รหัสโครงการ SUT3-305-47-36-43

รายงานการวิจัย

ผลของ conjugated linoleic acid (CLA) เสริมในอาหารสัตว์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สัตว์

(Effects of Supplementation of Conjugated Linoleic Acid (CLA) in Feed on Qualities of Animal Products)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รายงานการวิจัย

ผลของ conjugated linoleic acid (CLA) เสริมในอาหารสัตว์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สัตว์

(Effects of Supplementation of Conjugated Linoleic Acid (CLA) in Feed on Qualities of Animal Products)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร.กนกอร อินทราพิเชฐ

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมงานวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ

สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตสัตว์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2547 - 2549

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

พฤษภาคม 2552

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ระดับต่าง ๆ แทนแหล่งไขมันในอาหารสัตว์ที่มีต่อคุณภาพทางเคมี กายภาพ และการเกิดออกซิเดชันของเนื้อสัตว์ ไข่ไก่ และผลิตภัณฑ์อาหารผลิตจากผลิตผลสัตว์ที่เสริมด้วย CLA ในอาหารสัตว์ การทดลองประกอบด้วย

1) การเสริม CLA ปริมาณ 0.5%, 1.0% และ 1.5% แทนน้ำมันถั่วเหลือง 5.0% ในอาหารไก่กระทง และผลิตภัณฑ์อาหาร คือ ลูกชิ้นอกไก่ และลูกชิ้นสะโพกไก่
2) การเสริม CLA ปริมาณ 0.5% และ 1.0% แทนน้ำมันปาล์ม 2.0% และผลิตภัณฑ์อาหาร คือ กุนเชียงหมูผลิตจากเนื้อส่วนสะโพก
3) การเสริม CLA ปริมาณ 1.0%, 2.0%, 3.0% และ 4.0% แทนน้ำมันถั่วเหลือง 4.0% ในอาหารไก่ไข่ และผลิตภัณฑ์ คือ ไข่ผงทั้งฟอง ให้ความร้อนด้วยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray-drying process)

ผลการเสริม CLA ต่อคุณภาพเนื้อไก่กระทง และผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่

เก็บตัวอย่างเนื้ออก และเนื้อสะโพกจากไก่กระทงเลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองและเสริมด้วย CLA วิเคราะห์องค์ประกอบเคมีเบื้องต้น (proximate composition), fatty acid, cholesterol, collagen และการเกิด oxidation ด้วยปริมาณ TBARS และ hexanal วัดสี (Hunter color L, a, b values) เนื้อสัมผัส (shear force) และประเมินคุณภาพการเกิด oxidation (oxidized scores) ของเนื้อไก่โดยประสาทสัมผัส พบว่า การเสริม CLA ทำให้เนื้อไก่ ทั้งเนื้ออกและเนื้อสะโพก มีความชื้นมากขึ้น ($p < 0.05$) ปริมาณไขมัน และกรดไขมันไม่อิ่มตัวลดลงเมื่อปริมาณการเสริม CLA เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณ cholesterol มีแนวโน้มสูงขึ้น นอกจากนี้ อัตราส่วน n-6:n-3 และ PUFA:SFA ของเนื้อไก่เสริมด้วย CLA ต่ำกว่า ($p < 0.05$) เนื้อไก่ที่เลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองอย่างเดียว ทั้งนี้เนื้ออกมีอัตราส่วนทั้งสองต่ำกว่า 4.0 และสูงกว่า 0.4 ตามลำดับ เนื้อไก่ที่มีปริมาณ CLA สูงกว่า ($p < 0.05$) มีการเกิด oxidation ต่ำกว่า ($p < 0.05$) วิเคราะห์ด้วยปริมาณ TBARS และ hexanal ทั้งเนื้อดิบและเนื้อสุก อย่างไรก็ตามเนื้อสะโพกมีปริมาณ CLA สูงกว่าเนื้ออก และ CLA สองชนิดที่พบมากในเนื้อไก่เสริม CLA คือ *cis*-9,*trans*-11 และ *trans*-10,*cis*-12 CLA ซึ่งเป็นชนิดที่มีคุณค่าเชิงสุขภาพ เนื้อไก่เสริม CLA มีสีอ่อนสว่างกว่า และมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่า ($p < 0.05$) เนื้อไก่ที่เลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองอย่างเดียว

เมื่อผลิตลูกชิ้นไก่จากทั้งเนื้ออก และเนื้อสะโพก พบว่าลูกชิ้นไก่ผลิตจากเนื้อเสริม CLA ทุกระดับมีปริมาณ CLA สูงกว่า ($p < 0.05$) ทั้งนี้ลูกชิ้นเนื้อสะโพกมี CLA มากกว่าลูกชิ้นเนื้ออก และตลอดเวลาการเก็บลูกชิ้นไก่ที่ 4 ± 1 °C นาน 12 วัน ลูกชิ้นผลิตจากเนื้อไก่เสริม CLA เกิด oxidation ต่ำกว่า และลูกชิ้นเนื้ออกเกิด oxidation มากกว่าลูกชิ้นเนื้อสะโพก

ผลการเสริม CLA ต่อคุณภาพเนื้อหมูและผลิตภัณฑ์กุนเชียง

เก็บตัวอย่างเนื้อหมูส่วนเนื้อสันนอก (loins ส่วนกลางของ m. *longissimus dorsi*) และเนื้อสะโพก (hams ส่วนทั้งหมดของ m. *semimembranosus*) ที่ได้จากการเลี้ยงสุกรด้วยน้ำมันปาล์ม และเสริมด้วย CLA วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ พบว่าเนื้อหมูเสริม CLA มีความชื้นสูงกว่า ($p < 0.05$) แต่มีปริมาณไขมัน และอัตราส่วน MUFA:SFA, PUFA:SFA และ n-6:n-3 ต่ำกว่า ($p < 0.05$) ปริมาณ CLA ที่สูงขึ้น ทำให้องค์ประกอบกรดไขมันของเนื้อสันนอกเปลี่ยนแปลง แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในเนื้อสะโพก ปริมาณ CLA ในเนื้อหมูเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริม CLA ที่มากขึ้นในอาหารสุกร โดยมี *cis*-9,*trans*-11 CLA สูงที่สุด เนื้อสันนอกที่เสริมด้วย CLA มีสีอ่อนสว่างกว่า ($p < 0.05$) ขณะที่เนื้อสะโพกมีสีเข้มกว่า ($p < 0.05$) เนื้อที่เลี้ยงด้วยน้ำมันปาล์มอย่างเดียว ค่าแรงตัดเฉือน (shear force) ของเนื้อสะโพกสุกเสริม CLA ต่ำกว่า ($p < 0.05$) แม้ว่าเนื้อดิบมีค่าแรงตัดเฉือนที่สูงกว่า

เมื่อผลิตกุนเชียงจากเนื้อหมูส่วนสะโพกทั้งหมด พบว่า CLA ในกุนเชียงผลิตจากเนื้อหมูเสริม CLA มี *cis*-9,*trans*-11 และ *trans*-10,*cis*-12 CLA สูงกว่า ($p < 0.05$) ในกุนเชียงจากเนื้อหมูเลี้ยงด้วยน้ำมันปาล์มอย่างเดียว ขณะที่ *trans*-9,*trans*-11 ในกุนเชียงจากเนื้อหมูเสริม CLA ลดลง แต่สูงขึ้นในกุนเชียงจากเนื้อหมูเลี้ยงด้วยน้ำมันปาล์มอย่างเดียว นอกจากนี้เมื่อเก็บกุนเชียงไว้ที่ 25 °C นาน 12 วัน oxidation ซึ่งวิเคราะห์ด้วย TBARS, hexanal และ oxidized scores ของกุนเชียงผลิตจากเนื้อหมูเสริม CLA เกิดต่ำกว่า ($p < 0.05$)

ผลการเสริม CLA ต่อคุณภาพไข่ไก่ และไข่ผง

เก็บตัวอย่างไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลือง และเสริมด้วย CLA วิเคราะห์องค์ประกอบเคมีเบื้องต้น fatty acid, cholesterol ของไข่ขาว ไข่แดง และไข่ทั้งฟอง พบว่าปริมาณความชื้น โปรตีน และเถ้าของไข่ขาวไม่แตกต่างกัน ($p < 0.05$) ทุกระดับ CLA ที่ใช้เสริมในอาหารไก่ไข่ ทำนองเดียวกันสำหรับไข่แดงมีปริมาณความชื้น และโปรตีนไม่ต่างกัน แต่ปริมาณเถ้าลดลง ขณะที่ปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) เมื่อเสริม CLA มากขึ้น และพบว่า fatty acid ชนิด SFA สูงขึ้น แต่ ชนิด MUFA และ PUFA และ cholesterol ในไข่แดงลดลง เมื่อเสริม CLA มากขึ้น และ fatty acid ที่พบมากขึ้น ($p < 0.05$) คือ C16:0, C18:0, C16:1, C18:1n9c, C18:2n6c, C18:3n3, C20:4n6 และ C22:6n3

เมื่อผลิตไข่ผงทั้งฟองด้วยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray-dried whole egg powder) ด้วยความร้อน 150 °C พบว่าไข่ผงผลิตจากไข่ไก่เลี้ยงด้วย CLA มีปริมาณ CLA สูงกว่า ($p < 0.05$) ไข่ผงผลิตจากไข่ไก่เลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองอย่างเดียว และปริมาณต่างกันทุกระดับ CLA ที่ใช้เสริม ความร้อนในการทำพ่นฝอยทำให้ไข่ผงมีปริมาณ CLA เพิ่มขึ้นจากปริมาณเริ่มต้น CLA ชนิด *cis*-

9,*trans*-11 และ *trans*-10,*cis*-12 CLA เพิ่มขึ้น1.54 - 1.74 เท่าของน้ำหนักแห้ง หรือ 3.32 - 3.75 เท่าของน้ำหนักเปียก ขณะที่ไข่ผงผลิตจากไข่ไก่เลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองอย่างเดียวเพิ่มขึ้นเพียง 1.30 - 1.33 เท่าของน้ำหนักแห้ง หรือ 2.86 - 3.00 เท่าของน้ำหนักเปียก

การเกิด oxidation ของไข่ผงขณะเก็บที่อุณหภูมิเร่งที่ 30 °C และติดตามการเกิด oxidation ทุก 6 วัน นาน 30 วัน พบว่าไข่ผงผลิตจากไข่ไก่เสริม CLA มีการเกิด oxidation ต่ำกว่า ($p < 0.05$) ไข่ผงผลิตจากไข่ไก่เลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองอย่างเดียว ตลอดเวลาการเก็บ และอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS และ hexanal ลดลงเมื่อปริมาณการเสริม CLA เพิ่มขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

The objectives of this experiment were to investigate the effects of conjugated linoleic acid (CLA) supplementation with various levels in other fat sources in animal feed on physicochemical properties and oxidation of meats and chicken eggs and food products made from animal products supplemented with CLA. Three main experiments were performed as followed:

1) Supplementation of CLA with the concentrations of 0.5, 1.0 and 1.5% in 5.0% soybean oil in broiler feed. Chicken meatballs were separately made from chicken breast and thigh.
2) Supplementation of CLA with the concentrations of 0.5 and 1.0% in 2.0% palm oil in pig feed. Traditional sausages, kunchiang sausages, were made from the meat of whole ham portion.
3) Supplementation of CLA with the concentrations of 1.0, 2.0, 3.0 and 4.0% in 4.0% soybean oil in laying hen feed. Spay-dried egg powders were made from whole eggs.

Effects of CLA supplements on broiler meat quality and chicken meatballs products

Breast and thigh meats were collected from chickens fed soybean oil and CLA supplemented and analyzed for proximate composition, fatty acids, cholesterol and collagen. TBARS and hexanal contents were analyzed for oxidation stability. The meat color in terms of Hunter color L, a, b values and shear force were measured. The oxidized odor of meat samples were analyzed by sensory evaluation. It was found that chicken meats, both breasts and thighs, contained higher ($p < 0.05$) moisture, while the fat and unsaturated fatty acid contents decreased ($p < 0.05$) as the levels of CLA increased. However, the amounts of cholesterol had a tendency to increase. Moreover, the ratios of n-6:n-3 and PUFA:SFA of CLA supplemented meats were lower ($p < 0.05$) than those of the meats fed soybean oil only. The breast meats had these ratios of lower than 4.0 and higher than 0.4, respectively. The chicken meats which contained higher amounts of CLA had lower oxidation ($p < 0.05$) determined in terms of TBARS and hexanal contents for both raw and cooked state. However, thigh meats contained higher CLA than breast meats. The two most isomers of CLA found in CLA supplemented chicken meats were *cis*-9,*trans*-11 and *trans*-10,*cis*-12 CLA which have health benefits. It was found that CLA supplemented meats showed lighter color and more tender ($p < 0.05$) than those fed soybean oil only.

When the chicken meatballs were made from breast and thigh meats it was found that meatballs from CLA supplemented meats contained higher ($p < 0.05$) CLA contents for all levels of CLA supplementation. In addition, the thigh meatballs contained higher CLA than breast meatballs. Throughout the storage at 4 ± 1 °C for 12 days, the lower oxidation was found for the meatballs from CLA supplemented meats and higher oxidation was found for breast meatballs than thigh meatballs.

Effects of CLA supplements on pork quality and kunchiang sausages

Pork samples containing meats of the loin (mid portion of m. *longissimus dorsi*) and hams (whole of m. *semimembranosus*) were collected from pig fed palm oil and CLA supplemented and analyzed for physicochemical property. It was found that pork fed CLA supplements contained higher ($p < 0.05$) moisture content but lower ($p < 0.05$) fat content and ratios of MUFA:SFA, PUFA:SFA and n-6:n-3. Changes of the loin fatty acids were observed when CLA contents of the meats increased but not observed in ham meats. The CLA contents of the meats increased with increasing levels of CLA supplemented in the pig feed. The highest CLA isomer found in pork was the *cis*-9,*trans*-11 CLA. The loin meats from pig supplemented with CLA was lighter in color than those of supplemented with palm oil only while meats of the hams were darker ($p < 0.05$). Shear forces of cooked ham supplemented with CLA were lower ($p < 0.05$) in spit of higher shear forces were observed in raw meats.

When kunchiang sausages were prepared from the whole ham meats it was found that kunchiang made from CLA supplemented pork contained higher ($p < 0.05$) *cis*-9,*trans*-11 and *trans*-10,*cis*-12 CLA than those made from pork fed palm oil only. However, a decrease of *trans*-9,*trans*-11 CLA was observed in kunchiang made from pork fed CLA supplements but an increase was found in those made from pork fed palm oil only. In addition, during storage at 25 °C for 12 days, the oxidation analyzed in terms of TBARS, hexanal and oxidized scores of kunchiang made from CLA supplemented pork was lower ($p < 0.05$).

Effects of CLA supplements on egg quality and spray-dried whole egg powder

Chicken eggs from the laying hen fed soybean oil and different levels of CLA supplemented in soybean oil were collected. Egg albumen, yolk and whole eggs were analyzed for proximate

composition, fatty acids and cholesterol. It was found that no significant differences ($p < 0.05$) of moisture, protein, and ash contents in CLA supplemented egg albumen at all levels of CLA used. Similarly, the moisture and protein contents of the egg yolk were not significantly different but the ash contents were lower ($p < 0.05$) while theirs fat contents increased ($P < 0.05$) with increasing CLA levels in the feed. In addition, the SFA of egg yolk increased with increasing CLA levels but lower MUFA, PUFA and cholesterol contents were observed. Higher ($p < 0.05$) amounts of C16:0, C18:0, C16:1, C18:1n9c, C18:2n6c, C18:3n3, C20:4n6 and C22:6n3 fatty acids in egg yolk were found.

The egg yolk was prepared from whole eggs by spray drying process at 150 °C. The egg powder prepared from all levels of CLA supplemented whole eggs contained higher ($p < 0.05$) amounts of CLA than those prepared from eggs fed soybean oil only. The heat of spray drying was found to induce an increasing of CLA contents compared with the starting raw eggs. The increasing of 1.54 - 1.74 fold of dry weight basis or 3.32 – 3.75 fold of wet weight basis were observed for *cis*-9,*trans*-11 and *trans*-10,*cis*-12 CLA in spray-dried egg powder prepared from CLA supplemented eggs while only 1.30 – 1.33 fold of dry weight basis or 2.86 – 3.00 fold of wet weight basis were observed in those prepared from eggs fed soybean oil only.

The oxidation of spray-dried egg powders were monitored every 6 days for 30 days during storage at accelerated temperature of 30 °C. It was found that oxidation in terms of TBARS and hexanal contents of the CLA supplemented spray-dried egg powders were lower ($p < 0.05$) than those prepared from soybean oil fed eggs. The rates of increasing of TBARS and hexanal were also lower.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....ง
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ญ
สารบัญรูป.....ฎ
บทที่
1. บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....4
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....4
1.4 วิธีดำเนินการวิจัยโดยย่อ.....5
1.5 ประโยชน์ของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ.....5
เอกสารอ้างอิง.....6
2. ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....7
2.1 คำนำ.....7
2.2 คุณสมบัติเชิงชีววิทยาของ CLA.....9
2.3 CLA ในเนื้อและผลิตภัณฑ์จากสัตว์.....10
เอกสารอ้างอิง.....13
3. คุณภาพทางเคมีและกายภาพของเนื้อไก่กระทงเลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองและ.....17
เสริมด้วย Conjugated Linoleic Acid (CLA)
3.1 คำนำ.....17
3.2 วัตถุประสงค์.....18
3.3 อุปกรณ์และวิธีการ.....18
3.3.1 สัตว์ทดลองและอาหารสัตว์.....18
3.3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีเบื้องต้น (Proximate Analysis).....19
3.3.3 การวิเคราะห์ Fatty Acid Methylesters.....19
3.3.4 การวิเคราะห์ Cholesterol.....20

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.5 การวิเคราะห์ Collagen..... 20
3.3.6 การวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชันของลิปิด.....21
3.3.7 การวัดสีและเนื้อสัมผัส.....21
3.3.8 การประเมินทางประสาทสัมผัส.....22
3.3.9 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....22
3.4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....22
3.4.1 องค์ประกอบทางเคมีและลิปิดของเนื้อไก่.....22
3.4.2 ความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันของเนื้อไก่กระทง.....27
3.4.3 คุณภาพสีและเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่กระทง.....31
3.5 สรุปผลการทดลอง.....36
เอกสารอ้างอิง.....37
4. การเปรียบเทียบ CLA และการเกิดออกซิเดชันของลูกชิ้นผลิตจากไก่กระทง.....40
เลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองและเสริมด้วย CLA
5. คุณลักษณะทางเคมีกายภาพของเนื้อหมูเลี้ยงด้วยน้ำมันปาล์มและเสริมด้วย.....45
Conjugated Linoleic Acid
6. ปริมาณ CLA และการเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันของกุนเชียง.....53
ผลิตจากเนื้อหมูเลี้ยงด้วยน้ำมันปาล์มและเสริมด้วย CLA
7. คุณภาพทางเคมีของไข่สดและไข่ผงผลิตจากไก่ไข่เลี้ยงด้วย.....58
น้ำมันถั่วเหลืองและเสริมด้วย Conjugated Linoleic Acid (CLA)
7.1 คำนำ.....58
7.2 วัตถุประสงค์.....59
7.3 อุปกรณ์และวิธีการ.....59
7.3.1 ไข่ไก่และอาหารสัตว์.....59
7.3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไข่สด.....60
7.3.2.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีเบื้องต้น (Proximate Analysis).....60
7.3.2.2 การวิเคราะห์ Fatty Acid Methylesters.....60
7.3.2.3 การวิเคราะห์ Cholesterol.....60
7.3.3 การเกิดออกซิเดชันของไข่ผง.....61

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

7.3.3.1 การผลิตไข่ผงด้วยการระเหยแห้งแบบพ่นฝอย.....61
7.3.3.2 คุณภาพการเก็บและการเกิดออกซิเดชันของไข่ผงที่อุณหภูมิ 30 °C 62
7.3.3.3 การวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชันของลิปิด.....62
7.3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....62
7.4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....62
7.4.1 องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นและลิปิดของไข่สด..... ..62
7.4.2 ปริมาณ CLA ของไข่แดง ไข่ทั้งฟอง และไข่ผง.....65
7.4.2.1 ปริมาณ CLA ของไข่แดงสด.....65
7.4.2.2 ปริมาณ CLA ของไข่สดทั้งฟองและไข่ผงทั้งฟอง.....65
7.4.3 การเกิดออกซิเดชันของไข่ผงทั้งฟองขณะเก็บรักษา.....69
7.5 สรุปผลการทดลอง.....70
เอกสารอ้างอิง.....74
8. สรุปผลการทดลอง.....77
8.1 ผลการเสริม CLA ต่อคุณสมบัติเคมีกายภาพของเนื้อไก่และ.....77
ผลิตภัณฑ์ผลิตจากเนื้อไก่กระทง
8.2 ผลการเสริม CLA ต่อคุณสมบัติเคมีกายภาพของเนื้อหมูและ.....78
ผลิตภัณฑ์ผลิตจากเนื้อหมู
8.3 ผลการเสริม CLA ต่อคุณสมบัติเคมีกายภาพของไข่ไก่และ.....78
ผลิตภัณฑ์ผลิตจากไข่ไก่
ประวัติผู้วิจัย.....80

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 CLA content of selected foods.....3

3.1 Chemical composition (mean ± SE) of chicken breast and thigh meats affected 23
by 5.0% soybean oil, and 0.5%, 1.0% and 1.5% CLA supplemented of chicken diets

3.2 Fatty acids profile of fresh breast (mg/g meat).....25

3.3 Fatty acids profile of fresh thigh (mg/g meat).....26

7.1 Mean value of water activity, TBARS and L values of whole egg powder.....61

7.2 Chemical compositions of fresh egg albumen and egg yolk affected by.....63
4% soybean oil, and 1.0%, 2%, 3% and 4% CLA in laying hen diets (mean ± SD)

7.3 Fatty acids profiles (mg/g) of fresh egg yolk affected by 4% soybean oil, ...67
and 1.0%, 2%, 3% and 4% CLA in laying hen diets (mean ± SD)

7.4 CLA contents (mg/g) of fresh whole egg affected by 4% soybean oil, ...68
and 1.0%, 2% and 3% CLA in laying hen diets (mean ± SD)

7.5 CLA contents (mg/g) of spray-dried whole egg powder affected 69
by 4% soybean oil, and 1.0%, 2% and 3% CLA in laying hen diets (mean ± SD)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 Chemical structures of linoleic acid and conjugated linoleic acid, ……..……..7
A= *trans*-10, *cis*-12 C18:2, B = *cis*-9, *trans*-11 C18:2, C = *cis*-9,*cis*-12 C18:2.

2.2 Pathways of CLA biosynthesis (*cis*-9, *trans*-11 C18:2)……8

2.3 Putative biochemical pathways for the Δ9-desaturase system involved……..……8
in the endogenous synthesis of cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid.

3.1 CLA contents in breast and thigh meats affected by 5.0% soybean oil, ……28
and 0.5, 1.0 and 1.5% CLA supplemented in chicken diets. SBO = soybean oil,
CLA = conjugated linoleic acid. Means (± SE) with different letters are
significantly different (P < 0.05) within CLA isomer (n = 4).

3.2 TBARS and hexanal contents of breast meats affected by 5.0% soybean oil, ……..…..29
and 0.5, 1.0 and 1.5% CLA supplemented in chicken diets. SBO = soybean oil,
CLA = conjugated linoleic acid. Means (± SE) with different letters are
significantly different (P < 0.05) within CLA isomer (n = 4).
(Raw meat = stored at 4 °C, 48 h; Stored, cooked meat = raw meat stored
at 4 °C, 48 h, cooked; Cooked, stored meat = cooked meat stored at 4 °C, 48 h).

3.3 TBARS and hexanal contents of thigh meats affected by 5.0% soybean oil, ……30
and 0.5, 1.0 and 1.5% CLA supplemented in chicken diets. SBO = soybean oil,
CLA = conjugated linoleic acid. Means (± SE) with different letters are
significantly different (P < 0.05) within CLA isomer (n = 4).
(Raw meat = stored at 4 °C, 48 h; Stored, cooked meat = raw meat stored
at 4 °C, 48 h, cooked; Cooked, stored meat = cooked meat stored at 4 °C, 48 h).

3.4 Oxidized flavor score of breast and thigh meats affected by 5.0% soybean oil, ……32
and 0.5, 1.0 and 1.5% CLA supplemented in chicken diets. SBO = soybean oil,
CLA = conjugated linoleic acid. Means (± SE) with different letters are
significantly different (P < 0.05) within CLA isomer.
Raw meat = stored at 4 °C for 48 h; Stored, cooked meat = raw meat stored
at 4 °C for 48 h, then cooked; Cooked, stored meat = cooked meat,

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

then stored at 4 °C for 48 h.
(Score: 1 = no oxidation, 2 = slight oxidation, 3 = moderate oxidation,
4 = strong oxidation, 5 = extreme oxidation).

3.5 Color of raw and cooked breast meats affected by 5.0% soybean oil, ...33
and 0.5, 1.0 and 1.5% CLA supplemented in chicken diets. SBO = soybean oil,
CLA = conjugated linoleic acid. Means (± SE) with different letters are
significantly different (P < 0.05).

3.6 Color of raw and cooked thigh meats affected by 5.0% soybean oil, ...34
and 0.5, 1.0 and 1.5% CLA supplemented in chicken diets. SBO = soybean oil, CLA =
conjugated linoleic acid. Means (± SE) with different letters are significantly different (P <
0.05).

3.7 Texture of raw and cooked breast and thigh meats affected by 5.0% soybean oil, ...35
and 0.5, 1.0 and 1.5% CLA supplemented in chicken diets. SBO = soybean oil,
CLA = conjugated linoleic acid. Means (± SE) with different letters are
significantly different (P < 0.05).

7.1 CLA content in fresh egg yolk affected by 4% soybean oil, and 1, 2 68
and 3% CLA supplemented in laying hen diets. SBO = soybean oil,
CLA = conjugated linoleic acid. Means (± SD) with different letters
are significantly different (p <0.05) within CLA isomer

7.2 CLA content in fresh whole egg and spray-dried whole egg powder 71
affected by 4% soybean oil, and 1, 2 and 3% CLA supplemented in
laying hen diets. SBO = soybean oil, CLA = conjugated linoleic acid.
Means (± SD) with different letters are significantly different (p <0.05)
within CLA isomer (n = 6).

7.3 TBARS (mg MDA/kg) and hexanal (mg/kg) contents of spray-dried 72
whole egg powder affected by 4% soybean oil, and 1, 2 and 3% CLA
supplemented in laying hen diets. SBO = soybean oil, CLA = conjugated

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

linoleic acid. Means (± SD) with different letters are significantly different ($p < 0.05$) within CLA isomer ($n = 6$).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

เนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เป็นแหล่งอาหารโปรตีนหลักที่มีการบริโภคในหลายประเทศและเป็นโปรตีนที่มี Biological value สูงมาก ทั้งนี้ในปิรามิดอาหาร (Food guide pyramid) ได้จัดเนื้อสัตว์รวมกับเนื้อสัตว์ปีก เนื้อปลา และไข่ ไว้ในกลุ่มอาหารโปรตีน (Protein food group) เนื้อสัตว์เป็นแหล่งที่ดีของวิตามิน (thiamin, riboflavin, niacin, B6 และ B12) และแร่ธาตุที่จำเป็นต่อเมตาโบลิซึมในร่างกาย (iron และ zinc) (Arihara, 2006) ซึ่งวิตามินและแร่ธาตุเหล่านี้อาจจะมีน้อยหรือไม่มีเลยในอาหารชนิดอื่น อย่างไรก็ตามสำหรับผู้บริโภคบางส่วนมีภาพพจน์เกี่ยวกับเนื้อสัตว์ในด้านลบว่าเป็นอาหารที่มีไขมันสูง และเนื้อสัตว์ประเภทเนื้อแดง (red meat) เป็นอาหารที่ส่งเสริมให้เกิดมะเร็งได้ (cancer-promoting food) (Ovesen, 2004a, 2004b) กอปรกับเกลือ (sodium chloride) ที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูงสำหรับผู้บริโภคได้ (Ruusunen and Puolanne, 2005) จึงทำให้แนวโน้มการบริโภคเนื้อสัตว์ลดลงมาก

ปัจจุบันอาหารที่มีคุณภาพเชิงหน้าที่ต่อสุขภาพ (Functional food) เป็นที่สนใจของผู้บริโภคเป็นอันมาก ดังนั้นการพัฒนาให้เนื้อสัตว์เป็นอาหารที่มีคุณค่าเชิงหน้าที่ที่มีผลต่อสุขภาพที่ดีขึ้นจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะทำให้ผู้บริโภคเพิ่มการบริโภคเนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มากขึ้น ทั้งนี้เพราะเนื้อสัตว์เป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่ดี และผู้บริโภคยังจะได้รับสารที่มีผลต่อสุขภาพที่ดีขึ้นด้วย วิธีการที่สามารถพัฒนาเนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้เป็นอาหารเชิงหน้าที่ได้โดยการแนะนำของ Jiménez-colmenero et al. (2001) ดังนี้

1. Modification of carcass composition
2. Manipulation of meat raw materials
3. Reformulation of meat products
   - Reduction of fat content
   - Modification of fatty acid profile
   - Reduction of cholesterol
   - Reduction of calories
   - Reduction of sodium content
   - Reduction of nitrites
   - Incorporation of functional ingredients

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เป็นที่ทราบกันดีว่าสามารถปรับปรุงองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์จากสัตว์ได้โดยการจัดการทางอาหารเลี้ยงสัตว์ มีงานวิจัยที่รายงานว่า การปรับเปลี่ยนสภาวะอาหารสัตว์มีผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ชีววิทยา (bioactive content) ในเนื้อสัตว์ได้ อาทิ สารกลุ่ม conjugated lonoleic acid และ L-carnitine (Krajcovicova-Kudlackova et al., 2000; Mir et al., 2004)

Conjugated linoleic acid หรือ CLA เป็นชื่อเรียกโดยรวมของกลุ่มกรดไขมันที่มีโครงสร้างเคมี 18 carbon atom และมีพันธะคู่ 2 คู่สลับที่กับพันธะเดี่ยว (conjugated double bonds) ตัวอย่างเช่น *cis*-9, *trans*-11 และ *trans*-10, *cis*-12 CLA เป็นต้น Ha et al. (1987) รายงานครั้งแรกการพบ CLA ว่าเป็นสารต้านการผิดแผกของเซลล์ (mutagenesis) ที่พบในเนื้อวัวย่าง ต่อมาได้มีการพบ CLA ในผลิตภัณฑ์นม และมีงานวิจัยที่รายงานว่า CLA มีประสิทธิภาพเป็นสารต้านออกซิเดชัน โรคเบาหวานและอาหารมะเร็งลำไส้ (Arihara, 2006) โดยธรรมชาติพบ CLA ในเนื้อสัตว์เคี้ยวเอื้อง (วัว และแกะ เป็นต้น) โดยการสังเคราะห์ของเชื้อแบคทีเรียในกระเพาะของสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากสัตว์กระเพาะเดี่ยว (monogastric animals) มีปริมาณ CLA น้อยมาก การเพิ่มปริมาณ CLA ในเนื้อสัตว์จึงเป็นวิธีหนึ่งที่จะทำให้ผู้บริโภคเนื้อสัตว์ได้รับ CLA มากขึ้นจากการบริโภคเนื้อสัตว์ และการเสริม CLA ในอาหารสัตว์เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถเพิ่มปริมาณ CLA ในเนื้อสัตว์ได้

การแปรรูปอาหารด้วยความร้อนจะทำให้เกิด isomerization ของ linoleic acid และเกิด CLA มากขึ้น และพบว่าความร้อนในการทำเนยแข็งจะทำให้มีปริมาณ CLA ในเนยแข็งและเนยแข็งแปรรูป (processed cheese) เพิ่มขึ้น Lin et al. (1999) พบว่ากระบวนการผลิต การบ่มและชนิดของเนยแข็งมีผลต่อ ปริมาณ CLA ในเนยแข็งต่างกัน ปริมาณ CLA ที่มีในอาหารบางชนิดดังตารางที่ 1 นอกจากนี้ CLA ยังมีความคงตัวต่อการแปรรูปอาหารด้วยความร้อน และพบว่าการแปรรูปและให้ความร้อนผลิตภัณฑ์นม และเนื้อสัตว์ ทำให้สามารถเพิ่มปริมาณ CLA ในผลิตภัณฑ์ได้ (Shantha et al., 1994; Shantha et al., 1995.; Lin et.al., 1998)

ดังนั้นการใช้วัตถุดิบจากเนื้อสัตว์ที่ได้จากการเลี้ยงด้วยอาหารเสริมสูตรต่าง ๆ ที่สามารถเพิ่มปริมาณ CLA ในเนื้อและผลิตผล (ไข่) ได้สำหรับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ จึงเป็นวิถีอีกทางหนึ่งที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้มีคุณค่าทางโภชนาการ และคุณค่าเชิงเภสัช (Nutracuetical properties) มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการใช้ประโยชน์จากสาร antioxidant ที่ได้จากธรรมชาติโดยการจัดการให้ผ่านทางอาหารสัตว์ เพื่อยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหาร และเกิดผลดีต่อผู้บริโภค ที่สามารถได้รับ CLA จากอาหาร โดยไม่จำเป็นต้องรับประทาน CLA ที่มีจำหน่ายในรูปแคปซูล ซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

จากข้อมูลการศึกษาที่ผ่านมาสรุปได้ว่า CLA เป็นไขมันที่พบตามธรรมชาติในน้ำนมและเนื้อวัว แต่มีปริมาณต่ำ (ตารางที่ 1) และการจัดการอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มปริมาณ CLA ทำได้โดยการให้อาหารที่เหมาะสมกับสัตว์ชนิดต่าง ๆ และขบวนการแปรรูปโดยใช้ความร้อน สามารถเพิ่มปริมาณ CLA ใน

ผลิตผลที่ผลิตจากสัตว์ที่ใช้เป็นอาหารได้ ปริมาณ CLA ที่เพิ่มขึ้นอาหารจะมีส่วนช่วยให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์ของ CLA โดยตรงและมีความต้องการบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มากขึ้น จะมีผลให้เกษตรและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตภัณฑ์จากสัตว์ มีเศรษฐกิจดีอย่างต่อเนื่อง

Table 1.1 CLA content of selected foods

Food	Total CLA (mg/g fat)	Cis-9,trans-11 isomer (%)
Dairy Products		
Homogenized milk	5,5	92
Butter	4,7	88
Sour cream	4,6	90
Plain yoghurt	4,8	84
Nonfat yoghurt	1,7	83
Ice cream	3,6	86
Sharp cheddar cheese	3,6	93
Mozzarella cheese	4,9	95
Colby cheese	6,1	92
Cottage cheese	4,5	83
American processed cheese	5,0	93
Fresh ground beef	4,3	85
Beef round	2,9	79
Veal	2,7	84
Lamb	5,6	92
Pork	0,6	82
Poultry (uncooked)		
Chicken	0,9	84
Fresh ground turkey	2,5	76
Seafood (uncooked)		
Salmon	0,3	-
Lake trout	0,5	-
Shrimp	0,6	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Table 1.1 (Continued)

Vegetable oils		
Safflower	0,7	44
Sunflower	0,4	38
Canola	0,5	44
Corn	0,2	39

www.nationaldairycouncil.org.

ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลและประสิทธิภาพของ CLA ที่เสริมในอาหารเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะสุกร และไก่ ที่มีต่อคุณภาพของเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนื้อสัตว์ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริม CLA

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อให้ทราบคุณภาพทางเคมี กายภาพและประสาทสัมผัสของเนื้อสุกร และเนื้อไก่กระทงที่ได้จากการเลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่มี CLA ในระดับต่าง ๆ

1.2.2 เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีปริมาณ CLA สูง โดยใช้วัตถุดิบจากเนื้อสุกร และเนื้อไก่กระทง ที่ได้จากสูตรอาหารที่มี CLA ในระดับต่าง ๆ

12.3 เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ไข่ผงที่มี CLA สูง และมีคุณภาพเหมาะสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่น ๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยนี้ครอบคลุมถึง

1.3.1 ผลของการเสริมสูตรอาหารสัตว์ด้วย CLA และเมล็ดพืชน้ำมันที่มีต่อคุณภาพและคุณลักษณะของเนื้อสุกร เนื้อไก่ และไข่ไก่

1.3.2 การใช้เนื้อของสัตว์และไข่ไก่ที่เลี้ยงด้วย CLA และเมล็ดพืชน้ำมันผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำให้สุกด้วยความร้อนเพื่อเพิ่มปริมาณ CLA ให้มากขึ้น

1.3.3 ผลของ CLA ต่อคุณภาพและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์สัตว์ ผ่านทางอาหาร

1.4. วิธีดำเนินการวิจัยโดยย่อ

1.4.1 รับตัวอย่างเนื้อสัตว์และไข่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริม CLA ประกอบด้วย เนื้อสุกร เนื้อไก่ และไข่ไก่ จากโครงการวิจัยการเสริม CLA อาหารสัตว์ ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และวิเคราะห์คุณภาพตัวอย่างดิบ

1.4.2 ผลิตกุนเชียงจากเนื้อสุกรที่เลี้ยงด้วยการเสริม CLA ในอาหารสัตว์ ผลิตลูกชิ้นจากเนื้อไก่เลี้ยงด้วยการเสริม CLA ในอาหารสัตว์ และผลิตไข่ผงจากไข่ไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริม CLA ในอาหารสัตว์ โดยเก็บตัวอย่าง ณ อุณหภูมิ 5 ± 1°C เป็นเวลาประมาณ 7-10 วัน

1.4.3 วิเคราะห์คุณภาพเนื้อสด และไข่สด ผลิตภัณฑ์ ข้อ 1.4.3

- วิเคราะห์คุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน ด้วยวิธี proximate analysis
- วิเคราะห์องค์ประกอบและปริมาณ fatty acids, cholesterol และ CLA ด้วยวิธี Chromatography
- วิเคราะห์ผลของ CLA ต่อการเกิด Oxidation ในเนื้อสัตว์ ด้วยการวิเคราะห์ปริมาณ TBARS ด้วยวิธี spectrophotometry และ hexanal ด้วยวิธี chromatography
- วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ด้วย texture analyzer และสีด้วย Hunter color difference
- วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยประเมิน สี เนื้อสัมผัส และกลิ่นรส ด้วยวิธีทาง sensory analysis

1.5 ประโยชน์ของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ทราบผลของ CLA เสริมในอาหารสัตว์สูตรต่าง ๆ ที่มีต่อคุณภาพ และคุณลักษณะของเนื้อสัตว์เนื้อสุกร และเนื้อไก่กระทง หรับการบริโภค

1.5.2 ได้ทราบผลของ CLA เสริมในอาหารสัตว์สูตรต่าง ๆ ที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ผ่านการแปรรูปแล้ว ในเชิงปริมาณ CLA และคุณภาพการเกิดออกซิเดชัน

1.5.3 ได้ทราบคุณภาพและปริมาณ CLA ในไข่สด และไข่ผงที่ผลิตจากไข่ไก่ที่ได้จากแม่ไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริม CLA

1.5.4 ได้ข้อมูลสนับสนุนและส่งเสริมการเลี้ยงสัตว์ให้กับฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ให้มีผลผลิตคุณภาพเชิงสุขภาพและโภชนาการ เหมาะสำหรับการแปรรูป

1.5.5 ได้ผลิตนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาอย่างน้อย 2 คน

1.5.6 ได้ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติจำนวน 3 – 4 เรื่อง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

Arihara, K. 2006. Strategies for designing novel functional meat products. Meat Science. 74:219-229.

Ha, Y.L., Storkson, J. and Pariza, M.W. 1990. Inhibition of benzo(a)pyrene-induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. Cancer Research. 50:1097-1101.

Jiménez-colmenero, F., Carballo, J. and Cofrades, S. 2001. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. Meat Science. 59:5-13.

Krajcovicova-Kudlackova, M., Simoncic, R., Bederova, A., Babinska, K. and Beder, I. 2000. Correlation of carnitine levels to methionine and lysine intake Physiological Research. 49:399-420.

Mir, P.S., McAllister, T.A., Scott, S., Aalhus, J., Baron, V., McCartney, D., et al. 2004. Conjugated linoleic acid-enrich beef production. American Journal of Clonical Nutrition, 79: 1207S-1211S.

Lin, H., Boylston, T.D., Luedecke, L.O. and Shultz, T.D. 1998. Factors affecting the conjugated linoleic acid content of cheddar cheese. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 46:8011-807.

Lin, H., Boylston, T.D., Luedecke, L.O. and Shultz, T.D. 1999. Conjugated linoleic acid content of cheddar-type cheese as affected by processing. Journal of Food Science. 64:874-878.

Ovesen, L. 2004a. Cardiovascular and obesity health concerns. In W.K. Jensen, C. Devine, and M. Dikeman (Eds.). Encyclopedia of Meat Sciences (pp. 623-628), Oxford: Elsevier.

Ovesen, L. 2004b. Cancer health concerns. In W.K. Jensen, C. Devine, and M. Dikeman (Eds.). Encyclopedia of Meat Sciences (pp. 628-633), Oxford: Elsevier.

Ruusunen, M. and Puolanne, E. 2005. Reducing sodium intake from meat products. Meat Science. 70-531-541.

Shantha, N.C., Crum, A.D. and Decker, E.A. 1994. Evaluation of conjugated linoleic acid concentrations in cooked beef. Journal of Agricultural and Food Chem. 42:1757-1760.

Shantha, N.C., Ram, L.N., O'Leary, J., Hicks, C.L. and Decker, E.A. 1995. Conjugated linoleic acid concentration in dairy products as affected by processing and storage. Journal of Food Science. 60:695-697.

www.nationaldairycouncil.org.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คำนำ

Conjugated linoleic acids (CLA) หมายถึง กลุ่มของ fatty acid ที่มีโครงสร้างลักษณะ positional conjugated dienoic isomers ของ linoleic acid (C18:2) มีพันธะคู่ตำแหน่งที่ 8 และ 10, 9 และ 11, 10 และ 12 หรือ 11 และ 13 (Eulitz et al., 1999) โครงสร้าง isomers มากกว่า 18 isomers ที่มีการค้นพบ และ พบว่ามี CLA 2 isomers ที่สำคัญพบในอาหารและมีผลต่อต่อสุขภาพที่ดีได้แก่ *cis*-9, *trans*-11 C18:2 และ *trans*-10, *cis*-12 C18:2 (Hur et al., 2007) (รูปที่ 1)

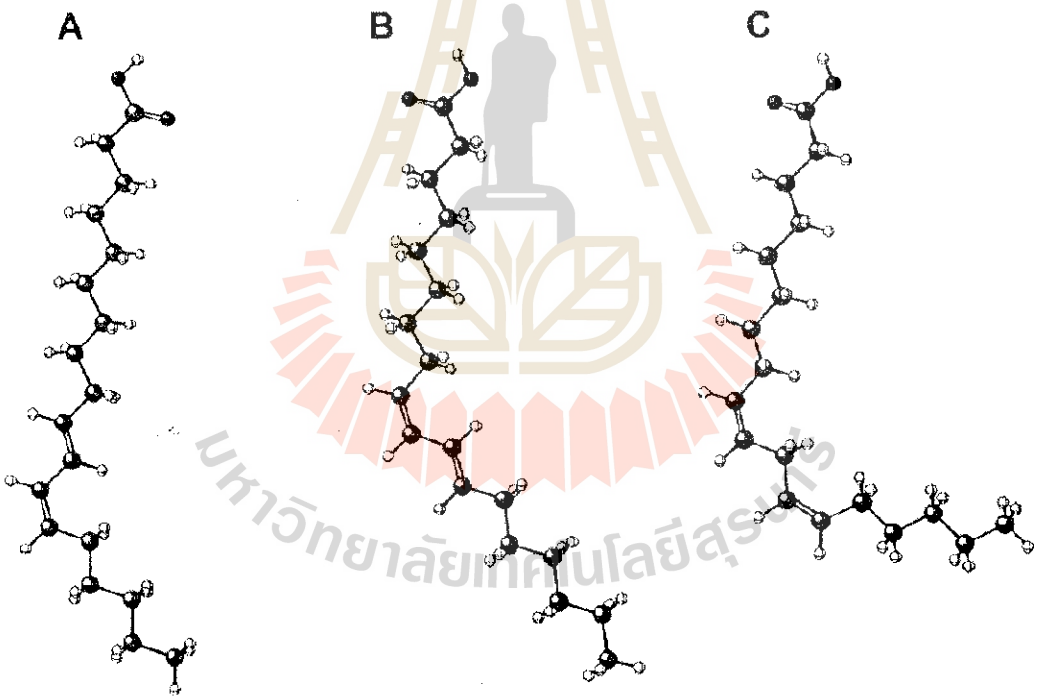

Figure 2.1 Chemical structures of linoleic acid and conjugated linoleic acid, A= *trans*-10, *cis*-12 C18:2, B = *cis*-9, *trans*-11 C18:2, C = *cis*-9,*cis*-12 C18:2. (Bauman et al., 1999)

CLA เป็น fatty acids เกิดและพบโดยธรรมชาติในอาหารหลายชนิดโดยเฉพาะน้ำนมและเนื้อจากสัตว์เคี้ยวเอื้อง อาจมีหรือไม่มีเลยในอาหารจากสัตว์อื่น อาทิ ปลาหรืออาหารประเภทอื่น เช่น

อาหารจากพืช ในผลิตภัณฑ์อาหารจากสัตว์มี CLA เข้มข้น 2.9-11.3 mg/g ของไขมัน (Decker, 1995). ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (ruminant) มีการสร้าง CLA ในทางเดินอาหารด้วยกระบวนการ hydrogenation ของ linoleic acid เป็น CLA (รูปที่ 2) (Bauman et al., 1999) โดยเชื้อจุลินทรีย์ประเภท Gram-positive bacteria ได้แก่ *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Ruminococcus albus* และ *Eubacterium* sp. (Kepler et al., 1967) เอนไซม์ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์จะย่อยไขมัน (hydrolysis) และกรดไขมัน linoleic acid (C18:2) จะถูกเปลี่ยนเป็น conjugated linoleic acids โดยกระบวนการ isomerization และ biohydrogenation ได้เป็นกรด stearic acid (C18:0) ซึ่งถูกดูดซึมและเพิ่มพันธะคู่ด้วยเอนไซม์ต่าง ๆ ในระบบ desaturase system (รูปที่ 3) และ Δ9-desaturase ในเนื้อเยื่อไขมัน ได้เป็น conjugated linoleic acid

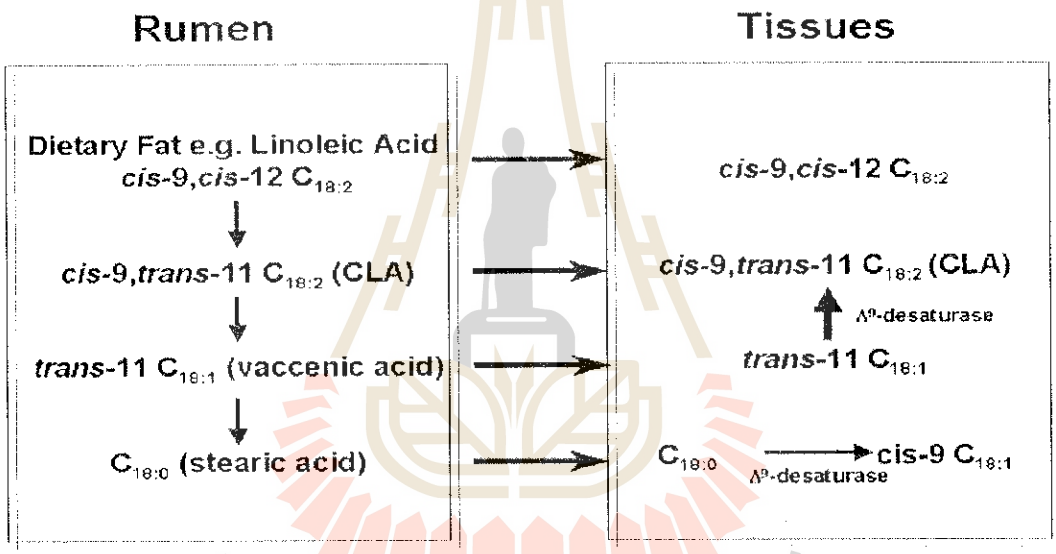

Figure 2.2 Pathways of CLA biosynthesis (*cis*-9, *trans*-11 C18:2). (Bauman et al., 1999)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

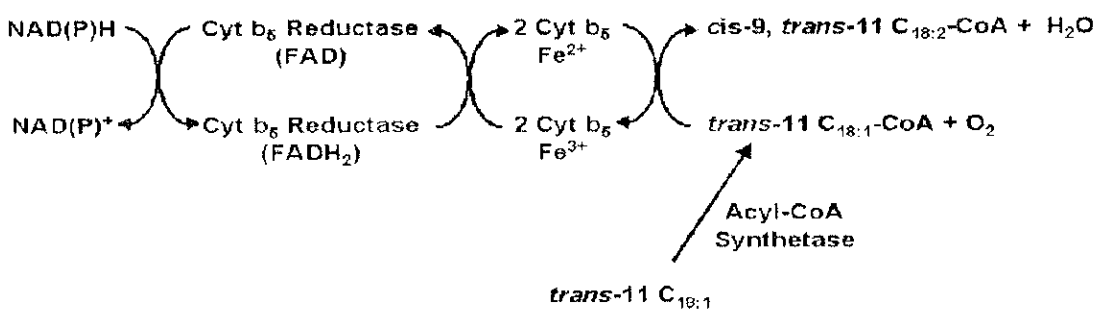

Figure 2.3 Putative biochemical pathways for the Δ9-desaturase system involved in the endogenous synthesis of cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid. (Bauman et al., 1999)

2.2 คุณสมบัติเชิงชีววิทยาของ CLA

Pariza และ Hargraves (1985) ได้รายงานคุณสมบัติเป็น chemoprotective property ของ CLA เป็นครั้งแรก โดยพบว่าในเนื้อวัวย่างมี CLA สามารถยับยั้งการเจริญของเนื้องอกในระยะแรกในหนูทดลองที่กระตุ้นโดย 7,12-dimethylbenz(a) anthracene (DMBA) ผลการวิจัยต่อ ๆ มาได้พบว่า CLA สามารถยับยั้งการเกิดเนื้องอกในกระเพาะ เต้านม ปอดและลำไส้ใหญ่ของหนูทดลองได้ (Ha et al., 1990; Ip et al., 1991; Liew et al., 1995) นอกจากนี้ Ha et al. (1990) และ Ip et al. (1991) ยังพบว่า CLA มีคุณสมบัติเป็น antioxidant ด้วย ทั้งนี้ Yu (2001) ได้ทดลองคุณสมบัติการจับอนุมูลอิสระของ CLA เปรียบเทียบกับ linoleic acid โดยทดลองกับ 2,2-diphenyl-1-picryhydrazyl radical (DPPH) พบว่า ED_{50} ของ CLA มีค่า 18 mg/ml และมีประสิทธิภาพต่ำกว่า vitamin E, vitamin C และ BHT แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่า linoleic acid จากการทดลองของ Yu et al. (2002) รายงานว่าทั้ง 2 isomers ของ *cis*-9, *trans*-11 และ *trans*-10, *cis*-12 CLA แสดงผลจับกับ DPPH เช่นกัน แต่ *trans*-10, *cis*-12 CLA มีปฏิกิริยาเร็วกว่าในระยะเริ่มต้น และสารละลายผสมของ ทั้ง 2 isomers จะให้ปฏิกิริยาที่เร็วขึ้น ซึ่งแสดงถึง synergistic effect ของ CLA isomers

ผลการทดลองจากหลายการวิจัยโดยใช้สัตว์ทดลอง ได้มีรายงานว่า CLA มีประสิทธิภาพต้านมะเร็ง (anticarcinogenic effects) ในสัตว์ทดลองได้ โดยมีผลต่อการลดการเกิด stomach neoplasia (Ha et al., 1990) ลดการเกิดเนื้องอกในเต้านม (mammary tumors) (Ip et al., 1996) และลดอาการทางผิวหนัง (skin papillomas) (Belury et al., 1996) และ Ip et al. (1999) รายงานว่า การใช้ CLA ปริมาณเพียง 0.05% สามารถลดการเกิดเนื้องอกในเต้านมของหนูทดลองได้อย่างมีนัยสำคัญต่างจากหนูทดลองควบคุม นอกจากนี้ มีรายงานว่าการบริโภคอาหารไขมันเนย (butterfat) เสริมด้วย CLA ทำให้ลดโอกาสเสี่ยงการเกิดมะเร็งเต้านมของผู้หญิงในประเทศ Finland (Knekt et al., 1996) และของหนูทดลอง (Ip et al., 1999)

ผลงานวิจัยพบว่า CLA ในอาหารมีผลต่อองค์ประกอบร่างกาย ไขมันและมวลเนื้อ (body fat and lean mass) ของสัตว์ทดลองหลายชนิดรวมทั้งหนูทดลองชนิด หนู mice หนู rat และสุกรด้วย (Chin et al., 1994: Ostrowska et al., 1999: Park et al., 1997: West et al., 1996) ทั้งนี้ CLA มีประสิทธิภาพที่สามารถลดไขมันในร่างกาย (fat replacer) ได้ (Brodic et al., 1999; Park et al., 1999) DeLaney et al. (1999) รายงานว่าการทดลองให้อาหารที่มี CLA กับหนู mice ลดน้ำหนักหนูได้ 22% ถึง 40% โดยไม่กระทบการใช้พลังงานแต่อย่างใด และเป็นการพบที่สอดคล้องกับการทดลองของ Park et al. (1997) การทดลองโดยใช้หนู mice อายุมากกว่า 6 เดือน ใช้อาหารที่เสริมด้วย CLA ให้กินอาหารแบบจำกัดและให้กินอาหารแบบเต็มที่ของ Park et al. (2007) ผลปรากฏว่า CLA นอกจากจะลดไขมันและเพิ่มมวลเนื้อของหนูทดลองแล้ว ยังช่วยป้องกันไม่ให้หนูทดลองมีปริมาณไขมันของ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ร่างกายเพิ่มกลับอีกหลังจากผ่านการลดน้ำหนักด้วยอาหารที่เสริมด้วย CLA ยังไม่มีการอธิบายกลไกการเปลี่ยน แปลงองค์ประกอบร่างกายเนื่องจาก CLA ที่แน่ชัด จากการทดลองในสัตว์ทดลองพบว่าการใช้ไขมันมีกระบวนการ lipolysis และ beta oxidation ของกรดไขมันมากขึ้น มีการสะสมไขมันในเนื้อเยื่อไขมันน้อยลง (Park et al., 1999) และร่างกายมีการใช้พลังงานมากขึ้น

มีรายงานทดลองการใช้ CLA กับมนุษย์ Blankson et al. (2000) ทดลองใช้ CLA กับผู้ที่มีมวลร่างกาย (body mass index, BMI) ระหว่าง 25-30 kg/m^2 พบว่าผู้ร่วมการทดลองมีแนวโน้มลดลงของค่า BMI และปริมาณ CLA 3.4 g/day ผู้ทดลองมีมวลไขมันของร่างกาย (body fat mass) ลดลงแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ CLA ปริมาณ 6.8 g/day ทำให้มวลเนื้อของร่างกาย (lean body mass) เพิ่มขึ้น และแนะนำว่าเพื่อให้มวลไขมันลดลงและมวลเนื้อเพิ่มขึ้นควรมีการกิน CLA 3.4 g/day และสอดคล้องกับการทดลองของ Whigham et al. (2007) ที่แนะนำว่ามนุษย์ควรได้รับ CLA 3.2 g/day เพื่อการลดไขมันในร่างกาย

2.3 CLA ในเนื้อและผลิตภัณฑ์จากสัตว์

CLA เป็น fatty acids เกิดและพบโดยธรรมชาติในอาหารหลายชนิดโดยเฉพาะน้ำนมและเนื้อจากสัตว์เคี้ยวเอื้อง Schmid et al. (2005) ได้รวบรวมข้อมูลปริมาณ CLA ในเนื้อสัตว์ชนิดต่าง ๆ เนื้อสัตว์เคี้ยวเอื้องมีมากกว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยว เนื้อแกะมี CLA ที่สุด (4.3-19.0 mg/g lipid) เนื้อวัวมีปริมาณรองลงมา (1.2-10.0 mg/g lipid) เนื้อสุกร เนื้อไก่ และเนื้อม้ามี CLA ต่ำกว่า 1 mg/g lipid และเนื้อสัตว์ป่าหลายชนิด เช่นเนื้อเอลค์ (elk) ไบซัน (bison) และเนื้อกระบือ มี CLA สูงกว่า 1 mg/g lipid และพบว่าเนื้อเยื่อไขมันของแกงการู (kangaroos) ปริมาณ CLA สูงที่สุดถึง 38 mg/g fatty acid จะเห็นว่าเนื้อสัตว์โดยทั่วไปแม้จะมี CLA ในปริมาณพอสมควรแต่ก็ยังไม่พอสำหรับผู้บริโภคให้ได้ประโยชน์เชิงสุขภาพตามที่ Ip et al. (1995) ได้ประมาณไว้สูงถึง 3.0 g CLA/day สำหรับผู้ที่มีน้ำหนัก 70 kg ซึ่งปริมาณนี้สูงถึง 3 เท่าของการได้รับตามปกติในแต่ละวันของผู้บริโภคในสหรัฐอเมริกา ดังนั้นจึงจำเป็นที่ต้องมีการเพิ่มปริมาณ CLA ในอาหารให้มีมากขึ้นจากที่มีโดยธรรมชาติอยู่แล้ว

ดังนั้นวิถีทางเดียวที่มนุษย์จะได้รับ CLA โดยการรับประทานผลิตภัณฑ์นมและเนื้อวัวในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมาก ๆ การเพิ่มการบริโภคอาหารไขมันให้มากขึ้น เพื่อให้ได้รับปริมาณ CLA มากขึ้นนั้น เป็นสิ่งที่ไม่ควรปฏิบัติ เพราะอาจทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจอุดตัน และอาจเป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็งได้ ดังนั้นเพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพ การเพิ่ม CLA ในอาหารสำหรับมนุษย์อาจทำได้โดยการเพิ่มปริมาณ CLA ในอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ เพื่อให้สัตว์ชนิดนั้น ๆ เป็นตัวเพิ่ม CLA ในอาหารสำหรับมนุษย์ได้เมื่อมนุษย์บริโภคผลิตภัณฑ์จากสัตว์นั้น ๆ ได้มีการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการเสริม CLA ในอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อคุณภาพซากสัตว์ เนื้อสัตว์ และผลิตผลจากสัตว์ อาทิ

การใช้วัตถุดิบที่มีปริมาณไขมันสูง เสริมด้วย CLA ในสูตรอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง สัตว์ปีก และสุกร (Dhiman et al., 1999, 2000; Du et al., 2000; Latour et el., 2000; Waylan et al., 1999) Wiegand et al. (2000) พบว่า การเสริม isomers ของ CLA ในอาหารสุกร ทำให้ปริมาณไขมันแข็ง (backfat) ของซากลดลงได้ถึง 20% ความแน่นของกล้ามเนื้อดีขึ้นและปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ทำให้เนื้อสุกรที่ได้มีคุณลักษณะดีเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคมากขึ้นทั้งในตลาดในประเทศและตลาดในต่าง ประเทศด้วย

Dhiman et al. (2000) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ และปริมาณ CLA ในน้ำนมและพบว่าวัวที่ให้กินหญ้าเขียวโดยเฉพาะ ryegrass หรือเลี้ยงในทุ่งหญ้าธรรมชาติจะให้น้ำนมที่มี CLA 50% มากกว่าวัวที่เลี้ยงด้วยอาหาร conserved forage เช่น alfalfa, corn silage และเมล็ดธัญญพืช 50% นอกจากนี้นักวิจัยยังพบว่าสามารถเพิ่ม CLA ในน้ำนมวัวได้โดยการเพิ่มถั่วเหลืองป่นคั่วกับ alfalfa และ corn silage และเมื่อผสมน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันลินซีดกับอาหารแห้งประมาณ 2-4% CLA ในน้ำนมมีมากกว่ากับเมื่อการเลี้ยงวัวด้วยปล่อยในทุ่งหญ้า นอกจากนี้ Dhiman et al. (1999) ยังพบว่าปริมาณ CLA ในน้ำนมเพิ่มขึ้นเกือบ 2 เท่า เมื่อเลี้ยงวัวด้วย full-fat extruded soybeans และ cottonseed ทั้งนี้อาจเนื่องจากการทำให้เมล็ดถั่วและเมล็ดฝ้ายแตกป่นจะทำให้ปลดปล่อยสารเคมีสำคัญในการสังเคราะห์เป็น CLA

น้ำนมวัวมีจำหน่ายทั่วไปในตลาดต่างประเทศทางตะวันตกมี CLA เฉลี่ย 4-5 mg/g fat ถ้าน้ำนมวัวมีปริมาณไขมันต่ำก็จะมีปริมาณ CLA ในน้ำนมต่ำด้วย การประกอบอาหารและแปรรูปอาหารไม่ทำให้ปริมาณ CLA เปลี่ยนแปลง และการเพิ่ม CLA ในน้ำนมจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากน้ำนมนั้นมี CLA เพิ่มขึ้นด้วย (Reiner, 1996) Ma et al. (1999) พบว่า CLA ในผลิตภัณฑ์เนื้อวัวและน้ำนมของประเทศแคนนาดาในรูป Δ9c,11t-18:2 isomer มีประมาณ 1.2 และ 6.2 mg/g fat หรือ 0.0001-4.3 mg/g หรือ mg/mL ของตัวอย่าง ซึ่งถ้าคิดต่อการเสิร์ฟอาหารเป็นประมาณ 0.03 และ 81.0 mg/serving Lin et al. (1999) พบว่าเนยแข็งบรรจุกระป๋องมี CLA (3.03 mg/g lipid) มากกว่าเนยแข็งบรรจุในพลาสติกสุญญากาศ (2.70 mg/g lipid) อย่างมีนัยสำคัญ การเติม BHA, tyrosine และ lysine ในเนยแข็งและบ่ม 6 เดือน จะทำให้ปริมาณ CLA ลดลง

ดังนั้นการทำวิจัยนี้จึงมีแนวคิดและสมมุติฐานจากการที่เชื่อกันมานานแล้วว่า เนื้อสัตว์ (red meat) และอาหารนมเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูง และทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ โรคมะเร็งลำไส้ และโรคอื่น ๆ การเสริม CLA ในสูตรอาหารสัตว์จะช่วยเพิ่มปริมาณ CLA ในเนื้อสัตว์ และได้ผลผลิตที่มีไขมันต่ำ (leaner meat) เพราะ CLA มีคุณสมบัติเป็น fat replacer ซึ่งทำให้ผู้บริโภคได้รับคุณประโยชน์นี้จาก CLA โดยการบริโภคผลิตภัณฑ์จากสัตว์ที่เลี้ยงโดยการเสริมด้วย CLA (Dhiman et al., 1999, Dhiman et al., 2000; Du et al., 200) ดังนั้นการเลี้ยงสัตว์ปีกด้วยอาหารเสริม สูตรที่มี CLA ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคได้ทางหนึ่งที่จะได้บริโภคเนื้อสัตว์ที่มีปริมาณไขมัน

ต่ำ และเป็นการลดการใช้สารเคมีชนิดอื่นที่เป็นอันตรายและราคาแพงในอาหารสัตว์เพื่อลดปริมาณไขมันในเนื้อสัตว์

จากผลการวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ ได้พบว่า CLA เป็นสารที่มีประสิทธิภาพเป็น antioxidant ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจเนื่องจากหลอดโลหิตตีบตัน (Schrezenmeir, Jr., 2000; Pariza et al., 1985) ดังนั้นการเลี้ยงสัตว์ด้วยอาหารสูตรที่มี CLA จะทำให้ผลผลิตเนื้อสัตว์มีปริมาณ CLA ที่เป็น antioxidant ในผลผลิตที่สามารถป้องกันการเกิด oxidation ในผลผลิตจากสัตว์ ซึ่งจะทำให้สามารถยืดอายุการเก็บของผลผลิตได้อีกทางหนึ่ง และเป็นการปรับปรุงคุณลักษณะและคุณภาพของผลผลิตจากสัตว์ได้ด้วย

เนื่องจาก CLA มีความคงตัวต่อความร้อนที่ใช้ในการแปรรูปอาหารและพบว่าความร้อนยังสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่เพิ่มปริมาณ CLA ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ (Lin et al. 1998; Shantha et al, 1994; Shantha et al., 1995) ดังนั้นการผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ใช้วัตถุดิบที่ได้จากสัตว์ที่เลี้ยงด้วยสูตรเพิ่ม CLA จึงเป็นการเพิ่มปริมาณ CLA ในผลิตภัณฑ์อาหารมากยิ่งขึ้น ซึ่งอาจเพียงพอ ตามปริมาณแนะนำ (recommended dosage) คือ 2.5 – 5 กรัมต่อวัน (Anonymous, 2001) การผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ท้องถิ่นบางชนิด และผลิตภัณฑ์ทางตะวันตกที่จำหน่ายในตลาดต้องใช้ความร้อนในการผลิต เช่น ลูกชิ้น กุนเชียง และไส้กรอก จึงเป็นโอกาสที่จะเพิ่ม CLA ในผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้เป็นอย่างดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

Anonymous. 2001. Bodybuilding For You. www.bodybuildingforyou.com

Bauman, D.E., Baumgard, L.H., Cori, B.A. and Griinari, J.M. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. In Proceedings of the American Society of Animal Science. http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0937.

Belury, M.A., Bird, C., Nickel, K.P. and Wu, B. 1996. Inhibition of mouse skin tumor promoton by dietary conjugated linolcate. Nutr. Cancer. 26:149-157.

Blankson, H., Stakkestad, J.A., Fagerton, H., Thom, E., Wadstein, J. and Gudmundsen, O. 2000. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. J. Nutr. 130:2943-2948.

Brodie, A.E., Manning, V.A. Ferguson, K.R. Jewell, D.E. and Hu, C.Y. 1999. Conjugated linoleic acid inhibits differentiation of pre- and postconfluent 3T3-L1 preadipocytes but inhibits cellproliferation only in preconfluent cells. J. Nutr. 129-602-606.

Chin, S.F., Storkson, J.M., Albright, K.J., Cook, M.E. and Pariza, M.W. 1994. Conjugated linoleic acid is a growth factor for rats as shown by enhanced weight gain and improved feed efficiency. J. Nutr. 124:2344-2349.

Decker, E.A. 1995. The role of phenolics, conjugated linoleic acid, carnosine, and pyrroloquinoline quinone as nonessential dietary antioxidants. Nutr. Res. 53:49-58.

DeLany, J.P., Blohm, F., Truett, A.A., Scimeca, J.A., and West, D.B. 1999. Conjugated linoleic acid rapidly reduces body fat content in mice without affectin energy intake. Am. J. Physiol. 276:R1172-R1179.

Dhiman. T.R., Helmink, E.D., Mcmahon, D.J., Fife, R.L. and . Pariza, M.W. 1999. Conjugated linoleic acid content of milk and cheese from cows fed extruded oilseeds. J. Dairy Sci. 82:412-419.

Dhiman. T.R., Satter, L.D., Pariza, M.W., Galli, M.P., Albright, K. and Tolosa, M.X. 2000. Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. J. Dairy Sci. 83:1016-1027.

Du, M., Ahn, D.U. and Sell, J.L. 2000. Effect of dietary conjugated linoleic acid and linoleic/linolenic acid ratio on polyunsaturated fatty acid status in laying hen. Poultry Sci. 79:1749-1756.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Eulitz, K., Yurawecz, M.P., Sehat, N., Fritsche, J., Roach, J.A.G., Mossoba, M.M., Kramer, J.K.G., Adlof, R.O. and Ku, Y. 1999. Preparation, separation, and confirmation of the eight geometrical cis/trans conjugated linoleic acid isomers 8,10-through 11,13-18:2. Lipids, 34:873-877.

Ha, Y.L., Storkson, J.and Pariza, M..W. 1990. Inhibition of benzo(a)pyrene-induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. Cancer Res. 50:1097-1101.

Hur, S.J., Park, G.B. and Joo, S.T. 2007. Biological activities of conjugated linoleic acid (CLA) and effects of CLA on animal products. Livestock Sci. 111:221-229.

Ip, C., Banni, S., Ahgioni, E., Cart, G., McGinley, J., Thompson, H.J., Barbano, D. and Bauman, D. 1999. Conjugated linoleic acid-enriched butter fat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats. J. Nutr. 129:2135-2142.

Ip, C., Briggs, S.P., Haegele, A.D., Thompson, H.J., Storkson, J. and Scimeca, J. 1996. The efficacy of conjugated linoleic acid in mammary cancer prevention is independent of the level or type of fat in the diet. Carcinogenesis. 17:1045-1050.

Ip, C., Chin, S.F., Scimeca, A. and Pariza, M.W. 1991. Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivative of linoleic acid. Cancer Res. 51:6118-6124.

Ip, C., Scimeca, J.A. and Thompson, H. 1995. Effect of timing and duration of dietary conjugated linoleic acid on mammary cancer prevention. Nutr. Cancer. 24:241-247.

Ip, C., Singh, M., Thompson, H.J. and Scimeca, J.A. 1994. Conjugated linoleic acid suppresses mammary carcinogenesis and proliferative activity of the mammary gland in the rat. Cancer Res. 54:1212-1215.

Kepler, C.R. and Tove, S.B. 1967. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. J. Biol. Chem. 242:5686-5691.

Knekt, P., Järvinen, R., Seppänen, R., Pukkala, E. and Aromaa, A. 1996. Intake of dairy products and the risk of breast cancer. Br. J. Cancer. 73:687-691.

Latour. M.A., Devitt, A.A., Meunier, R.A., Stewart, J.J. and Watkins., B.A. 2000. Effects of conjugated linoleic acid. 1. Fatty acid modification of yolks and neonatal fatty acid metabolism. Poultry Sci. 79:817-821.

Liew, C., Schut, H.A.J., Chin, S.F., Pariza, M.W. and Dashwood, R.H. 1995. Protection of conjugated linoleic acids against 2-amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline-induced colon

carcinogenesis in the F344 rat: A study of inhibitory mechanisms. Carcinogenesis. 16:3037-3043.

Lin, H., Boylston, T.D., Luedecke, L.O. and Shultz, T.D. 1998. Factors affecting the conjugated linoleic acid content of cheddar cheese. J. Agri. Food Chem. 46:8011-807.

Lin, H., Boylston, T.D., Luedecke, L.O. and Shultz, T.D. 1999. Conjugated linoleic acid content of cheddar-type cheese as affected by processing. J. Food Sci. 64:874-878.

Ma, D.W.L., Wierzbicki, A.A., Field, C.J., and Michael, T. C. 1999. Conjugated linoleic acid in Canadian dairy and beef products. J. Agri. Food Chem. 47:1956-1960.

Ostrowska, E., Muralitharan, M., Cross, R.F., Bauman, D.E. and Dunshea, F.R. 1999. Dietary conjugated linoleic acids increase lean tissue and decrease fat deposition in growing pigs. J. Nutr. 129:2037-2042.

Pariza, M.W. and Hargraves, W. 1985. A beef-derived mutagenesis modulator inhibits initiation of mouse epidermal tumors by 1, 2-dimethylbenz(a)anthracene. Carcinogesis. 6:591-593.

Park, Y., Albright, K.J., Liu, W., Storkson, J.M., Cook, M.E. and Pariza, M.W. 1997. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. Lipids. 32:853-858.

Park, Y., Albright, K.J., Storkson, J.M., Liu, W. and Pariza, M.W. 2007. Conjugated linoleic acid (CLA) prevents body fat accumulation and weight gain in an animal model. J. Food Sci. 72:S612-S617.

Park, Y., Storkson, J.M., Albright, K.J., Liu, W. and Pariza, M.W. 1999. Evidence that the trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid induces body composition changes in mice. Lipids, 34:235-241.

Riner, S. 1996. CLA: Does Fat Have a Silver Lining? www.acsh.org/Publications/Priorities/0804/cla.htm

Schmid, A., Collomb, M., Sieber, R. and Bee. G. 2006. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. Meat Sci. 73:29-41.

Schrezenmeir, Jr., P.M. 2000. Bioactive substances in milk with properties decreasing risk of cardiovascular diseases. British J. Nutr. 84:S155-S150 (supp 1).

Shantha, N.C., Crum, A.D. and Decker, E.A. 1994. Evaluation of conjugated linoleic acid concentrations in cooked beef. J Agric. Food Chem. 42:1757-1760.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Shantha, N.C., Ram, L.N., O'Leary, J., Hicks, C.L. and Decker, E.A. 1995. Conjugated linoleic acid concentration in dairy products as affected by processing and storage. J. Food Sci. 60:695-697.

Waylan. A.T., O'Quinn, P.R., Unruh, J.A., Goodband, R.D., Nelssen, J.L., Woodworth, J.C., Tokach, M.D. and Koo, S.I. 1999. Influence of swine dietary supplementation of modified tall oil and vitamin E on longissimus muscle quality characteristics and display color stability. J. Animal Sci. 77(suppl.1):78 (Abstr.).

West, D.B., DeLany, J.P., Camet, P.M., Blohm, F., Truett, A.A. and Simeca, J. 1998. Effects of conjugated linoleic acid on body fat and energy metabolism in the mouse. Am. J. Physiol. 275:R667-R672.

Wiegand. B.R., Swa, J.E., Larsen, S.T., Parrish, Jr., F.C.. and Baas, T.J. 2000. Conjugated linoleic acid improves feed efficiency, decreases backfat and improves pork quality attributes. Journal of animal science. 78(suppl.2):46 (Abstr.).

Whigham, L.D., Watras, A.C. and Schoeller, S.A. 2007. Efficacy of conjugated linoleic acid for reducing fat mass: a meta-analysis in humans. Am. J. Clin. Nutr. 85:1203-1211.

Yu, L. 2001. Free radical scavenging properties of conjugated linoleic acids. J. Agric. Food Chem. 49:3452-3456.

