอก (*Olea europae L.*) มีกรดโอเลอิกสูง (ประมาณร้อยละ 70) ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น นอกจากนั้นยังพบไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ โมโนกลีเซอไรด์ คลอโรฟิลล์ แคโรทีน โพลีฟีนอล โทโคเฟอรอล แต่ไม่มีคอเลสเตอรอล น้ำมันมะกอกมีคุณสมบัติด้านการแพทย์ โดยพบว่าประชาชนในแถบเมดิเตอร์เรเนียนซึ่งบริโภคน้ำมันมะกอกเป็นประจำมีสถิติการเกิดโรคหัวใจต่ำกว่าประชาชนในแถบตะวันตก น้ำมันมะกอกยังช่วยให้ความดันโลหิตเป็นปกติ เป็นตัวช่วยดูดซึมเกลือแร่และวิตามินที่ละลายในไขมัน ทำหน้าที่ช่วยกระเพาะย่อยอาหารและรักษาแผลในกระเพาะอาหาร ช่วยระบบย่อยอาหาร สารเคมีที่พบในน้ำมันมะกอกช่วยทดแทนการสูญเสียแคลเซียมในกระดูกคนได้ ช่วยรักษาข้อต่ออักเสบเพราะ โอเมก้า-3 ในน้ำมันมะกอกช่วยลดอาการเจ็บปวดและอาการบวมตามไข

2.3.5 น้ำมันงา (Sesame Oil)

น้ำมันงาเป็นน้ำมันที่สกัดได้จากงา (*Sesamum Indicum*) ทั้งเมล็ดทั้งงาขาวและงาดำ โดยปกติแล้วเมล็ดงาถูกนำมาใช้เป็นอาหารของมนุษย์โดยเฉพาะอาหารมังสวิรัต งาเป็นส่วนผสมที่ช่วยเพิ่มรสชาติ ช่วยให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารและที่สำคัญน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดงามีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงถึงร้อยละ 82 โดยเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวพันธะคู่หนึ่งพันธะประมาณร้อยละ 38 และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่หลายพันธะประมาณร้อยละ 44 ไม่มีคอเลสเตอรอล

น้ำมันงาแบ่งตามวิธีการสกัดได้เป็น 2 ชนิด คือ น้ำมันงาบริสุทธิ์ (Extra Virgin Sesame Oil) เป็นน้ำมันที่สกัดได้ครั้งแรกโดยสกัดแบบอัดเย็น (Cold Press) ใช้อุณหภูมิในการสกัดต่ำกว่า 45 องศาเซลเซียส ผ่านการกรอง เป็นน้ำมันงาที่มีคุณภาพดีที่สุด มีองค์ประกอบของสารที่เป็นสารกัน

เสียดตามธรรมชาติ (Natural Preservative) ถึง 2 ชนิด คือ เซซามอล (Sesamol) และเซซาโมลิน (Sesamolol) น้ำมันชนิดนี้มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงพันธะคู่หนึ่งอันสูงถึง 37 เปอร์เซ็นต์ มีความคงตัวและมีอายุได้คึกว่าน้ำมันชนิดอื่น ส่วนน้ำมันงาอีกชนิดหนึ่งคือน้ำมันงาที่เรียกว่า Toasted Sesame Oil เป็นน้ำมันที่สกัดโดยนำกากที่ได้จากการสกัดแบบอัดเย็นมาสกัดใหม่โดยใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้น้ำมันที่ได้มีสีเข้ม และมีกลิ่นฉุน มีคุณภาพน้อยกว่าน้ำมันงาชนิดแรก ประโยชน์ของน้ำมันงาที่สำคัญในด้านโภชนาการคือ ช่วยลดอาการท้องผูก และกำจัดพยาธิในลำไส้ ช่วยในระบบย่อยอาหาร และช่วยกระตุ้นการหมุนเวียนของโลหิต ในด้านการดูแลผิวพรรณ เมื่อใช้น้ำมันงาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์บำรุงผิวพบว่าน้ำมันงามีคุณสมบัติช่วยลดการเกิดริ้วรอย เมื่อใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์นวดหน้าจะช่วยให้ผิวหนังชุ่มชื้น และยังมีคุณสมบัติช่วยบรรเทาอาการของโรคผิวหนังชนิดเรื้อรัง สารประกอบเซซามอลและเซซาโมลินมีคุณสมบัติช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ช่วยเพิ่มฤทธิ์การทำงานของวิตามินอีและทำงานร่วมกับวิตามินอีในการป้องกันผลจากสารอนุมูลอิสระ

2.3.6 น้ำมันปาล์ม (Palm oil)

น้ำมันปรุงอาหารประเภทนี้มีกรดปาล์มมิติก (C-16) และกรดสเตียริก (C-18) ประมาณร้อยละ 37- 50 กรดโอเลอิกประมาณร้อยละ 40-45 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนน้อยกว่าร้อยละ 10 โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดไลโนเลนิกน้อยกว่าร้อยละ 1 จึงเหมาะสำหรับการทอดอาหารมากกว่าน้ำมันประเภทอื่นๆ เนื่องจากจุดมีควันค่อนข้างสูง จึงทำให้น้ำมันมีความเสถียรในขณะทอดที่อุณหภูมิสูง นอกจากนี้โอกาสการเกิดอนุมูลอิสระของกรดไขมันหรือไตรเอซิลกลีเซอรอลมีน้อยกว่า ปัจจุบันได้มีการบริโภคน้ำมันปาล์มทั้งในรูปของน้ำมันพืช มาร์การีน และไขมันพืชเพื่อการประกอบอาหาร ตลอดจนใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารอื่นๆ อีกมากมาย

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาหาร (ม.อ.ก. 2535) ได้ให้ความหมายตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มสำหรับบริโภคไว้ดังนี้

น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค เรียกว่า น้ำมันปาล์ม หมายถึง น้ำมันที่ได้จากเนื้อของผลปาล์ม มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Elaeis guineensis* เพื่อใช้ในการบริโภคและอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหาร

น้ำมันปาล์มธรรมชาติ หมายถึง น้ำมันปาล์มที่ได้จากวิธีทางกล ความร้อน หรือวิธีทางกลร่วมกับความร้อน อาจทำให้สะอาดขึ้นด้วยการล้างน้ำ ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน กรองและหมุนเหวี่ยงเท่านั้น

น้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี หมายถึง น้ำมันปาล์มที่ผ่านกรรมวิธีกำจัดกรดไขมันอิสระ ฟอกสี กำจัดกลิ่น และแยกไตรกลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวสูงออก มีจุดขุ่นไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส โดยทั่วไป น้ำมันปาล์มดิบมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้ คือ glycerides ประมาณร้อยละ 95 fatty acids ประมาณร้อยละ 3-5 Minor & Trace component ประมาณร้อยละ 1 ซึ่งประกอบไปด้วย phytonutrient ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง และสารอื่น ๆ เช่น carotene tocopherols tocotrienols sterols triterperpene alcohols phospholipids glycolipids terpenic hydrocarbons waxes และ impurities จากกระบวนการสกัดปาล์มน้ำมัน สามารถแบ่งน้ำมันปาล์มตามวัตถุดิบที่ใช้สกัด เป็น 2 ชนิด คือ น้ำมันปาล์มดิบ และน้ำมันเมล็ดในปาล์ม ซึ่งมีองค์ประกอบกรดไขมันที่แตกต่างกัน โดยน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม มีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัว : กรดไขมันไม่อิ่มตัวในสัดส่วน 50:50 และ 82 :18 ตามลำดับ

สมบัติทางกายภาพของน้ำมันปาล์มมีลักษณะเป็นของแข็งกึ่งเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส เมื่อเข้าสู่กระบวนการแยกน้ำมันปาล์มจะแยกออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่เป็นของเหลวเรียกว่า ปาล์มโอเลอิน (palm olein) ประมาณร้อยละ 75 ส่วนที่เป็นของแข็ง เรียกว่า ปาล์มสเตียรีน (palm stearin) ร้อยละ 25 ปาล์มโอเลอิน ปาล์มโอเลอินเป็นส่วนที่มีความสำคัญในการตลาดมาก และสมบัติทางกายภาพของปาล์มโอเลอินจะต่างจากน้ำมันปาล์ม คือ เป็นของเหลวในอุณหภูมิช่วง 13 ถึง 24 องศาเซลเซียสและสามารถนำมาผสมกับน้ำมันจากเมล็ด (seed oils) พืชชนิดอื่นได้

น้ำมันปาล์มโอเลอินแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

- 1) โอเลอินมาตรฐาน (standard olein) มีจุดหลอมเหลวประมาณ 19 ถึง 24 องศาเซลเซียส
- 2) ดับเบิลแฟร็กชัน (double fraction) หรือ super olein มีจุดหลอมเหลวประมาณ 13 ถึง 16 องศาเซลเซียส

ในกระบวนการผลิตส่วนใหญ่จะเป็นโอเลอินมาตรฐานซึ่งนิยมโดยทั่วไป ในส่วนของน้ำมันปาล์มโอเลอินชนิดดับเบิลแฟร็กชัน ประเทศแถบยุโรปมีการนำมาใช้เป็นน้ำมันสำหรับทอดเช่นกัน แต่โดยมากนำมาผสมกับน้ำมันชนิดอื่นๆ เช่น ผสมกับน้ำมันเมล็ดทานตะวัน และน้ำมันจากถั่วเหลือง เป็นต้น น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่ใช้ในการทอดอาหารได้ดี เนื่องจากทนต่อการออกซิไดซ์ได้ดีและรสชาติของอาหารไม่เปลี่ยน รสนุ่ม ซึ่งสมบัติเหล่านี้เป็นผลเนื่องมาจากมีสารประกอบโทโคฟีรอล ซึ่งเป็นสารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน และมีโทโคไตรอีนอลในสัดส่วนที่เหมาะสม มีกรด ไลโนเลนิกและกรดไลโนเลอิกซึ่งเกิดออกซิเดชันได้ง่ายอยู่ในปริมาณต่ำ จากสมบัติดังกล่าว

น้ำมันปาล์มจึงนิยมใช้เป็นน้ำมันสำหรับทอดอาหารทั่วไปและเป็นที่ยอมรับในอุตสาหกรรมอาหารประเภททอด

2.3.7 น้ำมันถั่วเหลือง (Soybean oil)

น้ำมันถั่วเหลืองผลิตจากถั่วเหลือง *Glycine max* ซึ่งปลูกในหลายประเทศทั่วโลก ถั่วเหลืองมีที่มาจากเอเชียตะวันออก ในบันทึกของจีนโบราณบอกไว้ว่า ถั่วเหลืองเป็นส่วนสำคัญในตำราการลดน้ำหนัก ปัจจุบันน้ำมันถั่วเหลืองเป็นน้ำมันที่ใช้บริโภคได้ทั่วไป

น้ำมันถั่วเหลืองเป็นน้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงและเป็นพวกน้ำมันกึ่งแห้ง (Semidrying oil) ในช่วงปี 1920 น้ำมันถั่วเหลืองเป็นที่นิยมใช้มากในผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถบริโภคได้ เช่น สบู่ สี และน้ำมันเคลือบเงา การใช้งานน้ำมันถั่วเหลืองในอาหารถูกจำกัดเนื่องจากมีปริมาณของกรดไลโนเลนิกสูงซึ่งก่อให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่น ปัจจุบันได้รับการแก้ไขและได้รับการยอมรับจากอุตสาหกรรมอาหารแล้ว

น้ำมันถั่วเหลืองเป็นน้ำมันพืชที่ได้รับความนิยมสำหรับบริโภค เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีจำนวนมาก ราคาไม่แพง และใช้ประโยชน์ได้กว้างขวาง น้ำมันถั่วเหลืองถูกนำมาใช้เป็นปริมาณที่เพิ่มขึ้นถึง 3 เท่าในช่วง 45 ปีที่ผ่านมา

องค์ประกอบและคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันถั่วเหลือง

น้ำมันถั่วเหลืองเป็นน้ำมันที่มีน้ำมันที่ผลิตได้หลายวิธีและหลักเกณฑ์ทางด้านคุณภาพสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ได้ควรมีดังนี้

- 1) สามารถถลันให้บริสุทธิ์โดยมีการสูญเสียต่ำ
- 2) ทำเป็นน้ำมันสลัดได้
- 3) เม็ดสีมีความไวต่อการตอบสนองต่อความร้อน
- 4) สามารถกรองผลึกออกได้ง่าย เมื่อมีไฮโดรจีเนตบางส่วน
- 5) มีค่าไอโอดีนสูงพอสำหรับพื้นฐานของกระบวนการไฮโดรจีเนตของผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ
- 6) มีปริมาณของกรดไขมันไลโนเลนิก กรดไลโนเลนิกและกรดอาแรคคิโดนิคสูง

ข้อเสียที่เกิดจากธรรมชาติของน้ำมันถั่วเหลืองมีอยู่สองข้อคือ การที่น้ำมันถั่วเหลืองมีปริมาณกรดไขมันไลโนเลนิกอยู่สูงถึงร้อยละ 6-8 และการที่น้ำมันผ่านการไฮโดรจีเนตแล้วผลึกจะอยู่ในรูปแบบตัว (β - form) การที่มีปริมาณกรดไขมันไลโนเลนิกสูงทำให้ต้องระมัดระวังในการควบคุมป้องกันไม่ให้เกิดการออกซิเดชันและการรวมตัวกับโลหะ เพื่อที่หลีกเลี่ยงการเกิดมีสีและกลิ่นปนเปื้อนในน้ำมัน น้ำมันถั่วเหลืองซึ่งเป็นพื้นฐานของการผลิตสารเคลือบและ shortening

จะต้องมีค่าไอโอดีนต่ำกว่าร้อยละ 10 และมีการเติมน้ำมันเมล็ดฝ้ายหรือน้ำมันปาล์มที่ถูกทำให้แข็งแล้วลงไปเพื่อให้เกิดผลึกในรูปของเบต้าไพม์

2.3.8 น้ำมันหมู (lard)

น้ำมันหมูมีองค์ประกอบ คือ กลีเซอรอลและกรดไขมันชนิดต่างๆ มากมายโดยหนึ่งโมเลกุลของกลีเซอรอลจับกับสามโมเลกุลของกรดไขมัน เรียกว่าไตรกลีเซอไรด์ เช่นเดียวกับน้ำมันพืช ในน้ำมันหมูประกอบด้วยกรดไขมันหลายชนิด อาทิเช่น กรดไขมันอิ่มตัวได้แก่ กรดปาล์มิติกร้อยละ 25 กรดสเตียริกร้อยละ 14 และกรดไมริสติกร้อยละ 1 กรดไขมันอิ่มตัวชนิดเชิงเดี่ยวได้แก่ กรดโอเลอิกร้อยละ 47 และกรดปาล์มิโตเลอิกร้อยละ 3 และกรดไขมันอิ่มตัวชนิดเชิงซ้อนได้แก่ กรดไลโนเลอิก ร้อยละ 10 น้ำมันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการประกอบอาหาร น้ำมันและไขมันจากพืชหรือสัตว์นอกจากมีคุณค่าทางโภชนาการแล้ว ยังเพิ่มกลิ่น รสชาติ และเพิ่มความกรอบของอาหารด้วย น้ำมันจะมีหน้าที่ในการนำความร้อนสู่อาหาร ทำให้อาหารสุกในอดีตนิยมนำน้ำมันจากสัตว์มาใช้ในการปรุงอาหาร แต่ในปัจจุบันพบว่าไขมันหรือน้ำมันจากสัตว์มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลสูง การบริโภคอาหารที่มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวปริมาณมากเป็นระยะเวลานานติดต่อกัน สามารถเกิดการเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (Wetch, 2000; Nelson, 1999)

2.4 การทอดอาหารและการประเมินความเสี่ยงของน้ำมันทอดซ้ำ

การทอดอาหารเป็นการกำจัดน้ำบางส่วนออกจากอาหาร และทำให้ผิวด้านนอกของอาหารแห้งในระหว่างกระบวนการทอด น้ำมันจะทำหน้าที่เป็นตัวนำความร้อนเข้าสู่อาหาร ทำให้อาหารสุกและทำลายจุลินทรีย์ ปริมาณความชื้นในอาหารที่หลงเหลืออยู่มีผลต่อการอายุการเก็บรักษา อาหารที่มีความชื้นสูงมีอายุการเก็บรักษาสั้น เช่น ปลาทอด หมูทอด ไก่ทอด เป็นต้น ส่วนอาหารทอดกรอบที่มีความชื้นต่ำมาก สามารถเก็บไว้ได้นานหลายเดือน โดยเชื้อจุลินทรีย์ไม่เจริญเติบโต อายุการเก็บรักษาของอาหารเหล่านี้ ขึ้นอยู่กับความกรอบของอาหารและความคงทนของน้ำมันทอดอาหาร วิธีการทอดอาหารที่ปฏิบัติกันโดยทั่วไปมีอยู่ 2 วิธี (Food and Drug Administration, 2000) คือ

2.4.1 การทอดแบบน้ำมันน้อย (Shall or contact-drying)

เป็นการทอดที่ใช้ไขมันเพียงเล็กน้อย ความร้อนจากกระทะจะส่งผ่านไปยังน้ำมันและถ่ายเทไปสู่อาหาร จากบริเวณที่สัมผัสกันระหว่างอาหารกับกระทะ การทอดอาหารแบบนี้เหมาะสำหรับอาหารที่มีพื้นที่ผิวมากๆ เพราะจะทำให้สุกเร็วขึ้น เช่น การทอดไข่ เบคอน เป็นต้น

2.4.2 การทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep-frying)

การทอดแบบนี้เป็นการทอดที่มีใช้น้ำมันปรุงอาหารปริมาณมากและอุณหภูมิสูงกว่าการทอดแบบแรก เนื่องจากน้ำมันท่วมอาหารและความร้อนจากน้ำมัน สามารถส่งผ่านไปยังเนื้อในของอาหารทุกทิศทางและสม่ำเสมอ การทอดอาหารที่อุณหภูมิสูงๆ จะไปเร่งการเสื่อมสลายของน้ำมัน โดยการทำให้แตกตัวของน้ำมันเป็นกรดไขมันอิสระมากขึ้น และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืด กลิ่น สี และจุดมีควันของน้ำมัน ดังนั้นการทอดอาหารที่มีอุณหภูมิสูง ควรเปลี่ยนน้ำมันทอดอาหารให้บ่อยขึ้น

นอกจากนี้ในระหว่างการทอดอาหารจะเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ในระหว่างการทอด ซึ่งน้ำมันจะทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันกับสารอาหารต่างๆ ในอาหาร ทำให้ได้สารประกอบที่ระเหยได้ เช่น กรดอินทรีย์ สารอัลดีไฮด์และคีโตน ซึ่งส่งผลกระทบต่อกลิ่นและรสชาติของอาหารที่เปลี่ยนแปลงไป ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นยังก่อให้เกิดการเสื่อมสลายตัวของน้ำมัน กรดไขมันและไตรเอซิลกลีเซอรอลลดลง ในขณะที่สารประกอบมีขั้วต่างๆ เกิดขึ้นในปริมาณมาก นอกจากนี้ปัจจัยที่ส่งผลให้น้ำมันทอดอาหารเสื่อมสลายลง อาทิเช่น ความชื้น ปริมาณน้ำในอาหาร โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เกลือ และเครื่องปรุงอื่นๆ อุณหภูมิ เวลา วิธีการทอด พื้นที่ผิวของน้ำมันสัมผัสกับอากาศในระหว่างการทอด จำนวนครั้งที่ใช้ในการทอดอาหารและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำมัน สิ่งเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพของอาหาร เช่น ความหนืด ฟอง สี กลิ่น รสชาติ และจุดมีควัน

จากข้อมูลในเบื้องต้นนี้ หากนำน้ำมันที่ผ่านการทอดมาใช้ทอดซ้ำหลายครั้ง สารประกอบที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการทอดอาหาร จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการทอดอาหาร ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร นอกจากนี้ปริมาณของวิตามินอี เอ และสารคาร์โรทีนอยด์ ลดลงด้วย จึงทำให้เกิดการออกซิไดซ์ของกรดไขมันในน้ำมันพืชที่ใช้ทอดอาหารได้มากขึ้น หากรับประทานทอดอาหารปริมาณมากและบ่อยครั้งและที่สำคัญสารประกอบที่เกิดจากการเสื่อมสลายของน้ำมัน อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้

น้ำมันที่ใช้ในการประกอบอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการประกอบอาหารประเภททอดมีความสำคัญในการช่วยเพิ่มรสชาติของอาหารให้ดียิ่งขึ้น ในการทอดอาหารน้ำมันทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการนำความร้อนสู่อาหาร ทำให้อาหารสุกเร็ว และช่วยหล่อลื่นไม่ให้อาหารติดภาชนะที่ใช้ทอด รวมทั้งทำให้อาหารที่ทอดมีสีสวย ลักษณะนุ่มและฟู ซึ่งน้ำมันแต่ละชนิดจะช่วยทำให้อาหารมีรสชาติต่างกัน และน้ำมันที่มีกลิ่นหืนจะทำให้รสชาติอาหารเปลี่ยนไป

2.4.3 การเปลี่ยนแปลงของน้ำมันในระหว่างการทอด

ในการทอดอาหารน้ำมันเป็นตัวกลางที่นำความร้อนเข้าสู่อาหาร ในขณะที่ทอดจะใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 177 ถึง 201 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีความชื้น ในขณะที่ทอดอาหารน้ำมันจะอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน แบ่งได้เป็น 3 ช่วง (Rosama et.al., 1999) ดังนี้

1) ช่วงเริ่มต้นของกระบวนการทอด (storage period) น้ำมันจะอยู่ในภาชนะที่ใช้ทอด แลสัมผัสกับอากาศที่อุณหภูมิห้อง ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในช่วงเริ่มต้น ได้แก่ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างช้าๆ โดยออกซิเจนจากอากาศจะเข้าทำปฏิกิริยาที่ตำแหน่งพันธะคู่ของน้ำมัน ได้สารพวกไฮโดรเพอรอกไซด์ (hydroperoxide) ซึ่งไม่มีกลิ่น

2) ช่วงน้ำมันเริ่มได้รับความร้อน (standby period) เป็นช่วงที่น้ำมันสัมผัสกับอากาศและอุณหภูมิค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้น และรวมไปถึงช่วงทอดเสร็จและน้ำมันเย็นตัวลงด้วย

3) ช่วงที่กำลังทอด (frying period) เป็นช่วงที่น้ำมันสัมผัสกับอากาศ ความชื้น ความร้อนและอาหารที่ทอด ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในน้ำมันขณะทอดอาหาร

Period	Factor	Temperature	Reaction	Speed
Storage	air	Ambient	oxidation	slow
Standby	air	Hot	Oxidation	Fast
			isomerization	fast
			polymerization	slow
			pyrolysis	slow
Frying	air	Hot	oxidation	Fast
	water		isomerization	Fast
	food		polymerization	Fast
			hydrolysis	Fast

ที่มา : Rosana et. al., 1999

เมื่อน้ำมันที่ได้รับความร้อนสูงในช่วง 177 ถึง 201 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาานาน พบว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทั้งทางเคมีและทางกายภาพ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของน้ำมันมีดังนี้

ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการทอดอาหารที่สำคัญ ได้แก่

- (1) ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)
- (2) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation)
- (3) ปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชัน (Polymerization)

ปฏิกิริยาทั้งสามชนิด ก่อให้เกิดสารประกอบมีขั้วและไม่มีขั้วมากมายในน้ำมันที่ผ่านการทอดอาหาร เช่น กรดไขมันอิสระ (free fatty acid) โมโนเอซิลกลีเซอรอล (monoacyls glycerol) ไดเอซิลกลีเซอรอล (diacyls glycerol) สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) สารเปอร์ออกไซด์ (peroxides) สารอีพอกไซด์ (epoxides) สารไดเมอร์ (dimers) สารโอลิโกเมอร์ (oligomers) สารโพลิเมอร์ (polymers) สารไซคลิกโมโนเมอร์ (cyclic monomers) สารประกอบพวกคาร์บอนิล (carbonyls) อัลกอฮอล์ (alcohols) อัลคาไลน์ (alkalines) และคีโตน (ketones) เช่น 2-alkanones n-alkanal lactones n-alkanes และ 1-alkenes เป็นต้น ในบรรดาสารประกอบเหล่านี้มีบางชนิดเท่านั้นที่มีได้มีการศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพในสัตว์ทดลอง เช่น สารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สารเปอร์ออกไซด์ สารอีพอกไซด์ สารไดเมอร์ สารโอลิโกเมอร์ สารโพลิเมอร์และสารไซคลิกโมโนเมอร์

ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) เป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกิดจากโมเลกุลของน้ำแยกสลายโมเลกุลของสารประกอบ โดยน้ำในอาหารติบร่วมกับการทอดที่อุณหภูมิสูง ทำให้พันธะระหว่างโมเลกุลของกรดไขมันกับโมเลกุลของกลีเซอรอลของไตรเอซิลกลีเซอรอลหลุดออกจากกัน เกิดเป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล จึงทำให้มีปริมาณของกรดไขมันอิสระโมโนกลีเซอรอลและไดเอซิลกลีเซอรอล ซึ่งเป็นสารประกอบมีขั้ว (polar components) ในน้ำมันทอดอาหารปริมาณมากขึ้น ในขณะที่ไตรเอซิลกลีเซอรอล ซึ่งเป็นสารประกอบไม่มีขั้ว (nonpolar components) มีปริมาณลดลง การสลายตัวของน้ำมันจึงเกิดขึ้น ตั้งแต่การเริ่มทอดอาหาร การแตกตัวของไขมันนั้นมักเกิดกับกรดไขมันโมเลกุลเล็กและกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัวโมเลกุลใหญ่ โดยทั่วไปจะพบกรดไขมันอิสระในน้ำมันทอดอาหาร

ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่อุณหภูมิสูง (Thermal oxidation) เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ถูกเร่งด้วยความร้อนที่ได้รับอย่างต่อเนื่อง ในระหว่างกระบวนการผัด (stir-frying) การทอด (deep-frying) หรือการอบ (baking) และในขณะที่อากาศสัมผัสผิวน้ำมันที่ร้อน ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่อุณหภูมิสูงเกิดขึ้นได้ทั้งในกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันแม้มีการเสถียรมากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวแต่หากได้รับความร้อนสูงมากกว่า 150 องศาเซลเซียส ในที่ ๆ มีอากาศ กรดไขมันไม่อิ่มตัวสามารถเปลี่ยนแปลงสภาพไปได้เช่นเดียวกัน โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือการ

เปลี่ยนแปลงที่เกิดจากอนุมูลสูงที่ทำให้น้ำมันเสื่อมสภาพ และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากกระบวนการ ออกซิเดชันโดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเปลี่ยนไปเป็นcarboxylic acids 2-alkanones n-alkanal lactones n-alkaneและ1-alkenes ในขณะที่กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลายเป็นสารประกอบที่ระเหยง่าย(TheSTO Aprogramme,2000;Dobarganes,2000;Warner,1998; Cmj ar et.al.,1981) การเพิ่มอนุมูลให้สูงขึ้นเพียงเล็กน้อย มีผลทำให้เกิดการสลายตัวของกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวไวต่อการเกิดออกซิเดชันมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัว การใช้ น้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ปริมาณมากในการทอดอาหารที่อุณหภูมิสูงนำไปสู่การสร้าง Oxydimers และ polymers ร่วมกับ hydroperoxides hydroxide epoxide และ carbonyl groups ซึ่ง Oxydimers และ polymers เหล่านี้เกิดจากการรวมตัวกันของอนุมูลอิสระ ซึ่งท้ายสุดนำไปสู่การสร้าง acyclic และ cyclic จากอนุมูลอิสระของไดเมอร์ทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งที่มีความยาวโมเลกุลสูง เช่น Arachidonic acids (C20:4 n-6) (Dobarganes.2000;Warner,1998)

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันและไขมันในกระบวนการทอดอาหาร จึงเป็นเรื่องที่ไม่ควรมองข้าม เนื่องจากเป็นสาเหตุให้เกิดสารประกอบต่างๆ มากมาย เช่น สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กูลขนาดเล็ก สารสเตอรอลออกไซด์ สารโมโนเมอร์ สารไดเมอร์ สารโพลิเมอร์ สารไซคลิกไดเมอร์ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดระเหยง่าย สารคาร์บอนิล อัลคฮอลล์ สารอัลดีไฮด์และสารคีโตน หากสารประกอบเหล่านี้สะสมในน้ำมันทอดอาหารและมีปริมาณมากเกินไป อาจส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้

ปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชัน (polymerization) เป็นปฏิกิริยาที่สร้างโพลิเมอร์ของไตรเอซิลกลีเซอรอลที่อุณหภูมิสูงสารโพลิเมอร์เหล่านี้ทำให้น้ำมันทอดอาหารมีความหนืดสูงขึ้นและเกิดฟอง(foam) และเมื่อสารโพลิเมอร์มีมากขึ้นในน้ำมันทอดอาหาร จะมีผลต่อการดูดซับน้ำมันในอาหารมากขึ้นด้วยฟองที่เกิดขึ้นที่ผิวหน้าของน้ำมันทอดอาหารจะไปจับกับน้ำทำให้น้ำระเหยสู่อากาศได้ดีน้ำจึงไปเร่งการเกิดไฮโดรไลซิสเพิ่มขึ้นดังนั้นจะเห็นได้ว่าในระหว่างการทอดอาหารแบบท่วม (deep-frying) ซึ่งใช้น้ำมันปริมาณมากและอุณหภูมิสูง มีสารประกอบที่เกิดจากการสลายตัวของน้ำมันในปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันเกิดขึ้นมากมาย หากน้ำมันทอดอาหารได้ถูกนำมาทอดอาหารซ้ำหลายครั้ง นอกจากจะมีผลต่อรสชาติ กลิ่น สี และความกรอบของอาหารแล้ว ยังมีผลต่อสุขภาพของผู้บริโภคด้วย จึงไม่ควรใช้น้ำมันทอดอาหารซ้ำนานเกินไป เพื่อป้องกันการได้รับสารประกอบที่เกิดขึ้นจากการเสื่อมสลายของน้ำมัน ซึ่งอาจเป็นพิษต่อร่างกายในระยะยาว น้ำมันทอดอาหารที่ผ่าน ความร้อนสูง พบสารประกอบมีขั้ว

ทั้งหมด (total polar components) อยู่ประมาณร้อยละ 5.8-57.7 และสารโพลีเมอร์ทั้งหมดประมาณ ร้อยละ 1.7-35 ซึ่งสารประกอบทั้งสองกลุ่มนี้เป็นสารประกอบส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในน้ำมันทอดอาหาร ผลของความร้อนทำให้น้ำมันเกิดการเปลี่ยนแปลงของน้ำมันและสารต่างๆ ที่เกิดขึ้น สรุปดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของน้ำมันและสารต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการทอดอาหาร

ชนิดของปฏิกิริยา	สาเหตุ	สารประกอบที่เกิดขึ้นในขณะที่ทอดอาหาร
ปฏิกิริยาไฮโดรไลติก แอลเทอร์เรชัน (hydrolytic alteration)	ความชื้น	กรดไขมัน โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ กลีเซอรอล
ปฏิกิริยาออกซิเดทีฟ แอลเทอร์เรชัน (oxidative alteration)	อากาศ	ออกซิไดส์ โมโนเมอร์ ออกซิเดทีฟ ไดเมอร์ และพอลิเมอร์ นอนโพลาร์ ไดเมอร์และพอลิเมอร์ สารประกอบที่ระเหยง่าย ได้แก่ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน แอลดีไฮด์ คีโตน อัลคอกซอล แอซิด เป็นต้น
เทอร์มัล แอลเทอร์เรชัน (thermal alteration)	อุณหภูมิ	ไซคลิก โมเนอเมอร์ ไดเมอร์และพอลิเมอร์

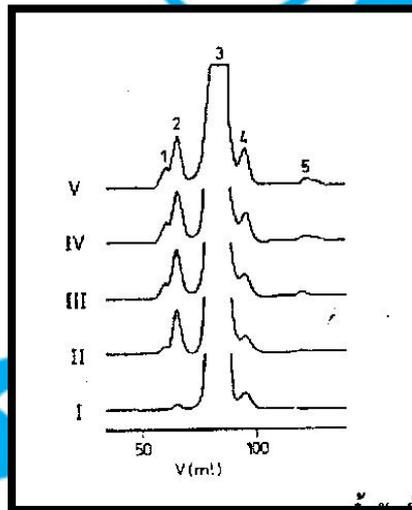
ที่มา : Varela *et.al.*, (1988)

น้ำมันที่ผ่านการทอดแล้ว และเมื่อนำมาใช้ซ้ำหลายครั้ง ยิ่งทำให้สมบัติทางเคมีและทางกายภาพเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก และทำให้คุณภาพน้ำมันเสียไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้ แบ่งเป็นสารระเหย (volatile compound) ซึ่งจะระเหยไปบางส่วนขณะทอดและสารที่ไม่ระเหย (non-volatile compound) จะยังคงอยู่ในน้ำมัน

ในช่วงของ storage period น้ำมันจะเกิดออกซิเดชันอย่างช้าๆ โดยที่ออกซิเจนจากอากาศ จะเข้าทำปฏิกิริยาที่ตำแหน่งพันธะคู่ของน้ำมัน ทำให้เกิด oxidative alteration ผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นสารไม่มีกลิ่นและจะเกิดปฏิกิริยาฟิชชัน (fission) ต่อไปเป็น แอลคอกซอล แอลดีไฮด์ กรดและไฮโดรคาร์บอน ดีไฮเดรชัน ได้ผลิตภัณฑ์เป็น คีโตนและฟรีเรดิคัล (free radical) ได้ผลิตภัณฑ์ เป็นออกซิไดซ์มอนอเมอร์ ออกซิเดทีฟไดเมอร์และพอลิเมอร์ ไทโรเมอร์ แอลคอกซอล ไฮโดรคาร์บอน ไดเมอร์และพอลิเมอร์ไม่มีขั้ว ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวทำให้

น้ำมันมีกลิ่น สำหรับ standby และ frying period จะมีความร้อนช่วยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันให้เร็วขึ้น พันธะคู่ในน้ำมันแตกออกและได้ผลิตภัณฑ์ใหม่เกิดขึ้นอีก

Thermal alteration ทำให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ไดเมอร์ิกไตรกลีเซอไรด์และไตรเมอร์ิกไตรกลีเซอไรด์ ทำให้น้ำมันมีความหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มปริมาณของ ไดและไตรเมอร์ิกกลีเซอไรด์ ศึกษาได้จาก gel permeation chromatography (GPC) ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 Gel permeation chromatography ของน้ำมันถั่วเหลืองที่ทอดอาหารที่อุณหภูมิ 195 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่าง ๆ คือ เมื่อเริ่มต้น (I) 8 ชั่วโมง (II) 24 ชั่วโมง (III) 48 ชั่วโมง (IV) และ 80 ชั่วโมง (V) 1 Trimeric TG, 2 Dimeric TG, 3 TG, 4DG, 5 free fatty acids

ที่มา: Belitz and Grosch et. al., 1999

จากภาพที่ 6 น้ำมันจะเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ในช่วงการเริ่มต้นของกระบวนการทอด และเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเร็วขึ้นเมื่อน้ำมันได้รับความร้อน และช่วงกำลังทอด เนื่องจากมีความร้อนเป็นตัวเร่ง ทำให้เกิดการสลายตัวของสารอย่างต่อเนื่องและเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยที่ออกซิเจนในอากาศเข้าทำปฏิกิริยากับน้ำมันในตำแหน่งพันธะคู่ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดทีฟ แอลเทอร์เรชันได้สารพวกไฮโดรเพอรอกไซด์ ซึ่งเป็นสารไม่มีกลิ่น และเกิดปฏิกิริยาฟิชชัน (fission) ต่อไป ได้สารจำพวกแอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์และไฮโดรคาร์บอน

การเกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชันของสารพวกไฮโดรเพอรอกไซด์ ได้สารจำพวกคีโตน และส่วนที่เป็นอนุมูลอิสระจะเกิดปฏิกิริยาต่อให้สารจำพวกไดเมอร์ พอลิเมอร์ ไตรเมอร์ เพอร์ออกไซด์ แอลกอฮอล์และไฮโดรคาร์บอน

นอกจากนี้ยังมีสารที่เกิดปฏิกิริยาไฟโกลิซิสของไขมัน เช่น อะโครลีน (acrolein) ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของกลีเซอรอล อะโครลีนเป็นสารที่ระเหยได้ทำให้รู้สึกแสบตา และทำให้อาหารมีกลิ่นไม่น่ารับประทาน ยังเป็นสารที่ไม่คงตัวสามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันได้ง่าย นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาวและเซลล์ในช่องปาก (นิธิยาและคณะ, 2543)

น้ำมันรับประทานได้ที่ได้รับอุณหภูมิสูง นอกจากสมบัติทางเคมีจะเปลี่ยนไปแล้ว สมบัติทางกายภาพเปลี่ยนไปด้วย การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะทำให้คุณภาพต่างๆ ของน้ำมันลดลงด้วย เช่น ค่าความจุความร้อน แรงแติงผิว และแรงภายใน มีค่าลดลง ในขณะที่ความถ่วงจำเพาะ ความหนืด ค่าความเป็นกรด และปริมาณของสารพอลิเมอร์มีค่าเพิ่มขึ้น รวมทั้งทำให้น้ำมันมีสีเข้มขึ้นหรือเปลี่ยนเป็นสีดำ ซึ่งสีที่เข้มขึ้นเป็นผลมาจากสารพวกที่ไม่ระเหย (nonvolatiles) เกิดการเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาเทอร์มัล แอลเทอร์เรชัน และเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเกิดเป็นคาร์บอนิล (carbonyl) ไซคลิก แพตติแอซิด (cyclic fatty acid) แต่กลไกการเกิดสารประกอบสีดำยังไม่ทราบแน่ชัด

2.5 สารพิษในน้ำมันทอดซ้ำ

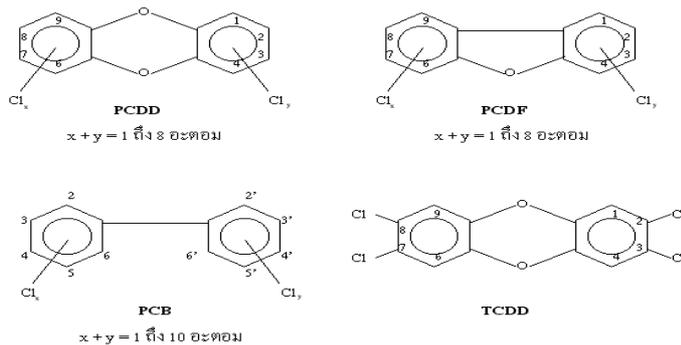
2.5.1 อนุมูลอิสระ (Free Radical)

อนุมูลอิสระ คือโมเลกุลที่ขาดอิเล็กตรอนไปหนึ่งตัว ปกติแล้วโมเลกุลในคนเราจะมีอิเล็กตรอนอยู่รอบตัวเป็นจำนวนคู่ ดังนั้นในกรณีที่โมเลกุลขาดอิเล็กตรอนไปจึงทำให้โมเลกุลนั้นไม่คงที่ และเจ้าโมเลกุลตัวนี้ก็จะเป็นไปแย่งอิเล็กตรอนจากโมเลกุลข้างๆ ซึ่งเมื่อถูกแย่งอิเล็กตรอนไปแล้วโมเลกุลตัวที่ถูกแย่งก็จะไปแย่งอิเล็กตรอนกันต่อไปเป็นทอด ๆ (เว้นแต่ในกรณีที่โมเลกุลซึ่งไม่คงที่ 2 ตัวมาเจอกัน ก็จะกลายเป็นโมเลกุลที่คงที่ไป) ปกติแล้วอนุมูลอิสระจะเกิดขึ้นตลอดเวลาในร่างกาย ทั้งจากการหายใจ จากกระบวนการเผาผลาญภายในร่างกาย ซึ่งเราเรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) และยังเกิดจากความเครียด หรือจากสิ่งแวดล้อม เช่น ควันบุหรี่ ไอเสียของรถยนต์ โรงงานอุตสาหกรรม สารกัมมันตในอาหารจากยาบางชนิด รังสีอัลตราไวโอเล็ตในแสงแดด และรังสีต่างๆ นอกจากนี้ อนุมูลอิสระมากยังทำให้เกิดโรคแห่งความเสื่อมของร่างกาย เช่น โรคผนังหลอดเลือดแข็งตัว โรคมะเร็ง โรคหัวใจ ต้อกระจก การอักเสบของผิวหนัง เป็นต้น นอกจากนี้

ยังพบว่าคนที่สูบบุหรี่และตากแดดเป็นประจำรวมถึงมีความเครียด จะแก่เร็วกว่าวัย เมื่อมีอนุมูลอิสระมากเกินไปที่ต้องการ ร่างกายของเราจะผลิตเอนไซม์บางชนิดซึ่งเป็นแอนติออกซิแดนต์ออกมาเพื่อป้องกันอนุมูลอิสระ แต่จากการศึกษาพบว่าแม้จะมีการสร้างแอนติออกซิแดนต์เอนไซม์ขึ้นในร่างกาย แต่ยังคงไม่เพียงพอ ดังนั้นร่างกายจึงต้องการสารต้านอนุมูลอิสระจากช่องทางอื่นๆ เช่น จากวิตามินซี วิตามินอีหรือเบตาแคโรทีน

2.5.2 ไดออกซิน (Dioxins)

ไดออกซินเป็นชื่อรวมที่ใช้เรียกรวมสารประกอบ polychlorinated dibenzo - para - dioxins (PCDD) และ polychlorinated dibenzofurans (PCDF) จากสูตรโครงสร้างทางเคมีของ PCDD และ PCDF จะเห็นว่าอะตอมของคลอรีนสามารถมีได้ตั้งแต่ 1 - 8 อะตอม และสามารถจับโมเลกุลที่ตำแหน่งต่าง ๆ ตั้งแต่ 1 - 4 และ 6 - 9 ทำให้เกิดไอโซเมอร์ (isomer) หรือในที่นี้เรียกคอนเจเนอ์ (congener) ได้มากมาย โดย PCDD เกิด isomer ได้ 75 ชนิด และ PCDF เกิด isomer ได้ 135 ชนิด



ภาพที่ 7 โครงสร้างสารประกอบกลุ่มไดออกซิน

ไดออกซินเป็นกลุ่มของสารประกอบทางเคมีของคลอรีนที่มีอยู่ับร้อยชนิด ดังเช่น Chlorinate dibenzo-p-dioxins (PCDDs) และ Chlorinated dibenzo furans (PCDFs) กลุ่มของสารประกอบเหล่านี้ มีโครงสร้างคล้ายคลึงกัน แต่ตัวไดออกซินที่มีพิษร้ายแรงที่สุดได้แก่ 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin หรือ TCDD รายงานของสำนักงานเพื่อการวิจัยมะเร็งระหว่างประเทศ (The International Agency for Research on Cancer-IARC) ซึ่งเป็นหน่วยงานขององค์การอนามัยโลกจัดลำดับไดออกซินให้อยู่ในสารก่อมะเร็งอันดับหนึ่ง (Class 1 carcinogen) ส่วนใหญ่แล้วสารไดออกซินปนเปื้อนในกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องกับ “คลอรีน” โดยไม่ตั้งใจ เช่น โรงเผาขยะ โรงงานผลิตสารเคมีและยากำจัดศัตรูพืช โรงงานฟอกย้อมกระดาษ โรงงานผลิตพลาสติกชนิดพีวีซี (Polyvinyl Chloride) สารปนเปื้อน “ไดออกซิน” หรือที่เราเรียกกันง่ายๆ ว่าสารที่เป็นตัวก่อมะเร็ง เป็นสารเคมีสังเคราะห์ที่มีอันตรายมากที่สุดชนิดหนึ่ง เพราะแบคทีเรียไม่สามารถย่อย

สลายได้มีอยู่ทั่วไปทุกแห่ง ในสิ่งแวดล้อม โดยเกิดจากการรวมตัว ของคลอรีน ออกซิเจน และ เบนซีน และสามารถสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต โดยจะมีความเข้มข้นมาก ขึ้นเมื่ออยู่ในห่วงโซ่อาหารหลายชั้นและในไขมัน ตัวมีพิษร้ายแรงที่สุดคือ 2,3,7,8,-tetrachlorodibenzo-p-dioxin หรือ TCDD มีลักษณะเป็น ของแข็งซึ่ง ละลายในน้ำได้ คงตัวต่อความร้อน คงตัวในดินและน้ำ แต่สามารถสลายตัว ได้อย่างรวดเร็วโดยแสง ส่วนใหญ่ปนเปื้อนในกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องกับ คลอรีนโดยไม่ได้ตั้งใจ เช่น โรงเผาขยะ โรงงานผลิตสารเคมีปราบแมลง และกำจัดวัชพืช โรงงานผลิตพลาสติกพีวีซี (Poly-Vinyl Chloride) โรงงานฟอกย้อม กระดาษ เนื่องจากไดออกซิน เป็นสารที่สามารถแพร่กระจายอยู่ในสิ่งแวดล้อมทั่วไป ทำให้ยากที่จะหลีกเลี่ยง อย่างไรก็ตาม แหล่งที่ พบมากที่สุด คือ ในไขมันสัตว์ และไขมันปลาน้ำจืด พิษภัยของไดออกซิน คณะกรรมการสำนักงาน อาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข อ้างถึงข้อมูลของสำนักงานพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (EPA) ว่าไดออกซินเป็นสารก่อมะเร็ง ชนิดเฉียบพลัน (พบในสัตว์ทดลอง) มีผลทำให้ เบื่ออาหาร น้ำหนักลด เป็นแผลในกระเพาะอาหาร ตับอักเสบ และเสียชีวิต ผลให้ทารกพิการ หรือผู้เป็นแม่ แท้งได้ ส่วนผลกระทบต่อสุขภาพมีมากมายเช่น จำนวนเชื้ออสุจิ (Sperm) ลดลงในผู้ชาย ทำให้ เกิดมะเร็งต่อลูกหมาก เยื่อบุมดลูกอักเสบ มะเร็งผิวหนัง มะเร็งตับและท่อน้ำดี แผลในกระเพาะ อาหาร ทำให้มะเร็งเต้านมขยายใหญ่ขึ้น ในส่วนของการระมัดระวังส่วนบุคคล จำต้องหลีกเลี่ยง อาหารในกลุ่มเสี่ยงจำพวกเนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์จากไขมันสัตว์ นม ซึ่งนำเข้าจากประเทศ อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ หันมาใช้ผลิตภัณฑ์ภายในประเทศ การเลือก รับประทานอาหารปลอดสารพิษ เพราะสารกลุ่ม ไดออกซินบางส่วนตกค้างอยู่ในสารเคมีปราบศัตรูพืชและกำจัดวัชพืช

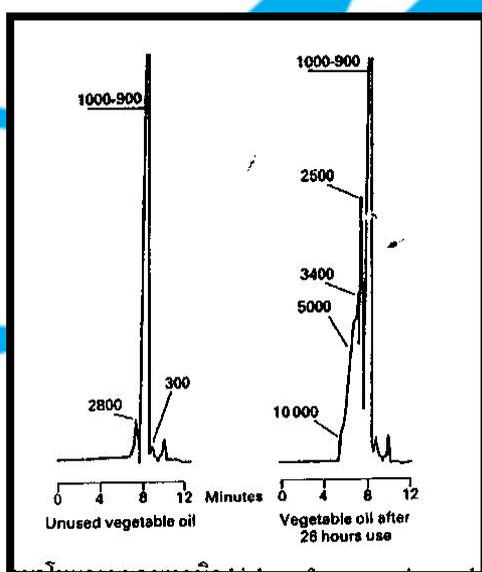
2.6 การตรวจวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของน้ำมันทอดซ้ำ

2.6.1 สารประกอบโพลาร์ (Total polar compounds)

องค์ประกอบส่วนใหญ่ของน้ำมันปรุงอาหารก่อนทอด คือ ไตรกลีเซอไรด์ (TG) ไตร เมอริก (Trimeric) ไตรกลีเซอไรด์ซึ่งเป็นพอลิเมอร์และไดกลีเซอไรด์ (DG) มีปริมาณเล็กน้อย หลังจากทอดอาหารที่ทำจากมะพร้าวจะพบว่า องค์ประกอบของน้ำมันจะเปลี่ยนไป เช่น เมื่อใช้ ทอด 8 ชั่วโมง จะพบว่ามีสารพอลิเมอร์เกิดขึ้นทั้งไตรเมอร์ไตรกลีเซอไรด์ และไดเมอร์ และยังใช้ เวลาในการทอดมากขึ้น คือ 24 48 และ 80 ชั่วโมง จะมีปริมาณสารดังกล่าวเกิดมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้จะมีกรดไขมันอิสระเกิดขึ้นด้วยการเกิดไพโรไลซิส (pyrolysis) จะได้ผลิตภัณฑ์เป็น สารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) จะเกิดในขณะทอด อาหารเนื่องจากอุณหภูมิสูง ไขมันจะเข้าทำปฏิกิริยา กับไตรกลีเซอไรด์ เกิดเป็นกรดไขมันอิสระ

ปฏิกิริยาทั้งหลายที่กล่าวมาแล้วมีความสัมพันธ์กันและทำให้เกิดผลิตภัณฑ์หลายชนิด จากการศึกษาของนักวิจัย พบว่ามีสารประกอบต่างๆ มากกว่า 400 สาร ได้แก่ สารที่ระเหยได้ ประมาณ 220 ชนิด และสารที่ไม่ระเหยซึ่งยังคงอยู่ในน้ำมันเป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงหรือเป็น พอลิเมอร์ที่มีขี้ อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Clark and Serbia et. al., 1999) พบว่าสารเหล่านี้จะทำลายวิตามิน บีบีบีเอ็นไอเอ็ม ก่อให้เกิดมิวเตชันและอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินอาหาร

การตรวจหาสารพอลิเมอร์ที่มีขี้ สามารถใช้เทคนิค High Performance Size Exclusion (HPSE) Chromatography ในการแยกและตรวจหาสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ด้วยคอลัมน์ที่บรรจุอนุภาคที่มีขนาดรูพรุนต่างๆ กัน พอลิเมอร์จะถูกชะออกจากคอลัมน์ตามลำดับการลดลงของน้ำหนักโมเลกุลดังแสดงในภาพที่ 8



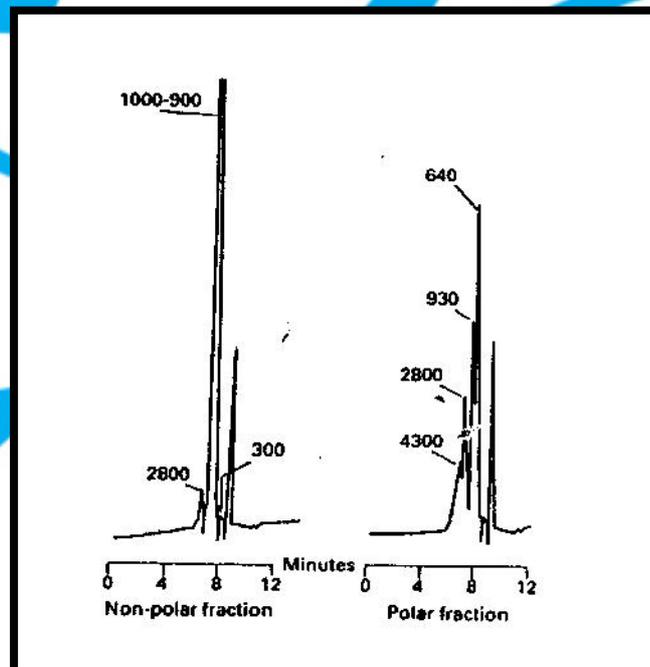
ภาพที่ 8 โครมาโทแกรมของเทคนิค high performance size exclusion chromatography ในการตรวจหาสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงในน้ำมันที่ยังไม่ใช้ (ซ้าย) และที่ใช้แล้ว 26 ชั่วโมง (ขวา)

ที่มา : Varela et. al., 1988

จากโครมาโทแกรมของน้ำมันในภาพที่ 8 จะเห็นว่าน้ำมันที่ยังไม่ได้ใช้พบองค์ประกอบหลัก คือ ไตรกลีเซอไรด์ (น้ำหนักโมเลกุล 900 ถึง 1000) ปริมาณกรดไขมันอิสระหรือโมโนกลีเซอ

ไรต์ (น้ำหนักโมเลกุล 300) เล็กน้อย polymeric material ซึ่งอาจเป็น ไตรเมอร์หรือ ได-ไตรเมอร์ (น้ำหนักโมเลกุล 2800) ร้อยละ 4 ส่วนน้ำมันที่ใช้แล้ว 26 ชั่วโมง พบ polymeric material ร้อยละ 41 ซึ่งอาจมีน้ำหนักโมเลกุล 10000 และในน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้ว 500 ชั่วโมงจะมี polymeric material ร้อยละ 10 ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 2800

องค์ประกอบของ nonpolar fraction ได้แก่ ไตรเมอร์หรือ ได-ไตรเมอร์ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักและมีสารไตรเมอร์ (trimer material) ปริมาณเล็กน้อย polar fraction ประกอบด้วยไดเมอร์และไตรเมอร์ของกรดไขมันและ/หรือ ได-ไตรเมอร์หรือที่มีขั้ว ไตรเมอร์และเตตระเมอร์ของไตรเมอร์หรือ ได-ไตรเมอร์ทั้งสองแยกได้โดยใช้เทคนิค High Performance Size Exclusion Chromatography ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 โครมาโทแกรมของเทคนิค high performance size exclusion chromatography ในน้ำมันถั่วลิสงที่ผ่านการใช้ 44 ชั่วโมง แสดงองค์ประกอบที่ไม่มีขั้ว (ซ้าย) และองค์ประกอบ ที่มีขั้ว (ขวา)

ที่มา : Varela et. al., 1988

ปริมาณของสารโพลาร์ในน้ำมันปรุงอาหาร ซึ่งรวมถึงน้ำมันปรุงอาหารใหม่และน้ำมันที่ผ่านการทอดอาหาร สามารถทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารโพลาร์และสารอนินโพลาร์โดยใช้

หลักการแยกสารประกอบสองประเภทนี้ด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟีตามวิธีมาตรฐานของ AOAC Method 982.27 ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย ถูกต้อง ใช้เครื่องมือน้อยและราคาถูก การแยกสารประกอบโพลาร์และนอนโพลาร์ในน้ำมันปรุงอาหารทอดซ้ำ ทำโดยละลายน้ำมันตัวอย่างใน light petroleum : diethyl ether และผ่านลงในคอลัมน์ที่บรรจุด้วยซิลิกาเจลซึ่งมีความชื้นร้อยละ 5 เมื่อชะคอลัมน์ด้วยสารละลายผสม (light petroleum : diethyl ether) สารประกอบไม่มีขั้วซึ่งเป็นสารไฮโดรคาร์บอนของน้ำมันที่ไม่เกิดการแตกตัว และสารโพลีเมอร์ชนิดไม่มีขั้วที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทอดอาหารจะถูกชะออกมาพร้อมกับสารละลายผสม สารละลายที่เก็บได้จะนำไประเหย ซึ่งน้ำหนักและคำนวณกลับเป็นสารนอนโพลาร์ทั้งหมดในน้ำมัน 100 กรัม ในขณะที่สารโพลาร์ที่ค้างในคอลัมน์ถูกชะออกมาด้วย diethyl ether สารละลายที่เก็บได้ถูกนำไประเหยแห้ง ซึ่งน้ำหนักและคำนวณกลับเป็นสารโพลาร์ทั้งหมดในตัวอย่างน้ำมัน 100 กรัม สารโพลาร์และสารนอนโพลาร์ที่แยกได้ จะถูกตรวจสอบประสิทธิภาพการแยกโดยการใช้เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (Thin layer chromatography ; TLC)

2.6.2 การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value)

การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ เป็นค่าที่บ่งบอกปริมาณสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นสารปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในน้ำมันทอดอาหารที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน สามารถตรวจวัดโดยวิธี iodometric method และมีหน่วยเป็น milliequivalent/kg fat เนื่องจากสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์เป็นสารประกอบที่ไม่เสถียร สามารถสลายตัวเป็นสารประกอบทุติยภูมิอื่นๆ ในระหว่างการทอดอาหาร ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ค่าเปอร์ออกไซด์ในการตรวจติดตามคุณภาพของน้ำมันทอดซ้ำ โดยทั่วไปค่าเปอร์ออกไซด์ใช้สำหรับการติดตามควบคุมคุณภาพน้ำมันปรุงอาหารที่ผลิตใหม่ เนื่องจากสามารถบ่งชี้ถึงระดับการเกิดออกซิเดชันในน้ำมัน ซึ่งส่งผลต่อการเหม็นหืนของน้ำมันปรุงอาหาร ค่ากำหนดของเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันปรุงอาหารไม่ควรเกิน 1.0 PV (AOAC Method 965.33, AOAC method 940.27/IUPAC 2.507)

ค่า P.V. (Peroxide Value) หมายถึง จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.002 นอร์มัลที่ใช้ในการไตเตรตน้ำมันหรือไขมัน 1 กรัม หรือ จำนวนมิลลิสมมูลของเปอร์ออกไซด์ออกซิเจน (Peroxide Oxygen) ที่มีในน้ำมันหรือไขมัน 1 กิโลกรัม ถ้าค่า P.V. สูง แสดงว่าน้ำมันหรือไขมันเกิดการหืนเนื่องจากออกซิเดชันมากและค่าไอโอดีนที่วิเคราะห์ได้จะต่ำกว่าค่าที่เป็นจริง

การเกิดการหืนโดยปฏิกิริยานี้ทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นกรดไขมันจำเป็นต่อร่างกายถูกทำลาย มีผลทำให้คุณค่าทางโภชนาการของไขมันและน้ำมันลดลงด้วย และยังทำลายพวกวิตามินต่างๆ ที่ละลายในไขมันและน้ำมันได้อีกด้วย

การหืนที่เกิดโดยปฏิกิริยาออกซิเดชันนี้ อาจเกิดขึ้นได้เมื่อมีเอนไซม์ลิพอกซิเดส (lipoxidase) ช่วยเร่งปฏิกิริยาซึ่งจะเป็น enzymatic oxidation ไขมันและน้ำมันที่เกิดการหืนเนื่องจากออกซิเดชัน จะมีค่าไอโอดีนลดต่ำลง การตรวจวิเคราะห์ว่าไขมันและน้ำมันเกิดการหืนเนื่องจากออกซิเดชันมากน้อยเท่าใดทำได้โดยการหาค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value หรือ P.V.)

2.6.3 การเปลี่ยนแปลงสี (AOAC Method Cc 9a-48)

การใช้สีของน้ำมันทอดอาหารเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเปลี่ยนน้ำมันใหม่ ซึ่งเป็นวิธีทางกายภาพที่ปฏิบัติกันมาช้านาน ทั้งระดับครัวเรือน ห้างอาหาร และโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากการสังเกตสีของน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารด้วยตาเปล่ามีความไวพอที่จะตัดสินใจได้ ต่อมาได้มีการพัฒนาโดยการวัดสี (Livibond color) ของน้ำมันด้วยเครื่อง Livibond tintometer ซึ่งมีความถูกต้องมากขึ้น อย่างไรก็ตามสีของน้ำมันแต่ละชนิดที่นำมาใช้ทอดอาหารมีความแตกต่างกัน ดังนั้นการใช้สีของน้ำมันทอดอาหารเพียงอย่างเดียวเป็นตัวบ่งชี้การเสื่อมสภาพของน้ำมันยังไม่ถูกต้องเพียงพอ

Rosana et. al., (1999) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของน้ำมันที่เห็นได้ชัดเจนก็คือ การที่น้ำมันมีความหนืดและความหนาแน่นสูงขึ้น การเกิดฟอง และการเปลี่ยนสีของน้ำมันเป็นสีดำ ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ผลิตภัณฑ์คือสารประกอบคาร์บอนิลที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated carbonyl compound) กลไกการเกิดสารประกอบสีดำนี้ยังไม่ทราบแน่ชัด และนอกจากนี้ สารประกอบที่ไม่มีขั้ว (non-polar compound) ของสารอาหารที่ทอดที่ละลายในน้ำมัน ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้น้ำมันมีสีดำ น้ำมันที่ผ่านการทอดหลายชั่วโมง ยังมีสีดำและคล้ำมาก รวมทั้งมี FFA ปริมาณมาก และเกิด total polar material (TPM) ดังแสดงในตารางที่

ตารางที่ 8 การเปลี่ยนสีของน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการใช้หลายครั้งและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นบางชนิด

Degradation Time (h)	FFA(%)	TPM(%)	Red Lovibond Unit
0	0.03	3.35	0.2
10	0.05	15.88	0.30
20	0.15	24.21	0.7
30	0.34	33.94	2.9
40	0.43	41.81	5.4
50	0.51	51.21	10.0
60	0.61	61.54	13.0

ที่มา : Rosana et. al., 1999

การศึกษาของ Tseng et. al., 1996 พบว่า น้ำมันที่ผ่านการใช้หลายชั่วโมงมี FFA TPM สูง และสีดำน่ามากขึ้น จากการศึกษาสหพันธ์ระหว่างสีที่ดำคล้ำ กับจำนวนชั่วโมงที่ใช้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.94

2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา,2547 ได้ร่วมกับศูนย์วิจัยวิทยาลัยพิตและไขมัน คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างน้ำมันทอดซ้ำที่ใช้ทอดอาหารชนิดต่างๆ จำนวน 187 ตัวอย่าง น้ำมันทอดอาหารจากร้านอาหารจานด่วน 64 ตัวอย่าง น้ำมันทอดปะหมี่จากโรงงานอุตสาหกรรม บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป 3 ตัวอย่าง พบน้ำมันทอดซ้ำเสื่อมคุณภาพ และอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพถึงร้อยละ 13 องค์การอาหารและยาจึงได้ออกมาตรการเข้มงวดทางกฎหมายเป็นประกาศกระทรวง (ฉบับ 283) พ .ศ . 2547 เรื่อง กำหนดปริมาณสารโพลาร์ ในน้ำมันที่ใช้ทอดหรือประกอบอาหารเพื่อจำหน่าย

องค์การอาหารและยา,2547 แนะนำการเลือกซื้อน้ำมันโดยไม่ซื้อน้ำมันที่ผ่านการใช้แล้วมาทอดต่อ โดยซื้อน้ำมันในภาชนะบรรจุที่มีฉลาก ผ่านการตรวจสอบจากองค์การอาหารและยา ลักษณะน้ำมันไม่ขุ่น ภาชนะบรรจุอยู่ในสภาพปิดผนึก ไม่มีรอยฉีกขาด หลีกเลียงไม่ใช้น้ำมันทอดอาหารซ้ำมากเกินไป หากน้ำมันทอดอาหารมีกลิ่น เหม็นหืน เหนียวข้น สีดำ ฟองมาก เป็น

คว้ง่าย และเหม็นไหม้ ไม่ควรใช้ครั้งต่อไป ไม่ควรทอดอาหาร โดยใช้ไฟแรงเกินไป อุณหภูมิที่เหมาะสมของน้ำมันประมาณ 160-180 องศาเซลเซียส หากทอดไฟแรงน้ำมันจะเสื่อมสลายตัวเร็ว ถ้าทอดอาหารประเภทเนื้อสัตว์ที่มีส่วนผสมของเกลือหรือเครื่องปรุงรส ปริมาณมาก ควรเปลี่ยนน้ำมันทอดอาหารบ่อยขึ้น และหลีกเลี่ยงการเก็บน้ำมันที่ทอดแล้วในภาชนะที่ทำจากเหล็ก ทองแดง ทองเหลือง เพราะจะไปเร่งการเสื่อมสลายของน้ำมัน ควรเก็บในภาชนะที่มีฝาปิดสนิทในที่เย็นไม่โดนแสงสว่าง

ศุภชัย คุณารัตนพุกษ์, 2545 อ้างถึงผลการวิจัยของ รศ.ดร.วินัย ตะห์ตัน คณบดีคณะสหเวชศาสตร์และดร.พยนตร อริยปิติพันธ์ อาจารย์ประจำศูนย์วิจัยวิทยาลัยและไขมัน คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยสรุปว่า จากกระแสความนิยมบริโภคอาหารประเภททอด ซึ่งมีทั้งที่ทอดขายตามแผงลอยและรถเข็น เช่น ก๋วยเตี๋ยวทอด มันทอด ทอดมัน ปาท่องโก๋ จนถึงร้านอาหารฟาสต์ฟู้ด ประเภทไก่ทอด เฟรนช์ฟรายด์ แม้แต่กะหรี่ก็สำเร็จรูป ขนมกรอบขบเคี้ยวต่าง ๆ ที่ผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้มีการใช้น้ำมันทอดอาหารซ้ำ ๆ กันหลายครั้งทั้งในรูปของการเติมน้ำมันปรุงอาหารใหม่ลงไป ในน้ำมันเก่าที่ผ่านการทอดมาแล้ว และไม่มีมีการเปลี่ยนน้ำมันใหม่ หรืออาจมีการเปลี่ยนน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารใหม่หลังจากการทอดไปเป็นเวลานานหลาย ๆ วัน จนน้ำมันที่ผ่านการทอดอาหารนั้นเปลี่ยนจากสีเหลืองใสเป็นสีดำ และเนื้อค่อนข้างเหนียวข้น ทั้งนี้จากรายงานการวิจัยพบว่าน้ำมันที่ผ่านการทอดซ้ำหลาย ๆ ครั้งนั้น จะมีคุณภาพที่เสื่อมลงทั้งสี กลิ่น รสชาติเปลี่ยน ไป จุดเกิดควันลดลง และมีความหนืดมากขึ้น ที่สำคัญจะเกิดสารประกอบที่สามารถสะสมในร่างกายและส่งผลกระทบต่อการทำงานของเซลล์ได้

ศรัณย์ช สุขสุวรรณ, 2545 ได้ทำการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาอินเทอร์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันพืช 3 ชนิด คือ น้ำมันปาล์มโอเลอิน น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันรำข้าว โดยใช้เอนไซม์ตรีงไลโปไซม์ทีแอลไอเอ็มเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในเครื่องปฏิกรณ์แบบแพ็กเบดได้เป็นน้ำมันพืชที่มีคุณสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนแปลงไป สภาวะที่ทำการทดลองคือ อุณหภูมิ 60 65 และ 70 องศาเซลเซียส และเรซิเดนซ์ไทม์อยู่ในช่วงระหว่าง 0.72-2.07 ชั่วโมง นำผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์ตามวิธี A.O.C.S เพื่อจำแนกชนิดไตรกลีเซอไรด์และหาปริมาณกรดไขมันอิสระ พบว่าผลิตภัณฑ์จากน้ำมันปาล์มโอเลอินมีจุดหลอมเหลวในช่วง 33.5 ถึง 48°C เทียบกับน้ำมันปาล์มที่มีจุดหลอมเหลว 22.5 องศาเซลเซียส สำหรับน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันรำข้าวไม่สามารถหาจุดหลอมเหลวโดยวิธี A.O.C.S ได้ จุดหลอมเหลวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะแปรผันกับค่าเรซิเดนซ์ไทม์ของน้ำมันพืชที่อยู่ในเครื่องปฏิกรณ์แบบแพ็กเบด

E.Kardash-Strockova, 2001 ได้ศึกษาวิธีมาตรฐานทั่วไปสำหรับการวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันบริโภคจะใช้หลักการออกซิเดชันของโพแทสเซียมไอโอไดด์ด้วยสารพวกไฮโดรเปอร์ออกไซด์ แล้วนำมาทำการไทเทรตเพื่อหาปริมาณไอโอดีนที่เกิดขึ้น แต่ในวิธีการใหม่นี้จะทำการวิเคราะห์หาค่าไอโอดีนโดยวิธีการวัดศักย์ไฟฟ้าด้วยวิธีโพเทนทิโอเมตริกในปฏิกิริยารีดอกซ์โดยไม่ใช้วิธีการไทเทรต ซึ่งการวิเคราะห์การออกซิเดชันของโพแทสเซียมไอโอไดด์และการวัดค่าทางโพเทนทิโอเมตริกจะถูกวัดในขั้วไฟฟ้า ชีดจำกัดของการวัดด้วยเทคนิคโพเทนทิโอเมตริกนี้ มีค่าอยู่ที่ 0.16 meq kg^{-1} ซึ่งเป็นค่าที่ได้รับการยอมรับในการวิเคราะห์น้ำมันที่ได้จากการกลั่นมาใหม่ วิธีการนี้ไม่ยุ่งยาก และใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อย

Christian Gertz, 2000 จากข้อมูลการศึกษาในสัตว์ทดลอง พบสารบางชนิดที่เกิดจากการเสื่อมสภาพของ น้ำมันจากการทอดเป็นสารก่อกลายพันธุ์และทำให้เกิดมะเร็งบนผิวหนังสารบางตัวที่เกิดจากน้ำมันทอดซ้ำสามารถก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ในเชื้อแบคทีเรียก่อให้เกิดเนื้องอกในตับ ปอด และมะเร็ง เม็ดเลือดขาวในหนูทดลองแม้ว่าโอกาสของการเกิดอันตรายดังกล่าวจะมีอยู่ไม่มากและไม่ชัดเจนที่จะมีผลต่อมนุษย์ แต่ก็จำเป็นที่จะต้องควบคุมให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยเพื่อให้ผู้บริโภคได้รับข้อมูลที่ต้องการในการบริโภคอาหารทอดและมีการระมัดระวังมากขึ้น

Christian Gertz , 2000 ไขมันและน้ำมันเมื่อถูกความร้อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี เกิดสารประเภทไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) และไกลคอล (glycol) ไฮโดรเปอร์ออกไซด์สลายตัวเป็นสารในกลุ่มแอลดีไฮด์ (aldehyde) และไดเมอร์ (dimer) ที่มีหมู่ฟังก์ชันพวกไฮดรอกซิล (hydroxyl) คาร์บอนิลเอพอกไซด์ (carbonyl epoxide) และไกลโคแอซิด (glycoacid) สารเคมีที่เกิดขึ้นบางตัวมีพิษต่อร่างกายและอาจเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งจากสารพิษตกค้างที่ปนเปื้อนมากับอาหาร

Boskou and Elmadfa, 1999 ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการทอดมันฝรั่งด้วยน้ำมันปาล์มโอลีอิน น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันมะกอก โดยอุณหภูมิที่ใช้ทอดประมาณ 180 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เวลาที่ใช้ทอดรวมทั้งสิ้น 40 ชั่วโมง พบว่าน้ำมันที่ใช้ทอดมีสีเข้มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น น้ำมันที่มีการเปลี่ยนสีน้อยที่สุดได้แก่ น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันเมล็ดทานตะวัน ส่วนน้ำมันปาล์มโอลีอินจะเปลี่ยนเป็นสีคล้ำเร็วหลังใช้ไป 2 วัน และหลังจากวันที่ 2 ใน

สภาวะที่มีความชื้น การเปลี่ยนสีของน้ำมันปาล์มโพลีเอสเตอร์จะมีสีเข้มขึ้นแต่เป็นไปในลักษณะที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

Boskou and Elmadfa, 1999 ศึกษาปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มโพลีเอสเตอร์ น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันมะกอกโดยอุณหภูมิที่ใช้ทอดประมาณ 180 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เวลาที่ใช้ทอดรวมทั้งสิ้น 40 ชั่วโมง พบว่าปริมาณของกรดไขมันเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ทอดเพิ่มขึ้น โดยปริมาณของกรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มโพลีเอสเตอร์มีค่าสูงสุดคือ ประมาณร้อยละ 0.40 รองลงมาคือ น้ำมันมะกอก ร้อยละ 0.37 น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันร้อยละ 0.31 และน้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ 0.14

Belitz et.al. , 1999 ทำการศึกษาปริมาณสารจำพวกไตรเออริกกลีเซอไรด์และไตรเออริกกลีเซอไรด์ ซึ่งทำให้น้ำมันมีความหนืดเพิ่มขึ้น โดยวิธี เจล เพอเมอชัน โครมาโทกราฟี (Gel permeation chromatography) พบว่าน้ำมันถั่วเหลืองก่อนใช้มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นไตรเออริกกลีเซอไรด์ มีไตรเออริกกลีเซอไรด์และไดเออริกกลีเซอไรด์ในปริมาณเล็กน้อย แต่ภายหลังการทอดอาหารที่ทำจากมะพร้าว เป็นเวลา 8 24 48 และ 80 ชั่วโมงตามลำดับ พบว่าองค์ประกอบของน้ำมันเปลี่ยนไป คือปริมาณสารดังกล่าวเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการทอดที่เพิ่มขึ้น

D.Rudan-Tasic and C. Klofutar, 1999 ได้ทำการตรวจสอบตัวอย่างน้ำมันพืช 11 ตัวอย่าง และดำเนินการตรวจหาค่าเพอร์ออกไซด์ ค่าความเป็นกรด ค่าไอโอดีน ค่าสaponification index ความตึงผิวเฉพาะ ดัชนีหักเห ของน้ำมันที่อุณหภูมิ 298.15 K และค่า electric permittivity ที่อุณหภูมิจาก 298.15 ถึง 313.15 K ผลที่ได้จากการทดลองมีความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ทางกายภาพและทางเคมีที่มีความเหมาะสมกับการทดลอง และค่าคงที่สัมพันธ์ที่เหมาะสมที่สุด ค่าคงที่สัมพันธ์ในการคำนวณหา ค่า electric permittivity ของน้ำมันอยู่ที่อุณหภูมิ จาก 298.15 ถึง 313.15 K และผลของค่า dipole moment ที่วิเคราะห์จะใช้สมการของ via Debye's

Lee and Pollard, 1999 รายงานการหาปริมาณไอโอดีนของกรดไขมันโดยใช้เทคนิคโพลาไรซ์ชัน อะนาไลซิส วิธีนี้จะผ่านสารละลายรีเอเจนต์ คือ สารละลายวิจส์ (Wij's solution) ไหลอย่างต่อเนื่องเข้าทำปฏิกิริยากับกรดไขมัน ไอโอดีนจะถูกเติมที่ตำแหน่งพันธะคู่ของกรดไขมัน ปริมาณไอโอดีนโมโนคลอไรด์จะลดลง ซึ่งตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายรีเอเจนต์ที่

เหลือหลังจากเกิดปฏิกิริยาที่ความยาวคลื่น 360 นาโนเมตร หรือตรวจวัดปริมาณไอโอดีนโมโนคลอไรด์ที่เหลือจากปฏิกิริยาโดยใช้ระบบการตรวจวัดแบบโพเทนชิโอเมตริก (potentiometric detection) ซึ่งใช้อิเล็กโทรดเลือกเฉพาะชนิดไอโอดีน (iodine selective electrode) ระบบนี้สามารถวิเคราะห์ได้ 12 ตัวอย่างต่อชั่วโมง

Thomadis and Georgiou, 1999 ศึกษาหาค่าไอโอดีนของน้ำมันมะกอกโดยวิธี parallel multichannel flow injection ตัวอย่างน้ำมันนำมาเจือจางด้วยโพรพานอล จากนั้นฉีดเข้าสู่กระแสตัวพาที่เป็นสารละลายฮานส์ซึ่งขณะผสมกันขณะเคลื่อนที่ผ่านมิกซิง (mixing) และเก็บไว้ในส่วนที่เรียกว่า สตอเรจ คอยล์ (storage coil) เป็นเวลา 10 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 392 นาโนเมตร

H.Abramovic and C.Klofutar, 1998 ได้ทำการศึกษาถึงเรื่องไดนามิกวิสโคซิตีในตัวอย่างน้ำมัน ซึ่งได้ศึกษาในน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันทั้งชนิดกลั่นและไม่ได้กลั่น น้ำมันมะกอก น้ำมันข้าวโพดชนิดกลั่น น้ำมันฟักทองที่ไม่ได้กลั่น และน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันพีชชนิดกลั่นกับน้ำมันฟักทองที่ไม่ได้กลั่น การศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาที่อุณหภูมิ 298.15 เคลวิน ถึง 328.15 เคลวิน ผลการทดลองที่ได้สามารถอธิบายได้ว่า ค่าไดนามิกวิสโคซิตี ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เหมาะสมรวมทั้งค่าคงที่สัมพัทธ์ เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

Varela et.al., 1998 ศึกษาสารประกอบพอลิเมอร์ที่มีขั้ว เรียกว่าสารประกอบโพลาร์ (polar compounds) เป็นสารที่สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ โดยสารดังกล่าวสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินอาหาร เป็นต้น ซึ่งการตรวจหาสารประกอบโพลาร์ใช้เทคนิคไฮเพอฟอร์แมน ไซส์ เอกครุชัน โครมาโทกราฟี (High Performance Size Exclusion (HPSE) Chromatography) เพื่อแยกและหาสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงได้โดยพอลิเมอร์จะถูกชะออกจากคอลัมน์ที่บรรจุอนุภาคที่มีขนาดรูพรุนต่างๆ โครมาโทแกรมของน้ำมันที่ยังไม่ใช้และที่ใช้แล้ว 26 ชั่วโมง พบว่า น้ำมันที่ยังไม่ใช้มีองค์ประกอบหลักคือ ไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุล 900 และ 1,000 เป็นส่วนใหญ่ มีปริมาณกรดไขมันอิสระหรือโมโนกลีเซอไรด์ ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุล 3000 อยู่ในปริมาณเล็กน้อย และพบสารพอลิเมอร์ (polymeric material) เป็นสารจำพวกไตรเมอร์ิกไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุล 2800

เพียงร้อยละ 4 ขณะที่น้ำมันใช้แล้ว 26 ชั่วโมง พบสารพอลิเมอร์ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุล 1000 ถึงร้อยละ 41

AOAC Official Method of Analysis , 1997 วิธีการมาตรฐานสำหรับหาค่าไอโอดีนของน้ำมันโดยใช้เทคนิคการไทเทรต รีเอเจนต์ที่ใช้ในวิธีการวิเคราะห์นี้ คือ สารละลายฮานัส (Hanus solution) โดยละลายตัวอย่างน้ำมันที่ทราบปริมาณด้วยคลอโรฟอร์ม จากนั้นทำการเติมสารละลายฮานัส แล้วนำไปเก็บไว้ในที่มืดนาน 30 นาที จากนั้นเติมสารละลายโปตัสเซียมไอโอไดด์ นำมาไทเทรตหาปริมาณไอโอดีนที่เหลือด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต โดยใช้น้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์ วิธีการนี้มีข้อเสียคือใช้เวลาการวิเคราะห์ค่อนข้างมาก คลอโรฟอร์มที่เป็นของเสียมีสูงและยังใช้สารเคมีในปริมาณมากด้วย