อันตรายจากน้ำมันทอดซ้ำ
Hazards of Reused Cooking Oil

นันทิรา หงษ์ศรีสุวรรณ์[1*]

[1]อาจารย์ สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสมุทรปราการ 10540

บทคัดย่อ

น้ำมันทอดซ้ำ คือ น้ำมันที่ใช้ทอดอาหารซ้ำ มากกว่า 1 ครั้ง ที่มีปริมาณสารโพลาร์ (Polar Compounds) ไม่เกินร้อยละ 25 ของน้ำหนัก และน้ำมันทอดซ้ำเสื่อมสภาพ คือ น้ำมันที่ใช้ทอดอาหารซ้ำ มากกว่า 2 ครั้ง ที่มีปริมาณสารโพลาร์เกินร้อยละ 25 ของน้ำหนัก วัตถุดิบหลักที่สำคัญในอาหารประเภททอด คือ น้ำมันที่ใช้ในการทอด ดังนั้น อาหารทอดที่รับประทานจะเป็นอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำมันที่ใช้ทอด น้ำมันเมื่อได้รับความร้อนจากการทอดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี มีผลทำให้น้ำมันเสื่อมคุณภาพ มีสีดำ กลิ่นเหม็นหืน จุดเกิดควันต่ำลง มีฟอง เหนียวหนืด และก่อให้เกิดกลุ่มสารประกอบที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย เรียกว่า สารโพลาร์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ และโรคหลอดเลือด นอกจากนี้ ในกระบวนการทอดอาหารที่ใช้น้ำมันทอดซ้ำยังก่อให้เกิดสารก่อกลายพันธุ์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง เรียกว่า สารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAHs)

Abstract

Reused cooking oil is the oil which is used more than one time and contains less than 25% (by weight) of polar compounds. Degenerative reused cooking oil is the oil which is used more than two times and contains more than 25% (by weight) of polar compounds. Major raw material of fried foods is oil. Therefore, usefulness of consumed fried foods depends on the quality of cooking oil. When the oil is heated up while cooking, chemical change occurs due to the reactions of hydrolysis, oxidation, and polymerization. These reactions cause degeneration of the oil, i.e. black color, rancid smell, lower smoke point, bubbled, increased viscosity, and generation of toxic substances called polar compounds. This substance can cause high blood pressure, heart disease, and coronary artery disease. Furthermore, the reused cooking oil also contains polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) - toxic mutagens which can cause cancer.

คำสำคัญ : น้ำมันทอดซ้ำ สารโพลาร์ สารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน

Keywords : Reused Cooking Oil, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAHs

* *ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ nuntira@gmail.com โทร. 0 2312 6300 ต่อ 1227*

1. บทนำ

กระทรวงสาธารณสุขได้รับมอบหมายให้ทำหน้าที่กำกับดูแลอาหารที่ผลิตและบริโภคภายในประเทศให้มีความปลอดภัยตามพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 โดยได้ให้ความสำคัญต่อสารปนเปื้อนในอาหาร ซึ่งหนึ่งในสารปนเปื้อนนั้น คือ สารโพลาร์ในน้ำมันทอด โดยได้กำหนดปริมาณสารโพลาร์ในน้ำมันทอดที่ใช้ทอดหรือประกอบอาหารเพื่อจำหน่าย โดยน้ำมันที่ทอดอาหารเพื่อจำหน่ายให้มีปริมาณสารโพลาร์ไม่เกินร้อยละ 25 ของน้ำหนัก (มีสัดส่วนสารโพลาร์ไม่เกิน 25 กรัมในน้ำมัน 100 กรัม) หากฝ่าฝืนมีโทษปรับไม่เกิน 50,000 บาท และยังได้กำหนดวิธีการผลิตอาหารที่ใช้น้ำมันทอดซ้ำ โดยกำหนดให้พ่อค้า แม่ค้า ผู้ประกอบการอาหารที่ใช้น้ำมันทอดซ้ำในการผลิตอาหารเพื่อจำหน่าย เช่น ทอด ทา ผัด หรือใช้เป็นส่วนผสมหรือส่วนประกอบของอาหาร ต้องใช้น้ำมันที่มีสารโพลาร์ไม่เกินร้อยละ 25 ของน้ำหนัก หากฝ่าฝืนมีโทษปรับไม่เกิน 10,000 บาท เพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ประกอบการและผู้บริโภค การนำน้ำมันทอดซ้ำมาใช้ในการทอดอาหารจะส่งผลต่อคุณภาพของอาหารในด้านโภชนาการและก่อให้เกิดสารที่เป็นอันตรายร้ายแรงต่อสุขภาพของมนุษย์ (E.A.A., Sanibal and J. Mancini Filho, 2004) ซึ่งน้ำมันปรุงอาหารที่ผ่านกระบวนการทอดอาหารแบบทอดท่วมที่อุณหภูมิ 170-180 องศาเซลเซียส ซ้ำหลาย ๆ ครั้ง จะมีคุณสมบัติที่เสื่อมลงทั้งสี กลิ่น รสชาติ จุดเกิดควันลดลง และมีความหนืดเพิ่มขึ้น (วิไลภรณ์ ดวงประทุม และ ดาริวรรณ เศรษฐีธรรม, 2555: 41) น้ำมันปรุงอาหารที่ผ่านการทอดด้วยความร้อนสูงและจำนวนครั้งที่ใช้ในการทอด จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค ที่รับประทานอาหารทอดเป็นประจำ (เบ็ญจรัก วายุภาพ และคณะ, 2551) หากใช้อุณหภูมิสูงกว่า 200 องศาเซลเซียสและทอดอาหารเป็นระยะเวลานาน จะเร่งการเสื่อมสลายของน้ำมันได้เร็วขึ้นและทำให้เกิดสารโพลาร์ในน้ำมันได้มากขึ้น (Houhoula D.P., Oreopoulou V, and Tzia C., 2003) ซึ่งสารโพลาร์เป็นตัวบ่งชี้ทางเคมีที่สำคัญของการเสื่อมสภาพของน้ำมันทอดที่มีการทอดที่อุณหภูมิสูง (Aladedunye and Przybylski, 2009 and Bastida and Sanchz-Muniz, 2002; Sasikan Kupongsak and Wipawan Kansuwan, 2012) สารโพลาร์เป็นสารที่มีขั้วเกิดเนื่องจากเมื่อน้ำมันได้รับความร้อนจากการทอดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่น ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีพื้นฐานในน้ำมันทอดจะทำให้เกิดสารประกอบที่ระเหยได้และระเหยไม่ได้ ได้แก่ สารมีขั้ว (Polar Compound) และ สารประกอบโพลิเมอลิก (Choe and Min, 2007; สุนิสา วิชาชูเชิด, 2003) ซึ่งสารโพลาร์ที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคความดันโลหิต โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคสมองตีบ โรคอัมพาต โรคหัวใจ และเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้และกระเพาะอาหาร (Soriguer F., Rojo M.G., Dobarganes M.C., Almeida J.M.G. Esteva I., Beltra'n M., et al. 2003; วิไลภรณ์ ดวงประทุม และ ดาริวรรณ เศรษฐีธรรม, 2555) นอกจากนี้ ผู้ประกอบการยังเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งปอดจากสารกลุ่ม PAHs เนื่องจากการสูดดมไอหรือควันของน้ำมันทอดซ้ำ (Li M., Yin Z., Guan P., Li X., Cui Z., Zhang J., et al., 2008) ซึ่งจากการตรวจวิเคราะห์สารพิษ

