ผลของปริมาณวิตามินอีที่ลดลงต่อความคงตัวของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของน้ำมันถั่วเหลืองที่อุณหภูมิสูงระดับการทอด

(Effect of Decreasing Tocopherol Contents on Oxidative Stability of Soybean Oil during Deep-Frying Temperature)

ชัชวาล โชติมากร[1]

Chatchawan Chotimarkorn[1]

บทคัดย่อ

รายงานวิจัยฉบับนี้แสดงให้เห็นถึงผลของปริมาณวิตามินอีที่ลดลงต่อความคงตัวของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง 160°C นาน 180 นาที น้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ที่ใช้ในการทดลอง มีปริมาณวิตามินอีเริ่มต้น 345.37 ± 27.67 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำมัน และมีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งพันธะคู่ และกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะคู่ เท่ากับร้อยละ 17.11 ± 1.67, 23.44 ± 1.31 และ 58.34 ± 4.34 ตามลำดับ หลังจากให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 160 ± 4°C เป็นระยะเวลา 30, 60, 90, 120 และ 180 นาที พบว่าปริมาณวิตามินอีทั้งหมดลดลงเหลือ 115.72 ± 12.66 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำมัน เมื่อผ่านการให้ความร้อนนาน 180 นาที ในขณะที่สัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งพันธะคู่และกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะคู่ลดลง แต่สัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวกลับเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาที่ให้ความร้อนนาน 180 นาที เมื่อวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านความร้อน พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีค่าสูงสุดหลังจากให้ความร้อนที่ 160°C นาน 120 นาที (64.98 ± 4.33 meq O_2/ kg oil) หลังจากนั้นจะลดลงจนกระทั่งถึง 180 นาที ในขณะที่ค่า TBA เพิ่มอย่างช้าๆ ในช่วง 120 นาทีแรก และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจาก 120 นาที โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 13.66 ± 2.62 เมื่อได้รับความร้อนนาน 180 นาที และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดั้งนั้นการให้ความร้อนกับน้ำมันถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 160°C นาน 180 นาทีทำให้วิตามินอีลดลงและความคงตัวของน้ำมันถั่วเหลืองลดลงอย่างรวดเร็วจากปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งเป็นผลจากการได้รับความร้อนสูงที่ระดับการทอด

คำสำคัญ

น้ำมันถั่วเหลือง ความคงตัว ปฏิกิริยาออกซิเดชัน การทอด

ABSTRACT

This research indicated the effect of decreasing tocopherol contents on oxidative stability in refined soybean oil at 160°C for 180 min. The initial content of tocopherol in refined soybean oil used in this experiment was 345.37 ± 27.67 μg/ g oil. The ratio of saturated fatty acid, monounsaturated fatty acid and polyunsaturated fatty acid were 17.11 ± 1.67, 23.44 ± 1.31 and 58.34 ± 4.34%, respectively. After heating at 160 ± 4°C for 30, 60, 90, 120 and 180 min, the total tocopherol contents decreased consecutively to 115.72 ± 12.66 μg/ g oil at 180 min. Consequently, the ratio of monounsaturated fatty acid and polyunsaturated fatty acid decreased but the ratio of saturated fatty acid increased significantly ($P \leq 0.05$). The PV value of the heated soybean increased continuously until the highest value (64.98 ± 4.33 meq O_2/ kg oil) 120 min, and then it decreased slightly until 180 min of heating. On the other hand, TBA increased slightly at the first 120 min, and increased steeply after 120 min to the highest value 13.66 ± 2.62 at 180 min. Therefore, prolong heating soybean oil at 160 °C leaded to the decreasing of vitamin E and fast decreasing oxidative stability.

Keywords: Soybean Oil, Oxidative Stability, Deep-Frying

chotimarkorn.c@hotmail.com

[1] สาขาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เขตการศึกษาสุราษฎร์ธานี

[1] Department of Industrial Management, Faculty of Technology and Management, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus

บทนำ

ปฏิกิริยาออกซิเดชันจัดเป็นกลไกสำคัญที่ถูกใช้ในการประเมินคุณภาพของไขมันและน้ำมันรวมทั้งอายุการเก็บรักษาของอาหารที่ผ่านการทอด ในระหว่างการทอดอาหารนั้นมักทำให้เกิดการดูดซับของน้ำมันที่ใช้ทอดซึมผ่านเข้าไปในอาหารและน้ำมันเหล่านี้จะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของอาหารที่ผ่านการทอด น้ำมันที่ใช้ทอดอาหารนั้นจะเสื่อมคุณภาพลงอย่างรวดเร็วจากความร้อนสูงที่ไปเร่งกลไกของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันให้เร็วขึ้น [1-2] โดยผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันที่ใช้ทอดเหล่านี้มักทีจะถูกดูดซับเข้าไปในอาหาร [3] และส่งผลโดยตรงต่อสุขภาพของผู้บริโภคอาหารที่ผ่านการทอด นอกจากนั้นไขมันและน้ำมันที่สะสมในอาหารที่ผ่านการทอดยังสามารถเกิดการเสื่อมเสียอย่างต่อเนื่องต่อไปอีกในระหว่างขั้นตอนการเก็บรักษา

น้ำมันถั่วเหลืองจัดเป็นน้ำมันที่สกัดได้จากพืชที่มีปริมาณการผลิตสูงที่สุดในโลกเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการผลิตน้ำมันชนิดอื่นๆ องค์ประกอบพื้นฐานของน้ำมันถั่วเหลืองมักมีองค์ประกอบทางเคมีโดยทั่วไปเป็นโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอล (triacylglycerol) ที่เกิดจากการรวมตัวกันของกรดไขมัน (fatty acids) กับโมเลกุลของกลีเซอรอล (glycerol) ที่เป็นแกนของโมเลกุล สัดส่วนของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันถั่วเหลืองนั้นมักพบสัดส่วนของกรดลิโนลีอิก (linoleic acid) และกรดลิโนลีนิค (linolenic acid) ในสัดส่วนที่สูงมากกว่าน้ำมันที่สกัดได้จากพืชชนิดอื่นๆ [4] แม้ว่าไขมันหรือน้ำมันที่มีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะคู่ (polyunsaturated fatty acid) ในสัดส่วนที่สูงถูกจัดว่าเป็นไขมันหรือน้ำมันที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีและส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคมากกว่าการบริโภคไขมันและน้ำมันที่มีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids) เช่น ในกรณีของน้ำมันที่สกัดได้จากถั่วเหลืองจึงเหมาะสมที่จะบริโภคเพื่อสุขภาพ แต่ไขมันหรือน้ำมันเหล่านี้ก็มีโอกาสที่จะเกิดการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายกว่าไขมันหรือน้ำมันที่ประกอบขึ้นจากกรดไขมันอิ่มตัวจากการเติมออกซิเจนที่ตำแหน่งพันธะคู่ภายในโมเลกุลของกรดไขมัน [5] กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะคู่ เช่น กรดลิโนลีอิกและกรดลิโนลีนิคที่พบมากในน้ำมันถั่วเหลืองนั้นจึงเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับโมเลกุลของออกซิเจนซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นหืน การสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการและการยอมรับในการบริโภคของน้ำมันถั่วเหลืองลดลง [6] แม้ว่าจะมีวิตามินอีซึ่งเป็นสารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันตามธรรมชาติในน้ำมันถั่วเหลืองในปริมาณสูงก็ตาม [7] เพราะสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในกลุ่มวิตามินอีจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเก็บรักษาน้ำมันที่อุณหภูมิห้องและมักจะสลายตัวลงได้ง่ายที่ระดับอุณหภูมิสูงที่ใช้ในการทอดอาหาร [8-9] แม้ว่าจะมีรายงานถึงความคงตัวของไขมันและน้ำมันที่ใช้ผ่านขั้นตอนการทอดและคุณภาพของอาหารที่ขั้นตอนการทอด [10] แต่การศึกษาถึงผลของวิตามินอีต่อความคงตัวของน้ำมันถั่วเหลืองที่ได้รับความร้อนในระดับสูงของการทอดอาหารยังไม่เป็นที่แพร่หลายและชัดเจนมากนัก ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาถึงการลดลงของปริมาณวิตามินอีต่อความคงตัวของน้ำมันถั่วเหลืองที่ให้ความร้อนสูงในระดับที่ใช้ทอดอาหารที่ 160 องศาเซลเซียสเพื่อให้เข้าใจถึงกลไกของการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองที่ถูกนำมาใช้ทอดอาหาร

สารเคมีและอุปกรณ์

น้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ (Refined soybean oil), Boron trifluoride in methanol 14% (Wako Pure Industries, Osaka, Japan), Vitamin E (commercial grade, Fluka Biochemica, Switzerland), standard α, β, δ, γ tocopherols (Eisai Co, Ltd., Tokyo, Japan), fatty acids reference standard GLC-68A (Nu Check Prep, Elysian, NW, USA), gas-chromatography (Shimadzu GC 17A, column DB-WAX 30 m, 0.25 mm, film thickness

chotimarkorn.c@hotmail.com

[1] สาขาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เขตการศึกษาสุราษฎร์ธานี

[1] Department of Industrial Management, Faculty of Technology and Management, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus

0.25 micron), high performance liquid chromatography (Shimadzu, Mightysil RP-18 GP column (250 x 4.6 mm i.d., 3 μm, Kanto Chemical Co. Inc., Tokyo, Japan, RF-10AXL fluorescence detector,), silica gel 60 column (Spherical, 40-50 μm, Kanto Chemical Co. Inc., Tokyo, Japan)

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองและการให้ความร้อนแก่น้ำมันถั่วเหลือง

1.1 น้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านขั้นตอนของกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ (Refined soybean oil) และไม่มีการเติมสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสังเคราะห์ถูกเลือกใช้ในการทดลอง น้ำมันถั่วเหลืองเริ่มต้นจะถูกนำมาแยกวิตามินอีเริ่มต้นออก โดยนำมาผ่านซิลิกาเจลคอลัมน์ (silica gel column) ที่ชะด้วย n-hexane ตามด้วย 7% ของ diethyl ether ใน n-hexane (v/v) เมื่อน้ำมันถั่วเหลืองผ่านคอลัมน์จะได้น้ำมันถั่วเหลืองที่ไม่มีส่วนประกอบของวิตามินอี (tocopherol-free soybean oils) แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสตลอดระยะเวลาการทดลองภายใต้สภาวะของแก๊สไนโตรเจน

1.2 นำวัตถุดิบน้ำมันถั่วเหลืองหลังผ่านซิลิกาเจลคอลัมน์มาเติมวิตามินอีเกรดทางการค้าในปริมาณ 350 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำมันและใช้เป็นวัตถุดิบน้ำมันในการให้ความร้อนภายในหลอดทดลองโดยใช้ heating block ที่ระดับอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสนาน 180 นาทีแล้วสุ่มตัวอย่างของน้ำมันถั่วเหลืองมาวิเคราะห์ความคงตัวของน้ำมันและปริมาณของวิตามินอี

2. การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์และค่า Thiobarbituric acid (TBA)

ค่าเปอร์ออกไซด์และ TBA ในน้ำมันถั่วเหลืองถูกวิเคราะห์โดยใช้วิธีมาตรฐานตามวิธีของ AOCS [11]

3. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอี

ปริมาณวิตามินอีในน้ำมันถูกวิเคราะห์โดยใช้ Reverse phase high performance liquid chromatography ตามวิธีการของ Xu [12] โดยเลือกใช้ fluorescence detector ที่ความยาวคลื่นของ excitation และ emission เท่ากับ 290 และ 330 นาโนเมตร ตามลำดับ

4. การวิเคราะห์สัดส่วนของกรดไขมัน

สัดส่วนของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันถูกวิเคราะห์โดย Gas chromatography โดยใช้วิธีมาตรฐานของ AOCS [11] สัดส่วนของกรดไขมันแต่ละชนิดถูกเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานของกรดไขมันโดยใช้อุณหภูมิเริ่มต้นของคอลัมน์ 150 องศาเซลเซียสและเพิ่มระดับของอุณหภูมิถึง 240 องศาเซลเซียสในอัตรา 1 องศาเซลเซียสต่อนาทีและใช้ฮีเลียมถูกใช้เป็นแก๊สตัวพา (carrier gas) ที่สภาวะ column inlet pressure 2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ One-way analysis of variance (ANOVA) ที่ ($P \leq 0.05$) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำและแสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยและ SD bar และวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลโดย least significant difference (LSD)

chotimarkorn.c@hotmail.com

[1] สาขาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เขตการศึกษาสุราษฎร์ธานี

[1] Department of Industrial Management, Faculty of Technology and Management, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

วัตถุดิบน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ก่อนผ่านซิลิกาเจลคอลัมน์มีปริมาณของวิตามินอีเริ่มต้นทั้งหมดเท่ากับ 210.23 ± 12.33 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำมัน โดยสามารถจำแนกออกเป็นวิตามินอีในรูปแบบโครงสร้างของ α, β, γ และ δ ในปริมาณ 22.38 ± 1.76, 9.77 ± 2.33, 101.11 ± 6.89 และ 76.88 ± 5.86 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำมัน ตามลำดับ หลังจากนำน้ำมันถั่วเหลืองมาผ่านซิลิกาเจลคอลัมน์ที่ถูกชะด้วย n-hexane และ diethyl ether (7%) ใน n-hexane แล้ววิเคราะห์ปริมาณของวิตามินอีโดย RP-HPLC ที่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ผสมระหว่าง methanol : acetonitrile : dichloromethane ในสัดส่วน 25:22:3 โดยปริมาตร พบว่าไม่มีวิตามินอีในรูปแบบใดเลยที่หลงเหลืออยู่ในน้ำมันถั่วเหลือง ผลการทดลองนี้เป็นไปในทำนองเดียวกันกับรายงานของ Chotimarkorn และคณะ [12] ที่ใช้ซิลิกาเจลคอลัมน์ในการแยกวิตามินอีทั้งหมดออกจากน้ำมันปลาทูน่า

น้ำมันถั่วเหลืองที่ปราศจากวิตามินอีถูกนำมาเติมวิตามินอีเกรดทางการค้าในปริมาณ 350 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำมันตามลำดับและนำมาวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินอีรูปแบบโครงสร้างของ α, β, γ, δ และปริมาณวิตามินอีทั้งหมดพบว่ามีปริมาณของวิตามินอีรูปโครงสร้างของ α, β, γ , δ และปริมาณวิตามินอีทั้งหมดมีปริมาณเริ่มต้นเท่ากับ 70.42 ± 15.20, 13.21 ± 5.20, 168.51 ± 21.89, 90.23 ± 9.20 และ 345.37 ± 27.67 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำมันตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 1

จากการศึกษาถึงผลของการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสนาน 180 นาทีแล้วสุ่มตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองมาตรวจหาปริมาณวิตามินอีทุกๆ 30 นาทีพบว่าปริมาณของวิตามินอีรูปของ α, β, γ, δ และปริมาณวิตามินอีทั้งหมดลดลงอย่างต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สอดคล้องกับรายงานของ Chung และคณะ [13] ที่รายงานถึงปริมาณวิตามินอีที่ลดลงอย่างรวดเร็วในน้ำมันที่ใช้ทอดแป้งโดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส และหลังจากให้ความร้อนนาน 180 นาทีพบว่าปริมาณวิตามินอีทั้งหมดลดลงเหลือ 115.72 ± 12.66 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำมัน (ตารางที่ 1) ในขณะที่ไม่มีวิตามินอีรูปแบบโครงสร้างของ β และ α หลงเหลืออยู่ภายหลังจากให้ความร้อนแก่น้ำมันถั่วเหลืองนาน 120 และ 180 นาที ดังแสดงในรูปที่ 1 สอดคล้องกับ Barrera-Arellano [8] ที่รายงานว่าวิตามินอีในรูปแบบโครงสร้างของ α มีความคงตัวต่อความร้อนสูงน้อยกว่าวิตามินอีที่มีโครงสร้างแบบอื่นๆ ในขณะที่ Kamal-Eldin และ Appelqvist [14] รายงานถึงความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบในกลุ่มของวิตามินอีที่ระดับอุณหภูมิสูงในน้ำมันว่ามีประสิทธิภาพที่แตกต่างกันคือวิตามินอีที่มีโครงสร้างแบบ $\gamma > \delta > \beta > \alpha$ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าความคงตัวต่อความร้อนของวิตามินอีที่มีโครงสร้างแบบ β มีความคงตัวต่อความร้อนสูงน้อยที่สุดในขณะที่วิตามินอีที่มีโครงสร้างแบบ γ มีความคงตัวต่อความร้อนสูงมากที่สุด และมีลำดับโครงสร้างวิตามินอีของความคงตัวต่อความร้อนสูงในระดับการทอด คือ $\gamma > \delta > \alpha > \beta$ ตามลำดับ

chotimarkorn.c@hotmail.com

[1] สาขาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เขตการศึกษาสุราษฎร์ธานี

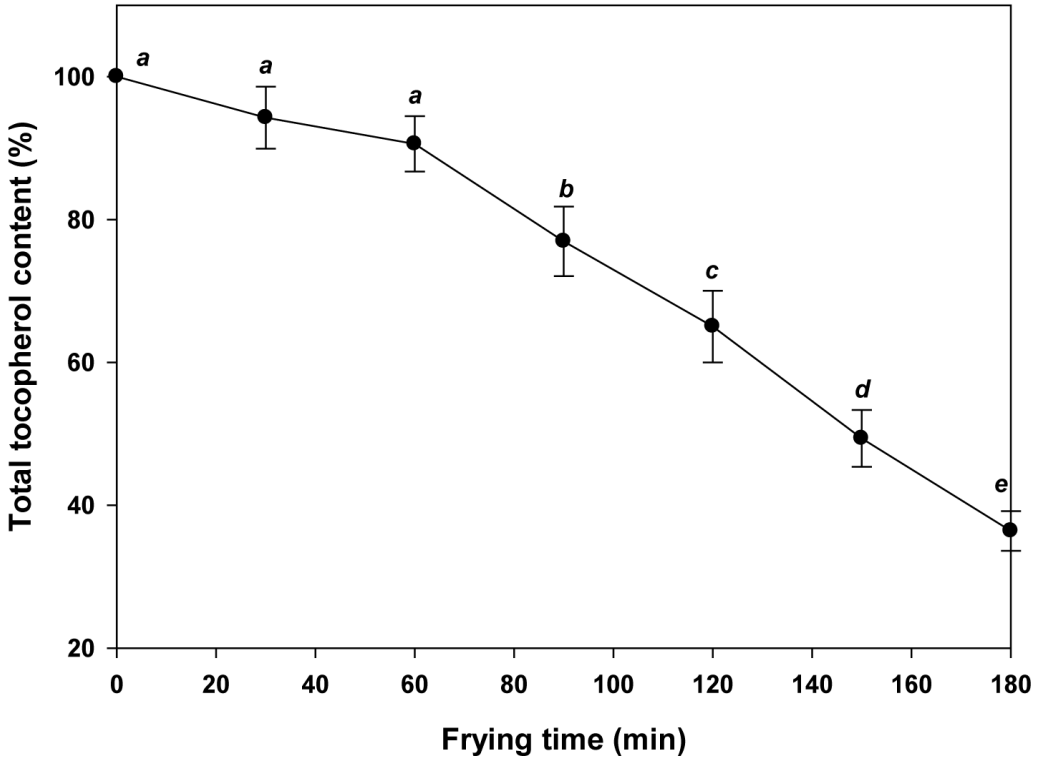
[1] Department of Industrial Management, Faculty of Technology and Management, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณของวิตามินอีในรูปแบบต่างๆ ในน้ำมันถั่วเหลืองระหว่างการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส นาน 0 ถึง 180 นาที

ระยะเวลาให้ความร้อน	ปริมาณวิตามินอี* (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำมัน)				
(นาที)	α- tocopherol	β-tocopherol	γ-tocopherol	δ-tocopherol	Total tocopherol
0	70.42 $\pm$ 15.20 (100)	13.21 $\pm$ 5.20 (100)	168.51 $\pm$ 21.89 (100)	90.23 $\pm$ 9.20 (100)	345.37 $\pm$ 27.67
30	67.66 $\pm$ 11.31 (96.08)	10.89 $\pm$ 1.56 (82.43)	162.87 $\pm$ 16.17 (96.65)	86.87 $\pm$ 6.12 (96.28)	325.56 $\pm$ 25.42
60	63.55 $\pm$ 9.17 (90.24)	8.67 $\pm$ 1.04 (65.63)	157.88 $\pm$ 14.31 (93.69)	83.90 $\pm$ 5.20 (92.98)	312.88 $\pm$ 22.51
90	51.89 $\pm$ 4.33 (73.68)	1.87 $\pm$ 0.24 (14.16)	141.45 $\pm$ 12.65 (83.94)	72.86 $\pm$ 4.87 (80.74)	265.77 $\pm$ 17.09
120	37.76 $\pm$ 3.24 (53.48)	0	128.55 $\pm$ 11.32 (76.29)	59.87 $\pm$ 3.16 (66.35)	224.56 $\pm$ 13.55
150	22.21 $\pm$ 1.23 (31.54)	0	107.38 $\pm$ 9.67 (63.72)	42.89 $\pm$ 4.77 (47.53)	170.48 $\pm$ 11.23
180	0	0	85.44 $\pm$ 7.33 (50.70)	29.66 $\pm$ 2.43 (32.87)	115.72 $\pm$ 12.66

* ตัวเลขภายในวงเล็บแสดง Relative content (%) ของ α, β, γ และ δ tocopherol เทียบจากปริมาณเริ่มต้นก่อนให้ความร้อนที่160 องศาเซลเซียส

[1] สาขาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี
[1] Department of Industrial Management, Faculty of Technology and Management, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus
chotimarkom.c@hotmail.com



รูปที่ 1 แสดงปริมาณของวิตามินอีของน้ำมันถั่วเหลืองระหว่างให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส นาน 0 ถึง 180 นาที

ค่าเฉลี่ยของปริมาณวิตามินอีที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์สัดส่วนกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบพบว่าน้ำมันถั่วเหลืองมีปริมาณของกรดลิโนลีอิกเป็นกรดไขมันหลักในสัดส่วนร้อยละ 52.46 $\pm$ 2.31 โดยสัดส่วนของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันถั่วเหลืองเหล่านี้สอดคล้องกับรายงานของ Sebedio และคณะ [15] และพบสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งพันธะคู่และกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะคู่ในสัดส่วนร้อยละ 17.11 $\pm$ 1.67, 23.44 $\pm$ 1.31 และ 58.34 $\pm$ 4.34 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 และภายหลังจากให้ความร้อนกับน้ำมันถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสนาน 30, 60, 90, 120 และ 180 นาทีพบว่าปริมาณสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งพันธะคู่และกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะคู่มีแนวโน้มลดลงในขณะที่สัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวกลับมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอย่างมีระดับนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 2 แนวโน้มการลดลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะและเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิ่มตัวถูกรายงานในลักษณะเดียวกันจากผลการทดลองของ Warner และ Mount [16] เนื่องมาจากอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและน้ำมันจะแปรผันตรงกับจำนวนพันธะคู่ที่เป็นองค์ประกอบในกรดไขมัน

chotimarkorn.c@hotmail.com

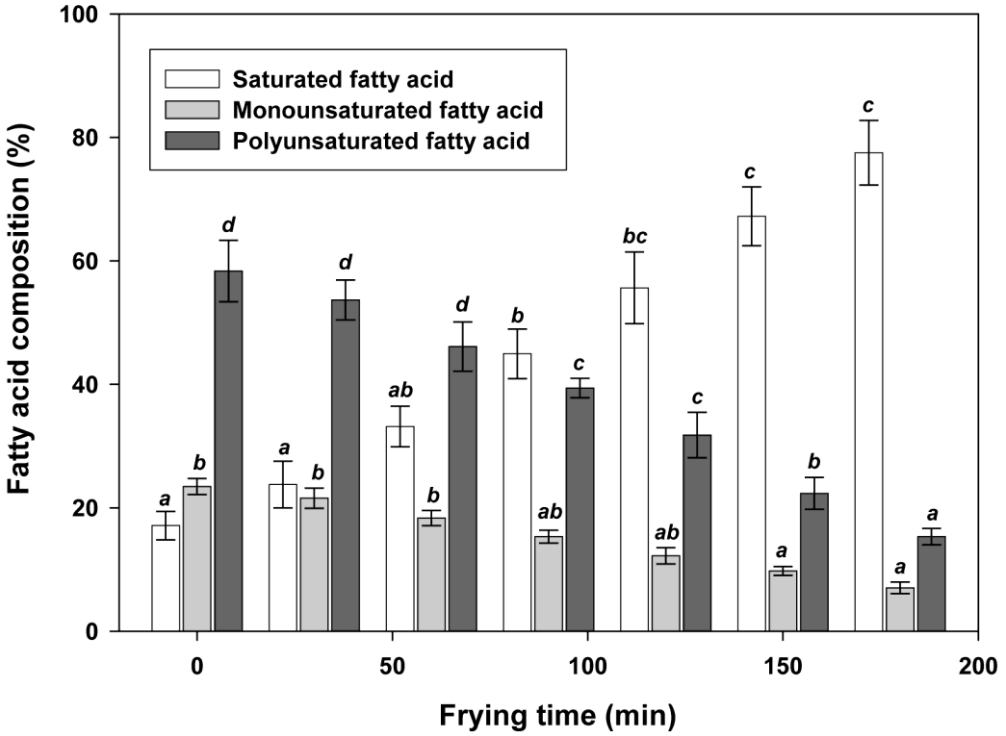
[1] สาขาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เขตการศึกษาสุราษฎร์ธานี

[1] Department of Industrial Management, Faculty of Technology and Management, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus

ตารางที่ 2 แสดงสัดส่วนกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันถั่วเหลืองระหว่างการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส นาน 0 ถึง 180 นาที

Frying time	Fatty acid composition (%)				
(min)	Palmitic acid (C16:0)	Stearic acid (C18:0)	Oleic acid (C18:1, ω-9)	Linoleic acid (C18:2, ω-6)	Linolenic acid (C18:3, ω-3)
0	15.10 ± 1.16	2.01 ± 0.11	23.44 ± 1.31	52.46 ± 2.31	5.88 ± 1.03
30	18.55 ± 2.24	5.22 ± 0.24	21.54 ± 1.64	50.21 ± 2.12	3.45 ± 0.53
60	24.09 ± 2.15	9.08 ± 1.33	18.32 ± 1.24	45.32 ± 1.25	0.78 ± 0.02
90	31.44 ± 2.44	13.05 ± 2.04	15.32 ± 1.04	39.39 ± 1.58	0
120	37.59 ± 1.99	18.02 ± 1.64	2.22 ± 1.33	31.77 ± 0.68	0
150	45.88 ± 2.98	21.34 ± 2.21	9.76 ± 0.74	22.34 ± 0.58	0
180	51.64 ± 3.02	25.87 ± 2.89	7.02 ± 0.94	15.32 ± 0.33	0

chotimarkorn.c@hotmail.com
[1] สาขาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี
[1] Department of Industrial Management, Faculty of Technology and Management, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus

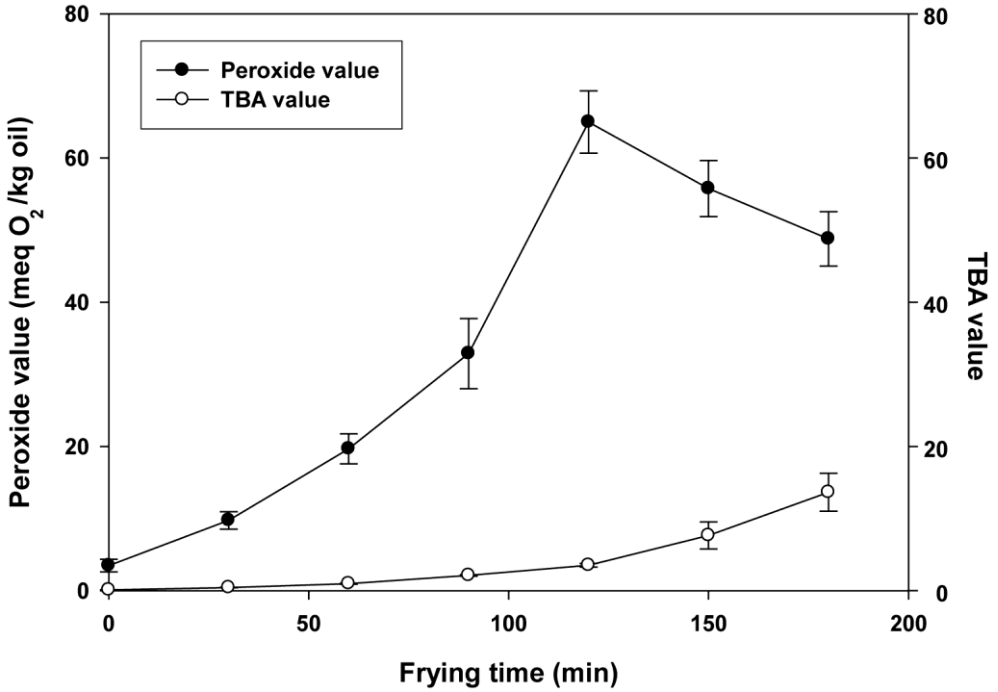


รูปที่ 2 แสดงปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid), กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งพันธะคู่ (monounsaturated fatty acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะคู่ (polyunsaturated fatty acid) ของน้ำมันถั่วเหลืองระหว่างให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสนาน 0 ถึง 180 นาที
ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดไขมันที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์และ TBA ของน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการให้ความร้อนที่ 160 องศาเซลเซียส นาน 180 นาที แสดงในรูปที่ 3 โดยค่าเปอร์ออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีค่าสูงสุดเมื่อให้ความร้อนนาน 120 นาทีมีค่าเท่ากับ 64.98 $\pm$ 4.33 meq O_2/ kg oil ก่อนที่จะมีแนวโน้มลดลงหลังจากให้ความร้อนนานกว่า 120 นาที ในขณะที่ค่า TBA เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ระหว่างให้ความร้อนตั้งแต่เริ่มต้นโดยมีค่า TBA เริ่มต้นเท่ากับ 0.98 ± 0.05 และให้ความร้อนจนถึง 120 นาที และเมื่อค่าของเปอร์ออกไซด์ลดลงทำให้ค่า TBA เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่าสูงสุด เท่ากับ 13.66 $\pm$ 2.62 ที่เวลา 180 นาที เนื่องมาจากสารประกอบในกลุ่มเปอร์ออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในกลุ่มของ primary oxidation products และเมื่อปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องสารประกอบในกลุ่มของเปอร์ออกไซด์จะเริ่มสลายตัวและเข้าสู่การสร้างผลิตภัณฑ์ในกลุ่มของ secondary oxidation products ทำให้ค่า TBA ขึ้นอย่างรวดเร็ว ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Chotimarkorn และคณะ [12] ศึกษาผลของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันปลาทูน่า

จากการศึกษาผลของวิตามินอีต่อความคงตัวของน้ำมันถั่วเหลืองที่ให้ความร้อนที่ 160 องศาเซลเซียส นาน 180 นาที พบว่าปริมาณวิตามินอีลดลงอย่างรวดเร็วและไม่สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันถั่วเหลืองที่ได้รับอุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานานได้ ดั้งนั้นการให้ความร้อนสูงเป็นระยะเวลานานทำให้ความคงตัวของน้ำมันถั่วเหลืองจากปฏิกิริยาออกซิเดชันลดลงอย่างรวดเร็วจากกลไกการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันจากความร้อนสูงในระดับที่ใช้ทอดอาหาร

chotimarkorn.c@hotmail.com
[1] สาขาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เขตการศึกษาสุราษฎร์ธานี
[1] Department of Industrial Management, Faculty of Technology and Management, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus



รูปที่ 3 แสดงปริมาณของค่าเปอร์ออกไซด์และค่า TBA ของน้ำมันถั่วเหลืองระหว่างให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสนาน 0 ถึง 180 นาที

ค่าเฉลี่ยของปริมาณเปอร์ออกไซด์และ TBA ที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

กิตติกรรมประกาศ

ผลการวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินอุดหนุนโครงงานวิจัยนักศึกษาคณะเทคโนโลยีและการจัดการมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เขตการศึกษาสุราษฎร์ธานี ปีงบประมาณ 2549

เอกสารอ้างอิง

[1] Chang, S. S., Peterson, R. J., Ho. C. T. 1978. Chemical reaction involve in deep-fat frying of foods. J. Am. Oil. Chem. Soc. 55: 718-727.

[2] Cuesta, C., Sanchez-Muniz, F. J., Garrido-Polonio, C., Lopez-Varela, S., Arroyo, R. 1993. Thermooxidation and hydrolytic changes in sunflower oil used in frying with a afst turnover of fresh oil. J. Am. Oil. Chem. Soc. 70: 1069-1073.

[3] Dobarganes, C., Marquez,-Ruiz, G., Velasco, J. 2000. Interactions between fat and food during deep-fat frying. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 102: 521-528.

[4] Maestri, D.M., Labuckas, D. O., Meriles, J. M., Lamarque, A. L., Zygadlo, J. A., Guzman, C. A. 1998. Seed composition of soybean cultivars evaluated in different environmental regions. J. Sci. Food Agric. 77: 494-498.

[5] Porter, N. A., Caldwell, S. E., Mills, K. A. 1995. Mechanism of free radical oxidation of unsaturated lipids. Lipids. 30: 277-290.

[6] Sebedio, J. L., Prevost, J., Grandgirirard, A. 1987. Heat treatment of vegetabile oil II. GC-MS and GC-FTIR spectra of some isolated cyclic fatty acid monomers. J. Am. Oil Chem. Soc. 64: 1324-1333.

chotimarkorn.c@hotmail.com

[1] สาขาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เขตการศึกษาสุราษฎร์ธานี

[1] Department of Industrial Management, Faculty of Technology and Management, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus

[7] Buczenko, G. M., Oliveira, J. S., Von-Meien, O. F. 2003. Extraction of tocopherols from the deodorized distillate of soybean oil with liquefied petroleum gas. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 105: 668-671.

[8] Barrera-Arellano, D., Ruiz-Mendez, V., Velasco, J., Marquez-Ruiz, G., Dobarganes, C. 2002. Loss of tocopherol and formation of degradation compounds at frying temperatures in oil differing an degree of unsaturation and natural antioxidant content. J. Sci. Food Agric. 82: 1696-1702.

[9] Gomez-Alonso, S., Fregapane, G., Salvador, M. D., Godon, M. H. 2003. Changes in phenolic composition and antioxidant activity of virgin olive oil during frying. J. Agric. Food Chem. 51: 667-672.

[10] Chung, J., Lee, J., Choe, E. 2004. Oxidative stability of soybean oil and sesame oil mixture during frying of flour dough. J. Food Sci. 69: 574-578.

[11] AOCS. 1998. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. 5th End. AOCS Press, Champaign. IL (USA).

[12] Chotimarkorn, C., Ohshima, T., Ushio, H. 2005. Fluorometric and Fluorescent Image Analysis Methods for Determination of Lipid Hydroperoxides in Oil Models with 3-Perylene Diphenylphosphine (3-PeDPP). J. Agri. Food. Chem. 53: 7361-7366.

[13] Chung, J., Lee, Y., Choe, E. 2006. Effects of sesame oil addition to soybean oil during frying on the lipid oxidative stability and antioxidants contents of the fried products during storage in the dark. J. Food Sci. 71: 222-226.

[14] Kamal-Eldin, A., Appelqvist, L. 1996. The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols. Lipids. 31: 671-649.

[15] Sebidio, J. L., Prevost, J., Grandgirad, A. 1990. Deep fat frying of frozen prefried Frence fries: influence of the amount of linolenic acid in frying medium. J. Agric. Food. Chem. 38: 1862-1867.

[16] Warner, K., Mounts, T. L. 1993. Frying stability of soybean and canola oils with modified fatty acid compositions. J. Am. Oil. Chem. Soc. 70: 983-988.

chotimarkorn.c@hotmail.com

[1] สาขาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เขตการศึกษาสุราษฎร์ธานี

[1] Department of Industrial Management, Faculty of Technology and Management, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus