รหัสโครงการ SUT3-303-47-30-42

รายงานการวิจัย

ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารสัตว์ต่อผลผลิตและคุณภาพเนื้อสุกร เนื้อไก่กระทงและไข่

(Effects of Conjugated Linoleic Acid Supplementation in the Diets on Production and Quality of Pork, Broiler Meat and Eggs)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT3-303-47-30-42

รายงานการวิจัย

ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารสัตว์ต่อผลผลิตและคุณภาพเนื้อสุกร เนื้อไก่กระทงและไข่

(Effects of Conjugated Linoleic Acid Supplementation in the Diets on Production and Quality of Pork, Broiler Meat and Eggs)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

นายพิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2547 -2549

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กุมภาพันธ์ 2550

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาถึงผลของการเสริม CLA ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก องค์ประกอบของ fatty acids ปริมาณของ cholesterol และ CLA ในเนื้อสุกรขุน การเสริม CLA ต่ออัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของไก่กระทง องค์ประกอบทางเคมี ส่วนประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทง และการเสริม CLA ในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ องค์ประกอบของกรดไขมัน ปริมาณคลอเลสเตอรอล และการสะสมของ CLA ในไข่ไก่ โดยแบ่งเป็น 3 การทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาถึงผลของการเสริม CLA ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก องค์ประกอบของ fatty acids ปริมาณของ cholesterol และ CLA ในเนื้อสุกรขุน โดยใช้สุกรขุนลูกผสมสามสายพันธุ์ [Duroc x (Landrace x Large White)] จำนวน 48 ตัว โดยแบ่งเป็นสุกรเพศผู้ตอน 24 ตัว และสุกรเพศเมีย 24 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 60 กิโลกรัม โดยจัดการทดลองแบบ 3 x 2 factorial design in completely randomized design (CRD) โดย ปัจจัยที่ 1 คือ ระดับการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุน ได้แก่ 0, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ และปัจจัยที่ 2 คือ เพศ ได้แก่ สุกรขุนเพศผู้ตอนและสุกรขุนเพศเมีย ผลการทดลองพบว่า การเสริม CLA ไม่มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน (average daily gain, ADG) ปริมาณการกินอาหารต่อตัวต่อวัน (average daily feed intake, ADFI) และ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (gain : feed, G:F) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ พบว่า สุกรขุนเพศผู้ตอนมี ADG และ G:F สูงกว่าสุกรขุนเพศเมีย ($P<0.01$) ส่วน ADFI พบว่าไม่มีความแตกต่าง ($P>0.05$) และนอกจากนี้ไม่พบความแตกต่างของอิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศ ส่วนผลของ CLA ต่อคุณภาพซากไม่ส่งผลกระทบต่อความหนาของไขมันสันหลัง (backfat thickness) พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin eye area) เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (lean percent) ความแน่นของเนื้อ (firmness) ปริมาณไขมันแทรก (marbling) และสี (L*, a* และ b* value) ของเนื้อสุกร จากการวัดจากเนื้อสะโพกส่วนกล้ามเนื้อที่เรียกว่า semimembranosus และเนื้อสันนอกระหว่างซี่โครงคู่ที่ 10 กับ 11 แต่พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของไขมันในเนื้อส่วนสะโพก ($P<0.05$) และเนื้อส่วนสันนอก ($P<0.01$) ลดลง แต่เพศและอิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศพบว่าไม่มีความแตกต่าง ($P>0.05$)

การเสริม CLA ไม่ส่งผลกระทบต่อ ปริมาณของ total cholesterol, high density lipoprotein (HDL), low density lipoprotein (LDL) และ triglycerides ในพลาสมาของสุกร และปริมาณ cholesterol ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก และพบว่าเพศไม่ส่งผลกระทบต่อค่าเหล่านี้เช่นเดียวกัน ในส่วนของกรดไขมัน พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิดอิ่มตัว (% total saturated fatty acids, SFA) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีผลทำให้อัตราส่วนระหว่าง SFA:UFA เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม การเสริม

CLA มีผลทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (% total unsaturated fatty acids, UFA) โดยเฉพาะกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 1 อัน (% mono- unsaturated fatty acids, MUFA) ลดลง ในส่วนของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 อัน (% total poly-unsaturated fatty acids, PUFA) ไม่พบความเปลี่ยนแปลง และในเนื้อส่วนสันนอกการสะสมของ CLA พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้ cis 9-trans 11 และ trans 10-cis 12 CLA เพิ่มขึ้น ทั้งในส่วนของเนื้อสะโพกและเนื้อสันนอก การศึกษาเรื่องเพศต่อการสะสมของ CLA ทั้ง 2 ไอโซเมอร์ ไม่พบความเปลี่ยนแปลง และไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศ

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการเสริม CLA ต่ออัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของไก่กระทง องค์ประกอบทางเคมี ส่วนประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทง โดยใช้ไก่กระทงจำนวน 480 ตัว จัดให้เป็น 4 กลุ่มการทดลองๆ ละ 6 ซ้ำ (ซ้ำละ 20 ตัว) โดยให้อาหารทั้งหมด 4 สูตรคือเสริม CLA ในระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้แผนการทดลองแบบ complete randomized design (CRD) บันทึกปริมาณอาหารที่กิน และน้ำหนักตัวของไก่กระทงทุกๆ 5 วัน เมื่อไก่กระทงอายุได้ 42 วัน ทำการสุ่มออกมากลุ่มการทดลองละ 30 ตัว ทำการฆ่าชำแหละเพื่อวัดส่วนประกอบและคุณภาพซาก ผลทดลองพบว่า ADFI ในทุกกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่าง ($P>0.05$) ไก่กระทงที่ได้รับอาหารที่มี CLA ที่ระดับ 1.5% จะมีประสิทธิภาพการใช้อาหาร ($P<0.01$) และอัตราการเจริญเติบโต ($P<0.05$) ต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ ด้านคุณภาพซากพบว่า น้ำหนักมีชีวิต เปอร์เซ็นต์เลือด เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำ เปอร์เซ็นต์หัว เปอร์เซ็นต์คอ เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์เครื่องในรวม เปอร์เซ็นต์กึ๋น เปอร์เซ็นต์หัวใจ เปอร์เซ็นต์สะโพก เปอร์เซ็นต์สะโพกถอดกระดูก เปอร์เซ็นต์อก เปอร์เซ็นต์อกใน เปอร์เซ็นต์ปีกล่าง และเปอร์เซ็นต์โครง ไม่มีความแตกต่าง ($P>0.05$) ส่วนทางด้านของไขมันในช่องท้องจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเสริม CLA ในระดับที่สูงขึ้น เปอร์เซ็นต์ตับของกลุ่มที่ได้รับการเสริม CLA จะมีเปอร์เซ็นต์ตับเพิ่มขึ้น ($P<0.01$) เปอร์เซ็นต์น่อง เปอร์เซ็นต์น่องถอดกระดูก และเปอร์เซ็นต์ปีกปน จะลดลง ($P<0.05$) เมื่อได้รับ CLA ในระดับที่สูงขึ้น การเสริม CLA ไม่มีผลต่อ ปริมาณไตรกลีเซอไรด์, คอเลสเตอรอล, HDL และ LDL ในพลาสมา สำหรับองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่กระทงนั้น พบว่า การเสริม CLA นั้นทำให้ในเนื้อไก่กระทงมีกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อส่วนสะโพก พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง มีการและสะสมของ CLA เพิ่มมากขึ้นในทุกชิ้นส่วนของเนื้อไก่กระทงตามระดับของ CLA ที่เสริมเพิ่มขึ้น

การทดลองที่ 3 การศึกษาถึงผลของการเสริม CLA ในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ องค์ประกอบของกรดไขมัน ปริมาณคลอเลสเตอรอล และการสะสมของ CLA ในไข่ไก่ โดยจัดแผนการทดลองแบบ CRD ใช้ไก่ไข่สาวพันธุ์ Bovans Goldline อายุ 27 สัปดาห์ จำนวน 300 ตัว แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มการทดลอง จำนวน 5 ซ้ำ (ซ้ำละ 12 ตัว) ระยะเวลาในการเลี้ยง 56 วัน (แบ่งเป็น 4 ช่วง ช่วงละ 14 วัน) การทดลองแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มการทดลองดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม (ไม่มีการเสริม CLA), กลุ่มที่ 2 ทำการเสริม CLA ที่ระดับ 1%, กลุ่มที่ 3 ทำการเสริม CLA ที่ระดับ 2%, กลุ่มที่ 4 ทำการเสริม CLA ที่ระดับ 3% และกลุ่มที่ 5 ทำการเสริม CLA ที่ระดับ 4% มีการเก็บบันทึกข้อมูลจำนวนผลผลิตและน้ำหนักไข่ที่ผลิตได้ในแต่ละวัน ผลการทดลองพบว่าไก่ไข่ที่ได้รับ CLA ที่ระดับ 4% จะทำให้การกินได้ลดลงจากกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) และผลผลิตไข่ก็ลดลง ($P<0.01$) กลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 3% ในอาหารจะมีการกินได้และผลผลิตไข่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 0, 1 และ 2% ส่วนน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลองและอัตราการตายพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การเสริม CLA ที่ระดับ 4% ในอาหารทำให้น้ำหนักของไข่แดง, ไข่ขาว, ไข่ทั้งฟองและสีไข่แดงลดลง ($P>0.05$) โดยการเพิ่มระดับการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ทำให้สีของไข่แดงซีดลง ($P<0.01$) เมื่อเพิ่มระดับของ CLA ในอาหารไก่ไข่ จะมีแนวโน้มทำให้ปริมาณ CLA ในไข่แดงเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริม ($P<0.01$) นอกจากนี้เมื่อเพิ่มระดับของ CLA ในอาหารไก่ไข่ จะทำให้ SFA ในไข่แดงเพิ่มขึ้น ($P<0.01$) MUFA และ PUFA ลดลง ($P<0.01$)

ในส่วนปริมาณ cholesterol ในไข่แดง พบว่ากลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 2, 3 และ 4% ในอาหารทำให้มีปริมาณ cholesterol ในไข่แดง ต่ำกว่ากลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 0 และ 1% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) นอกจากนี้ CLA ที่ระดับ 3 และ 4% ทำให้ total cholesterol และ HDL cholesterol ในพลาสมาของไก่ไข่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ระดับของ LDL cholesterol มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้ง quadratic ตามระดับการเสริม CLA ($P<0.01$) และระดับของ triglycerides ในพลาสมาของทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

The objectives of this study were to determine the effect of conjugated linoleic acid (CLA) supplementation on performance, carcass quality and fatty acid composition in meat of finishing pigs, the effects of conjugated linoleic aicd (CLA) supplementation on growth performance, carcass quality; free fatty acid composition and accumulation of CLA were investigated in broilers and the effect of feeding CLA supplementation in layer diets on fatty acid compositions of egg yolk and layer performances. The present research divided into 3 experiments.

The first experiment was carried out to determine the effect of conjugated linoleic acid (CLA) supplementation on performance, carcass quality and fatty acid composition in meat of finishing pigs. A total of forty eight crossbred finishing pigs [Duroc x (Landrace x Large white)] (twenty-four male and twenty-four female pigs) with averaging 60 kilogram live weight were used. The experimental design was a 3 x 2 factorial arrangement in complete randomized design (CRD), with the first factor as level of CLA supplementation (0, 0.5 and 1.0% in diet) and the second factor as sex of pigs (male and female pigs). Feed consumption was recorded weekly while body weight was recorded fortnightly. Carcass composition was determined by slaughtering twelve pigs (six male and six female).

CLA supplementation did not affect ($P>0.05$) average daily gain (ADG), average daily feed intake (ADFI) and Gain: Feed, however male pigs showed higher ($P<0.01$) ADG and Gain: Feed than female pigs. There were no interactions between CLA and sex in ADG, ADFI and Gain: Feed.

CLA supplementation did not affect ($P>0.05$) backfat thickness (first rib, tenth rib, last rib and last lumbar), loin eye area and lean percentage. Firmness, marbling, color (L*, a* and b*value) and chemical composition (protein, moisture and ash contents) of ham and loin were not influenced by CLA supplementation. However CLA supplementation showed lower ($P<0.05$) percentage of lipid in ham and ($P<0.01$) in loin than the unsupplemented control. This study clearly shows that sex and interaction between CLA and sex had no effect on carcass quality.

CLA supplementation did not affect ($P>0.05$) total cholesterol, high density lipoprotein (HDL), low density lipoprotein (LDL) and triglycerides in plasma and cholesterol in ham and loin. However CLA supplementation showed higher total saturated fatty acid percentage (SFA) and SFA:UFA ratio. CLA supplementation showed lower unsaturated fatty acid percentage (UFA) especially mono-unsaturated fatty acid percentage (MUFA). Poly- unsaturated fatty acid percentage (PUFA) in ham and

loin were not influenced by CLA supplementation. However female pigs showed higher C18:2n6c, C18:3n3, C20:3n6, C20:4n6 and PUFA than male pigs, whereas male pigs showed higher C 10:0 than female pigs in loin. Accumulation of CLA (cis 9-trans 11 and trans 10-cis 12) in ham and loin were increased with supplemental CLA feeding. There were no interactions between CLA and sex.

The second experiment was conducted to investigate the effects of conjugated linoleic aicd (CLA) supplementation on growth performance, carcass quality, free fatty acid composition and accumulation of CLA were investigated in broilers. Four hundred eighty 3-wks-old broilers were assigned to four dietary treatments (20 chicken/replication, 6 replications/treatment), containing 0, 0.5, 1.0 and 1.5% CLA, respectively. Complete randomized design (CRD) was used in the experiment. Feed consumption and body weight were recorded at every five-day period. On day 42, carcass compositions were determined from 30 birds per treatment. There were no significant differences in ADFI among the treatments. However, FCR was highly significant difference ($P<0.01$) and ADG was significantly reduced by a supplement of dietary CLA ($P<0.05$). In terms of carcass quality, live weight and percentages of carcass, blood, drip loss, head, neck, total viscera, gizzard, heart, drumstick, thigh, boneless thigh, breast, inner breast, lower wing and percentages of back and ribs were not influenced by the dietary CLA. However, percentages of feather were significantly reduced ($P<0.01$) when fed with CLA but percentages of shank were significantly ($P<0.05$) increased in accordance with the increased level of dietary CLA. Abdominal fat was significantly reduced ($P<0.01$) with the increased CLA level in broiler's diets. Percentages of liver weight were significantly increased ($P<0.01$) with increasing CLA supplementation. Percentages of drumstick, bone less drumstick and upper wing were affected significantly ($P<0.05$) by dietary CLA. CLA treatments had no significant effect on triglyceride, total cholesterol, HDL cholesterol and LDL cholesterol levels in plasma. In terms of free fatty acid composition in broiler's meat, CLA addition significantly increased ($P<0.05$) saturated fatty acids (SFA), especially thigh muscle, while unsaturated fatty acids unchanged. Accumulations of CLA in meat were significantly increased ($P<0.05$) with increasing CLA level in the diet.

The third experiment was conducted to investigate the effect of feeding conjugated linoleic acid (CLA) supplementation in layer diets on fatty acid compositions of egg yolk and layer performances. Three hundred 27-wk-old layers were assigned randomly to five dietary treatments containing 0, 1, 2, 3, and 4% CLA. Twelve hens per replication and five replications were assigned randomly to each of five dietary treatments. The Experiment was completely randomized design. Egg production and egg weight

were recorded daily while feed consumed was recorded weekly. Four eggs from each replication from each treatment were used to determine egg quality and were recorded fortnightly. For fatty acids and cholesterol analysis, 4 eggs from each replication were obtained every day-14 of each period throughout the experiment. Blood samples were taken at the end of experiment. Blood plasma was determined for total cholesterol, high density lipoprotein cholesterol (HDL cholesterol), low density lipoprotein cholesterol (LDL cholesterol) and triglycerides.

Hens fed 4% CLA consumed less feed ($P<0.05$) than the other groups and decreased ($P<0.01$) rate of egg production. Daily feed intake and egg production of hens fed 3% CLA were similar to hens fed 0, 1 and 2 % dietary CLA. Body weight gain and mortality were not significantly different.

Hens fed 4 % dietary CLA showed lower ($p<0.05$) weight of eggs, yolks and albumens than the other groups. Yolk color decreased slightly as dietary CLA increased ($P<0.01$). Shell thickness and haugh units were not influenced by the dietary CLA.

The concentration of CLA in yolk lipids increased as dietary CLA increased ($p<0.01$). The concentration of total CLA in yolk lipids from hens fed 0, 1, 2, 3 and 4% dietary CLA were 0.01, 2.08, 5.98, 10.04, and 14.15% of the total fatty acids, respectively. On the average, one egg produced contains approximately 0.09, 61.68, 194.75, 297.16 and 417.00 mg of CLA, respectively. Concentrations of saturated fatty acids in egg yolk lipids increased ($P<0.01$) as dietary CLA increased whereas concentrations of monounsaturated fatty acids and polyunsaturated fatty acids decreased slightly as dietary CLA increased ($P<0.01$).

The cholesterol contents of egg yolks were significantly reduced by a supplement of dietary CLA 2, 3 and 4%. There were 11.45, 11.37, 9.73, 9.19 and 9.09 mg per g egg yolk, respectively, from hens fed 0, 1, 2, 3 and 4% dietary CLA. Hens fed 3 and 4% dietary CLA showed increases in total cholesterol ($P<0.05$) and HDL cholesterol in plasma ($P<0.01$) and decreases in LDL cholesterol quadratically ($P<0.01$). However triglycerides were not significantly different ($P>0.05$).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ง

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญแผนภาพ ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 Conjugated linoleic acid (CLA) 5

2.2 ผลการวิจัย CLA ในสุกร 10

2.3 ผลการวิจัย CLA ในไก่กระทง 19

2.4 ผลการวิจัย CLA ในการผลิตไก่ไข่และไข่ 21

3. การศึกษาผลของ CLA ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก องค์ประกอบของ fatty acids ปริมาณของ cholesterol และ CLA ในเนื้อสุกรขุน 28

3.1 คำนำ 28

3.2 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย 29

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล 34

3.4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 35

3.5 สรุปผลการทดลอง 55

4. การศึกษาผลของ CLA ต่ออัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของไก่กระทง องค์ประกอบทางเคมี ส่วนประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทง 57

4.1 คำนำ 57

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย..... 58
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 62
4.4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 63
4.5 สรุปผลการทดลอง..... 91
5. การศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ องค์ประกอบของกรดไขมัน ปริมาณคลอเลสเตอรอล และการสะสมของ CLA ในไข่ไก่..... 93
5.1 คำนำ..... 93
5.2 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย..... 94
5.3 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 95
5.4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 96
5.5 สรุปผลการทดลอง..... 117
รายการอ้างอิง..... 119
ประวัติผู้วิจัย..... 126

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้าที่
2.1	แสดงผลการทดลองการเสริม CLA ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกร.....	13
2.2	แสดงผลการทดลองการเสริม CLA ต่อการปรับปรุงคุณภาพซากของสุกร.....	15
2.3	แสดงผลการเสริม CLA ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อของสุกร.....	17
2.4	แสดงผลการเสริม CLA ต่อการสะสมของ CLAในเนื้อของสุกร.....	18
2.5	ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่กระทงแสดงผลของ CLA ต่อการเกิดเนื้องอกในกระเพาะของหนูทดลอง....	20
2.6	แสดงผลของการเสริม CLA ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่ไข่แสดงผลของ CLA ต่อการเกิดเนื้องอกเต้านมของหนูทดลอง.....	22
2.7	แสดงผลของการเสริม CLA ต่อการสะสมของ CLA ในไข่แดง.....	23
2.8	แสดงผลของการเสริม CLA ต่อปริมาณ fatty acids ในไข่แดง.....	26
2.9	แสดงผลของการเสริม CLA ต่อปริมาณ cholesterol ใน ไข่แดง.....	27
3.1	แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อการเจริญเติบโตของสุกรขุน.....	38
3.2	แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อความหนาของไขมันสันหลังพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง.....	41
3.3	แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อความแน่น ปริมาณไขมันแทรกและสีในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกรขุน.....	42
3.4	แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกรขุน.....	45
3.5	แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อปริมาณของ total cholesterol, HDL, LDL และ triglycerides ใน plasma และปริมาณของ cholesterol ในเนื้อของสุกรขุน.....	48
3.6	แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันในเนื้อส่วนสะโพก.....	52
3.7	แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันในเนื้อส่วนสันนอก.....	53
3.8	แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อเปอร์เซ็นต์ของการสะสมของ CLA ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก.....	54

4.1	ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่ออัตราการเจริญเติบโต	67
4.2	ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อคุณภาพซากของไก่กระทง	68
4.3	ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์เครื่องในของไก่กระทง	69
4.4	ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนของไก่กระทง	69
4.5	ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อสะโพก เนื้อน่อง และเนื้อหน้าอกของไก่กระทง	69
4.6	ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนของเนื้อสะโพก เนื้อน่อง และเนื้อหน้าอกของไก่กระทง	70
4.7	ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์ไขมันของเนื้อสะโพก เนื้อน่อง และเนื้อหน้าอกของไก่กระทง	71
4.8	ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อสะโพกของไก่กระทง	74
4.9	ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อการสะสม CLA ในเนื้อสะโพกของไก่กระทง	77
4.10	ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อน่องของไก่กระทง	78
4.11	ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อการสะสม CLA ในเนื้อน่องของไก่กระทง	81
4.12	ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้ออกของไก่กระทง	82
4.13	ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อการสะสม CLA ในเนื้ออกของไก่กระทง	85
4.14	ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์เถ้าของเนื้อสะโพก เนื้อน่อง และเนื้อหน้าอกของไก่กระทง	87
4.15	ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด	88
5.1	ส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารที่ใช้ในการทดลอง	97
5.2	แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงไก่ไข่	98

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5.3	แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันใน CLA และน้ำมันถั่วเหลือง.....	98
5.4	แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันในอาหารทดลอง.....	99
5.5	แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่.....	101
5.6	แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพของไข่ไก่.....	104
5.7	แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่.....	105
5.8	แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันและ CLA ในไข่แดง.....	110
5.9	แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อปริมาณ saturate fatty acids, mono-unsaturated fatty acids, poly-unsaturated fatty acids and total CLA ในไข่แดง.....	111
5.10	แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อปริมาณ cholesterol ในไข่แดง.....	113
5.11	แสดงผลขุองการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อปริมาณ total cholesterol, HDL, LDL และ triglycerides ในพลาสมาไก่ไข่.....	113

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่		หน้าที่
2.1	แสดงโครงสร้างของ linoleic acid, cis-9, trans-11 และ trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid.....	6
2.2	แสดง hydrogenation ของ linoleic acid.....	7
2.3	แสดงผลของ CLA ที่มีต่อ metabolism ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว	8
2.4	แสดง possible effect of CLA on the metabolism of n-6 and n-3 fatty acids.....	25

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การบริโภคอาหารที่มีปริมาณไขมันมากเกินไปเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ โรคมะเร็งและยังเสี่ยงต่อการอุดตันของหลอดเลือด ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาถึงอิทธิพลของอาหารต่อการสะสมและการลดปริมาณไขมันในเนื้อของสุกร โดยยังคงให้สุกรมีการเจริญเติบโตและคุณภาพซากที่ดีเหมือนเดิม ซึ่งการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) จัดเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวลงในอาหารสุกรระดับต่างๆเป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถลดปริมาณไขมันที่มีการสะสมในร่างกายได้ อีกทั้งจากงานวิจัยต่างๆ CLA ยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพในด้านต่างๆ อาทิเช่น การมีคุณสมบัติในการเป็น anticarcinogen และ antioxidant รวมทั้งยังสามารถป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดตีบตัน (atherosclerosis) ได้อีกด้วย (Ha et al., 1990; Ip et al., 1994; Lee et al., 1994 และ Geoffery, 1998) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นศึกษาลักษณะการตอบสนองของสุกรขุน (60-100 กิโลกรัม) ต่อ CLA ในด้านต่างๆ อันได้แก่ การเจริญเติบโต คุณภาพซากและองค์ประกอบของ fatty acid ปริมาณ cholesterol และการสะสมของ CLA ในเนื้อของสุกร เพื่อเป็นแนวทางในการนำ CLA มาใช้ต่อไปในอนาคต

การผลิตสุกรในอดีตนั้น ส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญถึงปริมาณของผลผลิตเป็นหลัก เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของประชากรภายในประเทศ ซึ่งในปัจจุบันมีเทคนิคต่างๆ ที่นำมาใช้ในการผลิตสุกร ตลอดจนการพัฒนางานวิจัย และงานทดลองต่างๆ ทำให้การผลิตสุกรมีปริมาณเพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศ อีกทั้งในปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสนใจด้านคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสัตว์และความสัมพันธ์ระหว่างอาหารกับสุขภาพ รวมทั้งยังได้มีข้อมูลข่าวสารจำนวนมากเกี่ยวกับองค์ประกอบและความสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเนื้อสุกร โดยที่ผู้บริโภคสามารถรับรู้ได้โดยการผ่านสื่อต่างๆ โดยเฉพาะการบริโภคสารอาหารประเภทไขมัน ดังนั้นเราควรให้ความสำคัญของคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสุกร

การเลี้ยงไก่กระทงขยายตัวเนื่องจาก ผู้บริโภคนิยมรับประทานเนื้อไก่มากขึ้น เพราะเนื้อไก่ง่ายต่อการเตรียมและการบริโภค อีกทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์ เช่น กรดลิโนลีอิก เป็นต้น สารอาหารที่มีอยู่ในเนื้อไก่นี้เหมาะสมกับความต้องการของเด็กและผู้ใหญ่ พลังงานที่ให้ต่อ 1 หน่วยบริโภคอยู่ในเกณฑ์ต่ำ คือประมาณ 151 แคลอรี่ต่อเนื้อไก่ 100 กรัม ส่วนทางด้านโปรตีนนั้น จัดว่าโปรตีนที่มีอยู่ในเนื้อไก่เป็นโปรตีนที่ย่อยง่ายและอุดมไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย จากความนิยมในการบริโภคเนื้อไก่นี้ส่งผลให้เกิดการพัฒนาความรู้ในเรื่องเกี่ยวกับการจัดการ พันธุกรรม และอาหารที่ใช้เลี้ยงมากยิ่งขึ้น แต่เนื่องจากไก่

กระทงเป็นสัตว์ที่เจริญเติบโตเร็วและมีการสะสมของไขมันมาก ถ้ามีการจัดการอาหารให้แก่ไก่กระทงไม่ดี ไก่ได้รับอาหารมากเกินไปจะส่งผลให้มีการสะสมไขมันมาก โดยเฉพาะไขมันในช่องท้อง ซึ่งจะขัดแย้งกับความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคอาหารที่มีปริมาณไขมันต่ำ นอกจากนี้การบริโภคไขมันในปริมาณที่สูงจะก่อให้เกิดโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือดได้ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาหาวิธีการที่จะลดปริมาณไขมันในเนื้อไก่ โดยพบว่าการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารไก่กระทงสามารถลดปริมาณไขมันในเนื้อไก่กระทงได้ (Szymczyk et al., 2001 และ Du and Ahn, 2002) และยังพบว่า CLA ยังสามารถสะสมในเนื้อไก่กระทง ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคสามารถได้รับ CLA ในประมาณที่มากขึ้น CLA นี้มีคุณสมบัติในการลดการเกิดโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด และโรคมะเร็งได้อีกด้วย โดย Badinga et al. (1999) และ Du and Ahn (2002) พบว่า การเสริม CLA ที่ระดับต่างๆในไก่กระทงสามารถลดปริมาณไขมันในซากไก่กระทง และยังสามารถสะสมในเนื้อไก่กระทงได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงมุ่งที่จะศึกษาผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงต่ออัตราการเจริญเติบโต คุณภาพซาก ส่วนประกอบของกรดไขมัน และการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทง

เนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสนใจด้านคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสัตว์และยังให้ความสนใจกับความสัมพันธ์ระหว่างอาหารและสุขภาพมากขึ้น รวมทั้งยังมีข้อมูลข่าวสารจำนวนมากเกี่ยวกับองค์ประกอบและความสำคัญของอาหาร ซึ่งผู้บริโภคสามารถรับรู้ได้โดยผ่านสื่อต่างๆ โดยเฉพาะสารอาหารประเภทไขมัน อาหารที่มีปริมาณไขมันมากมักถูกหลีกเลี่ยงในการนำมาบริโภค เช่น ไข่ไก่ ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพดี ราคาถูก มีวิตามิน แร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกายอยู่ครบถ้วน แต่ไข่ไก่เป็นอาหารที่จัดว่ามีปริมาณคอเลสเตอรอลสูงประมาณ 198-200 มิลลิกรัม ต่อไข่ 1 ฟอง (สาโรช, 2542) ซึ่งเป็นปัญหาหนึ่งที่ทำให้มีการหลีกเลี่ยงการบริโภคไข่ไก่ เมื่อผลของการค้นพบทางการแพทย์ได้ยืนยันความสัมพันธ์ของการบริโภคสารอาหารประเภทไขมันชนิดอิ่มตัวสูงกับอาการผิดปกติของร่างกาย โดยเฉพาะภาวะเส้นเลือดอุดตัน การไหลเวียนเลือด และการทำงานของหัวใจไม่เป็นปกติ (พจน์ และคณะ, 2540) จึงมีการรณรงค์และแนะนำให้ผู้บริโภครับประทานอาหารที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังมีเอกสารการวิจัยทางการแพทย์สนับสนุนบทบาทของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวต่อการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคต่างๆในมนุษย์ นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบว่าแหล่งไขมันจากอาหารทะเล โดยเฉพาะปลาทะเล มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวกลุ่ม n-3 โดยเฉพาะ cicosapentaenoic acid (EPA) และ docosahexaenoic acid (DHA) สูงมาก ซึ่งมีบทบาทในทางการแพทย์ และโภชนาการบำบัดของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มนี้ต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Baer et al., 2001) และพบว่ามีการวิจัยทางการผลิตสัตว์โดยการเสริมกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวกลุ่มนี้ในผลิตภัณฑ์จากสัตว์เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์และเพื่อสุขภาพของผู้บริโภค นอกจากกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวกลุ่มนี้แล้ว ยังมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอีกชนิดหนึ่งซึ่งมีการวิจัยทางการแพทย์ในต่างประเทศพบว่ามีคุณสมบัติสามารถต่อต้านการเกิดโรคมะเร็งได้ (anticarcinogenic

properties) และมีคุณสมบัติในการเป็น antioxidant (Ha et al., 1990) นอกจากนี้ยังมีผลต่อการลดไขมันสะสมในร่างกาย (Henrietta et al., 2000) ซึ่งกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวชนิดนี้คือ conjugated linoleic acid (CLA) พบว่ามีการวิจัยทางการผลิตสัตว์โดยการเสริม CLA ในการเลี้ยงไก่ไข่ สามารถเพิ่มปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มนี้ในไข่ไก่ได้ (Ahn et al., 1999; Du et al., 1999; Du et al., 2001) แต่การเสริม CLA ก็จะทำให้ ปริมาณ saturated fatty acids ในไข่ไก่เพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งอาจทำให้ผู้บริโภคเกรงว่า จะเป็นสาเหตุให้เกิดการสะสมของ cholesterol ในเส้นเลือด แต่มีรายงานของ Shultz et al. (1992) กล่าวว่า CLA สามารถลดการเกิด cholesterol และป้องกันการเกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ได้อีกด้วย ด้วยคุณสมบัติของ CLA ที่เป็น anticarcinogen และมีคุณสมบัติเป็น antioxidant ป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ha et al., 1990) ดังนั้นด้วยเหตุผลที่กล่าวมา การนำ CLA มาใช้ในงานวิจัยทางด้านการผลิตไก่ไข่ โดยเสริมในอาหารไก่ไข่ น่าจะเป็นการเพิ่มปริมาณ CLA ในไข่แดงได้ ทำให้เป็นการเพิ่มมูลค่าของไข่และทำให้ผู้บริโภคได้รับ โภชนะที่ดีต่างๆอย่างครบถ้วนและก่อให้เกิดคุณประโยชน์ที่แท้จริงต่อสุขภาพผู้บริโภคและเศรษฐกิจของผู้ผลิต

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต
2. เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อคุณภาพซากของสุกร
3. เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อองค์ประกอบและปริมาณ fatty acids ปริมาณ cholesterol และการสะสมของ CLA ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกร
4. เพื่อศึกษาผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ ต่ออัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทง
5. เพื่อศึกษาผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆต่อคุณภาพซากของไก่กระทง
6. เพื่อศึกษาผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆต่อส่วนประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทง
7. เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของ fatty acids, ปริมาณ cholesterol และการสะสมของ CLA ในไข่ไก่
8. เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต
9. เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพของไข่ไก่
10. เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ผลิตไข่ 1 โหล

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาถึงผลของการเสริม CLA ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต คุณภาพซาก องค์ประกอบและปริมาณ fatty acids, cholesterol และการสะสมของ CLA ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกร

ศึกษาผลของการเสริม CLA ลงในอาหารไก่กระทงที่ระดับต่างๆภายใต้การเลี้ยงในสภาพปกติ เพื่อที่จะดูผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโต คุณภาพซาก ส่วนประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทง

ศึกษาผลของการเสริม CLA ต่อองค์ประกอบของ fatty acids, ปริมาณ cholesterol, การสะสมของ CLA ในไข่ไก่, คุณภาพของไข่ไก่ รวมถึงศึกษาผลของการเสริม CLA ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

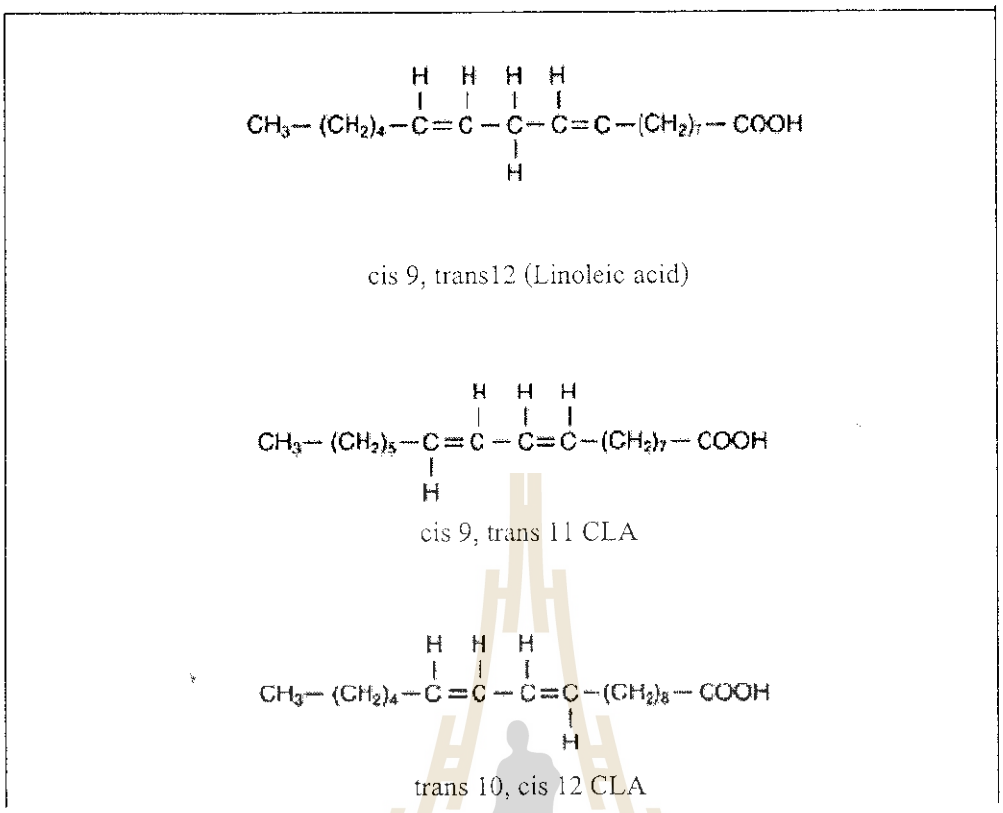
2.1 Conjugated linoleic acid (CLA)

Conjugated linoleic acid (CLA) เป็นกรดไขมันชนิดหนึ่ง ถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1987 โดย Michael Pariza และคณะ แห่งมหาวิทยาลัย Wisconsin- Madison ซึ่งสกัดได้จากเนื้อโค CLA เป็นกลุ่มไอโซเมอร์ของกรดไขมัน linoleic ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็น ความแตกต่างในกลุ่มของ linoleic acid จะขึ้นอยู่กับชนิดและการจัดตำแหน่งของพันธะ ซึ่งโดยปกติกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid) จะมีตำแหน่งของพันธะคู่อยู่ห่างกันมากกว่าหนึ่งคาร์บอนอะตอมที่มีพันธะเดี่ยว (-C=C-C-C=C-) ซึ่งเป็น unconjugated แต่เมื่อพันธะคู่อยู่ห่างกันหนึ่งคาร์บอนอะตอมที่มีพันธะเดี่ยว (-C=C-C=C-) จะเรียก conjugated (Lobb and Chow, 2000)

2.1.1 คำจำกัดความของ conjugated linoleic acid (CLA)

CLA เป็นกลุ่มไอโซเมอร์ของกรดไขมัน linoleic ซึ่งมีทั้งหมด 16 ไอโซเมอร์ (Du et al., 2000) แต่ที่พบมากที่สุดมีเพียง 2 ไอโซเมอร์ คือ cis-9, trans-11- octadecadienoic acid และ trans-10, cis-12- octadecadienoic acid ซึ่งพบมากในธรรมชาติ และจากรายงานของ Ha et al. (1990) พบว่า เมื่อให้อาหารที่ประกอบด้วย CLA จำนวน 9 ไอโซเมอร์แก่หนูทดลอง จะพบเพียง cis-9, trans-11-octadecadienoic acid เท่านั้นที่เป็นองค์ประกอบของ phospholipids ในเนื้อเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งตรงกับรายงานของ Dhiman et al. (1999) ที่พบว่า cis-9,trans-11- octadecadienoic acid สามารถสังเคราะห์ได้ในธรรมชาติ โดยจุลินทรีย์ประเภท *Butyrivibrio fibrisolvens* ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะหมัก จึงเป็นผลทำให้พบได้มากกว่า trans-10,cis-12- octadecadienoic acid (Baer et al., 2001)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



แผนภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของ linoleic acid, cis-9, trans-11 และ trans 10, cis 12 conjugated linoleic acid (Gregory and Kelly, (www, 2001))

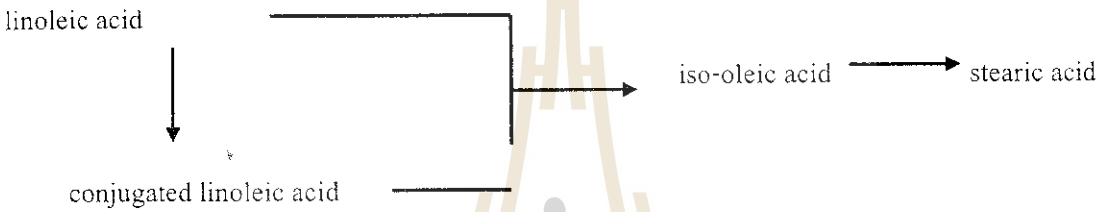
2.1.2 แหล่งของ CLA

โดยปกติ CLA จะมีอยู่ในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสัตว์เคี้ยวเอื้อง (ruminant) เช่น ในน้ำนมโค ซึ่งพบว่าในน้ำนมโคจะมี CLA อยู่ในช่วง 2.9-11.3 mg/g fat โดยอยู่ในรูป cis-9, trans-11-octadecadienoic acid ถึง 73-93% ของ CLA ทั้งหมด ส่วนในไขมันวัว จะมี CLA อยู่ในช่วง 3.1- 8.5 mg/g fat โดยที่อยู่ในรูป cis-9, trans-11- octadecadienoic acid ถึง 57-85% ของ CLA ทั้งหมด (Dhiman et al., 1999) ทั้งนี้การที่มี CLA ในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากในสัตว์เคี้ยวเอื้องมีจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก อาทิเช่น Butyrivibrio fibrisolvens ที่สามารถสังเคราะห์ CLA ได้ ส่วนในสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง (non-ruminant) ไม่สามารถสังเคราะห์ได้เอง จึงต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น (Hunter, 2000)

2.1.3 การสังเคราะห์ CLA

ในการสังเคราะห์ CLA ต้องอาศัยกระบวนการ hydrogenation คือเป็นกระบวนการที่เติมหมู่ไฮโดรเจนอะตอมเข้าไปในโมเลกุลของกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวเปลี่ยนเป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัว ซึ่งจะทำให้ไขมันนั้นมีจุดหลอมเหลวสูงขึ้น เป็นการเติมไฮโดรเจนอะตอมเข้าไปที่

พันธะคู่ของคาร์บอนอะตอม จะทำให้เกิดไขมันอิ่มตัวและเมื่อเราขจัดไฮโดรเจนอะตอมออกมา ก็จะทำให้เกิดพันธะคู่อีกครั้ง (Lobb and Chow, 2000) และจากรายงานของ Ha et al. (1989) รายงานว่าปริมาณ CLA จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นประมาณ 5 เท่า ในระหว่างการปรุงอาหารพวกเนื้อโค และเพิ่มขึ้น 2-3 เท่าในการทำเนยจากนม ถึงแม้ว่าปริมาณของ CLA จะเพิ่มขึ้นในระหว่างการปรุงอาหาร แต่กลไกการเปลี่ยน linoleic acid ไปเป็น CLA ในระหว่างการปรุงอาหารนั้นยังไม่สามารถอธิบายได้ชัดเจน ทั้งนี้หากอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดเดือดของไขมันแล้วจะสามารถเกิดปฏิกิริยา hydrogenetion ได้ โดยสามารถทำให้ linoleic acid เปลี่ยนเป็น CLA ได้ก่อนที่จะเปลี่ยนไปเป็น iso-oleic acid และ stearic acid ตามลำดับ (John, 2000) ดังแสดงในแผนภาพที่2.2



แผนภาพที่ 2.2 แสดง hydrogenetion ของ linoleic acid (John, 2000)

จากรูปดังกล่าว จะเห็นได้ว่าในการสังเคราะห์ CLA จะต้องใช้กรดไขมัน linoleic เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ ดังนั้นถ้าเราต้องการสังเคราะห์ CLA ให้มีปริมาณสูงเราจะต้องใช้วัตถุดิบที่มีกรดไขมันที่มีสารตั้งต้นในปริมาณสูงเช่นกัน ซึ่งในอาหารสัตว์หลายชนิดมีปริมาณไขมันและโครงสร้างของ free fatty acid ที่แตกต่างกัน (Chow, 2000)

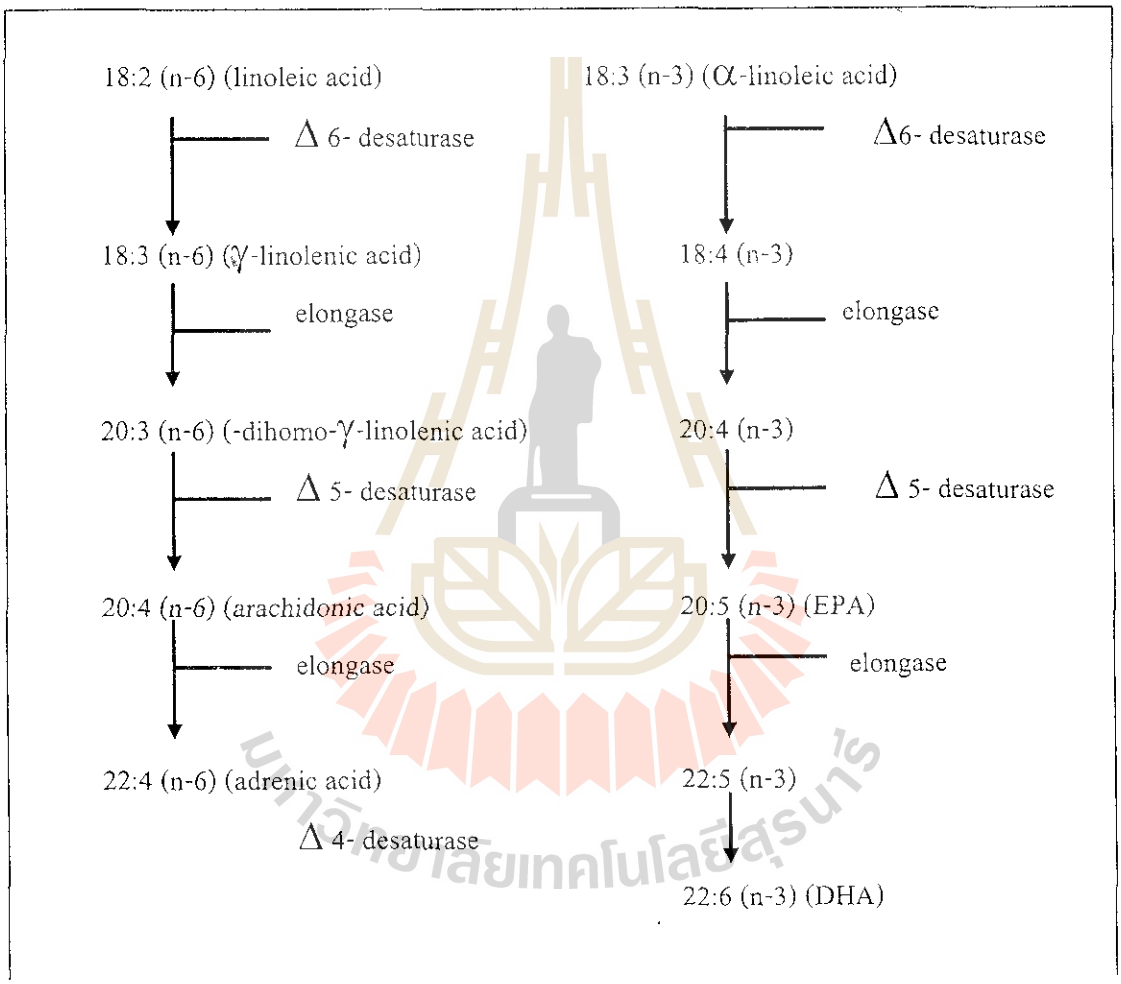
2.1.4 ผลของ CLA ต่อ metabolism ของกรดไขมัน

2.1.4.1 ผลต่อกรดไขมันอิ่มตัว

Raes et al. (2002) ได้รายงานว่า CLA มีผลยับยั้งเอนไซม์ Δ 9- desaturase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เปลี่ยนกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid, SFA) ไปเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวพวก monounsaturated fatty acid (MUFA) ดังนั้นเมื่อ CLA ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Δ 9- desaturase จึงเป็นผลทำให้กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid, SFA) ไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวพวก monounsaturated fatty acid (MUFA) ได้ และนอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มขึ้นของ saturated fatty acid (SFA) ในเนื้อนั้นอาจจะเป็นผลมาจากปริมาณของ SFA ในอาหารและการถูกยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Δ 9- desaturase โดย CLA

2.1.4.2 ผลต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัว

Raes et al. (2002) รายงานว่า CLA มีผลในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Δ 6-desaturase และ Δ 5- desaturase ที่เป็นเอนไซม์ในการต่อสายยาวของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งจากการศึกษาของ Juneja (1997) พบว่าเมื่อมีการยับยั้งเอนไซม์ดังกล่าว เป็นผลทำให้มีการยับยั้งการต่อสายยาวของกรดไขมันชนิด C18:2n6 ไปเป็น C18:3n6, C20:3n6, C20:4n6 และ C22:4n6 ตามลำดับ และยับยั้งการต่อสายยาวของกรดไขมันชนิด C18:3n3 ไปเป็น C18:4n3, C20:4n3, C20:5n3, C22:5n3 และ C22:6n3 ดังแสดงในแผนภาพที่ 2.3



แผนภาพที่ 2.3 แสดงผลของ CLA ที่มีต่อ metabolism ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ดัดแปลงจาก Juneja (1997) และ Raes et al. (2002)

2.1.4.3 ผลต่อการขยายตัวของ preadipocyte (preadipocyte proliferation

โดยที่ preadipocyte proliferation เป็นกลไกในการเพิ่มการสะสมของปริมาณไขมัน (fat deposition) ในร่างกายโดยการเพิ่มปริมาณของ adipocyte ทั้งนี้ Brodie et al. (1999) และ Evans et

al. (2001) พบว่า เมื่อให้ CLA ปริมาณระหว่าง <25 ถึง 100 μM แก่หนูทดลอง สามารถลดการขยายตัวของ preadipocyte ได้ถึง 10-50% ซึ่งสอดคล้องกับ McNeel and Mersmann (2001) ที่ รายงานว่าเมื่อให้ CLA ปริมาณ 50 μM แก่เซลล์ preadipocyte ของมนุษย์ในหลอดทดลอง สามารถลดปริมาณการขยายตัวของเซลล์ *preadipocyte* ได้ถึง 30-35 %

2.1.4.4 ผลต่อการใช้พลังงาน (energy expenditure)

เป็นที่ทราบกันว่ากลไกหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณการสะสมของไขมัน (fat deposition) คือ การสลายและการใช้พลังงาน ทั้งนี้ West et al. (1998 ; 2000) พบว่า เมื่อหนูทดลองได้กินอาหารผสม CLA ทำให้ปริมาณการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Muller et al. (1999 ; 2000) ที่ทำการทดลองในสุกร และให้ผลเช่นเดียวกัน

2.1.4.5 ผลต่อ fatty acid oxidation

หากเกิดขบวนการ oxidation ของกรดไขมันสูงขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณของกรดไขมันที่จะนำไปสังเคราะห์ triacylglycerol ลดลง และส่งผลให้การสะสมของไขมันลดลงด้วย (fat deposition) ทั้งนี้การลดการเกิด respiratory quotient (RQ) จะส่งผลให้ขบวนการ oxidation ของกรดไขมันเพิ่มขึ้น West et al. (1998) พบว่า หนูทดลองที่ได้รับอาหารไขมันต่ำที่เสริม CLA จะมีปริมาณการเกิด RQ ลดลง

2.1.4.6 ผลต่อ adipose tissue lipid synthesis

เนื่องจากการเจริญเติบโตของเซลล์ adipose tissue ส่วนใหญ่ในหลายๆ สปีชีส์ (species) เกิดจากการขยายขนาดของเซลล์ (cell hypertrophy) ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการสะสมของปริมาณ triacylglycerol ใน adipocytes ดังนั้นหากยับยั้งการเกิดการสังเคราะห์ adipocytes (adipocytes tissue lipid synthesis) จะสามารถลดการสะสมของไขมันได้ Brodie et al. (1999) และ Evans et al. (2001) พบว่า เมื่อให้ CLA แก่เซลล์ 3T3-L1 ในหลอดทดลอง สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ Glycerol-P dehydrogenase และสามารถลดปริมาณการสะสมของ triacylglycerol ในเซลล์ได้

2.1.5 ผลของ CLA ต่อสุขภาพ

2.1.5.1 คุณสมบัติในการเป็น anticarcinogen

จากรายงานของ Ip et al. (1994) พบว่า CLA เป็นสาร anticarcinogen ชนิดเดียวที่ได้จากสัตว์ และเป็นกรดไขมันที่มีคุณสมบัติเป็น anticarcinogen เช่นเดียวกับน้ำมันปลา แต่ต้องใช้น้ำมันปลาเป็นปริมาณมาก (> 10% ของอาหาร) จึงจะเห็นผล ในขณะที่ CLA ที่ความเข้มข้นน้อยกว่า 100 เท่า (0.1% ของอาหาร) สามารถยับยั้งการพัฒนาเซลล์มะเร็งในเต้านมหนูได้ ซึ่งนอกจาก CLA จะสามารถยับยั้งการพัฒนาเซลล์มะเร็ง CLA ยังสามารถป้องกันการเกิดโรคมะเร็งได้ แต่กลไกในการป้องกันนั้นยังไม่ทราบแน่ชัด ทั้งนี้ Sagano et al. (1997) ได้รายงานว่า CLA จะไปลดความเข้มข้นของ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

prostaglandin E2 และ leukotriene 4 ในซีรั่มและม้ามของหนู ซึ่ง prostaglandin E2 มีผลกระตุ้นการเกิดโรคมะเร็งเต้านม ส่งผลให้ CLA ยับยั้งการพัฒนาของเซลล์มะเร็งเต้านมได้

2.1.5.2 คุณสมบัติในการเป็น antioxidant

Ha et al. (1990) พบว่า CLA มีคุณสมบัติในการเป็น antioxidant มากกว่าวิตามินอี หรือ α-tocopherol และมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับbutylated hydroxytoluene (BHT) โดยที่ CLA เข้าไปเป็นองค์ประกอบของ phospholipids ในเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้ป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ (free radical) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.5.3 ป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ (artheroselerosis)

Lee et al. (1994) ได้รายงานว่า การให้ 0.5% CLA ในหนู เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 11 วัน จะ มีผลทำให้ระดับ LDL cholesterol และ triglycerides ในเลือดลดน้อยลง ซึ่งเป็นการป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ โดยกลไกการลดระดับ LDL cholesterol นั้นยังไม่เป็นที่ทราบอย่างแน่ชัด ทั้งนี้อาจเกิดจากขั้นตอนการ re-esterify cholesterol โดยกรดไขมัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวคือ oliec acid ที่ CLA มีผลในการยับยั้งเอนไซม์ที่เปลี่ยน stearic acid เป็น oliec acid ทำให้ re-esterify cholesterol ลดลงได้ (Geoffery, 1998)

2.1.5.4 ผลต่อการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อและการลดไขมันสะสม

พบว่า CLA มีผลต่อฮอร์โมนจากต่อมไธรอยด์และเพิ่มระดับ insulin ในร่างกาย ทำให้ anabolic rate ของการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้น ในการศึกษาในหนูทดลอง พบว่า การเสริม CLA ที่ระดับ 0.5% จะมีผลทำให้ไขมันในร่างกายหนูลดลง 57 และ 67% ในหนูทดลองเพศผู้และเพศเมียตามลำดับ และสามารเพิ่ม body mass ได้ 5 และ 14% เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

2.1.5.5 สนับสนุนการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน

Cook et al. (1993) พบว่า CLA สามารถป้องกันการสลายกล้ามเนื้อโครงร่างจากการกระตุ้นของภูมิคุ้มกัน ซึ่งจากการทำงานของ cytokine จะมีผลต่อการสังเคราะห์และสลายกล้ามเนื้อโครงร่าง โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของ IL-1 (interleukine-1) จะทำให้การสลายกล้ามเนื้อโครงร่างลดลง และการเพิ่มขึ้นของ IL-1 ยังมีความสัมพันธ์กับการลดลงของ prostaglandin E2 (PGE2) ซึ่ง CLA มีผลในการไปลดการสร้าง arachidonic acid ที่เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ PGE 2

2.2 ผลการวิจัย CLA ในสุกร

จากคุณสมบัติของ CLA ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค จึงได้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวางทั้งในเรื่องการเจริญเติบโตและคุณภาพของซากสุกร

2.2.1 ผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรต่อการเจริญเติบโต

จากผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรต่อการเจริญเติบโต แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 พบว่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain: ADG) ในการทดลองของ Parrish et al.

(www, 2001) และ Thiel – Cooper et al. (2001) ให้ผลไปในทางเดียวกันคือเมื่อระดับการเสริม CLA สูงขึ้น มีผลทำให้ ADG ของสุกรสูงขึ้น ซึ่งตรงกันข้ามกับการทดลองของ Eggert et al. (www, 1998) เมื่อเสริม CLA ที่ระดับ 1% มีผลทำให้ ADG ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ส่วนในการทดลองของนักวิจัยท่านอื่นๆ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P >0.05) ในส่วนของการกินได้ต่อวัน (average daily feed intake: ADFI) ก็พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P >0.05) เช่นกัน ยกเว้นในการทดลองของ Carroll et al. (1999) เมื่อเสริม CLA ที่ระดับ 1% มีผลทำให้ ADFI ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และในส่วนของ gain: feed พบว่าในการทดลองของ Parrish et al. (www, 2001) ให้ผลที่สูงขึ้นตามระดับการเสริม CLA ส่วนในการทดลองอื่นๆ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P >0.05)

2.2.2 ผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรต่อการปรับปรุงคุณภาพซากของสุกร

จากผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรต่อการปรับปรุงคุณภาพซากของสุกร แสดงไว้ในตารางที่ 2.2 พบว่าความหนาของไขมันสันหลังลดลง โดยวัดที่ 10^{th} rib fat depth พบว่าการทดลองของ Thiel-Cooper et al. (2001) และ Wiegand et al. (www, 2001) ให้ผลไปในทางเดียวกันคือการเสริม CLA มีผลทำให้ความหนาของไขมันสันหลังลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ส่วน loin eye area การทดลองส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P >0.05) ยกเว้นการทดลองของ Thiel-Cooper et al. (2001) ที่พบว่า การเสริม CLA สามารถเพิ่ม loin eye area ได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ในส่วนของ lean percent ให้ผลที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในส่วน firmness การทดลองของส่วนใหญ่ให้ผลไปในทางเดียวกัน คือการเสริม CLA มีผลทำให้ firmness สูงขึ้น ยกเว้นการทดลองของ Eggert et al. (www, 1998); O'Quinn et al. (2000) และ ของ Eggert et al. (2001) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในส่วนของ marbling และ color การทดลองส่วนใหญ่พบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้ค่าเหล่านี้สูงขึ้น ยกเว้นการทดลองของ Eggert et al. (www, 1998); O'Quinn et al. (2000); Eggert et al. (2001) และ Wiegand et al. (www, 2001) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P >0.05)

2.2.3 ผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรต่อองค์ประกอบและปริมาณของ fatty acids และการสะสมของ CLA ในเนื้อของสุกร

Lo Fiego et al. (2005) ได้ทำการเสริม CLA ที่ระดับ 0 และ 0.25% ในอาหารสุกร แสดงไว้ในตารางที่ 2.3 พบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C14:0, C16:0 เพิ่มขึ้น และมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C18:1n9c, C18:2n6c, C18:3n3, C20:3n6, C20:4n6 และ C22:6n3 ลดลง และเมื่อพิจารณาถึงผลรวมของ SFA, UFA, MUFA และ PUFA พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้ SFA อัตราส่วนระหว่าง SFA: UFA เพิ่มขึ้น และทำให้ UFA, MUFA และ

PUFA ลดลง เช่นเดียวกันการทดลองของ Thiel-Cooper et al. (2001) ในส่วนของการสะสมของ CLA ในเนื้อของสุกรขุนจะเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริม CLA ในอาหารสุกร ดังเช่น (ตารางที่ 2.4)

ตารางที่ 2.1 แสดงผลการทดลองการเสริม CLA ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกร

แหล่งข้อมูล	ระดับ CLA (%)	ADG (g)	ADFI (Kg)	Gain:Feed	หมายเหตุ
Eggert et al. (www, 1998)	0	975c	3.67	0.266	30 gilts
	1	875d	3.47	0.252	75 kg
	SEM	0.03	0.17	0.01	
Carroll et al. (www, 1999)	0	866	2.31a	0.375	224 gilts
	1	857	2.22b	0.387	25.45-116 kg
	SEM	0.03	0.05	0.05	
O'Quinn et al. (2000)	0	1030	2.92	0.35	36 barrows
	0.5	970	2.78	0.35	37.6-106.4 kg
	SEM	0.014	0.086	0.059	
Heckart et al. (www, 2001)	0	894	2.62	0.341	60 gilts
	0.6	871	2.5	0.348	22.73 kg
	SEM	0.018	0 064	0.04	

a,b ในแนวตั้งความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

c,d ในแนวตั้งความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ADG = average daily gain; ADFI = average daily feed intake; SEM = standard error of the mean

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) แสดงผลการทดลองการเสริม CLA ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกร

แหล่งข้อมูล	ระดับ CLA (%)	ADG (g)	ADFI (kg)	Gain: Feed	หมายเหตุ
Parrish et al. (www, 2001)	0	939 d	2.68	0.348 d	40 pigs
	0.125	930 d	2.53	0.359 cd	26.3-116 kg
	0.25	953 c	2.1	0.374 c	
	0.5	971 c	2.63	0.380 c	
	1	1016 c	2.63	0.382 c	
	SEM	-	-	-	
Thiel-Cooper et al. (2001)	0	942 b	2.68	0.352 b	40 barrows
	0.12	930 b	2.53	0.367 ab	26.3-114 kg
	0.25	953 b	2.56	0.373 ab	
	0.5	974 ab	2.63	0.370 ab	
	1	1019 a	2.63	0.384 a	
	SEM	0.183	0.052	0.008	

a,b ในแนวตั้งความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

c,d ในแนวตั้งความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ ($P<0.01$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.2 แสดงผลการทดลองการเสริม CLA ต่อการปรับปรุงคุณภาพซากของสุกร

แหล่งข้อมูล	ระดับ CLA (%)	10th Rib fat depth (cm)	Loin eye area (cm^2)	Lean percent	Firmness[1]	Marbling	Color[2]	หมายเหตุ
Eggert et al.	0	1.82	45.62	-	2.34	1.17	2.54	30 gilts
(www, 1998)	1	1.79	45.49	-	2.91	1.4	2.55	75 kg
	SEM	0.06	0.21	-	0.17	0.15	0.15	
Carroll et al.	0	1.47	46.37	-	2.07 d	1.36 b	2.29 d	224 gilts
(www,1999)	1	1.4	47.81	-	2.23c	1.52 a	2.37 c	25.45-116 kg
	SEM	0.2	0.11	-	0.04	0.05	0.04	
O'Quinn et al. (2000)	0	2.34	36.65	50.95	3.18	2.48	2.65	36 barrows
	0.5	2.21	35.16	51.15	3.15	2.82	2.6	37.6-106.4 kg
	SEM	0.155	0.44	0.97	0.28	0.21	0.07	
Eggert et al. (2001)	0	2.08	45.1	-	1.98	-	2.02	160 gilts
	1	1.91	47.6	-	2.22	-	2.28	75-106 kg
	SEM	0.02	0.14	-	0.05	-	0.05	

a,b ในแนวตั้งความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

c,d ในแนวตั้งความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) แสดงผลการทดลองการเสริม CLA ต่อการปรับปรุงคุณภาพซากของสุกร

แหล่งข้อมูล	ระดับ CLA (%)	10th Rib fat depth (cm)	Loin eye area (cm2)	Lean percent	Firmness[1]	Marbling	Color[2]	หมายเหตุ
Thiel-Cooper et al. (2001)	0	2.86 a	41.22 ab	-	-	-	-	40 barrows 26.3-114 kg
	0.12	2.34 b	43.85 a	-	-	-	-	
	0.25	2.34 b	42.03 ab	-	-	-	-	
	0.5	2.61 ab	40.08 ab	-	-	-	-	
	1	2.57ab	39.28b	-	-	-	-	
	SEM	0.16	0.21	-	-	-	-	
Wiegand et al. (www, 2001)	0	2.62 a	35.57 b	50	2.83 b	2.16 b	3.16	64 pigs 40-106 kg
	0.75	2.08 b	37.86 a	53.7	3.00 a	2.50 a	3	
	SEM	0.08	0.31	0.69	0.2	0.1	0.1	

a,b ในแนวตั้งความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

c,d ในแนวตั้งมี,แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

1 Firmness: 1 = very soft and very watery; 5 = very firm and dry 2 Color: 1 = pale, pinkish gray; 5 = dark, purplish red

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.3 แสดงผลการเสริม CLA ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อของสุกร (Lo Fiego et al., 2005)

กรดไขมัน (%)	ระดับการเสริม CLA		
	0%	0.25%	SEM
C 14:0	1.18 c	1.48 d	0.037
C 16:0	21.65 e	24.57 d	0.324
C 16:1	3.05 e	4.06 d	0.180
C 18:0	12.87 ns	12.55 ns	0.497
C 18:1n9c	49.99 a	47.68 b	0.819
C 18:2n6	7.77 a	6.06 b	0.610
C 18:3n3	0.21 d	0.15 e	0.016
C 20:0	0.14 ns	0.12 ns	0.497
C 20:3n6	0.09 d	0.05 e	0.009
C 20:4n6	0.61 a	0.39 b	0.064
C 22:6n3	0.07 a	0.04 b	0.07
SFA	35.99 e	38.99 d	0.564
UFA	63.39 d	60.42 e	0.568
SFA:UFA	0.62 e	0.76 d	0.018
MUFA	54.04 ns	53.08 ns	0.831
PUFA	9.36 a	7.33 b	0.701
Δ9-desaturase index	0.60 a	0.58 b	0.007

ในแนวนอน a,b, แสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) d,e, แสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ns = not-significant

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.4 แสดงผลการเสริม CLA ต่อการสะสมของ CLAในเนื้อของสุกร

ระดับการเสริม CLA	การสะสมของ CLA ในเนื้อ (%)			
(%)	cis9-trans11 CLA	trans10-cis12 CLA	trans9-trans11 CLA	trans10-trans12 CLA
0	0.03 d	0 c	0 b	0 b
0.12	0.08 d	0.04 c	0 b	0 b
0.25	0.19 c	0.14 b	0.03 a	0.03 a
0.5	0.26 b	0.19 b	0.04 a	0.04 a
1.0	0.37 a	0.32 a	0.05 a	0.06 a
SEM	0.02	0.02	0.007	0.01

a,b,c ในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

d,e,f ในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ที่มา: Thiel-Cooper et al. (2001)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.3 ผลการวิจัย CLA ในไก่กระทง

จากการศึกษาพบว่า CLA ทำให้ปริมาณการกินได้ลดลง (Sell et al., 2001 และ Du and Ahn, 2002) แต่ในด้านผลของ CLA ต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่กระทงนั้นยังไม่แน่นอน Sell et al. (2001) กล่าวว่าการเสริม CLA ให้ไก่กระทงจะทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้นซึ่งจะขัดแย้งกับ Badinga et al. (1999); Du and Ahn (2002) และ Szymezyk et al. (2001) ที่กล่าวว่าการเสริม CLA ลงในอาหารสัตว์ไม่สามารถทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้นและมีแนวโน้มที่จะด้อยลงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับ CLA ดังตารางที่ 2.1 ส่วนในด้านคุณภาพซากของไก่กระทงพบว่า ปริมาณไขมันสะสมในซาก และปริมาณไขมันในช่องท้องมีแนวโน้มลดลง (Du and Ahn, 2002) และยังพบว่าปริมาณโปรตีนในซากเพิ่มมากขึ้น (Du and Ahn, 2002; Park et al., 1997 และ Delany et al., 1999) นอกจากนี้การเสริม CLAในอาหารไก่กระทงจะทำให้เปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated Fatty Acid, SFA) ในเนื้อไก่เพิ่มขึ้นและทำให้เปอร์เซ็นต์กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวทั้ง monounsaturated fatty acid (MUFA) และ polyunsaturated fatty acid (PUFA) ลดลง และ CLA ที่เสริมในอาหารไก่กระทงนั้น ยังสามารถสะสมอยู่ในเนื้อของไก่กระทงได้มากกว่าในปริมาณที่เสริมให้กับไก่กระทงอีกด้วย (Badinga et al., 2003 ; Du and Ahn, 2002 ; Szymczyk et al., 2000 และ Delany et al., 1999)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.5 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่กระทง

ผู้ทดลอง	% CLA	Feed intake (g/bird)	ADG (kg/day)	Feed:gain	Body weight (g)	Carcass weight (g)	Carcass fat content (%)	Abdominal fat (g)
Badinga et al.	0	1043a	0.393a	1.27a	868.2a	-	-	47.8a
(2003)	5	913.6b	0.309b	1.41b	692.2b	-	-	33.4a
Sell et al.	0	634a	-	1.33 a	477a	-	-	-
(2001)	4	576b	-	1.27 b	453b	-	-	-
Du and Ahn	0	2960	0.10	0.50	-	1642	14.5	30a
(2002)	0.25	2960	0.11	0.51	-	1684	14.6	37a
Experiment 1	0.5	2940	0.10	0.50	-	1638	14.9	41a
	1	2950	0.10	-	-	1635	15.2	37b
Experiment 2	0	3290	0.12	0.54	-	2919	14.2 a	-
	2	3260	0.11	0.54	-	2924	11.9 b	-
	3	3260	0.11	0.53	-	2919	12.1 b	-

a, b ในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.4 ผลการวิจัย CLA ในการผลิตไก่ไข่และไข่

ไข่ไก่เป็นอาหารที่อุดมไปด้วยสารอาหารต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย กล่าวคือ มีโปรตีนที่มีคุณภาพดี มีวิตามินและแร่ธาตุที่มีประโยชน์อยู่ครบถ้วน ในไข่ไก่ 1 ฟอง ประกอบไปด้วยไขมันอยู่ถึง 31.8-35.5% ซึ่งไขมันเกือบทั้งหมดนั้นพบในไข่แดง พบเพียงส่วนน้อยมากเท่านั้นที่บริเวณคิวติเคิล (cuticle) ของเปลือกไข่ ในไข่แดงประกอบไปด้วย โปรตีน 15.7-16.6%, ไขมัน 31.8-35.5%, คาร์โบไฮเดรต 0.2-1%, เถ้า 1.1% คือ แร่ธาตุต่างๆ เช่น โซเดียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม โพแทสเซียม เป็นต้น (William and Owen, 1995) อย่างไรก็ตาม ไข่ไก่จัดเป็นอาหารที่มีปริมาณคอเลสเตอรอลสูง ซึ่งถ้าได้รับคอเลสเตอรอลในปริมาณมากเกินไป จะเสี่ยงต่อการเกิดโรคเกี่ยวกับหัวใจ (cardiovascular) เช่น ภาวะมีไขมันสะสมในหลอดเลือดชั้นใน (atherosclerosis) แต่โดยแท้จริงแล้วยังมีปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเกิดโรคหัวใจมากกว่าคอเลสเตอรอลคือ ปริมาณและชนิดของกรดไขมันที่มีอยู่ในอาหารนั้นๆ (Nicolosi et al., 2004)

2.4.1 การศึกษาผลของ conjugated linoleic acid (CLA) ในการผลิตไก่ไข่และไข่

2.4.1.1 ผลของการเสริม CLA ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่ไข่และคุณภาพไข่

Chamruspollert and Sell (1999) รายงานว่า การเสริม CLA ที่ระดับ 5% ลดการกินได้ แต่ไม่ทำให้ผลผลิตไข่ลดลง สอดคล้องกับ Szymczyk and Pisulewski (2003) รายงานว่าการกินได้ลดลงเมื่อเสริม CLA ที่ระดับ 2% ในอาหารและก็ไม่ทำให้ผลผลิตไข่ลดลงเช่นกัน แต่ก็มีงานทดลองของ Ahn et al. (1999) ซึ่งทำการเสริม CLA ที่ระดับ 2.5 และ 5% พบว่าไม่ได้ทำให้ไก่กินอาหารหรือเจริญเติบโตได้มากขึ้น แต่มีแนวโน้มที่จะทำให้น้ำหนักตัวลดลง (ตารางที่ 2.1) พบว่าในการเพิ่มระดับ CLA ในอาหารมากขึ้นมีแนวโน้มจะทำให้ไก่กินอาหารได้ลดลงแต่ก็ไม่กระทบต่อผลผลิต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.6 แสดงผลของการเสริม CLA ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่ไข่

อ้างอิง	CLA (%)	feed consumption (g/hen/d)	rate of egg production (%)	body weight gain (g/hen)	egg weight (g/egg)
Szymczyk and	0	124.0 a	95.2	-	66.90
Pisulewski	0.5	120.0 b	93.1	-	64.12
(2003)	1	126.0 a	93.7	-	65.31
	1.5	123.0 a	93.8	-	65.24
	2	119.2 b	93.0	-	65.16
Ahn et al. (1999)	0	103.7 ab	77.0 ab	79 a	65.5
	2.5	111.4 a	82.6 a	86 a	64.9
	5.0	92.9 b	72.8 b	-5 b	65.1

a,b มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P<0.05$

การเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ ทำให้ขนาดของไข่ทั้งฟองและไข่แดง มีน้ำหนักลดลง Chamruspollert and Sell (1999) เสริม CLA ที่ระดับ 0, 0.5, 2.5 และ 5% ในอาหารไก่ไข่ พบว่าเสริม CLA 5% ในอาหารไก่ไข่ ทำให้น้ำหนักไข่ทั้งฟองและน้ำหนักไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น น้ำหนักไข่ทั้งฟองคือ 54.86, 51.87, 53.52 และ 48.23 กรัม ตามลำดับ และน้ำหนักไข่แดงคือ 16.60, 15.94, 17.70 และ 14.06 กรัม ตามลำดับ สอดคล้องกับ Szymczyk and Pisulewski (2003) รายงานว่า ขนาดไข่แดงลดลงคือ 17.22, 16.58, 16.73, 16.42 และ 16.93 กรัม

2.4.1.2 ผลของการเสริม CLA ต่อการสะสมของ CLA ในไข่แดง

จากการรวบรวมข้อมูลพบว่าการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ ทำให้ปริมาณ CLA ในไข่แดง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งปริมาณ CLA ในไข่แดง เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงเมื่อเพิ่มระดับ CLA ในอาหาร (Ahn et al., 1999; Du et al., 1999; Cherian et al., 2002) แสดงในตารางที่ 2.2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.7 แสดงผลของการเสริม CLA ต่อการสะสมของ CLA ในไข่แดง

อ้างอิง	CLA (%)	%CLA ใน Egg yolk
Ahn et al. (1999)	0	0 c
	2.5	4.81 b
	5.0	8.62 a
Du et al. (1999)	0	0 d
	1.25	2.43c
	2.5	5.28 b
	5.0	11.28 a
Chamruspollert and Sell	0	0.61 d
(1999)	0.5	1.47 c
	2.5	7.05 b
	5.0	16.08 a
Cherian et al. (2002)	0	0 d
	0.5	0.97 c
	1.0	2.4 b
	2.0	5.3 a
Szymczyk and Pisulewski	0	0 e
(2003)	0.5	2.3 d
	1.0	3.9 c
	1.5	6.4 b
	2.0	8.4 a

a, b, c, d, e มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P<0.05$

2.4.1.3 ผลของการเสริม CLA ต่อปริมาณ fatty acids ในไข่แดง

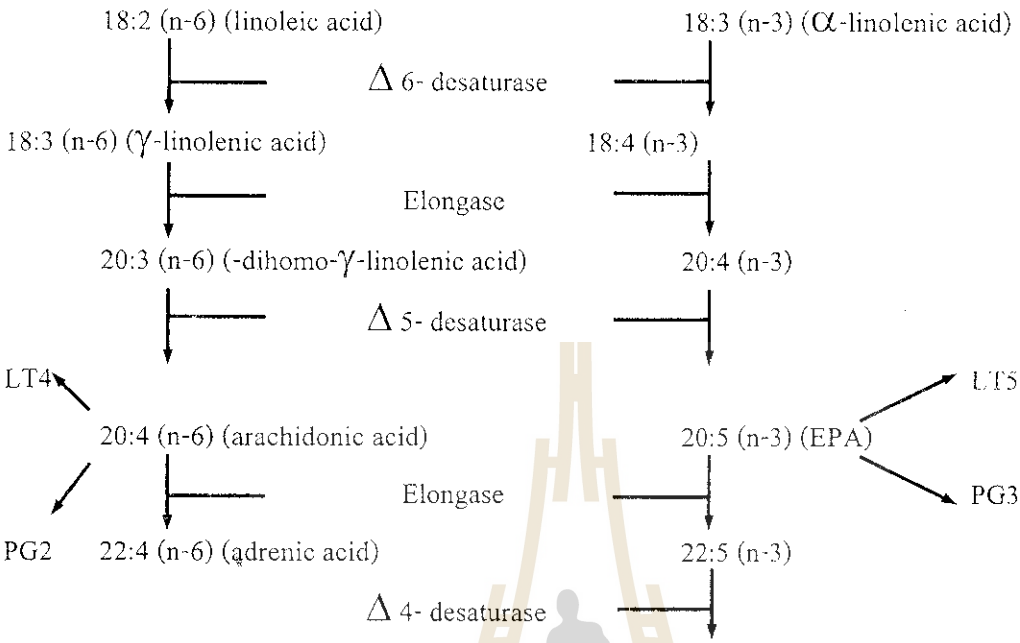
2.4.1.3.1 CLA ต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids)

Szymczyk and Pisulewski (2003) พบว่า เมื่อเสริม CLA ที่ระดับ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0% ในอาหารไก่ไข่ทำให้ปริมาณของ unsaturated fatty acids ในไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เช่น oleic acid (C18:1) (n-9) ลดลง จาก 45.8% เป็น 24.3%, linoleic acid (C18:2) (n-6) ลดลงจาก 14.2% เป็น 7.7%, รวมถึง arachidonic acid และ docosahexaenoic acid และพวก polyunsaturated fatty acids (PUFA) ก็ลดลงด้วย สอดคล้องกับ Cherian et al., (2002) และ Chamruspollert and Sell (1999) ซึ่งพบว่าเมื่อเสริม CLA ที่ระดับ 0.5, 2.5 และ 5% ในอาหารไก่ไข่ ทำให้ในไข่แดงมี

unsaturated fatty acids ลดลง จากผลของการเสริม CLA ต่อการลดลงของปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว Belury and Kempa-Steczko (1997); Chamruspollert and Sell (1999); Szymczyk and Pisulewski (2003) อธิบายว่า (แผนภาพที่ 2.4) CLA มีโครงสร้างคล้ายกับ linoleic acid (18:2) (n-6) มากกว่า linolenic acid (18:3) (n-3) ซึ่งกรดไขมันทั้งสองชนิดนี้เป็นสับเสตรทของเอนไซม์ Δ 6- desaturase ในเซลล์ตับ ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยน linoleic acid (C18:2) (n-6) และ linolenic acid (C18:3) (n-3) เป็น (C18:3) (n-6) และ (C18:3) (n-4) ซึ่งเป็นขั้นตอนเริ่มต้นของการต่อสายยาวของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเหล่านั้น และเป็น rate- limiting step ของการเปลี่ยน linoleic acid และ linolenic acid ไปเป็น arachidonic acid และ eicosapentaenoic acid (EPA) โดยที่ CLA จะเป็นตัวยับยั้งชนิดแข่งขันกับเอนไซม์ Δ 6- desaturase ทำให้โอกาสในการเปลี่ยนเป็น arachidonic acid และ docosahexaenoic acid ลดลง ทำให้กรดไขมัน 2 ตัวนี้ลดลงเมื่อเพิ่มระดับการเสริม CLA ในอาหาร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แผนภาพที่ 2.4 แสดง Possible effect of CLA on the metabolism of (n-6) and (n-3) fatty acids



หมายเหตุ PG2 , PG3 = Prostraglandin ; LT3 , LT4 = Leukotriene

ที่มา : ดัดแปลงจาก Juneja (1997) และ Raes et al. (2002)

2.4.1.3.2 CLA ต่อกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids)

Ahn et al. (1999), Chamruspollert and Sell (1999), Du et al. (1999) และ Aydin et al. (2001) พบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้ปริมาณ saturated fatty acids เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2.3) สอดคล้องกับ Raes et al. (2002) ได้ทำการทดลองในไก่ไข่และอธิบายว่า การเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (MUFA) เป็นเพราะ CLA ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Δ9 desaturase enzyme (stearoyl-CoA desaturase) เพราะเอนไซม์ตัวนี้มีหน้าที่ในการไปเติมพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 9 และ 10 ของกรดไขมันอิ่มตัว คือ กรดปาล์มิติก (palmitic acid, C16:0) กรดสเตียริก (stearic acid, C18:0) เพื่อที่จะเปลี่ยนเป็นกรดปาล์มิโตเลอิก (palmitoleic acid, C16:1) และกรดโอเลอิก (oleic acid, C18:1) ตามลำดับ ทำให้กรดไขมันอิ่มตัว (SFA) เหล่านั้น ไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (MUFA) ได้ ทำให้ MUFA ลดลง และ SFA เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2.8 แสดงผลของการเสริม CLA ต่อปริมาณ fatty acids ในไข่แดง

แหล่งข้อมูล	การเสริม CLA (%)	ปริมาณ monounsaturated fatty acid (%)	ปริมาณ polyunsaturated fatty acid (%)	ปริมาณ saturated fatty acid (%)
Ahn et al. (1999)	0	34.22 a	31.24	34.04 b
	2.5	23.28 b	32.96	43.76 a
	5.0	26.27 b	30.49	43.24 a
Chamruspollert and Sell (1999)	0	31.37 a	32.86a	35.16 ab
	0.5	24.69 b	32.62a	42.05 a
	2.5	24.03 b	33.24 ab	41.81 a
	5.0	23.76 b	29.00 b	42.33 a
Szymczyk and Pisulewski (2003)	0	49.10 a	19.30 a	31.00 d
	0.5	33.60 b	18.60 b	45.20 c
	1	29.10 bc	16.40 c	49.10 b
	1.5	26.00 c	13.90 d	53.10 a
	2	28.10 bc	9.90 e	53.30 a

a,b,c,d,e มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P<0.05$

2.4.1.4 CLA ต่อปริมาณ cholesterol ในไข่แดง

Hur et al. (2003) พบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2.5 และ 5% พบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม คือ 14.26, 13.90, 13.86 และ 13.85 มิลลิกรัมต่อกรัมไข่แดง แต่ก็ขัดแย้งกับ Szymczyk and Pisulewski (2003) พบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2% ในอาหารไก่ไข่ไม่ได้ทำให้ปริมาณของคอเลสเตอรอลในไข่แดงเปลี่ยนแปลงเมื่อคิดเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมไข่แดง แต่เมื่อคิดปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงต่อฟอง พบว่า มีค่า 262.43, 240.24, 238.90, 231.35 และ 228.05 มิลลิกรัม ตามระดับการเสริม CLA ที่ระดับ 2% ทำให้มีปริมาณคอเลสเตอรอลต่อฟองต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เป็นเพราะว่าไข่มีขนาดเล็กลงทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลต่อฟองจึงน้อยลงด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2.4 Hur et al. (2003) อธิบายว่าการลดลงของการสะสมคอเลสเตอรอลในไข่แดงอาจเป็นเพราะมีความสัมพันธ์กับปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด เพราะตับเป็นอวัยวะสำคัญในการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล หลังจากที่เริ่มสังเคราะห์ที่ตับคอเลสเตอรอลจะถูกขนส่งโดย plasma lipoprotein หลักๆ คือ very low density lipoprotein cholesterol (VLDL-cholesterol) และ triacyglycerol ก็จะถูกหลั่งมาจากตับในรูปของ VLDL Lee et al. (1994) ได้รายงานว่า การให้ 0.5 % CLA ในหนู เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 11 วันจะ มีผล

ทำให้ระดับ LDL-cholesterol และ Triglycerides ในเลือดลดน้อยลง เป็นไปได้ว่าการขนย้ายคอเลสเตอรอลจากตับเข้ากระแสเลือดไปสะสมในไข่แดงจึงลดลงด้วย โดยกลไกการลดระดับ LDL-cholesterol นั้นยังไม่เป็นที่ทราบอย่างแน่ชัด ทั้งนี้อาจเกิดจากขั้นตอนการ re-esterify cholesterol โดยกรดไขมัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวคือ oleic acid ที่ CLA มีผลในการยับยั้งเอนไซม์ที่เปลี่ยน stearic acid เป็น oleic acid ทำให้ re-esterify cholesterol ลดลงได้ (Geoffery, 1998)

ตารางที่ 2.9 แสดงผลของการเสริม CLA ต่อปริมาณ cholesterol ใน ไข่แดง

แหล่งข้อมูล		cholesterol contents	
	CLA %	Mg/g yolk	mg/egg
Szymczyk and Pisulewski (2003)	0	15.24	262.43 a
	0.5	14.49	240.24 b
	1	14.28	238.90 b
	1.5	14.09	231.35 bc
	2	13.47	228.05 c
Hur et al. (2003)	0	14.26 a	-
	1	13.90 b	-
	2.5	13.86 b	-
	5	13.85 b	-

a,b,c มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P<0.05$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
การศึกษาผลของ CLA ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก องค์ประกอบของ fatty acids ปริมาณของ cholesterol และ CLA ในเนื้อสุกรขุน

3.1 คำนำ

การผลิตสุกรในอดีตนั้น ส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญถึงปริมาณของผลผลิตเป็นหลัก เพื่อให้มีเพียงพอกับความต้องการของประชากรภายในประเทศ ซึ่งในปัจจุบันได้มีเทคนิคต่างๆ ที่นำมาใช้ในทางการผลิตสุกร ตลอดจนการพัฒนางานวิจัย และงานทดลองต่างๆ เพื่อทำให้การผลิตสุกรมีปริมาณเพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศ วัตถุเสริมในอาหาร (feed additive) จึงได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลาย อาทิเช่น probiotic, prebiotic, enzyme, organic acids, สมุนไพร เป็นต้น และนอกจากนี้ยังมีสารอีกประเภทหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจในการศึกษา คือ conjugated linoleic acid หรือ CLA ซึ่งจัดเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว โดยจากรายงานการวิจัยที่เกี่ยวของกับการเจริญเติบโตของสุกรขุนของ Parrish et al. (www, 2001) และ Thiel – Cooper et al. (2001) มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของสุกรขุนเพิ่มขึ้น ซึ่งตรงกันข้ามกับงานวิจัยของ Eggert et al. (www, 1998) ที่พบว่า CLA ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสุกรขุน อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าการทดลองทั้งหมดเป็นการทดลองในต่างประเทศทั้งสิ้น ซึ่งให้ผลที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจอย่างยิ่งว่าการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนที่ได้มีการทดลองในประเทศไทยในครั้งนี้จะให้ผลไปในทิศทางใด ซึ่งหากผลการศึกษาพบว่า CLA ที่ใช้สามารถเพิ่มสมรรถภาพการผลิตของสุกรขุนได้ในระดับที่น่าพอใจก็จะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการนำมาใช้เพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิตสุกรขุนในอนาคต

ในปัจจุบันการผลิตสุกรนอกจากผู้ผลิตจะให้ความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสุกรแล้ว ยังต้องให้ความสำคัญต่อคุณภาพซากของสุกรด้วยเพื่อเป็นการตอบสนองต่อผู้บริโภค จึงได้มีการใช้สารเร่งเนื้อแดง อาทิเช่น สารในกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ (β-Agonist) ซึ่งในปัจจุบันสารจำพวกนี้ได้ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคโดยได้มีการตกค้างในผลิตภัณฑ์อันเป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ได้ (พันทิพา และคณะ 2541) จึงมีการคิดค้นสารที่มีความปลอดภัยเพื่อนำมาใช้แทนสารในกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ ซึ่ง CLA เป็นอีกสารที่ได้รับการศึกษากันอย่างกว้างขวาง ซึ่งจากรายงานของ Schinckel et al. (www, 2000); Thiel-Cooper et al. (2001); Ramsay et al. (2001) พบว่า CLA นั้นสามารถที่จะช่วยปรับปรุงคุณภาพซากของสุกรได้ โดยพบว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของ CLA นั้นทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันในซากลดลง เพิ่มเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ทำให้ไขมันซากไม่เหลว เนื่องจากการทดลองเกี่ยวกับ CLA นั้นยังเป็นเรื่องใหม่ในสุกรและในอนาคตผู้บริโภคในประเทศไทยจะให้ความสำคัญกับคุณภาพเนื้อสุกรมากขึ้น จึงเป็นที่น่าสนใจว่า การใช้ CLA เพื่อปรับปรุงคุณภาพซากของสุกรมีความ

เป็นไปได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งหากผลการศึกษาพบว่า CLA ที่ใช้สามารถปรับปรุงคุณภาพซากได้ในระดับที่น่าพอใจ ก็จะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการนำมาใช้เพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิตสุกรขุนในอนาคต

นอกจากรายงานที่พบว่า CLA มีคุณสมบัติในการช่วยปรับปรุงการเจริญเติบโต (Parrish et al. (www, 2001) และ Thiel-Cooper et al., 2001) และช่วยในการปรับปรุงคุณภาพซาก (Schinckel et al. (www, 2000); Thiel-Cooper et al.,2001; Ramsay et al., 2001) ของสุกรได้ แล้วยังมีนักวิจัยที่ค้นพบคุณสมบัติของ CLA ที่นับว่ามีประโยชน์ต่อผู้บริโภค อาทิเช่น คุณสมบัติในการเป็น antioxidant ที่ดี ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจอันเนื่องมาจากหลอดโลหิตตีบตัน (Pariza and Hargraves, 1985) มีคุณสมบัติในการเป็น aniticarcinogen และมีประสิทธิภาพในการลดไขมันในร่างกาย (Brodie et al., 1999: Yamasaki et al., 1999; Park et al., 1999) ซึ่งจากคุณสมบัติดังกล่าวนับว่ามีประโยชน์ต่อผู้บริโภคเป็นอย่างมาก ซึ่งจากผลการทดลองของ Eggert et al. (www, 1998); Ramsay et al., (2001); Thiel-Cooper et al. (2001) ที่ได้ทำการเสริม CLA ในอาหารสุกร ซึ่งจากผลการทดลองก็พบว่ามีการสะสมของ CLA ในผลิตภัณฑ์ของเนื้อสุกร และนอกจากนี้ยังพบว่าการเสริม CLA ไม่ส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสุกร เช่น โปรตีน ความชื้น เถ้า เป็นต้น (Ramsay et al., 2001) จึงเป็นที่น่าสนใจว่าการศึกษาในครั้งนี้จะสามารถเพิ่มปริมาณ CLA ในผลิตภัณฑ์ของเนื้อสุกรมากน้อยเพียงใด ซึ่งหากผลการทดลองอยู่ในระดับที่น่าพอใจก็จะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสุกรและยังเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคที่นอกจากจะได้รับคุณค่าทางอาหารของเนื้อสุกรแล้วยังได้รับ CLA ที่มีการสะสมอยู่ในตัวของผลิตภัณฑ์ในอีกทางหนึ่งด้วย

3.2 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

3.1 นำวัตถุดิบที่จะใช้ในการประกอบสูตรอาหารมาวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร ได้แก่ โปรตีน เยื่อใย ไขมัน เถ้า และความชื้น โดยวิธี proximate analysis (AOAC, 1990) และนำมาคำนวณความต้องการพลังงานตาม NRC, (1998) เพื่อทำการประกอบสูตรอาหาร

3.2 จัดแผนการทดลองแบบ 3*2 factorial arrangement in CRD ซึ่งมีการจัด treatment ดังนี้

- ปัจจัยที่ 1 คือ ระดับการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุน ได้แก่ 0, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ใช้จำนวน 4 ซ้ำต่อ 1 treatment

- ปัจจัยที่ 2 คือ เพศ ประกอบไปด้วย สุกรขุนเพศผู้ตอนและสุกรขุนเพศเมีย

3.3 ใช้สุกรขุนผสมสามสายพันธุ์ [Duroc x (Landrace x Large White)] จำนวน 48 ตัว โดยแบ่งเป็นสุกรเพศผู้ตอน 24 ตัว และสุกรเพศเมีย 24 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 60 กิโลกรัม

3.4 สุกรทุกตัวเลี้ยงอยู่ภายใต้โรงเรือนเดียวกัน และภายในคอกมีถังกลเพื่อใส่อาหาร ระบบน้ำเป็นแบบ nipple และสุกรทุกตัวได้รับการเลี้ยงดูอย่างดีเหมือนกัน

CLA 0.5 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับน้ำหนักอาหาร (16.7 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม) กลุ่มการทดลองที่ 3 ทำการเสริม CLA 1.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับน้ำหนักอาหาร (33.3 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม) การคำนวณความต้องการโภชนะอ้างอิงจาก NRC (1998)

3.6 ทำการบันทึกน้ำหนักของสุกรแรกเข้าโดยทำการเก็บน้ำหนักของสุกรทุก 2 สัปดาห์ ปริมาณการกินจะทำการเก็บทุกสัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วันติดกัน โดยการทำความสะอาดที่ให้อาหารแล้วใส่อาหารที่ชั่งน้ำหนักไว้แล้ว เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ทำการเก็บอาหารที่เหลือชั่งน้ำหนัก การวัดปริมาณการกินโดยจะต้องนำอาหารก่อนกินและหลังกินไปอบเพื่อไล่ความชื้นออกเสียก่อน แล้วทำการปรับความชื้นของอาหารหลังกินให้เท่ากับอาหารก่อนกิน แล้วจึงค่อยนำปริมาณอาหารก่อนกินลบด้วยปริมาณอาหารที่เหลือหลังกิน เป็นจำนวนอาหารที่กินได้ต่อวัน ในการวัดสมรรถภาพการผลิตจะใช้ค่า ADG, ADFI และ G/F เป็นดัชนีในการวัด

3.7 ทำการสุ่มสุกรมาชำแหละกลุ่มการทดลองละ 4 ตัว โดยมีทั้งเพศผู้และเพศเมีย จำนวนทั้งหมด 12 ตัว (เพศผู้ตอนจำนวน 6 ตัวและเพศเมีย จำนวน 6 ตัว)

3.8 ทำการชั่งน้ำหนักซาก (carcass weight) หลังจากการชำแหละ ตัดส่วนหัวและนำอวัยวะภายในออกทั้งหมด

3.9 หลังจากนั้นนำซากซีกขวา เพื่อใช้ในการวัดความหนาของไขมันสันหลัง (back fat thickness) พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin eye area) เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (lean percent) ความแน่น (firmness) ไขมันแทรก (marbling) และสี (color)

3.10 ทำการวัดความหนาของไขมันสันหลัง (back fat thickness) ที่ตำแหน่งซี่โครงซี่แรก (1^{st} rib) ซี่โครงซี่ที่ 10 (10^{th} rib) ซี่โครงซี่สุดท้าย (last rib) และกระดูกเอวข้อสุดท้าย (last lumbar) โดยใช้ swine back fat gauge (Warrie et al., www, 2001)

3.11 การวัดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin eye area) วัดที่เนื้อสันนอกบริเวณกระดูกซี่โครงคู่ที่ 10 โดยใช้ Leaf area (บริษัท Delta-t Devices LTD. England) และใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผล ทำการ calibrate เครื่องโดยใช้ไม้บรรทัด ว่าจะวัดออกมาเป็นหน่วยตารางเซนติเมตร หลังจากนั้นนำเนื้อสันนอกส่วนที่จะวัดไปวางบนเครื่องโดยที่มีแผ่นใสรองเพื่อวัดพื้นที่หน้าตัด ซึ่งค่าที่ได้จะแสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

3.12 การวัดเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (lean percent) โดยใช้ตามวิธีของ NPPC (1991)

$$\text{Lean percent} = \frac{[7.231 + (0.437 \times \text{carcass weight}) - (18.746 \times \text{tenth rib fat}) + (3.877 \times \text{LEA})] \times 100}{\text{Carcass weight}}$$

เมื่อ LEA คือ loin eye area

3.13 การประเมินสี (color) ในเนื้อสันนอกและเนื้อสะโพก ทำการประเมินหลังจากทำการแช่เย็นที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาประเมินสี โดยที่เนื้อสันนอกจะทำการประเมินที่เนื้อสันนอกระหว่างกระดูกซี่โครงซี่ที่ 10 และ 11 และเนื้อสะโพกจะทำการประเมินที่

กล้ามเนื้อส่วน semimembranosus จะใช้การสะท้อนแสงด้วยเครื่องวัดสี CR-300 MINOLTA (Minolta Camera Co., Ltd., Osaka, Japan) รายงานผลในหน่วยของสีตามระบบของ Hunter เป็นค่า L, a และ b แหล่งแสงที่ใช้เป็นแบบ Daylight (D65) โดยใช้เครื่องมือวัดสีที่เรียกว่า Minolta colorimeter แล้วรายงานผลเป็นค่า L, a, b ตามระบบของ Hunter การประเมินทำได้โดยการห่อหุ้มตัวอย่างเนื้อสันนอกและเนื้อสะโพกด้วยฟิล์มยืดห่อหุ้มอาหารชนิดโพลิไวนิลคลอไรด์ (m WRAP, บริษัท เอ็ม เอ็ม พี แพ็คเกจจิ้ง กรุ๊พ จำกัด, กทม.) โดยทำการวัดเนื้อสันนอกและเนื้อสะโพกจำนวน 12 ครั้งต่อตัวอย่าง และทำการวัดทั่วบริเวณชิ้นเนื้อ

3.14 การวัดความคงตัวหรือความแน่น (firmness) ของเนื้อสันนอกและเนื้อสะโพกทำการประเมินหลังจากทำการแช่เย็นที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาประเมินความคงตัวหรือความแน่นโดยที่เนื้อสันนอกจะทำการประเมินที่เนื้อสันนอกระหว่างกระดูกซี่โครงซี่ที่ 10 และ 11 และเนื้อสะโพกจะทำการประเมินที่กล้ามเนื้อส่วน semimembranosus โดยใช้ หัววัดแบบ warner bratzler blade attachment ซึ่งต่อกับเครื่อง Texture Analyzer (TA-TX2 Texture Analyzer, stable Micro Systems, UK) โดยที่ตัวอย่างที่ใช้วัดมีขนาด 1 x 3 x1 (กว้าง x ยาว x สูง) ซึ่งขณะรอการวัดตัวอย่างจะถูกเก็บไว้ในถุงพลาสติกปกมิดชิดที่อุณหภูมิ 5-10 °C (Harris and Shorthose, 1988; Lyon and Lyon, 1998) บันทึกค่าแรงสูงสุดที่ใช้ในการตัดตัวอย่างในหน่วยเป็นกรัม แล้วรายงานค่าเป็นแรงสูงสุดต่อความหนาของตัวอย่าง (Force/Distance) (Lyon and Lyon, 1998) และทำการวัด 12 ครั้งในแต่ละตัวอย่าง

3.15 การวัดไขมันแทรก (marbling) ในเนื้อสันนอกและสะโพก โดยที่เนื้อสันนอกจะทำการประเมินที่เนื้อสันนอกระหว่างกระดูกซี่โครงซี่ที่ 10 และ 11 และเนื้อสะโพกจะทำการประเมินที่กล้ามเนื้อส่วน semimembranosus โดยการประเมินเป็น score (1 = devoid to practically devoid, 2 = trace to slight, 3 = small to modest, 4 = moderate to slightly abundant และ 5 = moderately abundant or greater) ตามวิธีของ NPPC (1991)

3.16 ทำการบดตัวอย่างเนื้อสุกร ซึ่งประกอบด้วย เนื้อส่วนสะโพกและเนื้อสันนอก ให้ละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียด (super blender, National) และหลังจากนั้นจะทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อทั้งสองส่วน ซึ่งประกอบไปด้วย โปรตีน ความชื้น และเถ้า โดยใช้วิธี proximate analysis (AOAC, 1990)

3.17 การวิเคราะห์ปริมาณของไขมันในเนื้อส่วนสะโพกและเนื้อสันนอก (percentage of lipid) ซึ่งดัดแปลงจากวิธี Folch et al. (1957) และ Metcalfe et al. (1966) โดยการชั่งตัวอย่าง 15 กรัม ใส่ลงไปในโถปั่น เติมสารผสมระหว่าง chloroform-methanol (2:1 v/v) ปริมาณ 90 มิลลิลิตร และปั่นให้ละเอียดเป็นเวลา 2 นาที ด้วยเครื่อง homoginizer (Nissei AM-8 Homoginizer, Nihonseiki kaisha, LTD., Japan) แล้วเติม chloroform ปริมาณ 30 มิลลิลิตร และปั่นอีกครั้งเป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้นกรองตัวอย่างใส่ separating funnel แล้วเติมน้ำกำจัดไอออน (deionizer water) ปริมาณ 30 มิลลิลิตร

และ 0.58% NaCl ปริมาณ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้จนสารละลายแยกชั้นอย่างชัดเจน ปล่อยสารละลายส่วนล่างใส่ evaporating flask ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ทำการแยกตัวทำสารละลายออกจากไขมันโดยระเหยที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ด้วย Rotary Evaporator (BUCHI Rotavapor R-200, BUCHI Labortecnnik AG, Switzerland) บันทึกน้ำหนักไขมันที่ได้

3.18 ทำการเก็บตัวอย่างเลือด ในระหว่างการทดลองจะมีการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อนำมาวิเคราะห์ระดับของ total cholesterol, HDL, LDL และ triglycerides ใน plasma โดยทำการเก็บตัวอย่างเลือดจากสุกรขุนโดยสุ่มซ้ำละ 1 ตัวรวมทั้งหมด 12 ตัว (ตามระดับการเสริม CLA) ทำการเจาะเลือดบริเวณเส้นเลือดดำบริเวณคอ (jugular vein) ปริมาณ 10 มิลลิลิตรต่อตัว โดยใช้เข็มเบอร์ 18 ความยาว 3 นิ้ว โดยเก็บตัวอย่างเลือดในหลอดที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด เก็บใส่กระติกน้ำแข็ง หลังจากนั้นนำตัวอย่างเลือดมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็ว 1000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 10-20 นาทีเก็บตัวอย่างส่วนที่ใสด้านบนลงใน microtube (ซึ่งจะเป็นส่วนของ plasma) ในส่วนของการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้

- Total cholesterol และ HDL ทำการวิเคราะห์โดยใช้ kit สำเร็จรูปและทำการวัดด้วยเครื่อง Reflotron (บริษัท Roche Diagnostics Corporation, Germany)

- Triglycerides ทำการวัดด้วยเครื่อง Automatic Express plus (Biosystem S.A., Spain) และ LDL ทำการวัดโดยใช้เครื่อง Hitachi รุ่น 917 (บริษัท Roche Diagnostics Corporation, Germany) ทำการวัดโดยการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน triglyceride และ LDL และอ่านค่าที่ได้จากการแสดงผลบนจอเครื่องที่ทำการวัดพารามิเตอร์ของแต่ละตัว

3.19 การวิเคราะห์ปริมาณของไขมันในเนื้อส่วนสะโพกและเนื้อสันนอก (percentage of lipid) ซึ่งดัดแปลงจากวิธี Folch et al. (1957) และ Metcalfe et al. (1966) โดยการชั่งตัวอย่าง 15 กรัม ใส่ลงไปในโถปั่น เติม chloroform-methanol (2:1 v/v) ปริมาณ 90 มิลลิลิตร และปั่นให้ละเอียดเป็นเวลา 2 นาทีด้วยเครื่อง homogenizer (Nissei AM-8 Homoginizer, Nihonseiki kaisha, LTD., Japan) แล้วเติม chloroform ปริมาณ 30 มิลลิลิตรและปั่นอีกครั้งเป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้นกรองตัวอย่างใส่ separating funnel แล้วเติมน้ำกำจัดไอออน (deionized water) ปริมาณ 30 มิลลิลิตร และ 0.58% NaCl ปริมาณ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้จนสารละลายแยกชั้นอย่างชัดเจน ปล่อยสารละลายส่วนล่างใส่ evaporating flask ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ทำการแยกตัวทำสารละลายออกจากไขมันโดยระเหยที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ด้วย Rotary Evaporator (BUCHI Rotavapor R-200, BUCHI Labortecnnik AG, Switzerland) บันทึกน้ำหนักไขมันที่ได้

3.20 การวิเคราะห์องค์ประกอบและปริมาณของ fatty acids และการสะสมของ CLA ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการทำ saponification และ การทำ methylation ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Ostrowska et al. (2000)

1. การทำ saponification

- ชั่งน้ำมันจากการวิเคราะห์ปริมาณของไขมันตามวิธีของ Folch et al. (1957) และ Metcalfe et al. (1966) ประมาณ 30 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดทดลองฝาเกลียวขนาด 15 มิลลิลิตร

- เติม 1.5 มิลลิลิตร ของ 0.5 N NaOH/MeOH ใส่ในหลอด แล้วไล่อากาศภายในหลอดด้วยแก๊สไนโตรเจน ปิดฝาหลอดทดลองให้สนิท

- ให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส ใน water bath นาน 5 นาที ระหว่างนี้ควรเขย่าอย่างแรง 1-2 ครั้ง แล้วทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิปกติ การทำ saponification ที่สมบูรณ์สังเกตจากการได้สารละลายใส ไม่มีหยดน้ำมันเหลืออยู่

2. การทำ methylation

- เติม 2 มิลลิลิตร ของ 14% BF3/MeOH ใส่ในหลอดทดลองที่ทำการ saponification ที่สมบูรณ์ ไล่อากาศภายในหลอดด้วยแก๊สไนโตรเจน แล้วทำการเติม internal standard จำนวน 1 มิลลิลิตร (ใช้ C17 ความเข้มข้นแน่นอน 2.00 mg/ml ใน hexane)

- ให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส ใน water bath นาน 5 นาที ระหว่างนี้ควรเขย่าอย่างแรง 1-2 ครั้ง แล้วทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิปกติ

- เท solution ที่ได้จากการทำ methylation ลงในหลอดเซนตริฟิวจ์ฝาเกลียวขนาด 50 มิลลิลิตร เซนตริฟิวจ์ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 5000 rpm นาน 15 นาที เพื่อทำให้ liquid-liquid phase แยกได้ดีขึ้น

- เติม 5 มิลลิลิตร ของ hexane และ 10 มิลลิลิตร ของน้ำกลั่น และทำการเขย่าเบาๆ

- ทำการไปเปตชั้น hexane (ชั้นบน) และ dry น้ำที่อาจติดออกมาด้วย sodium sulphate ต้องให้แน่ใจว่าตัวอย่างไม่มีน้ำปน เพราะน้ำที่หลงเหลืออยู่อาจมีผลต่อ GC ซึ่งเป็น polar และ ion exchange column

- เก็บสารละลาย CLA methyl ester ในขวดสีชา ไล่อากาศด้วยแก๊สไนโตรเจน ฉีดสารละลายปริมาณ 1.0 µl ใส่ใน GC (HEWLETT PACKARD, HP 6890 Series GC system, U.S.A.) โดยทำการเปรียบเทียบค่า retention กับ standard FAME mixture (SupelcoTM 37 component FAME Mix, Sigma-Aldrich Co., U.S.A.) และถ้าต้องการเก็บควรเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Conditions of GC:

Column: Helium 18 cm/sec, 1.0 ml/min constant flow

Injector: Spilit (30:1), 1 μl liquid injection, inlet 240 oC

Oven: 70oC (4 min), to 175 oC (27 min) at 13.0 oC/min to 215 oC (31 mm) at 4.0 oC/min

Detector: Temperature: FID, 260 °C

3.21 การวิเคราะห์ cholesterol โดยทำการดัดแปลงจากวิธีของ Rowe et al. (1999) ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัมใส่ลงใน flat bottom flask เติมสารผสม ethanol-methanol-isopropanol (90:5:5 v/v/v) ปริมาณ 4 มิลลิลิตรต่อตัวอย่าง 1 กรัม และเติม 60% KOH ปริมาณ 1 มิลลิลิตรต่อตัวอย่าง 1 กรัม จากนั้น reflux เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นถ่ายตัวอย่างใส่ใน separating funnel เติม hexane ปริมาณ 100 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วทิ้งไว้จนสังเกตเห็นการแยกชั้นของสารละลายอย่างชัดเจน แยกส่วนของชั้น hexane (ชั้นบน) ใส่ใน flask แล้วไปเปตส่วนดังกล่าวปริมาณ 25 มิลลิลิตร มาทำให้แห้งด้วยแก๊สไนโตรเจนแล้วละลายส่วนที่แห้งด้วยสารละลาย internal standard (ละลาย 5α- cholestane ใน hexane เข้มข้น 0.1mg/ml) ปริมาณ 1 มิลลิลิตร วิเคราะห์ปริมาณ cholesterol โดย GC (HEWLETT PACKARD, HP 6890 Series GC system, U.S.A.) ปริมาณ 1 μl โดยทำการเปรียบเทียบค่า retention ของ peak ของตัวอย่างกับ standard cholesterol (Fluka, U.S.A.)

Conditions of GC :

Column: HP 1909 1A-112 (Ultra 1 Methyl Siloxane) (25 M x 320 μm)

Injector Temperature: 260 °C

Column Temperature: 300 °C

Flow rate: 1 ml/min

Detector Temperature: FID, 300 °C

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1985)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรต่อการเจริญเติบโตของสุกรขุน แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 พบว่า เมื่อพิจารณาน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า การเสริม CLA ไม่ทำให้น้ำหนักมีการเปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) แต่พบว่ามี สุกรขุนเพศผู้ตอนมีน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลองสูงกว่า ($P<0.01$) สุกรขุนเพศเมีย เมื่อศึกษาถึงอิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศ พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมกัน ($P>0.05$)

การเสริม CLA ไม่ส่งผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน (average daily gain, ADG) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าสุกรขุนเพศผู้ตอนมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวันสูงกว่า ($P<0.01$) สุกรขุนเพศเมียในสัปดาห์ที่ 1-2, 5-6 และตลอดการทดลอง (สัปดาห์ที่ 1-6)

การเสริม CLA ไม่ส่งผลทำให้ปริมาณการกินได้ต่อตัวต่อวัน (average daily feed intake, ADFI) ของสุกรขุนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าสุกรขุนเพศผู้ตอนมีอัตราการการกินได้สูงกว่า ($P<0.05$) สุกรขุนเพศเมียในสัปดาห์ที่ 5-6 เช่นเดียวกัน การเสริม CLA ไม่ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (gain: feed) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าสุกรขุนเพศผู้ตอนมีประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงกว่าสุกรขุนเพศเมีย ในสัปดาห์ที่ 1-2 ($P<0.05$), 5-6 ($P<0.05$) และตลอดการทดลอง (สัปดาห์ที่ 1-6) ($P<0.01$) อย่างไรก็ตาม ไม่พบว่ามีอิทธิพลร่วม ($P>0.05$) ระหว่างการเสริม CLA กับเพศต่ออัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน, ปริมาณการกินได้ต่อตัวต่อวันและประสิทธิภาพการใช้อาหารผลการทดลองในการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Carroll et al. (www, 1999); O'Quinn et al. (2000); Heckart et al. (www, 2001) และ Ramsay et al. (2001) ซึ่งงานวิจัยของ Carroll et al. (1999) ได้ทำการทดลองเสริม CLA ในอาหารสุกรที่ระดับ 0 และ 1.0% โดยใช้สุกรเพศเมียจำนวน 224 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 25.45 กิโลกรัม ผลการทดลองพบว่า การเสริม CLA ในอาหารสุกรไม่มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวันและประสิทธิภาพการใช้อาหารเปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) แต่กลับพบว่ามีผลทำให้ปริมาณการกินอาหารต่อตัวต่อวันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กล่าวคือ การเสริม CLA ที่ระดับ 1.0% ทำให้ปริมาณการกินอาหารต่อตัวต่อวันของสุกรลดลง O' Quinn et al., (2000) ที่ได้ทำการทดลอง เสริม CLA ที่ระดับ 0 และ 0.5% การทดลองของ Heckart et al., (2001) ที่ได้ทำการทดลองเสริม CLA ในอาหารสุกรที่ระดับ 0 และ 0.6% และการทดลองของ Ramsay et al., (2001) ที่ได้ทำการทดลองเสริม CLA ในอาหารสุกรที่ระดับ 0, 0.25, 0.50, 1.0 และ 2.0% ล้วนพบว่าการเสริม CLA ในอาหารสุกรไม่มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน ปริมาณการกินอาหารต่อตัวต่อวันและประสิทธิภาพการใช้อาหารมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ต่อตัวต่อวันและประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงขึ้น แต่การทดลองพบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 0.5 และ 1.0% อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวันและประสิทธิภาพการใช้อาหาร ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในขณะที่ผลการทดลองของ Eggert et al., (1998) ที่ทำการเสริม CLA ที่ระดับ 0 และ 1.0% ผลการทดลองพบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวันและประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง ($P<0.01$) ซึ่งเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยากที่จะสรุปได้ว่า CLA มีผลต่อสมมรรถภาพการผลิตสุกรหรือไม่ ทั้งนี้อาจจะเป็นผลเนื่องจากมีปัจจัยหลายปัจจัยที่แตกต่างกันในแต่ละการทดลอง เช่น เพศของสุกรที่ใช้ทดลอง ฤดูกาลที่ทำการทดลอง สายพันธุ์ของสุกรที่ใช้ในแต่ละการทดลอง อาจจะมีประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน (Cook et al., 1998; Ramsay et al., 2001)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสุกรขุนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย อาทิเช่น การกินได้ของสุกรและปริมาณโภชนะที่สุกรได้รับ เป็นต้น ซึ่งจากผลการทดลองข้างต้นปริมาณของการกินได้ทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง (เสริม CLA 0, 0.5 และ 1.0%) ไม่มีความแตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาอีกหนึ่งปัจจัยคือปริมาณของโภชนะที่ได้รับ โดยเฉพาะพลังงาน ปริมาณโปรตีนและไขมันที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสุกร ซึ่งจากผลการทดลองเมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) จึงไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง 3 กลุ่มการทดลอง แต่เมื่อพิจารณาในเรื่องเพศ พบว่าสุกรขุนเพศผู้ตอนมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่า ($P<0.01$) สุกรขุนเพศเมีย ทั้งนี้เนื่องมาจากสุกรขุนเพศผู้ตอนมีแนวโน้มในการกินได้สูงกว่าสุกรขุนเพศเมีย และเมื่อพิจารณาถึงโภชนะที่ได้รับ พบว่า พลังงานและปริมาณ โปรตีนที่ได้รับของสุกรขุนเพศผู้มีปริมาณสูงกว่าสุกรขุนเพศเมีย ซึ่งโภชนะเหล่านี้มีผลในการเจริญเติบโตของสุกรขุน การเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อความหนาของไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง แสดงไว้ในตารางที่ 3.2 โดยทำการวัดที่ตำแหน่งซี่โครงซี่ที่ 1 ซี่โครงซี่ที่ 10 ซี่โครงซี่สุดท้าย และกระดูกเอวข้อสุดท้าย พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันวัดเนื้อสันนอกบริเวณซี่โครงคู่ที่ 10 และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงประเมินตามแบบ NPPC (1991) ซึ่งจากการทดลองพบว่าการเสริม CLA และเพศ ไม่ทำให้ความหนาของไขมันสันหลังทั้ง 4 ตำแหน่งที่ทำการประเมิน พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ผลการเสริม CLA ต่อลักษณะความแน่น (firmness) ปริมาณไขมันแทรก (marbling) และสีของเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก (ตารางที่ 3.3) โดยการประเมินความแน่นของเนื้อใช้ค่าแรงกดต่อความหนาของเนื้อ จากการวัดด้วยหัวแบบ warner bratzler blade attachment และปริมาณไขมันแทรกของเนื้อใช้การประเมินตามแบบของ NPPC (1991) รายงานผลเป็นระดับ scale และการประเมินสี (ค่าที่แสดงจะเป็นค่า L, a, b ของระบบหน่วยสีของ Hunter) โดยที่ค่า L เป็นค่าความสว่าง ถ้าค่า L ต่ำแสดงว่ามีสีเข้มคล้ำ แต่ถ้าค่า L สูงหมายถึง สีอ่อนค่อนไปทางสีขาว ส่วนค่า a และ b มีทั้งเป็นบวกและลบ โดยที่ a+ เป็นสีแดง ที่ศูนย์เป็นสีเทา และ a- เป็นสีขาว ค่า b+ เป็นสีเหลือง สีเทาเมื่อเป็นศูนย์และสีน้ำเงินเมื่อเป็นลบ โดยเนื้อสะโพกทำการประเมินที่กล้ามเนื้อส่วนที่เรียกว่า semimembranosus และเนื้อสันนอกระหว่างซี่โครงคู่ที่ 10 กับ 11 ผลการทดลองพบว่าการ

เสริม CLA และเพศไม่มีผลทำให้พารามิเตอร์ดังกล่าวข้างต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศที่มีต่อ ความหนาของไขมันสันหลังทั้ง 4 ตำแหน่ง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ความแน่น ปริมาณไขมันแทรกและสีของเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก การทดลองพบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมกัน ($P>0.05$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.1 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อการเจริญเติบโตของสุกรขุน

พารามิเตอร์	0% CLA		0.5% CLA		1.0% CLA		%CV	SEM	Pr>F		
	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย			เสริม CLA	เพศ	อิทธิพลร่วม
น้ำหนักก่อนการทดลอง	61.00	60.37	60.75	60.50	60.50	61.00	0.51	0.157	0.421	0.826	0.223
น้ำหนักหลังการทดลอง	103.91	92.62	101.50	95.37	104.12	92.25	2.72	1.377	0.991	0.001	0.317
Average daily gain (ADG)											
สัปดาห์ที่ 1-2	744	465	698	585	676	482	13.15	40.060	0.570	0.005	0.403
สัปดาห์ที่ 3-4	827	821	812	696	946	758	10.68	43.328	0.340	0.312	0.662
สัปดาห์ที่ 5-6	901	532	736	644	815	539	13.77	47.830	0.851	0.004	0.200
ตลอดการทดลอง	769	586	740	634	793	568	7.19	24.520	0.961	0.001	0.297
Average daily feed intake (ADFI)											
สัปดาห์ที่ 1-2	1.91	1.69	1.97	1.79	1.96	1.83	13.62	0.126	0.842	0.270	0.970
สัปดาห์ที่ 3-4	2.03	2.18	2.41	2.33	2.52	2.08	4.59	0.051	0.068	0.082	0.059
สัปดาห์ที่ 5-6	2.54	1.77	1.93	2.07	2.41	2.05	9.98	0.106	0.351	0.047	0.064
ตลอดการทดลอง	2.24	1.89	2.09	2.09	2.31	1.99	7.96	0.041	0.742	0.053	0.390
Gain: Feed											
สัปดาห์ที่ 1-2	0.40	0.27	0.35	0.32	0.34	0.26	13.81	0.022	0.484	0.022	0.370
สัปดาห์ที่ 3-4	0.40	0.37	0.33	0.29	0.37	0.36	9.48	0.017	0.069	0.176	0.728
สัปดาห์ที่ 5-6	0.35	0.30	0.38	0.30	0.33	0.26	12.34	0.020	0.382	0.029	0.919
ตลอดการทดลอง	0.34	0.31	0.35	0.30	0.34	0.28	5.94	0.098	0.600	0.006	0.648

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากผลการทดลองในครั้งนี้ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของความหนาของไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง โดยทั้ง 3 พารามิเตอร์นี้มีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและการลดลงของความหนาของไขมันสันหลังที่ได้ทำการประเมินแบบ NPPC (1991) โดยที่ Ostrowska et al. (1999) พบว่าการลดลงของไขมันสันหลังและการเพิ่มอัตราการสะสมเนื้อแดงขึ้นอยู่กับปริมาณของ CLA ที่เสริมในอาหารสุกร สอดคล้องกับผลการทดลองของ Dugan et al. (1997) ที่พบว่าต้องมีการเสริม CLA จำนวน 2%ในอาหารสุกรขุนจึงมีผลทำให้ลดปริมาณไขมันสันหลังและเพิ่มอัตราการสะสมเนื้อแดงได้ ในส่วนลักษณะของความแน่นและสีของเนื้อเป็นลักษณะทางกายภาพที่มีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง อาทิ การดูแลสุกรก่อนการฆ่าไม่ให้ได้รับความเครียด (สัญชัย, 2543) ซึ่งความเครียดของสุกรมีผลโดยตรงต่อคุณภาพเนื้อทางกายภาพ อาทิเช่น การเกิดเนื้อซีด เหลวและไม่คงรูป (pale, soft and exudative; PSE) ซึ่งเกิดจากขบวนการ glycolysis เป็นผลทำให้เกิดการสะสมของกรด lactic เป็นผลทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติโปรตีนของกล้ามเนื้อ (protein denature) ไม่สามารถจับน้ำในเซลล์ได้ต่อไป จึงไหลซึมมาพร้อมกับเมือดสีออกมาด้วย (ค่าความแน่นของเนื้อมีค่าต่ำและค่าสีซึ่งค่า L* กับ b* มีค่าสูงขึ้นและ ค่า a* มีค่าน้อยลง) (Joo et al., 1995; 1999) ในการทดลองในครั้งนี้ได้มีการดูแลสุกรก่อนทำการฆ่าเหมือนกันทุกกลุ่มการทดลอง คือ มีการขังเดี่ยวและทำการอดอาหารเป็นเวลา 12 ชั่วโมงก่อนการฆ่าเพื่อลดความเครียด เนื่องจากความร้อนที่เกิดจากขบวนการย่อยอาหารของตัวสัตว์เอง จะไปมีผลต่อคุณภาพเนื้อเป็นอย่างมาก (สัญชัย, 2543) นอกจากนี้ในการทดลองในครั้งนี้ น้ำมันที่ใช้ในการทดลองคือ น้ำมันปาล์ม ซึ่งมีส่วนประกอบของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวสูง โดยเฉพาะ C16:0 การทดลองของ Engel et al. (2001) ทำการเสริมไขมันสัตว์ อันประกอบด้วยกรดไขมันชนิดอิ่มตัวสูงมีผลทำให้ ความแน่นของเนื้อเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองในการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่าในอาหารทดลองกลุ่มควบคุม มีปริมาณของน้ำมันปาล์มมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 2 กลุ่มการทดลอง ด้วยคุณสมบัติของกรดไขมันอิ่มตัวที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อด้วยเช่นกัน ดังนั้นการทดลองในครั้งนี้จึงให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ของความแน่นและสีของเนื้อสุกรทั้งส่วนสะโพกและสันนอก ในส่วนของไขมันแทรกในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกพบว่า ไม่มีความแตกต่าง ($P>0.05$) อันเนื่องมาจากปริมาณการกินและปริมาณไขมันที่ได้รับไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) และจากการประเมินตามแบบ NPPC (1991) รายงานเป็นระดับ scale โดยที่ระดับ scale ที่ผู้บริโภคยอมรับได้คือจะอยู่ในช่วง scale ระหว่าง 2 ถึง 4 ซึ่งจากการทดลองการประเมินในการทดลองครั้งนี้ ค่าที่ได้อยู่ในช่วงดังกล่าว จึงจัดว่าอยู่ในปริมาณที่ผู้บริโภคยอมรับได้

สอดคล้องกับผลการทดลองของ Eggert et al. (www, 1998); Carroll et al. (www, 1999); Schinckel et al. (www, 2000) และ Eggert et al. (2001) ที่ทำการทดลองเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนที่ระดับ 0 และ 1.0% การทดลองของ O'Quinn et al. (2000) ทำการทดลองเสริม CLA ที่ระดับ 0 และ 0.5% และ Joo et al. (2002) ทำการเสริม CLA 4 ระดับ คือ 0, 1.0, 2.5 และ 5.0% ผลการทดลองพบว่า

การเสริม CLA ไม่ส่งผลกระทบ (P>0.05) ต่อความหนาของไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (Eggert et al. (www,1998); Carroll et al. (www, 1999); O'Quinn et al. (2000) และ Schinckel et al. (www, 2000)) ความแน่น ปริมาณไขมันแทรก และสี (L*, a* และ b* value) ของเนื้อสุกร (Eggert et al., 1998; O'Quinn et al., 2000 และ Joo et al., 2002) แต่พบว่าการทดลองของ Carroll et al. (www, 1999) และ Schinckel et al. (www, 2000) การเสริม CLA มีผลทำให้ความแน่น ปริมาณไขมันแทรก และสี (L*, a* และ b* value) ของเนื้อสุกรมีค่าสูงขึ้น (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ในทำนองเดียวกันกับผลการทดลองของ Thiel-Cooper et al. (2001) ที่ทำการเสริม CLA ในอาหารสุกรที่ระดับ 0, 0.12, 0.25, 0.50 และ 1.0% และการทดลองของ Wiegand et al. (www, 2001) ที่ทำการเสริม CLA ในอาหารสุกรที่ระดับ 0 และ 0.75% พบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้หนาของไขมันสันมีค่าน้อยลง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (Thiel-Cooper et al., 2001 และ Wiegand et al. (www, 2001)) ความแน่น ปริมาณไขมันแทรก และสี (L*, a* และ b* value) (Wiegand et al. (www, 2001)) ของเนื้อสุกรสูงขึ้น (P<0.05)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.2 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อความหนาของไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง

พารามิเตอร์	0% CLA		0.5% CLA		1.0% CLA		%CV	SEM	Pr>F		
	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย			เสริม CLA	เพศ	อิทธิพลร่วม
ความหนาของไขมันสันหลัง[1/]											
กระดูกซี่โครงซี่ที่ 1	3.31	2.80	3.43	3.43	3.68	3.30	18.07	0.300	0.559	0.425	0.828
กระดูกซี่โครงซี่ที่ 10	2.54	2.54	2.41	2.54	2.54	2.54	24.03	0.302	0.985	0.908	0.985
กระดูกซี่โครงซี่สุดท้าย	2.79	2.16	2.16	2.41	1.91	2.16	15.29	0.166	0.061	0.317	0.250
กระดูกเอวข้อสุดท้าย	2.16	2.29	2.29	2.03	2.42	1.91	22.10	0.241	0.977	0.474	0.662
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน[2/]	40.93	41.48	38.54	35.25	41.62	35.53	21.45	4.172	0.771	0.563	0.855
เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง[3/]	50.98	52.62	50.81	49.23	51.53	49.44	5.44	1.382	0.687	0.659	0.611

หมายเหตุ

[1/] มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

[2/] มีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตรและประเมินที่เนื้อสันนอกบริเวณกระดูกซี่โครงคู่ที่ 10

[3/] ประเมินตามแบบของ NPPC (1991)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.3 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อความแน่น ปริมาณไขมันแทรกและสีในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกรขุน

พารามิเตอร์	0% CLA		0.5% CLA		1.0% CLA		%CV	SEM	Pr>F		
	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย			เสริม CLA	เพศ	อิทธิพลร่วม
เนื้อสะโพก[1/]											
ความแน่นของเนื้อ (firmness)[2/]	171.34	165.18	272.41	207.94	188.05	188.05	23.93	24.368	0.290	0.194	0.707
ปริมาณไขมันแทรก (marbling)[3/]	2.64	2.38	3.20	3.13	3.55	2.76	17.67	0.260	0.258	0.206	0.630
สี[4/] ประกอบไปด้วย											
L* value	50.13	54.64	51.58	52.15	53.24	50.20	3.19	0.822	0.303	0.822	0.303
a* value	8.68	10.04	10.53	8.81	10.00	11.64	17.49	0.870	0.501	0.681	0.378
b* value	2.88	4.25	3.68	3.42	5.36	4.65	40.52	0.821	0.411	0.891	0.661
เนื้อสันนอก[1/]											
ความแน่นของเนื้อ (firmness)[2/]	148.71	298.44	167.57	198.70	150.95	106.18	50.40	44.970	0.415	0.384	0.367
ปริมาณไขมันแทรก (marbling)[3/]	2.33	2.20	3.46	2.60	3.38	3.35	22.63	0.327	0.404	0.126	0.642
สี[4/] ประกอบไปด้วย											
L* value	51.90	54.07	55.76	54.52	53.24	53.21	7.24	1.948	0.707	0.898	0.826
a* value	7.80	8.09	6.90	8.37	10.21	6.58	15.74	0.629	0.706	0.424	0.063
b* value	1.37	4.44	2.14	4.26	3.87	2.28	66.36	1.016	0.979	0.346	0.303

หมายเหตุ [1/] วัดที่เนื้อสะโพกส่วนกล้ามเนื้อที่เรียกว่า semimembranosus และเนื้อสันนอกระหว่างซี่โครงคู่ที่ 10 กับ 11 [2/] ความแน่นของเนื้อ (firmness) ใช้การวัดด้วยหัวแบบ warner bratzler blade attachment ค่าแรงตัดเฉือนเป็น แรงความหนา ของเนื้อ (g/mm) [3/] ประเมินตามแบบ NPPC (1991) [4/] ประเมินตามระบบ Hunter โดยที่ค่า L เป็นค่าที่แสดงถึงความสว่าง ค่า a เป็นค่าที่แสดงถึงสีแดงถึงสีขาว และค่า b เป็นค่าที่แสดงถึงสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก (ตารางที่ 3.4) โดยค่าที่ทำการวัดประกอบไปด้วยเปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์ความชื้น เปอร์เซ็นต์เถ้า และเปอร์เซ็นต์ไขมัน ผลการทดลองพบว่าการเสริม CLA ไม่ส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์ความชื้น และเปอร์เซ็นต์เถ้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก แต่ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ไขมันพบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของไขมันลดลงทั้งในเนื้อสะโพก ($P< 0.05$) และเนื้อสันนอก ($P<0.01$) แต่ในเนื้อสะโพกพบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 0.5% ไม่มีความแตกต่างกัน ($P> 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีการเสริม CLA ที่ระดับ 1.0% อย่างไรก็ตาม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างเพศ และอิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศ ($P>0.05$) เนื่องด้วย CLA จัดเป็นสารประเภทไขมัน ดังนั้นจึงมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของไขมันในเนื้อเป็นหลัก จึงอาจมีผลทำให้องค์ประกอบทางเคมีอย่างอื่น อาทิเช่น โปรตีน ความชื้น และเถ้า เป็นต้น ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Ramsay et al., (2001) ที่ทำการทดลองโดยทำการเสริม CLA 5 ระดับ คือ 0, 0.25, 0.5, 1.0 และ 2.0% ต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสุกร (ความชื้น โปรตีนและเถ้า) ผลการทดลองการเสริม CLA ไม่มีผลทำให้ค่าเหล่านี้มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ในส่วนของการเสริม CLA ต่อการสะสมของไขมันพบว่า การทดลองได้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Dugan et al. (1997) ที่รายงานว่า การเสริม CLA มีผลในการลดไขมันในชั้น subcutaneous fat ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับ Ostrowska et al., (1999) และการทดลองของ Park et al. (1997) ที่ได้ทำการทดลองในหนูเพศผู้และเพศเมียโดยทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ทำการเสริมด้วยน้ำมันจากข้าวโพดและกลุ่มที่ทำการเสริมด้วย 0.5% CLA ซึ่งการทดลองพบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของไขมันในเนื้อของทั้งในส่วนของหนูเพศผู้และเพศเมียลดลง ($P<0.01$) เมื่อทำการเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ทำการเสริมด้วยน้ำมันจากข้าวโพด การทดลองของ Corino et al. (2003) ที่พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้ adipose tissue ในเนื้อส่วนสะโพกของสุกรลดลง ซึ่ง Brodie et al. (1999) และ Evans et al. (2001) พบว่าเจริญเติบโตของเซลล์ adipose tissue ส่วนใหญ่ในหลายๆ species เกิดจากการขยายขนาดของเซลล์ (cell hypertrophy) ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการสะสมของปริมาณ triacylglycerol ใน adipocytes ดังนั้นหากยับยั้งการเกิดการสังเคราะห์ adipocytes (adipocytes tissue lipid synthesis) จะสามารถลดการสะสมของไขมันได้ พบว่า เมื่อให้ CLA แก่เซลล์ 3T3-L1 ในหลอดทดลอง สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ Glycerol-P dehydrogenase และสามารถลดปริมาณการสะสมของ triacylglycerol ในเซลล์ได้ และนอกจากนั้น Meller et al. (1999 ; 2000) ได้อธิบายว่า CLA มีผลต่อการใช้พลังงาน (energy expenditure) กล่าวคือ CLA มีผลทำให้ปริมาณการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น ซึ่ง energy expenditure เป็นกลไกหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการลดการสะสมของไขมัน (fat deposition) คือเมื่อมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น จึงเป็นผลทำให้การสะสมไขมันในร่างกายสุกรลดลง และนอกจากนี้ Brodie et al. (1999) ยังพบว่า CLA มีผลต่อการขยายตัวของ preadipocyte (preadipocyte

proliferation) ซึ่งการขยายตัวของ preadipocyte นี้เป็นกลไกในการเพิ่มการสะสมของปริมาณไขมัน (fat deposition) ซึ่ง Brodie et al. (1999) ได้ทำการทดลอง โดยการให้ CLA แก่หนูทดลอง พบว่าสามารถลดการขยายตัวของ preadipocyte ได้ถึง 10-50% และผลการทดลองของ West et al. (1998) ที่ได้ทำการทดลองการเสริม CLA 0.5% แก่หนูทดลอง ซึ่งจากการทดลองพบว่า มีผลทำให้ไขมันในร่างกายหนูทดลองลดลง 57 และ 67% ในหนูทดลองเพศผู้และเพศเมียตามลำดับ และสามารถเพิ่ม body mass ได้ 5 และ 14% เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่ง CLA มีผลทำให้เกิดขบวนการ respiratory quotient ลดลงเป็นผลให้การสะสมไขมันลดลง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.4 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกรขุน

พารามิเตอร์	0% CLA		0.5% CLA		1.0% CLA		%CV	SEM	Pr>F		
	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย			เสริม CLA	เพศ	อิทธิพลร่วม
เนื้อสะโพก											
เปอร์เซ็นต์โปรตีน	22.79	22.77	23.19	21.95	23.02	22.74	3.77	0.428	0.875	0.336	0.598
เปอร์เซ็นต์ความชื้น	71.47	70.78	71.19	71.98	71.50	71.79	1.33	0.478	0.487	0.810	0.771
เปอร์เซ็นต์เถ้า	0.96	1.20	1.22	1.10	1.30	1.19	20.39	0.118	0.630	0.990	0.508
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	4.49	4.69	3.67	3.23	3.94	2.92	15.01	0.287	0.046	0.261	0.389
เนื้อสันนอก											
เปอร์เซ็นต์โปรตีน	23.92	23.34	23.49	22.56	23.69	23.50	4.14	0.485	0.636	0.353	0.869
เปอร์เซ็นต์ความชื้น	71.35	71.19	70.83	70.84	71.05	70.64	0.82	0.294	0.532	0.599	0.878
เปอร์เซ็นต์เถ้า	1.12	1.41	0.98	1.34	1.24	1.37	28.92	0.179	0.845	0.259	0.900
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	5.39	5.71	4.64	4.62	4.00	3.80	7.90	0.185	0.002	0.881	0.626

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อปริมาณ total cholesterol, HDL, LDL และ triglycerides ใน plasma และปริมาณของ cholesterol ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก (ตารางที่ 5.1) ผลการทดลองพบว่า การเสริม CLA, เพศ และอิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศไม่ส่งผลทำให้ค่าดังกล่าวข้างต้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Eder and Kirchgessner (1996) และ Tischendorf et al. (2002) ซึ่ง Eder and Kirchgessner (1996) ทดลองโดยทำการเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันมะกอกและไขมันจากสัตว์ และกลุ่มที่ทำการเสริมด้วย CLA และการทดลองของ Tischendorf et al. (2002) ทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ทำการเสริมด้วยน้ำมันจาก rapeseed และกลุ่มที่ทำการเสริมด้วย CLA การทดลองพบว่าไม่มีผล ($P>0.05$) ทำให้ total cholesterol, HDL, LDL และ triglycerides ใน plasma ของสุกรเปลี่ยนแปลง ในทางตรงกันข้ามกับผลการทดลองของ Lee et al., (1994); de Decker et al. (1999); Munday et al. (1999); Stangl et al. (1999); Gavino et al. (2000) และ Stangl (2000) การทดลองของ Lee et al. (1994) พบว่า total cholesterol, VLDL และ LDL ในเลือดของกระต่ายลดลงเมื่อมีการเสริมด้วย CLA จำนวน 0.5 กรัมต่อวัน แต่กลับพบว่าปริมาณของ HDL ไม่เปลี่ยนแปลง de Deckere et al. (1999); Munday et al. (1999) และ Gavino et al. (2000) ได้ทดลองใน hamster โดยทำการเสริม trans 10-cis 12 CLA ซึ่งการทดลองพบว่า สามารถลด triglycerides และ total cholesterol แต่ไม่ทำให้ HDL เปลี่ยนแปลง Stangl et al. (1999) ที่ทำการทดลองในสุกรขุนเพศเมียเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้ VLDL, LDL และอัตราส่วนระหว่าง LDL : HDL เพิ่มขึ้น และการทดลองของ Stangl (2000) ได้ทำการทดลองในหนูเพศผู้และเพศเมีย โดยทำการเสริม CLA ที่ระดับ 3 และ 5% พบว่า CLA มีผลในการลด LDL และ HDL จากผลการทดลองที่ได้กล่าวมาข้างต้นค่อนข้างที่จะขัดแย้งกันพอสมควร อันเนื่องมาจากการทดลองในสัตว์หลายชนิด ซึ่ง Gnadig et al. (2000) และ Mensink and Zock (1998) ได้ให้เหตุผลว่า ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อระดับ lipoprotein ใน plasma และการสะสมของ cholesterol ในเนื้อเยื่อของสัตว์ คือปริมาณของไขมันและความสัมพันธ์ของ SFA, MUFA และ PUFA ในอาหารที่ทำการทดลอง การทดลองของ Temme et al. (1996) พบว่าระดับของ cholesterol ในมนุษย์ลดลงเมื่อมีการให้ CLA โดยที่การเปลี่ยนแปลงของ lipoprotein นี้เป็นผลมาจากการเสริมด้วยกรดไขมันชนิด C18:1n9, C12:0 และ C16:0 การทดลองพบว่าส่งผลทำให้กรดไขมันชนิด C18:1n9, C18:2n6c เพิ่มขึ้น และมีผลทำให้ C14:0, C16:0 ลดลง เช่นเดียวกันกับการลดลงของ cholesterol ใน plasma เมื่อมีการเสริมด้วย CLA (Noakes et al., 1996) ซึ่งการลดลงของ cholesterol เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของ C18:1n9 (Lee et al., 1994; Nicolosi et al., 1997) และจากผลการทดลองในครั้งนี้การสะสมของ cholesterol ทั้งในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เป็นผลสืบเนื่องมาจาก LDL ซึ่งเป็นตัวขนส่ง cholesterol สู่เนื้อเยื่อต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$)

ผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันในเนื้อส่วนสะโพก แสดงไว้ในตารางที่ 3.5 พบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C12:0 ($P<0.05$), C14:0 ($P<0.05$) และ C16:0 ($P<0.01$) เพิ่มขึ้น และมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C18:1n9c ($P<0.05$) ลดลง แต่พบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 0.5 % ไม่ส่งผลทำให้กรดไขมันชนิด C12:0 มีการเปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) เมื่อเทียบกับการเสริม CLA ที่ระดับ 0 และ 1.0% ในส่วนของกรดไขมันชนิด C14:0, C16:0 และ C18:1n9c พบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 0.5 % ไม่ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) เมื่อเทียบกับการเสริม CLA ที่ระดับ 1.0% อย่างไรก็ตามการเสริม CLA ไม่ส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C10:0, C16:1, C18:0, C18:2n6c, C18:3n, C20:0, C20:3n6, C20:4n6 และ C22:6n3 มีการเปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) และพบว่าเพศไม่มีผล ($P>0.05$) ต่อการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันที่รายงานไว้ข้างต้น

เช่นเดียวกันในเนื้อสันนอก แสดงไว้ในตารางที่ 3.6 พบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C12:0 ($P<0.01$), C14:0 ($P<0.01$), C16:0 ($P<0.01$) และ C18:0 ($P<0.05$) เพิ่มขึ้น และมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C18:1n9c ($P<0.01$), C18:2n6c ($P<0.05$), C20:3n6 ($P<0.01$) และ C20:4n6 ($P<0.05$) ลดลง แต่การเสริม CLA ที่ระดับ 0.5% ไม่ส่งผลทำให้กรดไขมันที่รายงานไว้ข้างต้นมีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ทำการเสริม CLA ที่ระดับ 1.0% ในส่วนของการศึกษาเรื่องเพศพบว่าสุกรขุนเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C18:2n6c ($P<0.01$), C18:3n ($P<0.05$), C20:3n6 ($P<0.05$) และ C20:4n6 ($P<0.05$) สูงกว่าสุกรขุนเพศผู้ตอน และมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C10:0 ($P<0.05$) น้อยกว่าสุกรขุนเพศผู้ตอน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.5 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อปริมาณของ total cholesterol, HDL, LDL และ triglycerides ใน plasma และปริมาณของ cholesterol ในเนื้อของสุกรขุน

พารามิเตอร์	0% CLA		0.5% CLA		1.0% CLA		%CV	SEM	Pr>F		
	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย			เสริม CLA	เพศ	อิทธิพลร่วม
Plasma lipoprotein[1/]											
Total cholesterol	3.43	2.98	3.05	3.01	2.76	3.48	11.10	0.172	0.765	0.847	0.319
HDL	0.96	0.80	0.91	0.63	0.76	0.77	20.28	0.080	0.581	0.188	0.488
LDL	1.12	1.24	0.83	1.36	1.26	1.54	17.64	0.114	0.428	0.352	0.725
Triglycerides	0.48	0.42	0.36	0.48	0.59	0.44	47.35	0.107	0.825	0.847	0.704
ปริมาณ cholesterol[2/]											
เนื้อสะโพก	0.65	0.70	0.65	0.67	0.71	0.68	9.25	0.031	0.744	0.727	0.680
เนื้อสันนอก	0.61	0.62	0.63	0.64	0.62	0.58	5.56	0.017	0.400	0.688	0.557

หมายเหตุ

[1/] มีหน่วยเป็น mmol/l

[2/] มีหน่วยเป็น mg/ 1 กรัม ของเนื้อ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อส่วนสะโพก (ตารางที่ 3.5) และในเนื้อสันนอก (ตารางที่ 3.6) พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ SFA และอัตราส่วนระหว่าง SFA : UFA ($P<0.01$) เพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของ UFA ($P<0.01$) และ MUFA ($P<0.05$) ลดลง แต่การเสริม CLA ที่ระดับ 0.5 % ไม่ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) เมื่อเทียบกับการเสริม CLA ที่ระดับ 1.0% และการเสริม CLA ไม่พบการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ของ PUFA ($P>0.05$) และพบว่าเพศไม่มีผล ($P>0.05$) ต่อเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิดดังกล่าวในเนื้อสะโพก แต่ในเนื้อสันนอกพบว่า สุกรขุนเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด PUFA ($P < 0.05$) สูงกว่าสุกรขุนเพศผู้ตอน อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างการเสริม CLA กับเพศของพารามิเตอร์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น

การทดลองในครั้งนี้เมื่อนำอาหารที่ใช้ในการทดลองมาวิเคราะห์เพื่อหาส่วนประกอบของกรดไขมัน พบว่า กรดไขมันชนิด SFA มีแนวโน้มลดลง และมีกรดไขมันชนิด UFA เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะ PUFA (เนื่องมาจาก CLA จัดเป็นกรดไขมันชนิด PUFA) ตามสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลอง (กลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริม CLA 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) การที่ SFA ในสูตรอาหารที่ 1 (ควบคุม) มีค่าสูงที่สุด เนื่องมาจากการใช้น้ำมันปาล์มในการทดลอง ซึ่งน้ำมันปาล์มมีกรดไขมันชนิด SFA อยู่สูง โดยเฉพาะ C16:0 แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองและนำเนื้อสะโพกและสันนอก มาทำการวิเคราะห์ พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด SFA สูงขึ้น อาทิเช่น C14:0, C16:0 และ C18:0 เป็นต้น และมีผลทำให้กรดไขมันชนิด UFA ลดลง อาทิเช่น C18:1n9c, C18:2n6c และ C20:3n6 เป็นต้น เมื่อมีการเสริมด้วย CLA สอดคล้องกับผลการทดลองของ O'Quinn et al., (2000); Eggert et al. (2001); Ramsay et al. (2001); Thiel-Cooper et al. (2001); Gatlin et al. (2002); Joo et al. (2002) และ Smith et al. (2002) โดยที่ O'Quinn et al. (2000) ได้ทำการทดลองโดยทำการเสริมน้ำมันถั่วเหลือง, modified tall oil (MTO) และ 60% CLA ผลการทดลองพบว่าการเสริมด้วย 60% CLA และ MTO ให้ผลที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าการเสริม 60% CLA และ MTO เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ทำการเสริมด้วยน้ำมันถั่วเหลือง พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C12:0, C14:0, C16:0 และ C18:0 เมื่อมีการเสริมด้วย 60% CLA และ MTO มีเปอร์เซ็นต์สูงกว่ากลุ่มที่ทำการเสริมด้วยน้ำมันถั่วเหลือง และพบว่าเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C18:1n9c และ C18:2n6c มีเปอร์เซ็นต์ต่ำกว่ากลุ่มที่ทำการเสริมด้วยน้ำมันถั่วเหลือง Eggert et al. (2001) ที่ทำการทดลองเสริม CLA เปรียบเทียบกับการเสริมด้วยน้ำมันเมล็ดทานตะวัน แบบให้กินเต็มที่และจำกัดการกิน พบว่าการเสริมด้วย CLA ทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C16:0 สูงกว่าทั้งสองกลุ่ม Ramsay et al. (2001) ได้ทำการทดลองโดยทำการเสริม CLA ที่ระดับ 0, 0.25, 0.50, 1.0 และ 2.0 % พบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 1.0% และ 2.0% มีผลทำให้กรดไขมันชนิด C 18:0 เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ในขณะที่การเสริมที่ระดับ 2.0% มีผลทำให้กรด

ไขมันชนิด C18:1n9c ลดลง (P<0.05) Thiel-Cooper et al. (2001) และ Gatlin et al. (2002) พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้ C14:0, C16:0 และ C18:0 เพิ่มขึ้น (P<0.01) และมีผลทำให้ C18:1n9c ลดลง (P<0.01) Joo et al. (2002) ที่ทำการเสริมด้วย 0, 1, 2.5 และ 5% CLA ซึ่งผลการทดลอง การเสริม CLA ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (P>0.05) ของกรดไขมันชนิด C14:0, C16:0 ,C18:0, C18:3n6 และ C20:0 แต่กลับพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยพบว่าการเสริม CLA ทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C18:1n9c และ C18:2n6c ลดลง และการทดลองของ Smith et al. (2002) ที่ทำการทดลองเสริม CLA 1.5% ในอาหารเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ทำการเสริมด้วยน้ำมันจากข้าวโพด 1.5% และไขมันจากสัตว์ 1.5% ซึ่งการทดลองพบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้กรดไขมันชนิด C14:0, C16:0 และ C18:0 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ทำการเสริมด้วยน้ำมันจากข้าวโพดและไขมันจากสัตว์ และพบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้ C18:1n9c ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับอีกสองกลุ่มการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงของ SFA, UFA และ MUFA ในเนื้อของสุกรเมื่อมีการเสริมด้วย CLA สามารถอธิบายได้ว่า CLA มีผลในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Δ9- desaturase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ขจัดไฮโดรเจนอะตอมออกจากคาร์บอนอะตอมระหว่างตำแหน่งที่ 9 และ 10 เป็นผลทำให้กรดไขมันอิ่มตัวเปลี่ยนเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Choi et al., 2001 และ Raes et al., 2002) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Lee et al. (1998) พบว่าการเพิ่มขึ้นของ C 16:0 และ C 18:0 จะควบคู่ไปกับการลดลงของ C16:1 และ C18:1 ตามลำดับ ของหนูเพศผู้และเพศเมีย เมื่อมีการเสริมด้วย CLA การทดลองของ Le Ficgo et al. (2005) ที่ทำการทดลองโดยทำการเสริม CLA ที่ระดับ 0 และ 0.25% พบว่ามีผลทำให้เอนไซม์ Δ9- desaturase ลดลง (P<0.01) จึงมีผลทำให้ SFA, SFA : UFA เพิ่มขึ้น (P<0.01) และมีผลทำให้ UFA และ MUFA ลดลง (P<0.01) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับผลการทดลองในสุกรของ O'Quinn et al. (2000); Eggert et al. (2001); Wiegand et al. (www, 2001) และ Joo et al. (2002), ในหนู (Lee et al., 1998; Satory and Smith, 1999; Yamasaki et al.,1999 และ Azain et al., 2000) ซึ่งเกิดจากการที่ CLA ไปมีผลในการยับยั้งการทำงานของ Δ9- desaturase ทั้งในเนื้อและชั้นของไขมัน และการเปลี่ยนแปลงของ PUFA ในเนื้อของสุกรเมื่อมีการเสริมด้วย CLA สามารถอธิบายได้ว่า CLA มีผลในการยับยั้งการทำงานของ Δ6- desaturase และ Δ5- desaturase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ต่อสายยาวของกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยที่ C18:2n6 เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ C20:3n6 และ C20:4n6 และ C18:3n3 เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ C22:6n3 (Raes et al., 2002) ซึ่งจากผลการทดลองในเนื้อสะโพกไม่พบการเปลี่ยนแปลง (P>0.05) ของ C20:3n6, C20:4n6 และ C22:6n3 เนื่องมาจากไม่มีการเปลี่ยนแปลงของ C18:2n6 และ C18:3n3 แต่ในเนื้อสันนอก พบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้ C18:2n6 (P<0.05) ลดลง จึงมีผลทำให้ C20:3n6 และ C20:4n6 ลดลง (P<0.05) แต่ในส่วนของ PUFA ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (P>0.05) ทั้งในส่วนของเนื้อสะโพกและเนื้อสันนอก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการรวม CLA ที่ทำการตรวจพบในเนื้อทั้งสองส่วนเข้าไปด้วย สอดคล้องกับผลการทดลองของ Le Fiego

et al. (2005) ที่ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของ C18:2n6 และ C18:3n3 (P>0.05) จึงมีผลทำให้ C20:3n6, C20:4n6, C22:6n3 และ PUFA ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (P>0.05) ตามไปด้วย ในส่วนของเพศ พบว่า สุกรขุนเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C18:2n6 (P<0.01), C18:3n3 (P<0.05), C20:3n6 (P<0.05) และ C20:4n6 (P<0.05) สูงกว่าสุกรขุนเพศผู้ตอน จึงมีผลทำให้ PUFA ในเนื้อของสุกรขุนเพศเมียสูงกว่า (P<0.05) สุกรขุนเพศผู้ตอนตามไปด้วย สอดคล้องกับผลการทดลองของ Piedrafita et al. (2001) ได้ทำการศึกษาในเนื้อสันนอก พบว่า สุกรขุนเพศเมียมี เปอร์เซ็นต์กรดไขมันชนิด C18:2n6 และ C18:3n3 สูงกว่า (P<0.05) สุกรขุนเพศผู้ตอน

ผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อการสะสมของ CLA ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก แสดงไว้ในตารางที่ 3.7 พบว่า CLA ที่ทำการวิเคราะห์ได้มี 2 ไอโซเมอร์ คือ cis 9-trans 11 และ trans 10-cis 12 CLA ซึ่งจากกการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้ CLA ทั้ง 2 ไอโซเมอร์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) อย่างไรก็ตาม เพศและอิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)สอดคล้องกับผลการทดลองของ Wiegand et al. (www, 2001) ที่พบว่าการเพิ่มขึ้นของ CLA ในเนื้อของสุกรเมื่อมีการเสริม CLA ในอาหาร เพราะสัตว์กระเพาะเดี่ยวมีแนวโน้มในการสะสมของกรดไขมันในเนื้อเยื่อจากการกินกรดไขมันชนิดนั้น ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์อาหารของทั้ง 3 สูตร (เสริม 0, 0.5 และ 1.0% CLA) พบว่าในอาหารสูตร 0.5 และ 1.0% CLA พบ 2 ไอโซเมอร์ของ CLA คือ cis 9-trans 11 และ trans 10-cis 12 CLA และการเพิ่มขึ้นของ CLA ทั้ง 2 ไอโซเมอร์ในเนื้อนี้จะเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริม CLA เช่นเดียวกันกับ Thiel-Cooper et al. (2001) และ Kramer et al. (1998) ที่พบการเพิ่มขึ้นของ CLA ตามระดับของการเสริม CLA ในอาหารและนอกจากนี้ Cook et al. (1998); Kramer et al. (1998) ได้รายงานว่า CLA นั้นจะรวมเข้าไปที่เนื้อเยื่อ ซึ่งได้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Chin et al. (1994); Park et al. (1997) และ Sagano et al. (1997) ได้อธิบายว่า CLA จะเข้าไปรวมกับ phospholipids fraction นอกจากนั้น CLA ยังสามารถเข้าไปสะสมในส่วนต่างๆ ของร่างกายได้ อาทิเช่น ตับ, ชั้นไขมัน, หัวใจ และเนื้อ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.6 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันในเนื้อส่วนสะโพก (หน่วย: % of total fatty acids)

กรดไขมัน	0% CLA		0.5% CLA		1.0% CLA		%CV	SEM	Pr>F		
	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย			เสริม CLA	เพศ	อิทธิพลร่วม
C10:0	0.12	0.10	0.10	0.09	0.10	0.09	16.60	0.008	0.376	0.329	0.911
C12:0	0.09	0.09	0.11	0.12	0.12	0.14	14.37	0.007	0.041	0.492	0.798
C14:0	1.25	1.27	1.61	1.76	1.95	1.91	14.42	0.116	0.017	0.767	0.843
C16:0	24.00	23.61	27.31	28.57	28.34	27.81	2.97	0.396	0.001	0.812	0.281
C16:1	3.14	3.40	3.53	3.93	3.90	3.71	17.94	0.322	0.504	0.716	0.725
C18:0	11.52	10.19	12.96	13.37	13.01	12.41	10.46	0.640	0.092	0.519	0.650
C18:1n9c	41.32	41.14	24.89	34.00	33.91	33.39	7.95	1.449	0.018	0.761	0.985
C18:2n6c	14.87	16.17	15.06	13.88	13.67	14.88	15.89	1.170	0.733	0.755	0.713
C18:3n3	0.74	0.88	0.87	0.68	1.06	0.86	31.77	0.134	0.602	0.611	0.609
C20:0	0.15	0.14	0.16	0.15	0.14	0.12	17.23	0.011	0.379	0.320	0.957
C20:3n6	0.53	0.55	0.56	0.50	0.52	0.55	8.80	0.023	0.892	0.906	0.447
C20:4n6	1.70	1.74	1.20	1.29	0.89	1.36	42.20	0.287	0.361	0.568	0.845
C22:6n3	0.57	0.73	0.56	0.59	0.61	0.78	33.60	0.107	0.747	0.382	0.886
SFA	37.12	35.40	42.24	44.05	43.64	42.45	3.86	0.792	0.001	0.703	0.308
UFA	62.88	64.60	57.76	55.95	56.36	57.55	2.67	0.792	0.001	0.702	0.307
SFA:UFA	0.59	0.55	0.73	0.79	0.78	0.74	6.61	0.023	0.001	0.810	0.279
MUFA	46.16	46.28	39.61	39.20	38.68	38.46	6.47	1.340	0.012	0.915	0.990
PUFA	16.72	18.32	18.15	16.75	17.67	19.09	15.54	1.382	0.872	0.746	0.704

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.7 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันในเนื้อส่วนสันนอก (หน่วย: % of total fatty acids)

กรดไขมัน	0% CLA		0.5% CLA		1.0% CLA		%CV	SEM	Pr>F		
	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย			เสริม CLA	เพศ	อิทธิพลร่วม
C10:0	0.10	0.08	0.11	0.09	0.09	0.08	10.73	0.015	0.158	0.034	0.394
C12:0	0.09	0.09	0.12	0.15	0.15	0.13	12.86	0.007	0.008	0.858	0.299
C14:0	1.37	1.27	1.87	2.27	2.45	2.13	10.97	0.103	0.001	0.936	0.116
C16:0	25.54	24.78	29.73	31.92	31.25	28.57	3.74	0.536	0.001	0.524	0.054
C16:1	3.24	3.12	4.20	3.33	4.01	3.93	21.24	0.386	0.860	0.456	0.728
C18:0	12.23	11.66	14.47	15.54	14.81	13.31	8.54	0.584	0.025	0.640	0.350
C18:1n9c	42.45	40.71	36.63	31.70	32.61	33.76	4.59	0.834	0.001	0.104	0.107
C18:2n6c	12.28	15.12	9.82	11.74	10.26	12.59	8.69	0.520	0.016	0.007	0.828
C18:3n3	0.62	0.80	0.61	0.64	0.61	0.72	8.55	0.028	0.187	0.018	0.187
C20:0	0.19	0.18	0.19	0.18	0.18	0.07	28.76	0.023	0.189	0.231	0.350
C20:3n6	0.45	0.52	0.39	0.43	0.39	0.45	7.38	0.016	0.024	0.022	0.804
C20:4n6	1.00	1.39	0.53	0.48	0.42	1.07	22.59	0.091	0.005	0.021	0.089
C22:6n3	0.43	0.27	0.28	0.27	0.35	0.65	50.41	0.095	0.696	0.696	0.298
SFA	39.52	38.06	46.50	50.15	48.93	44.29	4.36	0.972	0.001	0.494	0.061
UFA	60.48	61.94	53.50	49.85	51.07	55.71	3.51	0.972	0.001	0.494	0.061
SFA:UFA	0.65	0.62	0.87	1.01	0.96	0.80	8.36	0.034	0.001	0.575	0.055
MUFA	46.69	45.21	41.36	35.52	37.04	38.76	6.47	1.327	0.011	0.408	0.338
PUFA	13.79	16.72	12.14	14.33	14.04	16.95	8.73	0.539	0.088	0.011	0.899

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.8 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อเปอร์เซ็นต์ของการสะสมของ CLA ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก (หน่วย: % of total fatty acids)

กรดไขมัน	0% CLA		0.5% CLA		1.0% CLA		%CV	SEM	Pr>F		
	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย			เสริม CLA	เพศ	อิทธิพลร่วม
เนื้อสะโพก											
cis9-trans 11 CLA	0.00	0.00	0.77	0.85	1.23	1.44	20.64	0.073	0.001	0.307	0.618
trans10-cis 12 CLA	0.00	0.00	0.34	0.25	0.57	0.58	15.01	0.021	0.001	0.332	0.235
เนื้อสันนอก											
cis9-trans 11 CLA	0.00	0.00	0.71	0.84	1.58	1.70	20.84	0.083	0.001	0.422	0.829
trans10-cis 12 CLA	0.00	0.00	0.33	0.42	0.85	0.84	32.62	0.066	0.001	0.739	0.845

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.5 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุน (60-100 กิโลกรัม) เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพการเจริญเติบโต โดยทำการวัดอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain: ADG), การกินได้ต่อตัวต่อวัน (average daily feed intake: ADFI) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (feed efficiency: FCR) ความหนาของไขมันสันหลัง (backfat thickness, BF) จากซี่โครงซี่แรก (1^{st} rib) ซี่โครงซี่ที่ 10 (10^{th} rib) ซี่โครงซี่สุดท้าย (last rib) และกระดูกเอวข้อสุดท้าย (last lumbar) พื้นที่หน้าตัดของเนื้อสัน (loin eye area) วัดที่เนื้อสันนอกบริเวณกระดูกซี่โครงคู่ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ของเนื้อแดง (lean percent) สี (color) ความแน่น (firmness) ไขมันแทรก (marbling) และองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อสะโพกและสันนอกของสุกร โดยที่เนื้อสะโพกจะทำการประเมินที่กล้ามเนื้อส่วน semimembranosus และเนื้อสันนอกจะทำการประเมินที่เนื้อสันนอกระหว่างกระดูกซี่โครงซี่ที่ 10 และ 11 องค์ประกอบและปริมาณ fatty acid ปริมาณ cholesterol และการสะสมของ CLA ในเนื้อของสุกร โดยทำการวัดระดับของ total cholesterol, HDL, LDL และ triglycerides จาก plasma ของสุกร และวัดองค์ประกอบและปริมาณของ fatty acids, cholesterol และการสะสมของ CLA ในเนื้อสะโพกของสุกรและเนื้อสันนอก ซึ่งจากผลการทดลองสรุปได้ว่า

1. การเสริม CLA ไม่มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน ปริมาณการกินอาหารต่อตัวต่อวัน และ ประสิทธิภาพการใช้อาหารเปลี่ยนแปลง แต่พบว่า สุกรขุนเพศผู้ตอนมีอัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวันและประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงกว่าสุกรขุนเพศเมีย อย่างไรก็ตาม ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศ

2. การเสริม CLA ต่อการปรับปรุงคุณภาพซากของสุกร ผลการทดลองพบว่าการเสริม CLA ไม่ส่งผลกระทบต่อความหนาของไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ความแน่น ปริมาณไขมันแทรก สี (L*, a* และ b* value) ของเนื้อสะโพกส่วนกล้ามเนื้อที่เรียกว่า semimembranosus และเนื้อสันนอกระหว่างซี่โครงคู่ที่ 10 กับ 11 ของสุกรขุน และองค์ประกอบทางเคมี (โปรตีน ความชื้น และเถ้า) ของเนื้อสะโพกและสันนอก แต่พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของไขมันในเนื้อส่วนสะโพกและเนื้อส่วนสันนอกลดลง และจากการศึกษาในเรื่องเพศและอิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศพบว่าไม่มีความแตกต่างกันของพารามิเตอร์ดังกล่าว

3. การเสริม CLA ไม่ส่งผลกระทบต่อ ปริมาณของ total cholesterol, HDL, LDL, triglycerides ใน plasma และปริมาณของ cholesterol ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกรขุนและพบว่าเพศและอิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศก็ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าเหล่านี้เช่นเดียวกัน ในส่วนของกรดไขมันที่ทำการวิเคราะห์ได้ในเนื้อสะโพกและเนื้อสันนอกให้ผลไปในทางเดียวกัน คือ การเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวเพิ่มขึ้น อาทิเช่น C 14:0, C 16:0 และ

C 18:0 เป็นต้น ในขณะเดียวกันมีผลทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (UFA และ MUFA) ลดลง อาทิ เช่น C 18:1n9c, C 18:2n6c, C 20:3n6 และ C 20:4n6 เป็นต้น แต่ไม่พบความเปลี่ยนแปลงในกรดไขมันชนิด PUFA ในการศึกษาเรื่องเพศ พบว่า สุกรขุนเพศเมียมีกรดไขมันชนิด C 18:2n6c, C 18:3n3, C 20:3n6, C 20:4n6 และ PUFA สูงกว่าสุกรขุนเพศผู้ตอน และมีกรดไขมันชนิด C 10:0 น้อยกว่าสุกรขุนเพศผู้ตอน ในเนื้อสันนอก อย่างไรก็ตาม พบว่าทั้ง 2 ปัจจัย (การเสริม CLA กับเพศ) ไม่มีอิทธิพลร่วมกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
การศึกษาผลของ CLA ต่ออัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของไก่กระทง องค์ประกอบทางเคมี ส่วนประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทง

4.1 คำนำ

ไก่กระทงเป็นสัตว์ปีกที่มีการให้ผลผลิตมากที่สุด และเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะสามารถส่งออกต่างประเทศได้ทั้งในรูปไก่สดแช่แข็งและอาหารแปรรูป ทำรายได้เข้าประเทศจำนวนมาก การเลี้ยงไก่เนื้อในประเทศไทยได้มีการพัฒนาและส่งเสริมการเลี้ยงที่จากอดีตเป็นการเลี้ยงหลังบ้านให้มาเป็นในรูปแบบอุตสาหกรรมที่มีการนำเอาสายพันธ์ที่เจริญเติบโตเร็ว เข้ามาเลี้ยง มีการนำความรู้ด้านการจัดการฟาร์มมาใช้อย่างมีระบบ นำเครื่องมืออำนวยความสะดวกมาใช้ในฟาร์ม มีระบบที่ควบคุมและป้องกันการเกิดโรค ตลอดจนมีการพัฒนาวิชาการทางด้านอาหารสัตว์และสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่กระทงอย่างต่อเนื่อง จากความพยายามทั้งหมดนี้ก็เพื่อที่จะให้ได้ผลผลิตเนื้อไก่กระทงในปริมาณมากที่สุดและมีประโยชน์ต่อผู้บริโภคมากที่สุด จากการวิจัยเกี่ยวกับสารเสริมในอาหารพบว่า มีสารอยู่ชนิดหนึ่งที่สามารถลดไขมันในซากของไก่กระทงและยังเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคอีกด้วย สารดังกล่าวนั้นก็คือ conjugated linoleic acid (CLA) จากการทดลองของ Badinga et al. (1999) และ Du and Ahn (2002) พบว่า การเสริม CLA ที่ระดับต่างๆในไก่กระทงสามารถลดปริมาณไขมันในซากไก่กระทง และยังสามารถสะสมในเนื้อไก่กระทงได้ แต่การทดลองดังกล่าวศึกษาอยู่ในต่างประเทศทั้งสิ้น ดังนั้นการที่จะนำมาใช้ในประเทศไทยจึงจำเป็นที่จะต้องทำการทดลองซ้ำในประเทศไทยเพื่อที่จะยืนยันผลก่อนที่จะนำมาใช้ ซึ่งหากผลการทดลองเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงนั้นพบว่า CLA สามารถเพิ่มสมรรถภาพในการผลิตให้แก่ไก่กระทงได้ ก็น่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาใช้ปรับปรุงการผลิตไก่กระทงในประเทศไทย

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่กระทงขยายตัวมาก ผู้บริโภคนิยมรับประทานมากขึ้น เนื่องจาก กล้ามเนื้อของไก่กระทงจัดว่าเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่มีคุณภาพสูงสำหรับผู้บริโภค นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของแร่ธาตุและวิตามินบางชนิดอีกด้วย องค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อจากสัตว์แต่ละสายพันธ์จะมีองค์ประกอบที่เป็นโปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ และปริมาณน้ำ ที่ค่อนข้างคงที่ เมื่อไม่คำนึงถึง degree of fatness ของสัตว์ อย่างไรก็ตามองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนตัดแต่ง แต่ละส่วนมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากไก่กระทงเป็นสัตว์ที่เจริญเติบโตเร็ว การสะสมไขมันมาก โดยเฉพาะไขมันในช่องท้อง ซึ่งจะขัดแย้งกับความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการอาหารที่มีปริมาณไขมันต่ำ เนื่องจากการบริโภคไขมันในปริมาณที่มาก จะก่อให้เกิดโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือดได้ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาหาวิธีการที่จะลดปริมาณไขมันในเนื้อไก่ โดยพบว่าการเสริม CLA ในอาหาร

ไก่กระทงสามารถลดปริมาณไขมันในเนื้อไก่กระทงได้ (Szymczyk et al., 2001 และ Du and Ahn, 2002) ทั้งนี้เนื่องมาจาก CLA จะไปมีผลในการยับยั้งการดูดซึมของไขมัน ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ใช้สังเคราะห์ไขมันในร่างกายของสัตว์ และส่งเสริมให้เกิดการเมทาบอลิซึมของไขมันในตับเพิ่มขึ้น โดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโต จากการศึกษาของ Du and Ahn (2004) พบว่า การเสริม CLA ในระดับต่ำๆจะทำให้การสะสมของไขมันในช่องท้องลดลง แต่จะไปเพิ่มมวลกล้ามเนื้อของไก่กระทงได้และมีผลทำให้ส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่กระทงเปลี่ยนแปลงไป โดยทำให้กรดไขมันชนิดอิ่มตัวเพิ่มมากขึ้น แต่กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวลดลง ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงมุ่งที่จะศึกษาผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงต่อองค์ประกอบทางเคมีและองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อของไก่กระทง

4.2 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

4.2.1 การจัดการสัตว์ทดลองและอาหารทดลอง

ใช้ไก่กระทงพันธ์อาร์เบอร์เอเคอร์อายุ 1 วัน จำนวน 600 ตัว มาเลี้ยงในโรงเรือนเปิดที่มีการปูพื้นด้วยแกลบหนาประมาณ 15 เซนติเมตร การกกลูกไก่ด้วยหลอดไฟขนาด 100 วัตต์เป็นเวลา 2 สัปดาห์ และทำการให้แสงตลอด 24 ชั่วโมง ไปจนถึงเริ่มเข้าสู่การทดลอง เมื่อไก่เริ่มเข้าสู่การทดลองที่ 4 สัปดาห์จะลดชั่วโมงการเปิดไฟให้เหลือ 20 ชั่วโมง อาหารที่ให้ไก่กินเป็นอาหารที่ใช้ในทางการค้า (starter) ซึ่งมีโปรตีนประมาณ 23% พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 3,000 กิโลแคลอรี่ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม โดยให้กินอย่างเต็มที่ (ad libitum) ตลอดจนอายุ 21 วัน

เมื่อลูกไก่อายุได้ 21 วันทำการสุ่มลูกไก่ออกเป็น 4 กลุ่มการทดลอง กลุ่มการทดลองละ 6 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ตัว ในแต่ละซ้ำจะใช้ตาข่ายกั้นเป็นคอกให้แต่ละซ้ำมีอิสระต่อกัน แต่ละคอกมีที่ใส่อาหารและกระปุกน้ำอย่างพอเพียง ไก่กระทงทุกกลุ่มการทดลองอยู่ภายใต้โรงเรือนเดียวกัน อาหารที่ใช้มี 4 สูตร คือทำการเสริม CLA ลงในอาหารไก่กระทง ในระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5% ตามลำดับ อาหารที่ใช้เลี้ยงมีคุณค่าทางโภชนะเท่ากันทุกกลุ่มการทดลอง โดยคำนวณสูตรอาหารด้วยการอ้างอิงจากความต้องการโภชนะของ NRC (1994) การให้อาหารไก่กระทงทำการให้อาหารอย่างเต็มที่ โดยจะเติมอาหารเวลา 8.00 น.และ 16.00 น. แต่ในวันที่มีอุณหภูมิสูงจะทำการยกถังอาหารขึ้นในช่วงเวลา 11.00 - 14.00 น. ในทุกกลุ่มการทดลอง เพื่อป้องกันอาการช็อกเนื่องจากความเครียดจากความร้อน

เมื่อไก่กระทงอายุได้ 42 วันจะทำการฆ่า ถอนขน ชำแหละ และตัดแต่งชิ้นส่วนต่างๆ บันทึกน้ำหนักแต่ละชิ้นส่วนทุกขั้นตอน รวมทั้งน้ำหนักเครื่องใน นำข้อมูลที่ได้ มาทำการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของแต่ละชิ้นส่วนต่อน้ำหนักมีชีวิต หรือต่อน้ำหนักซากเย็น

ขั้นตอนการฆ่าชำแหละ ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. อดอาหารก่อนฆ่า 12 ชั่วโมง
2. ชั่งน้ำหนักมีชีวิต
3.ปาดคอเอาเลือดออก แขวนซากไว้ระยะหนึ่งก่อน แล้วจึงชั่งน้ำหนักตัวไก่หลังเอาเลือดออก
4. ลวกน้ำร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 นาที
5. ถอนขนแล้วชั่งน้ำหนักตัวไก่หลังถอนขน
6. เอาเครื่องในออก ชั่งเครื่องในรวม กึ๋น ตับ หัวใจและไขมันในช่องท้อง
7. แช่ตัวไก่ในอ่างน้ำแข็ง จนอุณหภูมิซากลดลงมาที่ 8 องศาเซลเซียส
8. แขวนซากไว้ในห้องเย็น 3 องศาเซลเซียสประมาณ 30 นาทีแล้วชั่งน้ำหนักซากเย็น
9. แขวนซากในห้องเย็นต่อจนครบ 24 ชั่วโมงแล้วชั่งน้ำหนักซาก
10. ตัดหัวและชั่งน้ำหนักซากที่เหลือ
11. ตัดคอแล้วชั่งน้ำหนักซากที่เหลือ
12. ตัดแข้งแล้วชั่งน้ำหนักซากที่เหลือ
13. คำนวณเปอร์เซ็นต์ซากจากน้ำหนักซากเย็นที่ปราศจากหัว คอ และแข้งต่อน้ำหนักมีชีวิต

4.2.2 วิธีการทดลองและเก็บข้อมูล

บันทึกข้อมูล ปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และจำนวนไก่ตาย ทุก 5 วันตลอดระยะเวลา 3 สัปดาห์เพื่อนำไปคำนวณเป็นค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ในระหว่างทำการทดลองจะทำการเก็บตัวอย่างอาหารก่อนกินและตัวอย่างอาหารหลังกินทุกสัปดาห์ เพื่อนำไปหาวัตถุแห้ง โดยนำตัวอย่างอาหารก่อนกินและหลังกินที่สุ่มมาในแต่ละสัปดาห์ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในตู้ hot air oven จากนั้นเก็บตัวอย่างอาหารที่ผ่านการหาความชื้นมาแล้วไว้ในภาชนะที่มีฝาปิดเพื่อป้องกันความชื้น และเมื่อสิ้นสุดการทดลองนำอาหารที่เก็บไว้ของแต่ละซ้ำมารวมกันแล้วทำการสุ่มตัวอย่างอาหารเพื่อไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ด้วยวิธี proximate analysis (AOAC, 1990) ทำการหาเถ้า โดยการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ไขมันหรือสารสกัดอีเธอร์ (ether extract, EE) โดยใช้เครื่องซอกเลท (soxhlet auto analyser) เยื่อใย (crude fiber, CF) โดยเครื่องไฟเบอร์เทค (fibertec auto analyser) และวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนหยาบ (crude protein, CP) โดยเครื่องเคเจลเทค (kjeltec auto analyser) นำตัวอย่างอาหารไปวิเคราะห์ชนิดของไขมันโดยใช้เครื่อง gas chromatroghy (GC) ตามวิธีของ Folch et al.(1957)

4.2.2.1 การเตรียมตัวอย่างเนื้อไก่กระทง

จากกลุ่มการทดลองในบทที่ 3 ทำการสุ่มไก่กระทงมาชำแหละกลุ่มการทดลองละ 30 ตัว ทำการฆ่าชำแหละ เช่นเดียวกับในการทดลองที่ 3 และทำการตัดแยก ชั่งน้ำหนัก เนื้อส่วนสะโพก น่อง หน้าอก จากนั้นทำการบดชิ้นเนื้อให้ละเอียดด้วยเครื่องบดบดละเอียด (Super blender, National) เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

4.2.2.2 วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความชื้น

จะวิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (1997) ด้วยถ้วยอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นในตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-3 ชั่วโมงเก็บในตู้ดูดความชื้น จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะถึงที่อุณหภูมิห้อง ชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 2 กรัม ใส่ลงในถ้วยอลูมิเนียม อบตัวอย่างในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสข้ามคืน แล้วเก็บในตู้ดูดความชื้นเมื่อเย็นแล้วบันทึกน้ำหนักสุดท้ายและคำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{\text{ผลต่างน้ำหนักก่อนและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

4.2.2.3 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์โปรตีน

ทำได้จากการวิเคราะห์ไนโตรเจนที่มีทั้งหมดในตัวอย่างด้วย Kjeldahl Method (AOAC, 1997) และเปลี่ยนปริมาณไนโตเจนให้เป็นปริมาณโปรตีน โดยคูณด้วยค่าแฟกเตอร์ 6.25 ทำการชั่งตัวอย่างเนื้อไก่ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1 กรัม ใส่ขวดย่อยโปรตีน ใส่สารผสม $CuSO_2$ และ K_2SO_4 (อัตราส่วน 1:10) 5 กรัม เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้นปริมาตร 15 มล. และ antifoam ปริมาณ 5 หยดย่อยบนเตาจนสารละลายใส ทิ้งให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่นร้อนลงไปล้างบริเวณคอขวดให้ทั่ว ปริมาตร 25 มล. ย่อยอีกครั้งจนได้สารละลายใส ทิ้งให้เย็น จากนั้นถ่ายสารละลายใสลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มล. ล้างขวดย่อยให้หมดสารละลายตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล. ปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตรให้ได้ 100 มล. ปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 10 มล. กลั่นด้วนเครื่องกลั่นไอน้ำ (Gerhardt, Vapodest 30) เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40% ปริมาตร 40 มล. รองรับสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดบอริกเข้มข้น 4 % ไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้กับกรดเกลือเข้มข้น 0.1 N วิเคราะห์ blank ตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น คำนวณปริมาณโปรตีนจากสูตร

$$\text{ร้อยละโปรตีน} = \frac{(A-B) \times N \times 14.007 \times F}{W}$$

A =ปริมาตรกรดเกลือที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง (มล.)

B = ปริมาตรกรดเกลือที่ใช้ในการไตเตรทกับ blank (มล.)

N = ความเข้มข้นของกรดเกลือ (normality)

F = แฟกเตอร์ (แฟกเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณโปรตีนสำหรับเนื้อคือ 6.25)

W = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

4.2.2.4 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ไขมัน

ทำการสกัดไขมันจากเนื้อไก่แต่ละชนิด (ดัดแปลงมาจากวิธี Folch et al., 1957) โดยชั่งเนื้อไก่แต่ละชนิดมาอย่างละ 15 กรัมใส่ในโถปั่น เติมสารผสมระหว่าง chloroform – methanol (2:1 v/v) ปริมาณ 90 มล. และปั่นให้ละเอียดเป็นเวลา 2 นาทีด้วย เครื่องบดละเอียด(homogenizer) (Nissei AM-8 Homoginizer, Nihonseiki Kaisha, LTD., Japan) กรองตัวอย่างใส่ seperating funnel แล้วเติม chloroform ปริมาณ 30 มล. น้ำกลั่นปริมาณ 30 มล. และ 0.58% NaCl ปริมาณ 5 มล. เขย่าให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้จนสารละลายแยกชั้นอย่างชัดเจน ปล่อยสารละลายส่วนล่างใส่ evaporating flask ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ทำการแยกตัวทำละลายออกจากไขมันโดยระเหยที่อุณหภูมิ 40 °C ด้วย rotary evaporator (BUCHI Rotavapor R-200, BUCHI Labortechnik AG, Switzerland) บันทึกน้ำหนักไขมันที่ได้

4.2.2.5 วิเคราะห์ส่วนประกอบของกรดไขมัน และการสะสมของ CLA

ทำการ ชั่งไขมันที่สกัดได้ 30 มิลลิกรัม ลงในหลอดทดลอง เติม 0.5 M methanolic KOH ปริมาณ 1.5 มิลลิลิตร ไล่อากาศด้วยก๊าซไนโตรเจนและปิดฝาหลอดทันที จากนั้นให้ความร้อนอุณหภูมิ 100 °C นาน 5 นาที ในระหว่างนี้เขย่าอย่างแรง 1-2 ครั้งแล้วทิ้งไว้ให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิปกติ แล้วเติม 14% BF3 in methanol ปริมาณ 2 มิลลิลิตร ไล่อากาศด้วยก๊าซไนโตรเจน แล้วเติม internal standard จำนวน 1 มิลลิลิตร (ใช้ C 17 ความเข้มข้นแน่นอน 2.00 mg/ml ใน hexane)ปิดฝาหลอดทันที ผสมให้เข้ากัน แล้วให้ความร้อนอุณหภูมิ 100 °C ใน water bath นาน 5 นาที ระหว่างนี้เขย่าอย่างแรง 1-2 ครั้งจากนั้นทำให้เย็นลงที่ 30-40 °C เติม hexane 5 มิลลิลิตรและ เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร จากนั้นทำการไปเปตแยกชั้น hexane (ชั้นบน) และ dry น้ำที่อาจจะติดมาด้วย sodium sulphate ทำการเก็บ CLA methyl ester ในขวดสีชา ไล่อากาศด้วยแก๊สไนโตรเจน จากนั้นนำสารละลาย CLA methyl ester ที่ได้ไปฉีด 1 ใส่ใน GC (HEWLETT PACKARD, HP 6890 Series GC system, U.S.A.) ปริมาณ 1.0 µโดยทำการเปรียบเทียบค่า retention กับ standard FAME mixture

(Supelco TM 37 component FAME Mix, Sigma-Aldrich Co., U.S.A.) และถ้าต้องการเก็บสารละลาย CLA methyl ester ควรเก็บที่อุณหภูมิ -20 ºC

สภาวะของเครื่อง GC:

Column : Helium 18 cm/sec, 1.0 ml/min content flow

Injector : Spilit (30:1), 1 µl liquid injection, inlet 240°C

Oven : 70°C(4min), to 175°C(27 min) at 13.0°C/min to 215°C(31 mm) at 4.0°C/min

Dectector : Temperature : FID, 260°C

4.2.2.6 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์เถ้า

ทำการชั่งตัวอย่างที่แน่นอนประมาณ 2-5 กรัม ลงในถ้วยกระเบื้องสำหรับเผาที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำถ้วยกระเบื้องไปเผาที่อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส นาน 12 ชม. หรือข้ามคืน จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็น แล้วชั่งน้ำหนัก และคำนวณปริมาณเถ้าได้จากสูตร

$$\% \text{ เถ้า} = \frac{(A-B)}{C} \times 100$$

A = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง + น้ำหนักเถ้าหลังเผา

B = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง

C = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

4.2.7 การวิเคราะห์ปริมาณคลอเลสเตอรอลในเลือด

จากกลุ่มการทดลองในบทที่ 3 ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเลือดจากไก่ทดลองทุกกลุ่ม โดยเก็บซ้ำละ 4 ตัว ทำการเจาะเลือดบริเวณปีก ปริมาณ 3 มิลลิลิตรต่อตัว โดยเก็บเลือดในหลอดที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด หลังจากนั้นก็นำเลือดมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกซีรัมและนำซีรัมที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณ total cholesterol, LDL cholesterol, HDL cholesterol, triglyceride โดยใช้ชุดตรวจของ Sigma และทำการวัดด้วยเครื่อง reflotron (บริษัท Roche Diagnostics Corporation, Germany)

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลอง completely randomized design (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test และทำการวิเคราะห์แนวโน้มของข้อมูลโดยวิธี orthogonal polynomial โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1998)

4.4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการเสริม CLA ต่ออัตราการเจริญเติบโต

ผลของการเสริม CLA ต่ออัตราการเจริญเติบของไก่กระทงในช่วงอายุ 21-42 วัน กล่าวคือ กลุ่มการทดลองที่ 1 คืออาหารไก่กระทงที่ไม่ได้เสริม CLA กลุ่มการทดลองที่ 2 คืออาหารไก่กระทงที่เสริม CLA 0.5 % กลุ่มการทดลองที่ 3 คืออาหารไก่กระทงที่เสริม CLA1.0 % และกลุ่มการทดลองที่ 4 คืออาหารไก่กระทงที่เสริม CLA 1.5 % เทียบกับน้ำหนักอาหาร พบว่า ปริมาณการกินได้เฉลี่ยต่อตัวต่อวันในแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าเท่ากับ 98.57, 100.47, 101.90 และ 96.19 กรัม ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวันที่คำนวณได้ มีค่าเท่ากับ 62.21, 61.03, 60.87 และ 53.28 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ จะพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์แนวโน้ม พบว่า เมื่อเสริม CLA ลงไปในอาหารไก่กระทงจะทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวันลดลงเป็นแบบเส้นตรงโดยในกลุ่มที่มีการเสริม CLA ที่ระดับ 1.5% มีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำที่สุด ทางด้านของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นพบว่าในกลุ่มการทดลองที่ 4 จะมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวน้อยกว่าในกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ดังนี้ 1279, 1270, 1263 และ 1091 กรัม ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และในส่วนของประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ของไก่กระทงในกลุ่มการทดลองที่ 4 มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารน้อยกว่าในกลุ่มการทดลองที่ 1 กลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการทดลองที่ 3 คือ 1.63, 1.66, 1.7 และ 1.89 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ผลของ CLA ต่อคุณภาพซาก

การเสริม CLA ลงในอาหารของไก่กระทงไม่ทำให้ไก่กระทงมีน้ำหนักที่มีชีวิต เปอร์เซ็นต์เลือดของไก่กระทง และเปอร์เซ็นต์สูญหายของน้ำหนักเมื่อทิ้งไว้ในห้องเย็นนาน 24 ชั่วโมง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เปอร์เซ็นต์ หัว คอ แข้ง และซาก อยู่ในช่วง 2.74-3.22%, 3.85-4.07% และ 66.89-67.65% ตามลำดับ พบว่าเปอร์เซ็นต์ หัว คอ และ ซาก ของไก่ทุกกลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนทางด้านของเปอร์เซ็นต์ขน มีค่าเท่ากับ 5.70, 6.91, 6.63 และ 7.72% ตามลำดับ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และการเพิ่มขึ้นของ CLA ในอาหารมีแนวโน้มทำให้ไก่กระทงมีเปอร์เซ็นต์ขนเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง linear อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และเปอร์เซ็นต์แข้งมีค่าเท่ากับ 4.23, 3.67, 3.93 และ 3.72% ตามลำดับ ซึ่งก็พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และมีแนวโน้มที่ลดลงตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ผลของการเสริม CLA ต่อน้ำหนักเครื่องในของไก่กระทง พบว่าไก่กระทงทุกกลุ่มการทดลองมีเปอร์เซ็นต์ตับ เท่ากับ 2.15, 2.42, 2.14 และ 2.22% ตามลำดับและมีค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในช่องท้อง

เท่ากับ1.88, 1.99, 1.75 และ 1.65% ตามลำดับ ซึ่งพบว่าทั้งเปอร์เซ็นต์ตับและเปอร์เซ็นต์ไขมันในช่องท้องนั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และมีแนวโน้มจะลดลงเป็นแบบเส้นตรง linear ตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนเปอร์เซ็นต์เครื่องในรวม กึ๋น และหัวใจ อยู่ในช่วง 11.63-11.99%, 1.36-1.47% และ 0.47-0.61% ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์เครื่องในรวม กึ๋น และหัวใจ นั้นไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.3)

ผลของการเสริม CLA ต่อน้ำหนักชิ้นส่วนของไก่กระทง พบว่า เปอร์เซ็นต์น่องเท่ากับ 14.54, 14.03, 14.45 และ 14.10% ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์น่อง นั้นพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีโดยมีแนวโน้มจะลดลงตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง linear ตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01), เปอร์เซ็นต์น่องถอดกระดูกเท่ากับ 10.65, 10.05, 10.41 และ 10.33% ตามลำดับ และพบว่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เปอร์เซ็นต์ปีกบน มีค่าเท่ากับ 6.17, 5.84, 6.01 และ 5.91% ตามลำดับพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และมีแนวโน้มจะลดลงตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง linear ตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนเปอร์เซ็นต์สะโพกมีค่าเท่ากับ 18.82, 18.8, 19.20 และ 18.78% ตามลำดับสะโพกถอดกระดูกมีค่าเท่ากับ 16.04, 15.71, 16.68 และ 16.21% ตามลำดับ อกมีค่าเท่ากับ 21.12, 21.19, 21.13 และ 20.19% ตามลำดับ อกในมีค่าเท่ากับ 5.16, 5.06, 5.35 และ 5.13% ตามลำดับ ปีกล่างมีค่าเท่ากับ 5.83, 5.83, 5.87 และ 5.78% ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์โครงมีค่าเท่ากับ 27.04, 29.04, 27.73 และ 28.63% ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซ็นต์สะโพก สะโพกถอดกระดูก อก อกใน ปีกล่างและโครงจะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นนั้นจะเห็นว่า CLA มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทงโดยทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริม CLA ในระดับ 1.5% นั้นจะมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวันและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่ำกว่าในกลุ่มการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องมาจาก CLA มีผลต่อการยับยั้งการสะสมของไขมันในร่างกายส่งผลให้ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับการเสริม CLA นั้นมีไขมันสะสมน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริม CLA น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต จึงลดลง และในการทดลองของ Aletor et al. (2003) ที่ทำการทดลองเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงพบว่า ไก่กระทงที่ได้รับ CLA มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นลดลง ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารและอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และทำให้อัตราการกินได้เฉลี่ยต่อตัวต่อวันลดลงอีกด้วย ซึ่งขัดแย้งกับผลการทดลองของ Sirri et al. (2003); Du and Ahn (2002); Sell et al. (2001) และ Simon et al. (2000) ที่กล่าวว่าไม่

พบความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กลุ่มที่ได้รับการเสริม CLA และกลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริม CLA แต่ในการทดลองของ Badinga et al. (2003) กลับพบว่า CLA มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทง โดยทำให้อัตราการกินได้เฉลี่ยต่อตัวต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวันลดลงเมื่อเปรียบเทียบกลับกลุ่มการทดลองที่ไม่เสริมCLA

นอกจากนี้ Szymczyk et al. (2001) ได้ทำการทดลองเสริม CLA ในระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 % CLA ในอาหารไก่กระทงพบว่า ในไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับการเสริม CLA ในระดับ 1.5% นั้นมีอัตราการกินได้เฉลี่ยต่อตัวต่อวัน และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทางด้านประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารนั้นไม่พบความแตกต่างทางสถิติแต่มีแนวโน้มที่ลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Badiga et al. (2003) และการทดลองของ Szymezyk et al. (2001) ที่พบว่า การเสริม CLA ทำให้ปริมาณการกินได้เฉลี่ยต่อตัวต่อวันลดลง โดย Badiga et al. (2003) ได้ให้เหตุผลว่า CLA นั้นมีผลทำให้อัตราการเมตาบอลิซึมของไขมันสูงขึ้น โดยจะไปเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ไลเปส (lipase) และเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ carnitine palmitoyl transferase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่นำเอากรดไขมันเข้าสู่ไมโตคอนเดรียในเซลล์เพื่อเผาผลาญเป็นพลังงาน (Park et al., 1997) เมื่อมีอัตราการเมตาบอลิซึมเพิ่มมากขึ้น ก็หมายความว่าไก่ที่ได้รับ CLA นั้นมีประสิทธิภาพในการเผาผลาญพลังงานในอาหารสูงกว่าไก่ที่ไม่ได้รับ CLA เมื่อเปรียบเทียบอาหารในปริมาณเท่ากัน ทำให้ไก่ที่ได้รับ CLA จะกินอาหารในจำนวนที่น้อยกว่าไก่ที่ไม่ได้รับ CLA แต่จะได้รับพลังงานเท่ากัน และอีกสาเหตุที่ทำให้อัตราการกินได้ลดลง น่าจะเป็นผลมาจากไก่ที่ได้รับ CLA นั้นจะมีการสะสมของไขมันน้อยกว่าในกลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริม CLA เพราะการสะสมของไขมันในร่างกาย สัตว์จำเป็นที่จะต้องได้รับพลังงานจากอาหาร โดยสัตว์ที่มีการสะสมของไขมันมากจะมีอัตราการกินได้ที่สูงกว่าสัตว์ที่มีการสะสมของไขมันน้อย ส่วนทางด้านของปริมาณไขมันในช่องท้องนั้น จากการทดลองนี้พบว่า CLA ทำให้ไก่กระทงมีปริมาณไขมันในช่องท้องลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Simon et al. (2000) ที่พบว่าไก่ที่ได้รับการเสริม CLA ในระดับ 1.0% จะมีปริมาณไขมันในช่องท้องลดลง และยังทำให้มีปริมาณไขมันในตับลดลงอีกด้วย สอดคล้องกับการทดลองของ Du and Ahn (2002) ที่กล่าวว่า CLA ไม่มีผลต่อน้ำหนักซากแต่จะทำให้มีปริมาณไขมันในช่องท้องลดลง และในการทดลองของ Sirri et al. (2003) พบว่าการเสริม CLA ไม่มีผลต่อชิ้นส่วนของไก่กระทง โดยไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์หน้าอก เปอร์เซ็นต์ขาและเปอร์เซ็นต์ปีกเปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริม CLA Park et al. (1997) ได้กล่าวว่าถึงกลไกการทำงานของ CLA ที่มีผลต่อปริมาณไขมันที่ลดลงไว้ว่า CLA สามารถยับยั้งการสะสมของไขมันในเซลล์ไขมัน (adipocyte cell) แต่การตอบสนองของ CLA ในการยับยั้งการสะสมไขมันในร่างกายของสัตว์แต่ละสปีชีส์นั้นก็แตกต่างกัน โดยจะขึ้นอยู่กับอัตราการสังเคราะห์ไขมันขึ้นมาใหม่ (novo fatty acid

synthesis) (Miner et al., 2001) และได้มีการศึกษากลไกของ CLA โดยละเอียดพบว่า CLA เป็นตัวไปแย่งจับเพื่อเข้าทำปฏิกิริยาแทนที่ α-PPAR receptor ที่มีอยู่ในกระบวนการเปลี่ยนแปลงของ preadiprocytes ทำให้ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างเพื่อรอรับการสะสมของไขมันได้ (Houseknecht et al., 1998 และ Belury and Heuvel, 1999) นอกจากนี้ West et al. (2000) ได้กล่าวว่า การที่มีการสะสมของไขมันในร่างกายสัตว์ลดลงนั้นอาจเป็นผลมาจาก สัตว์มีการใช้พลังงาน เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับในการทดลองของ Tsuboyama-Kasaoka et al. (2000) ที่ทำการทดลองในหนูพบว่า หนูมีการสร้างความร้อน เพิ่มขึ้น มีการสงวนพลังงาน ลดลง และ CLA ยังมีผลต่อการสังเคราะห์เนื้อเยื่อไขมัน โดยทำให้อัตราการสังเคราะห์ลดลง โดย CLA จะไปยับยั้งการเข้ารวมของกลูโคสในกระบวนการสังเคราะห์เนื้อเยื่อไขมัน เมื่อกระบวนการสังเคราะห์เนื้อเยื่อไขมันขาดกลูโคสซึ่งเป็นแหล่งพลังงาน การสังเคราะห์เนื้อเยื่อไขมันจึงถูกยับยั้งลง (Baumgard et al., 2000: 2001; Chouinard et al., 1999 และ Loor and Herbein, 1998)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.1 ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่ออัตราการเจริญเติบโต

	Treatments				CV%	Pr>F	P-value*		
	0% CLA	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5% CLA			linear	quadratic	cubic
ADFI (g)	98.57±0.17	100.47±0.44	101.90±0.44	96.19±0.41	5.503	0.305	0.663	0.398	0.350
BWG (g)	1279±0.14c	1270±0.42c	1263±0.23c	1091±0.41d	7.930	0.008	0.913	0.313	0.333
FCR	1.63±0.01d	1.66±0.01d	1.70±0.03d	1.89±0.05c	6.480	0.002	0.791	0.227	0.780
ADG(g/bird/day)	62.21±0.43 a	61.03±0.97 a	60.87±0.51 a	53.28±1.08b	8.080	0.016	0.005	0.117	0.346

หมายเหตุ: ADFI = Average dairy feed intake BWG = Body weight gain FCR = Feed conversion ratio ADG = Average dairy gain

a, bในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

c, dในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

* การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.2 ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อคุณภาพซากของไก่กระทง

	Treatment				CV %	Pr>F	P-value*		
	0 %CLA	0.5% CLA	1.0 % CLA	1.5 % CLA			linear	quadratic	cubic
น้ำหนักมีชีวิต(g)	1900±19.98	1817±23.67	1949±24.88	1885±17.42	6.894	0.390	0.736	0.504	0.562
เลือด(%)[1/]	4.16±0.09	4.09±0.09	4.13±0.05	4.04±0.07	9.481	0.956	0.654	0.813	0.968
ขน(%)[1/]	5.70±0.05e	6.91±0.05cd	6.63±0.05d	7.72±0.2c	10.407	0.0001	0.0001	0.055	0.519
การสูญเสียน้ำ(%)[1/]	1.70±0.09	1.48±0.09	1.15±0.05	1.27±0.04	27.625	0.107	0.116	0.424	0.098
หัว(%)[1/]	2.74±0.09	2.82±0.05	3.05±0.09	3.22±0.10	14.724	0.237	0.047	0.645	0.599
คอ(%)[1/]	3.96±0.06	4.00±0.06	4.07±0.08	3.85±0.06	9.744	0.796	0.769	0.501	0.544
แข้ง(%)[1/]	4.23±0.09a	3.67±0.09b	3.93±0.05ab	3.72±0.04b	8.971	0.047	0.025	0.542	0.613
ซาก(%)[1/]	67.65±0.4	67.35±0.36	66.89±0.09	67.04±0.11	1.957	0.755	0.387	0.904	0.570

หมายเหตุ: a, b ในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

c, d, e ในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

[1/] เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักมีชีวิต

* การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์เครื่องในของไก่กระทง

	Treatment				CV %	Pr>F	P-value*		
	0 %CLA	0.5% CLA	1.0 % CLA	1.5 % CLA			linear	quadratic	cubic
เครื่องในรวม(%)[1/]	11.99±0.11	11.80±0.11	11.76±0.07	11.63±0.07	6.217	0.859	0.213	0.777	0.750
กึ๋น(%)[1/]	1.47±0.02	1.46±0.02	1.45±0.01	1.36±0.01	7.448	0.304	0.070	0.316	0.847
ตับ(%)[1/]	2.15±0.01 b	2.42±0.02 a	2.14±0.02 b	2.22±0.02 b	5.977	0.006	0.370	0.387	0.602
หัวใจ(%)[1/]	0.48±0.007	0.49±0.007	0.47±0.004	0.61±0.07	38.682	0.608	0.334	0.399	0.645
ไขมันช่องท้อง(%)[1/]	1.88±0.02ab	1.99±0.02 a	1.75±0.03bc	1.65±0.04 c	8.946	0.009	0.011	0.466	0.578

หมายเหตุ: a, b, cในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

[1/] เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักซาก

* การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนของไก่กระทง

	Treatment				CV%	Pr>F	P-value*		
	0 %CLA	0.5% CLA	1.0 % CLA	1.5 % CLA			linear	quadratic	cubic
น่อง(%)[1/]	14.54±0.02 a	14.03±0.02 c	14.45±0.07ab	14.10±0.03bc	2.224	0.027	0.003	0.076	0.663
น่องถอดกระดูก(%)[1/]	10.63±0.06 a	10.05±0.06 b	10.41±0.05ab	10.33±0.03ab	3.058	0.035	0.071	0.754	0.554
สะโพก(%)[1/]	18.82±0.12	18.58±0.12	19.20±0.08	18.78±0.12	3.274	0.385	0.830	0.455	0.349
สะโพกถอดกระดูก(%)[1/]	16.04±0.16	15.71±0.16	16.68±0.09	16.21±0.11	4.318	0.147	0.454	0.484	0.253
หน้าอก(%)[1/]	21.12±0.13	21.19±0.13	21.13±0.09	20.91±0.07	3.672	0.930	0.601	0.672	0.839
อกใน(%)[1/]	5.16±0.461	5.06±0.05	5.35±0.04	5.13±0.02	4.321	0.165	0.810	0.279	0.187
ปีกบน(%)[1/]	6.17±0.04 a	5.84±0.04 b	6.01±0.02ab	5.91±0.01 b	3.141	0.032	0.017	0.552	0.541
ปีกล่าง(%)[1/]	5.83±0.03	5.83±0.03	5.87±0.02	5.78±0.01	2.695	0.845	0.714	0.855	0.099
โครง(%)[1/]	27.04±0.37	29.04±0.37	27.73±0.17	28.63±0.15	4.943	0.087	0.095	0.530	0.874

หมายเหตุ: a, b, cในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[1/] เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักซาก

* การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เปอร์เซ็นต์ความชื้น

เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อสะโพกจะมีค่าเท่ากับ 26.20, 26.26, 26.77 และ 26.70% ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อน่องเท่ากับ 26.03, 25.85, 26.96 และ 26.729% ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อหน้าอกมีค่าเท่ากับ 25.82, 26.30, 26.745 และ 26.86% ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อสะโพก เนื้อหน้าอก และเนื้อน่องของไก่กระทงในทุกกลุ่มการทดลองมีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

เปอร์เซ็นต์โปรตีน

ผลของการเสริม CLA ต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อไก่กระทงพบว่า ในเนื้อหน้าอกมีปริมาณสูงที่สุด คือเท่ากับ 22.42, 20.19, 22.19 และ 20.23% ตามลำดับ รองลงมาคือเนื้อน่อง คือเท่ากับ 20.44, 20.19, 22.19 และ 20.23% ตามลำดับและเนื้อสะโพกมีค่าเท่ากับ 18.47, 18.65, 17.71 และ 17.88% ตามลำดับ โดยที่เปอร์เซ็นต์โปรตีนของเนื้อสะโพก เนื้อหน้าอก และเนื้อน่องของไก่กระทงในทุกกลุ่มการทดลองมีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังที่แสดงในตารางที่ 4.6

เปอร์เซ็นต์ไขมัน

เปอร์เซ็นต์ไขมันของเนื้อสะโพกมีค่าเท่ากับ 7.65, 5.74, 7.48 และ 5.67% ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้ออกมีค่าเท่ากับ 3.07, 3.46, 3.59 และ 2.56% ตามลำดับ ซึ่งจะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อน่องของไก่กระทงนั้นมีค่าเท่ากับ 5.28, 5.07, 4.53 และ 3.66% ตามลำดับ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และมีแนวโน้มลดลงแบบเส้นตรง linear ตามระดับของ CLA ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังที่แสดงในตารางที่ 4.7

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.5 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อสะโพก เนื้อน่อง และเนื้อหน้าอกของไก่กระทง

	Treatments				CV %	Pr>F	P-value*		
	0 % CLA	0.5 % CLA	1.0 % CLA	1.5 % CLA			linear	quadratic	cubic
เนื้อสะโพก	26.20±0.79	26.26±0.72	26.77±0.51	26.70±0.53	2.16	0.931	0.483	0.921	0.719
เนื้อน่อง	26.03±0.84	25.85±0.57	26.96±0.45	26.72±0.47	2.02	0.523	0.908	0.509	0.367
เนื้อหน้าอก	25.82±0.98	26.30±0.60	26.74±0.51	26.86±0.44	2.23	0.688	0.559	0.885	0.355

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.6 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนของเนื้อสะโพก เนื้ออก และเนื้อน่องของไก่กระทง

	Treatments				CV %	Pr>F	P-value*		
	0 % CLA	0.5 % CLA	1.0 % CLA	1.5 % CLA			linear	quadratic	cubic
เนื้อสะโพก	18.47±0.11	18.65±0.06	17.71±0.60	17.88±0.60	4.11	0.399	0.008	0.883	0.455
เนื้อน่อง	20.44±0.29	20.49±0.52	19.81±0.06	20.06 + ±0.20	2.71	0.434	0.864	0.187	0.026
เนื้อหน้าอก	22.42±0.11	20.19±0.41	22.19±1.34	20.23±0.68	6.37	0.212	0.864	0.107	0.042

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.7 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์ไขมันของเนื้อสะโพก เนื้ออก และเนื้อน่องของไก่กระทง

	Treatments				CV %	Pr>F	P-value*		
	0 % CLA	0.5 % CLA	1.0 % CLA	1.5 % CLA			linear	quadratic	cubic
เนื้อสะโพก	7.65±0.57	5.74±1.66	7.48±0.36	5.67±0.38	25.67	0.426	0.216	0.829	0.113
เนื้อน่อง	5.28±0.31a	5.07±0.24b	4.53±0.31ab	3.66±0.13b	10.03	0.033	0.002	0.144	0.788
เนื้อหน้าอก	3.70±0.38	3.46±0.28	3.59±0.21	2.56±0.22	21.33	0.396	0.103	0.396	0.415

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทง

ผลของการเสริม CLA ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อสะโพกของไก่กระทง พบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้กรดไขมันชนิด C17:0 มีค่าเท่ากับ 0.48, 0.23, 0.13 และ 0.41 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับซึ่งพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นแบบเส้นโค้ง quadratic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แต่การเสริม CLA ไม่มีผลต่อ C14:0, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1n9c, C22:1, C18:2n6c, C18:3n3, C22:6n3, total saturated fatty acid : SFA, total monounsaturated fatty acid : MUFA และ total polyunsaturated fatty acid : PUFA (ตารางที่ 4.8) ส่วนในแง่ของการสะสมของ CLA ในเนื้อสะโพกนั้นพบว่า ในเนื้อสะโพกมีปริมาณ CLA a เท่ากับ 0.012, 0.036, 0.064 และ 0.166 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ CLA b เท่ากับ 0.003, 0.014, 0.017 และ 0.118 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ และ total CLA เท่ากับ 0.015, 0.050, 0.082 และ 0.284 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ การสะสมของ CLA ในเนื้อสะโพกจะเพิ่มมากขึ้นตามระดับของ CLA ที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์แนวโน้มพบว่า เมื่อเสริม CLA ในระดับที่เพิ่มขึ้น จะทำให้การสะสมของ CLA ในเนื้อสะโพกเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง linear อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังที่แสดงในตารางที่ 4.8

ผลของการเสริม CLA ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อน่องนั้นพบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้ กรดไขมัน C16:1 มีค่าเท่ากับ 0.20, 0.07, 0.08 และ 0.11 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) มีแนวโน้มการลดลงแบบเส้นโค้ง quadratic อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และ C22:1 มีค่าเท่ากับ 0.07, 0.04, 0.02 และ 0.05 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งก็พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เช่นเดียวกับในกรดไขมันชนิด C16:1 และมีแนวโน้มการลดลงแบบเส้นตรง linear อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่การเสริม CLA นั้นจะไม่มีผลกับกรดไขมันชนิด C14:0, C16:0, C17:0, C18:0, C18:1n9c, C18:2n6c, C22:1, C22:6n3, SFA, MUFA และ PUFA (ตารางที่ 4.8) การเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงจะทำให้มีปริมาณ CLA a เท่ากับ 0.005, 0.035, 0.061 และ 0.124 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ CLA b มีค่าเท่ากับ 0.003, 0.022, 0.042 และ 0.124 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ และ total CLA มีค่าเท่ากับ 0.009, 0.058, 0.103 และ 0.305 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ โดยการสะสมของ CLA ในเนื้อน่องจะเพิ่มขึ้นตามระดับของ CLA ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และการสะสมของ CLA ในเนื้อน่องจะเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง linear เมื่อเสริม CLA ในระดับที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) (ตารางที่ 4.9)

การเสริม CLA ไม่มีผลทำให้ส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้ออกของไก่กระทงเปลี่ยนแปลงไป (ตารางที่ 4.10) แต่จะมีผลต่อการสะสมของ CLA ในเนื้อหน้าอก กล่าวคือทำให้มีปริมาณ CLA a เท่ากับ 0, 0.023, 0.056 และ 0.121 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ CLA b มีค่า

เท่ากับ 0, 0.023, 0.056 และ 0.081 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ และ total CLA มีค่าเท่ากับ 0, 0.061, 0.144 และ 0.202 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ โดยทำให้การสะสมของ CLA ในเนื้อหน้าอกมีค่าเพิ่มมากขึ้น ตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เช่นเดียวกับในเนื้อน่อง การสะสมของ CLA ในเนื้อหน้าอกจะเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง linear เมื่อเสริม CLA ในระดับที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังแสดงในตารางที่ 4.11

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.8 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อสะโพกของไก่กระทง

Fatty acid	g / 100g fat				CV%	Pr>F	P-value*		
	Control	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5%CLA			linear	quadratic	cubic
Saturated fatty acids									
14:0	0.08±0.005	0.05±0.003	0.01±0.040	0.04±0.031	162.83	0.401	0.177	0.419	0.837
16:0	0.81±0.664	0.70±0.366	0.37±0.161	1.12±0.188	51.48	0.205	0.558	0.089	0.223
17:0	0.48±0.035 a	0.23±0.133 ab	0.13±0.029 b	0.41±0.023 a	39.31	0.030	0.390	0.006	0.454
18:0	0.29±0.031	0.26±0.138	0.15±0.059	0.50±0.099	52.53	0.130	0.246	0.068	0.224
Total	1.59±0.068	1.20±0.632	0.66±0.254	2.08±0.271	45.97	0.120	0.589	0.039	0.234

หมายเหตุ :a, b แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

* การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อสะโพกของไก่กระทง

Fatty acid	g / 100g fat				CV%	Pr>F	P-value*		
	Control	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5%CLA			linear	quadratic	cubic
Mono-unsaturated fatty acids									
16: 1	0.13±0.04	0.09±0.060	0.04±0.027	0.11±0.022	73.93	0.493	0.582	0.236	0.537
18:1 n 9C	0.11±0.22	0.87±0.503	0.03±0.015	1.08±0.506	83.22	0.216	0.584	0.121	0.174
22:1	0.04±0.004	0.03±0.013	0.02±0.002	0.03±0.011	47.59	0.268	0.215	0.251	0.938
Total	1.30±0.263	0.99±0.576	0.09±0.045	1.23±0.540	79.59	0.23	0.570	0.123	0.198

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อสะโพกของไก่กระทง

Fatty acid	g / 100g fat				CV%	Pr>F	P-value*		
	Control	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5%CLA			linear	quadratic	cubic
Poly-unsaturated fatty acids									
18:2 n 6c	0.88±0.166	0.72±0.399	0.39±0.181	0.97±0.162	57.7	0.419	0.962	0.171	0.368
18:3 n 3	0.03±0.019	0.01±0.010	0.02±0.013	0.06±0.012	70.99	0.259	0.285	0.099	0.840
22:6 n3	0.07±0.020	0.04±0.019	0.03±0.001	0.11±0.030	52.36	0.106	0.378	0.044	0.411
Total	1.00±0.146	0.75±0.417	0.48±0.196	1.15±0.144	51.46	0.306	0.918	0.111	0.343

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.9 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อการสะสมของ CLA ในเนื้อสะโพกของไก่กระทง

Fatty acid	g / 100g fat				CV%	Pr>F	P-value*		
	Control	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5%CLA			linear	quadratic	cubic
CLA									
CLA a	0.012±0.009b	0.036±0.01b	0.064±0.014b	0.166±0.050a	70.56	0.022	0.004	0.209	0.602
CLA b	0.003±0.001b	0.014±0.007b	0.017±0.004b	0.118±0.035a	91.38	0.012	0.004	0.058	0.284
Total	0.015±0.01b	0.050±0.025b	0.082±0.010b	0.284±0.090a	76.07	0.016	0.004	0.116	0.442

หมายเหตุ :a, b ในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

* การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

CLA a = cis9, trans11 octadecadienoic acid

CLA b = trans10, cis12 octadecadienoic acid

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.10 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อน่องของไก่กระทง

Fatty acid	g / 100g fat				CV%	Pr>F	P-value*		
	Control	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5%CLA			linear	quadratic	cubic
Saturated fatty acids									
14:0	0.02±0.01	0.01±0.004	0.02±0.003	0.02±0.012	72.8	0.965	0.004	0.116	0.442
16:0	0.94±0.184	0.59±0.145	0.70±0.113	1.09±0.163	31.94	0.170	0.434	0.043	0.767
17:0	0.52±0.110	0.28±0.103	0.20±0.054	0.37±0.023	41.31	0.094	0.192	0.029	0.893
18:0	0.31±0.064	0.39±0.127	0.28±0.042	0.51±0.088	59.86	0.326	0.253	0.411	0.202
Total	1.80±0.365	1.26±0.222	1.21±0.167	1.99±0.252	28.89	0.165	0.6613	0.036	0.783

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อน่องของไก่กระทง

Fatty acid	g / 100g fat				CV%	Pr>F	P-value*		
	Control	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5%CLA			linear	quadratic	cubic
Mono-unsaturated fatty acids									
16:1	0.20±0.033a	0.07±0.024b	0.08±0.016b	0.11±0.020b	35.16	0.026	0.056	0.014	0.424
18:1 n 9C	1.16±0.557	0.50±0.316	0.41±0.371	1.04±0.502	97.01	0.596	0.136	0.203	0.884
22:1	0.07±0.010a	0.04±0.013ab	0.02±0.003b	0.04±0.008ab	33.87	0.028	0.032	0.047	0.464
Total	1.44±0.597	0.66±0.330	0.52±0.389	1.20±0.524	84.69	0.511	0.696	0.167	0.905

หมายเหตุ :a, bในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

* การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อน่องของไก่กระทง

Fatty acid	g / 100g fat				CV%	Pr>F	P-value*		
	Control	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5%CLA			linear	quadratic	cubic
Poly-unsaturated fatty acids									
18:2 n 6c	1.26±0.249	0.69±0.171	0.68±0.122	0.95±0.142	34.4	0.146	0.281	0.046	0.750
18:3 n 3	0.09±0.014	0.04±0.014	0.04±0.010	0.05±0.009	35.61	0.063	0.088	0.056	0.650
22:6 n3	0.06±0.014	0.06±0.018	0.04±0.005	0.07±0.015	33.64	0.104	0.466	0.043	0.238
Total	1.45±0.278	0.80±0.198	0.76±0.137	1.10±0.164	33.92	0.136	0.263	0.041	0.806

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.11 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อการสะสมของ CLA ในเนื้อน่องของไก่กระทง

Fatty acid	g / 100g fat				CV%	Pr>F	P-value*		
	Control	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5%CLA			linear	quadratic	cubic
CLA									
CLAa	0.005±0.002b	0.035±0.009b	0.061±0.01b	0.181±0.034a	45.26	0.0008	0.0002	0.040	0.274
CLAb	0.003±0.001b	0.022±0.005b	0.042±0.007b	0.124±0.022a	43.71	0.0005	0.0001	0.029	0.288
Total	0.009±0.004b	0.058±0.01b	0.103±0.01ab	0.305±0.056a	44.64	0.0007	0.001	0.036	0.278

หมายเหตุ :a, bในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

* การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

CLA a = cis9, trans11 octadecadienoic acid

CLA b = trans10, cis12 octadecadienoic acid

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.12 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้ออกของไก่กระทง

Fatty acid	g / 100g fat				CV%	Pr>F	P-value*		
	Control	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5%CLA			linear	quadratic	cubic
Saturated fatty acids									
14:0	0.01±0.004	0.01±0.005	0.02±0.008	0.01±0.009	80.19	0.320	0.357	0.408	0.357
16:0	0.67±0.099	0.49±0.111	0.95±0.305	0.76±0.138	43.9	0.398	0.386	0.985	0.147
17:0	0.54±0.024	0.46±0.095	0.34±0.116	0.42±0.023	30	0.384	0.158	0.326	0.503
18:0	0.21±0.031	0.20±0.036	0.39±0.123	0.35±0.066	43.66	0.250	0.106	0.843	0.202
Total	1.44±0.114	1.17±0.183	1.72±0.553	1.55±0.187	36.54	0.657	0.543	0.868	0.296

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้ออกของไก่กระทง

Fatty acid	g / 100g fat				CV%	Pr>F	P-value*		
	Control	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5%CLA			linear	quadratic	cubic
Mono-unsaturated fatty acids									
16:1	0.108±0.01	0.053±0.01	0.116±0.041	0.069±0.022	52.71	0.332	0.645	0.857	0.092
18:1 n 9C	0.937±0.127	0.259±0.22	0.987±0.495	0.424±0.378	89.6	0.380	0.610	0.870	0.111
22:1	0.061±0.01	0.043±0.008	0.220±0.018	0.052±0.005	39.23	0.753	0.956	0.543	0.362
Total	0.835±0.153	0.355±0.241	1.158±0.554	0.547±0.404	81.29	0.380	0.611	0.848	0.113

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้ออกของไก่กระทง

Fatty acid	g / 100g fat				CV%	Pr>F	P-value*		
	Control	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5%CLA			linear	quadratic	cubic
Poly-unsaturated fatty acids									
18:2 n 6c	0.79±0.075	0.51±0.146	0.94±0.280	0.64±0.128	41.76	0.380	0.967	0.956	0.098
18:3 n 3	0.05±0.008	0.03±0.0117	0.06±0.016	0.03±0.007	42.84	0.246	0.493	0.887	0.092
22:6 n3	0.09±0.014	0.08±0.023	0.08±0.027	0.10±0.011	38.35	0.861	0.784	0.544	0.837
Total	0.94±0.097	0.62±0.159	1.09±0.323	0.78±0.144	40.12	0.437	0.976	0.974	0.120

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.13 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) การสะสมของ CLA ในเนื้ออกของไก่กระทง

Fatty acid	g / 100g fat				CV%	Pr>F	P-value*		
	Control	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5%CLA			linear	quadratic	cubic
CLA									
CLA a	0c	0.037±0.003bc	0.088±0.026ab	0.121±0.015a	46.37	0.004	0.0005	0.869	0.669
CLA b	0c	0.023±0.001bc	0.056±0.016ab	0.081±0.010a	43.10	0.002	0.0003	0.936	0.737
Total	0c	0.061±0.004bc	0.144±0.043ab	0.202±0.029a	45.01	0.003	0.0004	0.946	0.699

หมายเหตุ :a, b,c ในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

* การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

CLA a = cis9, trans11 octadecadienoic acid

CLA b = trans10, cis12 octadecadienoic acid

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เปอร์เซ็นต์เถ้า

เปอร์เซ็นต์เถ้าของเนื้อสะโพกมีค่าเท่ากับ 1.13, 1.18, 1.17 และ 1.17% ตามลำดับพบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเปอร์เซ็นต์เถ้าในเนื้อน่องมีค่าเท่ากับ 1.16, 1.19, 1.26 และ 1.21% ตามลำดับ ซึ่งก็ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเปอร์เซ็นต์เถ้าในเนื้ออกนั้น มีค่าเท่ากับ 1.17, 1.08, 1.18 และ 1.22% ตามลำดับ และพบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังที่แสดงในตารางที่ 4.14

ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด

ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด มีค่าเท่ากับ 140.40, 144.00, 151.80 และ 157.75 mmol/l ตามลำดับ ซึ่งจะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณ HDL cholesterol ในเลือดมีค่าเท่ากับ 75.50, 69.42, 71.78 และ 68.67 mmol/l ตามลำดับ ซึ่งก็ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณ triglycerides ในเลือดมีค่าเท่ากับ 99.88, 112.40, 110.92 และ 104.75 mmol/l ตามลำดับ และปริมาณของ LDL cholesterol ในเลือดมีค่าเท่ากับ 44.94, 58.10, 57.84 และ 68.12 mmol/l ตามลำดับ ซึ่งจะไม่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในส่วนของ triglyceride และ LDL cholesterol ดังที่แสดงในตารางที่ 4.15

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.14 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์เถ้าของเนื้อสะโพก เนื้อน่อง และเนื้อหน้าของไก่กระทง

	Treatments				CV %	Pr>F	P-value*		
	0 % CLA	0.5 % CLA	1.0 % CLA	1.5 % CLA			linear	quadratic	cubic
เนื้อสะโพก	1.13±0.02	1.18±0.02	1.17±0.03	1.17±0.02	6.51	0.710	0.388	0.551	0.684
เนื้อน่อง	1.16±0.03	1.19±0.03	1.26±0.06	1.21±0.02	8.85	0.382	0.225	0.390	0.366
เนื้อหน้าอก	1.17±0.02	1.08±0.06	1.18±0.02	1.22±0.01	8.36	0.152	0.179	0.151	0.208

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.15 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด

	Treatments				CV %	Pr>F	P-value*		
	0 % CLA	0.5 % CLA	1.0 % CLA	1.5 % CLA			linear	quadratic	cubic
HDL cholesterol (mmol/l)	75.50±3.85	69.42±7.84	71.78±3.99	68.67±3.15	16.02	0.796	0.799	0.845	0.624
LDL cholesterol (mmol/l)	44.92±6.52	52.10±9.06	57.83±4.78	68.12±6.66	26.9	0.197	0.166	0.651	0.083
Triglycerides (mmol/l)	99.88±7.85	112.40±6.49	110.92±3.33	104.75±15.41	17.3	0.700	0.695	0.460	0.712
Cholesterol (mmol/l)	140.40±8.52	144.00±2.30	151.80±1.93	157.75±7.98	8.54	0.200	0.061	0.958	0.727

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นนั้นพบว่า CLA ไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไก่ในทุกชิ้นส่วนทั้งในด้านของ เปอร์เซ็นต์ความชื้น เปอร์เซ็นต์โปรตีน และเปอร์เซ็นต์เถ้า สอดคล้องกับการทดลองของ Szymczyk et al. (2001) ที่พบว่า CLA ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้น และเปอร์เซ็นต์เถ้า แต่จะทำให้มีเปอร์เซ็นต์ซากเพิ่มขึ้นเนื่องจากซากนั้นมีเปอร์เซ็นต์ไขมันลดลง แต่จากการวิจัยในครั้งนี้ ไม่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อสะโพกและเนื้อหน้าอก แต่จะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ของเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อน่อง โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อน่องจะลดลงตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้น ส่วนในเนื้อสะโพกและเนื้อหน้าอกถึงแม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างทางสถิติแต่จะพบว่ามีแนวโน้มที่ลดลงตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับในเนื้อน่อง CLA ทำให้กรดไขมันชนิดอิ่มตัวในเนื้อสะโพกเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Badinga et al. (2003); Du and Ahn (2004); Szymczyk et al. (2001) และ Delany et al. (1999) ที่รายงานว่า การเสริม CLA ลงในอาหารไก่กระทงจะทำให้ส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่กระทงมีปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มมากขึ้นแต่จะทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวลดลง จากผลการทดลองในครั้งนี้ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว แต่พบว่ามีแนวโน้มที่ลดลงตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจากการค้นคว้ากลไกของ CLA ต่อการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อนั้นพบว่า CLA มีผลต่อเอนไซม์ Δ9-desaturase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจากกรดไขมันชนิดอิ่มตัวในกระบวนการ novo fatty acid synthesis จึงทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวลดลงและกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองที่ไม่ได้เสริม CLA Raes et al. (2002) รายงานว่า CLA มีโครงสร้างคล้ายกับ linoleic acid (C18:2 n-6) มากกว่า linoleic acid (C18:3 n-3) ซึ่งกรดไขมันทั้งสองชนิดนี้เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ Δ6-desaturase ในเซลล์ตับ ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยน C18:2 (n-6) และ C18:3 (n-3) เป็น C18:3 (n-6) และ C18:3 (n-4) ซึ่งเป็นขั้นตอนเริ่มต้นของการต่อสายความยาวของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเหล่านั้น และเป็น rate limiting step ของการเปลี่ยน linoleic acid และ linolenic acid ไปเป็น arachidonic acid และ eicosapentacnoic acid (EPA) โดย CLA เป็นตัวยับยั้งชนิดแข่งขันกับเอ็นไซม์ Δ6-desaturase เอนไซม์นี้มีความชอบในการจับกับ linolenic acid C18:3 (n-3) มากกว่า linoleic acid (C18:2 n-6) เมื่อ CLA แข่งขันกับ linoleic acid (C18:2 n-6) ในการจับกับเอนไซม์ Δ6-desaturase ทำให้เอนไซม์นี้ไปจับกับ linolenic acid (C18:3 n-3) มากขึ้น เป็นผลให้มีกรดไขมันสายยาวชนิด n-3 มากกว่ากรดไขมันชนิด n-6 หรือมีผลทำให้มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีจำนวนพันธะคู่มากๆลดลง และจากการทดลองของ Lee et al.(1998) กล่าวว่า เอนไซม์ stearoyl-CoA desaturase (SCD) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการเปลี่ยนกรดไขมันอิ่มตัวสายยาว (long-chain saturated fatty acid) ไปเป็น monosutarated fatty acid โดยปกติสารตั้งต้นเป็นพวก palmitic acid (C16:0) และ

steric acid (C18:0) ไปเป็น palmitoleic acid (C16:1) และ oleic acid (C18:1) ตามลำดับ และ CLA จะไปมีผลยับยั้ง mRNA ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์เอนไซม์ SCD และมีการทดลองจำนวนมากที่แสดงให้เห็นว่า CLA นั้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของกรดไขมันในสัตว์ โดยจะทำให้ C16:0 และ C18:0 เพิ่มขึ้น แต่ไปลด C16:1 และ C18:1 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบกรดไขมันนี้เกิดจากการยับยั้งการทำงานของ เอนไซม์ SCD ใน 3T3-L1 cell (Satory and Smith, 1999) การลดลงของ MUFA จะควบคู่ไปกับการลดลงของ SFA ซึ่งจะทำให้เนื้อมีความเหลวเพิ่มขึ้น (Badinga et al., 2003) จากหลักฐานที่แสดงว่า CLA สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ SCD ได้นั้นได้รับการยืนยันจากการทดลองของ Azain et al. (2000) ที่ทำการทดลองในหนู แต่การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ SCD นี้ไม่ได้เป็นกระบวนการหลักที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อแต่จัดว่าเป็นกระบวนการเริ่มต้น ซึ่งกระบวนการสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคือกระบวนการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Δ9-desaturase และ Δ6-desaturase ในเซลล์ตับ และทางด้านของการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่นั้น จากการทดลองพบว่ามีการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่มากขึ้นตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Badinga et al.(2003); Du and Ahn (2003) และ Szymczyk et al. (2001) เช่นเดียวกับการทดลองในไก่ไข่ โดย Chin et al.(1992) กล่าวว่าใน egg yolk มี CLA อยู่ประมาณ 0.9 มิลลิกรัม ต่อ egg yolk lipid 1 กรัม ในการเสริม CLA ลงไปในอาหารไก่ไข่นั้น เมื่อเสริมในปริมาณที่มากขึ้นก็จะทำให้ CLA สะสมอยู่ใน egg yolk lipid มากขึ้นด้วย Du et al. (1999) ได้รายงานว่า CLA สามารถเพิ่ม saturated fatty acid ใน egg yolk lipid ได้ และยังทำให้ไข่แดงมีความคงตัวมากขึ้น และ CLA ยังสามารถสะสมในไก่ได้เพิ่มมากขึ้นเมื่อมีความเข้มข้นของ CLA ในอาหารเพิ่มมาก สอดคล้องกับการทดลองของ Chamruspollert and Sell (1999) ทำการทดลองในไก่ไข่ก็พบว่า เมื่อเสริม CLA ในอาหารในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ในไข่ไก่มีปริมาณ CLA ที่เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้น และในส่วนของปริมาณคลอเลสเตอรอลในเลือดนั้นไม่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในการทดลองของ Du and Ahn (2003) ซึ่งได้ทำการทดลองเสริม CLA ในระดับ 0, 2 และ 3% ในอาหารไก่กระทง พบว่าทำให้ total cholesterol และ HDL cholesterol เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.5 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงเพื่อศึกษาสมรรถภาพการผลิต โดยทำการวัดจาก อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน ปริมาณการกินได้เฉลี่ยต่อตัวต่อวัน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร น้ำหนักซาก น้ำหนักเนื้อส่วนสะโพก หน้าอก และเนื้อน่อง น้ำหนักตับ น้ำหนักไขมันในช่องท้อง องค์ประกอบทางเคมี ในด้านของเปอร์เซ็นต์ความชื้น เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์เถ้า เปอร์เซ็นต์ไขมันใน และส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อส่วนสะโพก น่องและหน้าอก รวมถึงการสะสมของ CLA ในเนื้อส่วนดังกล่าว ซึ่งจากผลการทดลองสรุปได้ว่า

1. การเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร พบว่า ทำให้อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยที่ในกลุ่มการทดลองที่เสริม CLA ในระดับ 1.5% มีค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ลดลงต่ำที่สุด

2. การเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร พบว่าผลทำให้ปริมาณไขมันในช่องท้องลดลง โดยไม่กระทบต่อคุณภาพซากอื่นๆ กล่าวคือไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์ซาก น้ำหนักเนื้อส่วนสะโพก หน้าอก และน่องลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยการเสริม CLA ที่ระดับ 1.5% ของอาหารจะทำให้มีปริมาณไขมันในช่องท้องน้อยที่สุด

3. การเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงที่ระดับ0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร พบว่า ไม่ทำให้องค์ประกอบทางเคมี เช่น เปอร์เซ็นต์ความชื้น เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์เถ้า ของเนื้อส่วนสะโพก น่องและหน้าอกเปลี่ยนแปลงไป แต่จะพบว่าปริมาณไขมันในเนื้อน่องลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และปริมาณไขมันในเนื้อส่วนสะโพก และหน้าอก ก็มีแนวโน้มที่จะลดลงตามระดับของ CLA ที่เพิ่มขึ้น

4. การเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร พบว่าทำให้ทำให้องค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่กระทงมีปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มมากขึ้นแต่จะไม่มีผลกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในทุกๆชิ้นกล่าวคือ ในเนื้อสะโพกของไก่กระทงพบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้กรดไขมันชนิด C17:0 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เพิ่มขึ้น แต่การเสริม CLA ไม่มีผลต่อกรดไขมันชนิด C14:0, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1n9c, C22:1, C18:2n6c, C18:3n3, SFA, MUFA และ PUFA ในเนื้อส่วนหน้าอกพบว่าไม่มีความแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับในกลุ่มการทดลองที่ไม่เสริม CLA และในเนื้อส่วนน่องพบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้ กรดไขมันชนิด C22:1 ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่การเสริม CLA นั้นจะไม่มีผลกับกรดไขมันชนิด C14:0, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1n9c, C18:2n6c, C18:3n3, C22:6n3, SFA, MUFA และ PUFA

5. การเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร พบว่าการเสริม CLA ทำให้ในทุกๆชิ้นเนื้อมีการสะสมของ CLA เพิ่มมากขึ้นตามระดับของ CLA ที่เพิ่มมากขึ้น โดยจะเพิ่มมากที่สุดในกลุ่มการทดลองที่เสริม CLA ในระดับ 1.5% ของน้ำหนักอาหาร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5

การศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ องค์ประกอบของกรดไขมัน ปริมาณคลอเลสเตอรอล และการสะสมของ CLA ในไข่ไก่

5.1 คำนำ

การศึกษาวิจัยโดยใช้ conjugated linoleic acid (CLA) ในการผลิตไข่ไก่เพื่อเพิ่มมูลค่าของไข่ไก่และเพื่อสุขภาพของผู้บริโภค CLA เป็นกลุ่มไอโซเมอร์ของ linoleic acid เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มและเป็นกรดไขมันที่จำเป็น บทบาทของ CLA มีต่อสุขภาพผู้บริโภค พบว่า CLA มีคุณสมบัติในการเป็น anticarcinogen (Ip et al., 1994) และ antioxidant (Ha et al., 1990) นอกจากนี้ยังมีผลต่อการลดไขมันสะสมในร่างกาย (Henrietta et al., 2000) การใช้ CLA มาเสริมในอาหารไก่ไข่พบมีผลต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ คือเมื่อใช้ CLA ในระดับที่สูงอาจทำให้การกินได้ลดลง (Ahn et al, 1999; Szymczyk and Pisulewski, 2003) เมื่อการกินได้ลดลงก็จะส่งผลต่อ อัตราผลผลิตไข่, น้ำหนักไข่และน้ำหนักไข่แดงได้ นอกจากนี้อีกเรื่องที่ควรคำนึงถึงด้วยคือเรื่องคุณภาพไข่ เพราะการเพิ่มกรดไขมันในอาหารอาจมีส่วนทำให้น้ำหนักไข่แดงลดลงและสีของไข่แดงซีดลงได้อีกด้วย

Conjugated linoleic acid (CLA) พบว่ามีการวิจัยทางการผลิตสัตว์โดยการเสริม CLA ในการเลี้ยงไก่ไข่ สามารถเพิ่มปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มนี้ในไข่ไก่ได้ (Ahn et al., 1999; Du et al., 1999; Chamruspollert and Sell, 1999; Szymczyk and Pisulewski, 2003) แต่การเสริม CLA ก็จะทำให้ปริมาณกรดไขมันในไข่แดงเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะทำให้ saturated fatty acids ในไข่แดงเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งอาจมีผลทำให้ผู้บริโภคเกรงว่า จะเป็นสาเหตุให้เกิดการสะสมของ cholesterolในเส้นเลือด แต่มีรายงานคุณสมบัติของ CLA ที่สามารถลดภาวะมีไขมันสะสมในหลอดเลือดชั้นใน (atherosclerosis) ได้ เมื่อมนุษย์ได้รับ CLA มากกว่า 11 วัน จะลด total cholesterol, VLDL cholesterol, และ LDL cholesterol ในพลาสม่า (Hunter, 2000) และเป็น anticarcinogen มีคุณสมบัติเป็น antioxidant ป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ha et al., 1990) ด้วยเหตุผลที่กล่าวมา การนำ CLA มาใช้ในงานวิจัยทางด้านไก่ไข่ โดยเสริมในอาหารไก่ไข่ น่าจะเป็นการเพิ่มปริมาณ CLA ในไข่แดงได้ และเป็นการเพิ่มมูลค่าของไข่และทำให้ผู้บริโภคได้รับโภชนะที่มีประโยชน์ต่างๆอย่างครบถ้วน

5.2 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) โดยใช้ไก่ไข่สาวอายุ 27 สัปดาห์ จำนวน 300 ตัว แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มการทดลอง จำนวน 5 ซ้ำ (ซ้ำละ 12 ตัว) ระยะเวลาในการเลี้ยง 56 วัน (แบ่งเป็น 4 ช่วง ช่วงละ 14 วัน)

การทดลองแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มการทดลองดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม (ไม่มีการเสริม CLA)

กลุ่มที่ 2 ทำการเสริม CLA 1%

กลุ่มที่ 3 ทำการเสริม CLA 2%

กลุ่มที่ 4 ทำการเสริม CLA 3%

กลุ่มที่ 5 ทำการเสริม CLA 4%

แต่ละกลุ่มได้รับอาหารทดลองตามความต้องการโภชนะของ NRC (1994) โดยอาหารทั้ง 5 สูตร คำนวณให้มีระดับพลังงานและโปรตีนเท่ากัน ไก่จะเลี้ยงอยู่ในกรงตับ โดยจัดให้ไก่อยู่กรงละ 3 ตัว (1 ซ้ำมี 4 กรง) ภายใต้โรงเรือนเดียวกัน ซึ่งเป็นโรงเรือนแบบปิด มีโปรแกรมการให้แสง 16 ชั่วโมง และตลอดการทดลองไก่ไข่จะได้รับอาหารทดลองอย่างเต็มที่ ให้อาหารวันละ 2 ครั้งคือช่วงเช้า (8.00 น.) ช่วงเย็น (15.00 น.) และได้รับน้ำอย่างเต็มที่เหมือนกันทุกกลุ่ม

การเก็บข้อมูล

5.1 ข้อมูลสมรรถภาพการผลิตไก่ไข่

- ทำการชั่งน้ำหนักตัวไก่เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง เพื่อนำไปคำนวณหาน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง

- บันทึกปริมาณอาหารที่ไก่กินในแต่ละซ้ำทุกสัปดาห์

- บันทึกจำนวนผลผลิตไข่ที่ผลิตได้ในแต่ละวันและจำนวนไก่ตาย

5.2 ข้อมูลคุณภาพไข่ไก่

- ทำการบันทึกทุกช่วง (4 ช่วง ช่วงละ 14 วัน) สุ่มเก็บไข่ซ้ำละ 4 ฟอง

- บันทึกน้ำหนักไข่ทั้งหมดที่ผลิตได้ในแต่ละวัน หน่วยเป็นกรัม

- วัดสีไข่แดง โดยใช้ roche yolk colour fan ค่าสี (1-15)

- บันทึกน้ำหนักไข่แดง, ไข่ขาว นำไข่แยกไข่แดงไข่ขาวแล้วชั่งน้ำหนักโดยเครื่องชั่ง

- วัดความสูงไข่ขาว ใช้เครื่องวัดที่เรียกว่า haugh gauge (albumen height gauge)

- วัดความหนาของเปลือกไข่ หน่วยเป็นมิลลิเมตร ทำได้โดยการใช้ไมโครมิเตอร์

- บันทึกน้ำหนักเปลือกไข่ นำเปลือกไข่มาชั่งน้ำหนักโดยเครื่องชั่ง

5.3 การเก็บบันทึกการศึกษาผลของ CLA ต่อองค์ประกอบ ของ fatty acids, cholesterol และการสะสมของ CLA ในไข่ไก่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- สุ่มไข่ซ้ำละ 4 ฟองในทุกช่วง (4 ช่วง ช่วงละ 14 วัน)

- แยกไข่แดงกับไข่ขาว นำไข่แดงในแต่ละซ้ำมาตีรวมกันเก็บใน screw-capped container เก็บที่อุณหภูมิ –20 oC เพื่อรอวิเคราะห์ต่อไป

- นำตัวอย่างไข่แดงมาทำการสกัดไขมันและทำ methylation แล้วนำไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง gas chromatography เพื่อหาองค์ประกอบและปริมาณของ fatty acids และปริมาณ CLA ในไข่ไก่

- นำตัวอย่างไข่แดงมาหา cholesterol โดยทำการดัดแปลงจากวิธีของ Rowe et al. (1999) แล้วนำไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง gas chromatography

5.4 การเก็บบันทึกการศึกษาผลของ CLA ต่อปริมาณ cholesterol ในพลาสม่าไก่ไข่

- เจาะเลือดไก่ไข่ ซ้ำละ 4 ตัว ในวันสุดท้ายของการทดลอง

- นำเลือดมา centrifuged แยกพลาสม่าเก็บที่อุณหภูมิ –20 oC เพื่อรอวิเคราะห์ต่อไป

- ทำการวิเคราะห์หาปริมาณ total cholesterol และ HDL cholesterol โดยใช้ tests kit สำเร็จรูป และทำการวัดด้วยเครื่อง reflotron (ของบริษัท Roche Diagnostics Corporation, Germany) triglycerides ทำการวัดด้วยเครื่อง automatic Express plus (Biosystem S.A., Spain) และ LDL cholesterol ทำการวัดโดยใช้เครื่อง Hitochi รุ่น 917 (บริษัท Roche Diagnostics Corporation, Germany) ทำการวัดโดยการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน triglycerides และ LDL cholesterol และอ่านค่าที่ได้จากการแสดงผลบนจอเครื่องที่ทำการวัดพารามิเตอร์ของแต่ละตัว

5.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และวิเคราะห์ปฏิกิริยาร่วม (interaction) แบบสุ่มสมบูรณ์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับช่วงเวลาที่ทำการทดลอง ถ้าไม่พบปฏิกิริยาร่วมดังกล่าวจะนำข้อมูลทุกช่วงการทดลองมารวมหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปวิเคราะห์ความปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ duncan's new multiple range test (DMRT) และทำการวิเคราะห์แนวโน้มโดยใช้ orthogonal polynomial ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1985)

5.4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารทดลอง

การทดลองเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ 0, 1, 2, 3 และ 4% โดยทุกสูตรจะคำนวณสูตรอาหารให้มีสมดุลโปรตีนและพลังงาน และตรงตามความต้องการโภชนะของ NRC (1994) แสดงไว้ในตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงไก่ไข่ทั้ง 5 กลุ่มการทดลอง พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณในสูตรอาหาร ทั้งเปอร์เซ็นต์โปรตีน, พลังงาน และไขมัน แสดงไว้ในตารางที่ 5.2 นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมัน 60% CLA และน้ำมันถั่วเหลือง พบว่าน้ำมัน 60% CLA จะประกอบไปด้วย total CLA 61.95% (cis-9, trans-11 CLA 49.99%, trans-10, cis-12 CLA 49.04% และ trans-9, trans-11 CLA 0.97%) เมื่อเปรียบเทียบน้ำมัน 60% CLA กับน้ำมันถั่วเหลือง จะเห็นว่าในน้ำมัน 60% CLA จะมี steric acid (C18:0), oleic acid (C18:1), linoleic acid (C18:2) และ linolenic acid (C18:3) ต่ำกว่าน้ำมันถั่วเหลือง แต่จะมี myristic acid (C14:0), palmitic acid (C16:0), arachidonic acid (C20:4) และ docosahexaenoic acid (C22:6) สูงกว่าน้ำมันถั่วเหลืองเล็กน้อย แสดงในตารางที่ 5.3

นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารไก่ไข่ทั้ง 5 กลุ่ม แสดงในตารางที่ 3.4 จะพบว่ากรดไขมันบางตัวในอาหารแต่ละสูตรจะต่างกันเพราะมีการใช้น้ำมันถั่วเหลืองในปริมาณที่ไม่เท่ากันเพื่อปรับระดับพลังงานในแต่ละสูตรอาหารให้เท่ากัน จะพบว่า linoleic acid (C18:2) และ linolenic acid (C18:3) มีปริมาณลดลงตามระดับการเสริม CLA ในอาหาร กรดไขมันชนิดอื่นนั้นแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 5.1 ส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารที่ใช้ในอาหารทดลอง (%)

วัตถุดิบ	สูตรอาหาร					ราคาวัตถุดิบ
	1	2	3	4	5	บาท/
	0% CLA	1% CLA	2% CLA	3% CLA	4% CLA	กิโลกรัม
ข้าวโพด	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	7.70
กากถั่วเหลือง	24.80	24.80	24.80	24.80	24.80	14.25
ปลาป่น 55	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	24.50
รำสกัด	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	5.00
DL-methionine	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	135.00
เปลือกหอย	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	3.00
ไดแคลเซียม 18	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	8.00
เกลือ	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	2.00
CLA (30%)*	0.00	3.34	6.67	10.00	13.34	156.00
น้ำมันถั่วเหลือง	6.67	5.00	3.34	1.67	0.00	35.00
ซิลิกา	6.67	5.00	3.34	1.67	0.00	-
พรีมิกซ์	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	70.00
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
ราคาอาหาร/กิโลกรัม (บาท)	11.90	16.57	21.05	25.39	29.59	
ปริมาณโภชนะจากการคำนวณในสูตรอาหาร (%)						
โปรตีน	16.55	16.55	16.55	16.55	16.55	
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kg)	2862	2862	2862	2862	2862	
ไขมัน	8.91	8.91	8.91	8.91	8.91	
แคลเซียม	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	
ฟอสฟอรัส	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	
Lysine	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	
Methionine+cystine	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	
Tryptophan	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	
Threonine	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	

หมายเหตุ 30% CLA* ประกอบด้วย ซิลิกา = 50% และน้ำมัน 60% CLA = 50%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงไก่ไข่

องค์ประกอบ (%)	สูตรอาหาร				
	1	2	3	4	5
	0% CLA	1% CLA	2% CLA	3% CLA	4% CLA
โปรตีน	16.78	16.73	16.68	16.62	16.60
ไขมัน	9.01	9.20	9.22	9.00	9.00
เถ้า	18.16	18.25	18.34	18.74	18.80
เยื่อใย	4.40	4.25	4.30	4.20	4.26
ความชื้น	6.25	6.27	6.30	6.20	6.08
แคลเซียม	3.75	3.78	3.75	3.77	3.79
ฟอสฟอรัส	0.43	0.44	0.40	0.41	0.42
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kg)*	2862	2862	2862	2862	2862

*จากการคำนวณ

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันในน้ำมัน 60% CLA และน้ำมันถั่วเหลือง

Fatty acid profile	CLA (60%)	น้ำมันถั่วเหลือง
	----------% of total fatty acid----------	
Myristic acid (C14:0)	0.08	0.03
Palmitic acid (C16:0)	6.97	4.81
Palmitoleic acid (C16:1)	0.07	0.00
Steric acid (C18:0)	1.64	4.03
Oleic acid (C18:1)	26.60	32.12
Linoleic acid (C18:2)	2.13	56.72
Linolenic acid (C18:3)	0.12	2.29
Arachidonic acid (C20:4)	0.05	0.00
Docosahexaenoic acid (C22:6)	0.19	0.00
CLA*	61.95	0.00

หมายเหตุ: CLA* ประกอบด้วย cis-9, trans-11 CLA 49.99%, trans-10, cis-12 CLA 49.04% และ trans-9, trans-11 CLA 0.97%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 5.4 แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารทดลอง

Fatty acid profile	สูตรอาหาร				
	1	2	3	4	5
	0% CLA	1% CLA	2% CLA	3% CLA	4% CLA
	% of diet				
Myristic acid (C14:0)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Palmitic acid (C16:0)	1.20	1.11	1.03	0.85	0.76
Palmitoleic acid (C16:1)	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
Steric acid (C18:0)	0.46	0.44	0.41	0.36	0.34
Oleic acid (C18:1)	2.42	2.54	2.62	2.57	2.56
Linoleic acid (C18:2)	4.39	3.83	2.94	2.00	1.17
Linolenic acid (C18:3)	0.45	0.37	0.28	0.16	0.07
Arachidonic acid (C20:4)	0.05	0.05	0.05	0.04	0.03
Docosahexaenoic acid (C22:6)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
CLA	0	0.82	1.85	2.98	4.03
	% of total fatty acid				
Myristic acid (C14:0)	0.13	0.13	0.14	0.11	0.12
Palmitic acid (C16:0)	13.35	12.06	11.16	9.45	8.41
Palmitoleic acid (C16:1)	0.14	0.16	0.16	0.15	0.15
Steric acid (C18:0)	5.12	4.79	4.45	4.02	3.76
Oleic acid (C18:1)	26.86	27.56	28.40	28.53	28.55
Linoleic acid (C18:2)	48.69	41.60	31.86	22.19	12.98
Linolenic acid (C18:3)	4.96	4.00	3.05	1.83	0.75
Arachidonic acid (C20:4)	0.55	0.58	0.51	0.39	0.32
Docosahexaenoic acid (C22:6)	0.20	0.19	0.19	0.18	0.20
CLA	0.00	8.93	20.08	33.14	44.77

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของ CLA ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ ปรากฏผลดังนี้ (แสดงในตารางที่ 5.5)

ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน

การทดลองเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหารไก่ไข่ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2 และ 3% ในอาหาร มีการกินได้เฉลี่ยต่อตัวต่อวันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า 107.4, 103.3, 103.0 และ 106.8 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม CLA ที่ระดับ 4% มีผลทำให้การกินได้ลดลงมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) คือ 99.9 กรัมต่อตัวต่อวัน และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์แนวโน้มพบว่าการเพิ่มระดับของ CLA ในอาหารไก่ไข่ จะมีแนวโน้มทำให้การกินได้ลดลงเป็นแบบคลื่น cubic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง (กรัม)

จากการทดลองพบว่าการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ มีผลทำให้น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลองของทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่า 52.8, 44.2, 54.0, 51.0 และ 37.2 กรัม ตามลำดับการเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหารไก่ไข่

อัตราการตาย

จากการทดลองพบว่า การเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ ที่ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4% อัตราการตายของไก่ไข่ทุกกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่า 0.00, 0.00, 0.07, 0.00 และ 0.20% ตามลำดับ

ผลผลิตไข่

ผลการศึกษา CLA ในอาหารไก่ไข่ ที่ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4% ต่อผลผลิตไข่พบว่า มีผลผลิตไข่เท่ากับ 86.73, 79.32, 79.08, 83.70 และ 72.89% ตามลำดับ ซึ่งการเสริม CLA ที่ระดับ 1, 2 และ 4% ทำให้ผลผลิตไข่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แต่การเสริม CLA ที่ระดับ 3% ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ CLA ที่ระดับ 0, 1 และ 2% และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์แนวโน้มพบว่าการเพิ่มระดับของ CLA ในอาหารไก่ไข่ จะมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตไข่ลดลงเป็นแบบเส้นตรง linear อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และแบบคลื่น cubic อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 5.5 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่

สมรรถภาพการผลิต	ระดับ CLA (%)					SEM	P-value	%CV	P-value		
	0%	1%	2%	3%	4%				linear	quadratic	cubic
ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย (กรัม/วัน/ตัว)	107.4a	103.3ab	103.0ab	106.8a	99.9b	1.82	0.0519	3.91	0.0784	0.9269	0.0027
น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง (กรัม)	52.8	44.2	54.0	51.0	37.2	10.49	0.7699	49.04	0.4707	0.5612	0.3893
อัตราการตาย (%)	0.00	0.00	0.07	0.00	0.20	0.06	0.1894	279.42	0.0723	0.2980	0.3541
ผลผลิตไข่ (%)	86.73d	79.32ef	79.08ef	83.70de	72.89f	2.09	0.0019	5.82	0.0022	0.8046	0.0115

หมายเหตุ ซ a,b แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

d,e,f แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพของไข่ไก่

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของ CLA ต่อคุณภาพของไข่ไก่ ปรากฏผลดังนี้ (ตารางที่ 5.6)

น้ำหนักไข่

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของการเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหารไก่ไข่ต่อน้ำหนักไข่ไก่ พบว่าไข่ 1 ฟองมีน้ำหนักเฉลี่ย 60.88, 60.35, 59.99, 60.10 และ 57.48 กรัม ตามลำดับ โดยไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับ CLA ที่ระดับ 4% มีน้ำหนักไข่ต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์แนวโน้มพบว่าการเพิ่มระดับของ CLA ในอาหารไก่ไข่จะมีแนวโน้มทำให้ น้ำหนักไข่ลดลงเป็นแบบเส้นตรง linear อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ความสูงไข่ขาว และค่าฮอคก์ยูนิต (haugh unit)

จากการศึกษาผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อความสูงไข่ขาวและค่าฮอคก์ยูนิต ของไข่ พบว่าทุกกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

สีไข่แดง

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อสีของไข่แดง พบว่า เมื่อเพิ่มระดับ CLA ที่ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหาร ทำให้สีของไข่แดงซีดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.05$) คือ 5.86, 4.70, 4.41, 4.33 และ 3.80 ตามลำดับ และพบว่าการเพิ่มระดับของ CLA ในอาหารไก่ไข่ จะมีแนวโน้มทำให้สีไข่แดงซีดลงเป็นแบบเส้นตรง linear, แบบเส้นโค้ง quadratic และแบบคลื่น cubic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ความหนาเปลือกไข่

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของการเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหารไก่ไข่ ความหนาของเปลือกไข่ ทุกกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

น้ำหนักไข่แดงและน้ำหนักไข่ขาว

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของการเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหารไก่ไข่ต่อน้ำหนักไข่แดงและน้ำหนักไข่ขาว พบว่าไข่ 1 ฟองจะมีน้ำหนักไข่แดงเฉลี่ย 13.87, 13.79, 14.13, 13.42 และ 13.39 กรัมตามลำดับ ซึ่งกลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 4% น้ำหนักไข่แดงไม่ต่างจากกลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 1 และ 3% แต่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 2% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อเสริม CLA ที่ระดับ 4% ในอาหาร ทำให้น้ำหนักไข่ขาวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) คือ 36.04 กรัม โดยที่กลุ่มอื่นมีน้ำหนักไข่ขาวดังนี้ 38.43, 37.71, 37.36 และ 38.09 กรัม ตามลำดับการเสริม CLA นอกจากนี้พบว่าการเพิ่มระดับของ CLA ในอาหารไก่ไข่มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักไข่แดงลดลงเป็นแบบเส้นตรง linear อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)และมีแนวโน้มทำให้น้ำหนักไข่ขาวลดลงเป็นแบบเส้นตรง linear อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และแบบคลื่น cubic อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 5.6 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพของไข่ไก่

คุณภาพไข่	ระดับ CLA (%)					SEM	P-value	%CV	P-value		
	0%	1%	2%	3%	4%				linear	quadratic	cubic
egg wt.(g.)	60.88a	60.35a	59.99a	60.10a	57.48b	0.76	0.0426	2.84	0.0083	0.2040	0.2415
albumen high (mm.)	8.07	8.17	7.78	7.96	7.98	0.15	0.4616	4.17	0.4076	0.4760	0.5000
haugh unit	89.29	90.10	87.95	89.09	89.77	0.83	0.4142	2.09	0.9422	0.3471	0.3060
yolk color	5.86d	4.70e	4.41ef	4.33f	3.80g	0.10	0.0001	5.18	0.0001	0.0015	0.009
shell thickness (mm.)	0.38	0.38	0.38	0.39	0.38	0.004	0.9085	2.54	0.7861	0.4219	0.7426
yolk weight (g.)	13.87ab	13.79abc	14.13a	13.52bc	13.39c	0.14	0.0136	2.33	0.0135	0.0679	0.9318
albumen weight (g.)	38.43a	37.71a	37.36ab	38.09a	36.04b	0.47	0.0194	2.84	0.0085	0.3908	0.0483

หมายเหตุ: a,b แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

d,e,f,g แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล

ผลการคำนวณต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล แสดงไว้ในตารางที่ 5.7 พบว่า ต้นทุนค่าอาหารในทุกกลุ่มจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) คือ 17.69, 25.73, 33.03, 38.87 และ 48.90 บาท ตามลำดับการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ ที่ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4%

ตารางที่ 5.7 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่

	ระดับ CLA (%)							
	0%	1%	2%	3%	4%	SEM	P-value	%CV
ราคาอาหาร (บาทต่อกิโลกรัม)	11.90	16.57	21.05	25.39	29.59	-	-	-
ปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 ฟอง (กิโลกรัม)	0.124	0.130	0.128	0.128	0.138	0.003	0.0543	5.34
ปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 โหล (กิโลกรัม)	1.488 b	1.554 ab	1.570 ab	1.530 b	1.652 a	0.035	0.0471	5.09
ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 ฟอง (บาท)	1.47g	2.14f	2.75e	3.24d	4.08c	0.068	0.0001	5.57
ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล (บาท)	17.69g	25.73 f	33.03e	38.87d	48.908c	0.818	0.0001	5.57

หมายเหตุ: a,b แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

c,d,e,f,g แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

วิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารจากการวิเคราะห์พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณในสูตรอาหาร ทั้งเปอร์เซ็นต์โปรตีน, พลังงาน และไขมัน นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันต่างๆในสูตรอาหารทุกสูตร เพื่อจะได้ทราบว่าไก่ได้รับปริมาณกรดไขมันในอาหารและจะนำไปสะสมหรือตอบสนองในไข่แดงอย่างไร พบว่าในอาหารแต่ละสูตรจะมีปริมาณของ myristic acid (C14:0), palmitoleic acid (C16:1), arachidonic acid (C20:4) และ docosahexaenoic acid (C22:6)ใกล้เคียงกันทุกสูตรอาหาร แต่จะเห็นว่ากรดไขมันที่แตกต่างกันคือ palmitic acid (C16:0), stearic acid (C18:0), oleic acid (C18:1), linoleic acid (C18:2) และ linolenic acid (C18:3) ซึ่งเป็นผลมาจากการใส่น้ำมันถั่วเหลืองในแต่ละสูตรในปริมาณที่ไม่เท่ากัน (ตารางที่ 5.1) เพื่อปรับสมดุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

พลังงานให้เท่ากัน เมื่อดูในตารางที่ 5.4 จะเห็นว่าน้ำมันถั่วเหลืองจะมีกรดไขมันดังกล่าว และมีมากกว่าน้ำมัน 60% CLA ด้วย

สมรรถภาพการผลิต

การเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหารไก่ไข่ จะพบว่า CLA ที่ระดับ 4% ในอาหารทำให้การกินได้ของไก่ไข่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เสริม CLA และกลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 3% ($P<0.05$) และมีผลทำให้ผลผลิตไข่ลดลงด้วย ($P<0.01$) ส่วนน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนตลอดการทดลองและอัตราการตายพบว่าไม่แตกต่างกันในทุกกลุ่มการทดลอง เมื่อดูที่ระดับการเสริม CLA ที่ระดับ 3% จะเห็นว่ากลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 3 % จะมีการกินได้และผลผลิตไข่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 0, 1 และ 2% จึงคิดว่าน่าจะเป็นระดับที่เหมาะสมในการเสริม CLA

จากผลการทดลอง กลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 4% ในอาหารทำให้มีปริมาณการกินได้ 99.9 กรัมต่อตัวต่อวัน การกินได้ลดลง 7.5 กรัม เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เสริม CLA ในอาหาร สอดคล้องกับ การทดลองของ Ahn et al. (1999) มีการเสริม CLA ที่ระดับ 5% ในอาหารทำให้ไก่กินลดลง เหลือ 92.9 กรัมต่อตัวต่อวัน ลดลง 10.8 กรัมเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และ Szymczyk and Pisulewski (2003) ทดลองเสริม CLA ที่ระดับ 2% ในอาหาร ทำให้การกินได้ของไก่ลดลงเหลือ 119.2 กรัมต่อตัวต่อวัน ลดลงจากกลุ่มควบคุม 4.8 กรัม แต่ในผลการทดลองนี้การเสริม CLA ที่ต่ำกว่าระดับ 4% ในอาหาร พบว่าการกินได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าไก่ที่ได้รับการเสริม CLA ในอาหารมากกว่าหรือเท่ากับ 4% ในอาหารจะทำให้ปริมาณการกินได้ลดลง CLA มีผลทำให้ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันลดลง น่าจะมีสาเหตุมาจาก การที่ CLA มีส่วนช่วยเพิ่มการทำงานของการออกซิไดซ์กรดไขมันและเพิ่มการทำงานของ carnitine ในขบวนการ β-oxidation (Javadi et al., 2004) อาจจะเป็นไปได้ว่าในสภาวะที่ร่างกายต้องการพลังงาน CLA มีส่วนช่วยเพิ่มการเผาผลาญไขมันทำให้ได้พลังงานออกมาสมบูรณ์และเร็วขึ้น ส่งผลให้มีพลังงานเพียงพอ การกินได้จึงลดลง

การที่เสริม CLA ที่ระดับ 4% มีผลต่อผลผลิตไข่ลดต่ำลงนั้นอาจจะมีความสัมพันธ์กับการที่ไก่กินอาหารน้อยลงจึงส่งผลกระทบต่อผลผลิตได้ และจากการทดลองพบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลง จากรายงานของ Cecil et al. (1981) ได้ศึกษาถึงการยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในไข่แดงโดยใช้สารเคมีบางชนิดพบว่า เมื่อปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงลดต่ำลงมากกว่า 80% ผลผลิตไข่จะหยุดชะงักทันที ทั้งนี้เนื่องจากคอเลสเตอรอลเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในการสร้างสเตอรอยด์ฮอร์โมน ที่มีบทบาทต่อการให้ผลผลิตไข่ คือ ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน ซึ่งมีบทบาทในการควบคุมการตกไข่ การสร้างไข่ขาวและฮอร์โมนเอสโตรเจน ซึ่งเป็นฮอร์โมนมีผลต่อการสร้างโปรตีนในไข่แดง การสร้างไข่ขาว การเคลื่อนย้ายไข่ไปในท่อนำไข่ การวางไข่ รวมทั้งการสร้างเปลือกไข่ ดังนั้นเมื่อการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลลดลงจึงมีผลทำให้ผลผลิตไข่ลดลงตามไปด้วย นอกจากนี้การที่ผลผลิตไข่ลดต่ำลงแต่ไม่ได้ทำให้น้ำหนักตัวลดลงเป็นไปได้ว่าที่น้ำหนักตัวไม่เปลี่ยนแปลงอาจมีสาเหตุมาจาก การทดลองนี้ใช้ไก่ไข่ในช่วงอายุ 27 สัปดาห์ และทดลองสิ้นสุดจนไก่มีอายุ 35 สัปดาห์

ซึ่งเป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตคงที่ น้ำหนักตัวไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงและเป็นระยะให้ผลผลิตไข่สูงสุด การกินอาหารให้อย่างเพียงพอกับความต้องการ CLA จึงไม่มีผลในการทำให้น้ำหนักตัวเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งขัดแย้งกับการทดลองของ Ahn et al. (1999) ที่รายงานว่า การเสริม CLA ที่ ที่ระดับ 5% ทำให้การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวของไก่ไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 0 และ 2.5% คือ 79, 86 และ --5 กรัมต่อตัว ตามระดับการเสริม CLA ที่ระดับ 0, 2.5 และ 5% ในอาหาร เป็นเพราะว่าในงานทดลองนี้ใช้สัตว์ทดลองที่มีอายุแตกต่างไป คือ ใช้ไก่ไข่อายุ 79 สัปดาห์ ซึ่งอาจเป็นช่วงที่ไก่มีน้ำหนักมากกว่าผลผลิตไข่น้อยลง การแสดงผลของการเสริม CLA ที่ระดับ 5% ในสูตรอาหารอาจทำให้เห็นผลมากกว่าและสัมพันธ์กับการกินได้ที่ลดลงด้วย

คุณภาพไข่

จากการศึกษาผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่ ปรากฏว่า ความสูงไข่ขาว, ค่าฮอกยูนิต และความหนาเปลือกไข่ ของทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนน้ำหนักของไข่แดง, ไข่ขาว และไข่ทั้งฟอง พบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 4% ในอาหารทำให้น้ำหนักของไข่แดง, ไข่ขาว และไข่ทั้งฟอง ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Aydin and Cook (2004) อธิบายผลของ CLA ทำให้ขนาดของไข่แดงลดลง เนื่องมาจากมีการทดลองแสดงให้เห็นว่า CLA ไปลดการขนส่ง *triacyglycerol* ในเลือดที่ส่งจากตับไปสะสมในไข่แดง ทำให้ total lipid ในไข่แดงลดลงไข่แดงจึงมีขนาดลดลง North and Bell (1990) ได้ศึกษาพบว่าขนาดไข่ทั้งฟองจะมีความสัมพันธ์กับขนาดของไข่แดงมากกว่าปัจจัยอื่นๆ เมื่อไข่ทั้งฟองมีขนาดใหญ่ขึ้น ไข่แดงก็จะใหญ่ขึ้นมากกว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณไข่ขาว ซึ่งจะเห็นว่าจากการทดลองเมื่อเสริม CLA ที่ระดับ 4 % ในอาหาร ทำให้ไข่แดงมีขนาดเล็กที่สุด และส่งผลให้ขนาดไข่ทั้งฟองมีขนาดเล็กลงด้วย และอีกสาเหตุหนึ่งถ้าไก่ได้รับกรดไขมันที่จำเป็นไม่เพียงพอ จะทำให้ไข่ฟองเล็กลง การพัฒนาของตัวอ่อนเสียหาย และการฟักออกลดลง (สาโรช, 2542) จะเห็นว่าในอาหารและในไข่แดงมีปริมาณของกรดไขมันที่จำเป็นลดลง ตามระดับการเสริม CLA คือ กรดลิโนเลอิก (linoleic acid, C18:2), กรดลิโนเลนิก (linolenic acid, C18:3), กรดอะแรชิโดนิก (arachidonic acid, C20:4) ซึ่งการพบกรดไขมันในไข่แดงจะมาจากการสังเคราะห์จากกรดไขมันในอาหารหรือการสังเคราะห์ไขมันในตับ

ผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อสีไข่แดงพบว่า เมื่อเพิ่มระดับ CLA ในอาหาร ทำให้สีของไข่แดงซีดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับกลุ่มควบคุมที่ไม่เสริม CLA โดยไก่ไข่กลุ่มที่เสริม CLA 4% ทำให้สีของไข่แดงซีดลงต่างกับกลุ่มการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) Belyavin and Marangos (1969) อธิบายว่าสารสีที่สำคัญในไข่แดงนั้นถูกทำลายได้ด้วยความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เนื่องจากการเสริมน้ำมัน CLA ในอาหารนั้นทำให้มีปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มหลายตำแหน่งปริมาณมากขึ้น กรดไขมันชนิดนี้สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศได้ง่ายและรวดเร็วโดยมีแสง ความร้อน ความชื้นและโลหะหนักเป็นปัจจัยเร่ง ทำให้เกิดสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (peroxides) ซึ่งมีผลให้เกิดการหืน ทำลายวิตามินที่ละลายในไขมันกรดอะมิโนและสารแค

โรทีนอยด์ จึงเป็นไปได้ว่าทำให้สีในไข่แดงซีดลง ดังนั้นในการเสริม CLA ในอาหารที่ระดับต่างๆ ควรมีการใส่สารกันหืนลงไปด้วยเช่น วิตามินอี, butylated hydroxyanisole (BHA) หรือ butylated hydroxytolume (BHT) เพื่อเป็นการป้องกันสารคาโรทีนอยด์ถูกทำลายซึ่งจะทำให้ไข่แดงมีสีซีดลง

ต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ผลิตไข่ 1 โหล

ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล จะเพิ่มขึ้นตามระดับที่เสริม CLA ในอาหาร ($P<0.01$) เนื่องจาก CLA ยังมีราคาสูงอยู่ คือกิโลกรัมละ 156 บาท มีผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหลเพิ่มขึ้นประมาณ 8-9 บาท เมื่อเสริม CLA ในอาหารเพิ่มขึ้น 1%

ผลของ CLA ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในไข่แดง

ปริมาณกรดไขมันในไข่แดง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันและปริมาณ CLA ในไข่แดงของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 5.8 จากผลการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์ของ myristic acid (C14:0) และ palmitic acid (C16:0) จะเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริม CLA อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) stearic acid (C18:0) ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริม CLA กลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 4% มีเปอร์เซ็นต์ stearic acid (C18:0) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 0, 1 และ 2% ($P<0.01$) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 3% ($P<0.01$) เมื่อดูแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids) ทั้ง 3 ตัว พบว่า การเพิ่มขึ้นของระดับการเสริม CLA มีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิ่มตัวเป็นแบบเส้นตรง linear, แบบเส้นโค้ง quadratic และแบบคลื่น cubic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และกลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 4% มีเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิ่มตัวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 0, 1 และ 2% แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 3% ($P<0.01$)

กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (monounsaturated fatty acids) ซึ่งประกอบด้วย palmitoleic Acid (C16:1) และ oleic acid (C18:1) พบว่ากลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 2, 3 และ 4% ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ของ palmitoleic acid (C16:1) และ oleic acid (C18:1) ต่ำกว่ากลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 0 และ 1 % อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แสดงในตารางที่ 5.8 และ 5.9 และการเพิ่มขึ้นของระดับการเสริม CLA มีแนวโน้มในการลดลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว เป็นแบบเส้นตรง linear, แบบเส้นโค้ง quadratic และแบบคลื่น cubic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ผลการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ linoleic acid (C18:2), linolenic acid (C18:3), eicosatrienoic acid (C20:3), arachidonic acid (C20:4) และ docosahexaenoic acid (C22:6) ในไข่แดงพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ลดลงตามระดับการเสริม CLA อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และกรดไขมันเหล่านี้คือกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (polyunsaturated fatty acids) เมื่อเอากรดไขมันเหล่ามาคิด

รวมกันกับ CLA พบว่าจะลดลงตามระดับการเสริม CLA อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และการเพิ่มขึ้นของระดับการเสริม CLA มีแนวโน้มในการลดลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งเป็นแบบเส้นตรง linear อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ปริมาณการสะสม CLA ในไข่แดง

ปริมาณของการสะสม CLA ในไข่แดงพบว่า มี เปอร์เซ็นต์ total CLA ในไข่แดง คือ 0.01, 2.08, 5.98, 10.05 และ 14.15% ของ total fatty acid เมื่อเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหารตามลำดับ ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์ CLA เพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อแยกเป็นแต่ละไอโซเมอร์ ก็จะพบว่าไอโซเมอร์ที่พบมากที่สุดคือ cis-9, trans-11 CLA รองลงมาคือ trans-10, cis-12 CLA, cis-9, cis-11 CLA และ trans-9, trans-11 CLA ตามลำดับ

จากการทดลองตรวจพบ cis-9, trans-11 CLA ในไข่แดงมีปริมาณ 0, 1.67, 4.33, 6.98 และ 9.63% พบ trans-10, cis-12 CLA คือ 0, 0.40, 1.50, 2.73, และ 4.02 % ตามลำดับ การเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหาร ซึ่งการวิเคราะห์จะพบ cis-9, cis-11 CLA เมื่อเสริม CLA ในอาหารที่ระดับ 3 และ 4% เท่านั้น คือ 0.14 และ 0.22% แต่ trans-9, trans-11 CLA จะพบได้ในทุกกลุ่มการทดลอง คือ 0.01, 0.02, 0.15, 0.21 และ 0.28% ของ total fatty acid เมื่อเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหารตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของระดับการเสริม CLA ในอาหารมีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นของ cis-9, trans-11 CLA และ trans-10, cis-12 CLA เป็นแบบเส้นตรง linear, แบบเส้นโค้ง quadratic และแบบคลื่น cubic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$), cis-9, cis-11 CLA เพิ่มขึ้นเป็นแบบเส้นตรง linear และแบบเส้นโค้ง quadratic อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และ trans-9, trans-11 CLA ในไข่แดงเพิ่มขึ้นเป็นแบบเส้นตรง linear และแบบคลื่น cubic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อดู แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของ total CLA ในไข่แดงจะเห็นว่าเป็นแบบเส้นตรง linear, แบบเส้นโค้ง quadratic และแบบคลื่น cubic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ตามระดับการเพิ่ม CLA ในอาหารไก่ไข่ นอกจากนี้สามารถประมาณได้ว่า ในไข่ 1ฟอง จะมีปริมาณ total CLA เท่ากับ 0.09, 61.68, 194.75, 297.16 และ 417.00 มิลลิกรัม ตามลำดับการเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหาร

ตารางที่ 5.8 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันและ CLA ในไข่แดง

Analyzed composition	ระดับ CLA (%)					SEM	P-value	%CV	P-value		
	0%	1%	2%	3%	4%				linear	quadratic	cubic
	----------% of total fatty acids----------										
Myristic acid (C14:0)	0.26e	0.37 d	0.43c	0.49b	0.53a	0.0075	0.0001	4.0549	0.0001	0.0001	0.2554
Palmitic acid (C16:0)	22.72 e	26.97 d	28.24c	29.04 b	29.68 a	0.2038	0.0001	1.6676	0.0001	0.0001	0.0003
Palmitoleic acid (C16:1)	1.39 a	0.80b	0.50c	0.48c	0.44c	0.0374	0.0001	11.6538	0.0001	0.0001	0.0167
Stearic acid (C18:0)	8.83d	12.70c	14.98 b	15.31ab	15.46 a	0.1472	0.0001	2.4463	0.0001	0.0001	0.0068
Oleic acid (C18:1)	34.71a	28.27 b	25.79c	25.33c	26.02c	0.2377	0.0001	1.8973	0.0001	0.0001	0.0013
Linoleic acid (C18:2)	26.31 a	23.91b	20.26c	16.25d	11.37 e	0.1784	0.0001	2.0339	0.0001	0.0001	0.4927
Linolenic acid (C18:3)	1.29 a	1.12 b	0.93c	0.71d	0.33 e	0.0222	0.0001	5.6690	0.0001	0.0001	0.0585
Eicosatrienoic acid (C20:3)	0.19 a	0.15 b	0.09c	0.03d	0.00 e	0.0071	0.0001	17.2538	0.0001	0.7432	0.0255
Arachidonic acid (C20:4)	2.04 a	1.82 b	1.44c	1.11d	0.90 e	0.0353	0.0001	5.4006	0.0001	0.5445	0.0239
Docosahexaenoic acid (C22:6)	1.98 a	1.32 b	0.92c	0.70d	0.58d	0.0463	0.0001	9.4061	0.0001	0.0001	0.2715
CLA cis-9, trans-11	0.00e	1.67d	4.33c	6.98b	9.63a	0.0523	0.0001	2.5869	0.0001	0.0001	0.0001
CLA trans-10, cis-12	0.00e	0.40d	1.50c	2.73b	4.02a	0.0263	0.0001	3.4048	0.0001	0.0001	0.0001
CLA cis-9, cis-11	0.00c	0.00c	0.00c	0.14b	0.22a	0.0096	0.0001	30.1503	0.0001	0.0001	0.0744
CLA trans-9, trans-11	0.01d	0.02d	0.15c	0.21b	0.28a	0.0092	0.0001	15.4887	0.0001	0.1106	0.0019

หมายเหตุ: ^{a,b,c,d,e} แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 5.9 แสดงผลของ CLA ต่อปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids), กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (monounsaturated fatty acids), กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (polyunsaturated fatty acids) และ total CLA ในไข่แดง

	ระดับ CLA (%)								P-value		
analyzed composition	0%	1%	2%	3%	4%	SEM	P-value	%CV	linear	quadratic	cubic
	----------% of total fatty acid----------										
saturated fatty acids	31.81d	40.03c	43.66b	44.84a	45.68a	0.3049	0.0001	1.6551	0.0001	0.0001	0.0003
monounsaturated fatty acids	36.10a	29.07b	26.46c	26.49c	25.81c	0.2333	0.0001	1.8154	0.0001	0.0001	0.0004
polyunsaturated fatty acids	31.82a	30.40b	29.63c	28.86d	27.34e	0.2261	0.0001	1.7080	0.0001	0.8200	0.0673
total CLA	0.01e	2.08d	5.98c	10.05b	14.15a	0.0747	0.0001	2.5896	0.0001	0.0001	0.0001

หมายเหตุ: a,b,c,d,e แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

saturated fatty acids คือ ผลรวมของ myristic acid (C14:0), palmitic acid (C16:0) และ stearic acid (C18:0)

monounsaturated fatty acids คือ ผลรวมของ palmitoleic Acid (C16:1) และ oleic acid (C18:1)

polyunsaturated fatty acids คือ ผลรวมของ linoleic acid (C18:2), linolenic acid (C18:3), eicosatrienoic acid (C20:3), arachidonic acid (C20:4), docosahexaenoic acid (C22:6) และ total CLA

total CLA คือ ผลรวมของ cis-9, trans-11 CLA, trans-10, cis-12 CLA, cis-9, cis-11 CLA และ trans-9, trans-11 CLA

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลของ CLA ต่อปริมาณ cholesterol ในไข่ไก่

ผลการทดลองการเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหารไก่ไข่ ต่อปริมาณ cholesterol ในไข่แดง พบว่ามีปริมาณ cholesterol ในไข่แดง คือ 11.44, 11.37, 9.73, 9.19 และ 9.09 มิลลิกรัมต่อกรัมไข่แดง ตามลำดับการเสริม กลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 2, 3 และ 4 % ในอาหาร ทำให้มีปริมาณ cholesterol ในไข่แดง ต่ำกว่ากลุ่มที่เสริม CLA ที่ระดับ 0 และ 1% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และการเพิ่มขึ้นของระดับการเสริม CLA ในอาหารมีแนวโน้มในการลดลงของปริมาณ cholesterol ในไข่แดง เป็นแบบเส้นตรง linear อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ผลของ CLA ต่อปริมาณ total cholesterol, HDL cholesterol, LDL cholesterol และ triglycerides ในพลาสม่าไก่ไข่

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของการเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหารไก่ไข่ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ total cholesterol, HDL cholesterol, LDL cholesterol และ triglycerides ใน พลาสม่าไก่ไข่ กลุ่มที่ได้รับ CLA ที่ระดับ 4% ทำให้ ระดับของ total cholesterol ในพลาสม่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และระดับของ total cholesterol ในพลาสม่า ของกลุ่มการเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2 และ 3 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของระดับการเสริม CLA ในอาหารมีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นของปริมาณ total cholesterol ในพลาสม่ามีแนวโน้มเป็นแบบเส้นตรง linear อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับ CLA ที่ระดับ 3 และ 4% ทำให้ระดับของ HDL cholesterol เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มของการเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1 และ 2% การเพิ่มขึ้นของ HDL cholesterol มีแนวโน้มเป็น linear อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และแบบเส้นโค้ง quadratic อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตามระดับการเสริม CLA ที่สูงขึ้น

เมื่อดูผลของ CLA ต่อระดับของ LDL cholesterol จะพบว่ากลุ่มของการเสริม CLA ที่ระดับ 3 และ 4% ให้ผลไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม แต่เป็นที่น่าสังเกตว่ากลุ่มที่ได้รับ CLA ที่ระดับ 1 และ 2% ทำให้มี LDL สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และการเพิ่มขึ้นของระดับการเสริม CLA ในอาหารมีแนวโน้มในการลดลงของปริมาณ LDL cholesterol ในพลาสม่าแบบเส้นโค้ง quadratic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และระดับของ triglycerides ในพลาสม่าของทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$)

ตารางที่ 5.10 แสดงผลของ CLA ต่อปริมาณคอเลสเตอรอล (cholesterol) ในไข่แดง

	ระดับ CLA %								P-value		
	0%	1%	2%	3%	4%	SEM	P-value	%CV	linear	quadratic	cubic
ปริมาณ cholesterol (มิลลิกรัม/ 1 กรัมไข่แดง)	11.44a	11.37a	9.73b	9.19b	9.09b	0.2689	0.0001	5.9149	0.0001	0.3133	0.2800
น้ำหนักไข่แดง (กรัม)	13.87	13.78	14.12	13.52	13.39	-	-	-	-	-	-
ปริมาณ cholesterol (มิลลิกรัม/ไข่ 1 ฟอง)	158.77	156.80	137.47	124.27	121.69	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ a,b แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางที่ 5.11 แสดงผลของ CLA ต่อปริมาณ total cholesterol, HDL cholesterol, LDL cholesterol และ triglyceridesในพลาสม่าไก่ไข่

	ระดับ CLA (%)								P-value		
	0%	1%	2%	3%	4%	SEM	P-value	%CV	linear	quadratic	cubic
Total cholesterol (mg/dl)	107.40e	110.40e	110.20e	113.00de	116.60d	1.9707	0.0393	3.9516	0.0030	0.5753	0.6160
HDL cholesterol (mg/dl)	14.84b	15.28b	14.26b	22.04a	26.80a	2.1133	0.0012	25.3470	0.0002	0.0393	0.8178
LDL cholesterol (mg/dl)	1.40bc	3.60ab	4.80a	1.80bc	0.60c	0.7694	0.006	70.5109	0.1776	0.0011	0.2634
Triglycerides (mg/dl)	425.60	423.20	485.80	546.40	483.00	54.9927	0.5058	26.0084	0.1863	0.5535	0.2900

หมายเหตุ: a,b,c แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P <0.01)

d,e แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P <0.05)

ผลของ CLA ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในไข่แดง

ปริมาณกรดไขมันในไข่แดง

จากการทดลองพบว่า CLA ทำให้กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids) เพิ่มขึ้น กรดไขมันอิ่มตัว คือ ผลรวมของ myristic acid (C14:0), palmitic acid (C16:0) และ stearic acid (C18:0) กรดไขมันอิ่มตัวในไข่แดงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) นอกจากนี้การที่กรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับการลดลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (monounsaturated fatty acid) คือ palmitoleic acid (C16:1) และ oleic acid (C18:1) โดยที่ Chamruspollert and Sell (1999) อธิบายว่าการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียวเป็นเพราะ CLA ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ $\Delta 9$ desaturase enzyme (stearoyl-CoA desaturase) เพราะเอนไซม์ตัวนี้มีหน้าที่ในการไปเติมพันธะคู่ระหว่างตำแหน่งที่ 9 และ 10 ของกรดไขมันอิ่มตัว คือ palmitic acid (C16:0) และ stearic acid (C18:0) เพื่อที่จะเปลี่ยนเป็นpalmitoleic acid (C16:1) และ oleic acid (C18:1) ตามลำดับ ทำให้กรดไขมันอิ่มตัวเหล่านั้น ไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียวได้ ทำให้ได้กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียวลดลง และกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มขึ้น

ด้วยเหตุนี้ในปัจจุบันจึงมีการศึกษาว่า CLA ไปมีผลต่อการตายของตัวอ่อนและส่งผลต่อการฟักออกของไข่ด้วย (Aydin et al., 2001; Aydin and Cook., 2004) เพราะไขมันเป็นแหล่งพลังงานที่จำเป็นมากสำหรับตัวอ่อนของไก่ เมื่อมีเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันจึงมีผลต่อการอยู่รอดของตัวอ่อน โดยเฉพาะสัดส่วนของ stearic acid (C18:0) ต่อ oleic acid (C18:1) มากกว่า 0.25 และถ้า C18:0 เพิ่มขึ้นมากกว่า 12% และ C18:1 ลดลงน้อยกว่า 40% ของ total fatty acid ในไข่แดง จะเป็นผลเสียต่อการฟักออกของไข่ไก่ (Aydin and Cook, 2004) และการที่กรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มขึ้นจึงเป็นที่เกรงว่า จะเป็นการเพิ่มกรดไขมันอิ่มตัวให้แก่ผู้บริโภค แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นการได้รับ CLA เข้าไปด้วยซึ่ง CLA ก็มีผลต่อการเป็น antiatherosclerotic (Lee et al., 1994; Chamruspollert and Sell, 1999)

จากผลการทดลอง CLA มีผลต่อการลดลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (polyunsaturated fatty acids) ในไข่แดง สอดคล้องกับ Chamruspollert and Sell (1999); Szymczyk and Pisulewski (2003) ในการทดลองนี้จะพบว่า linoleic acid (C18:2) และ linolenic acid (C18:3) ในไข่แดงลดลง ซึ่งการลดลงส่วนหนึ่งน่าจะมาจากในการผสมอาหารแต่ละสูตรจะมีการนำน้ำมันถั่วเหลืองมาใช้ในการปรับสูตรอาหารให้มีระดับพลังงานให้เท่ากันจึงทำให้อาหารมี linoleic acid (C18:2) และ linolenic acid (C18:3) ลดลง ตามระดับการเสริม CLA ในอาหารที่สูงขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองของ Chamruspollert and Sell (1999) ที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองทดแทนน้ำมัน CLA และการทดลองของ Szymczyk and Pisulewski (2003) ที่ใช้น้ำมันเมล็ดทานตะวันในการทดแทนน้ำมัน CLA และให้ผลเช่นกัน

ในการลดลงของ arachidonic acid (C20:4) และ docosahexaenoic acid (C22:6) อธิบายได้ว่ามี 2 สาเหตุที่น่าจะเป็นไปได้ เหตุผลแรกคือ CLA เป็นตัวแข่งขันกับ linoleic acid (C18:2 n-6) และ

linolenic acid (C18:3 n-3) ในการเป็นสับเสตรทของเอนไซม์ Δ6- desaturase ในเซลล์ตับ ทำให้ CLA เป็น rate-limiting step ของการเปลี่ยน linoleic acid และ linolenic acid ไปเป็น arachidonic acid, docosahexaenoic acid และ eicosapentaenoic acid (EPA) ทำให้โอกาสในการเปลี่ยนเป็น arachidonic acid และ docosahexaenoic acid ลดลง ทำให้กรดไขมัน 2 ตัวนี้ลดลงเมื่อเพิ่มระดับการเสริม CLA ในอาหาร (Belury and Kempa-Steczko, 1997; Chamruspollert and Sell 1999; Szymczyk and Pisulewski, 2003) และเหตุผลที่ 2 โดยเริ่มแรกอาหารแต่ละสูตรจะมี linoleic acid (C18:2) และ linolenic acid (C18:3) น้อยลงอยู่แล้ว ตามระดับการเสริม CLA ในอาหารที่สูงขึ้น ดังนั้นโอกาสในการเปลี่ยนเป็น linoleic acid และ linolenic acid เป็น arachidonic acid และ docosahexaenoic acid จึงมีน้อยลงอยู่แล้ว และด้วยเหตุผลนี้ CLA จึงมีผลไปยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์เนื้องอก ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า CLA ทำให้ปริมาณของ การสังเคราะห์ eicosaniod ลดลง arachidonic acid เป็นสารตั้งต้นในการเปลี่ยนเป็น eicosaniods (ซึ่ง arachidonic acid เป็นผลมาจากขบวนการ elongation และ desaturation ของ linoleic acid) eicosaniods ที่สำคัญก็คือพรอสตาแกลนดิน (prostaglandin) ซึ่งเป็นตัวช่วยกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาของเนื้องอก (Akalin and Tokusoglu, 2003) จากการทดลองพบว่า CLA ทำให้ปริมาณของ linoleic acid ลดลง จึงทำให้การเปลี่ยนเป็น arachidonic acid ลดลง การสังเคราะห์ eicosaniod จึงลดลงด้วย ดังนั้น CLA จึงน่าจะช่วยในการยับยั้งการเติบโตของเซลล์มะเร็งได้

ปริมาณของการสะสม CLA ในไข่แดง

ปริมาณของการสะสม CLA ในไข่แดงพบว่า มีเปอร์เซ็นต์ total CLA ในไข่แดงต่อ total fatty acids คือ 0.01, 2.08, 5.98, 10.05 และ 14.15% เมื่อเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหารตามลำดับ สามารถประมาณได้ว่า ในไข่ 1 ฟอง จะมีปริมาณ total CLA เท่ากับ 0.09, 61.68, 194.75, 297.16 และ 417 มิลลิกรัม ตามลำดับ Decker (1995) แนะนำว่า มนุษย์ควรได้รับ CLA 1.5 – 3.0 กรัมต่อวัน เพื่อผลดีต่อสุขภาพและป้องกันการเกิดเนื้องอก ดังนั้นในภาวะที่จะได้รับ CLA อย่างน้อย 1.5 กรัม แสดงว่าจะต้องบริโภคไข่ถึงวันละ 4 ฟอง แต่ในความเป็นจริงแล้วเราสามารถรับ CLA จากแหล่งอาหารอื่นๆ ได้อีก เช่น นม ชีส และเนื้อโค เป็นต้น

ผลของ CLA ต่อปริมาณ cholesterol ในไข่ไก่

ผลการทดลองเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2 ,3 และ 4% ในอาหารไก่ไข่ ต่อปริมาณ cholesterol ในไข่แดง พบว่าปริมาณ cholesterol ในไข่แดงลดลงตามลำดับการเสริม CLA คือ 11.44, 11.37, 9.73, 9.19 และ 9.09 มิลลิกรัมต่อกรัมไข่แดง ปริมาณ cholesterol ลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Hur et al. (2003) พบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2.5 และ 5% พบว่าปริมาณ cholesterol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม คือ 14.26, 13.90, 13.86 และ 13.85 มิลลิกรัมต่อกรัมไข่แดง และ Raes et al. (2002) เสริม CLA ที่ระดับ 0 และ 1% พบว่าปริมาณ cholesterol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม คือ 12.7 และ 12.3 มิลลิกรัมต่อกรัมไข่แดง แต่การทดลอง

ของ Szymczyk and Pisulewski (2003) พบว่าการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ไม่ได้ทำให้ปริมาณ cholesterol ต่อกรัมไข่แดงลดลง แต่เมื่อคิดปริมาณ cholesterol ต่อ1 ฟอง พบว่าปริมาณ cholesterol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เป็นเพราะ CLA ทำให้ไข่ฟองเล็กลง เมื่อคำนวณออกมาจึงทำให้ปริมาณ cholesterol ต่อฟองลดลงด้วย

จากการทดลองที่พบว่า ปริมาณ cholesterol ต่อกรัมไข่แดงและต่อฟองลดลง อธิบายได้ว่า ตับเป็นอวัยวะสำคัญในการสังเคราะห์ไขมันในไข่แดง หลังจากที่เริ่มสังเคราะห์ที่ตับไขมันจะถูกขนส่งโดย Plasma lipoprotein ซึ่งส่วนใหญ่คือ VLDL cholesterol และ triglycerides หรือ triacyglycerol ก็จะถูกหลั่งมาจากตับในรูปของ VLDL cholesterol มีรายงานว่า CLA ไปลด triacyglycerol ซึ่งก็คือ VLDL cholesterol และ LDL cholesterol ในหนู (Lee et al., 1994) และ Aydin and Cook (2004) อธิบายว่า CLA ไปลดการขนส่ง triacyglycerol จากตับไปสู่เลือดและไข่แดง ซึ่งทำให้ total lipid ในไข่แดงลดลงรวมถึงคอเลสเตอรอลด้วย สัมพันธ์กับผลการทดลองจะเห็นว่าการเพิ่มขึ้นของระดับการเสริม CLA ในอาหารมีแนวโน้มในการลดลงของปริมาณ LDL cholesterol ในพลาสม่าแบบเส้นโค้ง quadratic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) จากการที่ CLA ไปลดการขนส่งไขมันจากตับเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ขนาดของไข่เล็กลง จึงมีผลทำให้ขนาดของตับเพิ่มขึ้นด้วย คอเลสเตอรอลในไข่แดงนั้นจัดว่าเป็นสารอาหารที่มีความจำเป็นอย่างมากทั้งต่อด้านการพัฒนาของตัวอ่อน ถ้าในไข่แดงไม่มีคอเลสเตอรอลอยู่เลยทำให้ตัวอ่อนไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ ดังนั้นไม่ว่าจะโดยวิธีการใดก็ตามการพยายามลดปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงจะสามารถทำได้เพียงระดับหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากถูกจำกัดโดยการควบคุมของสรีรวิทยาที่พยายามจะรักษาสภาพการให้ผลผลิตไข่และการพัฒนาของตัวอ่อนที่ดีไว้ (ยุวเรศ, 2538)

ผลของ CLA ต่อปริมาณ total cholesterol, HDL cholesterol, LDL cholesterol และ triglycerides ในพลาสม่าของไก่ไข่

พบว่า CLA ทำให้ total cholesterol และ HDL cholesterol ในพลาสม่าของไก่ไข่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Du. (2001) อธิบายว่า CLA ทำให้ triglyceridess, total cholesterol, HDL cholesterol ในพลาสม่าเพิ่มขึ้น เพราะมีการเพิ่มการสังเคราะห์กรดไขมันมากขึ้นในตับหลังจากที่ให้ CLA ซึ่งเป็นการเพิ่มการทำงานของ fatty acid synthase และ acetyl-CoA carboxylase ในตับ Belury and Kempa-Steczko (1997) พบว่าเป็นผลของ CLA trans-10, cis-12 ที่ไปเพิ่มลิปิดและกรดไขมันในตับทำให้ตับโต ไม่ได้เป็นผลของ CLA cis-9, trans-11 แต่ก็ขัดแย้งกับผลการทดลองที่ไปลดคอเลสเตอรอลในไข่แดง ซึ่งเป็นไปได้ว่า CLA ลดการขนส่งไขมันจากตับสู่ไข่แดงซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ VLDL cholesterol และทำให้ตับมีการสะสมไขมันมากขึ้น เป็นผลดีในการเพิ่มระดับการเสริม CLA ในอาหารมีแนวโน้มในการลดลงของปริมาณ LDL cholesterol ในพลาสม่าแบบเส้นโค้ง quadratic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และระดับ HDL cholesterol เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