ในตัวอย่างน้ำมันทอดซ้ำของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ พบว่า ในน้ำมันทอดซ้ำมีสารอันตรายอยู่ 2 กลุ่ม คือ สารโพลาร์ ซึ่งเป็นกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง และสารโพลีไซคลิก อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน หรือ PAHs ซึ่งประกอบด้วยสารก่อมะเร็งอย่างแรง (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการเสริมสร้างสุขภาพ, 2553) นอกจากปัจจัยด้านอุณหภูมิและเวลาในการทอดจะมีผลต่อการเสื่อมสภาพของน้ำมันทอดแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นอีก ซึ่งการเสื่อมเสียของน้ำมันเป็นเรื่องที่ซับซ้อน เนื่องจากการเสื่อมเสียนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงหลายอย่าง เช่น ความไม่อิ่มตัวของกรดไขมัน อุณหภูมิของน้ำมัน การดูดซับออกซิเจน และธรรมชาติของอาหาร (Arroyo et al., 1992) จากการศึกษาของสุนิสา วิชาชูเชิด (2003) เกี่ยวกับปัจจัยบางประการที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันทอดไก่ โดยใช้น้ำมันทอด 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันรำข้าว พบว่า องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมัน โดยน้ำมันปาล์มประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณน้อยกว่าน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันรำข้าว ทำให้มีความคงทนในขณะให้ความร้อนและขณะทอดได้ดีกว่า นอกจากนี้ อุณหภูมิและเวลาทอดยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำมันทอด โดยการทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 15 นาที น้ำมันจะมีการเสื่อมสภาพน้อยที่สุด และจากผลการศึกษายังพบว่า การกรองน้ำมันเมื่อสิ้นสุดการทอดในแต่ละวัน และเติมน้ำมันใหม่แทนน้ำมันเก่าหนึ่งในสามส่วนก่อนการทอด น้ำมันมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพช้าที่สุด และการทอดโดยไม่มีการกรองน้ำมันและเติมน้ำมันใหม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพมากที่สุด ดังนั้น การกรองและการเติมน้ำมันใหม่จึงเป็นการชะลอการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันได้ นอกจากนี้สาเหตุที่น้ำมันทอดอาหารไม่ปลอดภัยอาจเกิดจากกระบวนการทอดอาหารที่ใช้ปริมาณน้ำมันในการทอดอาหารในปริมาณที่ไม่เหมาะสมและความแรงของไฟที่ใช้ทอดแรงเกินไป การเก็บรักษาน้ำมันภายหลังการทอด โดยปล่อยให้น้ำมันสัมผัสกับอากาศและแสงสว่างจึงทำให้น้ำมันเกิดการเสื่อมสภาพได้เร็วกว่าปกติ (นักสิทธิ์ ปัญโญใหญ่ และคณะ, 2551: 17)

จากข้อมูลและผลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับอันตรายของน้ำมันทอดซ้ำเสื่อมสภาพดังกล่าวข้างต้นทำให้ผู้บริโภคและผู้ประกอบการต้องหันกลับมาให้ความสำคัญและตระหนักถึงพิษภัยจากน้ำมันทอดซ้ำให้มากขึ้น เนื่องจากผลที่เกิดขึ้นจากการบริโภคอาหารที่ทอดด้วยน้ำมันทอดซ้ำเสื่อมสภาพและการสูดดมควันของน้ำมันทอดซ้ำส่งผลกระทบร้ายแรงต่อสุขภาพทั้งต่อตัวผู้บริโภคและผู้ประกอบการเอง และแม้ว่ากระทรวงสาธารณสุขจะมีการกำหนดปริมาณสารโพลาร์ในน้ำมันที่ทอดและน้ำมันทอดซ้ำที่ใช้ประกอบอาหารเพื่อจำหน่ายต้องไม่เกินร้อยละ 25 ของน้ำหนัก ซึ่งเป็นการป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นต่อสุขภาพของผู้บริโภคและผู้ประกอบการแล้ว แต่จากการศึกษาและสำรวจปริมาณสารโพลาร์ในน้ำมันทอดอาหาร ณ สถานที่จำหน่ายอาหารทอด พบว่า ยังมีปริมาณสารโพลาร์เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยของอาหาร สำนักอาหาร, 2555) จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความรู้และสร้างความเข้าใจต่อผู้บริโภคและผู้ประกอบการเกี่ยวกับการเลือกชนิดของน้ำมันที่ใช้ในการทอดอาหาร หลักการใช้น้ำมันทอดซ้ำที่เหมาะสมและอันตรายจากสารพิษในน้ำมันทอดซ้ำ เพื่อป้องกันผลร้ายที่จะเกิดขึ้นต่อสุขภาพในอนาคต

2. ผลการดำเนินการ

2.1 ลักษณะของน้ำมันเสื่อมสภาพ

ผู้บริโภคและผู้ประกอบการหากพบว่าน้ำมันทอดซ้ำที่ใช้อยู่ มีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ ควรทิ้งทันทีและไม่ควรเติมน้ำมันใหม่ลงไปเพื่อทอดอาหารต่อ (แผนงานพัฒนาวิชาการและกลไกคุ้มครองผู้บริโภคด้านสุขภาพ, กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2557: 21)

2.1.1 มีกลิ่นเหม็นหืน เหนียวข้น สีดำ ขณะทอดเกิดฟองและควันมากหรือเหม็นไหม้

2.1.2 ปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมดมากกว่าร้อยละ 25 ของน้ำหนัก

2.1.3 ค่าเพอร์ออกไซด์มากกว่า 10 มิลลิกรัมสมมูลต่อน้ำมันและไขมัน 1 กิโลกรัม

2.1.4 อุณหภูมิที่เกิดควันหรือจุดเกิดควันต่ำกว่า 170 องศาเซลเซียส

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของน้ำมันทอด

2.2.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพของน้ำมันทอดซ้ำเกิดจากปัจจัยที่สำคัญ (แผนงานพัฒนาวิชาการและกลไกคุ้มครองผู้บริโภคด้านสุขภาพ, กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2557: 22) ดังนี้

2.2.2 อัตราการใช้และการทดแทนน้ำมันทอดเก่า (Turnover Rate) เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่จะรักษาคุณภาพของน้ำมันทอดเอาไว้ โดย Turnover Rate คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำมันที่เติมลงไปเพื่อทดแทนน้ำมันที่อาหารดูดซับไปต่อน้ำมันที่เหลืออยู่ในภาชนะทอด ข้อแนะนำ คือ ให้เติมน้ำมันใหม่อย่างน้อยประมาณ 15-25% โดยน้ำหนักทุกวัน ยิ่งมีการใช้และทดแทนน้ำมันทอดเก่ามากเท่าไร ก็จะยิ่งรักษาคุณภาพของน้ำมันไว้ได้นานขึ้น

2.2.3 อุณหภูมิที่สูงกว่า 200 องศาเซลเซียสจะเร่งการเสื่อมสภาพของน้ำมัน การให้ความร้อนมากเกินความจำเป็นจะยิ่งทำให้เกิดสารโพลิเมอร์มากขึ้น

2.2.4 น้ำมันที่ใช้ทอดอาหารหลากหลายชนิดนั้น จะเสื่อมสภาพยากหรือง่ายขึ้นอยู่กับปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันชนิดนั้น ๆ หากน้ำมันนั้นมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงมากเท่าใด การเสื่อมสภาพของน้ำมันจะเกิดเร็วขึ้นเท่านั้น (สุชิน คเณสุข, 2555: 2)

2.2.5 ชนิดของอาหารและส่วนประกอบที่ใช้ปรุง มีผลต่อคุณภาพน้ำมัน ตัวกำหนดที่สำคัญต่ออายุการใช้งานของน้ำมันมีดังนี้

2.2.5.1 อาหารที่มีความชื้นหรือมีน้ำส่วนเกินสูงที่ผิวหน้าอาหารดิบก่อนทอดมากเท่าใดจะทำให้น้ำมันเสื่อมสภาพเร็วมากขึ้นเท่านั้น

2.2.5.2 สารเลซิติน (Lecithin) จากไข่จะทำให้น้ำมันเป็นฟองเร็วกว่าปกติ

2.2.5.3 อาหารที่มีกลิ่นแรง เช่น ปลาหอย จะลดอายุการใช้งานของน้ำมันลง

2.2.5.4 กากอาหาร เศษขนมปัง อาหารชุบด้วยแป้งทำให้น้ำมันถูกปนเปื้อนได้ง่าย กากอาหารเหล่านี้จะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลไหม้ดำเป็นชิ้นส่วนเล็กลอยปนเปื้อนในน้ำมันและเป็นสาเหตุที่ทำให้น้ำมันเป็นสีดำ

2.3 สารพิษจากน้ำมันทอดซ้ำและผลกระทบต่อสุขภาพ

จากการสำรวจพฤติกรรมการเลือกซื้ออาหารของผู้บริโภคทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2553 โดยแผนการคุ้มครองผู้บริโภคด้านสุขภาพ (คคส.) คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่าผู้บริโภคที่ซื้ออาหารสำหรับตัวเองและครอบครัวส่วนใหญ่ ร้อยละ 27.12 จะซื้ออาหารประเภททอดรับประทานมากที่สุด และจากการทดสอบสารโพลาร์ในน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารจากผู้ประกอบการ พบว่ามีน้ำมันทอดอาหารที่เสื่อมสภาพถึงร้อยละ 13.80 น้ำมันที่ใช้ทอดอาหารเพื่อบริโภคนั้น ใช้ทั้งน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ โดยเฉพาะน้ำมันพืช ประเทศไทยบริโภคมากกว่า 800,000 ตันต่อปี และข้อเท็จจริงยังพบว่า ผู้ประกอบการอาหารทอดจำนวนมากจะใช้น้ำมันในการทอดซ้ำหลายครั้งจนลักษณะทางกายภาพของน้ำมัน หรือคุณลักษณะของอาหารเสียไป แล้วจึงเปลี่ยนน้ำมันใหม่หรือเติมน้ำมันใหม่ผสมลงไปในน้ำมันที่ทอดอาหารซ้ำ ๆ ต่อไป (คณะทำงานการพัฒนาคุณภาพชีวิต สาธารณสุข และคุ้มครองผู้บริโภค และคณะ, 2556: 4) ผู้บริโภคชาวไทยนิยมรับประทานอาหารประเภททอด เช่น ไก่ทอด ลูกชิ้นทอด ปาท่องโก๋ เป็นประจำ และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ตามลำดับ และส่วนหนึ่งเป็นน้ำมันที่ทอดซ้ำหลายครั้งจนเสื่อมสภาพแล้วนำกลับมาใช้ทอดอีก ซึ่งส่งผลต่อการเป็นโรคความดันโลหิต โรคหลอดเลือดหัวใจและสมองตีบ โรคหัวใจวาย โรคอัมพาต และเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็ง มะเร็งกระเพาะอาหาร ในขณะที่ผู้ประกอบอาหารที่สูดดมไอน้ำมันทอดซ้ำจะเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งปอด (วิชยา โกมินทร์, 2553: 10) น้ำมันเปรียบเสมือนตัวนำความร้อน หากได้รับความร้อนสูงเป็นระยะเวลานาน หรือความชื้นจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีของไขมัน ได้แก่ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่น มีผลทำให้น้ำมันเสื่อมคุณภาพ มีสีดำ, กลิ่นเหม็นหืน, จุดเกิดควันต่ำลง, มีฟองและเหนียวหนืด ซึ่งในน้ำมันเสื่อมสภาพจะมีสารพิษที่เกิดจากการแตกตัวของน้ำมัน ได้แก่

2.3.1 สารโพลาร์

สารโพลาร์เป็นสารประกอบมีขั้วในน้ำมันทอดอาหาร การเสื่อมสภาพของน้ำมันจากการทอดจะเกิดกลุ่มสารประกอบที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ซึ่งมีขั้ว จึงเรียกว่า สารโพลาร์คอมพาวด์ ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างการทอด เมื่อน้ำมันผ่านกระบวนการทอดอาหารแบบทอดท่วมที่อุณหภูมิสูงประมาณ 170-180 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน ความชื้นของอาหารและออกซิเจนจากอากาศจะเร่งการเสื่อมสลายของน้ำมัน ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ โรคหลอดเลือด นอกจากนี้สารประกอบโพลาร์ยังเป็นสารที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค โดยสารดังกล่าวสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินอาหาร (Varela et al., 1988) และสารประกอบที่เกิดขึ้นนี้สามารถสะสมในร่างกายและส่งผลกระทบต่อการทำงานของเซลล์ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2548) ซึ่งจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดมะเร็งปอดกับการสูดดมไอระเหยของน้ำมันระหว่างการปรุงอาหารในผู้หญิงที่ไม่สูบบุหรี่ในประเทศจีนและไต้หวัน พบว่า สารไอระเหยหลายชนิดของน้ำมันที่ผ่านการปรุงอาหารที่ความร้อนสูงอาจเป็นสารก่อกลายพันธุ์หรือสารก่อมะเร็งที่พบในไอระเหยของปลาที่ผัดด้วยน้ำมันถั่วเหลืองที่ 180

องศาเซลเซียส นาน 5 นาที สารก่อมะเร็งในน้ำมันทอดยังก่อให้เกิดเนื้องอกในตับ ปอด และเกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาวในหนูทดลองได้ ไอระเหยของน้ำมันถั่วลิสงที่ให้ความร้อน 98±10 องศาเซลเซียส มีผลต่อการทำลายดีเอ็นเอในเซลล์มะเร็งปอดของมนุษย์ โดยสารโพลาร์จากน้ำมันทอดนาน 20 ชั่วโมง มีฤทธิ์ต่อการก่อกลายพันธุ์อย่างเห็นได้ชัดเจน (Metayer et al., 2002; Wu, P.F. et al., 1999)

2.3.2 กลุ่มสารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน

โพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAHs) เป็นกลุ่มสารประกอบไฮโดรคาร์บอนมีโครงสร้างประกอบด้วย วงเบนซีนตั้งแต่ 2 วงขึ้นไปจัดเรียงเป็นเส้นตรง เป็นมุม หรือเป็นกลุ่ม มีเฉพาะอะตอมของไฮโดรเจนและคาร์บอน มีคุณสมบัติละลายได้ดีในไขมัน จึงกระจายตัวเข้าสู่เซลล์และสะสมในชั้นไขมันของร่างกาย โพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน เป็นสารที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ของสารอินทรีย์ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งพบในเขม่าควันไฟ ส่วนที่ไหม้เกรียมของอาหารปิ้งหรือย่าง อาหารทอดกรอบ และควันที่เกิดจากการทอดซ้ำ เป็นต้น ซึ่งกลุ่มสารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน หลายตัวเป็นสารก่อมะเร็ง สาร PAHs สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ทางปอดและระบบทางเดินหายใจ โดยการสูดเอาโมเลกุลของ PAHs ที่ปนเปื้อนมากับอากาศ ดูดซึมผ่านระบบทางเดินอาหารเมื่อรับประทานอาหารที่ปนเปื้อน และทางผิวหนังเมื่อสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมที่ปนเปื้อน จากการศึกษาของเจตนา วีระกุล (2552) เกี่ยวกับความเป็นพิษต่อเซลล์และความเป็นพิษทางพันธุกรรมของน้ำมันปรุงอาหารทอดซ้ำในเซลล์เลี้ยงตับที่ทำการทดสอบในน้ำมันสองชนิด คือ น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันปาล์ม โดยการทอดที่อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณสารโพลาร์ (Total Polar Compounds; % TPC) ที่เกิดขึ้นในน้ำมันขณะทอดอาหารมีความสัมพันธ์กับการเกิดสาร PAHs โดยเมื่อปริมาณสารโพลาร์เพิ่มสูงขึ้นก็จะเริ่มพบสาร PAHs ปริมาณสูงตามไปด้วย จึงอาจจะสรุปได้ว่าสารพิษเหล่านี้เกิดขึ้นในน้ำมันทอดขณะทอดอาหาร และเมื่อทดสอบความเป็นพิษกับเซลล์ พบว่า น้ำมันเสื่อมสภาพที่มีค่าสารโพลาร์สูงและพบสาร PAHs นั้น มีผลทำให้การมีชีวิตรอดของเซลล์ลดลงและเกิดไมโครนิวเคลียสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของอนงค์ เทพสุวรรณ์ (2544) ที่ศึกษาฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ในน้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร พบว่า น้ำมันที่เคยใช้ทอดอาหารแล้วมีฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันที่ยังไม่ได้ใช้และฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์จะสูงขึ้นอีกเป็นลำดับเมื่อนำกลับมาใช้ทอดซ้ำ และสอดคล้องกับการศึกษาของ Christian (2000) พบว่า สารบางชนิดที่เกิดจากการเสื่อมสภาพของน้ำมันจากการทอดเป็นสารก่อกลายพันธุ์และทำให้เกิดมะเร็งบนผิวหนัง สารบางชนิดที่เกิดจากน้ำมันทอดซ้ำสามารถก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ในเชื้อแบคทีเรีย ก่อให้เกิดเนื้องอกในตับ ปอด และมะเร็งเม็ดเลือดขาวในหนูทดลอง

จากข้อมูลและผลการวิจัยเกี่ยวกับสารพิษจากน้ำมันทอดซ้ำข้างต้น แสดงให้เห็นว่าอันตรายจากการบริโภคน้ำมันทอดซ้ำเสื่อมคุณภาพและการสูดดม ไอระเหยของน้ำมันทอดนั้น ส่งผลให้ร่างกายได้รับสารพิษที่ก่อให้เกิดโรคร้ายแรงต่าง ๆ และจากข้อมูลสถานการณ์ความปลอดภัยด้าน

อาหารและผลิตภัณฑ์สุขภาพในปี พ.ศ. 2555 ของกรุงเทพมหานครและภูมิภาค เกี่ยวกับปริมาณสารโพลาร์จากน้ำมันทอดอาหารที่สำรวจจากแหล่งจำหน่ายต่าง ๆ ได้แก่ ตลาดสด ตลาดนัด ซุเปอร์-มาร์เก็ต เป็นต้น พบว่า มีตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งผลกระทบของน้ำมันทอดซ้ำกับสุขภาพเป็นความเสี่ยงที่มีสาเหตุสำคัญจากพฤติกรรมของผู้ปรุงจำหน่ายอาจเนื่องจากความไม่รู้ถึงภัยอันตรายหรือความเสียดายการแข่งขันทางการค้าด้านราคา ในกรณีที่ใช้นำมันใหม่จะเพิ่มต้นทุนการผลิต (จิตรา เศรษฐอุดม, 2548) ดังนั้น ผู้บริโภคและผู้ประกอบการจึงมีโอกาสเสี่ยงต่อการได้รับสารพิษจากการบริโภคอาหารทอดและจากการสูดดมไอระเหยจากการทอดอาหาร

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปริมาณสารโพลาร์ในน้ำมันทอดอาหารในกรุงเทพมหานครและภูมิภาค

พื้นที่	น้ำมันทอดอาหาร	จำนวนตัวอย่าง	ไม่ผ่านมาตรฐาน	
			จำนวน (ตัวอย่าง)	ร้อยละ
กรุงเทพมหานคร	1. น้ำมันทอดมันฝรั่ง	52	12	23.80
	2. น้ำมันทอดปลา	50	8	16.00
	3. น้ำมันทอดไก่	86	10	11.63
ภูมิภาค	1. น้ำมันทอดไก่ป๊อบ	32	15	46.88
	2. น้ำมันทอดแคบหมู	58	18	31.03
	3. น้ำมันทอดขนมฝักบัว	37	6	16.22
	4. น้ำมันทอดไส้กรอก	50	7	14.00
	5. น้ำมันทอดลูกชิ้น	913	127	13.91

ที่มา: ดัดแปลงจากสถานการณ์ความปลอดภัยด้านอาหารและผลิตภัณฑ์สุขภาพ ณ สถานที่จำหน่าย (กรุงเทพมหานครและภูมิภาค) ปีงบประมาณ 2555 หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยของอาหาร สำนักงานอาหารและยา, 2555

2.4 ชนิดของน้ำมันในการประกอบอาหาร

ชนิดของน้ำมันเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของน้ำมัน เนื่องจากน้ำมันแต่ละชนิดจะมีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมัน ไม่อิ่มตัวแตกต่างกันทำให้การคงตัวต่อความร้อนและการเกิดสารโพลาร์ในน้ำมันแต่ละชนิดแตกต่างกัน (Sriwiriyanupap W., 2008) ดังนั้น การที่ผู้บริโภคและผู้ประกอบการมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับชนิดของน้ำมันในการประกอบอาหาร จะทำให้ผู้บริโภคและผู้ประกอบการสามารถเลือกซื้อชนิดของน้ำมันให้เหมาะสมกับวิธีการประกอบอาหาร เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับสุขภาพ โดยน้ำมันที่ใช้ในการประกอบอาหาร แบ่งออกเป็น 2 ชนิด (สุชิน คเณสุข, 2555) ได้แก่

2.4.1 น้ำมันสัตว์ มีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบหลักและคลอเลสเตอรอลสูง เช่น น้ำมันหมู น้ำมันไก่ เป็นต้น

2.4.2 น้ำมันจากพืช แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.4.2.1 น้ำมันพืชชนิดที่เป็นไขเมื่อนำไปแช่ตู้เย็นหรืออากาศเย็น น้ำมันพืชชนิดนี้ประกอบไปด้วยกรดไขมันอิ่มตัวผสมอยู่ในปริมาณมาก ได้แก่ น้ำมันปาล์มโอเลอิน น้ำมันมะพร้าว เป็นต้น น้ำมันชนิดนี้จะทนความร้อน ความชื้น และออกซิเจนไม่เหม็นหืนง่าย เหมาะที่จะใช้ทอดอาหารที่ต้องใช้ความร้อนสูงนาน ๆ เช่น ปลาทั้งตัว ไก่ หมู หรือเนื้อชิ้นใหญ่ ๆ แต่ข้อเสีย คือ เสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจ

2.4.2.2 น้ำมันพืชชนิดที่ไม่เป็นไข เมื่อนำไปแช่ตู้เย็นหรืออากาศเย็น น้ำมันพืชชนิดนี้ประกอบด้วย ไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันดอกคำฝอย น้ำมันข้าวโพด น้ำมันฝ้าย และน้ำมันบางชนิด (กรดโอเลอิกในน้ำมันมะกอก) ไขมันชนิดนี้ย่อยง่าย แต่มีข้อเสีย คือ น้ำมันชนิดนี้ไม่ค่อยเสถียร จึงเสื่อมคุณภาพได้ง่าย จึงไม่เหมาะสมสำหรับการทอดอาหารแบบท่วมที่ต้องใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลานาน

ในประเทศไทยมีน้ำมันปรุงอาหารจำหน่ายอยู่มากมายหลายยี่ห้อและผลิตจากพืชหลากหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีปริมาณกรดไขมันที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2 และน้ำมันแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการนำมาประกอบอาหารด้วยวิธีการที่แตกต่าง โดยชนิดของน้ำมันและข้อเสนอแนะในการใช้ประกอบอาหาร แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 สัดส่วนของกรดไขมันในน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ

ชนิดของน้ำมันหรือไขมัน	ร้อยละของกรดไขมัน		
	กรดไขมันอิ่มตัว	กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง	กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง
น้ำมันมะพร้าว	92	6	2
น้ำมันปาล์ม	51	39	10
น้ำมันฝ้าย	27	19	54
น้ำมันถั่วลิสง/รำข้าว	18	48	34
น้ำมันงา	15	40	40
น้ำมันถั่วเหลือง	15	24	61
น้ำมันมะกอก	14	77	9
น้ำมันข้าวโพด	13	25	62
น้ำมันดอกทานตะวัน	11	20	69
น้ำมันดอกคำฝอย	9	13	78

ที่มา: ณรงค์ โฉมเฉลา องค์การเภสัชกรรม, 2550

ตารางที่ 3 ชนิดของน้ำมันและข้อเสนอแนะในการใช้ประกอบอาหาร

ชนิดของน้ำมัน	ข้อเสนอแนะในการใช้
น้ำมันปาล์มโอเลอิน น้ำมันมะพร้าว	ทอดอาหารแบบน้ำมันท่วม
น้ำมันปาล์มโอเลอิน	ทอดอาหารแบบใช้ไฟแรงและระยะยาวนาน
น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันดอกคำฝอย น้ำมันรำข้าว น้ำมันมะกอก น้ำมันงา	ผัดอาหาร

ที่มา: คู่มือการดำเนินงานอาหารปลอดภัยจากการใช้น้ำมันทอดซ้ำ สำนักงานอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข, 2550

ทั้งนี้การเลือกใช้น้ำมันในการปรุงอาหารควรเป็นน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่งสูง กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งมีค่าพอสมควร และมีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำ ซึ่งแนะนำให้ใช้น้ำมันมะกอก น้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วเหลืองสำหรับการผัด และน้ำมันปาล์มสำหรับการทอด อย่างไรก็ตาม ผู้บริโภคไม่ควรใช้น้ำมันชนิดเดียวกันซ้ำ ๆ ควรเลือกบริโภคน้ำมันหลากหลายชนิดสับเปลี่ยนกันไป (อตินุช นารถน้ำพอง และคณะ, 2551: 4)

2.5 ข้อเสนอแนะในการใช้น้ำมันทอดซ้ำ

เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคควรมีหลักในการปฏิบัติในการใช้น้ำมันทอดอาหาร (กองพัฒนาศักยภาพผู้บริโภค, 2553) ดังนี้

1. ในครัวเรือนไม่ควรใช้น้ำมันทอดอาหารซ้ำเกิน 2 ครั้ง

2. หากจำเป็นต้องใช้น้ำมันซ้ำให้เทน้ำมันเก่าทิ้งหนึ่งในสามและเติมน้ำมันใหม่ก่อนเริ่มการทอดอาหารครั้งต่อไป แต่ถ้าน้ำมันทอดอาหารมีกลิ่นเหม็นหืน เหนียวข้น สีดำ ฟองมาก เป็นควันง่ายและเหม็นไหม้ควรทิ้งไป

3. ไม่ควรทอดอาหารไฟแรงเกิน และรักษาระดับน้ำมันในกระทะให้เท่าเดิมเสมอ

4. ซับน้ำส่วนที่เกินบริเวณผิวหน้าอาหารดิบก่อนทอด เพื่อชะลอการเสื่อมสลายตัวของน้ำมัน

5. หมั่นกรองเศษอาหารทิ้งระหว่างและหลังการทอดอาหาร

6. ควรทอดอาหารครั้งละไม่มากเกินไป เพื่อให้ความร้อนของน้ำมันทอดอาหารกระจายทั่วถึงและใช้เวลาในการทอดน้อยลง

7. เปลี่ยนน้ำมันทอดอาหารบ่อยขึ้น หากทอดอาหารประเภทเนื้อสัตว์ที่มีส่วนผสมของเกลือและเครื่องปรุงรสปริมาณมาก

8. ปิดแก๊สทันทีหลังทอดอาหารเสร็จหากอยู่ระหว่างช่วงพักการทอด ควรลดไฟลงหรือปิดเครื่อง

ทอด เพื่อชะลอการเสื่อมสลายตัวของน้ำมันทอดอาหาร

9. หลีกเลี่ยงการใช้กระทะเหล็ก ทองแดง หรือทองเหลืองในการทอดอาหาร เพราะจะไปเร่งการเสื่อมสลายของน้ำมันทอดอาหาร

10. เก็บน้ำมันที่ผ่านการทอดอาหารไว้ในภาชนะสเตนเลส หรือแก้วปิดฝาสนิท เก็บในที่เย็นและไม่โดนแสงสว่าง

นอกจากแม่ค้า พ่อค้า และผู้ประกอบการจะต้องปฏิบัติตามหลักการใช้น้ำมันทอดอาหารข้างต้นแล้ว ตัวผู้บริโภคเองควรสังเกตและหลีกเลี่ยงการซื้ออาหารทอดจากร้านค้าที่ใช้น้ำมันที่มีกลิ่นเหม็นหืน สีดำคล้ำ เหนียวข้น ฟองมาก มีกลิ่นเหม็นไหม้ มีควันขึ้นมาก และก่อนบริโภคหากได้กลิ่นเหม็นหืนจากน้ำมันทอด ควรเลิกบริโภคทันที เพื่อลดอัตราการเสี่ยงจากอันตรายที่จะเกิดขึ้นต่อร่างกาย

3. สรุป

การบริโภคน้ำมันทอดซ้ำที่เสื่อมสภาพ หรือผ่านการทอดอาหารซ้ำเป็นเวลานาน นอกจากทำให้คุณค่าทางโภชนาการของอาหารลดลงแล้วยังเสี่ยงต่อการได้รับสารพิษ ได้แก่ สารโพลาร์และสารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง และโรคหลอดเลือด สารพิษเหล่านี้จะเพิ่มปริมาณสูงขึ้น เมื่อมีการใช้น้ำมันทอดซ้ำหลายครั้ง นอกจากนี้ การสูดดมไอระเหยจากน้ำมันทอดซ้ำยังอาจก่อให้เกิดมะเร็งปอดได้เช่นกัน จากข้อมูลและงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับสารพิษในน้ำมันทอดซ้ำแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าสารพิษในน้ำมันทอดซ้ำส่งผลกระทบร้ายแรงต่อสุขภาพทั้งต่อตัวผู้บริโภคและผู้ประกอบการ แม้ว่ากระทรวงสาธารณสุขจะออกกฎหมายและบทลงโทษเพื่อควบคุมเกี่ยวกับการใช้น้ำมันทอดอาหาร แต่จากการศึกษาและสำรวจของหน่วยงานต่าง ๆ เกี่ยวกับการใช้น้ำมันทอดอาหารจากแหล่งจำหน่ายอาหาร ยังพบปริมาณสารโพลาร์ในน้ำมันทอดอาหารเกินเกณฑ์มาตรฐาน แสดงให้เห็นว่ายังมีผู้ประกอบการที่ไม่ปฏิบัติตามหลักการใช้น้ำมันทอดซ้ำ และยังไม่ตระหนักถึงอันตรายจากการใช้น้ำมันทอดซ้ำเสื่อมคุณภาพ ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้ความรู้และสร้างความเข้าใจแก่ผู้บริโภคและผู้ประกอบการอาหารถึงอันตรายของน้ำมันทอดซ้ำที่เสื่อมสภาพ ลักษณะน้ำมันทอดเสื่อมสภาพ หลักในการเลือกซื้อน้ำมันปรุงอาหาร และหลักปฏิบัติในการใช้น้ำมันทอดซ้ำอย่างถูกต้อง รวมถึงการตรวจติดตามสารพิษในน้ำมันทอดซ้ำอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะสามารถป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับสุขภาพของผู้ประกอบการและผู้บริโภคได้

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านในข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ขอขอบคุณนักวิจัยและผู้ศึกษาทุกท่านที่ได้อ้างอิงถึงในบทความวิชาการ ขอขอบคุณบุพการี และ คณาจารย์สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติที่เป็นกำลังใจและผลักดันให้บทความวิชาการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การพิจารณารับตีพิมพ์บทความวิชาการเพื่อเผยแพร่ในวารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร

5. เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. 2547. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 283) พ.ศ. 2547 เรื่อง กำหนดสารโพลาร์ในน้ำมันทอดซ้ำที่ใช้ทอดหรือประกอบอาหารเพื่อจำหน่าย.** ลงราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 121 ตอนพิเศษ 125 ง. 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547.

กระทรวงสาธารณสุข. 2555. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 347) พ.ศ. 2555 เรื่อง วิธีการผลิตอาหารที่ใช้น้ำมันทอดซ้ำ.** ลงราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 129 ตอนพิเศษ 187 ง. 13 ธันวาคม พ.ศ. 2555.

กัลยาภรณ์ จันตรี. 2549. **การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพและปริมาณสารพิษในน้ำมันปรุงอาหารทอดซ้ำ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

กองพัฒนาศักยภาพผู้บริโภค. 2553. **ข้อแนะนำในการใช้น้ำมันทอดอาหาร**. แผ่นพับ; สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. นนทบุรี.

คณะทำงานการพัฒนาคุณภาพชีวิต สาธารณสุขและคุ้มครองผู้บริโภค, กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และแผนงานพัฒนาวิชาการและกลไกคุ้มครองผู้บริโภคด้านสุขภาพ. 2556. **ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ การแก้ไขปัญหาน้ำมันทอดซ้ำที่เสื่อมสภาพ.** พิมพ์ครั้งที่ 1 (มีนาคม 2556). กรุงเทพมหานคร: แผนงานพัฒนาวิชาการและกลไกคุ้มครองผู้บริโภคด้านสุขภาพ คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จิตรา เศรษฐอุดม. 2548. **การวิเคราะห์ความเสี่ยงน้ำมันทอดซ้ำ.** วารสารอาหารและยา. 12(2): 55-56.

เจตนา วีระกุล, วงศ์วิวัฒน์ ทัศนียกุล, ปราโมทย์ มหคุณากร, และ สุพัตรา ปรศุพัฒนา. 2552. **การศึกษาความเป็นพิษต่อเซลล์และความเป็นพิษทางพันธุกรรมของน้ำมันปรุงอาหารทอดในเซลล์เพาะเลี้ยง**. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพิษวิทยา ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ณรงค์ โฉมเฉลา. 2550. **น้ำมันมะพร้าว: บทบาทต่อสุขภาพและความงาม**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: องค์การเภสัชกรรม.

นักสิทธิ์ ปัญโญใหม่, ปิลันธสุทธิ์ สุวรรณเลิศ และคณะนักศึกษา. 2551. **แนวทางการจัดการใช้น้ำมันทอดอาหารตามโครงการอาหารปลอดภัย เพื่อผู้บริโภคของกลุ่มผู้ผลิตและจำหน่ายอาหารในโรงอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่**. วารสารวิจัยราชภัฏเชียงใหม่. 10(1): 17.

เบ็ญจรัก วายุภาพ, วราพร ลักษณลม้าย, ชลธิชา เอี่ยมชื่น, ศศิวิมล สุจริต และ วรรัตน์ ใจเจริญธรรมกุล. 2551. **การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติและเคมีของน้ำมันที่ใช้ทอดซ้ำสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารทอดประเภทต่าง ๆ**. วารสารอาหาร. 38(1): 65-73.

วิไลภรณ์ ดวงประทุม และ ดาริวรรณ เศรษฐีธรรม. 2555. **การเปรียบเทียบปริมาณสารโพลาร์ในน้ำมันปรุงอาหารและน้ำมันผสมที่ใช้ทอดซ้ำที่ระยะเวลาต่างกัน**. วารสารวิจัย

มข. (บศ.). ตุลาคม-ธันวาคม 12(4): บทคัดย่อ.

วิทยา กุลสมบูรณ์. 2553. **ปฏิวัติน้ำมันทอดซ้ำ.** โครงการปฏิวัติน้ำมันทอดซ้ำ แผนงานคุ้มครองผู้บริโภคด้านสุขภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.

วิทยา กุลสมบูรณ์. 2557. **ปฏิวัติน้ำมันทอดซ้ำจากกระทะสู่วาระแห่งชาติ.** พิมพ์ครั้งที่ 4 (มีนาคม 2557). แผนงานคุ้มครองผู้บริโภคด้านสุขภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.

วิชยา โกมินทร์. 2553. **การสำรวจสถานการณ์และพฤติกรรมการใช้น้ำมันทอดซ้ำในประเทศไทย.** รายงานการวิจัย สถาบันวิจัยสังคม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ-มหานคร.

แผนงานพัฒนาวิชาการและกลไกคุ้มครองผู้บริโภคด้านสุขภาพ, กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. 2557. **ปฏิวัติน้ำมันทอดซ้ำจากกระทะสู่วาระแห่งชาติ.** พิมพ์ครั้งที่ 4 (มีนาคม 2557). กรุงเทพมหานคร: แผนงานพัฒนาวิชาการและกลไกคุ้มครองผู้บริโภคด้านสุขภาพ คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522. **หมวดที่ 4 การควบคุมอาหาร มาตรา 25(3).** ลงราชกิจจานุเบกษา เล่ม 96 ตอนที่ 79 ฉบับพิเศษ. 13 พฤษภาคม 2522.

สุชิน คเณสุข. 2555. **น้ำมันทอดซ้ำ....เสี่ยงมะเร็ง.** หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. นนทบุรี.

สุนิสา วิชาชูเชิด. 2553. **ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อคุณภาพน้ำมันทอดไก่.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สำนักงานอาหารและยา. 2550. **คู่มือการดำเนินงานอาหารปลอดภัยจากการใช้น้ำมันทอดซ้ำ.** กระทรวงสาธารณสุข. นนทบุรี.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการเสริมสร้างสุขภาพ. 2553. **มหันตภัยในกระทะทอด.** วารสารสร้างสุข. 7(110): 5.

หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยของอาหาร สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2555. **สถานการณ์ความปลอดภัยด้านอาหารและผลิตภัณฑ์สุขภาพ ณ สถานที่จำหน่าย (กรุงเทพมหานครและภูมิภาค) ปีงบประมาณ 2555**. สำนักกิจการโรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

อตินุช นารถน้ำพอง, ดลยา บุญนิ่ม, วิภาวดี รากแก่น และ เกศณี ศรีวรรณ. 2551. **ปฏิวัติน้ำมันทอดซ้ำโดยชุดทดสอบผู้บริโภคปลอดภัย พ่อค้าแม่ค้าไทยช่วยได้**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: แผนงานคุ้มครองผู้บริโภคด้านสุขภาพ (คคส.) คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนงค์ เทพสุวรรณ์. 2544. **ฤทธิ์กลายพันธุ์ในอาหารปิ้งย่างและทอดในน้ำมันที่ใช้ในการทอดอาหาร.** กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 26(11): 498-508.

Arroyo, R., Cuesta, C., Garrido-Polonio, C., Lopez-Varela, S., and Sanchez-Muniz, F.J. 1992. **High-performance size-exclusion chromatographic studies**

on polar components formed in sunflower oil used for frying. J. Am. Oil Chem. Soc. 69: 557-563.

E.A.A., Sanibal. and J. Mancini Filho. 2004. **Frying oil and fat quality measured by chemical, physical, and test kit analyses.** J. Am. Oil Chem. Soc. 81: 847-852.

Gertz, C. 2000. **Chemical and physical parameters as quality indicators of used frying fat**. European Journal of Lipid Science and Technology. 102 (8-9): 566-572.

Houhoula, D.P., Oreopoulou V., and Tzia C. 2003. **The effect of process time and temperature on the accumulation of polar compounds in cotton seed oil during deep-fat frying**. Journal food science Agric. 83: 314-319.

Li, M., Yin, Z., Guan, P., Li, X., Cui, Z., Zhang, J., et al. 2008. **XRCC1 polymorphisms, cooking oil fume and lung cancer in Chinese women nonsmokers.** Lung Cancer. 62: 151-145.

Metayer, C., Wang, Z., Kleinerman, R.A., Wang, L., Brenner, A.V., Cui, H., Cao, J., and Lubin, J.H. 2002. **Cooking Oil Fumes and Risk of Lung Cancer in Woman in Rural Gansu**. China. Lung Cancer. 35: 111-117.

Sasikan Kupongsak and Wipawan Kansuwan. 2012. **Effect of Vegetable Oil Blend and Frying Condition on Polar Compound Formation During Deep-Fat Frying of French Fries**. Journal of Applied Science Research. 8(9): 4777-4782.

Sorigure, F., Matinet, G.R., Dobarganet, M.C., Almeida, J.M.G., Esteva, I., Beltran, M., and Adana, M.S. 2003. **Hypertension is related to the degradation of dietary frying oils**. The American Journal of Clinical Nutrition. 78(60): 1092-1097.

Sriwiriyanupap, W. 2008. **Revolution of reused cooking oil by the test suite. Health Consumer Protection Project**. Faculty of Pharmaceutical Sciences Chulalongkorn University. Bangkok.

Varela, G., Bender, A.E., and Morton, I.D. 1988. **Clinical aspects of the foods: Frying of frying of food, principles, changes, new approaches**. Ellis Horwood: Chichester.

Wu, P.F., Chiang, T.A., Ko, Y.C., and Lee, H. 1999. **Genotoxicity of Fumes from Heated Cooking Oils Produced in Thiwan**. Environmental Research Section A. 80(2 Pt 1): 122-12.