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 กุนเชียงหมูผลิตจาเนื้อส่วนสะโพก
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

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.