Yu, L., Adams, D. and Gabel, M. 2002. Conjugated linoleic acid isomers differ in their free radical scavenging properties. J. Agric. Food Chem. 50:4135-4140.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3

คุณภาพทางเคมีและกายภาพของเนื้อไก่กระทงเลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองและเสริมด้วย Conjugated Linoleic Acid (CLA)

3.1 คำนำ

Conjugated linoleic acid (CLA) เป็นชื่อเรียกรวมของกรดไขมันที่มีคาร์บอนในโมเลกุล 18 คาร์บอนชนิด octadecadienoic acid และมีพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว หรือเรียกว่า conjugated double bond ซึ่งมี CLA อยู่หลาย isomer ชนิดที่มีคุณภาพที่เป็นประโยชน์เชิงสุขภาพที่มีการผลรายงานการวิจัยมากประกอบด้วยชนิด *cis*-9,*trans*-11 และ *trans*-10,*cis*-12 ในปี ค.ศ. 1979 Pariza (1979) รายงานการพบว่าเนื้อแฮมเบอเกอร์ทอดที่อุณหภูมิสูงมีคุณสมบัติต้านการกลายพันธุ์ (mutagenic inhibition) ของสัตว์ทดลอง และต่อมามีรายงานเป็นครั้งแรกการพบ CLA ในเนื้อวัวย่างโดย Ha et al. (1987) CLA เป็น fatty acids เกิดและพบโดยธรรมชาติในอาหารหลายชนิดโดยเฉพาะน้ำนมและเนื้อจากสัตว์เคี้ยวเอื้อง ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (ruminant) มีการสร้าง CLA ในกระเพาะอาหารด้วยกระบวนการ hydrogenation ของ linoleic acid เป็น CLA (Bauman et al., 1999) ด้วยกระบวนการ isomerization และ biohydrogenation จากกรดไขมัน linoleic acid (C18:2) เกิดโดยเอนๆซม์ของจุลินทรีย์ในกระเพาะของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Kepler et al., 1967)

มีรายงานการวิจัยว่า CLA มีประสิทธิภาพเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) โดยสามารถต้านการเจริญของเซลล์มะเร็ง รวมทั้งเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งเต้านม และมะเร็งต่อมลูกหมาก (Bocca et al., 2007; Miglietta et al., 2006; Kim et al., 2005; Ohtsu et al., 2005) เนื่องจาก CLA มีผลดีหลายประการต่อสุขภาพ จึงมีรายงานการเสริมหรือทดแทน CLA ในอาหารสัตว์เพื่อให้มีปริมาณ CLA สะสมในเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์กระเพาะเดี่ยว (monogastric animals) ซึ่งไม่มีจุลินทรีย์ในลำไส้ชนิดที่ผลิต CLA ได้ การวิจัยส่วนมากใช้แหล่งไขมันจากพืช อาทิ sunflower, rapeseed, safflower, corn และ soybean meal และเสริมด้วย CLA (Ramsay et al., 2001; Bee, 2001; Eggert et al., 2001; Lauridsen et al., 2005; Joo et al., 2002) งานวิจัยทดลองส่วนมากเป็นผลงานวิจัยเนื้อสด ทั้งนี้เป็นที่ทราบกันว่าการแปรรูปอาหารด้วยความร้อนสามารถเพิ่มปริมาณ CLA ในอาหารได้อีก (Shantha et al., 1995; Das et al., 2005; Pakdeechanuan et al., 2007) และนอกจากนี้ CLA ยังน่าจะช่วยลดการเกิดออกซิเดชันในอาหารได้ด้วยเช่นกัน ดังนั้นการเสริม CLA ในอาหารไก่จึงน่าจะทำให้ได้เนื้อไก่ที่มี

CLA มากขึ้น และยังทำให้ช่วยลดการเกิดออกซิเดชันในเนื้อไก่อันเนื่องจากการให้ความร้อนในการประกอบอาหารได้ระดับหนึ่ง

3.2 วัตถุประสงค์

การทดลองส่วนนี้เพื่อให้ทราบคุณภาพทางเคมีกายภาพและการเกิดออกซิเดชันของเนื้อไก่กระทงซึ่งเป็นผลจากการเลี้ยงไก่ด้วยสูตรอาหารที่มีน้ำมันถั่วเหลืองเป็นแหล่งของไขมันและทดแทนบางส่วนด้วยกรดไขมัน conjugated linoleic acid (CLA) ทั้งนี้นอกจากการวิเคราะห์ปริมาณ CLA ที่อาจมีการสะสมในเนื้อไก่มากน้อยต่างกันตามปริมาณที่มีในอาหารสัตว์แล้ว ยังได้ทำการตรวจวัดคุณภาพสีและเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่สดและเนื้อสุก เนื่องจากสีและเนื้อสัมผัสจัดเป็นปัจจัยสำคัญแรก ๆ สำหรับการเลือกซื้อของผู้บริโภค และได้วิเคราะห์ความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันของเนื้อไก่อันเนื่องจากผลของ CLA ในอาหารสัตว์

3.3 อุปกรณ์และวิธีการ

3.3.1 สัตว์ทดลองและอาหารสัตว์

เนื้อสัตว์ที่ใช้ทดลองสำหรับการศึกษานี้ได้รับจากงานวิจัยของสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา มีการทดลองเลี้ยงโดยใช้ไก่กระทงพันธุ์ Arbor Acres อายุ 1 วัน จำนวน 600 ตัว เลี้ยงในโรงเรือนเปิด ให้อาหารทางการค้า (starter) ซึ่งมีโปรตีน 23% พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 3000 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ให้ไก่กินอาหารอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) ตลอด 21 วัน เมื่อไก่อายุ 21 วัน แบ่งไก่ออกเป็น 4 กลุ่มการทดลอง กลุ่มละ 6 ซ้ำ ๆ ละ 20 ตัว ให้อาหารไก่ประกอบด้วย ข้าวโพด กากถั่วเหลือง ปลาป่น กากทานตะวัน ไดแคเซียม และพรีมิกซ์ สูตรอาหารสัตว์มีโปรตีน 20% และ พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 3267 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ทั้งนี้จัดอาหารส่วนไขมันเป็น 4 สูตรต่างกันคือ สูตรที่มี 5% น้ำมันถั่วเหลือง (5% SBO) และสูตรทดแทน SBO ด้วยน้ำมันที่มี conjugated linoleic acid (CLA) 0.5%, 1.0% และ 1.5% ใช้ CLA ซึ่งได้จาก BASE (Thailand) Limited (Bangkok, Thailand) ในรูปน้ำมัน มี CLA 60% (29% เป็น *cis*-9,*trans*-11 และ 28% เป็น *trans*-10,*cis*-12 isomers) เลี้ยงไก่โดยให้กินอาหารอย่างเต็มที่จนอายุ 6 สัปดาห์ จึงทำการฆ่าสัตว์ ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยฯ

หลังการฆ่าสัตว์ ได้สุ่มซากไก่จากไก่ 2 ซ้ำจากแต่สูตรอาหารสัตว์สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ เก็บเนื้อไก่ส่วนอก (breast) และ สะโพก (thigh) สำหรับการศึกษา ตัวอย่างเนื้อสำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี เก็บในรูปเนื้อสับ บรรจุในถุงพลาสติก เก็บแช่แข็งที่ -18 °C ตัวอย่างสำหรับการวัดสีและเนื้อสัมผัสเก็บในห้องเย็น (4 ± 1 °C) ข้ามคืนก่อนการวัดคุณภาพ

3.3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีเบื้องต้น (Proximate Analysis)

ใช้ตัวอย่างเนื้อสับสำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีทั้งหมด วิเคราะห์องค์ประกอบเคมีเบื้องต้นตามวิธี AOAC (1997) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยอบแห้งในตู้อบลมร้อน 105 °C นาน 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณเถ้าโดยเผาตัวอย่างในเตาเผา 600 °C นาน 6 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะได้เถ้าสีเทาอ่อนหรือสีขาว วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมด (N x 6.25) ด้วยวิธี Kjedahl method และวิเคราะห์ปริมาณไขมันทั้งหมด คอเลสเตอรอล คอลลาเจนทั้งหมด กรดไขมันทั้งหมด และวิเคราะห์ CLA เฉพาะ 4 isomers (cis-9,trans-11; trans-10,cis-12; cis-9,cis-11; trans-9,trans-10 CLA)

3.3.3 การวิเคราะห์ Fatty Acid Methylesters

สกัดไขมันในตัวอย่างตามวิธีของ Folch et al. (1957), Metcalfe et al. (1966) และปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์เล็กน้อย ปั่นผสมตัวอย่าง 15 g กับ chloroform-methanol (2:1, V/V) 90 ml นาน 2 นาที ใน homogenizer (Nissei AM-8 Homogenizer, Nihonseiki Kaisha, Ltd., Japan) กรอง homogenizer ใส่ใน separating funnel เติม chloroform 30 ml น้ำ (deionized water) 30 ml และ 0.58% NaCl 5 ml ผสมให้เข้ากันและปล่อยให้แยกชั้น ถ่ายชั้น chloroform และระเหยแห้งใน rotary evaporator (BUCHI Rotavapor R-200, BUCHI Labortechnik AG, Switzerland) ที่ 40 °C คำนวณปริมาณไขมันทั้งหมดจากไขมันที่สกัดได้

เตรียม fatty acid methylesters (FAMEs) โดย transmethylation ด้วย 14% boron trifluoride ใน methanol ที่ 100 °C นาน 30 นาที สำหรับ CLA methylesters (CLAMEs) ทำ transmethylation ด้วย 0.5 M sodium methoxide ใน methanol ที่ 50 °C นาน 30 นาที ใช้ C17 methylester (1.00 mg/ml in hexane) เป็น internal standard

วิเคราะห์ FAMEs และ CLAMEs ด้วยเครื่อง gas chromatography ด้วยหัวฉีดอัตโนมัติ (HEWLET PACKARD, HP 6890 Series GC system, USA) ใช้ fused silica capillary column (SP2536, Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA) ขนาด 100 m x 0.25 mm x 0.2 μm และ flame ionization detector (FID) ตั้งอุณหภูมิ injector และ detector ที่ 240 และ 260 °C ตามลำดับ โปรแกรมอุณหภูมิดังนี้ อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 70 °C แล้วเพิ่มด้วยอัตรา 13 °C/min ถึง 175 °C และ 4 °C /min ถึง 240

°C ใช้ helium เป็น carrier gas อัตรา 1 ml/min ฉีด FAMEs หรือ CLAMEs เข้าเครื่อง GC ปริมาตร 1 µl ใช้ split ratio 1:10

จำแนกและคำนวณปริมาณ fatty acid โดยเปรียบเทียบ relative retention time ของ FAMEs peaks ของตัวอย่างกับ FAME Standard (Supelco 37 component FAME mix, No. 47885-U) และใช้ CLA isomers (c9, t11; t10,c12; c9,c11; t9,t11; Matreya LLC, USA) สำหรับจำแนก CLA ในตัวอย่าง

3.3.4 การวิเคราะห์ Cholesterol

สกัดและคำนวณปริมาณ cholesterol โดยปรับปรุงจากวิธีของ Rowe et al. (1999) ชั่งตัวอย่าง 5 g ใน flat bottom flask เติม ethanol-methanol-isopropanol (90:5:5 V/V/V) 4 ml/g ตัวอย่าง และเติม 60% KOH 1 ml/g ตัวอย่าง ให้ความร้อนโดย reflux นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติม hexane 100 ml และน้ำ 25 ml เขย่าผสมแล้วปล่อยให้แยกชั้น ใช้ของเหลวชั้น hexane 25 ml ถ่ายใส่ flask แล้วระเหยจนแห้งด้วย nitrogen ละลายของแห้งด้วย hexane 2 ml ที่มี 5α-cholestane 0.1 mg/ml เป็น internal standard วิเคราะห์โดยฉีด 1 µl เข้าเครื่อง GC ด้วย split ratio 1:100 ใช้ fused silica capillary column HP 19091A-112 column (25 m x 0.32 mm x 0.52 µm) ตั้งอุณหภูมิ injector และ detector (FID) ที่ 260 และ 300 °C ใช้ helium เป็น carrier gas ด้วย flow rate 1 ml/min จำแนก cholesterol โดยเทียบกับ relative retention time peak กับ cholesterol บริสุทธิ์ (Fluka, USA)

3.3.5 การวิเคราะห์ Collagen

วิเคราะห์ปริมาณ total collagen จาก soluble และ insoluble collagen ตามวิธีของ Woessner (1961) และ Bailey and Light (1989) ใช้ตัวอย่างเนื้อสัน 6 g ใน centrifuge tube เติมน้ำ 20 ml ผสมให้เข้ากัน วางในอ่างน้ำที่ 80 °C นาน 30 นาที ทำให้เย็น เขย่าผสมแล้วปั่นในเครื่องปั่นที่ 2000 g นาน 15 นาที กรองส่วนใสใส่ volumetric flask ขนาด 100 ml แล้วเติม 6 M HCl 30 ml ส่วนกากถ่ายลงใน flask ขนาด 250 ml เติม 6 M HCl 50 ml วางตัวอย่างทั้งหมดในกะบะทรายร้อนที่ 150 °C ข้ามคืน หลังจากการย่อยแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำและกรอง ถ่าย filtrate 10 ml ลงใน flask ขนาด 50 ml ปรับ pH ให้ได้ pH 6 ด้วย 1 N NaOH ปรับปริมาตรด้วยน้ำ ใช้สารละลายตัวอย่าง 2 ml ผสมกับ oxidizing agent (0.79 g chloramin T in 5 ml deionized water ผสมกับ citrate-acetate buffer, pH 6 ปริมาตร 45 ml) 1 ml เก็บไว้ 20 นาที แล้วเติม color reagent (4 g ของ 4-dimethylaminobenzaldehyde ใน propanol 20 ml ผสมกับ 60% perchloric 9 ml) 1 ml บ่มตัวอย่างที่ 60 °C นาน 15 นาที ทำให้เย็น 5 นาที ตั้งไว้ 25 นาที แล้ววัดค่าดูดกลืนแสงของ hydroxyproline ที่ 560 nm คำนวณปริมาณ collagen จาก calibration curve ของ hydroxyproline โดยคูณด้วย 7.25

3.3.6 การวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชันของลิปิด

วิเคราะห์ปริมาณ melondialdehyde (MDA) ด้วยวิธี thiobarbituric acid reactive substances method (TBARS) ตัวอย่างเนื้อ 10.00 g ปั่นกับน้ำกลั่น 50 ml ด้วยเครื่อง homogenizer (Nissei AM-8 Homogenizer, Nihonseiki Kaisha,LTD., Japan) 1 นาที ปรับค่า pH ให้เท่ากับ 1.5 ด้วย 4.0 M HCl ถ่ายตัวอย่างใส่ขวดกลั่นพร้อมเติม 1.5% BHA 500 µl และ antifoam 3 หยด กลั่นตัวอย่างด้วยวิธี direct distillation โดยเก็บ distillate จนได้ปริมาตร 25 ml ทำ color reaction เพื่อวิเคราะห์ปริมาณ MDA โดยใช้ distillate 5 ml ทำปฏิกิริยากับสารละลาย TBA (เข้มข้น 0.02 M ซึ่งละลายใน Trichloroacetic acid 15%) 5 ml แล้วบ่มใน water bath 90 °C 30 นาที แล้วทิ้งให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 nm โดยคำนวณค่าความเข้มข้นเทียบกับ standard curve ของสารละลาย MDA (0.25 – 4.00 µg/ml)

เตรียมสารละลาย standard MDA โดยชั่ง 1,1,3,3 Tetraethoxypropane (Fluka, USA) 100 mg แล้วปรับปริมาตรเป็น 10 ml ด้วย 0.1 N HCl ต้มในน้ำเดือด 5 นาที แล้วทำให้เย็นอย่างรวดเร็วโดยเปิดน้ำก๊อกไหลผ่าน จะได้ MDA Stock solution เข้มข้น 10 mg/ml

วิเคราะห์ปริมาณ Hexanal ด้วยวิธี headspace analysis ตัวอย่างเนื้อ 1.5 g ใส่ใน vial ขนาด 22 ml เติม deionized water 3 ml แล้วเป่าไล่อากาศด้วยแก๊สไนโตรเจน จากนั้นปิดฝาให้สนิท นำขวดตัวอย่างใส่ในเครื่องเตรียมตัวอย่าง headspace autosampler (Teledyne Tekmar HT3™, USA) ให้ความร้อน 70 °C 30 นาที แล้วเขย่าเพื่อผสมตัวอย่างเป็นเวลา 2 นาที แล้วทำการ pressurize ด้วย helium 0.30 นาที จากนั้น headspace ของขวดตัวอย่างจะถูกดูดเข้าไปใน loop เป็นเวลา 0.30 นาที แล้วฉีดเข้าเครื่อง gas chromatography (HEWLET PACKARD, HP 6890 Series GC system, USA) โดยใช้เวลาในการฉีด 1 นาที อุณหภูมิของ Injector 220 °C split ratio 10:1 โดยใช้คอลัมน์ fused silica capillary column (CP8924, 30 m ×0.32 mm ID × 0.25 µm film thickness) อัตราการไหลของ carrier gas เท่ากับ 2.0 ml/min อุณหภูมิ เริ่มจาก 35 °C, 5 นาที แล้วเพิ่มเป็น 45 °C (8 °C /min) และ 200 °C (40 °C /min, 6 นาที) ตั้งอุณหภูมิของ FID detector ที่ 250 °C โดยคำนวณความเข้มข้นของ Hexanal ในตัวอย่างจาก Standard curve (0.05 – 7.5 mg/l) ของ standard hexanal (H9008, Sigma-Aldrich Co. St. Louis, USA)

3.3.7 การวัดสีและเนื้อสัมผัส

สำหรับเนื้อสุก แยกเนื้อออกและน่องบรรจุในถุงพลาสติก ทำให้สุกด้วยไอน้ำในหม้อต้มไฟฟ้าจนจุดศูนย์กลางของชิ้นเนื้อมีอุณหภูมิ 85 °C ทำให้เย็นและเก็บในห้องเย็น (5±1 °C) วัดสีที่ผิวของเนื้อสดและเนื้อสุก 12 ค่าต่อตัวอย่าง 1 ซ้ำ ด้วยเครื่องวัดสี CR-300 Minolta Colorimeter (Minolta Camera

Co., Ltd., Osaka, Japan) วัดค่าสีเป็นค่า Hunter L, a, b สำหรับความสว่าง สีแดง และ สีเหลือง ตามลำดับ

วัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA-TX2, texture Analyzer, Stable Micro System, UK) วัดค่าแรงเฉือน Warner-Bratzler shear force ก่อนการวัดค่าแรง บรรจุเนื้อตัวอย่างในถุงพลาสติก เก็บในห้องเย็น (4 ± 1 °C) ตัดชิ้นเนื้อให้มีหน้าตัดขวางเส้นใยกล้ามเนื้อ 1.0 x 1.0 cm และก่อนเดินเครื่องตัด ทำการวัดความหนาของชิ้นเนื้อ ณ จุดตัดของใบมีด จัด parameters การตัดเฉือนดังนี้ cross head speed 2 mm/s และ load cell 25 kg ระยะด้านล่างของใบมีดเหนือฐานตัด 40 mm วัดค่า shear force ที่ตัดตั้งฉากกับเส้นใยกล้ามเนื้อ 4 ชิ้นต่อตัวอย่าง 1 ซ้ำ วัดค่า shear (gram) คำนวณค่า shear ต่อความสูงหน้าตัดชิ้นเนื้อ (g/mm) ตามวิธี Lyon and Lyon (1998)

3.3.8 การประเมินทางประสาทสัมผัส

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสำหรับกลิ่น oxidized ของตัวอย่างเนื้อด้วยวิธี scoring test ใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกแล้ว 5 คน มีระดับคะแนนคือ 1 = no oxidation, 2= slight oxidation, 3= moderate oxidation, 4 = strong oxidation และ 5 = extreme oxidation ทำการประเมิน 3 ซ้ำต่อซ้ำการทดลอง

3.3.9 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์สถิติด้วย randomized completely block design ใช้ SAS (1993) program ตัวอย่างเนื้อ 2 ซ้ำต่อสูตรอาหารจัดเป็น block การวิเคราะห์ทางเคมีทำ 3 ซ้ำต่อซ้ำการทดลอง วิเคราะห์ variance และเปรียบเทียบค่า means ด้วย Duncan's Multiple Range Text พิจารณาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ และเสนอข้อมูลด้วยค่า mean และค่า standard error

3.4 ผลการทดลองและวิจารณ์

3.4.1 องค์ประกอบทางเคมีและลิปิดของเนื้อไก่

องค์ประกอบเคมีและลิปิดของเนื้อไก่กระทงที่ได้จากการเลี้ยงไก่ด้วยสูตรอาหารที่ประกอบด้วยน้ำมันถั่วเหลืองและสูตรอาหารที่ทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองด้วยไขมัน CLA ด้วยระดับต่างกันดังแสดงในตารางที่ 3.1 ทั้งเนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่ที่ได้รับอาหารที่มี CLA มีความชื้นมากกว่า ($p < 0.05$) เนื้อไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารมีน้ำมันถั่วเหลืองเป็นแหล่งไขมันเพียงอย่างเดียว และความชื้นของเนื้อเพิ่มขึ้นตามปริมาณ CLA ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ความชื้นของเนื้อไก่อยู่ระหว่าง 74.40 - 75.79% ปริมาณ

Table 3.1 Chemical composition (mean ± SE) of chicken breast and thigh meats affected by 5.0% soybean oil, and 0.5%, 1.0% and 1.5% CLA supplemented of chicken diets

Composition	5.0% SBO	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5% CLA
Breast				
Moisture (%)	74.94 ± 0.29 b	74.89 ± 0.18 b	75.52 ± 0.21 ab	75.79 ± 0.24 a
Protein (%)	22.06 ± 0.36 b	23.21 ± 0.29	22.41 ± 0.37	23.54 ± 0.61
Fat (%)	1.99 ± 0.18	1.72 ± 0.05	1.58 ± 0.03	1.76 ± 0.03
Ash (%)	1.41 ± 0.15	1.28 ± 0.06	1.30 ± 0.21	1.30 ± 0.06
Cholesterol (mg/g)	0.62 ± 0.04	0.64 ± 0.04	0.68 ± 0.01	0.68 ± 0.04
Collagen (mg/g)	2.38 ± 0.13	2.43 ± 0.08	2.37 ± 0.06	2.46 ± 0.08
SFA (mg/g)	4.42 ± 0.41	4.22 ± 0.15	3.75 ± 0.04	4.49 ± 0.15
MUFA (mg/g)	4.85 ± 0.39 a	3.25 ± 0.11 b	2.62 ± 0.04 b	2.92 ± 0.10 b
PUFA (mg/g)	4.83 ± 0.41 a	3.88 ± 0.12 b	3.51 ± 0.05 b	3.53 ± 0.09 b
Total UFA (mg/g)	9.68 ± 0.79 a	7.13 ± 0.23 b	6.13 ± 0.07 b	6.44 ± 0.19 b
PUFA:SFA	1.10 ± 0.02 a	0.92 ± 0.01 b	0.93 ± 0.01 b	0.79 ± 0.01 c
n-6:n-3	5.67 ± 0.18 a	4.59 ± 0.15 b	3.48 ± 0.12 c	3.32 ± 0.11 c
Thigh				
Moisture (%)	74.48 ± 0.25 b	75.06 ± 0.28 ab	74.40 ± 0.30 b	75.59 ± 0.30 a
Protein (%)	18.22 ± 0.42	18.65 ± 0.36	19.01 ± 0.36	18.43 ± 0.22
Fat (%)	7.33 ± 0.87	5.06 ± 0.45	6.12 ± 0.26	5.66 ± 0.45
Ash (%)	1.03 ± 0.04	0.96 ± 0.02	0.96 ± 0.03	0.99 ± 0.03
Cholesterol (mg/g)	0.73 ± 0.11	0.86 ± 0.15	0.93 ± 0.02	0.92 ± 0.02
Collagen (mg/g)	4.67 ± 0.15 ab	5.27 ± 0.65 a	3.48 ± 0.35 b	4.12 ± 0.15 ab
SFA (mg/g)	15.72 ± 1.82	13.12 ± 1.39	16.46 ± 0.71	15.93 ± 1.64
MUFA (mg/g)	19.67 ± 2.42 a	12.63 ± 1.53 b	15.37 ± 0.66 ab	13.13 ± 1.34 b
PUFA (mg/g)	16.54 ± 1.48 a	11.37 ± 0.93 b	13.13 ± 0.46 b	10.90 ± 0.86 b
Total UFA (mg/g)	36.21 ± 3.86 a	24.02 ± 2.45 b	28.50 ± 1.12 ab	24.03 ± 2.20 b
PUFA:SFA	1.06 ± 0.03 a	0.88 ± 0.03 b	0.80 ± 0.01 c	0.69 ± 0.02 d
n-6:n-3	7.17 ± 0.32 a	6.60 ± 0.25 a	6.73 ± 0.22 a	5.83 ± 0.09 b

Different letters within a row are significantly different ($P < 0.05$), n = 4, SBO = soybean oil, CLA = conjugated linoleic acid, SUF = saturated fatty acid, MUFA = monounsaturated fatty acid, PUFA = polyunsaturated fatty acid, and n-6:n-3 = omega-6:omega-3.

โปรตีน ไขมัน เถ้า และคอลลาเจนไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ทั้งเนื้ออกและเนื้อสะโพก แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าการเสริมอาหารไก่ด้วย CLA ทำให้ทั้งเนื้ออกและเนื้อสะโพกมีปริมาณไขมันและเถ้าต่ำกว่าเนื้อที่ได้จากไก่เลี้ยงด้วยไขมันจากน้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว ในทางตรงกันข้ามแม้จะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ปรากฏว่าเนื้อไก่ที่ได้จากการทดแทน CLA ทุกระดับความเข้มข้นมีปริมาณ cholesterol สูงกว่าเนื้อไก่ที่ได้จาดกสูตรอาหารที่มีเพียงน้ำมันถั่วเหลืองเล็กน้อย

ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวของเนื้อไก่ทั้ง 2 ชนิดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่ปรากฏว่าเนื้อไก่ที่ได้จากกการใช้ CLA ทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองทุกระดับมีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวทั้งชนิด monounsaturated (MUFA) และ polyunsaturated fatty acid (PUFA) ต่ำกว่าเนื้อไก่ได้จากการใช้อาหารที่มีน้ำมันถั่วเหลือง 5% และในทำนองเดียวกันอัตราส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า 6 ต่อชนิดโอเมก้า 3 (n-6:n-3) ของเนื้อไก่ที่ได้จากการใช้ CLA ในอาหารสัตว์ต่ำกว่าเนื้อไก่ที่ได้จากการใช้น้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว

การเลี้ยงไก่ด้วยน้ำมันถั่วเหลือง 5% เป็นแหล่งไขมันหลักในอาหารสัตว์ เปรียบเทียบกับการใช้ CLA ทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองระดับ 0.5, 1.0 และ 1.5% ปรากฏว่าเนื้อไก่ที่ได้ทั้งส่วนเนื้ออกและเนื้อสะโพกมีองค์ประกอบเคมีเบื้องต้น (proximate composition) และองค์ประกอบของลิปิดที่คล้ายกับเนื้อสุกรทั้งเนื้อสันนอกและเนื้อขาหลังที่ได้จากผลการทดลองใช้ CLA ทดแทนน้ำมันปาล์มในอาหารสุกรในการทดลองบทที่ 2 (Intarapichet et al., 2008) นอกจากนี้ยังพบว่าในส่วนของเนื้อไก่ส่วนอกที่ได้จากการใช้ CLA ทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองในระดับที่สูงกว่า 1.0% ทำให้อัตราส่วนของ n-6:n-3 ต่ำกว่า 4.0 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เป็นไปตามเกณฑ์แนะนำของ Wood et al. (2003) สำหรับเนื้อส่วนสะโพกแม้จะมีค่า n-6:n-3 สูงกว่า 4.0 แต่การเลี้ยงไก่ด้วยการใช้ CLA ทำให้ค่าอัตราส่วนนี้ลดลงได้และลดลงได้มากกว่าเนื้อสุกร (บทที่2) ทั้งนี้เป็นที่ทราบกันดีว่าเนื้อสัตว์ที่มีค่าอัตราส่วน n-6:n-3 ที่ต่ำกว่า 4.0 เป็นเนื้อที่มีคุณค่าต่อการบริโภค เนื่องจากลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งและโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน (coronary heart disease) สำหรับการบริโภคเนื้อสัตว์ และในทำนองเดียวกันเนื้อไก่ที่ได้จากการใช้ CLA ในอาหารไก่ยังทำให้อัตราส่วนของ PUFA:SFA สูงกว่า 0.4 ตามเกณฑ์แนะนำ (Wood et al, 2003) แม้ว่าอัตราส่วนนี้จะต่ำกว่า ($p < 0.05$) ของเนื้อไก่ที่ได้จากอาหารที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว ทั้งเนื้ออกและเนื้อสะโพก

องค์ประกอบชนิดของกรดไขมัน (fatty acid profiles) ของเนื้ออกและเนื้อสะโพกดังแสดงในตารางที่ 3.2 และ 3.3 ตามลำดับ กรดไขมันที่พบว่ามีจำนวนมากทั้งในเนื้ออกและเนื้อสะโพกประกอบด้วย palmitic acid (C18:0), oleic acid (C18:1n-9) และ linoleic acid (C18:2n-6) ทั้งนี้ Lauridson et al. (2005) พบว่าการเสริม CLA ในอาหารสุกร กรดมันที่มีการเปลี่ยนแปลงมากในกล้ามเนื้อ M. *longissimus dorsi* คือ C18:0 อย่างไรก็ตามการทดลองนี้พบว่าทั้งเนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริม CLA มีปริมาณกรดไขมันทั้ง 4 ชนิดต่ำกว่า ($p < 0.05$) เนื้อไก่ที่ได้จาก

Table 3.2 Fatty acids profile of fresh breast (mg/g meat)

Fatty Acid	Treatment			
	5.0% SBO	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5% CLA
C 12 : 0	0.009 ± 0.002 a	0.008 ± 0.001 ab	0.007 ± 0.001 b	0.008 ± 0.001 ab
C 14 : 0	0.084 ± 0.015	0.075 ± 0.005	0.073 ± 0.002	0.082 ± 0.005
C15 : 0	0.017 ± 0.003 a	0.013 ± 0.001 b	0.013 ± 0.000 b	0.013 ± 0.001 b
C16 : 0	3.153 ± 0.553 a	2.770 ± 0.192 ab	2.441 ± 0.063 b	2.811 ± 0.183 ab
C17 : 0	0.040 ± 0.006 a	0.036 ± 0.006 ab	0.030 ± 0.002 b	0.033 ± 0.003 b
C18 : 0	1.094 ± 0.246	1.246 ± 0.097	1.074 ± 0.024	1.330 ± 0.105
C20 : 0	0.016 ± 0.003	0.015 ± 0.001	0.012 ± 0.000	0.015 ± 0.001
C21 : 0	0.015 ± 0.001 N	0.051 ± 0.006 N	0.092 ± 0.005 N	0.179 ± 0.012 N
C14 : 1	0.014 ± 0.002 N	0.009 ± 0.001 N	0.104 ± 0.136 N	nd
C16 : 1	0.455 ± 0.081 a	0.261 ± 0.015 b	0.200 ± 0.006 b	0.207 ± 0.013 b
C17 : 1	0.055 ± 0.011 N	nd	0.042 ± 0.002 N	0.037 ± 0.001 N
C18 : 1n9c	4.302 ± 0.702 a	2.956 ± 0.199 b	2.350 ± 0.080 b	2.641 ± 0.183 b
C20 : 1	0.035 ± 0.006 a	0.026 ± 0.002 b	0.022 ± 0.001 b	0.024 ± 0.003 b
C18 : 2n6c	3.707 ± 0.620 a	2.785 ± 0.184 b	2.360 ± 0.067 b	2.363 ± 0.142 b
C18 : 3n6	0.021 ± 0.004 a	0.016 ± 0.004 ab	0.014 ± 0.001 ab	0.012 ± 0.002 b
C18 : 3n3	0.265 ± 0.043 a	0.182 ± 0.015 b	0.150 ± 0.008 b	0.132 ± 0.006 c
C20 : 2	0.048 ± 0.008	0.046 ± 0.004	0.050 ± 0.001	0.046 ± 0.002
C20 : 3n6	0.073 ± 0.017 a	0.058 ± 0.005 ab	0.050 ± 0.003 b	0.048 ± 0.003 b
C20 : 4n6	0.263 ± 0.052	0.287 ± 0.015	0.260 ± 0.018	0.249 ± 0.037
C20:5n3	0.053 ± 0.010 b	0.054 ± 0.004 b	0.054 ± 0.002 b	0.068 ± 0.002 a
C22 : 6n3	0.402 ± 0.086 c	0.453 ± 0.050 bc	0.570 ± 0.060 ab	0.606 ± 0.016 a
Total CLA	0.060 ± 0.017 d	0.233 ± 0.016 c	0.372 ± 0.002 b	0.790 ± 0.034 a

Different letters within a row are significantly different ($P < 0.05$), n = 4, N = not statistically compared, nd = not detected, SBO = soybean oil, CLA = conjugated linoleic acid.

ไก่ที่เลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียวและปริมาณ CLA ทั้งหมดของเนื้อไก่เพิ่มขึ้นตามระดับที่เสริมทดแทนในน้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งแสดงว่าการเลี้ยงไก่ด้วยการเสริม CLA ในอาหารสามารถทำให้ได้เนื้อไก่ที่มีปริมาณ CLA มากน้อยตามปริมาณที่เสริมในอาหารสัตว์ และทำให้เนื้อไก่ที่ได้เป็นเนื้อที่มี

คุณค่าเชิงสุขภาพสำหรับผู้บริโภคมากขึ้นได้ แม้ว่าไก่เป็นสัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถช่วยสังเคราะห์ CLA ในทางเดินอาหารได้ดังเช่นสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Kelly et al., 1998)

Table 3.3 Fatty acids profile of fresh thigh (mg/g meat)

Fatty Acid	Treatment			
	5.0% SBO	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5% CLA
C 12 : 0	0.0412 ± 0.013	0.033 ± 0.007	0.043 ± 0.003	0.038 ± 0.008
C 14 : 0	0.322 ± 0.076	0.267 ± 0.059	0.362 ± 0.028	0.332 ± 0.078
C15 : 0	0.059 ± 0.012	0.042 ± 0.008	0.056 ± 0.005	0.049 ± 0.011
C16 : 0	11.379 ± 2.743	8.903 ± 2.007	11.072 ± 0.927	10.134 ± 2.150
C17 : 0	0.138 ± 0.025	0.103 ± 0.015	0.142 ± 0.010	0.122 ± 0.027
C18 : 0	3.681 ± 0.732	3.515 ± 0.637	4.350 ± 0.438	4.520 ± 0.810
C20 : 0	0.057 ± 0.013	0.045 ± 0.010	0.056 ± 0.006	0.0550 ± 0.011
C21 : 0	0.029 N	0.158 ± 0.007 N	0.381 ± 0.028 N	0.505 ± 0.057 N
C14 : 1	0.065 ± 0.016 a	0.033 ± 0.008 b	0.045 ± 0.004 ab	0.031 ± 0.010 b
C16 : 1	2.207 ± 0.544 a	1.218 ± 0.287 b	1.395 ± 0.114 b	1.113 ± 0.250 b
C17 : 1	0.0868 N	nd	nd	nd
C18 : 1n9c	17.236 ± 4.288	11.29 ± 2.749	13.828 ± 1.191	11.887 ± 2.403
C20 : 1	0.136 ± 0.033 a	0.087 ± 0.019 b	0.106 ± 0.008 ab	0.0899 ± 0.019 b
C18 : 2n6c	13.638 ± 2.701 a	9.135 ± 1.681 b	10.665 ± 0.880 ab	8.653 ± 1.480 b
C18 : 3n6	0.073 ± 0.003 a	0.052 ± 0.006 b	0.075 ± 0.009 a	0.050 ± 0.007 b
C18 : 3n3	1.003 ± 0.203 a	0.634 ± 0.127 b	0.737 ± 0.063 ab	0.543 ± 0.115 b
C20 : 2	0.124 ± 0.017	0.100 ± 0.011	0.131 ± 0.007	0.120 ± 0.021
C20 : 3n6	0.177 ± 0.016 a	0.109 ± 0.014 b	0.113 ± 0.003 b	0.090 ± 0.013 c
C20 : 4n6	0.600 ± 0.092 a	0.495 ± 0.055 ab	0.460 ± 0.009 b	0410 ± 0.020 b
C20:5n3	0.131 ± 0.016 a	0.098 ± 0.012 b	0.113 ± 0.003 ab	0.112 ± 0.014 ab
C22 : 6n3	0.794 ± 0.098	0.764 ± 0.075	0.835 ± 0.039	0.925 ± 0.084
Total CLA	0.311 ± 0.053 c	0.681 ± 0.035 c	1.686 ± 0.054 b	2.967 ± 0.373 a

Different letters within a row are significantly different ($P < 0.05$), n = 4, N = not statistically compared, *nd = not detected, SBO = soybean oil, CLA = conjugated linoleic acid.*

ปริมาณ CLA ของเนื้อไก่ ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณ โดยใช้ CLA isomers 4 ชนิด ด้วยกัน คือ *cis*-9,*trans*-11; *trans*-10,*cis*-12; *cis*-9,*cis*-11 และ *trans*-9,*trans*-11 เป็นสารมาตรฐานเทียบ ปรากฏว่าในเนื้อไก่ทั้งเนื้ออกและเนื้อสะโพกไม่มี CLA ชนิด *cis*-9,*cis*-11 (Figure 3.1) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่า CLA ชนิดมีในเนื้อตัวอย่างน้อยมากจนเครื่องมือวิเคราะห์ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เนื่องจากพบ CLA ชนิดนี้ในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นเนื้อไก่ทั้งชนิดที่ผลิตจากเนื้ออกและเนื้อสะโพก (บทที่ 4, Figure 1) ทั้งนี้ปริมาณ CLA ในอาหารเพิ่มปริมาณขึ้นได้ด้วยกระบวนการผลิตที่ให้ความร้อน หรือหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ (Shantha et al., 1995; Das et al., 2005; Pakdeechanuan et al., 2007) ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าเมื่อใช้เนื้อไก่ที่เลี้ยงด้วยการเสริม CLA ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นที่ต้องผ่านความร้อนสูงถึง 70 °C สามารถเพิ่มปริมาณ CLA ในลูกชิ้นได้อีกระดับหนึ่ง

จากข้อมูลในรูปที่ 3.1 เนื้อไก่ที่เลี้ยงด้วยการเสริม CLA มีปริมาณ CLA มากกว่า ($p < 0.05$) เนื้อไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีน้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว และชนิดของ CLA ที่มีปริมาณมากคือชนิด *cis*-9,*trans*-11 และ *trans*-10,*cis*-12 CLA ซึ่งเป็นชนิดที่มีประโยชน์เชิงคุณภาพสำหรับการบริโภค (Cook and Pariza, 1995) และชัดเจนว่าเนื้อสะโพกซึ่งเป็นส่วนที่มีปริมาณไขมันมาก (Table 3.1) มีการสะสม CLA มากขณะที่เนื้ออกมีไขมันน้อยก็มีปริมาณ CLA น้อยด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ CLA ในเนื้อไก่ทุกชนิดมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ($p < 0.05$) ตามปริมาณ CLA ที่ใช้เสริมในอาหารได้มากขึ้น ปริมาณ *cis*-9,*trans*-11 CLA ในเนื้ออกและเนื้อสะโพกที่เสริมด้วย CLA อยู่ระหว่าง 0.133 – 0.452 mg/g ($p < 0.05$) และ 0.400 – 1.663 mg/g ($p < 0.05$) ตามลำดับ แต่เนื้อไก่เลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองอย่างเดียวมีเพียง 0.026 และ 0.124 mg/g ตามลำดับ สำหรับชนิด *trans*-10,*cis*-12 CLA ของเนื้ออกและสะโพกเลี้ยงด้วยอาหารเสริม CLA มีปริมาณ 0.085 – 0.318 mg/g ($p < 0.05$) ตามลำดับ แต่เนื้อไก่ที่เลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียวมีเพียง 0.012 และ 0.084 mg/g ($p < 0.05$) ดังนั้นจึงมีความชัดเจนว่าการผสม CLA ในอาหารไก่ สามารถทำให้ได้เนื้อไก่ที่มีปริมาณ CLA เพิ่มขึ้นได้ และได้เนื้อไก่ที่มีคุณค่าเชิงหน้าที่ (functional food) สำหรับการบริโภค ทั้งนี้มีรายงานยืนยันว่า CLA ชนิด *cis*-9,*trans*-11 และ *trans*-10,*cis*-12 CLA มีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน (Liangli et al., 2002; Yu, 2001) สำหรับ CLA ชนิด *trans*-9,*trans*-11 CLA พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) เฉพาะในเนื้อสะโพกเท่านั้น (Figure 3.2B) แต่ CLA isomer นี้ไม่มีผลทางสุขภาพสำหรับการบริโภคแต่อย่างใด

3.4.2 ความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันของเนื้อไก่กระทง

เพื่อให้ทราบผลของการใช้ CLA เสริมในอาหารไก่ต่อการต้านการเกิดออกซิเดชันในเนื้อไก่หลังการเก็บในอุณหภูมิตู้เย็น (4 °C) และเนื้อไก่ที่ทำให้สุกแล้วแล้วเก็บในอุณหภูมิตู้เย็น ผลการวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชันของตัวอย่างด้วยการวิเคราะห์สารประกอบ aldehydes ด้วย TBARS (thiobarbituric acid reaction substance) หรือปริมาณ Melondialdehyde (MDA) และปริมาณ hexanal

ดังแสดงในรูป 3.2 สำหรับเนื้ออก และรูป 3.3 สำหรับเนื้อสะโพก การเกิดออกซิเดชันของเนื้อไก่สด ทั้งเนื้ออกและเนื้อสะโพกไม่มีความแตกต่างกันมากนัก เมื่อพิจารณาจากปริมาณ MDA และ Hexanal ทั้งนี้อาจเนื่องจากน้ำมันถั่วเหลืองเองก็มีสารประกอบ tocopherol หรือ vitamin E ซึ่งเป็นสารต้านออกซิเดชันโดยธรรมชาติอยู่แล้ว (Thai Edible Oil Co., Ltd., 2005) และเนื้อไก่ยังสดใหม่ การกระตุ้นการเกิดออกซิเดชันจึงยังมีน้อย

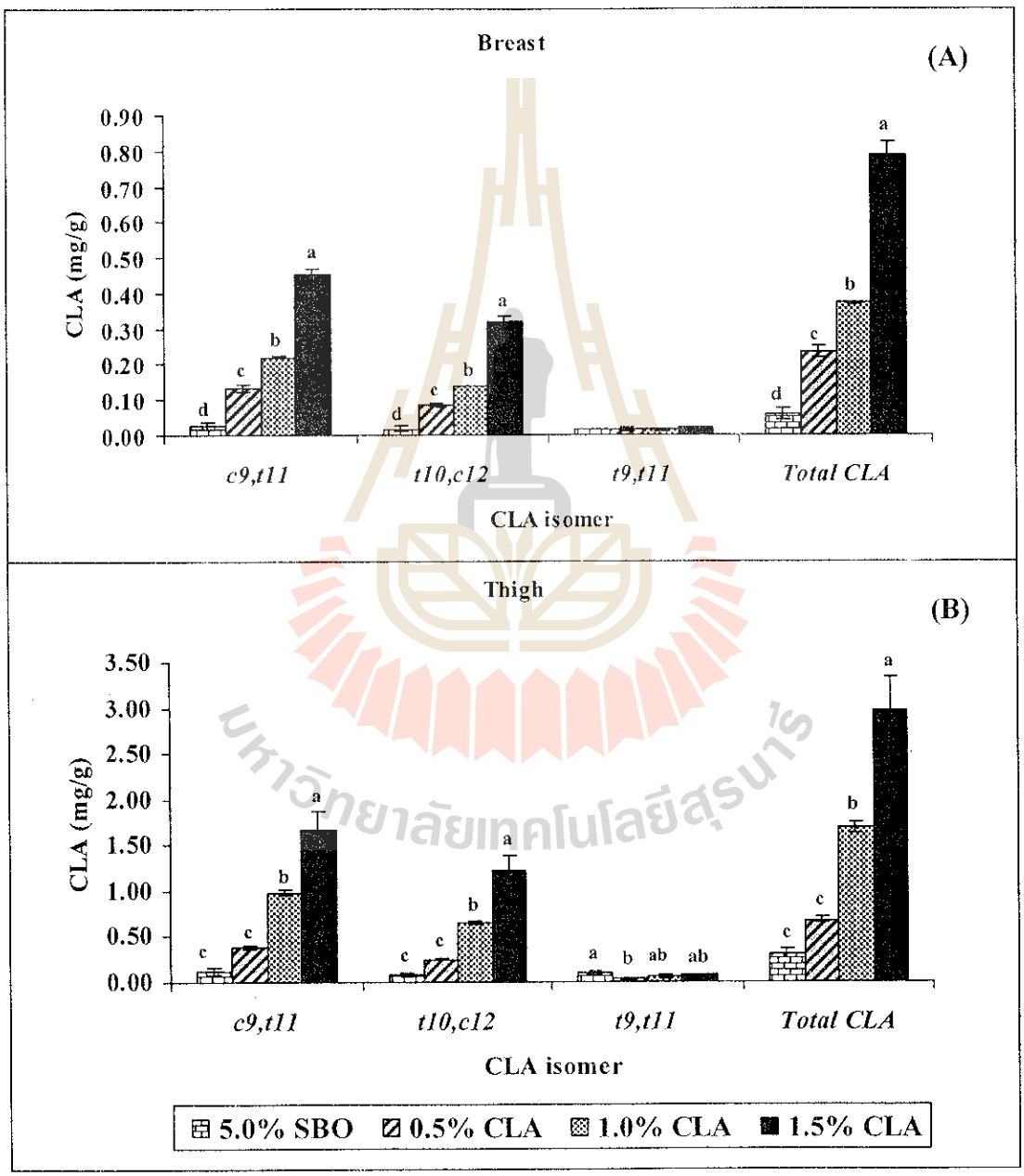

Figure 3.1 CLA contents in breast and thigh meats affected by 5.0% soybean oil, and 0.5, 1.0 and 1.5% CLA supplemented in chicken diets. SBO = soybean oil, CLA = conjugated linoleic acid. Means (± SE) with different letters are significantly different ($P < 0.05$) within CLA isomer ($n = 4$).

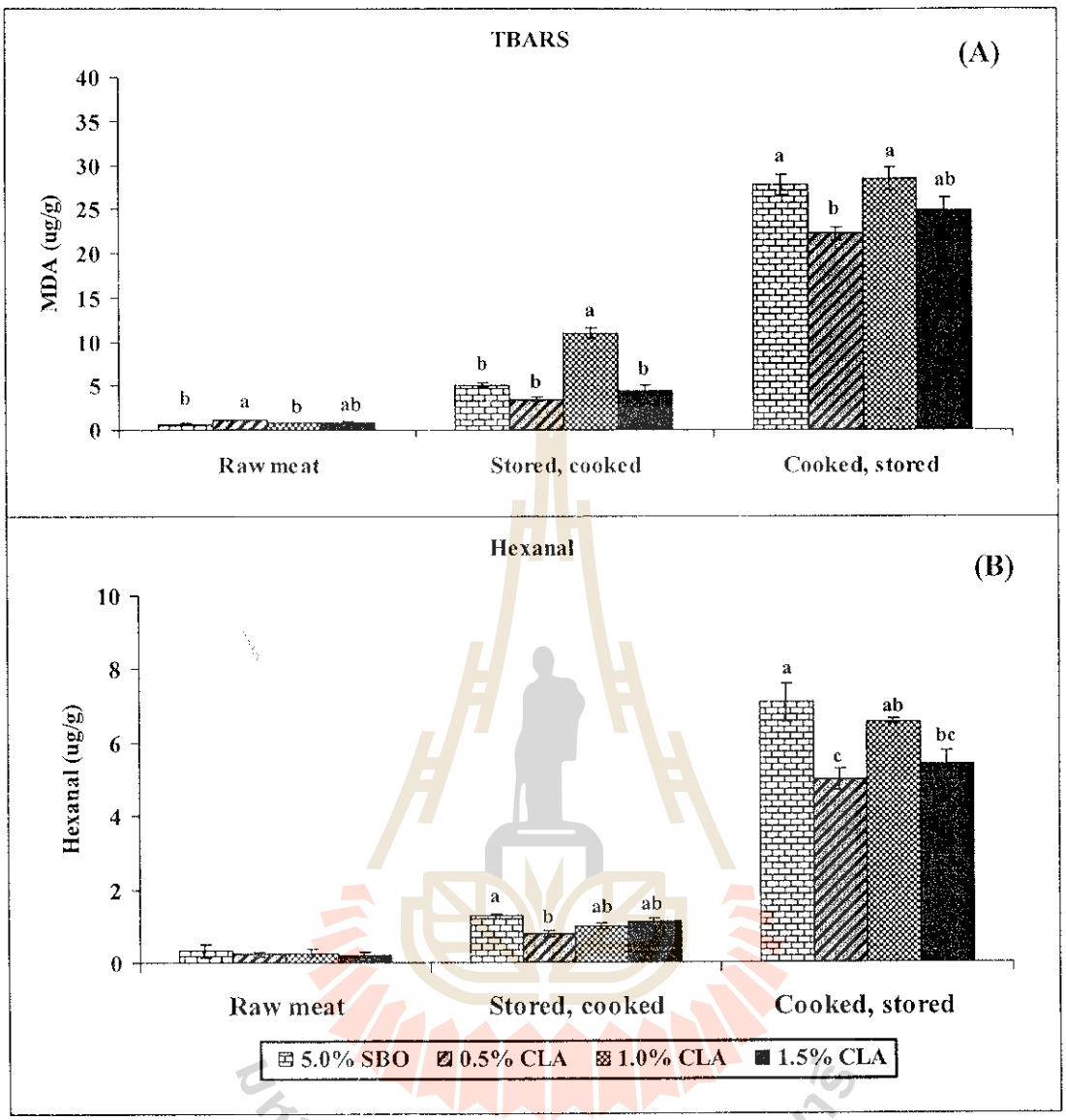

Figure 3.2 TBARS and hexanal contents of breast meats affected by 5.0% soybean oil, and 0.5, 1.0 and 1.5% CLA supplemented in chicken diets. SBO = soybean oil, CLA = conjugated linoleic acid. Means (± SE) with different letters are significantly different ($P < 0.05$) within CLA isomer ($n = 4$). (Raw meat = stored at 4 °C, 48 h; Stored, cooked meat = raw meat stored at 4 °C, 48 h, cooked; Cooked, stored meat = cooked meat stored at 4 °C, 48 h).

การเกิดออกซิเดชันของเนื้อไก่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บเนื้อสด (stored, cooked) และออกซิเดชันเพิ่มมากยิ่งขึ้น เนื่องจากความร้อนเป็นปัจจัยสำคัญในการกระตุ้นการเกิดออกซิเดชัน อย่างไรก็ตามการเกิดออกซิเดชันมีความแตกต่างกัน ($p < 0.05$) และเห็นได้ชัดเจนในเนื้อไก่ส่วนสะโพก ซึ่งเป็นเนื้อที่มีไขมันมากกว่าเนื้อส่วนอก จากรูปที่ 3.3 การเกิดออกซิเดชันของเนื้อสะโพกจากไก่ที่เลี้ยงด้วย CLA ลดลงตามระดับของปริมาณ CLA ที่ใช้เสริมในอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการ

ยืนยันได้ว่า CLA มีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันตามที่มีรายงานเผยแพร่ (Hur et al., 2004; Zanni et al., 2006) นอกจากนี้การผสม isomer *cis*-9,*trans*-11 และ *trans*-10,*cis*-12 CLA ร่วมกันยิ่งทำให้มีผลการต้านออกซิเดชันมากขึ้น (Yu et al., 2002)

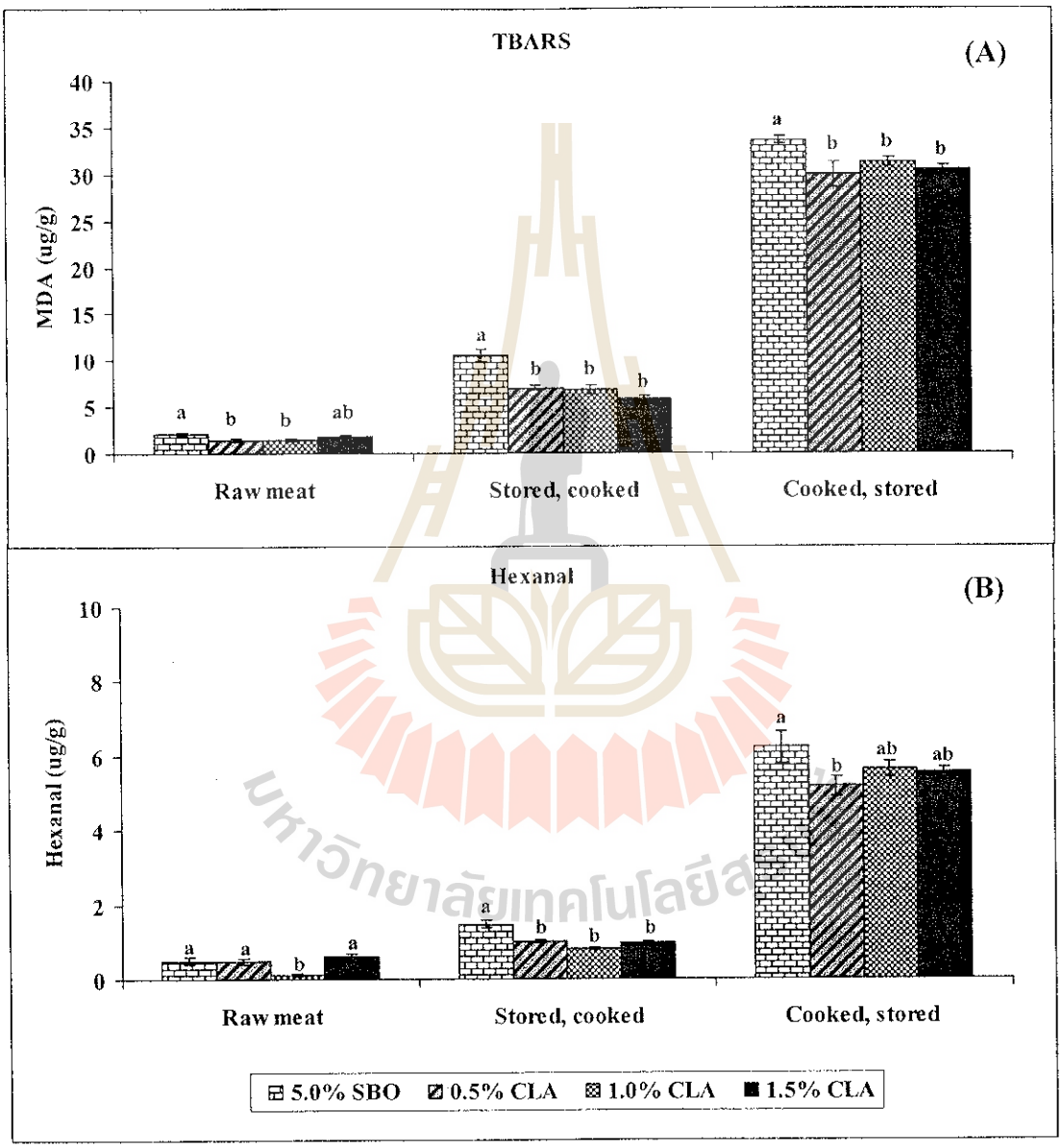

Figure 3.3 TBARS and hexanal contents of thigh meats affected by 5.0% soybean oil, and 0.5, 1.0 and 1.5% CLA supplemented in chicken diets. SBO = soybean oil, CLA = conjugated linoleic acid. Means (± SE) with different letters are significantly different ($P < 0.05$) within CLA isomer (n = 4). (Raw meat = stored at 4 °C, 48 h; Stored, cooked meat = raw meat stored at 4 °C, 48 h, cooked; Cooked, stored meat = cooked meat stored at 4 °C, 48 h).

ผลการประเมินการเกิดออกซิเดชันของเนื้อไก่โดยผู้ประเมินทางประสาทสัมผัสดังแสดงในรูปที่ 3.4A สำหรับเนื้ออก และรูปที่ 3.4B สำหรับเนื้อสะโพก เนื้อสดทั้งเนื้ออกและเนื้อสะโพกมีคะแนนออกซิไดซ์ระดับ 1 คะแนน แสดงว่าเนื้อสดทั้ง 2 ชนิด ไม่มีกลิ่นจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เมื่อเก็บเนื้อไว้ 48 ชั่วโมง แล้วทำให้เนื้อสุก ความร้อนขณะทำให้เนื้อสุกจะเร่งการเกิดออกซิเดชัน แต่พบว่าผู้ประเมินไม่สามารถบอกความแตกต่าง ($p < 0.05$) ของเนื้อไก่จากการเลี้ยงด้วยอาหารสัตว์ที่แตกต่างกันได้ แม้ว่าสามารถบอกได้ว่าเนื้อที่สุกแล้วมีกลิ่นออกซิไดซ์เล็กน้อย (คะแนนประมาณ 2.5) ทำนองเดียวกันเมื่อเก็บเนื้อไก่ที่สุกแล้วไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C แล้วนาน 48 ชั่วโมง แล้วอุ่นเนื้อเพื่อประเมินกลิ่นออกซิไดซ์ พบว่าผู้ประเมินสามารถบอกได้ว่าเนื้อทุกชนิดมีกลิ่นออกซิไดซ์สูงขึ้น แต่ไม่สารถบอกความแตกต่าง ($p > 0.05$) ของกลิ่นออกซิไดซ์ของเนื้อไก่ที่เสริมและไม่เสริม CLA ในอาหารสัตว์ การอุ่นอาหารที่สุกและเก็บไว้ระยะหนึ่ง จะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมากขึ้น และอาหารจะมีกลิ่นออกซิไดซ์เนื่องจากอุ่นอาหารหรือเรียกว่า warmed-over flavor (WOF) จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่าการเกิด WOF ของเนื้อไก่มีกลิ่นออกซิไดซ์ระดับปานกลาง (มีคะแนนประมาณ 3, moderate oxidation) เมื่อเก็บเนื้อสุกไว้ 48 ชั่วโมง ก่อนอุ่นเพื่อการบริโภค

3.4.3 คุณภาพสีและเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่กระทง

คุณภาพสีของอาหารเป็นปัจจัยแรกที่ผู้บริโภคจะเลือกหรือยอมรับอาหาร ค่าการวัดสีของเนื้อไก่กระทงที่ได้จากการใช้อาหารสูตรที่เสริมและไม่เสริม CLA ดังแสดงในรูปที่ 3.5 สำหรับเนื้ดิบสดและเนื้ออกสุก และรูปที่ 3.6 สำหรับเนื้อสะโพกดิบและเนื้อสะโพกสุก มีผลงานวิจัยรายงานว่าการเสริมอาหารสัตว์ด้วย CLA ทำให้ได้เนื้อที่มีสีสว่างกว่าเนื้อที่ไม่ได้เสริม CLA (Migdał et al., 2004) ทำนองเดียวกันการศึกษานี้ พบว่าเนื้อไก่ที่ได้จากการเสริม CLA ทั้งเนื้ออกและเนื้อสะโพกมีค่า L หรือความสว่างมากขึ้น ค่า L ของเนื้ออกดิบที่ได้จากการเสริม CLA สูงกว่าเนื้ออกที่ได้จากการใช้น้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว (Figure 3.5A) แม้ว่าค่า L ของเนื้อชุดนี้จะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกันกับค่า L ของเนื้อสะโพกสุกที่ได้จากการเสริม CLA (Figure 3.6B) ค่า a ที่แสดงสีแดงของเนื้อสัตว์ พบว่าสีแดงของเนื้อดิบทั้งเนื้ออก (Figure 3.5A) และเนื้อสะโพก (Figure 3.6A) ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ในขณะที่เนื้อสุกทั้งเนื้ออกและเนื้อสะโพกที่เสริมด้วย CLA มีค่าความแดง (a values) ต่ำกว่า ($p < 0.05$) เนื้อที่ได้จากการใช้น้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว สำหรับค่า b ซึ่งเป็นค่าแสดงสีเหลืองของเนื้อ พบว่าเนื้อไก่ที่ได้จากการเสริมอาหารด้วย CLA มีค่า b ต่ำกว่า ($p < 0.05$) เนื้อที่ได้จากการใช้น้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว ซึ่งหมายความว่าเนื้อไก่ที่ได้จากการเสริม CLA มีสีเหลืองอ่อนกว่าเนื้อที่ได้จากการใช้น้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ค่า L และค่า b ของเนื้อไก่ที่ได้มีความสอดคล้องกัน คือ เนื้อไก่ที่ได้จากการเสริมอาหารด้วย CLA จะมีความสว่างและสีอ่อนกว่าเนื้อที่ไม่ได้เสริม CLA

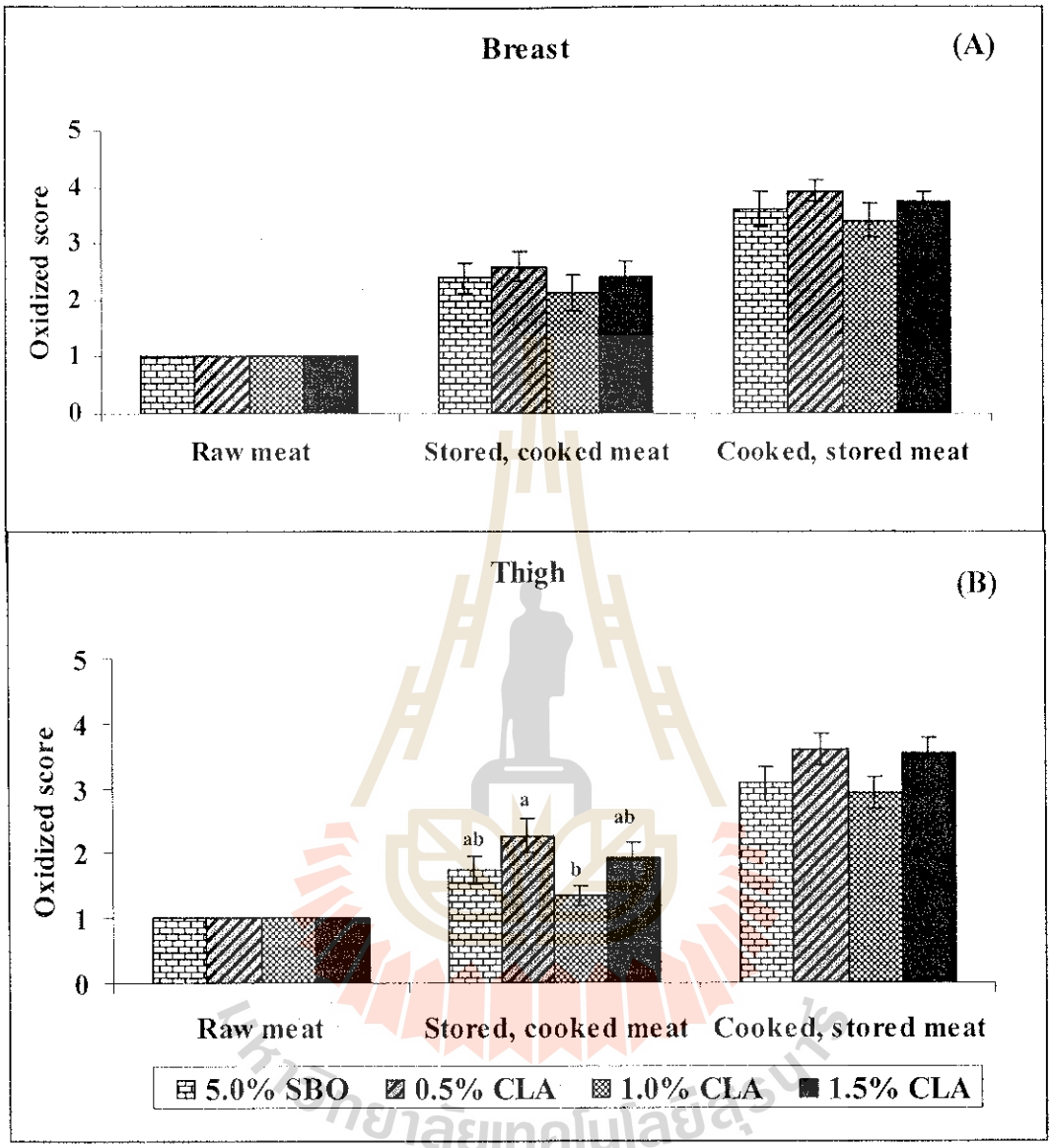

Figure 3.4 Oxidized flavor score of breast and thigh meats affected by 5.0% soybean oil, and 0.5, 1.0 and 1.5% CLA supplemented in chicken diets. SBO = soybean oil, CLA = conjugated linoleic acid. Means (± SE) with different letters are significantly different ($P < 0.05$) within CLA isomer.

Raw meat = stored at 4 °C for 48 h; Stored, cooked meat = raw meat stored at 4 °C for 48 h, then cooked; Cooked, stored meat = cooked meat, then stored at 4 °C for 48 h.

(Score: 1 = no oxidation, 2 = slight oxidation, 3 = moderate oxidation, 4 = strong oxidation, 5 = extreme oxidation).

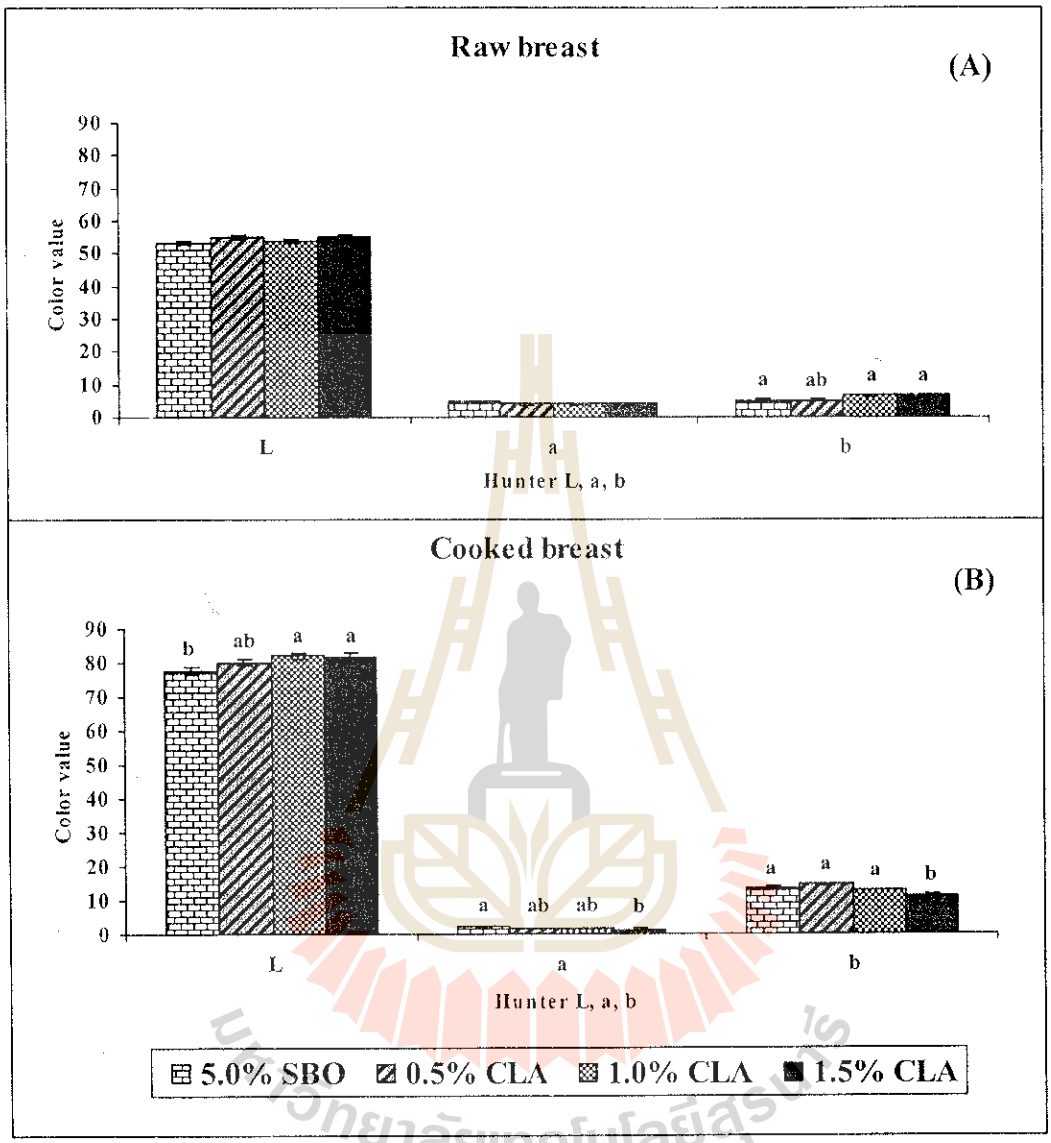

Figure 3.5 Color of raw and cooked breast meats affected by 5.0% soybean oil, and 0.5, 1.0 and 1.5% CLA supplemented in chicken diets. SBO = soybean oil, CLA = conjugated linoleic acid. Means (± SE) with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

สำหรับคุณภาพเนื้อสัมผัสของเนื้อสัตว์จากการเลี้ยงสัตว์ด้วยอาหารที่แตกต่างกัน มีรายงานว่าอาหารสัตว์ไม่ทำให้เนื้อสัมผัสของเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างกันจากการวัดค่าแรงตัดเฉือน (shear force) (Lorenzen et al., 2007; Tischendorf et al., 2007; Marriot et al., 2002) อย่างไรก็ตามผลการศึกษานี้ พบว่าการใช้แหล่งของไขมันในปริมาณต่างกันทำให้ได้ค่าแรงตัดเฉือนของเนื้อสัตว์แตกต่างกัน ($p < 0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ค่าแรงตัดเฉือนของเนื้อไก่ดิบที่ได้จากการเลี้ยงน้ำมันถั่ว

เหลืองทั้งเนื้ออก (Figure 3.7A) และเนื้อสะโพก (Figure 3.7B) สูงกว่า ($p < 0.05$) เนื้อที่ได้จากการเลี้ยงด้วยอาหารเสริม CLA ค่าแรงตัดเฉือนของเนื้ออกและเนื้อสะโพกดิบเท่ากับ 114.07 และ 154.44 g/mm ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าแรงตัดเฉือนของเนื้อที่ได้จากการเลี้ยงด้วยอาหารเสริม CLA มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณ CLA ที่เสริมเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากว่าเนื้อดิบทั้งส่วนอกและส่วนสะโพกที่ได้จากการเสริมด้วย CLA มีปริมาณความชื้นมากขึ้น ($p < 0.05$) (Table 3.1) จึงทำให้ได้เนื้อที่มีความนุ่มขึ้นและได้ค่าแรงตัดเฉือนที่น้อยลง

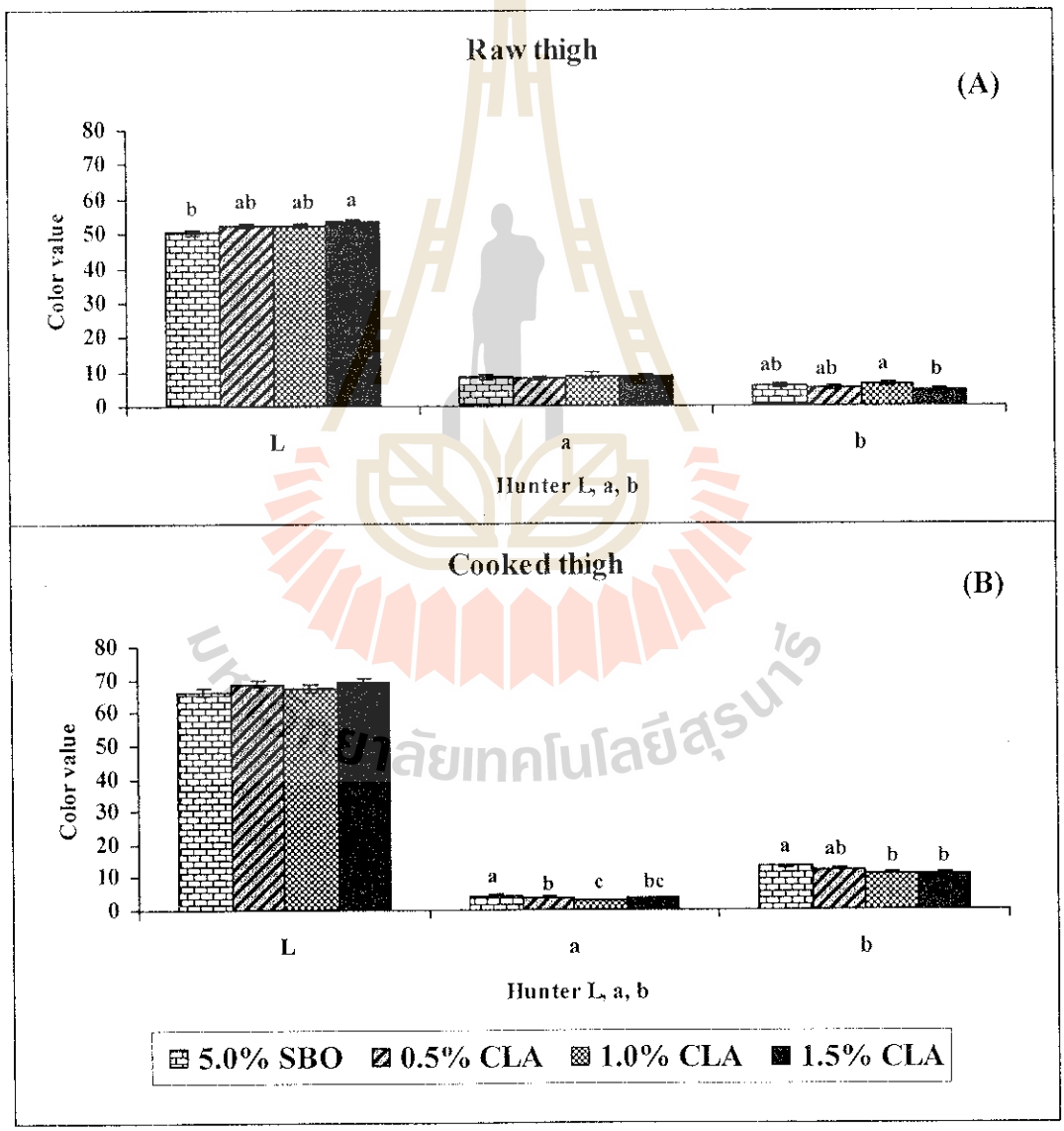

Figure 3.6 Color of raw and cooked thigh meats affected by 5.0% soybean oil, and 0.5, 1.0 and 1.5% CLA supplemented in chicken diets. SBO = soybean oil, CLA = conjugated linoleic acid. Means (± SE) with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

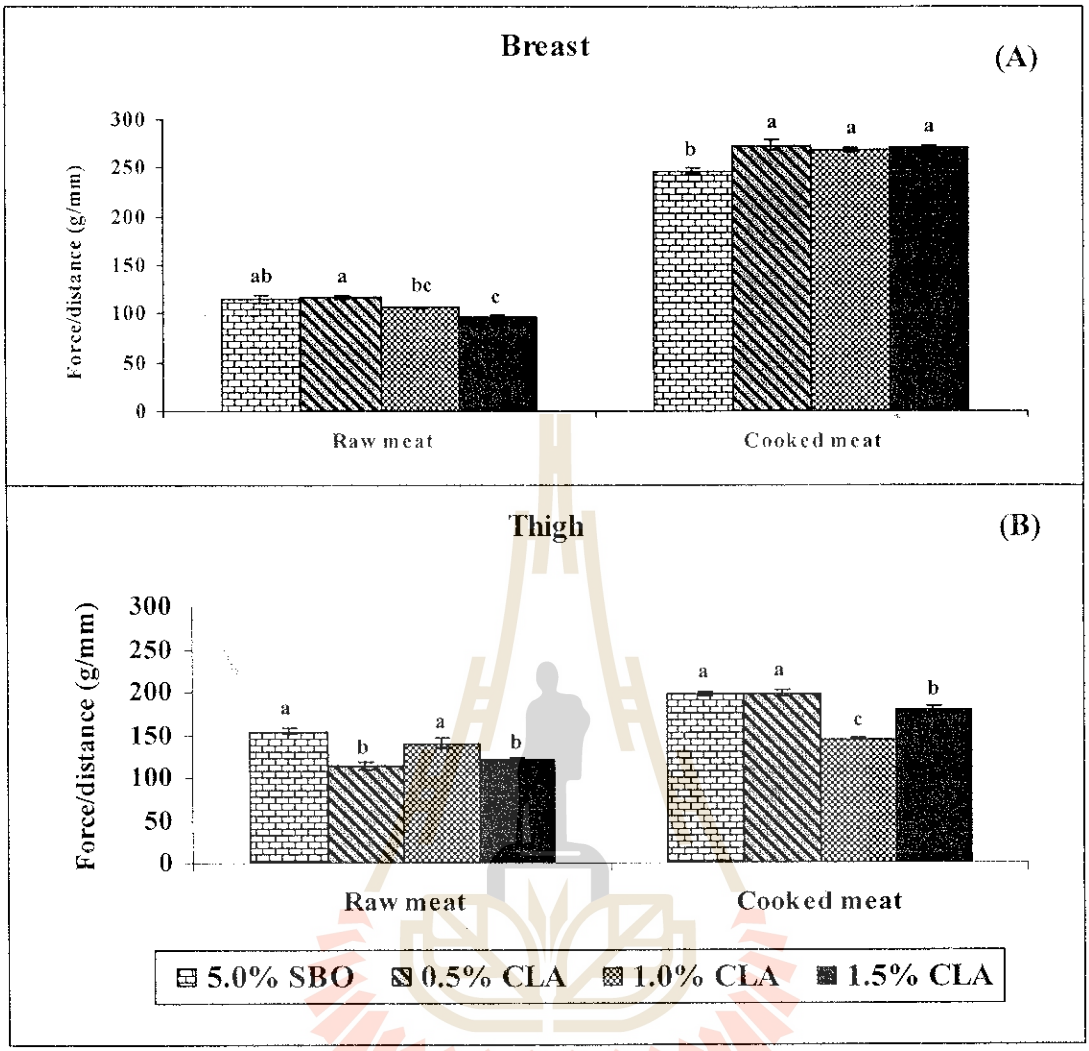

Figure 3.7 Texture of raw and cooked breast and thigh meats affected by 5.0% soybean oil, and 0.5, 1.0 and 1.5% CLA supplemented in chicken diets. SBO = soybean oil, CLA = conjugated linoleic acid. Means (± SE) with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

การทำให้เนื้อสุกทำให้ค่าแรงตัดเฉือนของเนื้อไก่แตกต่าง ($p < 0.05$) เช่นกัน และตรงกันข้ามกันสำหรับเนื้อไก่ส่วนอก ปรากฏว่าเนื้ออกที่ได้จากการเพิ่มปริมาตร CLA สูงขึ้น มีค่าแรงตัดเฉือนเพิ่มขึ้น (Figure 3.7A) หรือกล่าวได้ว่ามีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น ค่าแรงตัดเฉือน 247.33 g/mm สำหรับเนื้ออกที่ได้จากการเลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว และค่าระหว่าง 269.16 - 273.99 g/mm สำหรับเนื้ออกที่ได้จากการเสริม CLA ในทางตรงกับข้าม พบว่าค่าแรงตัดเฉือนของเนื้อสะโพกสุกที่ได้จากเสริม CLA มีแนวโน้มลดลง ค่าแรงตัดเฉือนของเนื้อสะโพกสุกที่ได้จากการเลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองอย่างเดียวเท่ากับ 197.68 g/mm ขณะที่เนื้อสะโพกสุกที่ได้จากการเสริม CLA มีค่าระหว่าง 145.33 – 198.75 g/mm (Figure 3.7B) การที่ค่าแรงตัดเฉือนของเนื้อสะโพกที่ได้จากการเสริม CLA ทั้งเนื้อสภาวะดิบและสภาวะสุกต่ำกว่าเนื้อที่ได้จากการเลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียวนั้น อาจ

เนื่องจากเนื้อส่วนสะโพกเป็นเนื้อที่มีไขมันสูงและมี CLA สูง และเป็นกล้ามเนื้อที่มีลักษณะเส้นใยละเอียดกว่า จึงทำให้อุ้มน้ำขณะให้ความร้อนได้ดีและมีค่าแรงตัดเฉือนต่ำกว่า (Wood et al., 2008; Warris, 2000; Intarapichet et al., 2008)

3.5 สรุปผลการทดลอง

การเสริม CLA 0.5, 1.0 และ 1.5% ทดแทนน้ำมันถั่วเหลือง (5.0%) ในอาหารไก่ มีผลทำให้องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไก่บางองค์ประกอบแตกต่างจากเนื้อไก่ที่เลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เนื้อไก่ได้จากอาหารเสริม CLA มีปริมาณความชื้นมากขึ้น ($p < 0.05$) และปริมาณไขมันมีแนวโน้มลดลง กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวลดลง ($p < 0.05$) ขณะที่ปริมาณ cholesterol มีแนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณ CL ที่เพิ่มขึ้น การเสริม CLA สูง 1.0% ขึ้นไปจะได้เนื้อไก่ที่มีคุณภาพทางไขมันสำหรับการบริโภค คือมีอัตราส่วน n-6:n-3 ต่ำกว่า 4.0 อัตราส่วนPUFA:SFA ที่สูงกว่า 0.4 เนื้อไก่มีปริมาณ CLA สูงขึ้นตามปริมาณ CLA ที่เสริมเพิ่มขึ้น และที่มีพบในเนื้อไก่ปริมาณมากที่สุดที่คุณสมบัติเชิงหน้าที่ต่อการบริโภค 2 isomers คือ *cis*-9,*trans*-11 และ *trans*-10,*cis*-12 CLA

เนื้อไก่ที่ได้จากการเสริม CLA ในน้ำมันถั่วเหลืองมีการเกิดออกซิเดชันต่ำกว่า สีของเนื้ออ่อนกว่าเนื้อที่ได้จากการเลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว เนื้อสัมผัสของเนื้ออกดิบมีความนิ่มกว่าเนื้อที่ได้จากการเลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว แต่เมื่อทำให้สุกกลับได้เนื้อสัมผัสที่แน่นกว่า เนื้อสัมผัสของเนื้อสะโพกทั้งที่เป็นเนื้อดิบและเนื้อสุกมีความนุ่มกว่า

สรุปโดยรวมได้ว่าการเสริมอาหารไก่ด้วย CLA ทดแทนแหล่งไขมันของอาหารสัตว์ สามารถทำให้ได้เนื้อไก่ที่มีปริมาณ CLA ในเนื้อได้มากน้อยตามปริมาณที่เสริม และเมื่อใช้ CLA ที่มี isomers ที่มีคุณสมบัติเชิงสุขภาพ ก็จะทำให้ได้เนื้อไก่ที่เป็นอาหารเชิงหน้าที่ (functional foods) สำหรับการบริโภคด้วย และ CLA ในเนื้อไก่สามารถช่วยลดการเกิดออกซิเดชันของเนื้อไก่ได้ระดับหนึ่ง

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 1997. Official methods of analysis, 16th ed. Washington, D.C.: Association of Analytical Chemists.

Bailey A. J. and Light N. D. 1989. Connective tissue in meat and meat products. London: Elsevier Applied Science.

Bee, G. 2001. Dietary conjugated linoleic acids affect tissue lipid composition but not de novo lipogenesis in finishing pigs. Anim. Res. 50:383-399.

Bocca, C., Bozzo, F., Gagriel, L. and Miglietta, A. 2007. Conjugated linoleic acid inhibits Caco-2 cell growth via ERK-MAPK signaling pathway. J. Nutr. Biochem. 18:332-340.

Bauman, D.E., Baumgard, L.H., Cori, B.A. and Griinari, J.M. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. In Proceedings of the American Society of Animal Science. http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0937.

Cook, M. E. and Pariza, M. 1998. The role of conjugated linoleic acid (CLA) in health. Inter. Dairy J. 8:459-462.

Das, S., Holland, R., Crow, V. L., Bennett, R. J. and Manderson, G. J. 2005. Effects of yeast and bacterial adjuncts on the CLA content and flavour of a washed-curd, dry-salted cheese. Inter. Dairy J. 15:807-815.

Eggert, J. M., Belury, M. A., Kempa-Steczko, A., Mills, S. E. and Schinckel, A. P. 2001. Effects of conjugated linoleic acid in the belly firmness and fatty acid composition of genetically lean pigs. J. Anim. Sci. 79:2866-2872.

Folch J., Lees, M. and Stanley, G. H. S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226:467-509.

Ha, Y.L., Grimm, N.K. and Pariza, M.W. 1987. Anticarcinogens from fried ground beef: Heat-altered derivatives of linoleic acid. Carcinogenesis. 8:1881-1887.

Intarapichet, K., Maikhunthod, B. and Thungmanee, N. 2008. Physicochemical characteristics of pork fed palm oil and conjugated linoleic acid sumpplements. Meat sci. 80:788-794.

Joo, S. T., Lee, J. I., Ha, Y. L. and Park, G. B. 2002. Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and water-holding capacity of pork loin. J. Ani. Sci. 80:108-112.

Kepler, C.R. and Tove, S.B. 1967. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. J. Biol. Chem. 242:5686-5691.

Kim, J.-H., Hubbard, N. E., Ziboh, V. and Erickson, K. L. 2005. Conjugated linoleic acid reduction of murine mammary tumor cell growth through 5-hydroxyeicosatetraenoic acid. Biochemica et Biophysica Acta,. 1687:103-109.

Lorenzen, C. L., Golden, J. W., Martz, F. A., Grün, I. U., Ellersieck, M. R., Gerrish. J. R. and Moore, K. C. 2007. Meat Sci. 75:159-167.

Lauridsen, C., Mu, H. and Henckel, P. 2005. Influence of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and age at slaughtering on performance, slaughter- and meat quality, lipoproteins, and tissue deposition of CLA in barrows. Meat Sci. 69:393-399.

Lyon, B. G. and Lyon, C. E. 1998. Assessment of three devices used in shear tests of cooked breast meat. Poultry Sci. 77:1585-1590.

Marriott, N. G., Garrett, J. E., Sims, M. D., Wang, H. and Abril, J. R. 2002. Characteristics of pork with docosahexaenoic acid supplemented in the diet. J. Muscle Foods. 13:253-263.

Migdał, W., PaŚciak, P., Wojtysiak, D., Barowicz, T., Pieszka, M. and Pietras, M. 2004. The effect of dietary CLA supplementation on meat and eating quality, and the histochemical profile of the m. logissimus dorsi from stress susceptible fatteners slaughtered at heavier weights. Meat Sci. 66:863-870.

Metcalfe L. D., Schmitz A. A. and Pelka J. R. 1966. Rapid preparation of fatty acid ester from lipids for gas chromatographic analysis. Anal. Chem. 38:514-515.

Miglietta, A., Bozzo, F., Bacca, C., Gabriel, L., Trombetta, A., Belotti, S. and Canuto, R. A. 2006. Conjugated linoleic acid induces apoptosis in MDA-MB-231 breast cancer cells through ERK/MAPK signaling and mitochondrial pathway. Cancer Letters. 234:149-157.

Ohtsu, H., Ho, E., Huang, Y.-S., Chuang, L.-T. and Bray, T. M. 2005. Conjugated linoleic acid decreases cellular proliferation and inhibits nuclear factor-KB and activator protein 1 activation in PC3 cancerous prostate epithelial cells. Nutr. Res. 25:655-662.

Pariza, M.W., Ashoor, S.H., Chu, R.S. and Lund, D.B. 1979. Effect of temperature and time on mutagen formation in pan-fried hamburger. Cancer Letters. 7:63-69.

Pakdeechanuan, P., Intarapichet, K. and Tongta, S. 2007. Effect of extrusion parameters on conjugated linoleic acids on corn extrudates. J. Agri. Food Chem. 55:1463-1468.

Ramsay, T. G., Evock-Clover, C. M., Steele, N. C. and Azian, M. J. 2001. Dietary conjugated linoleic acid alters fatty acid composition in big skeletal muscle and fat. J. Anim. Sci. 79:2152-2161.

Rowe A., Macedo, F. A. F., Visentainer, J. V., Souza, N, E., & Matsushita, M. 1999. Muscle composition and fatty aid profile in lambs fattened in drylot or pasture. Meat Sci. 51:283-288.

SAS. (1993). SAS 6.08.04 WIN. Carry, NC: SAS Institute Inc.

Shantha, N.C., Ram, L.N., O'Leary, J., Hicks, C.L. and Decker, E.A. 1995. Conjugated linoleic acid concentration in dairy products as affected by processing and storage. J. Food Sci. 60:695-697.

Tischendorf, F., Schöne, F., Kirchheim, U. and Jahreis, G. 2002. Influence of a conjugated linoleic acid mixture on growth, organ weights, carcass traits and meat quality in growing pigs. J. Phys. Ani. Nutr. 86:117-128.

Warriss, P. D. 2000. Meat Science: An Introductory Text. Wallingford: CABI Publishing.

Woessner A. J. 1961. The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this amino acid. Arch. Biochem. Biophys. 93:440-447.

Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., Hughes, S. I. and Whittington, F. M. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. Meat Sci. 78:343-358.

Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V., Campo, M. M., Kasapidou, E., Sheard, P. R. and Enser, M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. Meat Sci. 66:21-32.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4

การเปรียบเทียบ CLA และการเกิดออกซิเดชันของลูกชิ้นผลิตจากไก่กระทงเลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองและเสริมด้วย CLA

(CLA and Oxidative Comparison of Meatballs from Breast and Thigh of Broilers Fed Soybean Oil and CLA Supplements)

รายงานวิจัยบทนี้เป็นผลงานส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่ได้นำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการ The 53rd International Congress of Meat Science and Technology, Beijing, China, August 5-9, 2007

ผลงานตีพิมพ์นี้เป็นฉบับเต็ม (full paper) ที่ได้ผ่านการตรวจกรอง (being reviewed) จากคณะกรรมการวิชาการ การประชุมวิชาการนานาชาติทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์นี้แล้วก่อนการยินยอมและรับให้เสนอผลงานในการประชุมได้

จึงขอเสนอเป็นส่วนหนึ่งในรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการวิจัย ทั้งนี้ผู้วิจัยขอชี้แจงเพิ่มเติมดังนี้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เนื้อสัตว์ทดลอง เป็นเนื้อไก่ชุดเดียวกันกับที่ใช้สำหรับการทดลองในรายงานบทที่ 3 (หน้า 18)
2. การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมัน conjugated linoleic acid (CLA), TBARS, hexanal และกลิ่น oxidized flavor ทางประสาทสัมผัส ได้ทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการทดลองในบทที่ 3 (หน้า 19, 21, 22)
3. การออกแบบการทดลอง และการวิเคราะห์ทางสถิติ เช่นเดียวกับการทดลองในบทที่ 3 (หน้า 22)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Proceedings of 53rd International Congress of Meat Science and Technology

Edited by

Guanghong Zhou

Weili Zhang

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

China Agricultural University Press

Title: Proceedings of 53rd International Congress of Meat Science and Technology

Edited by Guanghong Zhou, Weili Zhang

ISBN 978-7-81117-239-3

Ⅰ. 53rd Ⅱ. ①Zhou ②Zhang

Ⅲ. Meat-Science & Technology-Proceedings Ⅳ. TS251. 5-53

© 2007 by China Agricultural University Press

All rights reserved.

Nothing from this publication may be reproduced, stored in a computerized system or published in any form or in any manner, including electronic, mechanical, reprographic or photographic, without prior written permission from the publisher *China Agricultural University Press.*

74. CLA AND OXIDATIVE COMPARISON OF MEATBALLS FROM BREAST AND THIGH OF BROILERS FED SOYBEAN OIL AND CLA SUPPLEMENTS

K. Intarapichet* and B. Maikhunthod
School of Food Technology, Institute of Agricultural Technology
Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand

Key Words: chicken meatballs, soybean oil, CLA, soybean oil, oxidation

Introduction

Susceptibility of meat products to oxidation can be retarded by the presence of antioxidants. Many natural antioxidants have been used for many years to delay the autoxidation process of lipids (Han and Rhee, 2005). Conjugated linoleic acid (CLA) has been shown to have antioxidant activity. Improvement of oxidative stability of beef and chicken meat had been reported when fat sources were supplemented with CLA (Hur et al., 2004; Zanini et al., 2006). Therefore, this study was designed to differentiate oxidative stabilities of chicken meatballs made from breast and thigh meat of broilers fed soybean oil and supplemented with CLA at different levels.

Materials and Methods

Three weeks old broilers (Arbor Acres) were adapted to the diets containing 5% soybean oil (SBO) only and SBO substituted with 0.5 and 1.5% CLA for 3 weeks at the Suranaree University of Technology Farm. After slaughtering, breast and thigh meats were separately used to make chicken meatballs. The meatball batter contained 77.6% chicken meat, 15.5% ice, 3.5% tapioca flour, 2.0% salt, 0.27% phosphate, 0.15% MSG, 0.62% pepper powder, and 0.3% sugar. All ingredients were chopped in a meat chopper, formed into meatballs in 65 °C water then cooked in 70 °C water for 20 min. The meatballs were packed in plastic bags and kept in a cold room (4 ± 1 °C) for 12 days. The meatball samples were taken for analyses every 3 days.

The lipid of meatballs was extracted using chloroform:methanol (2:1, V/V) solvent, completely methylated using 0.5 M sodium methoxide in methanol at 50 °C for 30 min. The CLA methyl esters were analyzed using a gas chromatograph (GC). Four specific isomers of CLA (*c*9,*t*11; *t*10,*c*12; *c*9,*c*11; and *t*9,*t*11; Matreya LLC, USA) were used for identification. The hexanal was analyzed by Static Headspace GC. Oxidized flavor of the meatballs were evaluated by eight trained panelists using scoring method. The scores were assigned from 1 for no oxidized flavor to 5 for extremely oxidized.

Statistical analysis was evaluated by randomized complete block design. Analysis of variance was analyzed and comparison of means was done by Duncan's Multiple Range Test. Two replicates of meatballs were performed with 3 chemical analyses for each replication.

Results and Discussion

CLA contents in chicken meatballs. As shown in Figure 1, CLA concentrations significantly higher ($P<0.05$) in the meatballs by substitution of CLA in animal diets. In addition, The thigh meatballs contained higher ($P<0.05$) CLA concentrations compared with breast meatballs, particularly high in the two health benefit isomers, *c*9,*t*11 and *t*10,*c*12. This could be due to higher fat content in thigh meat and more absorption of CLA in fatty tissue (Park et al., 1999). As a result, total CLA was highest in thigh meatballs. However, very small amounts of the *cis,cis* and *trans,trans* isomers were found in the meatball products. The *cis,cis* isomer has been found to have no health benefit while the *trans,trans* is reported to associate with increased risk to health (Stender et al., 2006), particularly coronary heart disease.

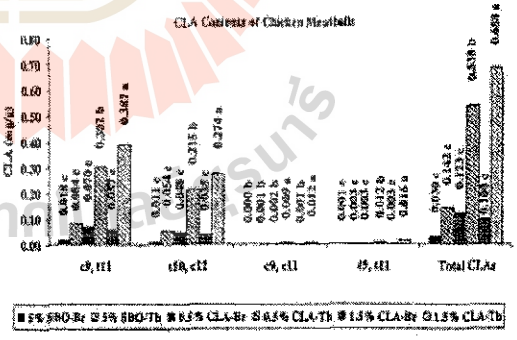

Figure 1. CLA contents in breast and thigh meatballs from broilers fed 5% soybean oil and 0.5 and 1.5% CLA supplemented in the diets; SBO = soybean oil, Br = breast meatball, Th = thigh meatball.

Lipid oxidation of chicken meatballs. Oxidative stability of the chicken meatballs in terms of hexanal concentrations measured by GC and oxidized flavor evaluated by trained panelists are shown in Figure 2A and 2B. Although hexanal contents of all of the meatballs increased as the storage time increased, differences ($P<0.05$) were found among sources of oil used in animal diets. It was obviously that the supplements of 1.5% CLA oil in the feed provided the highest oxidative stability, followed by the feed with 0.5% CLA substituted and only soybean oil used. During day 0 to day 6 of storage, the breast meatballs from the chickens fed SBO only

seemed to have slightly more susceptible to oxidation than thigh meatballs made from the same group of chickens. On the contrary, on prolong storage (after day 6 towards the end of storage), increasing of oxidation in the thigh meatballs made from the meat fed SBO were noticeably observed higher than in breast meatballs due to higher fat content of thigh meat (Zanini et al., 2006) and low amounts of CLA to prevent oxidation (Figure 1). However, the meatballs made from thigh meat fed with substituted CLA produced lower concentrations of hexanal than those made form breast meat, as the higher CLA was substituted, the lower hexanal concentrations observed. This could be because of the protective effect of both antioxidative CLA isomers, *c*9,*t*11 and *t*10,*c*12, in the meat itself (Figure 1).

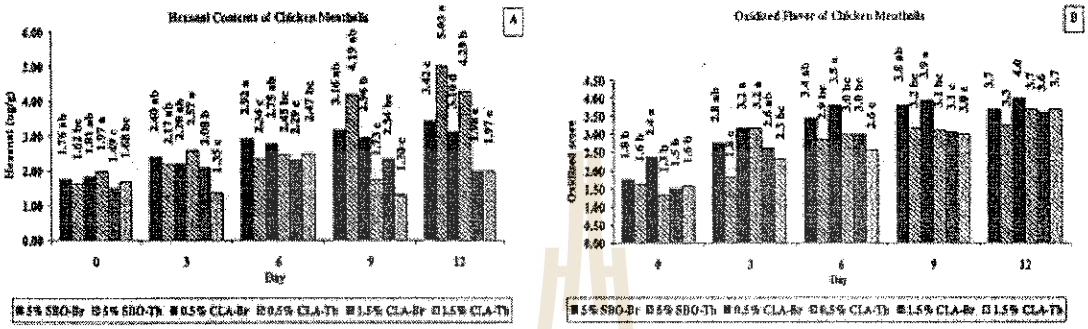

Figure 2. Hexanal contents and oxidized flavor scores of chicken meatballs affected by 5.0% soybean oil and 0.5 and 1.5% CLA supplemented in the diets; SBO = Soybean oil, Br = breast meatball, Th = thigh meatball.

Similar trends to the hexanal observation, oxidation of the chicken meatballs evaluated by the trained panelists were found to be different ($P<0.05$) among the chicken meatballs made from soybean oil and different levels of CLA substituted except for day 12 of storage (Figure 2B). During day 0 to day 9 of storage, the meatballs made from breast of all treatments had higher oxidized scores ($P<0.05$) than the ones made from thigh meat. At the last day of storage, since the sensory scores of all samples evaluated by the panelists were quite high due to high intensity of oxidized flavor, the panelists could not differentiate ($P>0.05$) the off-flavor of meatballs from all oil sources fed to the broilers.

Conclusions

Regardless of oil sources fed to the broilers, higher concentrations of CLA were observed in the meatballs made from thigh meat than those made from breast meat. The health benefit isomers, *c*9,*t*11 and *t*10,*c*12, were found higher in the thigh meatballs compared to those made from breast. From the results of hexanal contents and sensory scores, it was suggested that more oxidation occurred in the meatballs made from the broiler meat fed with soybean oil only than those from the meat fed with substituted CLA. In general, less oxidation occurred in thigh meatballs, possibly due to the protective effect of high CLA.

References

1. Park, Y., Albright, K.J., Storkson, J.M., Liu, W., Cook, M.E., and Pariza, M.W. (1999). Changes in body composition during feeding and withdrawal of dietary conjugated linoleic acid. *Lipids, 34,* 243-248.
2. Han, J., and Rhee, K.S. (2005). Antioxidant properties of selected oriental non-culinary/nutraceutical herb extracts as evaluated in raw and cooked meat. *Meat Science, 70,* 25-33.
3. Hur, S.J., Ye, B.W., Lee, J.L., Ha, Y.L., Park, G.B., and Joo, S.T. (2004). Effects of conjugated linoleic acid on color and lipid oxidation of beef patties during cold storage. *Meat Science, 66,* 771-775.
4. Stender, S., Dyerberg, J., Bysted, A., Leth, T., and Astrup, A. (2006). A *trans* world journey. *Atherosclerosis supplements. 7,* 47-52.
5. Zanini, S.F., Colnago, G.L., Bastos, M.R., Pessotti, B.M.S., Casagrande, F.P., and Lima, V.R. (2006). Oxidative stability and total lipids on thigh and breast meat of broilers fed diets with two fat sources and supplemented with conjugated linoleic acid. *LWT, 39,* 717-723.

บทที่ 5

คุณลักษณะทางเคมีกายภาพของเนื้อหมูเลี้ยงด้วยน้ำมันปาล์มและเสริมด้วย Conjugated Linoleic Acid

(Physicochemical Characteristics of Pork Fed Palm Oil and Conjugated Linoleic Acid Supplements)

รายงานวิจัยบทนี้เป็นผลงานส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ

Meat Science, 80 (2008) 788-794

จึงขอเสนอเป็นส่วนหนึ่งในรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Meat Science 80 (2008) 788–794

Contents lists available at ScienceDirect

Meat Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/meatsci

Physicochemical characteristics of pork fed palm oil and conjugated linoleic acid supplements

Kanok-Orn Intarapichet [a,*], Bussayarat Maikhunthod [a], Nantika Thungmanee [a]

[a] School of Food Technology, Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand

ARTICLE INFO

Article history:
Received 11 November 2007
Received in revised form 25 March 2008
Accepted 25 March 2008

Keywords:
Pork
Conjugated linoleic acid
Palm oil
Shear force
Color

ABSTRACT

The experiment was conducted to determine chemical and physical characteristics of pork fed palm oil in the diets and with two levels of CLA (0.5% and 1.0%) supplementation. Chemical compositions and CLA contents were analyzed from raw loins and ham portions. Color and shear force values were measured in raw and cooked meats. The pork fed CLA supplements contained higher ($P < 0.05$) moisture, less fat, and lower MUFA:SFA, PUFA:SFA and n−6:n−3 ratios. Fatty acid compositions were noticeably changed in the loin meats when palm oil was supplemented with CLA in the pig diets, but not in the hams. The CLA contents of meats increased ($P < 0.05$) with increasing amounts of CLA in the diets, with the *c*9,*t*11 CLA isomer was the highest concentration. The loins from pigs fed CLA supplements had lighter ($P < 0.05$) color while the ham portions showed darker color. Cooked loins from pigs fed CLA supplements gave higher ($P < 0.05$) shear forces compared with that fed palm oil only, while cooked hams had lower forces in spite of higher forces were observed in raw state.

© 2008 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

The term conjugated linoleic acid (CLA) refers to a group of positional and geometric isomers of octadecadienoic acids with conjugated double bonds. CLA was discovered in 1979 (Pariza, Shoor, Chu, & Lund, 1979; Pariza, Loretz, Storkson, & Holland, 1983) and first identified in fried ground beef (Ha, Grimm, & Pariza, 1987). It is naturally occurring in ruminant fats by the ruminal biohydrogenation of polyunsaturated fatty acids (Kelly et al., 1998) and particularly found in beef and dairy products (Shantha, Ram, O'Leary, Hicks, & Decker, 1995; Shantha, Crum, & Decker, 1994; Lin, Boylston, Luedecke, & Shultz, 1998; Ma, Wierzbicki, Field, & Clandinin, 1999). CLA draws much attention for its anticarcinogenic properties (Ip, Chin, Scimeca, & Pariza, 1991; Ha, Storkson, & Pariza, 1990). In recent years many studies reported its ability to inhibit cancer cell growth and proliferation such as in the evident studies on colon, breast and prostate cancer cells (Bocca, Bozzo, Gagriel, & Miglietta, 2007; Miglietta et al., 2006; Kim, Hubbard, Ziboh, & Erickson, 2005; Ohtsu, Ho, Huang, Chuang, & Bray, 2005). In addition, CLA was reported as having protective ability against heart disease, diabetes, improving insulin sensitivity and ability to reduce adiposity and increase lean body mass (Ha et al., 1987; Pariza & Hargraves, 1985; Cook & Pariza, 1998; Flintoff-Dye & Omaye, 2005; Park & Pariza, 2007). Despite the numerous health benefits, adverse health effects of CLA have been reported. Some studies in animal model revealed that *t*10,*c*12 CLA isomer could induce hyperinsulinemia and fatty liver in the animals but the adverse effects were not reported with 50:50 isomer mixture of *t*10,*c*12 and *c*9,*t*11 isomers (Clèment et al., 2002; Macarulla et al., 2005).

Because of there are many major positive effects of CLA to human health benefits, extensive research has been conducted to increase CLA content in muscle foods. CLA in foods could be derived or partially derived by manipulation of dietary supplementation of CLA in animal feeds, particularly for the monogastric animals. Dietary fats in monogastric animals, such as pigs, are unmodified prior to digestion and absorption. Thus, the diet has to contain substrate for endogenous CLA or CLA itself to promote the tissue with CLA content. Most the studies have performed using vegetable oils or seed meals and/or supplemented with synthetic CLA to investigate the effects of CLA on carcass performance and quality of muscle or adipose tissue of pigs (Ramsay, Evock-Clover, Steele, & Azian, 2001; Bee, 2001; Eggert, Belury, Kempa-Steczko, Mills, & Schinckel, 2001; Lauridsen, Mu, & Henckel, 2005; Joo, Lee, Ha, & Park, 2002). The vegetable oil sources were from sunflower, rapeseed, safflower, corn and soybean meal. Moreover, beef tallow was also used in the pig diets (Demaree, Gilber, Mersmann, & Smith, 2002; King, Behrends, Jenschke, Rhoades, & Smith, 2004). Although effects of various fat diets and supplementation on CLA contents and muscle quality of pigs have received much attention, little is known about the effects of palm oil incorporated with CLA on quality characteristics of pig meat and liver. In addition, many studies revealed the effects of CLA in animal diets on meat quality particularly on raw state of meat, while heat during food processing and storage could

* Corresponding author. Tel.: +66 44 22 4265; fax: +66 44 22 4387.
E-mail address: ikanok-orn@sut.ac.th (K.-O. Intarapichet).

0309-1740/$ - see front matter © 2008 Elsevier Ltd. All rights reserved.
doi:10.1016/j.meatsci.2008.03.023

increase amounts of CLA the products (Shantha et al., 1995; Das, Holland, Crow, Bennett, & Manderson, 2005; Pakdeechanuan, Intarapichet, & Tongta, 2007). Therefore, the present study was conducted to compare physicochemical properties as affected by the diets enriched with palm oil and different levels of CLA supplementation. Since the meat is not consumed raw and some are sold in ready-to-eat products, color and texture of cooked meat could affect the consumer preference. The color and texture of cooked meats were also measured.

2. Materials and methods

2.1. Animals and diets

The selection and handling of the animals used in the study was done by the School of Animal Production Technology, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand. Briefly, forty-eight pigs [Duroc × (Landrace × Large White)], half males and half females (mean initial weight of 60 ± 0.33 kg) were equally divided into three groups for different feeding treatments, 16 animals in each. The pigs in each treatment were housed in four separated pens, two males and two female in each pen. The animals were adapted to a rice, rice bran, soy meal and fish meal based diet containing approximate 16% crude protein, metabolizable energy of about 3,300 Kcal. Three feeding treatments were employed; diet with 2.0% palm oil, and palm oil supplemented with 0.5% and 1.0% CLA. The CLA power containing 30% CLA (contained 29% of *c*9,*t*11 and 28% of *t*10,*c*12 isomers) was obtained from BASE (Thai) Limited (Bangkok, Thailand). The animals were fed *ad libitum* for six weeks.

After slaughtering, the meats of one female pig each from two random replications of each treatment were randomly collected for this study. The meat cuts from loin (middle portion of *longissimus dorsi*), and ham (whole *semimembranosus*) were ground, packaged in plastic bags, sealed and kept frozen at −18 ± 2 °C until use for chemical analyses. The meat samples for color and texture measurement were kept in a cold room (4 ± 1 °C) over night before measurement.

2.2. Chemical analysis

2.2.1. Proximate analysis

All chemical compositions were analyzed on fresh ground samples. Moisture, ash and protein contents were determined according to AOAC (1997) methods. The moisture content was determined by oven-drying at 105 °C for 24 h. The ash content was determined by ashing at 600 °C in a muffle furnace (Carbolite, England) for 6 h or until light gray or white ash was obtained. Total protein (N × 6.25) content was determined by the Kjeldahl method. All meats were analyzed for total fat, cholesterol, total collagen, total fatty acids, and four specific CLA isomers.

2.2.2. Preparation of fatty acid methylesters

For fatty acid and CLA analyses, lipid of sample was extracted according to Folch, Lees, and Stanley (1957), Metcalfe, Schmitz, and Pelka (1966) methods with slight modification. Sample (15 g) was homogenized (Nissei AM-8 Homogenizer, Nihonseiki Kaisha, Ltd., Japan) with 90 mL of chloroform–methanol (2:1, V/V) solution for 2 min. The homogenate was filtered into a separating funnel. Then 30 mL of chloroform, 30 mL of deionized water and 5 mL of 0.58% NaCl were added to the filtrate, shaken and allowed to separate. The chloroform layer was evaporated at 40 °C in a rotary evaporator (BUCHI Rotavapor R-200, BUCHI Labortechnik AG, Switzerland). Total fat content of the sample was calculated from the extracted lipid.

Fatty acid methyl esters (FAMEs) were prepared by transmethylation using 14% boron trifluoride in methanol at 100 °C for 30 min. CLA methylesters (CLAMEs) were separately prepared by transmethylation using 0.5 M sodium methoxide in methanol at 50 °C for 30 min. C17 methylester (1.00 mg/mL in hexane) was used as internal standard.

The FAMEs and CLAMEs were separately analyzed using a Hewlett Packard gas chromatograph (GC) with autoinjection (HEWLET PACKARD, HP 6890 Series GC system, USA) equipped with a 100 m × 0.25 mm × 0.20 μm fused silica capillary column (SP 2560, Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA) and flame ionization detector (FID). Injector and detector temperatures were set at 240 and 260 °C, respectively. The initial column temperature was at 70 °C then, increased at 13 °C/min to 175 °C and 4 °C/min to 240 °C. Carrier gas was helium with the flow rate of 1 mL/min. An aliquot of 1 μL of the FAMEs or CLAMEs was injected with the split ratio of 1:10. Identification and quantitation of fatty acids were made by comparing the relative retention times of FAME peaks from sample with standards (Supelco 37 component FAME Mix, catalog No. 47885-U). Four specific isomers of CLA (*c*9,*t*11; *t*10,*c*12; *c*9,*c*11; and *t*9,*t*11; Matreya LLC, USA) were used for CLA identification.

2.2.3. Cholesterol analysis

Extraction and quantification of cholesterol were carried out by the method of Rowe, Macedo, Visentainer, Souza, and Matsushita (1999) with slight modification. A sample of 5 g was placed in a flat bottom flask. An equivalent amount of 4 mL/g sample of ethanol–methanol–isopropanol (90:5:5 v/v/v) and 1 mL/g sample of 60% KOH were added to the sample and refluxed for 1 h. After cooling the digest to room temperature, 100 mL of hexane and 25 mL of deionized water were added, stirred and let stand till separation occurred. An aliquot of 25 mL of hexane layer was transferred to a flask and evaporated to dryness with nitrogen. The residue was dissolved with 2 mL of hexane containing 0.1 mg/mL of 5α-cholestane (Sigma, USA) as an internal standard. An aliquot of 1 μL was injected, with the split ratio of 1:100, into the GC (HEWLET PACKARD, HP 6890 Series GC system, USA) equipped with an HP 19091A-112 column (25 m × 0.32 mm × 0.52 μm fused silica capillary column) and FID. Injector and detector temperatures were set at 260 °C and 300 °C, respectively. Separation was carried out isocratically at 300 °C with helium gas flow rate of 1 mL/min. Cholesterol identification was made by comparing the relative retention time peak of the sample with pure cholesterol (Fluka, USA).

2.2.4. Collagen determination

Total collagen content from soluble and insoluble collagen was determined according to the method of Woessner (1961) and Bailey and Light (1989). Finely minced meat was weighed (6 g) into a centrifuge tube, 20 mL of deionized water was added, mixed and put in a 80 °C water bath for 30 min. The tube was cooled and homogenized for 20 s then, centrifuged at 2000*g* for 15 min, filtered into a 100 mL volumetric flask. To the supernatant, 30 mL 6 M HCl was added. The sediment was transferred to a 250 mL flask and mixed with 50 mL 6 M HCl. The samples were placed in a sand bath at 150 °C overnight. After hydrolysis, the samples were adjusted to the volume with deionized water and filtered. An aliquot of 10 mL filtrate was transferred to a 50 mL flask, adjusted pH to 6 with 1 N NaOH then, adjusted to the volume with deionized water. A 2 mL portion of sample solution was mixed with 1 mL oxidizing agent (0.79 g chloramin T in 5 mL deionized water and mixed with 45 mL citrate–acetate buffer, pH 6) and kept for 20 min. After adding 1 mL of color reagent (4 g of 4-dimethylaminobenzaldehyde in 20 mL propanol and mixed with 9 mL of 60% perchloric acid), the sample was incubated at 60 °C for 15 min, cooled for 5 min and let stand for 25 min then, the absorbance of hydroxyproline was measured at 560 nm. Collagen contents were

calculated from the calibration curve of pure hydroxyproline and multiplied by the factor of 7.25.

2.3. Color and texture measurement of raw and cooked meat

For measurement of color and texture of the meat, the subprimal meats were cut into 2.5 cm steaks. One steak was analyzed raw and one steak was analyzed cooked. For cooked meat, the meat was put in plastic bag, cooked in an electric streamer with boiling water until the internal temperature reached 75 °C, then cooled in a cold room (5 ± 1 °C).

The surface color of raw and cooked meat of 12 measures per replication was made for each replication using a CR-300 Minolta colorimeter Minolta Camera Co., Ltd., Osaka, Japan. The color values were expressed in Hunter *L*, *a*, *b* values for lightness, redness and yellowness, respectively.

Warner–Bratzler shear force measurements were performed using a Texture Analyzer (TA-TX2, Texture Analyzer, Stable Micro Systems, UK). Before sample cutting, both raw and cooked meat samples were put in plastic bags and kept in a cold room (5 ± 1 °C). The meat samples were cut to the size of 1.0 × 1.0 cm across muscle fiber, where thickness at the point of shear was measured before cutting. The operating parameters consisted of a cross head speed of 2 mm/s and a 25 kg load cell. The bottom edge of the blade was set to 40 mm above the base plate. The shear force of 12 measures per replication was made perpendicular to the axis of muscle fibers. Shear values (grams) were measured and shear value/height (grams/millimeters) of samples were expressed according to the method of Lyon and Lyon (1998).

2.4. Statistical analysis

Statistical analysis was evaluated by randomized completely block design with statistical analysis system (SAS, 1993). The meat samples of two replications per diet treatment were taken as blocks for analyses. Chemical analysis of each replicate was performed in triplicate samples. Analysis of variance was analyzed and comparison of means was done by Duncan's Multiple Range Test. Differences were considered statistically significant at $P < 0.05$. Mean values and standard error of the means are presented.

3. Results and discussion

3.1. Chemical composition and CLA content

Proximate and lipid compositions of pork loin and ham as affected by palm oil and different levels of CLA supplemented are shown in Table 1. Moisture contents of the pork significantly ($P < 0.05$) increased when palm oil was partially supplemented with CLA in the pig diets. Corino et al. (2003) reported that increasing levels of CLA supplemented in sunflower oil caused increasing in water contents of rabbit meats. In contrast, no differences of water contents were found by Ramsay et al. (2001) in pigs and Andreoli, Scalerandi, Borel, and Bernal (2007) in rat when different levels of CLA were supplemented in the animal diets.

Supplementation of CLA for corn, corn oil or sunflower oil was found no effect on protein content of rats, rabbits as well as pigs (Andreoli et al., 2007; Corino et al., 2007; Corino et al., 2003; Thiel-Copper, Parrish, Sparks, Wiegand, & Ewan, 2001). Similarly, no effects ($P > 0.05$) of CLA on protein content were observed in our study. CLA supplementation for palm oil in pig diets had no significant influence on collagen content of pork. However, Corino et al. (2003) found differences of collagen contents in meat from mature rabbits, but not from younger animals. Slightly lower amounts of ash were observed, but differences ($P < 0.05$) were found only loin portion.

Table 1
Chemical composition (mean ± SE) of pork loin and ham affected by 2.0% palm oil, and 0.5% and 1.0% CLA supplemented in pig diets

Composition	2.0% PO	0.5% CLA	1.0% CLA
Loin			
Moisture (%)	71.62 ± 0.73b	73.40 ± 0.66a	73.81 ± 0.22a
Protein (%)	21.48 ± 0.30	21.46 ± 0.37	22.36 ± 0.40
Fat (%)	4.82 ± 0.40a	3.01 ± 0.38b	3.05 ± 0.12b
Ash (%)	1.23 ± 0.05a	1.06 ± 0.03b	1.20 ± 0.040a
Collagen (mg/g)	3.35 ± 0.12	3.42 ± 0.29	3.59 ± 0.59
Cholesterol (mg/g)	0.65 ± 0.03a	0.51 ± 0.03b	0.56 ± 0.01ab
SFA (mg/g)	13.62 ± 1.29a	9.74 ± 1.34b	9.20 ± 0.21b
MUFA (mg/g)	15.98 ± 1.66a	7.45 ± 1.27b	8.18 ± 0.53b
PUFA (mg/g)	6.80 ± 0.32a	3.32 ± 0.16b	3.30 ± 0.04b
Total UFA (mg/g)	22.79 ± 1.96a	10.78 ± 1.42b	11.47 ± 0.55b
MUFA:SFA	1.17 ± 0.01a	0.75 ± 0.03c	0.89 ± 0.04b
PUFA:SFA	0.51 ± 0.03a	0.36 ± 0.03b	0.36 ± 0.01b
n–6:n–3	8.72 ± 0.06a	7.81 ± 0.16b	6.76 ± 0.28c
Ham			
Moisture (%)	74.56 ± 0.37b	75.80 ± 0.29a	76.55 ± 0.39a
Protein (%)	20.53 ± 0.19	20.81 ± 0.43	20.69 ± 0.31
Fat (%)	3.25 ± 0.70	2.38 ± 0.20	2.44 ± 0.13
Ash (%)	1.21 ± 0.10	1.15 ± 0.08	1.10 ± 0.07
Collagen (mg/g)	3.94 ± 0.27	3.33 ± 0.39	3.51 ± 0.69
Cholesterol (mg/g)	0.56 ± 0.02	0.56 ± 0.01	0.59 ± 0.01
SFA (mg/g)	7.83 ± 1.73	6.70 ± 0.18	6.88 ± 0.48
MUFA (mg/g)	10.00 ± 2.59	5.90 ± 0.74	6.23 ± 0.45
PUFA (mg/g)	4.82 ± 0.84	3.19 ± 0.10	3.46 ± 0.16
Total UFA (mg/g)	14.83 ± 3.43	9.09 ± 0.84	9.69 ± 0.61
MUFA:SFA	1.25 ± 0.05a	0.87 ± 0.02b	0.91 ± 0.01b
PUFA:SFA	0.63 ± 0.03a	0.49 ± 0.04b	0.51 ± 0.01b
n–6:n–3	8.10 ± 0.16a	7.56 ± 0.13b	6.95 ± 0.13c

Different letters within a row are significantly different ($P < 0.05$), $n = 6$. PO = palm oil, CLA = conjugated linoleic acid, SFA = saturated fatty acid, MUFA = monounsaturated fatty acid, PUFA = polyunsaturated fatty acid, and n–6:n–3 = omega–6:omega–3.

CLA substitution for fat in animal diets provides reduction in body fat mass of experimental animals (Mersmann, 2002; Rainer & Heiss, 2004; West et al., 1998; Takahashi, Kushiro, Shinohara, & Ide, 2002). CLA induces apoptosis in adipose tissues causing decrease of fat mass and adipocyte numbers in animal tissues (Tsuboyama-Kasaoka et al., 2000). Thiel-Copper et al. (2001), Tischendorf, Schöne, Kirchheim, and Jahreis (2002) and Ramsay et al. (2001) also reported that fat contents of both subcutaneous and intermuscular fat of the loin from pig fed CLA supplemented for corn in the diets were lower than control treatment. However, recently Martin, Muriel, Gonzalez, Viguera, and Ruiz (2008) revealed that increasing levels of CLA fed to pig increased the intramuscular fat content in loin meat depending on the level of CLA supplementation, but not following a linear behavior and higher dose CLA did not imply a higher fat content. Partial substitution of CLA for palm oil in animal diets could possibly reduce fat content in the meat. It was observed in our study that loin meats from pork fed 0.5% and 1.0% CLA supplements contained lower ($P < 0.05$) amounts of fat than that fed 2.0% palm oil only. Although difference was not found in the ham portion, lower amounts of fat in the ham from pig fed with CLA were observed. The effect of CLA on fat content of pork meats from the ham cut has not been elucidated since many studies were done on loin portions. From our results, it could be suggested that animal diet supplemented with CLA produced significant effect on decreasing total muscular fat in loin meat but not in ham cut. However, no significant differences were found for cholesterol content of both pork cuts, and relatively close amounts (0.51–0.65 mg/g) in the cuts were observed. These results were in agreement with those reported by Lauridsen et al. (2005) and Migdall et al. (2004) for pork from barrows and stress susceptible fatteners, respectively.

The fatty acid composition of pork loin and ham is shown in Table 1. Individual fatty acids and their concentrations (mg/g meat) for loin and ham are shown in Tables 2 and 3, respectively. Both loin and ham meats contained high amounts of palmitic acid (C16:0), stearic acid (C18:0), linoleic acid (C18:n−9) and linoleic acid (C18:2n−6). Lauridsen et al. (2005) observed that changes in the muscle lipids of *M. longissimus dorsi* were mainly at the expense of C18:1. Similar to this results, we found that partial supplementation of CLA for palm oil in pig diets provided the loin meat with significantly lower ($P < 0.05$) amounts of C16:0, C18:0, C18:1 and C18:2 fatty acids, and other minor fatty acids as well, but no changes were observed for the meat from ham cuts. CLA has been reported to alter fatty acid composition in pigs. Changes of fatty acid compositions in loin meats were in consistent with those reported by others studies (Corino et al., 2007; Migdał et al., 2004; Ramsay et al., 2001) that saturated and unsaturated fatty acids were significantly lower ($P < 0.05$) in the meats from pigs fed CLA supplements. It was interesting that the influence of CLA supplements on all types of fatty acid composition of the meat from ham portions was not found in this study. However, significantly decreased ($P < 0.05$) ratios of MUFA:SFA and PUFA:SFA were observed in both loin and ham cuts. In addition, the ratio of PUFA:SFA of meats from pork fed CLA substituted for palm oil relatively closed to the recommended ratio of 0.4 (Wood et al., 2003). The lowered MUFA and PUFA contents and increased SFA in the meat from animal fed CLA supplement could be due to the fact that CLA depresses the activity of stearoyl coenzyme A desaturase enzyme (also known as Δ9 desaturase) (Evans, Brown, & McIntosh, 2002; Smith et al., 2002; Mersmann, 2002). A significant decrease ($P < 0.05$) of MUFA, PUFA and ratio of n−6:n−3 in meats from pigs fed CLA supplements was in consistent with the study of Migdał et al. (2004). Although, the ratio of n−6:n−3 of pork fed CLA supplements in our study was by far larger than the recommended ratio of 4.0 (Wood et al., 2003), but it was (6.76–7.81) relatively similar to that reported (7.22 for pork) by Enser, Hallett, Hewitt, Fursey, and Wood (1996) for pork.

Table 2
Fatty acid profile of loin muscle tissue (mg/g meat, mean ± SE) as affected by 2.0% palm oil and 0.5% and 1.0% CLA supplemented in pig diets

Fatty Acid	2.0% PO	0.5% CLA	1.0% CLA
C10:0	0.032 ± 0.002a	0.022 ± 0.003b	0.022 ± 0.001b
C12:0	0.037 ± 0.004	0.027 ± 0.003	0.027 ± 0.001
C14:0	0.488 ± 0.044	0.397 ± 0.051	0.423 ± 0.022
C15:0	0.022 ± 0.001[N]	0.010 ± 0.004	–
C16:0	8.715 ± 0.773a	6.152 ± 0.891b	5.930 ± 0.255b
C17:0	0.161 ± 0.013a	0.090 ± 0.014b	0.082 ± 0.001b
C18:0	4.097 ± 0.456a	2.973 ± 0.371b	2.617 ± 0.077b
C20:0	0.064 ± 0.009a	0.032 ± 0.003b	0.028 ± 0.001b
C21:0	–[N]	0.034 ± 0.005	0.049 ± 0.003
C22:0	0.014 ± 0.000	0.011 ± 0.000	0.014 ± 0.001
C16:1	1.163 ± 0.055	0.852 ± 0.191	1.027 ± 0.166
C17:1	0.126 ± 0.004[N]	–	–
C18:1n−9t	–[N]	–	0.071 ± 0.008
C18:1n−9c	14.469 ± 1.567a	6.503 ± 1.064b	7.007 ± 0.367b
C20:1	0.224 ± 0.040a	0.099 ± 0.013b	0.091 ± 0.003b
C18:2n−6c	5.433 ± 0.288a	2.583 ± 0.160b	2.438 ± 0.047b
C18:3n−6	0.020[N]	–	–
C18:3n−3	0.341 ± 0.021a	0.142 ± 0.011b	0.139 ± 0.006b
C20:2	0.195 ± 0.025a	0.083 ± 0.008b	0.089 ± 0.003b
C20:3n−6	0.092 ± 0.006a	0.056 ± 0.001b	0.056 ± 0.002b
C20:3n−3	0.034 ± 0.003a	0.017 ± 0.002b	0.017 ± 0.000b
C20:4n−6	0.400 ± 0.013a	0.234 ± 0.018c	0.297 ± 0.007b
C20:5n−3	0.048 ± 0.001a	0.031 ± 0.001c	0.042 ± 0.002b
C22:6n−3	0.258 ± 0.006a	0.177 ± 0.003c	0.216 ± 0.017b
Total CLA	0.076 ± 0.016c	0.195 ± 0.036b	0.341 ± 0.010a

[N] = not statistically compared. Different letters within a row are significantly different ($P < 05$), $n = 6$. PO = palm oil, CLA = conjugated linoleic acid.

Table 3
Fatty acid profile of ham muscle tissue (mg/g meat, mean ± SE) as affected by 2.0% palm oil and 0.5% and 1.0% CLA supplemented in pig diets

Fatty Acid	2.0% PO	0.5% CLA	1.0% CLA
C10:0	0.023 ± 0.006	0.015 ± 0.001	0.016 ± 0.001
C12:0	0.025 ± 0.007	0.020 ± 0.002	0.017 ± 0.001
C14:0	0.296 ± 0.068	0.270 ± 0.030	0.306 ± 0.021
C15:0	0.015 ± 0.003	0.011 ± 0.001	0.012 ± 0.001
C16:0	5.126 ± 1.115	4.303 ± 0.461	4.406 ± 0.302
C17:0	0.094 ± 0.018	0.075 ± 0.011	0.078 ± 0.004
C18:0	2.212 ± 0.505	1.958 ± 0.173	1.953 ± 0.152
C20:0	0.032 ± 0.009	0.022 ± 0.001	0.019 ± 0.002
C21:0	–[N]	0.023 ± 0.004	0.049 ± 0.005
C22:0	0.011 ± 0.001b	0.018 ± 0.000b	0.016 ± 0.001a
C16:1	0.785 ± 0.161	0.667 ± 0.111	0.680 ± 0.046
C17:1	0.104 ± 0.016[N]	–	–
C18:1n−9t	–[N]	–	0.074 ± 0.004
C18:1n−9c	6.828 ± 1.230	5.158 ± 0.624	5.401 ± 0.403
C20:1	0.101 ± 0.027	0.075 ± 0.007	0.075 ± 0.006
C22:1n−9	0.006[N]	–	–
C18:2n−6c	3.033 ± 0.309	2.455 ± 0.111	2.533 ± 0.134
C18:3n−6	0.015 ± 0.002[N]	–	–
C18:3n−3	0.225 ± 0.049	0.127 ± 0.007	0.143 ± 0.010
C20:2	0.098 ± 0.019	0.075 ± 0.005	0.092 ± 0.006
C20:3n−6	0.070 ± 0.007	0.060 ± 0.001	0.059 ± 0.001
C20:3n−3	0.026 ± 0.005	0.016 ± 0.001	0.019 ± 0.001
C20:4n−6	0.411 ± 0.033	0.288 ± 0.026	0.352 ± 0.006
C20:5n−3	0.044 ± 0.005	0.038 ± 0.001	0.045 ± 0.001
C22:6n−3	0.216 ± 0.021	0.183 ± 0.004	0.216 ± 0.004
Total CLA	0.044 ± 0.007c	0.162 ± 0.031b	0.344 ± 0.028a

[N] = not statistically compared. Different letters within a row are significantly different ($P < 05$), $n = 6$. PO = palm oil, CLA = conjugated linoleic acid.

3.2. CLA contents

Four specific isomers of CLA contents in pork loin and ham are shown in Fig. 1. The CLA contents of the meat increased ($P < 0.05$) with increasing levels of CLA substituted for palm oil. These results were in agreement with those presented by Ramsay et al. (2001) who substituted different levels of 0 to 2% CLA for corn oil in pig

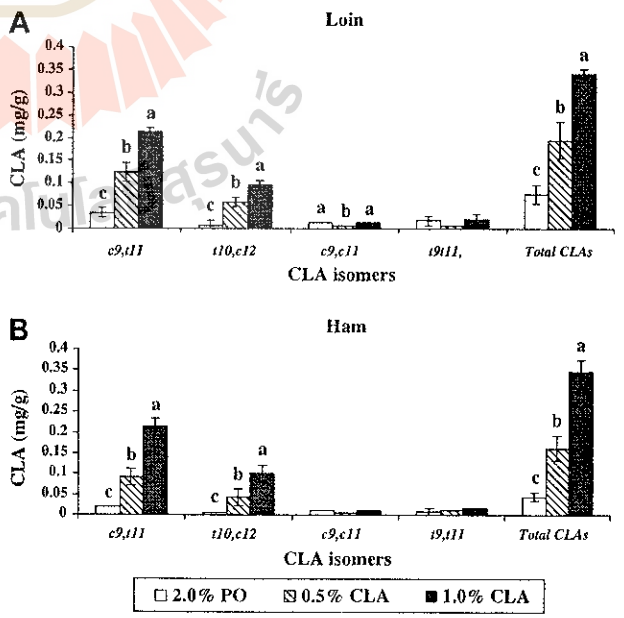

Fig. 1. CLA contents in loin and ham affected by 2% palm oil, and 0.5% and 1.0% CLA supplemented in pig diets. PO = palm oil, CLA = conjugated linoleic acid. Means (±SE) with different letters are significantly different ($P < 0.05$) within CLA isomer ($n = 6$).

diets. Significant differences ($P < 0.5$) of the two health benefit CLA isomers, *c9,t11* and *t10,c12* were found in both loin and ham cuts, with the *c9,t11* isomer was the highest one (Park, Storkson, Albright, Liu, & Pariza, 1999; Rainer & Heiss, 2004; Bissonauth et al., 2006). Moreover, consistent increasing amounts of health beneficial isomers and total CLA were observed, when the concentrations of CLA supplemented for palm oil were double in pig diets (Fig. 1, Tables 2 and 3). CLA has been shown to be metabolized like other fatty acids via β-oxidation to other fatty acids, and elongation and desaturation were also reported in animal tissues fed CLA (Sébédio et al., 1997; Ringseis et al., 2006; Müller et al., 2006). It was possible that each CLA isomer could not be equivalently metabolized although equal amount of the two active isomers were added in animal diets in our study. However, it has been reported that *c9,t11* CLA is the most active form which makes up 80 to 90% of the isomers found in animal fat (Cook & Pariza, 1998). In addition, very small amounts of *cis,cis* and *trans,trans* CLAs were observed in both loin and ham cuts. These two isomers were not reported to provide health benefit for consumption.

3.3. Color and texture

Color is considered the major factor of meat appearance, and it could be modified by color producing ingredients in animal diets (Corino et al., 2007; Migdał et al., 2004). Dunshea, D'Souza, Pethick, Harper, and Warner (2005) revealed the results of their collated data that, in general, dietary CLA significantly increased L^* and a^* values of *longissimus dorsi* indicating an increase in lightness and redness but not affected the b^* value. Similar effects were also reported by Migdał et al. (2004). On the contrary, Joo et al. (2002), Tischendorf et al. (2002) and Martin et al. (2008) revealed that CLA supplementation in pig diets had no significant effects on L^*, a^* and b^* values of pork loins. The color values of raw and cooked pork observed in both loin and ham cuts are shown in Figs. 2 and 3. Supplementation of CLA for palm oil in pig diets significantly influenced color *L*, *a* and *b* values. In raw state, the loin cuts from pig fed CLA supplements in both levels showed lighter color (*L* values of 52.41–54.67 vs 50.90) and slightly less redness (*a* values of 7.00–7.56 vs 8.68) than those from pig fed palm oil only, and lighter color were observed in cooked loin. The ham cuts from pigs fed higher concentration CLA of 1.0% exhibited slightly darker and redder color than those fed palm oil and 0.5% CLA supplement (*L* values of 50.44 vs 51.90–51.97 and *a* values of 11.16 vs 9.68–9.69, respectively). Similar trend of change of color values was observed in cooked meats of both loin and ham cuts.

Several studies revealed that shear forces of meat cuts were not affected by feeding regime (Lorenzen et al., 2007; Tischendorf et al., 2002; Marriott, Garrett, Sims, Wang, & Abril, 2002). In our study, there was an agreement with the above studies that the shear forces of the raw loins from pigs fed CLA supplement were not different from that fed palm oil only (Fig. 4). But the shear forces of cooked loins from pigs fed CLA supplements appeared to be higher ($P < 0.05$). In addition, Dunshea et al. (2005) revealed the result of their meta-analysis of data collated from some studies of the effect of dietary CLA on pork *longissimus* muscle quality that decrease in tenderness was in consistent with an increase in shear force, although there was no effect of CLA on firmness of the meat.

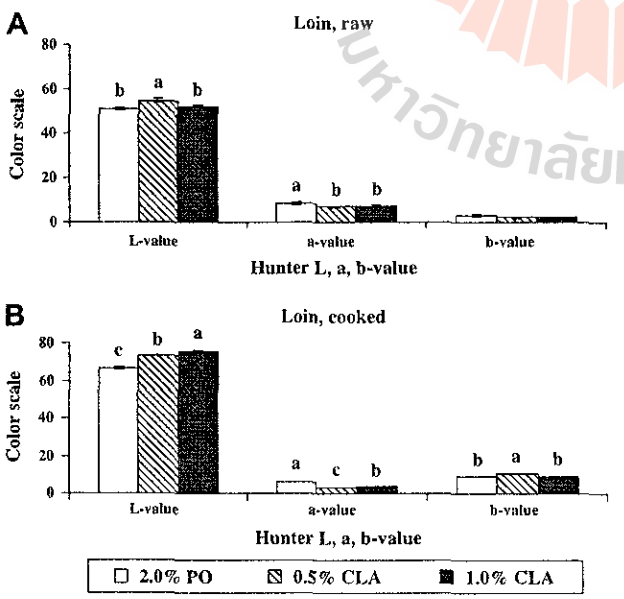

Fig. 2. Color values of raw and cooked loin affected by 2% palm oil, and 0.5% and 1.0% CLA supplemented in pig diets. PO = palm oil, CLA = conjugated linoleic acid. Means (±SE) with different letters are significantly different ($P < 0.05$) within color value ($n = 24$).

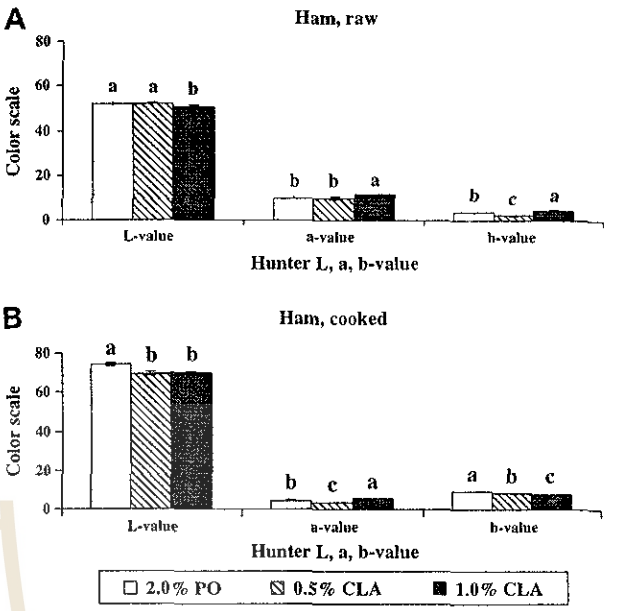

Fig. 3. Color values of raw and cooked ham affected by 2% palm oil, and 0.5% and 1.0% CLA supplemented in pig diets. PO = palm oil, CLA = conjugated linoleic acid. Means (±SE) with different letters are significantly different ($P < 0.05$) within color value ($n = 24$).

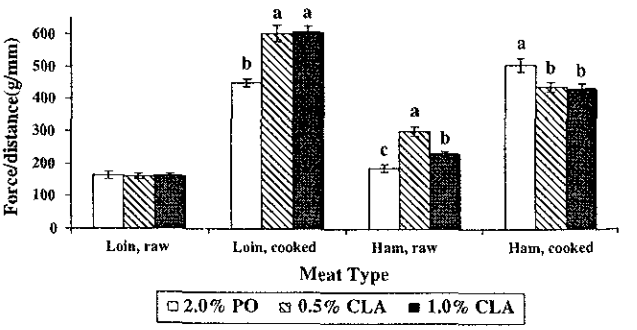

Fig. 4. Shear force values of raw and cooked loin and ham affected by 2% palm oil, and 0.5% and 1.0% CLA supplemented in pig diets. PO = palm oil, CLA = conjugated linoleic acid. Means (±SE) with different letters are significantly different ($P < 0.05$) within meat cut ($n = 24$).

Most of previous studies extensively used loin cuts for the experiment, there are very few studies made on other parts of meat cuts. In our study, raw hams from pigs fed CLA exhibited higher ($P < 0.05$) shear forces compared with the one fed palm oil. On the contrary, after cooking, cooked hams fed CLA had lower shear force ($P < 0.05$) than did the meat from pig fed palm oil. This could be due to the fact that higher content of CLA and the finer grain meat produced greater retention of water in meat during cooking causing lower shear force (Wood et al., 2008; Warriss, 2000).

4. Conclusions

In the present study, substitution of 0.5% and 1.0% CLA in 2% palm oil in pig diets provided the meats from loin and ham with higher water, less fat and slightly less cholesterol contents particularly in loin meat. In addition, lower ratio of MUFA:SFA, PUFA:SFA and n−6:n−3 in both meat cuts were obtained. It was noticed that substitution of CLA in animal diets influenced the changes of fatty acid compositions in loin meat, but not in meat from ham cut. Pig meats could be modified to contain the health benefit CLA by supplementation of synthetic CLA in the diets. The CLA contents of the meat increased with increasing levels of CLA substituted for palm oil. Approximately twice as much increasing of CLA contents in the meats were obtained by double addition of CLA supplements in the pig diets. Supplementation of CLA in pig diets significantly influenced color of pork. The loins from pigs fed CLA appeared to have lighter and less red color while color of the ham was darker and redder. Although no significant difference of shear forces were observed in raw loins, higher forces were observed in cooked loins from pigs fed CLA. On the contrary, CLA substitution provided higher forces in raw hams but lower forced observed in the cooked ones.

Acknowledgment

This work was supported by Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand.

References

Andreoli, M. F., Scalerandi, M. V., Borel, I. M., & Bernal, C. A. (2007). Effects of CLA at different dietary fat levels on the nutritional status of rats during protein repletion. *Nutrition, 23*, 827–835.

AOAC. (1997). Official methods of analysis (16th ed.). Washington, D.C.: Association of Analytical Chemists.

Bailey, A. J., & Light, N. D. (1989). *Connective tissue in meat and meat products*. London: Elsevier.

Bee, G. (2001). Dietary conjugated linoleic acids affect tissue lipid composition but not de novo lipogenesis in finishing pigs. *Animal Research, 50*, 383–399.

Bissonauth, V., Chouinard, Y., Marin, J., Leblanc, N., Richard, D., & Jacques, H. (2006). The effects of *t*10,*c*12 CLA isomer compared with *c*9,*t*11 CLA isomer on lipid metabolism and body composition in hamsters. *Journal of Nutritional Biochemistry, 17*, 597–603.

Bocca, C., Bozzo, F., Gagriel, L., & Miglietta, A. (2007). Conjugated linoleic acid inhibits Caco-2 cell growth via ERK-MAPK signaling pathway. *Journal of Nutritional Biochemistry, 18*, 332–340.

Clèment, L., Poirier, H., Niot, I., Bocher, V., Guerre-Millo, M., Krief, S., et al. (2002). Dietary *trans*-10,*cis*-12 conjugated linoleic acid induces hyperinsultinemai and fatty liver in the mouse. *Journal of Lipid Research, 43*, 1400–1409.

Cook, M. E., & Pariza, M. (1998). The role of conjugated linoleic acid (CLA) in health. *International Dairy Journal, 8*, 459–462.

Corino, C., Filetti, F., Gamebacorta, M., Manchisi, A., Magni, S., Pastorelli, G., et al. (2003). Influence of dietary conjugated linoleic acids (CLA) and age at slaughter on meat quality and intramuscular collagen in rabbits. *Meat Science, 66*, 97–103.

Corino, C., Lo Fiego, D. P., Macchioni, P., Pastorelli, G., Di Giancamillo, A., Domeneghini, C., et al. (2007). Influence of dietary conjugated linoleic acids and vitamin E on meat quality, and adipose tissue in rabbits. *Meat Science, 76*, 19–28.

Das, S., Holland, R., Crow, V. L., Bennett, R. J., & Manderson, G. J. (2005). Effects of yeast and bacterial adjuncts on the CLA content and flavour of a washed-curd, dry-salted cheese. *International Dairy Journal, 15*, 807–815.

Demaree, S. R., Gilber, C. D., Mersmann, H. J., & Smith, S. B. (2002). Conjugated linoleic acid differentially modifies fatty acid composition subcellular fractions of muscle and adipose tissue but not adiposity of postweaning pigs. *Journal of Nutrition, 132*, 3272–3279.

Dunshea, F. R., D'Souza, D. N., Pethick, D. W., Harper, G. S., & Warner, R. D. (2005). Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. *Meat Science, 71*, 8–38.

Eggert, J. M., Belury, M. A., Kempa-Steczko, A., Mills, S. E., & Schinckel, A. P. (2001). Effects of conjugated linoleic acid in the belly firmness and fatty acid composition of genetically lean pigs. *Journal of Animal Science., 79*, 2866–2872.

Enser, M., Hallett, K., Hewitt, B., Fursey, G. A. J., & Wood, J. D. (1996). Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Science, 42*, 443–456.

Evans, M. E., Brown, J. M., & McIntosh, M. K. (2002). Isomer-specific effects of conjugated linoleic acid (CLA) on adiposity and lipid metabolism. *The Journal of Nutritional Biochemistry, 13*, 508–516.

Flintoff-Dye, N. L., & Omaye, S. T. (2005). Antioxidant effects of conjugated linoleic acid isomers in isolated human low-density lipoproteins. *Nutrition Research, 25*, 1–12.

Folch, J., Lees, M., & Stanley, G. H. S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry, 226*, 467–509.

Ha, Y. L., Grimm, N. K., & Pariza, M. W. (1987). Anticarcinogens from fried ground beef: Heat-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis, 8*, 1881–1887.

Ha, Y. L., Storkson, J., & Pariza, M. W. (1990). Inhibition of benzo(α) pyrene-induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. *Cancer Research, 50*, 1097–1101.

Ip, C., Chin, S. F., Scimeca, J. A., & Pariza, M. W. (1991). Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. *Cancer Research, 51*, 6118–6124.

Joo, S. T., Lee, J. I., Ha, Y. L., & Park, G. B. (2002). Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and water-holding capacity of pork loin. *Journal of Animal Science, 80*, 108–112.

Kelly, M. L., Berry, J. R., Dwyer, D. A., Griimari, J. M., Chouinard, P. Y., Van Amburgh, M. E., et al. (1998). Dietary sources affect conjugated linoleic acid concentration in milk from lactatin dairy cows. *Journal of Nutrition, 128*, 881–885.

Kim, J.-H., Hubbard, N. E., Ziboh, V., & Erickson, K. L. (2005). Conjugated linoleic acid reduction of murine mammary tumor cell growth through 5-hydroxyeicosatetraenoic acid. *Biochemica et Biophysica Acta, 1687*, 103–109.

King, D. A., Behrends, J. M., Jenschke, B. E., Rhoades, R. D., & Smith, S. B. (2004). Positional distribution of fatty acids in triacylglycerols from subcutaneous adipose tissue of pigs fed diets enriched with conjugated linoleic acid, corn oil, or beef tallow. *Meat Science, 67*, 675–681.

Lauridsen, C., Mu, H., & Henckel, P. (2005). Influence of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and age at slaughtering on performance, slaughter- and meat quality, lipoproteins, and tissue deposition of CLA in barrows. *Meat Science, 69*, 393–399.

Lin, H., Boylston, T. D., Luedecke, L. O., & Shultz, T. D. (1998). Factors affecting the conjugated linoleic acid content of cheddar cheese. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46*, 802–807.

Lorenzen, C. L., Golden, J. W., Martz, F. A., Grün, I. U., Ellersieck, M. R., Gerrish, J. R., et al. (2007). Conjugated linoleic acid content of beef differs by feeding regime and muscle. *Meat Science, 75*, 159–167.

Lyon, B. G., & Lyon, C. E. (1998). Assessment of three devices used in shear tests of cooked breast meat. *Poultry Science, 77*, 1585–1590.

Macarulla, M. T., Fernández-Quintela, A., Zabala, A., Navarro, V., Echevarría, E., Churruca, I., et al. (2005). Effects of conjugated linoleic acid on liver composition and fatty acid oxidation are isomer-dependent in hamster. *Nutrition, 21*, 512–519.

Marriott, N. G., Garrett, J. E., Sims, M. D., Wang, H., & Abril, J. R. (2002). Characteristics of pork with docosahexaenoic acid supplemented in the diet. *Journal of Muscle Foods, 13*, 253–263.

Martin, D., Muriel, E., Gonzalez, E., Viguera, J., & Ruiz, J. (2008). Effect of dietary conjugated linoleic acid and monounsaturated fatty acids on productive, carcass and meat quality traits of pigs. Livestock Science, doi:10.1016/j.livsci.2007.12.005.

Ma, D. W. L., Wierzbicki, A. A., Field, C. J., & Clandinin, M. T. (1999). Conjugated linoleic acid in Canadian dairy and beef products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47*, 1956–1960.

Mersmann, H. J. (2002). Mechanisms for conjugated linoleic acid-mediated reduction in fat deposition. *Journal of Animal Science, 80*(E. Suppl. 2), E126–E134.

Metcalfe, L. D., Schmitz, A. A., & Pelka, J. R. (1966). Rapid preparation of fatty acid ester from lipids for gas chromatographic analysis. *Analytical Chemistry, 38*, 514–515.

Migdall, W., Paściak, P., Wojtysiak, D., Barowicz, T., Pieszka, M., & Pietras, M. (2004). The effect of dietary CLA supplementation on meat and eating quality, and the histochemical profile of the m. logissimus dorsi from stress susceptible fatteners slaughtered at heavier weights. *Meat Science, 66*, 863–870.

Miglietta, A., Bozzo, F., Bacca, C., Gabriel, L., Trombetta, A., Belotti, S., et al. (2006). Conjugated linoleic acid induces apoptosis in MDA-MB-231 breast cancer cells through ERK/MAPK signaling and mitochondrial pathway. *Cancer Letters, 234*, 149–157.

Müller, A., Mickel, M., Geyer, R., Ringseis, R., Eder, K., & Steinhart, H. (2006). Identification of conjugated linoleic acid elongation and β-oxidation products by coupled silver-ion HPLC APPI-MS. *Journal of Chromatography B, 837*, 147–152.

Ohtsu, H., Ho, E., Huang, Y.-S., Chuang, L.-T., & Bray, T. M. (2005). Conjugated linoleic acid decreases cellular proliferation and inhibits nuclear factor-κB and activator protein 1 activation in PC3 cancerous prostate epithelial cells. *Nutrition Research, 25*, 655–662.

Pakdeechanuan, P., Intarapichet, K., & Tongta, S. (2007). Effect of extrusion parameters on conjugated linoleic acids on corn extrudates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55*, 1463–1468.

Pariza, M. W., & Hargraves, W. A. (1985). A beef-derived mutagenesis modulator inhibits initiation of mouse epidermal tumors by 7,12-dimethylbenz(*a*)-anthracene. *Carcinogenesis, 6*, 591–593.

Pariza, M. W., Loretz, L. J., Storkson, J. M., & Holland, N. C. (1983). Mutagens and modulators of mutagenesis in fried ground beef. *Cancer Research, 43*, 244s–246s.

Pariza, M. W., Shoor, S. H., Chu, F. S., & Lund, D. B. (1979). Effects of temperature and time on mutagen formation in pan-fried hamburger. *Cancer Letters, 7*, 63–69.

Park, Y., & Pariza, M. W. (2007). Mechanisms of body fat modulation by conjugated linoleic acid (CLA). *Food Research International, 40*, 311–323.

Park, Y., Storkson, J. M., Albright, K. J., Liu, W., & Pariza, M. W. (1999). Evidence that the *trans*-10, *cis*-12 isomer of conjugated linoleic acid induces body composition changes in mice. *Lipids, 34*, 235–241.

Rainer, L., & Heiss, J. (2004). Conjugated linoleic acid: Health implications and effects on body composition. *Journal of the American Dietetic Association, 104*, 963–968.

Ramsay, T. G., Evock-Clover, C. M., Steele, N. C., & Azian, M. J. (2001). Dietary conjugated linoleic acid alters fatty acid composition in big skeletal muscle and fat. *Journal of Animal Science, 79*, 2152–2161.

Ringseis, R., Müller, A., Düsterloh, K., Schleser, S., Eder, K., & Steinhart, H. (2006). Formation of conjugated linoleic acid metabolites in human vascular endothelial cells. *Biochimica et Biophysica Acta, 1761*, 377–383.

Rowe, A., Macedo, F. A. F., Visentainer, J. V., Souza, E. N., & Matsushita, M. (1999). Muscle composition and fatty aid profile in lambs fattened in drylot or pasture. *Meat Science, 51*, 283–288.

SAS. (1993). SAS 6.08.04 WIN. Carry, NC: SAS Institute Inc.

Sébédio, J. L., Juanéda, P., Dobson, G., Ramilison, I., Martin, J. C., Chardigny, J. M., et al. (1997). Metabolites of conjugated isomers of linoleic acid (CLA) in the rat. *Biochimica et Biophysica Acta, 1345*, 5–10.

Shantha, N. C., Crum, A. D., & Decker, E. A. (1994). Evaluation of conjugated linoleic acid concentrations in cooked beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 42*, 1757–1760.

Shantha, N. C., Ram, L. N., O'Leary, J., Hicks, C. L., & Decker, E. A. (1995). conjugated linoleic acid concentrations in dairy products as affected by processing and storage. *Journal of Food Science, 60*, 695–697. p. 720.

Smith, S. B., Hively, T. S., Cortese, G. M., Han, J. J., Chung, K. Y., Casteñada, P., et al. (2002). Conjugated linoleic acid depresses the Δ^9 desaturase index and stearoyl coenzyme A desaturase enzyme activity in porcine subcutaneous adipose tissue. *Journal of Animal Science, 80*, 2110–2115.

Takahashi, Y., Kushiro, M., Shinohara, K., & Ide, T. (2002). Dietary conjugated linoleic acid reduces body fat mass and affects gene expression of proteins regulating energy metabolism in mice. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B, 133*, 395–404.

Thiel-Copper, R. L., Parrish, F. C., Jr., Sparks, J. C., Wiegand, B. R., & Ewan, R. C. (2001). Conjugated linoleic acid changes swine performance and carcass composition. *Journal of Animal Science, 79*, 1821–1828.

Tischendorf, F., Schöne, F., Kirchheim, U., & Jahreis, G. (2002). Influence of a conjugated linoleic acid mixture on growth, organ weights, carcass traits and meat quality in growing pigs. *Journal of Physiology and Animal Nutrition, 86*, 117–128.

Tsuboyama-Kasaoka, N., Takahashi, M., Tanemura, K., Kim, H.-J., Tange, T., Okuyama, H., et al. (2000). Conjugated linoleic acid supplementation reduces adipose tissue by apoptosis and develops lipodystrophy in mice. *Diabetes, 49*, 1534–1542.

Warriss, P. D. (2000). *Meat science: An introductory text*. Wallingford: CABI Publishing.

West, D. B., Delany, J. P., Camet, P. M., Bolhm, F., Truett, A. A., & Scimeca, J. (1998). Effects of conjugated linoleic acid on body fat and energy metabolism in the mouse. *American Journal of Physiology, 275*, R667–R672.

Woessner, A. J. (1961). The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this amino acid. *Archives of Biochemistry and Biophysics, 93*, 440–447.

Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., et al. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science, 78*, 343–358.

Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V., Campo, M. M., Kasapidou, E., et al. (2003). Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Science, 66*, 21–32.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 6

ปริมาณ CLA และการเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันของกุนเชียงผลิตจากเนื้อหมูเลี้ยงด้วยน้ำมันปาล์มและเสริมด้วย CLA

(CLA Contents and Oxidative Stability of Kunchiang Sausages from Pork Fed Palm Oil and CLA Supplements)

รายงานวิจัยบทนี้เป็นผลงานส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่ได้นำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการ The 53rd International Congress of Meat Science and Technology, Beijing, China, August 5-9, 2007

ผลงานตีพิมพ์นี้เป็นฉบับเต็ม (full paper) ที่ได้ผ่านการตรวจกรอง (being reviewed) จากคณะกรรมการวิชาการ การประชุมวิชาการนานาชาติทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์นี้แล้วก่อนการยินยอมและรับให้เสนอผลงานในการประชุมได้

จึงขอเสนอเป็นส่วนหนึ่งในรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการวิจัย ทั้งนี้ผู้วิจัยขอชี้แจงเพิ่มเติมดังนี้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เนื้อสัตว์ทดลอง เป็นเนื้อสุกรชุดเดียวกันกับที่ใช้สำหรับการทดลองในรายงานบทที่ 5 (หน้า 47)
2. การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมัน conjugated linoleic acid (CLA), TBARS, hexanal และกลิ่น oxidized flavor ทางประสาทสัมผัส ได้ทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการทดลองในบทที่ 3 (หน้า 19, 21, 22)
3. การออกแบบการทดลอง และการวิเคราะห์ทางสถิติ เช่นเดียวกับการทดลองในบทที่ 3 (หน้า 22)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Proceedings of 53rd International Congress of Meat Science and Technology

Edited by

Guanghong Zhou

Weili Zhang

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

China Agricultural University Press

Title: Proceedings of 53rd International Congress of Meat Science and Technology

Edited by Guanghong Zhou, Weili Zhang

ISBN 978-7-81117-239-3

Ⅰ. 53rd Ⅱ. ①Zhou ②Zhang

Ⅲ. Meat-Science & Technology-Proceedings Ⅳ. TS251. 5-53

© 2007 by China Agricultural University Press

All rights reserved.
Nothing from this publication may be reproduced, stored in a computerized system or published in any form or in any manner, including electronic, mechanical, reprographic or photographic, without prior written permission from the publisher *China Agricultural University Press.*

75. CLA CONTENTS AND OXIDATIVE STABILITY OF KUNCHIANG SAUSAGES FROM PORK FED PALM OIL AND CLA SUPPLEMENTS

K. Intarapichet* and B. Maikhunthod

School of Food Technology, Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand

Key Words: CLA, pork, palm oil, oxidation, sausages

Introduction

The term conjugated linoleic acid (CLA) refers to a group of positional and geometric isomers of octadecadienoic acids with conjugated double bonds. CLA draws much attention in recent years for its anticarcinogenic properties (Ip et al., 1991) as well as being protective against heart disease, diabetes, improving insulin sensitivity and ability to reduce adiposity and increase lean body mass (Park and Pariza, 2007). Extensive research has been conducted to increase CLA content in foods from both ruminant and nonruminant origins. Heat process has been found to induce isomerization of linoleic acid to CLA (Pakdeechanuan et al., 2007). Therefore, the present study was conducted to investigate the CLA contents and oxidative stability of semi-dry pork sausages or kunchiang made from meat of pigs fed palm oil and supplemented with different levels of CLA.

Materials and Methods

The pigs (≈ 60 kg) [Duroc x (Landrace x Large White)] were adapted to the diets containing 2.0% palm oil (PO) only and PO supplemented with 0.5% and 1.0% CLA for 6 weeks at the Suranaree University of Technology Farm. The ham portions of two female pigs of each treatment were used to make kunchiang sausages. The sausage batter contained 65% ground lean meat, 20% pork back fat, 3% water, 10% sugar 1.83% salt, 0.01% nitrite, and 0.16% erythorbate. All ingredients were mixed, stuffed in pig casings, oven dried at 60 °C overnight then, packed in plastic bags and kept at 25 °C for 12 days. The sausages were sampled at 3 day intervals for chemical and sensory analyses.

Lipid of the sample was extracted using chloroform:methanol (2:1, V/V) solvent, completely methylated using 0.5 M sodium methoxide in methanol at 50 °C for 30 min. The CLA methyl esters were analyzed using a gas chromatograph (GC). Four specific isomers of CLA (*c*9,*t*11; *t*10,*c*12; *c*9,*c*11; and *t*9,*t*11; Matreya LLC, USA) were used for identification. The hexanal was analyzed by Static Headspace GC. TBARS was determined by distillation method. Oxidized flavor of cooked sausages were evaluated by eight trained panelists using scoring method. The scores were assigned from 1 for no oxidized flavor to 5 for extremely oxidized.

Statistical analysis was evaluated by randomized complete block design. Analysis of variance was analyzed and comparison of means was done by Duncan's Multiple Range Test. Each animal within the same treatment were treated as a replicate. Chemical analysis of each replicate was performed in triplicate samples.

Results and Discussion

CLA content in batter and kunchiang sausage. Four specific isomers of CLA contents in batter and kunchiang are shown in Figure 1. Significant differences ($P < 0.5$) of the two health benefit CLA isomers, *c*9,*t*11 and *t*10,*c*12, were found in both batter and kunchiang and highest in kunchiang made from pork supplemented with 1.0% CLA. Increasing of *c*9,*t*11 and *t*10,*c*12 in the sausages were more than one fold in both sources of the oil used. Slightly change of *cis,cis* CLA occurred during heating. However, this isomer has no health benefit.

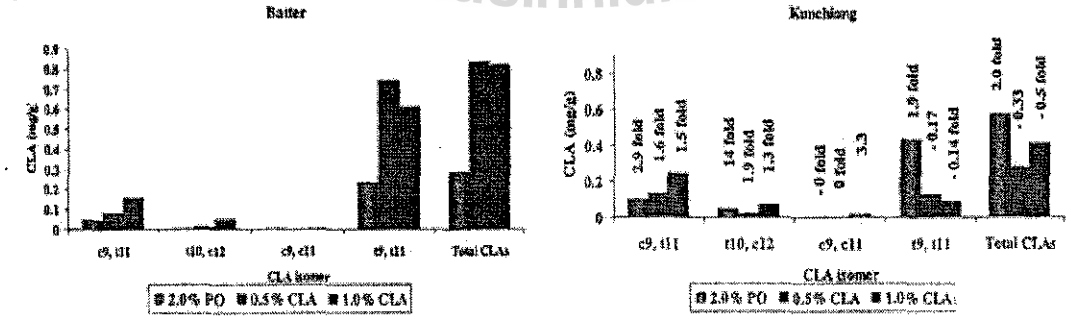

Figure 1. CLA contents in batter and kunchiang sausages made from pig meat fed 2.0% palm oil and 0.5, and 1.0% CLA supplemented in the diets.

Noticeable increasing in *trans,trans* and total CLA were observed in kunchiang made from pork fed with 2.0% palm oil while decreasing was found in the sausages made from pork fed with both CLA levels. This

suggested that lower temperature heating (60 °C) could cause changes of *trans,trans* CLA isomer to *cis,trans* or *trans,cis* one. This is similar to the finding of Shantha et al. (1994) who reported that baking beef at 60 °C obtained higher *c*9,*t*11 CLA isomer than at 80 °C. In addition, palm oil was more readily changed to *trans,trans* form.

Lipid oxidation. Oxidative stabilities as measured by hexanal and TBARS contents are shown in Figure 2. Regardless of time of storage, the sausage made from pork fed with 1.0% CLA supplemented had the lowest ($P < 0.05$) amounts of hexanal and TBARS compared with those of pork fed 2.0% PO and 0.5% CLA supplemented. In general, hexanal and TBARS formation became more rapid during day 3 to day 6 of storage. The hexanal contents were noticeably different in day 9 to day 12 while the TBARS values were found significantly different in day 12. Oxidation of the sausage could be influenced by the CLA contents in the pork raw materials. In this study, pork fed with higher CLA had better oxidative stability. This could be due to the higher initial CLA contents in the batter, which in turn could provide better oxidative protection during storage.

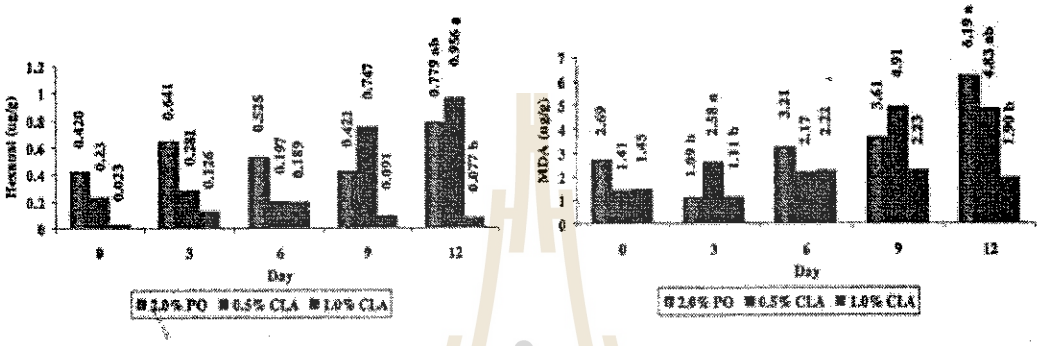

Figure 2. Hexanal and TBARS values of kunchiang sausages affected by 2.0% palm oil and 0.5 and 1.0% CLA supplemented in the diets, during storage at 25 °C.

These results were in agreement with those of Joo et al. (2002) who reported that dietary CLA could reduce lipid oxidation in pork lion.

Oxidized flavor by sensory evaluation. Oxidized flavor of kunchiang sausages evaluated by 8 trained panelists are shown in Figure 3. In general, significant differences of flavor scores were not found among all sausages in the same day of storage. However, the intensity of oxidized flavor increased towards the end of storage. Although significant differences were not observed, the sausages made from pork fed with 0.5 and 1.0% CLA substituted resulted in superior sensory scores. The sausage made from pork fed 1.0% CLA diet had the lowest score at the end of storage.

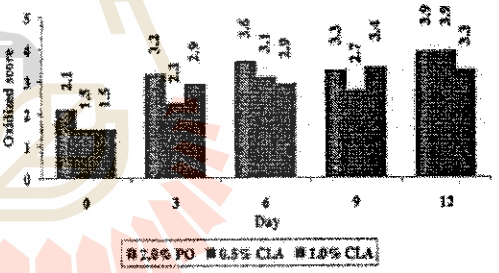

Figure 3. Oxidized flavor score of kunchiang sausages affected by 2.0% palm oil, and 0.5 and 1.0 % CLA supplemented in the diets, during storage at 25 °C.

Conclusions

The findings suggested that CLA supplementation in animal diets could top up the health beneficial isomers of CLA (*c*9,*t*11 and *t*10,*c*12) in kunchiang sausages and provide better oxidative stability to the sausages during storage. Low heat process (60 °C) of kunchiang sausage provided lower amounts of harmful isomers (*trans,trans*) of CLA. In this study, single use of palm oil in the diets, high increasing of *trans,trans* fatty acid was observed.

References

1. Ip, C., Chin, S.F., Scimeca, J.A., and Pariza, M.W. (1991). Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. *Cancer Research, 51*, 6118-6124.
2. Joo, S.T., Lee, J.I.,Ha, Y.L., and Park, G.B. (2002). Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and water-holding capacity of pork loin. *Journal of Animal Science, 80*, 108-112.
3. Park, Y., and Pariza, M.W. (2007). Mechanisms of body fat modulation by conjugated linoleic acid (CLA). *Food Research International, 40*, 311-323.
4. Pakdeechanuan, P., Intarapichet, K., and Tongta, S. (2007). Effect of extrusion parameters on conjugated linoleic acids of corn extrudates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55*, 1463-1468.
5. Shantha, N.C., Crum, A.D., and Decker, E.A. (1994). Evaluation of conjugated linoleic acid concentration in cooked beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 42*, 1757-1760.

บทที่ 7

คุณภาพทางเคมีของไข่สดและไข่ผงผลิตจากไก่ไข่เลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองและเสริมด้วย Conjugated Linoleic Acid (CLA)

7.1 คำนำ

Conjugated linoleic acid (CLA) เป็นชื่อเรียกรวมของกรดไขมันที่มีองค์ประกอบ 18 คาร์บอน (octadecadienoic acid) และมีระบบพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว (conjugated double bond system) ชนิดที่สำคัญ อาทิ *cis*-9,*trans*-11 และ *trans*-10,*cis*-12 CLA เชิงชีวภาพและสุขภาพ พบว่า CLA มีคุณสมบัติหลายประการ เช่น ต้านออกซิเดชัน (antioxidation) ต้านมะเร็ง (anti-cancer) ต้านเส้นเลือดอุดตัน (anti-atherosclerosis) และช่วยปรับปรุงภูมิต้านทาน (improving immuno-responses) (Ip et al., 1995; Belury et al., 1996; Lee et al., 1994) ซึ่งอาจเกิดจาก lipid metabolism หลังจากได้รับ CLA มีงานวิจัยหลายงานที่รายงานคุณสมบัติการเป็น antioxidant ของ CLA (Du et al., 2000; Ha et al., 1990, Hur et al., 2007; Joo et al., 2002) และพบว่า CLA ช่วยปรับปรุงความเสถียรของสีของเนื้อวัว (beef patties) โดยยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน และยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของเม็ดสี oxymyoglobin ของเนื้อสัตว์ (Hur et al., 2007)

การพบครั้งแรกว่า CLA เป็นสารต้านมะเร็งในเนื้อวัวเฮมเบอเกอร์ (grilled ground beef) โดย Ha et al. (1987) และต่อมามีการพบว่าเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์นมเป็นแหล่งสำคัญของ CLA สำหรับการบริโภคของมนุษย์ (Aydin, 2005) ชนิดที่พบมากคือ *cis*-9,*trans*-11 CLA นอกจากนี้ Chouinard et al. (2001) แนะนำว่าสามารถเพิ่มปริมาณ CLA ในน้ำนมได้โดยการปรับปรุงอาหารสัตว์ และการแปรรูปอาหาร หรือการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ (microbial fermentation) และสามารถเพิ่มปริมาณ CLA ในผลิตภัณฑ์นมได้ (Shantha et al., 1995) ผลิตภัณฑ์สัตว์ปีก อาทิ เนื้อไก่ และ ไข่ มีปริมาณ CLA น้อยมาก (0.9 และ 0.6 mg/g fat ตามลำดับ) (Chin et al., 1992) แม้ว่าจะมีปริมาณน้อย แต่ก็สามารถเพิ่มได้โดยเสริม CLA ผ่านทางอาหารสัตว์ Chamruspollert and Sell (1999) รายงานว่าอาหารไก่เสริมด้วย CLA มีผลต่อปริมาณ CLA ในไข่ ปริมาณ *cis*-9,*trans*-11 และ *trans*-10,*cis*-12 CLA ในไข่แดงเพิ่มขึ้นในลักษณะเกือบเป็นเส้นตรงตามปริมาณ CLA ที่เสริมในอาหารสัตว์ ทั้งนี้ CLA ทางการค้าที่ใช้ในสูตรอาหารประกอบด้วย *cis*-9,*trans*-11 และ *trans*-10,*cis*-12 CLA isomers 47% และ 16% ตามลำดับ และการเสริมในปริมาณสูง 5% CLA ในอาหารสัตว์จะทำให้ได้ไข่ไก่ที่มี CLA 310-6-365 mg/egg ซึ่งจะทำให้ได้ไข่ที่มี CLA เพียงพอสำหรับการบริโภคของมนุษย์ ดังนั้นจึง

อาจเพิ่มปริมาณ CLA ในอาหารสำหรับมนุษย์ได้หลายทางอาทิ โดยการปรับปรุงอาหารสัตว์ การให้ความร้อนในการแปรรูปอาหาร และการใช้เชื้อจุลินทรีย์บางชนิดการหมักอาหาร นอกจากนี้ปริมาณ CLA ระดับต่างกันในอาหารยังสามรถช่วยการต้านออกซิเดชันของอาหารได้เช่นกัน

7.2 วัตถุประสงค์

การทดลองส่วนนี้เพื่อให้ทราบคุณภาพทางเคมีและการเกิดออกซิเดชันของไข่ไก่สดและไข่ผง ซึ่งเป็นผลจากการเลี้ยงไก่ไข่ด้วยสูตรอาหารที่มีน้ำมันถั่วเหลืองเป็นแหล่งของไขมันและทดแทนบางส่วนด้วยกรดไขมัน conjugated linoleic acid (CLA) ทั้งนี้นอกจากการวิเคราะห์ปริมาณ CLA ที่อาจมีการสะสมในไข่ไก่มากน้อยต่างกันตามปริมาณที่มีในอาหารสัตว์แล้ว ยังได้ทำการผลิตไข่ผงด้วยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) ซึ่งเป็นการระเหยน้ำออกจากไข่เหลวด้วยความร้อนสูงกว่า 100 °C จึงได้ทดสอบเปรียบเทียบความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันของไข่ผงที่อาจเป็นผลจากปริมาณ CLA ที่มีในไข่ที่ได้จากการเลี้ยงไก่ด้วยการเสริม CLA อาหารสัตว์ โดยเก็บรักษาไข่ผงที่อุณหภูมิเร่งปฏิกิริยาที่ 30 °C และตรวจติดตามการเกิดออกซิเดชันเป็นเวลา 30 วัน

7.3 อุปกรณ์และวิธีการ

7.3.1 ไข่ไก่และอาหารสัตว์

ไข่ไก่ที่ใช้ทดลองสำหรับการศึกษานี้ได้รับจากงานวิจัยของสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา มีการทดลองเลี้ยงโดยใช้ไก่ไข่พันธุ์ Hisex Brown อายุ 27 สัปดาห์ จำนวน 300 ตัว แบ่งเป็น 5 กลุ่มการทดลอง จำนวน 5 ซ้ำ ๆ ละ 12 ตัว เลี้ยงในโรงเรือน 56 วัน (แบ่งเป็น 4 ช่วง ๆ ละ 14 วัน) ให้อาหารซึ่งมีโปรตีน 16.55% พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 2862 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม แปรชนิดและปริมาณไขมันในอาหารของแต่ละกลุ่มการทดลองต่างกัน คือ กลุ่มที่ 1 ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 4% (4% SBO) กลุ่มที่ 2, 3, 4 และ 5 ใช้ CLA (powder form, containing 30% CLA จาก BASE (Thailand) Limited, Bangkok, Thailand) ทดแทน SBOในสูตรอาหาร 1%, 2%, 3% และ 4% ตามลำดับ

เก็บไข่รวมทั้งหมดจากแต่ละกลุ่มทดลอง โดยแยกไข่ขาว (albumen) และไข่แดง (yolk) และส่วนหนึ่งเก็บเป็นไข่ทั้งหมด (whole egg) แยกตัวอย่างบรรจุในถุงพลาสติก และเก็บในห้องแช่เย็นแข็งที่ -18 °C

7.3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไข่สด

แยกตัวอย่างไข่ขาวและไข่แดงสำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีทั้งหมด และใช้เฉพาะตัวอย่างไข่แดงสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณไขมันทั้งหมด คอเลสเตอรอล กรดไขมันทั้งหมด และวิเคราะห์ CLA เฉพาะ 4 isomers (*cis*-9,*trans*-11; *trans*-10,*cis*-12; *cis*-9,*cis*-11; *trans*-9,*trans*-10 CLA)

7.3.2.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีเบื้องต้น (Proximate Analysis)

วิเคราะห์องค์ประกอบเคมีเบื้องต้น (proximate composition) ตามวิธี AOAC (1997) วิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยอบแห้งในตู้อบลมร้อน 105 °C นาน 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณเถ้าโดยเผาตัวอย่างในเตาเผา 600 °C นาน 6 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะได้เถ้าสีเทาอ่อนหรือสีขาว และวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมด (N x 6.25) ด้วยวิธี Kjedahl method

7.3.2.2 การวิเคราะห์ Fatty Acid Methylesters

สกัดไขมันในตัวอย่างตามวิธีของ Folch et al. (1957) และ Metcalfe et al. (1966) และปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์เล็กน้อย ดังรายละเอียดตาม ข้อ 3.3.3 บทที่ 3

เตรียม fatty acid methylesters (FAMEs) โดย transmethylation ด้วย 14% boron trifluoride ใน methanol ที่ 100 °C นาน 30 นาที สำหรับ CLA methylesters (CLAMEs) ทำ transmethylation ด้วย 0.5 M sodium methoxide ใน methanol ที่ 50 °C นาน 30 นาที ใช้ C23 methylester (1.00 mg/ml in hexane) เป็น internal standard และวิเคราะห์ FAMEs และ CLAMEs ด้วยเครื่อง gas chromatography ดังรายละเอียดตามข้อ 3.3.3 บทที่ 3

จำแนกและคำนวณปริมาณ fatty acid โดยเปรียบเทียบ relative retention time ของ FAMEs peaks ของตัวอย่างกับ FAME standard (Supelco 37 component FAME mix, No. 47885-U) และใช้ CLA isomers (*cis*-9,*trans*-11; *trans*-10,*cis*-12; *cis*-9,*cis*-11; *trans*-9,*trans*-10 CLA; Matreya LLC, USA) สำหรับจำแนก CLA ในตัวอย่าง

7.3.2.3 การวิเคราะห์ Cholesterol

สกัดและคำนวณปริมาณ cholesterol โดยปรับปรุงจากวิธีของ Rowe et al. (1999) ดังรายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ตามข้อ 3.3.4 บทที่ 3

7.3.3 การเกิดออกซิเดชันของไข่ผง

การทดลองนี้ออกแบบเพื่อศึกษาผลของ CLA ต่อการเกิดออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ไข่ผงทั้งฟองที่ผลิตด้วยวิธีพ่นฝอย (spray-dried whole egg powder) และเก็บภายใต้สภาวะอุณหภูมิค่อนข้างสูง คือที่ 30 °C ซึ่งเป็นกระบวนการเร่งสภาวะการเก็บรักษาเพื่อการศึกษาผลการเกิดออกซิเดชันช่วงเวลา 30 วันสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง

การทดลองส่วนนี้ใช้ตัวอย่างไข่ไก่ที่ได้จากไก่ 4 กลุ่มการทดลองเลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่มี 4% น้ำมันถั่วเหลือง และสูตรอาหารเสริมด้วย 1%, 2% และ 3% CLA เนื่องจากไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงด้วยสูตรอาหาร 4% CLA มีไม่เพียงพอสำหรับการทดลอง

7.3.3.1 การผลิตไข่ผงด้วยการระเหยแห้งแบบพ่นฝอย

ทำการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสม (optimal conditions) สำหรับการกระบวนการผลิตไข่ผงแบบพ่นฝอย (spray-drying) คือหาสภาวะอุณหภูมิฉีดพ่นไข่เหลว (inlet temperature) และอัตราการป้อนไข่เหลว (feed rate) เข้าเครื่องพ่นฝอย ให้ได้ไข่ผงที่มีความสัมพันธ์ระหว่างค่าน้ำอิสระ (water activity) การเกิดออกซิเดชัน (TBARS value) และสี (ความสว่าง Hunter L value) ที่เหมาะสม ดังข้อมูลการทดลองตารางที่ 7.1 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตไข่ผงด้วยวิธีพ่นฝอยที่ได้จากการทดลอง คือ ตั้ง inlet temperature ที่ 135 °C ด้วย feed rate ที่ 24 ml/min

Table 7.1 Mean value of water activity, TBARS and L values of whole egg powder

Temperature (°C)/ Feed rate (ml/min)	Water activity (a_w)	TBARS value (mg MDA/ kg)	L value
114/14	0.399	0.597	88.92
120/9	0.237	0.861	91.15
120/21	0.335	0.606	89.66
135/6	0.212	1.069	91.40
135/14	0.229	0.900	90.31
135/24	**0.372**	**0.564**	**89.19**
150/9	0.150	1.311	92.56
150/21	0.223	0.933	90.31
156/14	0.186	1.083	92.14

n = 6.

7.3.3.2 คุณภาพการเก็บและการเกิดออกซิเดชันของไข่ผงที่อุณหภูมิ 30 °C

ไข่ผงผลิตได้จากกระบวนการผลิตข้อ 7.3.3.1 แบ่งบรรจุตัวอย่างไข่ผงในถุงพลาสติกชนิด polyester และปิดผนึกแบบปกติ เพื่อตรวจสอบและติดตามการเกิดออกซิเดชัน หรือความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันของไข่ผงเนื่องจาก CLA ในไข่ที่ได้จากการเลี้ยงไก่ด้วยอาหารสูตรเสริมด้วย CLA เก็บตัวอย่างในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 30 °C นาน 30 วัน โดยเก็บตัวอย่างทุก 6 วันเพื่อวิเคราะห์ TBARS values และปริมาณ hexanal ซึ่งเป็นสารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิปิด

7.3.3.3 การวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชันของลิปิด

วิเคราะห์ปริมาณ MDA (melondialdehyde) ด้วยวิธี thiobarbituric acid reactive substances method (TBARS) ดังรายละเอียดตามข้อ 3.3.7 บทที่ 3

วิเคราะห์ปริมาณ Hexanal ด้วยวิธี headspace analysis ดังรายละเอียดตามข้อ 3.3.7 บทที่ 3

7.3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์สถิติด้วย randomized completely block design ใช้ SAS (1993) program ตัวอย่าง 2 ซ้ำต่อสูตรอาหาร (treatment) ทำการวิเคราะห์ทางเคมี 3 ซ้ำต่อซ้ำการทดลอง วิเคราะห์ variance และเปรียบเทียบค่า means ด้วย Duncan's Multiple Range Test พิจารณาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ค่า $P < 0.05$ เสนอข้อมูลด้วยค่า mean และค่า standard deviation

7.4 ผลการทดลองและวิจารณ์

7.4.1 องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นและลิปิดของไข่สด

องค์ประกอบเคมีเบื้องต้น (proximate composition) ของไข่สดทั้งไข่ขาวและไข่แดง แสดงในตารางที่ 7.2 การเลี้ยงไก่ด้วยแหล่งอาหารไขมันที่ต่างกันไม่ได้ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาวต่างกัน ($p > 0.05$) กล่าวคือ ปริมาณความชื้น โปรตีน และแร่ธาตุของไข่ขาวสดไม่แตกต่างกันทุกระดับของ CLA ที่ใช้ในอาหารสัตว์ ไข่ขาวเป็นองค์ประกอบในฟองไข่ที่ไม่เป็นแหล่งสะสมไขมัน คือ มีไขมันเล็กน้อยโดยธรรมชาติ เฉลี่ยโดยประมาณ 0.03% เท่านั้น ปริมาณความชื้น โปรตีน และแร่ธาตุของไข่ขาว อยู่ในระดับใกล้เคียงกับที่มีรายงานไว้ คือ ความชื้นประมาณ 86 – 88 % โปรตีน 9.7 – 10.6% และแร่ธาตุ 0.05 – 0.06% (Li–Chan et al., 1995)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Table 7.2 Chemical compositions of fresh egg albumen and egg yolk affected by 4% soybean oil, and 1.0%, 2%, 3% and 4% CLA in laying hen diets (mean ± SD)

Composition	4 % SBO	1% CLA	2% CLA	3% CLA	4% CLA
Egg albumen					
Moisture (%)	87.28 ± 0.47	87.83 ± 1.13	87.57 ± 0.86	87.29 ± 0.44	86.64 ± 0.92
Protein (%)	10.14 ± 0.53	9.78 ± 1.01	9.83 ± 0.53	10.41 ± 0.68	10.56 ± 0.71
Ash (%)	0.62 ± 0.11	0.57 ± 0.10	0.63 ± 0.09	0.73 ± 0.07	0.71 ± 0.13
Egg yolk					
Moisture (%)	49.21 ± 0.13	48.89 ± 0.19	48.77 ± 0.16	49.44 ± 0.19	49.27 ± 0.55
Protein (%)	16.47 ± 0.53	16.59 ± 0.35	16.54 ± 0.32	16.66 ± 0.44	17.19 ± 0.97
Ash (%)	1.74 ± 0.04 b	1.82 ± 0.07 a	1.83 ± 0.04 a	1.68 ± 0.09 b	1.77 ± 0.14 ab
Fat (%)	29.84 ± 2.46 b	29.36 ± 1.55 b	37.72 ± 3.63 a	36.39 ± 4.19 a	37.55 ± 5.11 a
Cholesterol (mg/g)	10.95 ± 0.33 a	12.35 ± 1.03 a	11.55 ± 1.65 a	8.06 ± 1.28 b	7.34 ± 3.07 b
SFA (mg/g)	55.12 ± 3.20 d	68.84 ± 3.91 c	87.55 ± 6.07 b	90.04 ± 11.89 b	102.07 ± 7.85 a
MUFA (mg/g)	66.06 ± 3.73 a	55.67 ± 3.17 b	52.70 ± 3.66 b	53.30 ± 7.06 b	56.34 ± 4.23 b
PUFA (mg/g)	48.23 ± 1.68 a	45.52 ± 2.64 b	43.44 ± 3.06 bc	38.92 ± 5.06 c	28.12 ± 2.32 d

Different letters within a row are significantly different ($P < 0.05$), n = 6, SBO = soybean oil, CLA = conjugated linoleic acid, SUF = saturated fatty acid, MUFA = monounsaturated fatty acid, PUFA = polyunsaturated fatty acid.

สำหรับไข่แดง ชนิดและปริมาณไขมันในอาหารสัตว์ไม่มีผลทำให้ความชื้นและโปรตีนแตกต่างกัน ($p > 0.05$) และปริมาณอยู่ในช่วงที่รายงานไว้สำหรับไข่ไก่ คือ มีความชื้นประมาณ 49% และโปรตีนระหว่าง 16 – 17% แร่ธาตุในไข่แดงมีระหว่าง 1.74 – 1.83% ซึ่งปรากฏว่าสูงกว่าปริมาณที่รายงานไว้โดย Li-Chan et al. (1995) เท่ากับ 1.1 เป็นที่สังเกตว่าปริมาณแร่ธาตุของไข่แดงมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณ CLA ที่เสริมในอาหารเพิ่มขึ้น ปริมาณของไข่แดงเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) เมื่อปริมาณ CLA ในอาหารเพิ่มขึ้นเช่นกัน ทั้งนี้ปริมาณไขมันในไข่แดงที่ได้จากการใช้น้ำมันถั่วเหลือง 4%

เท่ากับ 29.84% ขณะที่ไข่แดงที่ได้จากการเสริม CLA มีค่าระหว่าง 29.36 – 37.72% การใช้แหล่งไขมันในอาหารอาจทำให้ปริมาณไขมันในไข่แดงต่างกันได้ Watkins et al. (2003) การใช้ CLA เสริมแทนใน safflower oil ประมาณ 66% (540 g CLA oil + 280 g safflower oil ในอาหารสัตว์ 19.2 kg) พบว่าปริมาณไขมันทั้งหมดใน yolk plasma น้อยกว่า ($p < 0.05$) เมื่อใช้อาหารที่มี safflower oil เพียงอย่างเดียว ในขณะที่ปริมาณไขมันทั้งหมดใน yolk plasma ของไข่ที่ได้จากการใช้ CLA ร่วมกับ DHA ไม่แตกต่างกัน

ทำนองเดียวกันการเพิ่มปริมาณ CLA ในอาหารไก่ไข่ทำให้ไข่ที่ได้มีปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acid, SFA) สูงขึ้น ($p < 0.05$) ตามปริมาณ CLA ที่เพิ่มขึ้นในอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Chamruspollert and Sell (1999) และ Raes et al. (2002) แต่พบว่าปริมาณ cholesterol กรดไขมันชนิด monounsaturated fatty acid (MUFA) และชนิด polyunsaturated fatty acid (PUFA) ของไข่ที่ได้จากอาหารเสริมด้วย CLA มีปริมาณลดลง ($p < 0.05$)เป็นที่ทราบกันว่า CLA จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ stearoyl coenzyme A desaturase (Δ9 desaturase) ทำให้มีกรดไขมันชนิด MUFA และ PUFA ลดลง ขณะที่ SFA มีปริมาณเพิ่มขึ้น ในเนื้อสัตว์ที่ได้จากการเสริม CLA ในอาหารสัตว์ (Evans et al., 2002; Smith et al., 2002; Mersmann , 2002) โดยเฉพาะ CLA isomer *trans*-10,*cis*-12 CLA (Park et al., 2000) และทำนองเดียวกันปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นได้ในไข่ไก่ เพราะการเคลื่อนย้าย CLA ในสัตว์ได้จากการเคลื่อนย้ายจากตับเช่นกัน และผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดลอง Watkins et al. (2003) และ Stangl (2000) ที่พบว่าปริมาณ CLA ที่เพิ่มขึ้นทำให้ไข่แดงมี MUFA และ PUFA ลดลงในเนื้อสัตว์ นอกจากนี้ Latour et al. (2000) รายงานว่าการใช้ CLA ในอาหารไก่เปรียบเทียบกับการใช้ safflower oil และอาหารที่ไม่ได้เสริมไขมันจากแหล่งใด (กลุ่มควบคุม) ปริมาณไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในไข่แดงที่ได้จากการใช้ CLA ต่ำกว่าปริมาณ CLA ของไข่แดงที่ได้จากกลุ่มอื่นเช่นกัน และ Yang et al. (2002) รายงานพบว่า การเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ ทำให้ไข่แดงมีปริมาณกรดไขมัน oleic acid (18:1n-9), arachidonic acid (20:4n:6) และ docosahexaenoic acid (22:6n-3) ลดลง แต่มีปริมาณ linoleic acid (18:3n-3), stearic acid (18:0) และ palmitic acid (16:0) เพิ่มขึ้น ทั้งนี้จึงเป็นไปได้ว่า CLA มีคุณสมบัติยับยั้ง Δ6 และ Δ9 desaturase enzymes

การเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ทำให้องค์ประกอบไขมันในไข่แดงเปลี่ยนแปลงได้ สำหรับปริมาณ cholesterol ในไข่แดงที่ได้จากการสริม CLA ในอาหาร มีรายงานการศึกษาที่ยังไม่แน่ชัดว่ามีผลต่อปริมาณ CLA มีผลกระทบต่อปริมาณ cholesterol ทั้งนี้ Raes et al. (2002) รายงานว่า เมื่อเปรียบเทียบการใช้ CLA ในอาหารไก่ไข่กับไขมันจากแหล่งอื่น คือ soybean oil, rendered animal fat และ flaxseed oil ไม่ทำให้ปริมาณ CLA ในไข่แดงต่างกัน ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Szymczyk and Pisulewski (2003) เมื่อใช้ CLA เสริมในอาหารไก่ระดับ 0 – 20 g/kg

พบว่าปริมาณ cholesterol ในไข่แดงไม่มีความแตกต่าง และปริมาณ cholesterol ต่อฟองไข่ (mg per egg) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อันเป็นผลจากขนาดของฟองไข่ลดลง อย่างไรก็ตามการศึกษานี้พบว่าปริมาณ cholesterol ในไข่แดงลดลง ($p < 0.05$) เมื่อปริมาณ CLA ในอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับการทดลองของ Stangl (2000) ที่รายงานว่า CLA มีผลทำให้เอนไซม์ catalase ในเซลล์ตับทำงานมากขึ้น เป็นผลให้ปริมาณ serum cholesterol ลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณ CLA ในการทดลองกับหนูทดลอง

องค์ประกอบกรดไขมัน (fatty acid profiles) ของไข่แดงสด แสดงในตารางที่ 7.3 ชนิดของกรดไขมันที่พบว่ามีปริมาณค่อนข้างมากในไข่แดงสดประกอบด้วย palmitic acid (C16:0), stearic acid (C18:0), palmitoleic acid (C16:1), oleic acid (C18:1n9c), linoleic acid (C18:2n6c), linolenic acid (C18:3n3), arachidonic acid (C20:4n6) และ docosahexanoic acid (C22:6n3) ทั้งนี้ปริมาณของกรดไขมันแต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกัน ($p < 0.05$) เมื่อปริมาณ CLA ในอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น และกรดไขมันชนิดอิ่มตัวเพิ่มขึ้นตามปริมาณ CLA ในอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น ขณะที่กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Latour et al. (2000), Raes et al.(2002) และ Szymczyk and Pisulewski (2003)

7.4.2 ปริมาณ CLA ของไข่แดง ไข่ทั้งฟอง และไข่ผง

7.4.2.1 ปริมาณ CLA ของไข่แดงสด

ปริมาณ CLA ของ 4 isomers และปริมาณ CLAทั้งหมดในไข่แดงสดดังแสดงในรูปที่ 7.1 การเสริม CLA ทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองในอาหารไก่ทุกระดับที่ทดลอง มีผลทำให้ไข่แดงมีปริมาณ CLA เพิ่มขึ้นตามปริมาณ CLA ที่เพิ่มในอาหารสัตว์ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการรายงานของ Latour et al. (2000), Stangl (2000), Szymczyk and Pisulewski (2003), Aydin et al. (2000) และ Chamruspollert and Sell (1999) พบว่า CLA ชนิด *cis*-9,*trans*-11 และ *trans*-10,*cis*-12 CLA มีปริมาณที่สูงกว่าชนิด *trans*-10,*cis*-12 CLA ทั้งนี้ Yang et al. (2002) รายงานว่า การเคลื่อนย้ายของชนิด *cis*-9,*trans*-11 CLA ในไข่แดงเกิดขึ้นมากกว่าชนิด *trans*-10,*cis*-12 CLA

7.4.2.2 ปริมาณ CLA ของไข่สดทั้งฟองและไข่ผงทั้งฟอง

เพื่อศึกษาผลการทำไข่ผงแบบฉีดพ่นฝอย (spray drying) ที่อาจมีต่อคุณภาพและปริมาณของ CLA ในไข่ทั้งฟอง ทั้งนี้ได้ใช้ไข่ทั้งฟองที่ได้จากการเลี้ยงด้วยอาหาร 4% น้ำมันถั่วเหลือง 1, 2 และ 3% CLA เสริมแทนน้ำมันถั่วเหลืองในสูตรอาหารสัตว์ ปริมาณ CLA ในไข่สดทั้งฟอง (fresh whole egg) และไข่ผงทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย (spray-dried whole egg) ดังแสดงในตารางที่ 7.4 และ 7.5

ปริมาณ CLA ทุกชนิดรวมทั้งปริมาณ CLA ทั้งหมดในไข่ทั้งฟองทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างกัน ($p < 0.05$) ตามลำดับ CLA ในอาหารสัตว์ที่เพิ่มขึ้น และเป็นทำนองเดียวกับปริมาณ CLA ในไข่แดง (Figure 7.1) คือปริมาณ CLA ในตัวอย่างสูงขึ้น ($p < 0.05$) ตามปริมาณ CLA ในไข่สดทั้งฟอง คำนวณเป็นต่อน้ำหนักแห้งของตัวอย่างเป็นตัวเลขในวงเล็บ (ตารางที่ 7.4)

นอกจากจะพบว่า CLA มีโดยธรรมชาติในอาหารบางประเภทโดยเฉพาะในเนื้อสัตว์เคี้ยวเอื้องและผลิตภัณฑ์นม ปัจจัยในการแปรรูปอาหาร อาทิ อุณหภูมิ อากาศ และเชื้อจุลินทรีย์ มีผลต่อปริมาณ CLA ในผลิตภัณฑ์อาหาร Lin et al. (1999) รายงานว่าปัจจัยต่างๆเหล่านี้มีผลต่อปริมาณ CLA ในกระบวนการแปรรูปเนยแข็งชนิด cheddar การแปรรูปอาหารด้วยความร้อนทำให้มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและปริมาณ CLA ได้ Pakdeechanuan et al. (2007) รายงานการแปรรูปด้วยกระบวนการอัดพอง (extrusion) ด้วยอุณหภูมิสูงถึง 150 °C สามารถเพิ่มปริมาณ CLA ใน corn extrudate จาก 1-2 mg/g ของน้ำมันเริ่มต้นเป็น 7.8 mg/g ของน้ำมันใน corn extrudate แต่เมื่อใช้อุณหภูมิสูง 190 °C พบว่าปริมาณ CLA ในผลิตภัณฑ์จะลดลง เนื่องจากมีการแตกตัวเปลี่ยนรูปแบบของโครงสร้าง CLA ได้ที่ความร้อนสูงมากขึ้น และทำนองเดียวกัน Yang et al. (2004) พบว่าเมื่อทอดส่วนผสมของ CLA ในน้ำมันถั่วลิสง ที่อุณหภูมิ 160 - 180 °C เป็นเวลา 40 วินาที ปรากฏว่าองค์ประกอบโครงสร้าง isomer ต่างๆของ CLA จะมีการแตกตัวเปลี่ยนแปลงจากเริ่มต้น แม้ว่าปริมาณCLA ทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ CLA ชนิดที่มีประโยชน์คือ *cis,trans* /*trans,cis* ลดลงเล็กน้อย โดยเฉพาะ *cis*-9,*trans*-11 และ *trans*-10,*cis*-12 CLA สำหรับการทดลองนี้ การผลิตไข่ผงทั้งฟองด้วยวิธีระเหยแห้งแบบพ่นฝอยด้วยความร้อนอุณหภูมิ 150 °C ไข่เหลวทั้งฟองจากไข่ไก่ที่ได้จากการเสริม CLA ในน้ำมันถั่วเหลืองทุกระดับมีปริมาณ CLA ทั้ง 4 ชนิดต่างกัน ($p < 0.05$) ตามระดับ CLA ที่ใช้เสริมในอาหารสัตว์ (ตาราง 7.5) ทั้งนี้ ไข่ผงที่ได้จากไข่ไก่ที่เสริมด้วย CLA ทุกความเข้มข้นมีปริมาณ CLA isomers เพิ่มขึ้นมากกว่าไข่ผงที่ได้จากไข่ไก่ที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว ปริมาณ *cis*-9,*trans*-11 และ *trans*-10,*cis*-12 CLA ของไข่ผงได้จากการใช้น้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียวเพิ่มขึ้น 1.30 – 1.33 เท่าของน้ำหนักแห้ง หรือ 2.86 – 3.00 เท่าของน้ำหนักเปียก ขณะที่ในไข่ผงที่ผลิตจากไข่ไก่ที่เสริม CLA ทุกระดับ เพิ่มขึ้นระหว่าง 1.54 – 1.74 เท่าของน้ำหนักแห้ง หรือประมาณ 3.32 -3.75 เท่าของน้ำหนักเปียก การแปรรูปไข่ผงด้วยความร้อนแบบระเหยพ่นฝอยทำให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณ CLA เช่นนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Pakdeechanuan et al. (2007) ที่รายงานว่าการ แปรรูปด้วยกระบวนการอัดพองที่อุณหภูมิ 150 °C ทำให้ผลิภัณฑ์มีปริมาณ *cis,trans/trans,cis* CLA เพิ่มขึ้นถึง 6.6 เท่า และ การแปรรูปที่อุณหภูมิสูงมากๆ อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนจาก *cis,trans/trans,cis* CLA เป็น *trans/trans* CLA หรือมีการแตกตัวของ CLA เป็นสารประกอบ nonconjugated dienes หรือมีการแตกตัวของ C18 เป็นกรดไขมันขนาดสั้นลงได้

Table 7.3 Fatty acids profiles (mg/g) of fresh egg yolk affected by 4% soybean oil, and 1.0%, 2%, 3% and 4% CLA in laying hen diets (mean ± SD)

Fatty acid	4 % SBO	1% CLA	2% CLA	3% CLA	4% CLA
C 14 : 0	0.434 ± 0.03 d	0.601 ± 0.03 c	0.829 ± 0.06 b	0.886 ± 0.12 b	1.110 ± 0.08 a
C15 : 0	0.119 ± 0.01 c	0.130 ± 0.01 c	0.139 ± 0.01 bc	0.153 ± 0.02 ab	0.163 ± 0.01 a
C16 : 0	39.469 ± 2.27 b	46.230 ± 2.67 b	55.586 ± 3.86 a	55.914 ± 7.37 a	61.729 ± 4.66 a
C17 : 0	0.605 ± 0.04 c	0.708 ± 0.05 bc	0.815 ± 0.06 ab	0.900 ± 0.13 a	0.926 ± 0.08 a
C18 : 0	14.489 ± 0.86 d	20.853 ± 1.14 c	28.840 ± 2.01 b	29.282 ± 3.85 ab	33.006 ± 2.61 a
C21 : 0	nd	0.219 ± 0.01 N	1.151 ± 0.08 N	2.693 ± 0.37 N	4.910 ± 0.41 N
C22 : 0	nd	0.102 ± 0.01 N	0.189 ± 0.01 N	0.213 ± 0.03 N	0.222 ± 0.03 N
C16: 1	2.472 ± 0.16 a	1.644 ± 0.10 b	1.259 ± 0.09 c	0.892 ± 0.12 d	0.876 ± 0.06 d
C18:1n9t	nd	nd	nd	0.682 ± 0.20 N	1.342 ± 0.10 N
C18:n9c	63.285 ± 3.56 a	53.636 ± 3.12 b	51.164 ± 3.55 b	51.440 ± 6.78 b	54.066 ± 4.04 b
C20:1	0.298 ± 0.02 bc	0.389 ± 0.06 a	0.247 ± 0.02 c	0.290 ± 0.04 bc	0.339 ± 0.03 ab
C18:2n6c	43.467 ± 2.54 a	38.053 ± 2.23 b	36.951 ± 2.60 b	33.330 ± 4.34 b	23.171 ± 1.79 c
C18:3n6	0.243 ± 0.02 N	0.208 ± 0.02 N	nd	nd	nd
C18:3n3	1.748 ± 0.11 a	1.504 ± 0.09 b	1.450 ± 0.10 b	1.263 ± 0.17 c	0.644 ± 0.05 d
C20 : 2	0.480 ± 0.03 c	0.450 ± 0.02 c	0.621 ± 0.04 b	0.694 ± 0.09 b	1.140 ± 0.10 a
C20 : 3n6	0.362 ± 0.03 a	0.307 ± 0.01 ab	0.300 ± 0.04 ab	0.268 ± 0.03 bc	0.196 ± 0.10 c
C20 : 4n6	3.323 ± 0.21 a	3.002 ± 0.16 a	2.610 ± 0.18 b	2.126 ± 0.27 c	1.702 ± 0.17 d
C22 : 6n3	2.916 ± 0.184 a	2.000 ± 0.11 b	1.515 ± 0.11 c	1.240 ± 0.16 d	1.110 ± 0.11 d
Total CLA	0.138 ± 0.078 d	2.661 ± 0.418 d	12.428 ± 1.149 c	22.441 ± 2.967 b	35.057 ± 3.169 a

Different letters within a row are significantly different ($P < 0.05$), n = 6, N = not statistically compared, nd = not detected, SBO = soybean oil, CLA = conjugated linoleic acid.

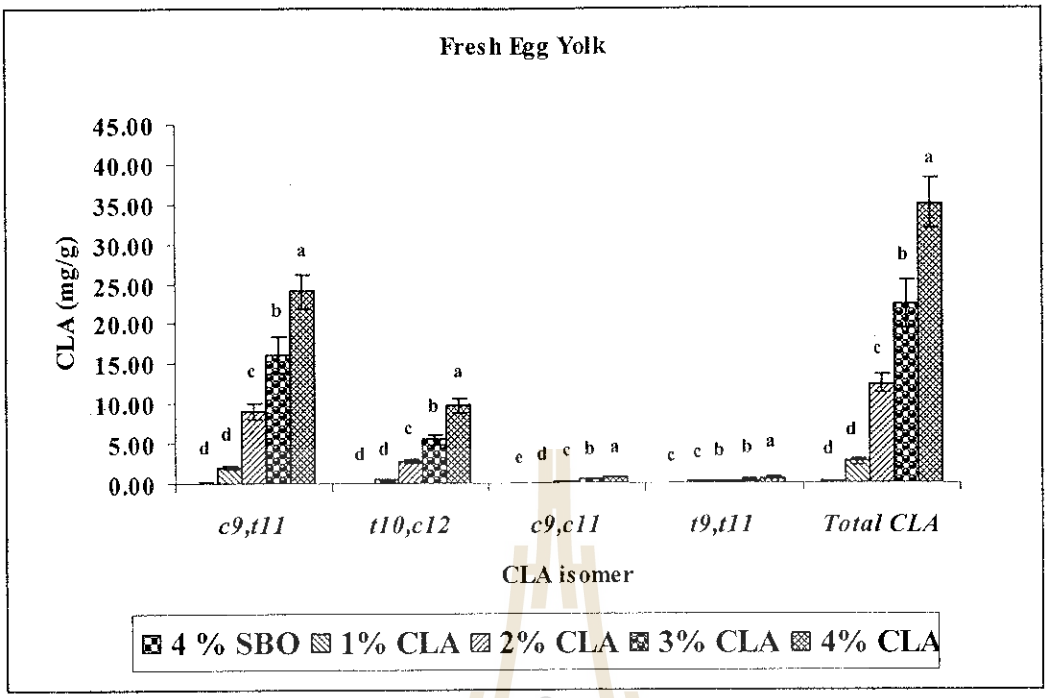

Figure 7.1 CLA content in fresh egg yolk affected by 4% soybean oil, and 1, 2 and 3% CLA supplemented in laying hen diets. SBO = soybean oil, CLA = conjugated linoleic acid. Means (± SD) with different letters are significantly different ($p < 0.05$) within CLA isomer (n = 6).

Table 7.4 CLA contents (mg/g) of fresh whole egg affected by 4% soybean oil, and 1.0%, 2% and 3% CLA in laying hen diets (mean ± SD)

CLA isomer	4 % SBO	1% CLA	2% CLA	3% CLA
c9,t11	0.07 ± 0.04 d (0.15)	0.82 ± 0.15 c (1.76)	2.00 ± 0.18 b (4.27)	3.85 ± 0.64 a (8.27)
t10,c12	0.03 ± 0.02 d (0.07)	0.22 ± 0.04 c (0.48)	0.63 ± 0.06 b (1.36)	1.41 ± 0.23 a (3.03)
c9,c11	0.01 ± 0.01 d (0.02)	0.03 ± 0.01 c (0.07)	0.07 ± 0.01 b (0.14)	0.11 ± 0.02 a (0.23)
t9,t11	0.01 ± 0.01 d (0.02)	0.04 ± 0.01 c (0.08)	0.07 ± 0.01 b (0.16)	0.11 ± 0.02 a (0.23)
Total CLA	0.12 ± 0.02 d (0.25)	1.11 ± 0.05 c (2.39)	2.76 ± 0.07 b (5.93)	5.47 ± 0.23 a (11.77)

Different letters within a row are significantly different ($P < 0.05$), n = 6, SBO = soybean oil, CLA = conjugated linoleic acid; CLA content as mg/g dry weight is in parenthesis.

Table 7.5 CLA contents (mg/g) of spray-dried whole egg powder affected by 4% soybean oil, and 1.0%, 2% and 3% CLA in laying hen diets (mean ± SD)

CLA isomer	4 % SBO	1% CLA	2% CLA	3% CLA
c9,t11	0.20 ± 0.11 d (2.68 / 1.33)	3.00 ± 0.32 c (3.66 / 1.70)	7.17 ± 1.38 b (3.59 / 1.65)	12.77 ± 1.52 a (3.32 / 1.54)
t10,c12	0.09 ± 0.03 d (3.00 / 1.30)	0.75 ± 0.08 c (3.41 / 1.56)	2.36 ± 0.40 b (3.75 / 1.74)	4.69 ± 0.58 a (3.33 / 1.55)
c9,c11	0.03 ± 0.01 d (3.00 / 1.50)	0.12 ± 0.02 c (4.00 / 1.71)	0.25 ± 0.04 b (3.57 / 1.78)	0.37 ± 0.05 a (3.36 / 1.61)
t9,t11	0.03 ± 0.01 d (3.00 / 1.50)	0.13 ± 0.03 c (3.25 / 1.63)	0.27 ± 0.04 b (3.86 / 1.69)	0.40 ± 0.08 a (3.64 / 1.74)
Total CLA	0.34 ± 0.04 d (2.83 / 1.36)	3.99 ± 0.03 c (3.60 / 1.66)	10.05 ± 0.47 b (3.64 / 1.77)	18.23 ± 0.56 a (3.33 / 1.55)

Different letters within a row are significantly different ($P < 0.05$), n = 6, SBO = soybean oil, CLA = conjugated linoleic acid; CLA content as fold of increasing is in parenthesis (wet weight/dry weight).

7.4.3 การเกิดออกซิเดชันของไข่ผงทั้งฟองขณะเก็บรักษา

การแปรรูปไข่สดให้เป็นให้เป็นผลิตภัณฑ์ไข่ผงเป็นกระบวนการที่ทำให้สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ไข่ได้นานและสะดวกสำหรับการใช้ประโยชน์จากไข่ผง อย่างไรก็ตามไขมันในไข่ผงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในไข่ผงขณะเก็บรักษา การเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ ทำให้ได้ไข่ที่มีปริมาณ CLA ในไข่เพิ่มขึ้นได้ตามปริมาณ CLA ที่ใช้เสริมในอาหารไก่ ดังนั้นปริมาณ CLA ในไข่ที่ได้จึงน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้สามารถลดการเกิดออกซิเดชันของไข่ผงได้ขณะเก็บรักษา เพราะเป็นที่ประจักษ์แล้วว่า CLA เป็นสารที่สามารถต้านออกิเดชันได้ การติดตามการเกิดออกซิเดชันในอาหารอาจทำได้หลายวิธีอาทิ การติดตามปริมาณ peroxide value หรือปริมาณ thiobabituric acid reaction substances (TBARS) และการวิเคราะห์ปริมาณ hexanal เป็นต้น สำหรับการศึกษานี้ได้เลือกใช้วิธีวิเคราะห์ TBARS และ hexanal เพราะเป็นการวัดปริมาณสารประกอบ aldehydes ที่เป็นสารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในขั้นสุดท้าย และเป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นออกซิไดซ์ และกลิ่นหืนของอาหารได้ชัดเจน ถ้าเกิดในปริมาณที่มากๆ ผลการติดตามการเกิดออกซิเดชันของไข่ผงทั้งฟองที่ผลิตจากไข่ไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริม CLA ใน

น้ำมันถั่วเหลืองที่ความเข้มข้น 1, 2 และ 3% ทั้งนี้ได้เก็บไข่ผงที่อุณหภูมิ 30 °C เพื่อเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและเก็บนาน 30 วัน

รูปที่ 7.2 A และ 7.2B แสดงผลการวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชันด้วยปริมาณ TBARS และ hexanal ตามลำดับ ทั้งปริมาณ TBARS และ hexanal ในตัวอย่างไข่ผงที่ผลิตจากไข่เสริม CLA ทุกระดับต่ำกว่า ($p < 0.05$) ไข่ผงผลิตจากไข่ที่จากการใช้น้ำมันถั่วเหลือง และทุกระยะการเก็บตัวอย่าง พบว่าไข่ผงที่มีปริมาณ CLA สูงกว่า มีค่า TBARS และปริมาณ hexanal ต่ำกว่า ผลการวิเคราะห์นี้สอดคล้องกับรายงานของ Du et al. (2000) ที่ปริมาณ CLA ของเนื้อไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริม CLA ปริมาณสูงกว่า มีค่า TBARS ต่ำกว่า สำหรับการบรรจุเนื้อไก่ทั้งแบบ aerobic packing และ vacuum packaging และสอดคล้องกับผลการศึกษาการเกิดออกซิเดชันของลูกชิ้นไก่ที่ผลิตจากเนื้อไก่ที่ได้จากการเลี้ยงด้วยอาหารเสริม CLA ในน้ำมันถั่วเหลืองของ Intarapichet and Maikhunthod (2007)

การทดลองการเก็บที่อุณหภูมิค่อนข้างสูงคือที่ 30 °C ปรากฏว่าหลังวันที่ 24 ของการเก็บตัวอย่างไข่ผง ทั้งปริมาณ TBARS และ hexanal จะเริ่มลดลงสำหรับตัวอย่างทุกชนิด ทั้งนี้อาจเนื่องจากสารประกอบ aldehydes ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในระยะท้ายๆของปฏิกิริยามีปริมาณลดลง เพราะสารประกอบเหล่านี้เป็นสารประเภทที่ระเหยได้ กอร์ปกับไขมันที่เป็นตัวตั้งต้นปฏิกิริยาเหลือปริมาณน้อยลง เพราะอุณหภูมิการเก็บค่อนข้างสูง ปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงเกิดขึ้นมากในระยะก่อนวันที่ 24 ของการเก็บและเริ่มลดลงหลังจากนั้น นอกจากนี้เมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS และ hexanal ระหว่างการเก็บวันที่ 0 ถึง วันที่ 24 พบว่าตัวอย่างไข่ผงผลิตจากไข่ที่ได้จากการเสริม CLA ในอาหารสัตว์มีอัตราการเพิ่มต่ำกว่าของไข่ผงผลิตจากไข่ที่ได้จากการใช้น้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว คืออัตราการเพิ่มของค่า TBARS โดยเฉลี่ยของตัวอย่างไข่ผงมีค่าเท่ากับ 0.30, 0.39, 0.21 และ 0.19 mg MDA/kg /6 วัน (ไม่ได้แสดงข้อมูล) สำหรับไข่ผงที่ได้จากการใช้ 4% น้ำมันถั่วเหลือง 1%, 2% และ 3% CLA ตามลำดับ และอัตราการเพิ่มโดยเฉลี่ยของ hexanal มีค่าเท่ากับ 0.16, 0.46, 0.25 และ 0.06 mg/kg /6 วัน ตามลำดับ (ไม่ได้แสดงข้อมูล)

7.5 สรุปผลการทดลอง

การเสริม CLA ปริมาณ 1, 2, 3 และ 4% ทดแทนน้ำมันถั่วเหลือง (5%) ในอาหารไก่ไข่ ไม่ทำให้องค์ประกอบเคมีเบื้องต้น (proximate composition) ของไข่ขาวแตกต่างกัน ($p > 0.05$) สำหรับไข่แดงที่ได้จากการเสริม CLA มีปริมาณเถ้า ไขมันมากกว่า ปริมาณ cholesterol น้อยกว่า ขณะที่มีไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมากกว่า แต่มีไขมันชนิดไม่อิ่มตัวน้อยกว่า ($p < 0.05$) ไข่แดงที่ได้จากการใช้น้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียวในอาหารสัตว์ ชนิดของกรดไขมันที่มีปริมาณมากในไข่แดงประกอบด้วย palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid, และ docosahesanoic acid การเลี้ยงไก่ด้วย

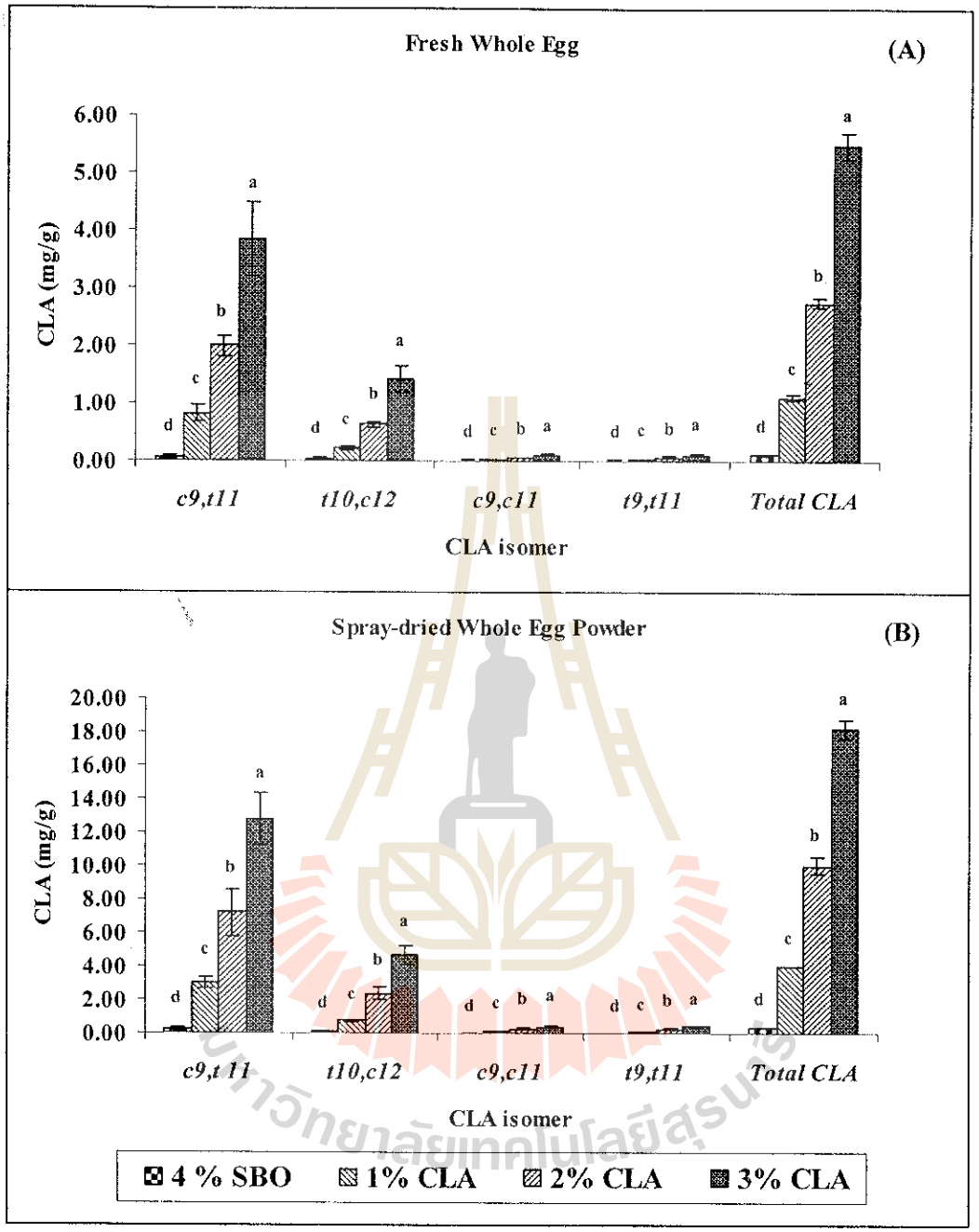

Figure 7.2 CLA content in fresh whole egg and spray-dried whole egg powder affected by 4% soybean oil, and 1, 2 and 3% CLA supplemented in laying hen diets. SBO = soybean oil, CLA = conjugated linoleic acid. Means (± SD) with different letters are significantly different ($p < 0.05$) within CLA isomer ($n = 6$).

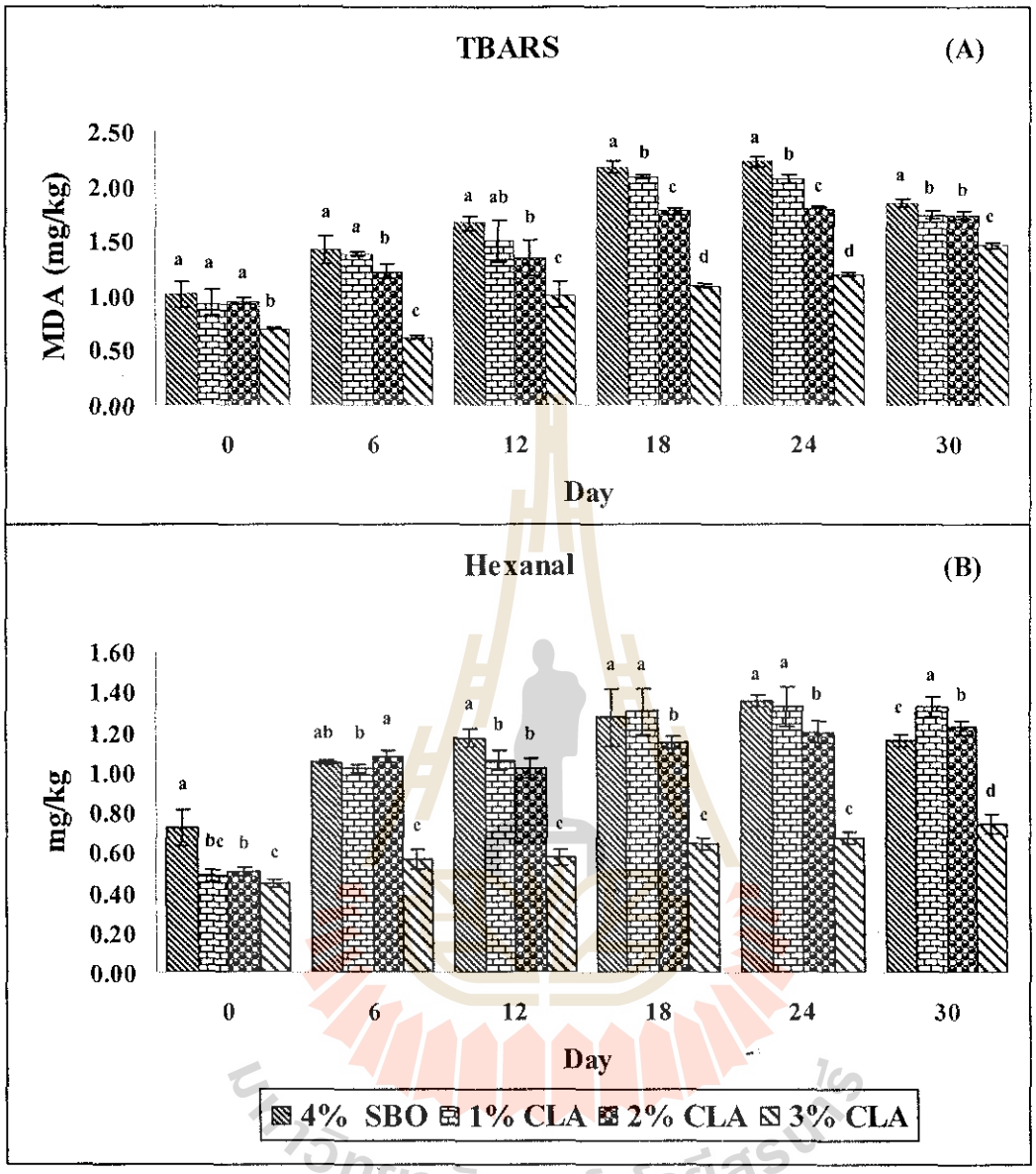

Figure 7.3 TBARS (mg MDA/kg) and hexanal (mg/kg) contents of spray-dried whole egg powder affected by 4% soybean oil, and 1, 2 and 3% CLA supplemented in laying hen diets. SBO = soybean oil, CLA = conjugated linoleic acid. Means (± SD) with different letters are significantly different ($p < 0.05$) within CLA isomer ($n = 6$).

อาหารสัตว์เสริม CLA ทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองทุกระดับความเข้มข้นที่ใช้ในการทดลอง ทำให้ได้ไข่แดงที่มีปริมาณ CLA มากกว่าไข่ไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว และปริมาณ CLA มีมากขึ้นตามระดับ CLA ที่เสริมในอาหารสัตว์ นอกจากนี้การผลิตไข่ผงด้วยกระบวนการทำแห้งแบบระเหยน้ำด้วยการพ่นฝอย (spray-drying process) สามารถเพิ่มปริมาณ *cis*-

9,*trans*-11 และ *trans*-10,*cis*-12 CLA ของไข่ผงได้อีก การใช้น้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียวเพิ่มขึ้น 1.30 - 1.33 เท่าของน้ำหนักแห้ง หรือ 2.86 - 3.00 เท่าของน้ำหนักเปียก ขณะที่ในไข่ผงที่ผลิตจากไข่ไก่ที่เสริม CLA มีเพิ่มขึ้น 1.54 - 1.74 เท่าของน้ำหนักแห้ง หรือประมาณ 3.32 -3.75 เท่าของน้ำหนักเปียก นอกจากนี้ยังพบว่า CLA ในผลิตภัณฑ์ไข่ผงมีคุณสมบัติที่สามารถต้านการเกิดออกซิเดชันได้ดี ผลิตภัณฑ์ไข่ผงที่มีปริมาณ CLA สูงกว่า มีการเกิดออกซิเดชันต่ำกว่าไข่ผงที่มีปริมาณ CLA ต่ำกว่าตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่งปฏิกิริยาที่ 30 °C

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 1997. Official methods of analysis, 16th ed. Washington, D.C., Association of Analytical Chemists.

Aydin, R., Pariza, M.W. and Cook, M.E. 2001. Olive oil prevents the adverse effects of dietary conjugated linoleic acid on chick hatchability and egg quality. J. Nutr. 131:800-806.

Aydin, R. 2005. Conjugated linoleic acid: chemical structure, sources and biological properties. Turk. J. Vet. Ani. Sci. 29:189-195.

Belury, M.A., Bird, C., Nickel, K.P. and Wu, B. 1996. Inhibition of mouse skin tumor promoton by dietary conjugated linoleate. Nutr. Cancer. 26:149-157.

Chamruspollert, M. and Sell, J.L. 1999. Transfer of dietary conjugated linoleic acid to egg yolks of chickens. Poultry Sci. 78:1138-1150.

Chouinard, P.Y., Corneau, L., Butler,W.R., Chilliard, Y., Drackley, J.K. and Bauman, D.E. 2001. Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentrations in milk fat. J. Dairy Sci. 84:680-690.

Du, M., Ahn, D.U. and Sell, J.L. 2000. Effect of dietary conjugated linoleic acid and linoleic/linolenic acid ratio on polyunsaturated fatty acid status in laying hen. Poultry Sci. 79:1749-1756.

Folch J., Lees, M. and Stanley, G. H. S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226:467-509.

Ha, Y.L., Grimm, N.K. and Pariza, M.W. 1987. Anticarcinogens from fried ground beef: Heat-altered derivatives of linoleic acid. Carcinogenesis. 8:1881-1887.

Ha, Y.L., Storkson, J. and Pariza, M..W. 1990. Inhibition of benzo(a)pyrene-induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. Cancer Res. 50:1097-1101.

Hur, S.J., Park, G.B. and Joo, S.T. 2007. Biological activities of conjugated linoleic acid (CLA) and effects of CLA on animal products. Livestock Sci. 111:221-229.

Intarapichet, K. and Maikhunthod, B. 2007. CLA and oxidative comparison of meatballs from breast and thigh of broilers fed soybean oil and CLA supplements. Proceeding of 53rd International Congress of Meat Science and Technology. China Agricultural University Press.

Ip, C., Scimeca, J.A. and Thompson, H. 1995. Effect of timing and duration of dietary conjugated linoleic acid on mammary cancer prevention. Nutr. Cancer. 24:241-247.

Joo, S.T., Lee, J.I., Ha, Y.L. and Park, G.B. 2002. Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and water-holding capacity of pork loin. J. Anim. Sci. 801:108-112.

Latour, M.A., devitt, A.A., Meunier, R.A., Stewart, J.J. and Watkins, B.A. 2000. Effects of conjugated linoleic acid. 1. Fatty acid modification of yolks and neonatal fatty acid metabolism. Poult. Sci. 79:817-821.

Lee, K.N., Kritchevsky, D. and Pariza, W.W. 1994. Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. Atherosclerosis. 108:19-25.

Li-Chen, E.C.Y., Powrie, W.D. and Nakai, S. 1995. The chemistry of eggs and egg products. In Egg Science and Technology. W. J. Stadelman and O.J. Cotterill (Eds.). Binghamton, Food Products Press.

Metcalfe L. D., Schmitz A. A. and Pelka J. R. 1966. Rapid preparation of fatty acid ester from lipids for gas chromatographic analysis. Anal. Chem. 38:514-515.

Pakdeechanuan, P., Intarapichet, K. and Tongta, S. 2007. Effect of extrusion parameters on conjugated linoleic acids of corn extrudates. J. Agri. Food Chem. 55:1463-1468.

Park, Y., Storkson, J.M., Ntambi, J.M., Cook, M.E., Sih, C.J. and Pariza, M.W. 2000. Inhibition of hepatic stearoyl-CoA desaturase activity by trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid and its derivatives. Biochem. Biophys. Acta. 1486:285-292.

Raes, K., Huyghebaert, G., De Smet, S., Nollet, L., Arnouts, S. and Demeyer, D. 2002. The deposition of conjugated linoleic acids in eggs of laying hens fed diets varying in fat level and fatty acid profile. J. Nutr. 132:182-189

Rowe A., Macedo, F. A. F., Visentainer, J. V., Souza, N, E. and Matsushita, M. 1999. Muscle composition and fatty aid profile in lambs fattened in drylot or pasture. Meat Sci. 51:283-288.

SAS. 1993. SAS 6.08.04 WIN. Carry, NC: SAS Institute Inc.

Shantha, N.C., Ram, L.N., O'Leary, J., Hicks, C.L. and Decker, E.A. 1995. Conjugated linoleic acid concentration in dairy products as affected by processing and storage. J. Food Sci. 60:695-697.

Stangl. G.I. 2000. High dietary levels of a conjugated linoleic acid mixture alter hepatic glycerophospholipid class profile and cholesterol-carrying serum lipoproteins of rats. J. Nutr. Biochem. 11:184-191.

Szymczyk, B. and Pisulewski, P.M. 2003. Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition and cholesterol content of hen egg yolks. Br. J. Nutr. 90:93-99.

Watkins, B.A., Feng, S. Strom, A.K., DeVitt, A.A., Yu, L. and Li, Y. 2003. J. Agri. Food Chem. 51:6870-6876.

Yang, L., Cao, Y. and Chen, Z.-Y. 2004. Stability of conjugated linoleic acid isomers in egg yolk lipids during frying. Food Chem. 86:531-535.

Yang, L., Huang, Y., James, A.E., Lam, L.W. and Chen, Z-Y. 2002. Differential incorporation of conjugated linoleic acd isomers into egg yolk lipids. J. Agri. Food Chem. 50:4941-4946.

Yu, L. 2001. Free radical scavenging properties of conjugated linoleic acids. J. Agri. Food Chem. 49:3452-3456.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 8

สรุปผลการทดลอง

8.1 ผลการเสริม CLA ต่อคุณสมบัติเคมีกายภาพของเนื้อไก่และผลิตภัณฑ์ผลิตจากเนื้อไก่กระทง

การเสริม CLA 0.5, 1.0 และ 1.5% ทดแทนน้ำมันถั่วเหลือง (5.0%) ในอาหารไก่ มีผลทำให้องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไก่บางองค์ประกอบแตกต่างจากเนื้อไก่ที่เลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เนื้อไก่ได้จากอาหารเสริม CLA มีปริมาณความชื้นมากขึ้น ($p < 0.05$) และปริมาณไขมันมีแนวโน้มลดลง กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวลดลง ($p < 0.05$) ขณะที่ปริมาณ cholesterol มีแนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณ CL ที่เพิ่มขึ้น การเสริม CLA สูง 1.0% ขึ้นไปจะได้เนื้อไก่ที่มีคุณภาพของไขมันสำหรับการบริโภค คือมีอัตราส่วน n-6:n-3 ต่ำกว่า 4.0 อัตราส่วน PUFA:SFA ที่สูงกว่า 4.0 เนื้อไก่มีปริมาณ CLA สูงขึ้นตามปริมาณ CLA ที่เสริมเพิ่มขึ้น เนื้อสะโพกมีปริมาณ CLA มากกว่าเนื้ออก และชนิดที่มีพบในเนื้อไก่ปริมาณมากที่สุดที่คุณสมบัติเชิงหน้าที่ต่อการบริโภค 2 isomers คือ cis-9,trans-11 และ trans-10,cis-12 CLA

เนื้อไก่ที่ได้จากการเสริม CLA ในน้ำมันถั่วเหลืองมีการเกิดออกซิเดชันต่ำกว่า สีของเนื้ออ่อนกว่าเนื้อที่ได้จากการเลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว เนื้อสัมผัสของเนื้ออกดิบมีความนิ่มกว่าเนื้อที่ได้จากการเลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว แต่เมื่อทำให้สุกกลับได้เนื้อสัมผัสที่แน่นกว่าเนื้อสัมผัสของเนื้อสะโพกทั้งที่เป็นเนื้อดิบและเนื้อสุกมีความนิ่มกว่า

เมื่อลูกชิ้นจากเนื้อไก่ ทั้งลูกชิ้นเนื้ออกและเนื้อสะโพกผลิตจากเนื้อไก่ที่ได้จากการเสริม CLA ในอาหารมีปริมาณ CLA สูงกว่า ($p < 0.05$) ลูกชิ้นไก่ผลิตจาเนื้อไก่ที่ได้จากการเลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว และลูกชิ้นเนื้อสะโพกมีปริมาณ CLA มากกว่าลูกชิ้นอกเช่นเดียวกับเนื้อไก่สด และชนิดที่มีพบในเนื้อไก่ปริมาณมากที่สุด คือ isomers ของ cis-9,trans-11 และ trans-10,cis-12 CLA เช่นกัน ระหว่างการเก็บที่ 4 °C การเกิด oxidation ของลูกชิ้นเสริม CLA เกิดน้อยกว่าลูกชิ้นที่ไม่ได้เสริม CLA และลูกชิ้นจากเนื้อสะโพกเกิด oxidation น้อยกว่าลูกชิ้นจากเนื้ออก เนื่องจาเนื้อสะโพกมีปริมาณ CLA มากกว่า

8.2 ผลการเสริม CLA ต่อคุณสมบัติเคมีกายภาพของเนื้อหมูและผลิตภัณฑ์ผลิตจากเนื้อหมู

การเสริม CLA ปริมาณ 0.5% และ 1.0% ทดแทนในน้ำมันปาล์ม 2.0% ที่ใช้เป็นแหล่งไขมันในอาหารสุกร เนื้อหมูที่ได้จากการเสริม CLA ทั้งเนื้อสันนอกและเนื้อแดงจากส่วนสะโพก มีปริมาณความชื้นสูงกว่า ไขมันต่ำกว่า ปริมาณ cholesterol ต่ำกว่า และอัตราส่วนของไขมันชนิดไม่อิ่มตัวต่อไขมันชนิดอิ่มตัว (MUFA:SFA และ PUFA:SFA) และ ชนิด n-6:n-3 ของเนื้อทั้งสองส่วนต่ำกว่า ($p < 0.05$) เนื้อที่ได้จากการเลี้ยงด้วยน้ำมันปาล์มเพียงอย่างเดียวเช่นกัน ปริมาณ CLA ในเนื้อเพิ่มขึ้นตามปริมาณ CLA ที่ใช้เสริมทดแทนน้ำมันปาล์มในอาหารสัตว์ นอกจากนี้ยังพบว่า CLA ทำให้เนื้อสันนอกมีสีสว่างและอ่อนกว่า แต่เนื้อแดงมีสีเข้มและแดงกว่า เนื้อสัมผัสของเนื้อสันนอกดิบไม่ต่างกัน แต่เมื่อทำให้สุกปรากฏว่าสัมผัสของเนื้อจากการเสริม CLA แน่นกว่า ซึ่งตรงกันข้ามกับเนื้อแดงส่วนสะโพก ในสภาพดิบมีเนื้อสัมผัสแน่นกว่า แต่เมื่อทำให้สุกแล้วจะมีสัมผัสนิ่มต่ำกว่า

ผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตจากเนื้อหมูเสริม CLA ทดแทนน้ำมันปาล์มมีปริมาร CLA สูงกว่าผลิตภัณฑ์จากเนื้อหมูที่ได้จากเลี้ยงด้วยน้ำมันปาล์มเพียงอย่างเดียว isomer ของ CLA ที่มีในกุนเชียงมากที่สุด คือ *cis*-9,*trans*-11 CLA และพบว่า กุนเชียงผลิตจากเนื้อหมูที่ได้จากเลี้ยงด้วยน้ำมันปาล์มเพียงอย่างเดียว มีปริมาณ *trans*-9,*trans*-11 CLA มากว่า ($p < 0.05$) จากเนื้อหมูเสริม CLA ส่วนการเกิด oxidation ของกุนเชียงเมื่อเก็บที่ 25 °C พบว่าปริมาณ CLA ที่มีมากกว่าทำให้กุนเชียงเสริม CLA เกิด oxidation น้อยกว่า ($p <0.05$) กุนเชียงที่ไม่ได้เสริม CLA

8.3 ผลการเสริม CLA ต่อคุณสมบัติเคมีกายภาพของไข่ไก่และผลิตภัณฑ์ผลิตจากไข่ไก่

การเสริม CLA ปริมาณ 1, 2, 3 และ 4% ทดแทนน้ำมันถั่วเหลือง (5%) ในอาหารไก่ไข่ ไม่ทำให้องค์ประกอบเคมีเบื้องต้น (proximate composition) ของไข่ขาวแตกต่างกัน ($p > 0.05$) สำหรับไข่แดงที่ได้จากการเสริม CLA มีปริมาณเถ้า ไขมันมากกว่า ปริมาณ cholesterol น้อยกว่า ขณะที่มีไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมากกว่า แต่มีไขมันชนิดไม่อิ่มตัวน้อยกว่า ($p < 0.05$) ไข่แดงที่ได้จากการใช้น้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียวในอาหารสัตว์ ชนิดของกรดไขมันที่มีปริมาณมากในไข่แดงประกอบด้วย palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid, และ docosahesanoic acid การเลี้ยงไก่ด้วยอาหารสัตว์เสริม CLA ทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองทุกระดับความเข้มข้นที่ใช้ในการทดลอง ทำให้ได้ไข่แดงที่มีปริมาณ CLA มากกว่าไข่ไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว และปริมาณ CLA มีมากขึ้นตามระดับ CLA ที่เสริมในอาหารสัตว์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นอกจากนี้การผลิตไข่ผงด้วยกระบวนการทำแห้งแบบระเหยน้ำด้วยการพ่นฝอย (spray-drying process) สามารถเพิ่มปริมาณ *cis*-9,*trans*-11 และ *trans*-10,*cis*-12 CLA ของไข่ผงได้อีก การใช้น้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียวเพิ่มขึ้น 1.30 - 1.33 เท่าของน้ำหนักแห้ง หรือ 2.86 - 3.00 เท่าของน้ำหนักเปียก ขณะที่ในไข่ผงที่ผลิตจากไข่ไก่ที่เสริม CLA มีเพิ่มขึ้น 1.54 - 1.74 เท่าของน้ำหนักแห้ง หรือประมาณ 3.32 -3.75 เท่าของน้ำหนักเปียก นอกจากนี้ยังพบว่า CLA ในผลิตภัณฑ์ไข่ผงมีคุณสมบัติที่สามารถต้านการเกิด oxidation ได้ดี ผลิตภัณฑ์ไข่ผงที่มีปริมาณ CLA สูงกว่า มีการเกิด oxidation ต่ำกว่าไข่ผงที่มีปริมาณ CLA ต่ำกว่าตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่งปฏิกิริยาที่ 30 °C

สรุปโดยรวมได้ว่าสามารถเพิ่มปริมาณ CLA ในเนื้อสัตว์ได้ แม้จะเป็นสัตว์กระเพาะเดี่ยว ทั้งนี้ CLA มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของผลิตผลที่ได้จากเสริม CLA นอกจากนี้การผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารด้วยกระบวนการให้ความร้อนระดับที่ไม่สูงมากสามารถเพิ่มปริมาณ CLA ในผลิตสำเร็จที่ได้ได้อีกระดับหนึ่ง และสามารถลดการเกิด oxidation ของผลิตภัณฑ์ขณะเก็บรักษาได้ดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเสริม CLA

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ ดร. กนกอร นามสกุล อินทราพิเชฐ
2. ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์
3. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร
สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 044 22 4265
โทรสาร 044 22 4387

4. ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2515 ปริญญาตรี วทบ. (วิทยาศาสตร์การอาหาร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
พ.ศ. 2518 ปริญญาโท MS (Food Science) California State University, Fresno, USA
พ.ศ. 2533 ปริญญาเอก Ph.D. (Food Science) University of Missouri, Columbia, USA

5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญการ

Food Chemistry (Food Flavors), Meat Science and Technology

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี