ไขมันทรานส์ในอาหาร

Trans Fat in Food

เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์[1*], ชินกฤต ศรีนวล[2], Umar Garba[2] และ คุณากร ขัติศรี[3]

Riantong Singanusong[1*], Chinnakrit Srinuan[2], Umar Garba[2] and Kunakorn Katsri[3]

[1]สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านไขมันและน้ำมัน คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

[2]ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

[3]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา

[1]Center of Excellence in Fats and Oils, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University

[2]Department of Agro Industry, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University

[3]Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao

Received : 11 July 2018

Accepted : 5 November 2018

Published online : 16 November 2018

บทคัดย่อ

การตรวจพบไขมันทรานส์ (trans-fat) หรือกรดไขมันทรานส์ (trans-fatty acid) ในอาหารกำลังได้รับความสนใจสำหรับผู้บริโภคและอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากไขมันทรานส์มีสมบัติเพิ่มปริมาณคอเลสเตอรอลที่ไม่ดีและลดปริมาณคอเลสเตอรอลที่ดี ดังนั้นจึงสามารถกระตุ้นหรือเป็นสาเหตุของการเกิดโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคหัวใจและโรคมะเร็งได้ ไขมันทรานส์สามารถพบได้โดยธรรมชาติในอาหาร เช่น ในเนื้อโค เนื้อกระบือ เนื้อแกะหรือแม้กระทั่งน้ำนมจากสัตว์ดังกล่าว รวมทั้งในน้ำนมมนุษย์ นอกจากนี้ ไขมันทรานส์ยังเกิดจากอุตสาหกรรมหรือการแปรรูปอาหาร เช่น กระบวนการไฮโดรจิเนชั่น ขั้นตอนการกำจัดกลิ่นในกระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ การทอดและการอบอาหาร เป็นต้น ดังนั้น ความรู้เกี่ยวกับการเกิดไขมันทรานส์และปริมาณไขมันทรานส์ในอาหารแต่ละชนิดจึงเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคควรทราบเพื่อสามารถหลีกเลี่ยงอาหารที่มีไขมันทรานส์หรือเลือกรับประทานอาหารที่ดีต่อสุขภาพได้ สำหรับอุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทย ควรผลิตอาหารด้วยกรรมวิธีที่ไม่ก่อให้เกิดไขมันทรานส์และปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 388 พ.ศ. 2561 ว่าด้วยเรื่อง กำหนดอาหารที่ห้ามผลิต นำเข้าหรือจำหน่าย เพื่อจำหน่ายอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ใส่ใจสุขภาพมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ : ไขมันทรานส์, กรดไขมัน, น้ำมัน, ไฮโดรจิเนชัน, การกำจัดกลิ่น

*Corresponding author. E-mail : riantongs@nu.ac.th

Abstract

Detection of trans fat or trans fatty acid in food has recently been gaining a lot of attention from consumers and food industry due to its properties in increasing “bad” cholesterol and decreasing “good” cholesterol, which can induce or cause dyslipidemia, heart diseases and cancer. Trans fat can be found naturally in foods such as in beef, buffalo and lamb meat or in milk from those animals and human milk. In addition, trans fat can be occurred from industrial or food processes such as hydrogenation, deodorization, frying and baking. Thus, the knowledge on occurrence of trans fat and its content in each food should be aware by consumers in order to avoid any trans fat foods or to select healthy foods. For Thailand food industry, they should manufacture foods in such the ways not to produce trans fat and must conform to the notification of the Ministry of Public Health (No. 388) B.E. 2561 Re: prescribed prohibited food to be produced, imported or sold. In order to sell healthy foods and meet the current requirements of health conscious consumers.

Keywords : trans fat, fatty acid, oil, hydrogenation, deodorization

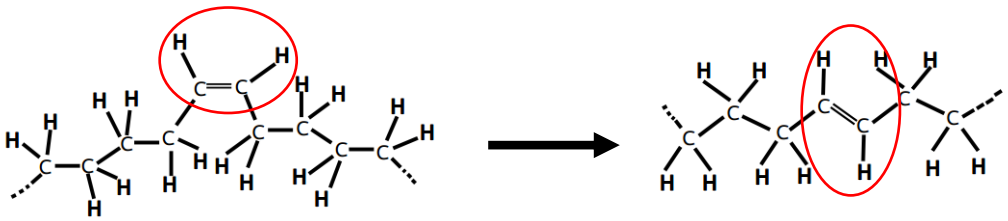
บทนำ

ไขมันเป็นสารอินทรีย์ประเภทลิปิด มีโครงสร้างประกอบด้วยกลีเซอรอลและกรดไขมัน โดยกรดไขมันเป็นลิปิดหลักที่พบในอาหาร ซึ่งมีปริมาณ 90% ของไขมันในอาหาร (Kaushik & Grewal, 2017) ไขมันเป็นแหล่งพลังงานหลักของร่างกาย โดยไขมัน 1 กรัม ให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี ซึ่งพบได้ทั้งอาหารที่มาจากสัตว์และพืช ไขมันมีทั้งชนิดที่ดีและไม่ดีต่อสุขภาพ ไขมันที่พบในอาหารมี 3 ชนิด ได้แก่ 1) ไขมันอิ่มตัว (saturated fat) 2) ไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fat) และ 3) ไขมันทรานส์ (Food and Drug Administration, 2015) โดยไขมันอิ่มตัวมีสมบัติเพิ่มปริมาณคอเลสเตอรอลทั้งหมดและคอเลสเตอรอลที่ไม่ดี หรือ low density lipoprotein (LDL) cholesterol (Zapolska *et al*., 2015) ซึ่งจัดว่าเป็นไขมันที่ไม่ดีต่อสุขภาพ ในขณะที่ไขมันไม่อิ่มตัวมี 2 ชนิดคือ ไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fat) และไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fat) โดยไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวมีสมบัติช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลชนิด LDL และเพิ่มปริมาณคอเลสเตอรอลที่ดี หรือ high density lipoprotein (HDL) cholesterol จึงเป็นไขมันที่ดีที่สุดต่อสุขภาพ ส่วนไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนมีสมบัติช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลชนิด LDL จึงจัดว่าเป็นไขมันที่ดีต่อสุขภาพเช่นกัน ในขณะที่ไขมันทรานส์นอกจากมีบทบาทในการเพิ่มปริมาณคอเลสเตอรอลทั้งหมดและคอเลสเตอรอลชนิด LDL (Katan *et al*., 1995; Zapolska *et al*., 2015; Sundram *et al*., 1997;) แล้ว ยังลดปริมาณคอเลสเตอรอลชนิด HDL ด้วย (Katan *et al*., 1995; Sundram *et al*., 1997) จึงเป็นไขมันชนิดเลวที่สุดและส่งผลร้ายต่อสุขภาพ (Mosley *et al.,* 2005) การเพิ่มขึ้นของสัดส่วนระหว่างคอเลสเตอรอลชนิด LDL กับ HDL เกี่ยวข้องกับการเพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ (Genest, 2003) นอกจากนี้ ไขมันทรานส์ยังเกี่ยวข้องกับความบกพร่องของเมตาโบลิซึมของกรดไขมันจำเป็น โดยไขมันทรานส์ยับยั้งการสังเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนในมนุษย์และสัตว์ (Kummerow *et al*., 2004) ซึ่งส่งผลด้านลบต่อการเจริญเติบโตในมนุษย์และสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทารก (Koletzko, 1992; Craig-Schmidt, 2001) จะเห็นได้ว่าไขมันทรานส์ส่งผลร้ายต่อสุขภาพดังที่กล่าวมา ผู้บริโภคจึงควรหลีกเลี่ยงการ

รับประทานอาหารที่มีไขมันทรานส์และผู้ผลิตอาหารต้องพยายามปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อไม่ให้มีไขมันทรานส์หรือ ให้มีปริมาณน้อยที่สุดหรือให้มีในปริมาณที่ไม่เกินเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด

(1) ไขมันทรานส์

ไขมันทรานส์ (trans fat) หรือกรดไขมันทรานส์ (trans fatty acid) เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่อย่างน้อย 1 พันธะที่มีโครงสร้างแบบทรานส์ (trans-form) คือมีการจัดเรียงตัวของไฮโดรเจนที่พันธะคู่อยู่ด้านตรงกันข้าม ซึ่งแตกต่างไปจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบในธรรมชาติที่มีโครงสร้างแบบซีส (cis-form) คือมีการจัดเรียงตัวของไฮโดรเจนที่พันธะคู่อยู่ด้านเดียวกัน (Zapolska *et al.*, 2015; Kaushik & Grewal, 2017; Peungpan *et al.*, 2017) โครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในรูปซีสและในรูปทรานส์ แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในรูปซีสและในรูปทรานส์

ที่มา Apanantnoppakhun & Wongwilai (2009)

กรดไขมันทรานส์มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาหรือชนิดของน้ำมัน เช่น เริ่มต้นจาก C14 ไปจนถึง C22 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ส่วนใหญ่เป็น C18 ที่มีพันธะคู่ 1 คู่, 2 คู่และ 3 คู่ ที่เหลือเป็น C14, C16, C20 และ C22 อย่างละ 1 ชนิด และเป็นกรดไขมันทรานส์ที่มีพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง เท่านั้น ตัวอย่างกรดไขมันทรานส์ ได้แก่

1. 14:1 trans-Myristelaidic
2. 16:1 trans-Palmitelaidic
3. 18:1 trans-Elaidic
4. 18:1 trans 6-Petroselenic
5. 18:1 trans 11-Vaccenic
6. 18:2 trans-Linolelaidic
7. 18:2 trans 9-Linolelaidic
8. 18:2 trans 12-Linolelaidic
9. 18:2 cis-9, trans-11-Octadecadienic
10. 18:2 trans conjugated
11. 18:3 trans-9, trans-12, trans-15-octadecatrienoic
12. 18:3 trans-9, trans-12, cis-15-octadecatrienoic

13. 18:3 trans-9, cis-12, trans-15-octadecatrienoic
14. 18:3 cis-9, trans-12, trans-15-octadecatrienoic
15. 18:3 cis-9, cis-12, trans-15-octadecatrienoic
16. 18:3 cis-9, trans-12, cis-15-octadecatrienoic
17. 18:3 trans-9, cis-12, cis-15-octadecatrienoic
18. 20:1 trans-11 Eicosenic
19. 22:1 trans-13 Docosenic

(2) ชนิดของไขมันทรานส์

ไขมันทรานส์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ตามแหล่งที่พบ ได้แก่ ไขมันทรานส์ที่เกิดจากอุตสาหกรรม (industrially produced trans-fats, iTFAs) และไขมันทรานส์ที่พบตามธรรมชาติในอาหาร หรือในเนื้อสัตว์เคี้ยวเอื้องที่กินหญ้าเป็นอาหาร (ruminant trans-fats (rTFAs)) เช่น โค กระบือและแกะ เป็นต้น ซึ่งผลิตโดยแบคทีเรียในกระเพาะอาหารของโค กระบือและแกะ (Riya & Pierce, 2015; Zapolska *et al*., 2015) และยังรวมไปถึงอาหารที่ผลิตมาจากสัตว์เคี้ยวเอื้องดังกล่าว เช่น นมและผลิตภัณฑ์จากนม เช่น เนย (butter) และเนยแข็ง (cheese) (Riya & Pierce, 2015) นอกจากนี้ ยังพบไขมันทรานส์ในน้ำนมมนุษย์ด้วย โดย Mosley *et al*. (2005) รายงานว่าในน้ำนมมนุษย์มีปริมาณไขมันทรานส์ 7.0±2.3% โดยเป็นไขมันทรานส์จากกรดไขมัน C18 ปริมาณ 5.1±2.0% รายละเอียดของไขมันทรานส์ทั้ง 2 ชนิด มีดังนี้

1. ไขมันทรานส์ที่เกิดจากอุตสาหกรรม (industrially produced trans-fats, iTFAs)

แหล่งที่พบไขมันทรานส์ที่เกิดจากอุตสาหกรรม ได้แก่ น้ำมันสำหรับปรุงอาหาร (frying oil) อาหารขบเคี้ยว เช่น เค้ก คุกกี้ ป๊อปคอร์นและมาร์การีน (Zapolska *et al*., 2015) ไขมันทรานส์ที่เกิดจากอุตสาหกรรมหรือกระบวนการผลิตอาหารสามารถจำแนกได้ตามกระบวนการดังต่อไปนี้

1.1 กระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ (refining process)

ในระหว่างกระบวนการทำน้ำมันรำข้าว (rice bran oil, RBO) ให้บริสุทธิ์ด้วยกระบวนการทางเคมี (chemical refining process) ตรวจไม่พบไขมันทรานส์ ในขั้นตอนการกำจัดกัม (degumming) ที่อุณหภูมิ 70–80 ºC ขั้นตอนการทำน้ำมันให้เป็นกลาง (neutralization) ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิ 80–90 ºC และขั้นตอนการฟอกสี (bleaching) ด้วยสารฟอกสี (bleaching earth) ความเข้มข้น 1% ที่อุณหภูมิ 90 ºC (Mezouari *et al*., 2006; Mezouari & Eichner, 2008) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Schwarz (2000) ที่รายงานว่าไม่พบไขมันทรานส์ในขั้นตอนกำจัดกัม การทำน้ำมันให้เป็นกลาง และการฟอกสีของน้ำมันพืช

อย่างไรก็ตาม Tasan & Demirci (2003) พบว่า มีการเพิ่มปริมาณเพียงเล็กน้อย (จาก 0.06% ไปเป็น 0.08%) ของไขมัน ทรานส์ในน้ำมันดอกทานตะวันที่ผ่านการฟอกสี และการเพิ่มขึ้นจาก 0.3% ไปเป็น 0.7% ในน้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันเรพสีดที่ผ่านการฟอกสี (Ferrari *et al*., 1996) ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การเกิดไขมันทรานส์นั้นกระตุ้นโดยการฟอกสีที่อุณหภูมิสูง ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการฟอกสีน้ำมันบริโภคคือระหว่างอุณหภูมิ 70–110 ºC ถ้าทำการฟอกสีที่อุณหภูมิสูงกว่า 150 ºC การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะเกิดเพิ่มมากขึ้น (Patterson, 1976)

ในขั้นตอนการกำจัดกลิ่น (deodorization) ของน้ำมันรำข้าว ไม่พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณของ C18:1 trans (0.2% ในน้ำมันรำข้าวดิบ และ 0.2% ในน้ำมันที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์) แต่พบการเพิ่มขึ้นของ C18:2 trans ประมาณ 72% (จาก 0.3% ในน้ำมันรำข้าวดิบ ไปเป็น 1.1% ในน้ำมันที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์) ดังนั้น พบว่าปริมาณไขมันทรานส์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 0.5% ในน้ำมันรำข้าวดิบ ไปเป็น 1.3% ในน้ำมันที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งคิดเป็นการเพิ่มขึ้น 61.5% (Mezouari & Eichner, 2008) โดยผลการทดลองนี้ยืนยันงานวิจัยก่อนหน้านี้ ที่รายงานว่า ขั้นตอนการกำจัดกลิ่นทำให้เกิดไขมันทรานส์ในกระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ (Edler, 1982; Schwarz *et al*., 1995) นอกจากนี้ Ferrari *et al*. (1996) รายงานการเพิ่มขึ้นของไขมันทรานส์ (1–4%) ในน้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันเรพสีดที่ผ่านการกำจัดกลิ่น จากงานวิจัยของ Mezouari & Eichner (2008) ตรวจไม่พบ C18:3 trans ในทั้งน้ำมันรำข้าวดิบและน้ำมันรำข้าวผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีการทางเคมี อย่างไรก็ตาม Edler (1982) รายงานว่า การเกิด C18:3 trans ไม่มีความสำคัญเพราะพบในปริมาณ น้อยกว่า 1% ที่อุณหภูมิ 240 ºC ของน้ำมันพืชหลายชนิดที่ผ่านการกำจัดกลิ่น แต่พบผลกระทบที่รุนแรงของอุณหภูมิต่อปริมาณไขมันทรานส์ที่อุณหภูมิระหว่าง 260–270 ºC โดยเฉพาะอย่างยิ่งในน้ำมันที่มีปริมาณกรดลิโนเลนิกสูง

กระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ทางกายภาพ (physical refining process) ได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากมีการลงทุนที่ต่ำกว่ากระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ทางเคมี (Schwarz, 2000) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากไม่มีขั้นตอนการกำจัดกรดไขมันอิสระมาก่อนจนถึงขั้นตอนการกำจัดกลิ่น ดังนั้น การกำจัดกลิ่นในกระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ทางกายภาพจึงต้องการคอลัมน์ที่มีประสิทธิภาพสูงและใช้อุณหภูมิในการกำจัดกลิ่นและกรดไขมันอิสระที่สูงกว่ากระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ทางเคมี 10–30 ºC (Schwarz, 2000) ซึ่งน้ำมันที่ผ่านกระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ทางกายภาพจะมีปริมาณไขมันทรานส์สูงกว่าน้ำมันที่ผ่านกระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ทางเคมี เนื่องจากการใช้ความร้อนสูงส่งผลให้มีปริมาณไขมันทรานส์เพิ่มขึ้นในน้ำมันพืช (Brühl, 1996)

ในขั้นตอนการกำจัดกลิ่นน้ำมันพืช จะเกิดไอโซเมอร์เชิงเรขาคณิต (geometric isomers) ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนขึ้น น้ำมันที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ครบทุกขั้นตอน พบกรดลิโนเลอิกชนิดทรานส์ในปริมาณสูง (5%) และพบกรดลิโนเลนิค ชนิดทรานส์ในปริมาณต่ำสุดคือประมาณ 0.5% อย่างไรก็ตาม พบการเพิ่มปริมาณของกรดลิโนเลอิกชนิดทรานส์ (>1–6%) และพบกรดลิโนเลนิคชนิดทรานส์ (<1–>65%) หลังจากขั้นตอนการกำจัดกลิ่นที่อุณหภูมิ 204–230 ºC จาก 2–86 ชั่วโมง (Kemény *et al*., 2001)

1.2 การไฮโดรจิเนชัน (hydrogenation)

ไฮโดรจิเนชันเป็นขั้นตอนการเติมไฮโดรเจนอะตอมเข้าไปที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ทำให้จำนวนพันธะคู่ลดลง หรือเป็นกระบวนการเติมไฮโดรเจนลงในน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ทำให้น้ำมันที่อยู่ในสภาพของเหลวเปลี่ยนเป็นไขมันที่มีสภาพแข็งขึ้นหรือเป็นของกึ่งเหลว โดยทั่วไปปริมาณกรดไขมันทรานส์ในน้ำมันที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์โดยไม่มีการเติมไฮโดรเจน เช่น ในน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันเมล็ดฝ้ายจะมีค่าต่ำกว่า 2% (Department of Health and Human Service, 2017) การเติมไฮโดรเจนเพียงบางส่วน (partial hydrogenation) ในน้ำมันพืชทำให้จำนวนพันธะคู่ลดลงและพบการเปลี่ยนไขมันไม่อิ่มตัวแบบซีสไปเป็นไขมันไม่อิ่มตัวแบบทรานส์ ประมาณ 30–50% ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Zapolska *et al*., 2015) กระบวนการดังกล่าวเกี่ยวข้องกับการให้ความร้อนแก่น้ำมันที่เป็นของเหลว แต่ในขณะที่มีโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น นิกเกิล และมีการสัมผัสกับก๊าซไฮโดรเจนจะทำให้จุดหลอมละลายของกรดไขมันสูงขึ้น ส่งผลให้น้ำมันที่เป็นของเหลวสามารถนำมาใช้

ในสูตรไขมันที่เป็นของแข็ง เช่น เนยขาวหรือชอร์ทเทนนิ่ง มาร์การีน และผลิตภัณฑ์อาหารอบ (Semma, 2002; Siti & Azrina, 2014)

เมื่อน้ำมันพืชผ่านกระบวนการให้ความร้อน กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะจัดเรียงตัวใหม่ทำให้ได้กรดไขมันไม่อิ่มตัวในรูปทรานส์ (Apanantnoppakhun & Wongwilai, 2009) (ดังภาพที่ 1) หรือผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆ เช่น การแปรรูปน้ำมันพืชให้เป็นเนยเทียม โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันอิ่มตัวโดยการเติมไฮโดรเจนเข้าไปในพันธะคู่ของกรดไขมัน ไม่อิ่มตัว ซึ่งจะทำให้น้ำมันพืชที่เคยอยู่ในรูปของเหลวจับตัวกันเป็นก้อนแข็งกลายเป็นไขมันพืชหรือเนยเทียม แต่ก็ยังมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวบางส่วนที่ไม่ถูกเปลี่ยนและอยู่ในรูปของซีสและจะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวบางส่วนจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ ทรานส์ได้ เมื่อโมเลกุลของกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้รับความร้อนมันจะมีพลังงานสูงขึ้น พันธะระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอน หรือคาร์บอนกับไฮโดรเจนเกิดการสั่น และเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ เพื่อให้ได้โครงสร้างที่มีความเสถียรกว่าเดิม เนื่องจากโมเลกุลของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในรูปของซีสมีลักษณะบิดงอไปมาทำให้โมเลกุลของกรดไขมันมาซ้อนทับกันได้ยาก แต่เมื่อจัดเรียงตัวใหม่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวในรูปทรานส์แล้วโครงสร้างเกือบจะเป็นเส้นตรง จึงทำให้มันสามารถเกิดการซ้อนทับกันได้ในระหว่างโมเลกุลของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งลักษณะนี้จะคล้ายกับกรดไขมันอิ่มตัวที่โมเลกุลของมันสามารถมาซ้อนทับกันได้ง่าย จึงสามารถเปลี่ยนรูปจากของเหลวกลายเป็นของแข็งได้ (Mosley *et al*., 2005)

1.3 การทอด (frying)

น้ำมันรำข้าวมีจุดเกิดควันสูงคือ 232 ºC (450 ºF) ซึ่งเหมาะสำหรับการปรุงอาหาร เช่น การทอดแบบน้ำมันท่วม (deep frying) และการผัด (stir frying) และเป็นน้ำมันที่ได้รับความนิยมมากในทวีปเอเชียโดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่น อินเดีย จีน ไทย และบังคลาเทศ (Sanghi & Tiwle, 2015) การทอดเป็นวิธีการปรุงอาหารที่มีความเก่าแก่ที่สุด (Kaushik & Grewal, 2017) การทอดอาหารแบบน้ำมันท่วมเป็นแหล่งที่มาของกรดไขมันทรานส์ ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมากกับอุณหภูมิและเวลาในการทอด เช่น เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำมันเมล็ดทานตะวันที่ 200 ºC และ 300 ºC นาน 40 นาที ไอโซเมอร์แบบทรานส์เพิ่มขึ้นเป็น 1.1% และ 11.95% ตามลำดับ (Atta & Shams-Eldin, 2010) การทอดและการอบน้ำมันพืชทำให้เกิดกรดลิโนอิไลดิก (linoelaidic acid, C18:2, trans-9,12) การใช้อุณหภูมิสูงในกระบวนการดังกล่าว ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปแบบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวแบบซีสไปเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวแบบทรานส์ ดังนั้น น้ำมันสำหรับทอดเป็นแหล่งสำคัญของกรดไขมันชนิดทรานส์ (Zapolska *et al*., 2015)

2. ไขมันทรานส์ที่พบตามธรรมชาติในอาหารจากสัตว์เคี้ยวเอื้อง (ruminant trans-fats (rTFAs)

ไขมันทรานส์ที่พบตามธรรมชาติในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ และแกะ เนื่องจากสัตว์เหล่านี้มีเอนไซม์ isomerase ที่ไปทำปฏิกิริยากับกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำให้เปลี่ยนจาก cis-form เป็น trans-form ไขมันทรานส์ที่พบในธรรมชาติไม่ค่อยมีบทบาทมากนัก เนื่องจากการพบไขมันทรานส์ในผลิตภัณฑ์อาหารที่เกิดจากกระบวนการผลิตอาหารได้รับความสนใจมากกว่า

(3) ไขมันทรานส์ในผลิตภัณฑ์อาหารในประเทศไทย

ไขมันทรานส์ที่มีอยู่ในอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารที่พบได้ตามท้องตลาดทั่วไป เช่น น้ำมันพืชที่ผ่านการเติมไฮโดรเจน มาร์การีนชนิดแท่ง แครกเกอร์ คุกกี้ ขนมขบเคี้ยว อาหารทอด และผลิตภัณฑ์ขนมอบ เป็นต้น ซึ่งมีงานวิจัยรายงาน

ว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ 100 กรัม มีไขมันทรานส์ 0.11–7.73 กรัม กลุ่มนมและผลิตภัณฑ์จากนมโค 100 มิลลิลิตร พบไขมันทรานส์ 0.15–2.0 และ 0.97–5.82 กรัม ตามลำดับ กลุ่มไขมันและผลิตภัณฑ์จากไขมัน 100 กรัม พบไขมันทรานส์ 0.27–3.49 กรัม และในน้ำมันพืช 100 มิลลิลิตร พบว่ามีไขมันทรานส์เฉลี่ย 0.97–2.73 กรัม (Peungpan *et al*., 2017) โดยทั่วไปน้ำมันหรือไขมันที่ผ่านความร้อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างกลายเป็นไขมันทรานส์ ซึ่งมีการศึกษาไขมันทรานส์ในอาหารกลุ่มของทอด พบว่าในปลาซิวแก้วมีไขมันทรานส์สูงสุด อย่างไรตาม เมื่อเปรียบเทียบอาหารในกลุ่มทอดที่จำหน่ายในประเทศไทยกับต่างประเทศแล้ว พบว่าในกลุ่มอาหารทอดของไทยมีปริมาณไขมันทรานส์น้อยกว่าและมีปริมาณไขมันรวมใกล้เคียงกัน (Chongchaithet *et al*., 2007) การใช้น้ำมันในการทอดอาหารซ้ำหลายๆ ครั้งทำให้เกิดเป็นไขมันทรานส์ได้เช่นกัน (Chaikate & Harnroongroj, 2009) ทั้งนี้ได้มีประกาศจากกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 388 พ.ศ. 2561 (Ministry of Public Health, 2018) ข้อ 1 ให้น้ำมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วนและอาหารที่มีน้ำมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วนเป็นส่วนประกอบ เป็นอาหารที่ห้ามผลิต นำเข้าหรือจำหน่าย โดยจะมีผลบังคับใช้วันที่ 9 มกราคม พ.ศ. 2562 เป็นต้นไป

สำหรับแนวทางการหลีกเลี่ยงการเกิดไขมันทรานส์ในระหว่างกระบวนการแปรรูป Authai (2018) ได้กล่าวว่าปัจจุบันผู้ผลิตและนำเข้าไขมันน้ำมัน ได้ปรับสูตรของเนยขาวและเนยเทียมโดยการใช้กระบวนการ oil blending เป็นการผสมน้ำมันเหลวกับไขมันแข็งตามวิธีทางกายภาพในสัดส่วนที่เหมาะสมแทนการใช้น้ำมันที่เติมไฮโดรเจนบางส่วน เป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อนและยังสามารถให้ลักษณะไขมันตามต้องการได้ กระบวนการผสมน้ำมันเหลวกับไขมันแข็งไม่มีการให้ความร้อนสูง จึงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัวแบบปกติไปเป็นกรดไขมันทรานส์และยังมีกระบวนการแยกส่วน หรือ Fractionation กับ Inter-esterification ซึ่งเป็นเทคโนโลยีทางเลือกที่สามารถนำมาใช้แทนการใช้น้ำมันที่เติมไฮโดรเจนบางส่วนได้ แม้เทคโนโลยีนี้ยังไม่แพร่หลายในประเทศไทย แต่ในตลาดต่างประเทศได้มีการใช้มาระยะหนึ่งแล้ว

(4) ไขมันทรานส์ในผลิตภัณฑ์น้ำมัน

น้ำมันเป็นไตรกลีเซอไรด์ซึ่งมีส่วนประกอบของกลีเซอรอลและกรดไขมัน ซึ่งกรดไขมันประกอบด้วยคาร์บอนต่อกันเป็นสายยาว โดยมีอะตอมไฮโดรเจนติดอยู่กับคาร์บอน จำนวนของคาร์บอนในกรดไขมันจากธรรมชาติส่วนใหญ่จะมีจำนวนเป็นเลขคู่และไม่มีสาขา ซึ่งไขมันทรานส์เป็นไขมันประเภทหนึ่งที่พบในน้ำมัน ในบรรดาน้ำมันพืชสำหรับบริโภค น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปาล์มมีส่วนแบ่งในตลาดโลกกว่าสองในสามของน้ำมันพืชทั้งหมด แม้ว่าน้ำมันถั่วเหลืองจะมีกรดไขมันอิ่มตัวอยู่ประมาณ 15% แต่เป็นแหล่งสำคัญที่พบไขมันทรานส์ในปริมาณสูง เนื่องจากต้องผ่านกระบวนการไฮโดรจีเนชันในทางตรงกันข้ามน้ำมันปาล์มปราศจากไขมันทรานส์แต่มีกรดไขมันอิ่มตัวอยู่ถึง 50% (Marud & Wanwimon, 2009) และเมื่อใช้อุณหภูมิสูง (180 ºC) กับน้ำมันปาล์ม จะเพิ่มปริมาณไขมันทรานส์จาก 0.22% เป็น 0.36% (Phuong & Sirawutt, 2013)

แหล่งที่พบไขมันทรานส์ในน้ำมันพืชสำหรับบริโภค คือน้ำมันที่ผ่านกระบวนการไฮโดรจิเนชันเพียงบางส่วน และปริมาณการได้รับไขมันทรานส์จากการบริโภคน้ำมันผ่านกรรมวิธีนั้นค่อนข้างน้อย เนื่องจากพบไขมันทรานส์ในน้ำมันผ่านกรรมวิธีในปริมาณน้อย โดยไขมันทรานส์เกิดขึ้นจากการใช้อุณหภูมิสูงในขั้นตอนการกำจัดกลิ่น (Ceriani & Meirelles, 2007; Tsuzuki *et al.,* 2010) ทีมนักวิจัยโดย Hou *et al.* (2012) ได้ศึกษาปริมาณไขมันทรานส์ในน้ำมันพืชสำหรับบริโภคที่จำหน่ายในประเทศจีน พบว่า ปริมาณไขมันทรานส์ที่พบในน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเรพสีด น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และน้ำมันข้าวโพด คือ 1.15, 1.37, 1.41 และ 2.01 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ Tsuzuki *et al.* (2010) ได้ศึกษาการเกิดไขมันทรานส์ในน้ำมันพืชสำหรับบริโภค 6 ชนิดในระหว่างการทอดและกระบวนการให้ความร้อน พบว่า ปริมาณไขมันทรานส์ที่พบในน้ำมัน

ทั้ง 6 ชนิดที่ผลิตใหม่อยู่ในช่วง 1.42-2.08 กรัม/100 กรัม และพบในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยหลังจากการให้ความร้อนนาน 4 ชั่วโมง และยังได้สรุปว่า กระบวนการทอดทั่วไปที่ใช้น้ำมันที่ไม่ผ่านกระบวนการไฮโดรจิเนชันมีผลต่อการได้รับปริมาณไขมันทรานส์จากน้ำมันดังกล่าวน้อยมาก นอกจากนี้ Liu *et al*. (2007) ได้วิเคราะห์ปริมาณไขมันทรานส์ในน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการไฮโดรจิเนชัน และรายงานว่า ไม่พบไขมันทรานส์ในตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการไฮโดรจิเนชันหลังจากการให้ความร้อนที่ 160, 180 หรือ 200 ºC นาน 24 ชั่วโมง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไขมันทรานส์เกิดขึ้นเมื่อมีการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงมากๆ ผลการทดลองดังกล่าวนี้ ชี้ให้เห็นว่า ไขมันทรานส์ที่พบในปริมาณที่แตกต่างกันนั้น อาจเป็นผลมาจากความแตกต่างของ ชนิดของน้ำมันพืช กระบวนการทำให้น้ำมันบริสุทธิ์ สภาวะการทอด และวิธีการวิเคราะห์ปริมาณไขมันทรานส์

Mezouari & Eichner (2008) รายงานว่า ไขมันทรานส์ที่ตรวจพบในน้ำมันรำข้าวดิบ (crude RBO) มีปริมาณ 0.5% โดยเป็น C18:1 trans 0.2% และ C18:2 trans 0.3% ซึ่งการเกิดไขมันทรานส์ในน้ำมันรำข้าวดิบนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากเทคโนโลยีที่ใช้หรือสภาวะที่ใช้ในระหว่างหรือหลังการสกัดน้ำมัน (Randal *et al*., 1985) นอกจากนี้ Schwarz (2000) รายงานว่า น้ำมันพืชดิบมีไขมันทรานส์ในปริมาณเล็กน้อยอยู่ในช่วง 0.1–0.3% ของกรดไขมันทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับค่าที่รายงานโดย Ferrari *et al*. (1996) ที่พบว่าน้ำมันข้าวโพดดิบ น้ำมันถั่วเหลืองดิบ และน้ำมันเรพสีดดิบ มีปริมาณไขมันทรานส์ <0.1%

เมื่อนำน้ำมันรำข้าวดิบมาผ่านกระบวนการทำน้ำมันรำข้าวให้บริสุทธิ์ (refined RBO) ไม่พบไขมันทรานส์ในขั้นตอนการกำจัดกัม ขั้นตอนการทำน้ำมันให้เป็นกลาง และขั้นตอนการฟอกสี แต่พบไขมันทรานส์ 1.3% หลังผ่านขั้นตอนการกำจัดกลิ่น โดยเป็น C18:1 trans 0.2% และ C18:2 trans 1.1% (Mezouari & Eichner, 2008) ซึ่งสาเหตุการเพิ่มขึ้นของไขมันทรานส์ในขั้นตอนการกำจัดกลิ่นได้อธิบายในหัวข้อ 1.1 กระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ ในขณะที่ Sanghi & Tiwle (2015) กล่าวว่า น้ำมันรำข้าวปราศจากไขมันทรานส์แต่มีไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวและเชิงซ้อนในปริมาณสูง

จากการรวบรวมข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันทรานส์ในน้ำมันรำข้าวผ่านกรรมวิธี (refined RBO) ที่ผลิตในระหว่างปี *ค.ศ*. 2011–2018 จาก 3 บริษัทที่ผลิตและจำหน่ายน้ำมันรำข้าวผ่านกรรมวิธีของประเทศไทย ซึ่งวิเคราะห์โดยบริษัท ALS Laboratory Group (Thailand) และ บริษัท Chemiservice พบว่า มีปริมาณไขมันทรานส์เฉลี่ยในช่วง 0.16–0.64% ซึ่งต่ำกว่า 1.3% ที่พบในน้ำมันรำข้าวที่รายงานโดย Mezouari & Eichner (2008) และต่ำกว่า 0.97–2.73% ซึ่งเป็นค่าที่พบในน้ำมันพืชที่รายงานโดย Peungpan *et al*. (2017) นอกจากนี้ ยังต่ำกว่าปริมาณที่องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) และองค์การอนามัยโลก (WHO) แนะนำ คือ ไม่เกิน 4% ของปริมาณไขมันทั้งหมด ไขมันทรานส์ที่พบในน้ำมันรำข้าวผ่านกรรมวิธี ได้แก่ C18:1 trans, C18:2 trans และ C18:3 trans ซึ่งส่วนใหญ่เป็น C18:2 trans (0.25%) รองลงมาคือ C18:1 trans (0.17%) และ C18:3 trans (0.12%) ตามลำดับ ทั้งนี้ ปริมาณไขมันทรานส์ที่แตกต่างกันนี้เป็นผลมาจากสภาวะที่ใช้ (อุณหภูมิและเวลา) ในขั้นตอนการกำจัดกลิ่นที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปถ้าใช้อุณหภูมิสูงและเวลานานจะทำให้เกิดไขมันทรานส์มากกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำและเวลาสั้นกว่า นอกจากนี้ ถ้ากระบวนการรีไฟน์น้ำมันรำข้าวเป็นแบบ physical refining process ซึ่งใช้อุณหภูมิในขั้นตอนการกำจัดกลิ่นสูงกว่าแบบ chemical refining process จะทำให้น้ำมันรำข้าวผ่านกรรมวิธีจาก physical refining process มีปริมาณไขมันทรานส์สูงกว่าน้ำมันรำข้าวผ่านกรรมวิธีจาก chemical refining process อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลปริมาณไขมันทรานส์ในน้ำมันรำข้าวผ่านกรรมวิธีของไทยจากทั้ง 3 บริษัท ในช่วงปี ค.ศ. 2011–2018 มีปริมาณลดลงเรื่อยๆ แสดงให้เห็นว่าอุตสาหกรรมน้ำมันรำข้าวไทยให้ความใส่ใจกับปริมาณไขมันทรานส์จึงพยายามปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อให้มีปริมาณไขมันทรานส์ต่ำที่สุด

(5) ปริมาณไขมันทรานส์ที่แนะนำ

องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) และองค์การอนามัยโลก (WHO) แนะนำว่า อาหารประเภทไขมันที่ผู้บริโภคควรได้รับต่อวัน ควรมีไขมันทรานส์ไม่เกิน 1% ของพลังงานที่ได้รับทั้งหมด หรือไม่มีเลย (Joseph, 2018) อย่างไรก็ตาม องค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. FDA) กล่าวว่า น้ำมันที่ผ่านการเติมไฮโดรเจนบางส่วน (partially hydrogenated oils) ไม่จัดว่าเป็นอาหารที่ “ได้รับการยอมรับว่าปลอดภัย” (generally recognized as safe: GRAS) ทั้งนี้เพื่อลดปริมาณไขมันทรานส์ในอาหารแปรรูปในประเทศสหรัฐอเมริกา (Department of Health and Human Services, 2017) ปริมาณไขมันทรานส์ที่จัดว่าปลอดภัยคือ ไม่มีเลย ซึ่งเป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติในปัจจุบันเนื่องจากไขมันทรานส์พบได้ทั่วไปในห่วงโซ่อาหาร (Siti & Azrina, 2014)

(6) การประยุกต์ใช้ไขมันทรานส์ในอุตสาหกรรม

ไขมันทรานส์มีการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมไขมันและน้ำมันในแง่ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด เช่น เนยขาวหรือชอร์ทเทนนิ่งและมาร์การีน นั่นคือ เมื่อน้ำมันพืชผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจน หรือเติมไฮโดรเจนบางส่วน ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในรูปแบบซีสไปเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวในรูปแบบทรานส์ ทำให้มีรสชาติใกล้เคียงกับไขมันสัตว์ แต่มีราคาที่ถูกกว่า ไม่เป็นไข เกิดการเหม็นหืนช้าและมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น (Chunhahiran, 2009) นอกจากนี้ มีบางงานวิจัยรายงานว่ากรดไขมันทรานส์จากธรรมชาติที่พบในเนื้อโคและผลิตภัณฑ์จากนมโคอาจเป็นประโยชน์ เมื่อเทียบกับกรดไขมันทรานส์จากอุตสาหกรรมไขมันและน้ำมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจน (Bassett *et al*., 2010; Wang *et al*., 2010)

(7) ผลของไขมันทรานส์ต่อร่างกาย

มีงานวิจัยพบว่าไขมันทรานส์เป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดโรคหัวใจและโรคมะเร็ง (Mensink & Kata, 1990; Ascherio *et al.,* 1999; Hu *et al.,* 2001; Fernandez *et al.,* 2007) โดยการรับประทานไขมันทรานส์เพิ่มขึ้น 2% ทำให้เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจสูงถึง 23% (Mozaffarian *et al.,* 2006)

นอกจากนี้ มีงานวิจัยพบว่าไขมันทรานส์เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด อย่างไรก็ตาม ความเสี่ยงจะขึ้นอยู่กับชนิด ความเข้มข้นและระยะเวลาในการรับประทานไขมันทรานส์ ไขมันทรานส์เป็นอันตรายโดยตรงกับหัวใจและเกี่ยวกับเส้นเลือด ในอนาคตอาจมีความจำเป็นที่จะต้องแยกประเภทของไขมันทรานส์ (จากสัตว์เคี้ยวเอื้องและจากอุตสาหกรรม) เพื่อหาประโยชน์และความเป็นพิษอย่างถูกต้อง (Riya & Grant, 2015) ไขมันทรานส์ทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลชนิดเลวหรือ LDL ในเลือดเพิ่มขึ้นและยังไปลดปริมาณคอเลสเตอรอลชนิดดีหรือ HDL อีกด้วย นอกจากนี้ ทางการแพทย์ยังพบว่าการหลีกเลี่ยงอาหารที่มีไขมันทรานส์ จะช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อโรคหัวใจได้ถึง 53% (Zigni, 2009) มีงานวิจัยแสดงถึงผลของไขมันทรานส์ต่อการเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจและโรคหลอดเลือดในรัฐนิวยอร์ก เมื่อจำกัดส่วนผสมของไขมันทรานส์สำหรับการประกอบอาหารในสถานบริการอาหาร พบว่าอัตราการเสียชีวิตจากโรคหัวใจขาดเลือดหรือเสียชีวิตจากหลอดเลือดหัวใจตีบลดลง 4.5% คิดเป็น 13 คนต่อ 100,000 คนต่อปี (Brandon & Matthias, 2016) ไขมันทรานส์ยังมีผลต่อความสามารถในการสื่อสารของระบบประสาทในสมองและการที่ไขมันชนิดดีถูกทำลาย ระบบการทำงานจึงบกพร่องทำให้มีอาการของโรคพาร์กินสันและอัลไซเมอร์ได้อีกด้วย (Jinglan *et al*., 2014)

ปัจจุบันพฤติกรรมของผู้บริโภคมีความเสี่ยงต่อการได้รับไขมันทรานส์ เนื่องจากผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความรู้เรื่องไขมันทรานส์อยู่ในระดับน้อยและมีการบริโภคไขมันทรานส์เป็นบางครั้ง (Kankaew, 2016) กระทรวงสาธารณสุขจึงได้มีประกาศให้ห้ามนำเข้าและจำหน่ายน้ำมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วนและอาหารที่มีน้ำมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วนเป็นส่วนประกอบเพื่อใส่ใจสุขภาพของผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม บางวิธีการที่ปรับปรุงกลับเป็นการเพิ่มกรดไขมันอิ่มตัวให้สูงขึ้นด้วย ดังนั้นนอกจากควบคุมวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของไขมันทรานส์แล้ว ควรควบคุมปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวด้วย เนื่องจากกรดไขมันอิ่มตัวมีผลต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดเช่นเดียวกันกับไขมันทรานส์ (Katan *et al*., 1995; Apanantnoppakhun & Wongwilai, 2009)

บทสรุป

ไขมันทรานส์ที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้สามารถพบได้ทั่วไปและหากมีการบริโภคอาหารที่มีไขมันทรานส์เป็นประจำจะส่งผลเสียต่อสุขภาพ โดยจะทำให้เกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด และโรคมะเร็ง ดังนั้น ผู้บริโภคควรหลีกเลี่ยงอาหารที่มีไขมันทรานส์ ส่วนอุตสาหกรรมอาหารควรพยายามผลิตอาหารที่ปราศจากไขมันทรานส์ ทั้งนี้เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ใส่ใจอาหารเพื่อสุขภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

Apanantnoppakhun, S. & Wongwilai, W. (2009). Trans-fatty acid. *Faculty of Sciences News Chiang Mai University*, *14*(62), 1–3. (in Thai)

Ascherio, A., Katan, M., Zock, P., Stampfer, M. & Willett, W. (1999). Trans fatty acids and coronary heart disease. *The New England Journal of Medicine, 340*, 1994-1998.

Atta, N. M. & Shams-Eldin, N. M. (2010). Delay oil oxidation during frying process. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, *3*(3), 929–941.

Authai, K. (2018). *Voice TV 21 online*. Retrieved October 7, 2018, from https://voicetv.co.th/read/By8W9nEVX. (in Thai)

Bassett, C., Edel, A. L., Patenaude, A. F., McCullough, R. S., Blackwood, D. P., Chouinard, P. Y., Paquin, P., Lamarche, B. & Pierce, G. N. (2010). Dietary vaccenic acid has antiatherogenic effects in LDLr$^{-/-}$ mice. *The Journal of Nutrition*, *140*(1), 18–24.

Brandon, J. R. & Matthias, R. (2016). Trans fat and cardiovascular disease mortality: Evidence from bans in restaurants in New York. *Journal of Health Economics*, *45*, 176–179.

Brühl, L. 1996. Determination of trans fatty acids in cold pressed oils and in dried seed. Fett/Lipid. 98: 380–383.

Ceriani, R. & Meirelles, A. J. A. (2007). Formation of trans PUFA during deodorization of canola oil: a study through computational simulation. *Chemical Engineering and Processing*, *46*(5), 375-385.

Chaikate, S. & Harnroongroj, T. (2009). Impact of trans fatty acid on cardiovascular disease. *Srinakharinwirot University Journal of Science and Technology*, *1*(2), 30–39. (in Thai)

Chongchaithet, N., Yingleardrattanakul, Ph., Paomuang, P. & Peungpan, W. (2007). *Trans Fatty in Food Baking and Frying*. Department of Health, Ministry of Public health. (in Thai)

Chunhahiran, A. (2009). Knowing the trans fat. *University of the Thai Chamber of Commerce Journal*, *29*(4), 124-135. (in Thai)

Craig-Schmidt, M. C. (2001). Isomeric fatty acids: evaluating status and implications for maternal and child health. *Lipids*, *36*, 997–1006.

Department of Health and Human Services. (2017). *Tentative determination regarding partially hydrogenated oils; request for comments and for scientific data and information*. Federal Register, *82*(143), 16–26.

Edler, S. R. (1982). Über die Bildung von Artefakten bei der Dämpfung von Speiseölen und -fetten. Fette Seifen Anstrichm, *84*, 136–141.

Fernandez, M. B., Tonetto, G. M., Crapiste, G. H. & Damiani, D. E. (2007). Revisiting the hydrogenation of sunflower oil over a Ni catalyst. *Journal of Food Engineering*, *82*, 199-208.

Ferrari, R. A., Schulte, E., Esteves, W., Brühl, L. & Mukherjee, K. D. (1996). Minor constituents of vegetable oils during industrial processing. *Journal of American Oil Chemist Society*, *73*, 587–592.

Food and Drug Administration. (2015). *The FDA takes step to remove artificial trans fats in processed foods*. Retrieved July 23, 2015, from http://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm451237.htm

Genest, J. (2003). Lipoprotein disorders and cardiovascular risk. *Journal of Inherited Metabolic Disease*, *26*, 267–287.

Hou, J. C., Wang, F., Wang, Y. T., Xu, J. & Zhang, C. W. (2012). Assessment of trans fatty acids in edible oils in China. *Food Control, 25*, 211-215.

Hu, F. B., Manson, J. E. & Willet, W. C. (2001). Types of dietary fat and risk of coronary heart disease. *Journal of the American College of Nutrition, 20*(1), 5-19.

Jinglan, K., Boonshu, B. & Srimus, W. (2014). A preliminary survey: trans fat in fried food, bakery, edible fat and oil products and milk and milk products. Bulletin *of Applied Sciences, 3*(3), 80-87 (in Thai)

Joseph, J. (2018). *Limit trans-fats and saturated fats to reduce CVD risk-WHO.* Retrieved September 27, 2018. from https://www.foodnavigator.com/Article/2018/05/07/WHO-guidelines-on-saturated-fats-and-trans-fats

Kankaew, S. (2016). Knowledge and consumption behavior of trans fatty acids of hotel management and tourism student at Santirai vocational collage under patronage her royal highness princess Bejamarata Rajasuda Sirisobhabannavadi, Bangkok. Thesis master of home economic, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand. (in Thai)

Katan, M. B., Zock, P. L. & Mensink, R. P. (1995). Trans fatty acids and their effects on lipoproteins in humans. *Annual Review of Nutrition*, *15*, 473–493.

Kaushik, I. & Grewal, R. (2017). Trans fatty acids: replacement technologies in food. *Advances in Research*, *9*(5), 1–14.

Kemeny, Z., Recseg, K., Henon, G., Kovari, K. & Zwobada, F. (2001). Deorization of vegetable oils: Prediction of trans polyunsaturated fatty acid content. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *78*(9), 973-979.

Koletzko, B. (1992). Trans fatty acids may impair biosynthesis of long-chain polyunsaturates and growth in man. *Acta Paediatr*, *81*, 302–306.

Kummerow, F. A., Zhou, Q., Mahfouz, M. M., Smiricky, M. R., Grieshop, C. M. & Schaeffer, D. J. (2004). Trans fatty acids in hydrogenated fat inhibited the synthesis of the polyunsaturated fatty acids in the phospholipid of arterial cells. *Life Sciences*, *74*, 2707–2723.

Liu, W. H., Stephen Inbaraj, B. & Chen, B. H. (2007). Analysis and formation of trans fatty acids in hydrogenated soybean oil during heating. *Food Chemistry, 104*, 1740-1749.

Marud, L. & Wanwimon, K. (2009). Trans fat and nutrition labeling. *Journal of Food Technology, Siam University, 4*(1), 11-15.

Mensink, R. & Katan, M. (1990). Effect of dietary trans fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. *The New England Journal of Medicine*, *323*, 439-445.

Mezouari, S. & Eichner, K. (2008). Trans fatty acid content and positional distribution in refined and heated rice bran oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *110*(11), 1058–1061.

Mezouari, S. Eichner, K. Kochhar, S. P., Brühl, L. & Schwarz, K. (2006). Effect of the full refining process on rice bran oil composition and its heat stability. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *108*, 193–199.

Ministry of Public Health. (2018). Notification of the Ministry of Public Health No. 388 B.E. 2561 Re: Prescribed prohibited food to be produced imported or sold. Ministry of Public Health. Thailand.

Mosley, E. E., Wright, A. L., McGuire, M. K. & McGuire, M. A. (2005). Trans fatty acids in milk produced by women in the United States. *American Journal of Clinical Nutrition*, *82*, 1292–1297.

Mozaffarian, D., Katan, M. B., Ascherio, A., Stampfer, M. J. & Willett, W. C. (2006). Trans fatty acids and cardiovascular disease. *N. Engl. J. Med., 354*, 1601-1603.

Patterson, B. W. (1976). Bleaching practices in Europe. *Journal of American Oil Chemist Society*, *53*, 339–341.

Peungpan, W., Chongchaithet, N. & Paomuang, P.(2017). *Trans Fatty Acid in Food and Food Product*. Department of Health, Ministry of Public health. (in Thai)

Phuong, T.V. & Siwarutt, B. (2013). Trans fat formation and lipid oxidation in palm olein during prolonged thermal treatments. *Journal of Medical and Bioengineering*, *2*(3), 214-217.

Randal, J. M., Sayre, R. N. & Schultz, W. G. (1985). Rice bran stabilization by extrusion cooking for extraction of edible oil. *Journal of Food Science*, *50*, 361–365.

Riya, G. & Pierce, G. N. (2015). The toxicity of dietary trans fats. *Food and Chemical Toxicology*, *78*, 170–176.

Sanghi, D. & Tiwle, R. (2015). A rievew of comparative study of rice bran oil and rice bran wax. International *Journal of Pharmacy Review & Research*, *5*(4), 403–410.

Schwarz, W. (2000). Formation of trans polyalkenoic fatty acids during vegetable oil refining. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *102*, 648–649.

Schwarz, W. Cmolik, J. & Pokorny, J. (1995). Isomerisierung der Polyenfettsäuren während der Desodorierung von Speiseölen. *Fat Science and Technology*, *97*, 491–494.

Semma, M. (2002). Trans fatty acids: properties, benefits and risk. *J. Health Sci*., *48*, 7-13.

Siti, N. & Azrina, A. (2014). Trans fatty acids in selected bakery products and its potential dietary exposure. *International Food Research Journal*, *21*(6), 2175–2181.

Sundram, K., Ismail, A., Hayes, K. C., Jeyamalar, R. & Pathmanathan, R. (1997). Trans (elide) fatty acids adversely affect the lipoprotein profile relative to specific saturated fatty acids in humans. *Journal of Nutrition*, *127*, 514S–520S.

Tasan, M. & Demirci, M. (2003). Trans FA in sunflower oil at different steps of refining. *Journal of American Oil Chemist Society*, *80*, 825–828.

Tsuzuki, W., Matsuoka, A. & Ushida, K. (2010). Formation of trans fatty acids in edible oils during the frying and heating process. *Food Chemistry, 123*, 976-982.

Wang, Y., Jacome-Sosa, M. M., Vine, D. F. & Proctor, S. D. (2010). Beneficial effects of vaccine acid on postprandial lipid metabolism and dyslipidemia: Impact of natural trans-fats to improve CVD risk. *Lipid Technology*, *22*(5), 103–106.

Zapolska, D. D., Bryk, D. & Olejarz, W. (2015). Trans fatty acids and atherosclerosis-effects on inflammation and endothelial function. *Journal of Nutrition and Food Science, 5*(6), 1-6.

Zigni, H. (2009). *Dire of Trans Fatty*. *Reader's Digest.* ,*4*(2), 124–131. (in Thai)