($P<0.01$) เป็นผลดีเพราะ HDL cholesterol มีหน้าที่ในการพา cholesterol กลับมาสลายที่ตับ โดยจะนำไปสร้างเป็นสารอื่น เช่น เกลือน้ำดีเพื่อขับออกทางน้ำดี จึงช่วยลดระดับ cholesterol ในร่างกายได้ HDL cholesterol ขนส่ง cholesterol ให้ตับหรือที่เรียกว่า reverse cholesterol transport หน้าที่นี้เชื่อว่าป้องกันการเกิด atherosclerosis ด้วย

5.5 สรุปผลการทดลอง

การเสริม CLA 0, 1, 2, 3 และ4 % ในอาหารไก่ไข่ จะพบว่าการเสริม CLA 4% ในอาหารจะส่งผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ คือทำให้การกินได้ของไก่ต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) และส่งผลทำให้ผลผลิตไข่ลดลงด้วย ($P<0.01$) นอกจากนี้คุณภาพไข่ก็ลดลงเมื่อเสริม CLA 4% คือทำให้น้ำหนักของไข่แดง, ไข่ขาว, ไข่ทั้งฟอง และสีไข่แดง ต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับการเสริม CLA 3% พบว่าน่าจะเป็นระดับการเสริมที่เหมาะสมเพราะมีการกินได้และผลผลิตไข่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่เสริม CLA 0, 1 และ 2 % รวมถึงไม่ส่งผลเสียต่อน้ำหนักของไข่แดง, ไข่ขาว และไข่ทั้งฟองอีกด้วย แต่การเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่จะมีผลทำให้ไข่แดงมีสีซีดลงในทุกกลุ่มการทดลองเนื่องมาจากการเสริม CLA ในอาหารทำให้มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวในอาหารมากขึ้นจึงทำให้เกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศได้ง่ายและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ทำให้เกิดสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (peroxides) ซึ่งมีผลให้เกิดการหืน และไปทำลายวิตามินที่ละลายในไขมัน กรดอะมิโนและสารแคโรทีนอยด์ ทำให้สีไข่แดงซีดลง ดังนั้นในการเสริม CLA ในอาหารที่ระดับต่างๆ ควรมีการใส่สารกันหืนลงไปด้วยเพื่อเป็นการป้องกันสีของไข่แดงซีดลง

นอกจากนั้นจากการทดลองพบว่าการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่มีผลให้กรดไขมันอิ่มตัวในไข่แดงเพิ่มขึ้นจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งในไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการที่กรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มขึ้น จึงมีโอกาสเสี่ยงที่จะเป็นการเพิ่มกรดไขมันอิ่มตัวให้แก่ผู้บริโภค แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นการได้รับ CLA เข้าไปด้วย ซึ่ง CLA มีผลต่อการป้องกันการเกิดภาวะเส้นเลือดอุดตัน การไหลเวียนเลือด การทำงานของหัวใจไม่เป็นปกติ (antiatherosclerotic) และ CLA ก็มีผลต่อการเป็น antioxidant ในเส้นเลือดอีกด้วย นอกจากนี้ CLA ยังมีผลต่อปริมาณ cholesterol ในไข่แดง คือทำให้ไข่มีปริมาณ cholesterol ลดลง เป็นไข่ที่เหมาะสมกับผู้บริโภคที่เกรงกลัวว่า ปริมาณ cholesterol ที่มีมากในไข่แดงจะไปเพิ่มโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ ซึ่งจากการทดลองพบว่าปริมาณ cholesterol ในไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติตามระดับการเสริม CLA คือ 11.44, 11.37, 9.73, 9.19 และ 9.09 มิลลิกรัมต่อกรัมไข่แดง เมื่อเสริม CLA 0, 1, 2, 3 และ 4 % ในอาหารตามลำดับ นอกจากนี้จาก จากผลการทดลองสามารถยืนยันได้ว่าในการเสริม CLA ในอาหาร

ไก่ไข่ ทำให้ระดับของ HDL cholesterol ในพลาสม่าของไก่ไข่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และระดับของ LDL cholesterol มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้ง quadratic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ตามระดับการเสริม CLA ซึ่งระดับของ HDL cholesterol สูงขึ้น และ LDL cholesterol ลดลง จะเกี่ยวข้องกับการลดโอกาสเสี่ยงในการเป็นภาวะเส้นเลือดอุดตัน เพราะ HDL cholesterol ที่สูงขึ้น จะเพิ่มการพา cholesterol มาให้สลายที่ตับ (reverse cholesterol transport) ซึ่งหน้าที่นี้เชื่อว่าป้องกันการเกิด atherosclerosis โดยตับจะนำ cholesterol ไปสร้างเป็นสารอื่น เช่น เกลือน้ำดีเพื่อขับออกทางน้ำดี จึงเป็นการช่วยลดระดับ cholesterol ในร่างกายได้

ปริมาณของการสะสม CLA ในไข่แดงพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ total CLA ในไข่แดงคือ 0.01, 2.08, 5.98, 10.05 และ 14.15 % เมื่อเสริม CLA 0, 1, 2, 3 และ 4 % ในอาหารตามลำดับ สามารถประมาณได้ว่า ในการบริโภคไข่ 1ฟอง ผู้บริโภคจะได้รับปริมาณ total CLA เท่ากับ 0.09, 61.68, 194.75, 297.16 และ 417.00 มิลลิกรัม ตามลำดับ Decker (1995) แนะนำว่า มนุษย์ควรได้รับ CLA 1.5 – 3.0 กรัมต่อวัน เพื่อผลดีต่อสุขภาพและป้องกันการเกิดเนื้องอก ดังนั้นในการที่จะได้รับ CLA อย่างน้อย 1.5 กรัม แสดงว่าจะต้องบริโภคไข่ (CLA) ถึงวันละ 4 ฟอง แต่ในความเป็นจริงแล้วเราสามารถรับ CLA จากแหล่งอาหารอื่นๆ ได้อีก เช่น นม ชีส และเนื้อวัว เป็นต้น

ในการเพิ่มปริมาณของ CLA ในไข่แดงซึ่งจะเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริม CLA ในอาหารได้นั้น ยังสัมพันธ์กับต้นทุนค่าอาหารที่เพิ่มขึ้นเนื่องจาก CLA ยังมีราคาสูงอยู่ คือกิโลกรัมละ 156 บาท มีผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหลเพิ่มขึ้นประมาณ 8-9 บาท เมื่อเสริม CLA ในอาหารเพิ่มขึ้น 1 %

การแนะนำให้เสริม CLA ที่ระดับ 3% ในอาหาร การบริโภคไข่ (CLA) 1 ฟอง จะได้รับ CLA ประมาณ 297.16 มิลลิกรัม ซึ่งต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 ฟองคือ 3.24 บาท แสดงว่าจะต้องกำหนดราคาขายไข่ 1 ฟอง ไม่ต่ำกว่า 4 บาท ซึ่งสูงกว่าราคาไข่ปกติอยู่ประมาณ 1.20 บาท (ราคาไข่ 1 ฟอง เมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2548 คือ 2.80 บาท)

รายการอ้างอิง

พจน์ ศรีบุญลือ และคณะ. 2540. ชีวเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 2 .ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2543. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. ธนบรรณการพิมพ์, จ. เชียงใหม่. 244 น.

สาโรช ค้าเจริญ. 2542. อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 685 น.

Ahn, D. U., J. L. Sell, M. Chamruspollert and M. Jeffery. 1999. Effect of dietary conjugated linoleic acid on the quality characteristics of chicken egg during refrigerated storage. Poult. Sci. 78:922-928.

Akalln, A. S., and Ö. Tokusoglu. 2003. A potential anticarcinogenic agent: conjugated linoleic acid (CLA). Pakistan J. of Nutr. 2 (2):109-110.

AOAC. 1997. Association of Official Analytical Chemists, Cuniff, P., AOAC International, Gaithersburg, Maryland.

Aydin, R. and M. E. Cook. 2004. Dietary conjugated linoleic acid to control the population of wild bird species considered a pest. J. Wildlife Management. 70:1786-1788.

Aydin, R., M. W. Pariza and M. E. Cook. 2001. Olive oil prevents the adverse effect of dietary conjugated linoleic acid on Chick Hatchability and Egg Quality. J. Nutr. 131:800-806.

Azain, M. J., D. B. Hausman, M. B. Sisk, W. P. Flatt and D. E. Jewel. 2000. Dietary conjugated linoleic acid reduces rat adipose tissue cell size rather than cell number. J. Nutr. 130:1548-1554.

Baer, R. J., J. Ryail, D. J. Schingoethe, K. M. Kasperson, D. C. Donovan, A. R. Hippen and S. T. Franklin. 2001. Composition and properties of milk and butter from cows fed fish oil. J. Daily Sci. 84:345-353.

Badinga, L., K. T. Sellberg, C. W. Comer and R. D. Miles. 1999. Performance and lipid deposition in broilers fed conjugated linoleic acid. Poult. Sci. 80:186-194 (Suppl.).

Badinga, L., K. T. Sellberg, A. C. Dinges, C. W. Comer and R. D. Miles. 2003. Dietary Conjugated linoleic acid alters hepatic lipid content and fatty acid composition in broiler chickens. Poult. Sci. 82:111-116.

Baumgard, L. H., B. A. Corl, D. A. Dwyer, A. Saebø and D. E. Bauman. 2000. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. Am. J. Physiol. 278:R179-R184.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Baumgard, L. H., J. K. Sangster and D. E. 2001. Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduce by increasing supplemental amounts of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid (CLA). J. Nutr. 131:1764-1769.

Belury, M. A., and A. Kempa-Steczko. 1997. Conjugated linoleic acid modulates hepatic lipid composition in mice. Lipids. 32:199-204.

Belury, M. A. and J. P. Heuvel. 1999. Modulation of diabetes by conjugated linoleic acid. pp. 404-411. In: Advances in Conjugated Linoleic Acid Research. Eds. M. P. Yurawecz et al. AOCS Press, Champaign, IL.

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

Carroll, A. L., J. M. Eggert, A. P. Schinckel and B. T. Richert. 1999. Effects of high oil corn and duration of conjugated linoleic acid (CLA) supplementation on pig growth, pork quality and carcass composition. Quoted from http://www.ansc.purdue.edu/swine/swineday.

Cook, M. E., C. C. Miller, Y. Park and M. W. Pariza. 1993. Immune modulation by altered nutrient metabolism : Nutritional control of immune-induced growth depression. Poult Sci. 72:1301-1305.

Cherian, G., M. P. Goeger and D. U. Ahn. 2002. Dietary conjugated linoleic acid with fish oil alters yolk n-3 and trans fatty acid content and volatile compounds in raw, cooked, and irradiated eggs. Poult. Sci. 81:1571-1577.

Chamruspollert, M. and J. L. Sell. 1999. Effect of dietary conjugated linoleic acid to egg yolk of chickens. Poult. Sci. 78:1138-1150.

Chin, S. F., W. Liu, J. M. Storkson, Y. L. Ha and M. W. Pariza. 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. J. Food Comp. Anal. 5:185-197.

Chouinard, P.Y., L. Corneau, D.M. Barbano, L.E. Metzger and D.E. Bauman. 1999. Conjugated linoleic acids alter milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. J. Nutr. 129 : 1579 – 1584.

Chow, C. K. 2000. Fatty acid in foods and their health implications. Marcel Dekker Inc. New York. US.

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

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

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

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

Du, M. and D. U. Ahn. 2002. Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on the growth rate of live birds, and the abdominal fat content and quality of broiler meat. Poult. Sci. 81:428-433.

Du, M. and D. U. Ahn. 2003. Dietary CLA affects lipid metabolism in broiler chicks. Lipids. 38:505-511.

Du. M., D. U. Ahn, K. C. Nam and J. L. Sell. 2000. Effects of dietary conjugated linoleic acid and lenoleic:linoleic acid ratio on polyunsaturated fatty acid status in laying hens. Poult Sci. 79:1749-1756.

Du, M., D. U. Ahn and J. L. Sell. 1999. Effect of dietary conjugated linoleic acid on the composition of egg yolk lipids. Journal paper number J-18318 of the Iowa Agriculture and Home Economics Experiment Station.

Du, M., K. C. Nam and D. U. Ahn. 2001. Cholesterol and lipid oxidation products in cooked meat as affected by raw meat packaging and irradiation, and cooked meat packaging and storage time. J. Food Sci. 66:1396-1401.

Dugan, M. E. R., J. L. Aalhus, A. L. Schaefer and J.K.G. Kramer. 1997. The effect of conjugated linoleic acid on fat to lean repartitioning and feed conversion in pigs. Can. J. Anim. Sci. 77:723-725.

Eggert, J. M., M. A. Belury and A. P. Schinckel. 1998. The effects of conjugated linoleic acid (CLA) and feed intake on lean pig growth and carcass composition. Quoted from http://www.ansc.purduee.edu/swine/swineday/sday98/psd04-98.htm

Eggert, J. M., A. L. Carroll, B. T. Richert, D. E. Gerrard, J. C. Forrest, B. C. Bowker, E. J. Wynveen, J. E. Hammelman and A. P. Schinckel. 2001. Effects of conjugated linoleic acid (CLA) on the growth, carcass composition and pork quality of two genotypes of lean gilts. J. Anim. Sci. 79:2866-2872.

Evans, M., Geigerman, C., Curtis, J., Park, Y., Pariza, M. W., and McIntosh, M. 2001. Linoleic acid attenuates the lipid-lowering effects of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid (CLA) in cultures of 3T3-L1 preadipocytes. FASER J. 15:A996 (Abstract # 759.13).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Folch, J., M. Lees, and G.H. Sloane-Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. Journal of Biological Chemistry. 226 : 495 - 509.

Geoffery, Z. 1998. Biochemistry, (4th ed.). Wm. C. Brown Publishers.

Gregory, S. and N. D. Kelly. 2001. Conjugated linoleic acid : A review. http://www.vivapharm.gr/

Ha, Y. L., J. Storkson, and M. W. Pariza. 1989. Newly recognized anticacinogenic fatty acids: indentification and quantification in natural and processed cheeses. J. Agric. Food Chem. 37:75-81.

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

Heckart, M. L., J. M. Eggert, A. P. Schinckel, S. E. Mills and S. S. Donkin. 2001. Feeding conjugated linoleic acid (CLA) decreases lipogenesis and alters expression of lipogenic genes in porcine adipose tissue. Quoted from http://www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/.

Henrietta, B., A. S. Jacob, F. Hams, T. Erling, W. Jan and G. Ola. 2000. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. J. Nutr. 130:2943-2948.

Houseknecht, K., J. Heivel, S. Moya Camarena, C. PortoCarrero, L. Peck, K. Nickel and M. Belury. 1998. Dietary conjugated linoleic acid normalized impaired glucose tolerance in Zucker diabetic fatty fa/fa rat. Biochem. Biophys. Res. Commun. 244:678-682.

Hunter. J. E. 2000. Safety and health effects of isomeric fatty acid. . In. Fatty Acid in Foods and Their Health Implication. pp 667-686. editor C. K. Chow and M. Dekker, Inc. New York. 1045 p.

Hur, S. U., G. H. Kang, J. Y. Jeong, H. S. Yang, Y. L. Ha, G. B. Park and S. T. Joo. 2003. Effect of conjugated linoleic acid on lipid characteristics of egg yolk. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 16 (8):1165-1170.

Ip, C., J. A. Seimeca and H. A. Thomson. 1994. Conjugated linoleic acids. A powerful anticarcinogen from animal fat sources. Cancer. 74 : 1045-1050.

John, M. 2000. Chemical and physical properties of fatty acids. Pp 17-46. In: Fatty Acids in Foods and Their Health Implications, (2nd ed.). Eds. K.C. Ching and M. Dekker, Inc. New York.

Juneja, L. R. 1997. Egg yolk lipids. pp. 73-98. In. Their Basic and Applied Science. Ed. Y, Takehito, Inc.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Kramer, J. K. G., N. Sehat, M. E. R. Dugan, M. M. Mossoba, M. P. Yurawecz, J. A. G. Roach, K. Eulitz, J. L. Aalhus, A. L. Schaefer and Youh Ku. 1998. Distributions of conjugated linoleic acid (CLA) isomers in tissue lipids classes of pigs fed a commercial CLA mixture determined by gas chromatography and silver ion high-performance liquid chromatograph. Lipids. 33:549-558

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

Lo Fiego, D. P., P. Macchioni, P. Santoro, G. Pastorelli and C. Corino. 2005. Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) supplementation on CLA isomers content and fatty acid composition of dry-cured Parma ham. Meat Sci. 70:285-291.

Lobb, K. and C. K. Chow. 2000. Fatty acid classification and nomenclature. In. Fatty Acid in Foods and Their Health Implication. pp. 5-15. editor C. K. Chow andM. Dekker, Inc. New York. 1045 p.

Loor , J. J. and J. H. Herbein. 1998. Exogenous Conjugated Linoleic Acid Isomers Reduce Bovine Milk Fat Concentration and Yield by Inhibiting De Novo Fatty Acid Synthesis. J. Nutr. 128:2411-2419.

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

Muller, H. L., G. I. Stangl and M. Kirchgessner. 1999. Energy balance of conjugated linoleic acid treated pigs. J. Amim. Physiol. Anim. Nutr. 81:150-156.

Muller, H. L., M. Kirchgessner, F. X. Roth and G. L. Stangl. 2000. Effect of conjugated linoleic acid on energy metabolism in growing-finishing pigs. J. Amim. Physiol. Anim. Nutr. 83:85-94.

NPPC. 1991. Procedures to Evaluate Market Hogs. 3rd ed. National Pork Producers Council, Des Moines, IA.

National Research Council. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th rev. ed. National Press, Washington DC. 2224 p.

National Research Council. 1998. Nutrient Requirements of Swine. In: Nutrient Requirements of Domestic Animal. Eds. National Academy of Science, Inc, Washington, D.C., USA .189 p.

Nicolosi, R. J., B. Woolfrey, T. A. Wilson, P. Scollin, G. Handelman and R. Fisher, 2004. Decreased arotic early atherosclerosis and associated risk factors in hypercholesterolemic

hamsters fed a high- or mid-oleic acid oil compared to a high-linoleic acid oil. J. Nutr. Biochem. 15:540-547.

North, M., D. Bell. 1990. Commercial chicken Production Manual. New York: Van Norstand Reinhold.

O'Quinn. P. R., J. L. Nelssen, R. D. Goodband, J. A. Unruh, J. C. Woodworth, J. S. Smith and M. D. Tokach. 2000. Effects of modified tall oil versus a commercial source of conjugated linoleic acid and increasing levels of modified tall oil on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. J. Anim. Sci. 78:2359-2368.

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

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

Parrish, F. C., R. L. Thiel-Cooper, J. C. Sparks and R. C. Ewan. 2001. Effect of conjugated linoleic acid (CLA) on swine performance and body composition. Quoted from http://www.extension.iastate,edu/.

Raes, K., H. Gerad, D.S. Stefan, N. Lode, A. Suen and D. Daniel. 2002. The deposition of conjugated linoleic acids in egg of laying hens fed diets varying in fat level and fatty acid profile. J. Nutr. 132:182-189.

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

Satory, D. L. and S. B. Smith. 1999. Conjugated linoleic acid inhibits proliferation but stimulates lipid filling of murine 3T3-L1 preadipocytes. J. Nutr. 129:92-97.

Schinckel, A. P., J. M. Eggert, B. T. Richert and A. L. Carroll. 2000. Effects of conjugated linoleic acid (CLA) supplementation on pig growth, pork quality and carcass composition in two genetic populations of gilts. Quoted from http://www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/.

Sell, J. L., S. Jin and M. Jeffrey. 2001. Metabolism energy value of conjugated linoleic acid for broiler chicks and laying hens. Poult. Sci. 80:209-214.

Sugano, M., A. Tsujita, M. Yamasaki, K. Yamada, I. Ikeda and D. Kritchevsky. 1997. Lymphatic recovery, tissue distribution, and metabolic effects of conjugated linoleic acid in rat. J. Nutr. Biochem. 8:38-43.

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

Szymczyk, B., P. M. Pisulewski, P. Hanczakowski and W. Szczurek. 2001. Effect of conjugated linoleic acid on growth performance, feed conversion efficiency, and subsequent carcass quality in broiler chickens. Br. J. Nutr. 85:465-473.

Thiel-Cooper, R. L., F. C. Parrish, J. C. Sparks, B. R. Wiegand and R. C. Ewan. 2001. Conjugated linoleic acid changes swine performance and carcass composition, J. Anim. Sci. 79:1821-1828.

Tsuboyama-Kasaoka, N., M. Takahashi, K. Tanemura, H. J. Kim, T. Tange, H. Okuyama, M. Kasai, S. Ikemoto and O. Ezaki. 2000. Conjugated linoleic acid supplementation reduces adipose tissue bu apoptosis and develops lipodystrophy in mice. Diabetes. 49:1534-1542.

Watson, R. R., S. Zibadi, R. Vazquez and D. Larson. 2005. Nutritional regulation of immunosenescence for heart health. J. Nutr. Biochem. 16:85-87.

West, D. B., F. Y. Blohm, A. A. Truett and J. P. Delany. 2000. Conjugated linoleic acid persistently increase total energy expenditure in AKR/J mice without increasing uncoupling protein gene expression. J. Nutr. 130:2471-2477.

Wiegand, B. R., F. C. Parrish, T. J. Baas, J. E. Swan, S. T. Larsen and L. J. Vaske. 2001. Effect of conjugated linoleic acid supplementation and pig genotype on carcass and meat quality attributes. Quoted from http://www.extension.iastate.edu/ipic./reports/99swinereports/asl-709.pdf

William, J. and J. C. Owen. 1995. Egg science and technology. Fourth Edition Food Products Press An imprint of The Haworth Press, Inc. New York London.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. **ชื่อ – สกุล:** นาย วิศิษฐิพร สุขสมบัติ
2. **รหัสประจำตัวประชาชน:** 3-1911-00164-31-0
3. **ตำแหน่งปัจจุบัน:** รองศาสตราจารย์ / ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวางแผน
4. **หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมเลขหมายโทรศัพท์ และ E- mail**

   สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

   โทรศัพท์ 0-4422-4378

   E- mail: wisitpor@ccs.sut.ac.th
5. **ประวัติการศึกษา**

ระดับการศึกษา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
ป. ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	เกษตรศาสตร์	สัตวบาล	ม.เกษตรศาสตร์	ไทย
ป. โท	M.Agr.Sc. Master of Agricultural Science	Animal Science	Dairy Production	Massey Univ.	NZ
ป. เอก	Ph.D. Doctor of Philosophy	Animal Science	Dairy Production And Nutrition	Massey Univ.	NZ

6. **สาขาวิชาที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ**

1. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง
2. โภชนศาสตร์โคนม
3. การจัดการโคนม
4. การจัดการโรงงานอาหารสัตว์ (โคนม)
5. การผลิตพืชอาหารสัตว์
6. A309 Range Management
7. A522 Cattle Feed Industry facilities
8. C307D Range Livestock
9. C307E Intensive Livestock
10. C307F Dairy Products Livestock

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

สถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย เป็นต้น

a. สถานภาพผู้ร่วมโครงการ :

1. โครงการ "การผลิตอาหารหยาบ อาหารข้น และอาหารผสมสำหรับโคนม" (ผู้ร่วมโครงการ) ระยะเวลา พฤษภาคม 2538 – เมษายน 2541 งบประมาณ 15 ล้านบาท แหล่งทุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
2. โครงการ "การผลิตอาหารรวมที่มีคุณภาพและแนวทางการประเมินความต้องการโภชนะโคนมไทย" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา พฤศจิกายน 2542 – ตุลาคม 2544 งบประมาณ 2.0 ล้านบาท แหล่งทุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
3. โครงการ "ผลการเสริมสารโมเนนซินต่อผลผลิตของโคนม" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2541 – กันยายน 2543 งบประมาณ 425,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
4. โครงการ "การศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับโคนม" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2542 – กันยายน 2544 งบประมาณ 350,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
5. โครงการ "การนำใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารสำหรับโคนม" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2543 – กันยายน 2546 งบประมาณ 749,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
6. โครงการ "การศึกษาผลผลิตของถั่วไมยราและการใช้ถั่วไมยราเป็นอาหารไก่ไข่ (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2544 – กันยายน 2546 งบประมาณ 436,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
7. โครงการ "การเพิ่ม conjugated linoleic acid ในน้ำนมโคโดยการเสริมน้ำมันพืชในอาหารโคนม" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2545 – กันยายน 2547 งบประมาณ 500,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
8. โครงการ "ผลของการเสริม conjugated linoleic acid ในอาหารสัตว์ต่อผลผลิตและคุณภาพเนื้อสุกร เนื้อไก่กระทงและไข่" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2546 – กันยายน 2549 งบประมาณ 700,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

9. โครงการเพิ่ม conjugated linoleic acid ในน้ำนมโคและผลิตภัณฑ์นม (ผู้อำนวยการโครงการ) แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
10. โครงการเพิ่ม conjugated linoleic acid ในผลิตภัณฑ์สัตว์ (ผู้อำนวยการโครงการ) แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
11. โครงการ "การเพิ่ม conjugated linoleic acid ในเนื้อโคขุนโดยการเสริมน้ำมันพืชในอาหารโคขุน" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2547 – กันยายน 2549 งบประมาณ 900,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
12. โครงการ "การศึกษาการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ในกระเพาะหมักโคนม โดยใช้สารสกัดจากก้านและใบมะขามป้อม" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2547 – กันยายน 2550 งบประมาณ 1,000,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
13. โครงการ "การใช้ยีสต์จากกระเพาะโคเสริมในอาหารสัตว์ต่อการลดความเป็นพิษของสารพิษจากเชื้อราในไก่กระทง" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2549 – กันยายน 2551 งบประมาณ 1,500,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
14. โครงการ "การศึกษาการเสริมไขมันไหลผ่านชนิดต่างๆ และผลต่อผลผลิตโคนม" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2549 – กันยายน 2550 งบประมาณ 800,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
15. โครงการ "การศึกษาการเสริมโคลีนและไบโอตินต่อผลผลิตโคนม" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2549 – กันยายน 2551 งบประมาณ 500,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
16. โครงการ "การศึกษาการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ผลิตแอมโมเนียในกระเพาะหมักของโค และผลต่อผลผลิตโคนม โดยใช้สารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชในท้องถิ่น" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2549 – กันยายน 2552 งบประมาณ 800,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

b. งานตีพิมพ์ :

1. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2541. ผลของการใช้พืชอาหารสัตว์สด และอาหารหยาบผสมอัดก้อนต่อผลผลิตโคนมในช่วงกลางระยะให้นมในฤดูฝน: ฟาร์มมหาวิทยาลัย. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี. 5(3):179-187.

2. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2542. ผลของการใช้พืชอาหารสัตว์สด และอาหารหยาบผสมอัดก้อนต่อผลผลิตโคนมในช่วงกลางระยะให้นมในฤดูฝน: ฟาร์มเกษตรกร. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี. 6(2):104-113.

3. Suksombat, W., Holmes, C. W. and Wilson, G. F. 1994. Effects of herbage allowance and a high protein supplement on performance of dairy cows grazing autumn-winter pasture. Proc. NZ. Soc. Anim. Prod. 54:83-86.

4. Suksombat, W. 1995. Growth rate of calves fed different types of calf milk replacer. Suranaree J. Technol. 2(3):157-160.

5. Suksombat, W. 1996. The effect of four different roughage-mixed on dairy cow performances in late lactation. Suranaree J. Technol. 3(3):139-145.

6. Suksombat, W. 1997. Production, growth and nutritive value of 6 forage species grown at Suranaree University of Technology. I. Initial growth. Suranaree J. Technol. 4(1):23-28.

7. Suksombat, W. 1997. Production, growth and nutritive value of 6 forage species grown at Suranaree University of Technology. II. First regrowth. Suranaree J. Technol. 4(2):109-114.

8. Suksombat, W. 1998. The effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cow performances in early lactation during rainy season. Suranaree J. Technol. 5(2):80-87.

9. Suksombat, W. 1998. Effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cow performances in mid lactation during rainy season. Thai J. Agric. Sci. 31(2):224-234.

10. Suksombat, W. 1999. Effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cow performances in early lactation during dry season. Suranaree J. Technol. 5:150-157.

11. Suksombat, W. 2000. Effect of feeding fresh forage and 3 pelleted roughage-mixed rations on dairy cow performances in mid lactation during dry season. Suranaree J. Technol. 7(2):130-136.

12. Suksombat, W. 2000. Performances of lactating cows fed 3 different total mixed rations. In: Proceedings of Quality Control in Animal Production: Nutrition, management, health and products. Chiang Mai University, Thailand.

13. Suksombat, W. 2004. Comparison of different alkali treatment of bagasse and rice straw. Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 17(10):1430-1433.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

14. Suksombat, W. and Buakeeree, K. 2006. Effect of Cutting Interval and Cutting Height on Yield and Chemical Composition of Hedge Lucerne (*Desmanthus virgatus*). Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 19(1):31-34.

15. Suksombat, W. and Buakeeree, K. 2006. Utilization of hedge lucerne (*Desmanthus* virgatus) meal as protein supplement in layer diets. Suranaree J. Technol. 13(2):181-187.

16. Suksombat, W. and Janpanichcharoen, P. 2005. Feeding of sugar cane silage to dairy cattle during the dry season. Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 18(8):1125-1129.

17. Suksombat, W. and Karnchanatawee, S. 2005. Effect of various sources and levels of chromium on performances of broilers. Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 18(11):1628-1633.

18. Suksombat, W. and Lounglawan, P. 2004. Silage from agricultural by-products for dairy cattle in Thailand: processing and storage. Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 17(4):473-478.

19. Suksombat, W., Lounglawan, P., and Noosen, P. 2006. Energy Evaluation of 5 Feedstuffs and Utilization of Cassava Pulp as Energy Source for Lactating Dairy Cows. Suranaree J. Technol. (accepted).

20. Suksombat, W. and Mernkrathoke, P. 2005. Feeding of whole sugar cane to dairy cattle during the dry season. Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 18(3):345-349.

21. Suksombat, W. and Mongjongklang, B. 2006. Ensiled agricultural by-products for dairy cattle in Thailand: processing and storage. Thai J. Agric. Sci. (in press)

22. Suksombat, W., and Srangarm, D. 1998. Effect of intraruminal monensin capsule on dairy cow performances in early lactation. Thai J. Agric. Sci. 31(3):402-410

23. Suksombat, W., Jullanand, K., Utaida, N., and Piasangka, S. 2000. Various chemical treatments of bagasse. In: Proceedings of Quality Control in Animal Production: Nutrition, management, health and products. Chiang Mai University, Thailand.

24. Suksomabat, W., Samitayothin, S., and Lounglawan, P. 2006. Effects of Conjugated Linoleic Acid Supplementation in Layer Diet upon Fatty Acid Compositions of Egg Yolk and Layer Performance. Poult. Sci. 85(9):1603-1609.

25. Suksomabat, W., Boonmee, T., and Lounglawan, P. 2007. Effects of Various Levels of Conjugated Linoleic Acid Supplementation on Performance of Broilers. Poult. Sci. 86: (2):318-324.

26. Suksomabat, W., Yowa, C., and Lounglawan, P. 2006. Effects of Conjugated Linoleic Acid (CLA) Supplementation on Performances, Carcass Quality and Fatty Acid Composition in Meat of Finishing Pigs. . J. Anim. Sci. (in press).

27. Lounglawan, P., Suksombat, W., and Chullanandana, K. 2006. The Effect of Ruminal Bypass Fat on Milk Yield, Composition and Milk Fatty Acid of Lactating Dairy Cows. Suranaree J. Technol. (accepted).

8. การบริการวิชาการ/ฝึกอบรม/ให้คำปรึกษา

1. ที่ปรึกษาสหกรณ์โคนมวังน้ำเย็น จำกัด (2539 - ปัจจุบัน)
2. ที่ปรึกษาสหกรณ์โคนมพิมาย จำกัด (2542 – ปัจจุบัน)
3. ที่ปรึกษาสหกรณ์โคนมอ่าวน้อย จำกัด (2542 – ปัจจุบัน)
4. ที่ปรึกษาสหกรณ์โคนมมวกเหล็ก จำกัด (2543 – 2545, 2547-ปัจจุบัน)
5. ที่ปรึกษาสหกรณ์โคนมสอยดาว จำกัด (2546 - ปัจจุบัน)
6. ที่ปรึกษาสหกรณ์การเกษตรพิมาย จำกัด (2548 - ปัจจุบัน)
7. ที่ปรึกษานิตยสารฟาร์มโคนม สัตว์เศรษฐกิจ (2539 – ปัจจุบัน)
8. ที่ปรึกษาวารสารโคนม อ.ส.ค. (2537 – 2546)
9. ที่ปรึกษานิตยสารวัวควาย (2539 – ปัจจุบัน)
10. ที่ปรึกษาวารสารสยามบราห์มัน (2548-ปัจจุบัน)

9. การเสนอผลงานทางวิชาการ การเขียนบทความทางวิชาการและการเป็นวิทยากร

1. นำเสนอผลงานทางวิชาการในระดับชาติและนานาชาติ มากกว่า 30 เรื่อง
2. เขียนบทความทางวิชาการลงตีพิมพ์ในวารสารภายในประเทศ มากกว่า 80 เรื่อง
3. เป็นวิทยากรบรรยายทั่วประเทศมากกว่า 500 ครั้ง

ประวัติผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. **ชื่อ – สกุล:** นาย พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์
2. **ตำแหน่งปัจจุบัน:** อาจารย์
3. **หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมเลขหมายโทรศัพท์ และ E- mail**

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 0-4422-4378
E- mail: pipat_12000@yahoo.com ; pipat@sut.ac.th

4. **ประวัติการศึกษา**

ระดับการศึกษา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา/ปี	ประเทศ
ป. ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	เทคโนโลยีการผลิตสัตว์	เทคโนโลยีการผลิตสัตว์	ม.เทคโนโลยีสุรนารี, 2541	ไทย
ป. โท	วท.ม. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	เทคโนโลยีการผลิตสัตว์	โภชนศาสตร์สัตว์	ม.เทคโนโลยีสุรนารี, 2544	ไทย
ป. เอก	วท.ด. วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต	เทคโนโลยีการผลิตสัตว์	โภชนศาสตร์สัตว์	ม.เทคโนโลยีสุรนารี, 2548	ไทย

5. **สาขาวิชาที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ**
   1. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง
   2. โภชนศาสตร์โคนม
   3. การจัดการโคนม
6. **ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ**

   สถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย เป็นต้น

   a. หัวหน้าโครงการ:

1. โครงการ "การศึกษาผลของการเสริมน้ำมันถั่วเหลืองและ Rumen-protected CLA (RP-CLA) ในอาหารโคต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบ fatty acids และนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก" ระยะเวลา กันยายน 2549 – สิงหาคม 2550 แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

b. ผู้ร่วมโครงการ :

1. โครงการ "การเพิ่ม conjugated linoleic acid ในน้ำนมโคโดยการเสริมน้ำมันพืชในอาหารโคนม" ระยะเวลา ตุลาคม 2545 – กันยายน 2547 แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
2. โครงการ "ผลของการเสริม conjugated linoleic acid ในอาหารสัตว์ต่อผลผลิตและคุณภาพเนื้อสุกร เนื้อไก่กระทงและไข่" ระยะเวลา ตุลาคม 2546 – กันยายน 2549 แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
3. โครงการ "การเพิ่ม conjugated linoleic acid ในเนื้อโคขุนโดยการเสริมน้ำมันพืชในอาหารโคขุน" ระยะเวลา ตุลาคม 2547 – กันยายน 2549 แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
4. โครงการ "การศึกษาการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ในกระเพาะหมักโคนม โดยใช้สารสกัดจากก้านและใบมะขามป้อม" ระยะเวลา ตุลาคม 2547 – กันยายน 2550 แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
5. โครงการ "การใช้ยีสต์จากกระเพาะโคเสริมในอาหารสัตว์ต่อการลดความเป็นพิษของสารพิษจากเชื้อราในไก่กระทง" ระยะเวลา ตุลาคม 2549 – กันยายน 2551 แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
6. โครงการ "การศึกษาการเสริมไขมันไหลผ่านชนิดต่างๆ และผลต่อผลผลิตโคนม" ระยะเวลา ตุลาคม 2549 – กันยายน 2550 แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

c. งานตีพิมพ์ :

รายชื่อรายงานผลการวิจัยและเอกสารวิชาการ

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์, ปิตุนาถ หนูแสน และ ชิดชนก นวลฉิมพลี. 2547. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. เอกสารประกอบการเรียนในรูปแบบสื่ออิเล็กทรอนิกส์: โครงการส่งเสริมให้นิสิต/นักศึกษาสรุปเนื้อหารายวิชาในรูปแบบสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. 160 หน้า.

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ และ **พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์**. 2548. การใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารสำหรับโคนม (Utilization of sugar cane stalk as dairy cattle feeds) รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ และ **พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์**. 2549. การศึกษาผลผลิตของถั่วไมยราและการใช้ถั่วไมยราป่นเป็นอาหารไก่ไข่ (Study of Hedge Lucerne *(Desmanthus virgatus)* Production and

Utilization of Hedge Lucerne Meal in Layer Diets) รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ และ **พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์**. 2549. การเพิ่มปริมาณ CLA (Conjugated Linoleic Acid) ในน้ำนมโค โดยการเสริมน้ำมันพืช และ *Lactobacillus* sp. (Increased Conjugated Linoleic Acid Content of Cow's Milk through Supplementation of Plant Oil and *Lactobacillus* sp.) รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

รายชื่อบทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการ

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์, ปราโมทย์ แพงคำ, วรพงษ์ สุริยภัทร และ วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2548. ผลการเสริมน้ำมันพืชในอาหารต่อการให้ผลผลิต และปริมาณ Conjugated linoleic acid (CLA) ในน้ำนมของโคนม. ในเอกสารการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 5: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์, ปราโมทย์ แพงคำ, วรพงษ์ สุริยภัทร และ วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2548. ผลการเสริมน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันทานตะวันต่อการให้ผลผลิตของโคนมและปริมาณ Conjugated linoleic acid (CLA) ในน้ำนม. ในเอกสารการประชุมวิชาการ สาขาสัตวบาล/สัตวศาสตร์/สัตวแพทย์ ครั้งที่ 5 ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์, คู่ขวัญ จุลละนันทน์ และ วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2549. ผลของการเสริมไขมันไหลผ่านต่อผลผลิตโคนม. ในเอกสารการประชุมวิชาการโคนม 2549. ขอนแก่น: คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์, ปราโมทย์ แพงคำ, วรพงษ์ สุริยภัทร และ วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2549. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของ Conjugated linoleic acid ในน้ำนมโค. ในเอกสารการประชุมวิชาการโคนม 2549. ขอนแก่น: คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์, ปิตุนาถ หนูเสน และ วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2549. ผลการใช้กากมันสำปะหลังต่อผลผลิตโคนม. ในเอกสารการประชุมวิชาการโคนม 2549. ขอนแก่น: คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Lounglawan, P. and W. Suksombat. 2003. Ensiled agricultural by product as Total Mixed Ration for dairy cattle in Thailand. Proceeding of Seminar on SUT Research and Cooperation Between

Associations of Higher Education Institutes in Nakhon Ratchasima. 18 Aug 2003. Suranaree University of Technology Thailand. P. 124-125.

Lounglawan, P. and W. Suksombat. 2004. Effect of supplemental of vegetable oil in dairy cattle diet on performances. Research Consortium and Research Network of Higher Education Alliance in Nakhon Ratchasima. 23 Sep 2004. Suranaree University of Technology Thailand. pp.

Lounglawan, P., W. Suksombat and K. Chullanandana. 2006. The Effect of feeding rumen-protected fat on dairy cow performance. In: Proc. 12th AAAP Conference, Busan, Korea.

Suksombat, W., **P. Lounglawan** and P. Noosen. 2006. Energy evaluation and utilization of cassava pulp for lactating dairy cows. In: Proc. 12th AAAP Conference, Busan, Korea.

รายชื่อบทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

Suksombat, W. and **P. Lounglawan.** 2004. Silage from agricultural by-products in Thailand: processing and storage. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 17(4):473-478.

Lounglawan, P. 2006. The effect of soybean oil or sunflower oil supplementation on dairy cow performance and conjugated linoleic acid (CLA) in milk. Suranaree J. Sci. Technol. (accepted).

Lounglawan, P., W. Suksombat and K. Chullanandana. 2006. The Effect of feeding rumen-protected fat on dairy cow performance. Suranaree J. Sci. Technol (in press).

Suksombat, W., **P. Lounglawan** and P. Noosen. 2006. Energy evaluation and utilization of cassava pulp for lactating dairy cows. Suranaree J. Sci. Technol (in press).

Suksombat, W., S. Samitayotin and **P. Lounglawan**. 2006. Effect of conjugated linoleic acid (CLA) supplementation in layer diets on fatty acid compositions of egg yolk and layer performances. Poult. Sci. 85:1603-1609.

Suksombat, W., T. Boonmee and **P. Lounglawan**. 2006. Effect of various levels of conjugated linoleic acid supplementation on performances of broiler. Poult. Sci. 86: (2):318-324.

Suksomabat, W., C. Yowa and **P. Lounglawan**. 2006. Effects of Conjugated Linoleic Acid (CLA) Supplementation on Performances, Carcass Quality and Fatty Acid Composition in Meat of Finishing Pigs. . J. Anim. Sci. (in press).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี