ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารสุกรต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อของสุกรขุน

นายเฉลิมพล โยวะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-533-446-4

EFFECTS OF CONJUGATED LINOLEIC ACID (CLA) SUPPLEMENTATION ON PERFORMANCES, CARCASS QUALITY AND FATTY ACID COMPOSITION IN MEAT OF FINISHING PIGS

Mr. Chalermphol Yowa

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Animal Production Technology

Suranaree University of Technology

Academic Year 2004

ISBN 974-533-446-4

ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารสุกรต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อของสุกรขุน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(อ. ดร.สุรินทร บุญอนันธนสาร)
ประธานกรรมการ

(รศ. ดร.วิศิษฐิพร สุขสมบัติ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(อ. ดร.สมร พรชื่นชูวงศ์)
กรรมการ

(อ. น.สพ. ดร.ภคนิจ คุปพิทยานันท์)
กรรมการ

(อ. ดร.ปราโมทย์ แพงคำ)
กรรมการ

(รศ. น.ท. ดร.สราวุฒิ สุจิตจร)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

เฉลิมพล โยวะ : ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารสุกรต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อของสุกรขุน (EFFECTS OF CONJUGATED LINOLEIC ACID (CLA) SUPPLEMENTATION ON PERFORMANCES, CARCASS QUALITY AND FATTY ACID COMPOSITION IN MEAT OF FINISHING PIGS) อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ. ดร.วิศิษฐิพร สุขสมบัติ, 122 หน้า. ISBN 974-533-446-4

วิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษาถึงผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารสุกรต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อของสุกรขุน โดยใช้สุกรขุนลูกผสมสามสายพันธุ์ [Duroc x (Landrace x Large White)] จำนวน 48 ตัว โดยแบ่งเป็นสุกรเพศผู้ตอน 24 ตัว และสุกรเพศเมีย 24 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 60 กิโลกรัม วางแผนการทดลองแบบ 3*2 factorial design ซึ่งมีการจัด treatment ดังนี้คือ ปัจจัยที่ 1 คือ ระดับการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุน ได้แก่ 0, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ และปัจจัยที่ 2 คือ เพศ ได้แก่ สุกรขุนเพศผู้ตอนและสุกรขุนเพศเมีย บันทึกการกินได้ทุกสัปดาห์และชั่งน้ำหนักสุกรทุก 2 สัปดาห์ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองจะทำการสุ่มสุกรเป็นจำนวนทั้งสิ้น 12 ตัวเพื่อชำแหละศึกษาถึงคุณภาพซากและส่วนประกอบของกรดไขมัน

การเสริม CLA ไม่มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน (average daily gain, ADG) ปริมาณการกินอาหารต่อตัวต่อวัน (average daily feed intake, ADFI) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (gain : feed, G:F) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อศึกษาถึงเพศ พบว่า สุกรขุนเพศผู้ตอนมีอัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวันและประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงกว่าสุกรขุนเพศเมีย อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ส่วนปริมาณอาหารที่กินได้ต่อตัวต่อวันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และนอกจากนี้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศ

การเสริม CLA ไม่ส่งผลกระทบต่อความหนาของไขมันสันหลัง (backfat thickness) พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin eye area) เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (lean percent) ความแน่นของเนื้อ (firmness) ปริมาณไขมันแทรก (marbling) และสี (L*, a* และ b* value) ของเนื้อสุกร โดยการวัดจากเนื้อสะโพกส่วนกล้ามเนื้อที่เรียกว่า semimembranosus และเนื้อสันนอกระหว่างซี่โครงคู่ที่ 10 กับ 11 แต่พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของไขมันในเนื้อส่วนสะโพก ($P<0.05$) และเนื้อส่วนสันนอก ($P<0.01$) ลดลง และจากการศึกษาในเรื่องเพศและอิทธิพลร่วมระหว่างการ

เสริม CLA กับเพศพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของพารามิเตอร์ดังกล่าว

การเสริม CLA ไม่ส่งผลกระทบต่อ ปริมาณของ total cholesterol, HDL, LDL และ triglycerides ใน plasma ของสุกร และปริมาณ cholesterol ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก และพบว่าเพศไม่ส่งผลกระทบต่อค่าเหล่านี้เช่นเดียวกัน ในส่วนของกรดไขมัน พบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิดอิ่มตัว (% total saturated fatty acids, SFA) เพิ่มขึ้น (ในเนื้อส่วนสะโพก ประกอบไปด้วย C 12:0, C 14:0, C 16:0 และในเนื้อส่วนสันนอก ประกอบไปด้วย C 12:0, C 14:0, C 16:0, C 18:0) นอกจากนี้ การเสริม CLA ยังมีผลทำให้อัตราส่วนระหว่าง SFA:UFA เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม การเสริม CLA มีผลทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (% total unsaturated fatty acids, UFA) โดยเฉพาะกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 1 อัน (% mono- unsaturated fatty acids, MUFA) ลดลง (ในเนื้อส่วนสะโพกประกอบไปด้วย C 18:1n9c และในเนื้อส่วนสันนอก ประกอบไปด้วย C 18:1n9c, C 18:2n6c, C 20:3n6 และ C 20:4n6) ในส่วนของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 อัน (% total poly-unsaturated fatty acids, PUFA) ไม่พบความเปลี่ยนแปลง และจากการศึกษาเรื่องเพศพบว่า สุกรขุนเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 18:2n6c, C 18:3n3, C 20:3n6 และ C 20:4n6 สูงกว่าสุกรขุนเพศผู้ตอน และพบว่าสุกรขุนเพศผู้ตอนมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 10:0 สูงกว่าสุกรขุนเพศเมียในเนื้อส่วนสันนอก ในด้านการสะสมของ CLA พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้ cis 9-tran 11 และ tran 10-cis 12 CLA เพิ่มขึ้น ทั้งในส่วนของเนื้อสะโพกและเนื้อสันนอก การศึกษาเรื่องเพศต่อการสะสมของ CLA ทั้ง 2 ไอโซเมอร์ ไม่พบความเปลี่ยนแปลง และจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศของพารามิเตอร์ที่กล่าวมาข้างต้น

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
ปีการศึกษา 2547

ลายมือชื่อนักศึกษา_____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม_____

CHALERMPHOL YOWA : EFFECTS OF CONJUGATED LINOLEIC ACID (CLA) SUPPLEMENTATION ON PERFORMANCES, CARCASS QUALITY AND FATTY ACID COMPOSITION IN MEAT OF FINISHING PIGS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. WISITIPORN SUKSOMBAT, Ph.D. 122 PP. ISBN 974-533-446-4

CONJUGATED LINOLEIC ACID/PERFORMANCE/CARCASS QUALITY/ FATTY ACIDS/FINISHING PIGS

The present thesis aimed to study 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, 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). This thesis comprised of 3 experiments.

The first experiment was conducted to investigate the effect of CLA supplementation on performance. 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.

The second experiment was carried out to determine the effect of CLA supplementation on carcass quality. 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 percentage of lipid in ham ($P<0.05$) 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.

The final experiment was conducted to investigate the effect of CLA supplementation on cholesterol contents, fatty acid composition and accumulation of CLA in ham and loin of finishing pigs. CLA supplementation did not affect ($P>0.05$) total cholesterol, HDL, LDL and triglycerides in plasma and cholesterol in ham and loin. However CLA supplementation showed higher total saturated fatty acid percentage (SFA) (especially C 12:0, C 14:0, C 16:0 in ham and C 12:0, C 14:0, C 16:0, C 18:0 in loin) and SFA:UFA ratio. CLA supplementation showed lower unsaturated fatty acid percentage (UFA) especially mono- unsaturated fatty acid percentage (MUFA) (C 18:1n9c in ham and C 18:1n9c, C 18:2n9c, C 20:3n6 and C 20:4n6 in loin). Poly- unsaturated fatty acid percentage (PUFA) in ham and loin were not influenced by CLA supplementation. However female pigs showed higher C 18:2n6c, C 18:3n3, C 20:3n6, C 20:4n6 and PUFA than male pigs, whereas male pigs showed higher C 10:0 than female pigs in loin. Accumulation of CLA (cis 9-tran 11 and tran 10-cis 12) in ham and loin were increased with supplemental CLA feeding. There were no interactions between CLA and sex in all parameters.

School of Animal Production Technology

Academic Year 2004

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

Co-advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิศิษฐิพร สุขสมบัติ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาแนะนำ ช่วยเหลือ อย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการและด้านการดำเนินการวิจัย ตลอดจนคำแนะนำในการเขียน การตรวจแก้วิทยานิพนธ์ และสนับสนุนค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.สมร พรชื่นชูวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ ตรวจแก้วิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.กนกอร อินทราพิเชฐ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.บัญชร ลิขิตเดชาโรจน์ อาจารย์ ดร.สุรินทร บุญอนันธนสาร อาจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.ภคนิจ คุปพิทยานันท์ และ อาจารย์ ดร.ปราโมทย์ แพงคำ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือต่างๆ ในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณจักร์ โนจากุล หัวหน้างานสุกรและฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความอนุเคราะห์สุกรและสถานที่ในการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้การสนับสนุนทุนในการวิจัย

ขอขอบคุณบริษัท BASF (Thai) Limited ที่ให้ความอนุเคราะห์ CLA เพื่อใช้ในการทดลอง

ขอขอบคุณพี่ๆ บุคลากรประจำอาคารเครื่องมือ 1 และ 3 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความช่วยเหลือในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์ คุณกนกวรรณ โยวะ คุณชิดชนก นวลฉิมพลี คุณชัยสิทธิ์ แสงงาม คุณสุรัสสา สมิตะโยธิน คุณธนาพร บุญมี คุณปิตุนาถ หนูเสนและเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่ร่วมเรียนระดับระดับบัณฑิตศึกษารวมถึงบุคคลอันเป็นที่รัก ที่คอยให้กำลังใจและเป็นแรงบันดาลใจในศึกษาและการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การเลี้ยงดูอบรมและส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดีมาตลอด และเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

เฉลิมพล โยวะ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....ค
กิตติกรรมประกาศ.....จ
สารบัญ.....ฉ
สารบัญตาราง.....ญ
สารบัญภาพ.....ฏ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....ฑ
บทที่
1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....1
1.3 สมมติฐานงานวิจัย.....2
1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย.....2
1.5 ขอบเขตงานวิจัย.....2
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย.....2
รายการอ้างอิง.....3
2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 Conjugated linoleic acid (CLA).....4
2.1.1 คำจำกัดความของ CLA.....4
2.1.2 แหล่งของ CLA.....5
2.1.3 การสังเคราะห์ CLA.....5
2.1.4 ผลของ CLA ต่อ metabolism ของกรดไขมัน.....6
2.1.4.1 ผลต่อกรดไขมันอิ่มตัว.....6
2.1.4.2 ผลต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัว.....6
2.1.4.3 ผลต่อการขยายตัวของ preadipocyte (preadipocyte proliferation).....7
2.1.4.4 ผลต่อการใช้พลังงาน (energy expenditure).....8

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.1.4.5 ผลต่อ fatty acid oxidation……8
2.1.4.6 ผลต่อ adipose tissue lipid synthesis.....8
2.1.5 ผลของ CLA ต่อสุขภาพ.....8
2.1.5.1 คุณสมบัติในการเป็น anticarcinogen……..8
2.1.5.2 คุณสมบัติในการเป็น antioxidant……8
2.1.5.3 ป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ (arthrosclerosis).....9
2.1.5.4 ผลต่อการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อและการลดไขมันสะสม.....9
2.1.5.5 สนับสนุนการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน.....9
2.2 ผลการวิจัย CLA ในสุกร.....9
2.2.1 ผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรต่อการเจริญเติบโต.....9
2.2.2 ผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรต่อการปรับปรุงคุณภาพซากของสุกร.....10
2.2.3 ผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรต่อองค์ประกอบและปริมาณของ fatty acids และการสะสมของ CLA ในเนื้อของสุกร.....10
2.3 บทบาทของไขมันต่อสุกร.....17
2.4 ความต้องการพลังงานของสุกร (energy requirements of pigs).....18
2.5 ความต้องการโปรตีนและกรดอะมิโนของสุกร (protein and amino acids requirements of pigs).....20
2.6 ความต้องการแร่ธาตุของสุกร (mineral requirements of pigs).....22
2.7 ความต้องการวิตามินของสุกร (vitamin requirements of pigs).....25
รายการอ้างอิง.....27
3 ผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรขุน……...33
3.1 บทคัดย่อ.....33
3.2 คำนำ.....33
3.3 วัตถุประสงค์.....34
3.4 อุปกรณ์และวิธีการ.....34
3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ.....35

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6 สถานที่ทำการทดลอง……35
3.7 ระยะเวลาในการทดลอง.....35
3.8 ผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลอง.....35
3.9 สรุปผลการทดลอง.....39
รายการอ้างอิง.....40
4 ผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อคุณภาพซากของสุกรขุน.....42
4.1 บทคัดย่อ.....42
4.2 คำนำ.....42
4.3 วัตถุประสงค์……43
4.4 อุปกรณ์และวิธีการ.....43
4.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ.....45
4.6 สถานที่ทำการทดลอง.....45
4.7 ระยะเวลาในการทดลอง.....45
4.8 ผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลอง.....45
4.9 สรุปผลการทดลอง.....53
รายการอ้างอิง.....54
5 ผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อองค์ประกอบและปริมาณของ fatty acids ปริมาณของ cholesterol และการสะสมของ CLA ในเนื้อของสุกร.....59
5.1 บทคัดย่อ.....59
5.2 คำนำ.....59
5.3 วัตถุประสงค์.....60
5.4 อุปกรณ์และวิธีการ.....60
5.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ.....63
5.6 สถานที่ทำการทดลอง.....63
5.7 ระยะเวลาในการทดลอง.....63
5.8 ผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลอง.....63
5.9 สรุปผลการทดลอง.....73
รายการอ้างอิง.....74

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....81

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.....83

ภาคผนวก ข.....89

ภาคผนวก ค.....92

ภาคผนวก ง.....103

ประวัติผู้เขียน.....122

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ผลการทดลองการเสริม CLA ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกร..... 11

2.2 ผลการทดลองการเสริม CLA ต่อการปรับปรุงคุณภาพซากของสุกร..... 13

2.3 ผลการทดลองการเสริม CLA ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อของสุกร.....15

2.4 ผลการเสริม CLA ต่อการสะสมของ CLA ในเนื้อของสุกร.....16

2.5 ความต้องการพลังงานของสุกรในระยะต่างๆ.....20

2.6 ความต้องการโปรตีนและกรดอะมิโนของสุกรในระยะต่างๆ.....21

2.7 สัดส่วนของกรดอะมิโนในโปรตีนในอาหารสุกร.....22

2.8 ความต้องการแร่ธาตุของสุกรในช่วงอายุต่างๆ.....24

2.9 ความต้องการวิตามินของสุกรในช่วงอายุต่างๆ.....26

3.1 ผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อการเจริญเติบโตของสุกรขุน.....38

4.1 ผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อความหนาของไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง.....48

4.2 ผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อความแน่น ปริมาณไขมันแทรกและสีในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกรขุน.....49

4.3 ผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกรขุน.....52

5.1 ผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อปริมาณของ total cholesterol, HDL, LDL และ triglycerides ใน plasma และปริมาณของ cholesterol ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกรขุน.....65

5.2 ผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันในเนื้อส่วนสะโพกของสุกรขุน.....69

5.3 ผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันในเนื้อส่วนสันนอกของสุกรขุน.....70

5.4 ผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อเปอร์เซ็นต์การสะสมของ CLA ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกรขุน.....72

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวก **หน้า**

ภาคผนวก ก.....83
1 ก. ส่วนประกอบของอาหารสุกรขุน (60-100 กิโลกรัม) ที่ทำการเสริมด้วย 60% CLA……..84
2 ก. ส่วนประกอบของอาหารสุกรขุน (60-100 กิโลกรัม) ที่ทำการเสริมด้วย 30% CLA.....85
3 ก. ส่วนประกอบของกรดไขมันในอาหารทดลองของสุกรขุนที่ทำการเสริมด้วย 60% CLA.....86
4 ก. ส่วนประกอบของกรดไขมันในอาหารทดลองของสุกรขุนที่ทำการเสริมด้วย 30% CLA.....87
5 ก. ส่วนประกอบของกรดไขมันในน้ำมัน 60% CLA และน้ำมันปาล์ม.....88
ภาคผนวก ข.....89
1 ข. แสดงต้นทุนค่าอาหารตลอดการทดลอง (สุกรขุน 60 -100 กิโลกรัม).....90
2 ข. แสดงต้นทุนในการผลิตสุกรขุน (น้ำหนักแรกเกิด-น้ำหนัก 100 กิโลกรัม).....91
ภาคผนวก ค.....92
1 ค. แสดงผลการตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของการเสริม CLA ในอาหารสุกรต่อการเจริญเติบโตของสุกรขุน.....93
2 ค. แสดงผลการตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของการเสริม CLA ในอาหารสุกรต่อความหนาของไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง.....94
3 ค. แสดงผลการตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของการเสริม CLA ในอาหารสุกรต่อความแน่น ปริมาณไขมันแทรกและสีในเนื้อสะโพกและสันนอกของสุกรขุน.....95
4 ค. แสดงผลการตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของการเสริม CLA ในอาหารสุกรต่อองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกรขุน.....96
5 ค. แสดงผลการตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของการเสริม CLA ในอาหารสุกรต่อปริมาณของ total cholesterol, HDL, LDL และ triglycerides ใน plasma และปริมาณของ cholesterol ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกรขุน.....97
6 ค. แสดงผลการตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของการเสริม CLA ในอาหารสุกรต่อเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันในเนื้อส่วนสะโพกของสุกรขุน…….98
7 ค. แสดงผลการตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของการเสริม CLA ในอาหารสุกรต่อเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันในเนื้อส่วนสันนอกของสุกรขุน.....99

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวก **หน้า**

8 ค. แสดงผลการตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของการเสริม CLA ในอาหารสุกร ต่อเปอร์เซ็นต์การสะสมของ CLA ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกรขุน.....100

9 ค. แสดงปริมาณของพลังงาน โปรตีน และไขมันที่สุกรขุนกินได้.....101

10 ค. แสดงการบริโภคเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกต่อการได้รับปริมาณของไขมันและกรดไขมันชนิดต่างๆ.....102

สารบัญภาพ

แผนภาพที่ **หน้า**

1 โครงสร้างของ linoleic acid, cis 9- tran 11 และ tran 10- cis 12 CLA.....5

2 แสดงการ hydrogenation ของ linoleic acid.....6

3 แสดงผลของ CLA ที่มีต่อ metabolism ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว.....7

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ADG = Average daily gain

ADFI = Average daily feed intake

ANOVA = Analysis of variance

a* = Redness

BF_3 = Boron trifuoride, 14% in methanol

BHT = Butylated hydroxytoluene

b* = Yellowness

CLA = Conjugated linoleic acid

CV = Coefficient of Variation

C 10:0 = Capric acid

C 12:0 = Lauric acid

C 14:0 = Myristic acid

C 16:0 = Palmitic acid

C 16:1 = Palmitoleic acid

C 17: 0 = Heptadecanoic acid

C 18:0 = Stearic acid

C 18:1n9c = Oleic acid

C 18:2n6c = Linoleic acid

C 18:3n3 = Linoleic acid

C 20:0 = Arachidic acid

C 20:3n6 = cis 8, 11, 14- Eicosatrienoic acid

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

C 20:4n6 = Arachidonic acid

C 22:6n3 = Cis 4,7,10,13,16,19- Docosahexaenoic acid

DE = Digestible energy

DMRT = Duncan’s New Multiple Range Test

EFA = Essential fatty acid

GC = Gas Chromatography

GE = Gross energy

IL-1 = Interleukine-1

IU = International Unit

LEA = Loin eye area

L* = Lightness

ME = Metabolizable energy

MeOH = Methanol

MUFA = Monounsaturated fatty acid

NE = Net energy

NPPC = National Pork Producers Council

NRC = National Research Council

PGE_2 = Prostaglandin E_2

PUFA = Polyunsaturated fatty acid

RQ = Respiratory Quotient

SEM = Standard error of mean

SFA = Saturated fatty acid

UFA = Unsaturated fatty acid

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การผลิตสุกรในอดีตนั้น ส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญถึงปริมาณของผลผลิตเป็นหลัก เพื่อให้มีเพียงพอกับความต้องการของประชากรภายในประเทศ ซึ่งในปัจจุบันได้มีเทคนิคต่างๆ ที่นำมาใช้ในการผลิตสุกร ตลอดจนการพัฒนางานวิจัย และงานทดลองต่างๆ ทำให้การผลิตสุกรมีปริมาณเพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศ อีกทั้งในปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสนใจด้านคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสัตว์และความสัมพันธ์ระหว่างอาหารกับสุขภาพ รวมทั้งยังได้มีข้อมูลข่าวสารจำนวนมากเกี่ยวกับองค์ประกอบและความสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเนื้อสุกรโดยที่ผู้บริโภคสามารถรับรู้ได้โดยการผ่านสื่อต่างๆ โดยเฉพาะการบริโภคสารอาหารประเภทไขมัน ดังนั้นเราควรให้ความสำคัญของคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสุกร

การบริโภคอาหารที่มีปริมาณไขมันมากเกินไปเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ โรคมะเร็งและยังเสี่ยงต่อการอุดตันของหลอดเลือด ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาถึงอิทธิพลของอาหารต่อการสะสมและการลดปริมาณไขมันในเนื้อของสุกร โดยยังคงให้สุกรมีการเจริญเติบโตและคุณภาพซากที่ดีเหมือนเดิม ซึ่งการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ซึ่งจัดเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวลงในอาหารสุกรระดับต่างๆเป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถลดปริมาณไขมันที่มีการสะสมในร่างกายได้ 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

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต
2. เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อคุณภาพซากของสุกร

3. เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อองค์ประกอบและปริมาณ fatty acids ปริมาณ cholesterol และการสะสมของ CLA ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกร

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1. การเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนไม่ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของสุกรขุน
2. การเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพซากของสุกร
3. การเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนทำให้องค์ประกอบของ fatty acids, cholesterol เปลี่ยนแปลง และสามารถเพิ่มปริมาณ CLA ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกสุกรได้

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

conjugated linoleic acid, performance, carcass quality, fatty acids, finishing pigs

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

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

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. ได้ทราบผลตอบสนองของ CLA ในอาหารสุกรขุนต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต
2. ได้ทราบผลตอบสนองของ CLA ในอาหารสุกรขุนต่อคุณภาพซากของสุกร
3. ได้ทราบผลตอบสนองของ CLA ในอาหารสุกรขุนต่อองค์ประกอบและปริมาณ fatty acids, cholesterol และการสะสมของ CLA ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกร

รายการอ้างอิง

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

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

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

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

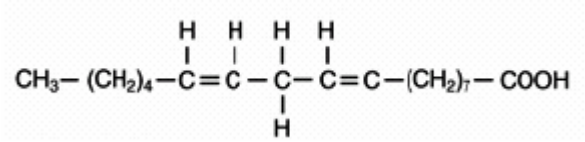
บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 Conjugated linoleic acid (CLA)

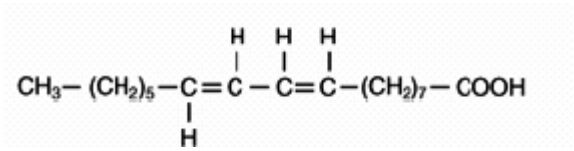
Conjugated linoleic acid (CLA) เป็นกรดไขมันชนิดหนึ่ง ถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1987 โดย Michael Pariza และคณะ แห่งมหาวิทยาลัย Wisconsin- Madison ซึ่งสกัดได้จากเนื้อโค CLA เป็นกลุ่มไอโซเมอร์ของกรดไขมัน linoleic ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็น ความแตกต่างในกลุ่มของ linoleic acid จะขึ้นอยู่กับชนิดและการจัดตำแหน่งของพันธะ 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)

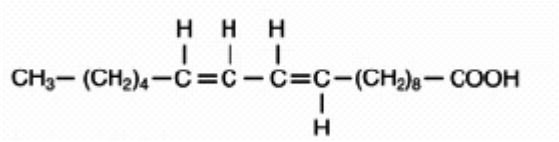
CLA เป็นกลุ่มไอโซเมอร์ของกรดไขมัน linoleic ซึ่งมีทั้งหมด 16 ไอโซเมอร์ (Du et al., 2000) แต่ที่พบมากที่สุดมีเพียง 2 ไอโซเมอร์ คือ cis-9, trans-11- octadecadienoic acid และ trans-10, cis-12- octadecadienoic acid ซึ่งพบมากในธรรมชาติ และจากรายงานของ Ha et al. (1990) พบว่า เมื่อให้อาหารที่ประกอบด้วย CLA จำนวน 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 จึงเป็นผลให้พบได้มากกว่า trans-10,cis-12- octadecadienoic acid (Baer et al., 2001)



cis 9, 12 (Linoleic acid)



cis 9, tran 11 CLA



tran 10, cis 12 CLA

แผนภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างของ linoleic acid, cis-9, trans-11 และ trans 10, cis 12 conjugated linoleic acid (Gregory and Kelly, (www, 2001))

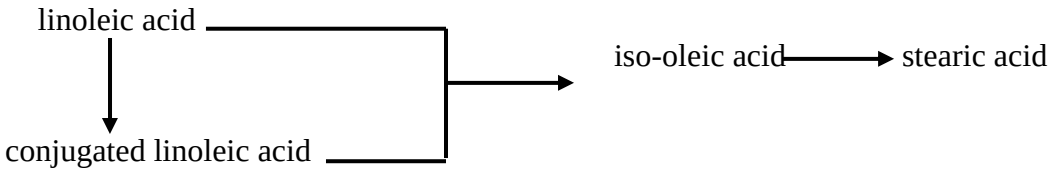
2.1.2 แหล่งของ CLA

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 คือเป็นกระบวนการที่เติมหมู่ไฮโดรเจนอะตอมเข้าไปในโมเลกุลของกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวเปลี่ยนเป็น

กรดไขมันชนิดอิ่มตัว ซึ่งจะทำให้ไขมันนั้นมีจุดหลอมเหลวสูงขึ้น เป็นการเติมไฮโดรเจนอะตอมเข้าไปที่พันธะคู่ของคาร์บอนอะตอม จะทำให้เกิดไขมันอิ่มตัวและเมื่อเราขจัดไฮโดรเจนอะตอมออกมาก็จะทำให้เกิดพันธะคู่อีกครั้ง (Lobb and Chow, 2000) และจากรายงานของ Ha et al. (1989) ได้รายงานว่า ปริมาณ CLA จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นประมาณ 5 เท่า ในระหว่างการปรุงอาหารพวกเนื้อโค และเพิ่มขึ้น 2-3 เท่าในการทำเนยจากนม ถึงแม้ว่าปริมาณของ CLA จะเพิ่มขึ้นในระหว่างการปรุงอาหาร แต่กลไกการเปลี่ยน linoleic acid ไปเป็น conjugated linoleic acid ในระหว่างการปรุงอาหารนั้นยังไม่สามารถอธิบายได้ชัดเจน ทั้งนี้หากอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดเดือดของไขมันแล้วจะสามารถเกิดปฏิกิริยา hydrogenetion ได้ โดยสามารถทำให้ linoleic acid เปลี่ยนเป็น conjugated linoleic acid ได้ก่อนที่จะเปลี่ยนไปเป็น iso-oleic acid และ stearic acid ตามลำดับ (John, 2000) ดังแสดงในแผนภาพที่2



แผนภาพที่ 2 แสดง hydrogenetion ของ linoleic acid ที่มา: John (2000)

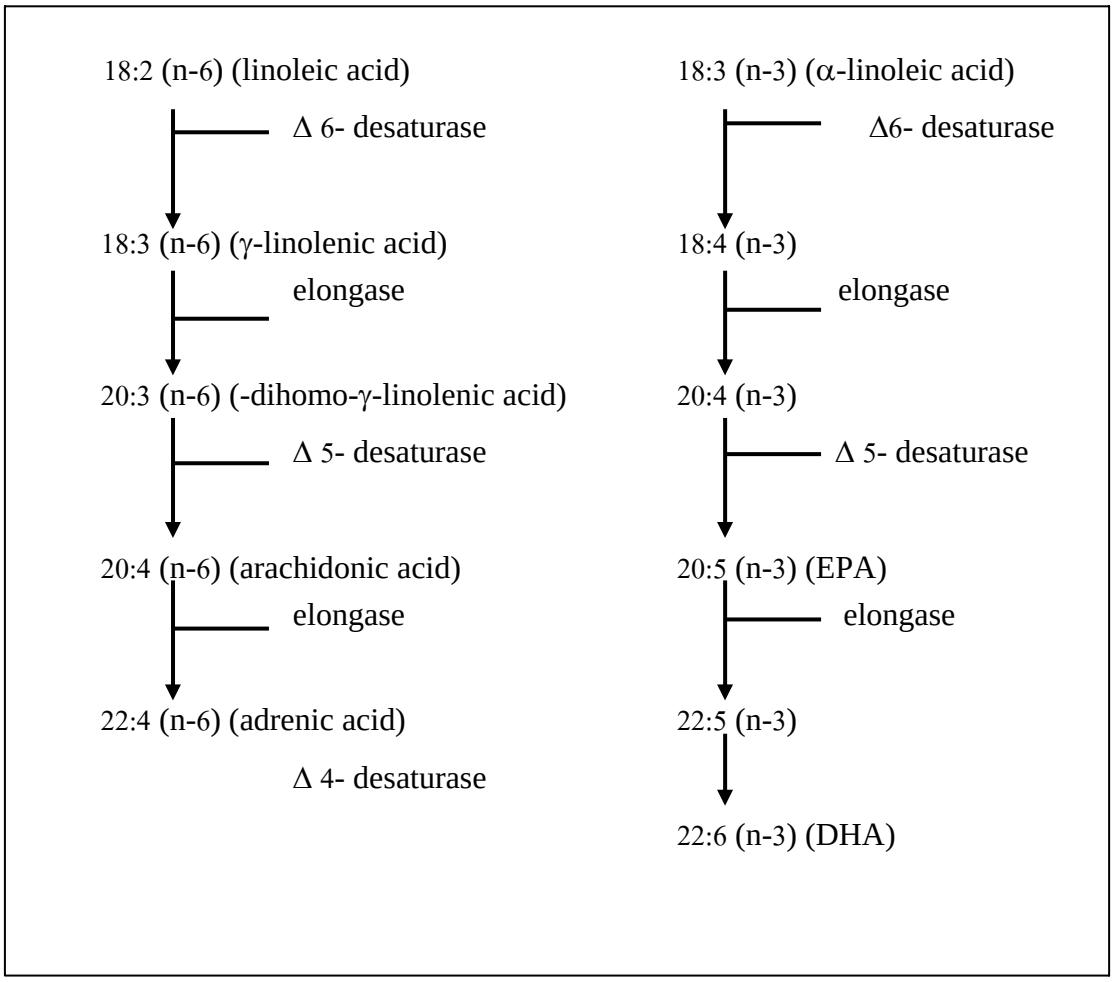
จากรูปดังกล่าว จะเห็นได้ว่าในการสังเคราะห์ CLA จะต้องใช้กรดไขมัน linoleic เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ ดังนั้นถ้าเราต้องการสังเคราะห์ CLA ให้มีปริมาณสูงเราจะต้องใช้วัตถุดิบที่มีกรดไขมันที่มีสารตั้งต้นในปริมาณสูงเช่นกัน ซึ่งในอาหารสัตว์หลายชนิดมีปริมาณไขมันและโครงสร้างของ free fatty acid ที่แตกต่างกัน (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 ที่เป็นเอนไซม์ในการต่อสายยาว

ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งจากการศึกษาของ Juneja (1997) พบว่าเมื่อมีการยับยั้งเอนไซม์ดังกล่าว เป็นผลทำให้มีการยับยั้งการต่อสายยาวของกรดไขมันชนิด C 18:2n6 ไปเป็น C 18:3n6, C 20:3n6, C 20:4n6 และ C 22:4n6 ตามลำดับ และยับยั้งการต่อสายยาวของกรดไขมันชนิด C 18:3n3 ไปเป็น C 18:4n3, C 20:4n3, C 20:5n3, C 22:5n3 และ C 22:6n3 ดังแสดงในแผนภาพที่ 3



แผนภาพที่ 3 แสดงผลของ CLA ที่มีต่อ metabolism ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว
ที่มา : 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) ที่รายงานว่าเมื่อให้ 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 ของกรดไขมันสูงขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณของกรดไขมันที่จะนำไปสังเคราะห์ 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 ซึ่งจากรายงานของ 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 prostaglandin E_2 และ leukotriene 4 ในซีรั่มและม้ามของหนู ซึ่ง prostaglandin E_2 มีผลกระตุ้นการเกิดโรคมะเร็งเต้านม ส่งผลให้ CLA ยับยั้งการพัฒนาของเซลล์มะเร็งเต้านมได้

2.1.5.2 คุณสมบัติในการเป็น antioxidant ซึ่ง Ha et al. (1990) พบว่า CLA มีคุณสมบัติในการเป็น antioxidant มากกว่า วิตามินอี หรือ α-tocopherol และมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับ butylated 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 วันจะ 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 ซึ่งพบว่า CLA มีผลต่อฮอร์โมนจากต่อมไธรอยด์และเพิ่มระดับ insulin ในร่างกาย ซึ่งทำให้ anabolic rate ของการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้น ซึ่งในการศึกษาในหนูทดลอง พบว่า การเสริม CLA 0.5% จะมีผลทำให้ไขมันในร่างกายหนูลดลง 57 และ 67% ในหนูทดลองเพศผู้และเพศเมีย ตามลำดับ 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 E_2 (PGE_2) ซึ่ง CLA มีผลในการไปลดการสร้าง arachidonic acid ที่เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ PGE_2

2.2 ผลการวิจัย CLA ในสุกร

อันเนื่องมาจากคุณสมบัติของ 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) ก็พบว่าไม่มีความ

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (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 การทดลองของส่วนใหญ่ให้ผลไปในทางเดียวกันคือการเสริม 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 C 14:0, C 16:0 เพิ่มขึ้น และมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 18:1n9c, C 18:2n6c, C 18:3n3, C 20:3n6, C 20:4n6 และ C 22:6n3 ลดลง และเมื่อพิจารณาถึงผลรวมของ SFA, UFA, MUFA และ PUFA พบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้ SFA อัตราส่วนระหว่าง SFA: UFA เพิ่มขึ้น และทำให้ UFA, MUFA และ PUFA ลดลง ในส่วนของการสะสมของ CLA ในเนื้อของสุกรขุนจะเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริม CLA ในอาหารสุกร ดังเช่น การทดลองของ Thiel-Cooper et al. (2001) (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	975[c]	3.67	0.266	30 gilts
	1	875[d]	3.47	0.252	75 kg
	SEM	0.03	0.17	0.01	
Carroll et al. (www, 1999)	0	866	2.31[a]	0.375	224 gilts
	1	857	2.22[b]	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)

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)

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. (www, 1998)	0	1.82	45.62	-	2.34	1.17	2.54	30 gilts
	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. (www,1999)	0	1.47	46.37	-	2.07 [d]	1.36 [b]	2.29 [d]	224 gilts
	1	1.4	47.81	-	2.23 [c]	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)

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) แสดงผลการทดลองการเสริม CLA ต่อการปรับปรุงคุณภาพซากของสุกร

แหล่งข้อมูล	ระดับ CLA (%)	10th Rib fat depth (cm)	Loin eye area (cm^2)	Lean percent	Firmness [1]	Marbling	Color [2]	หมายเหตุ
Thiel-Cooper et al. (2001)	0	2.86 [a]	41.22 [ab]	-	-	-	-	
	0.12	2.34 [b]	43.85 [a]	-	-	-	-	40 barrows
	0.25	2.34 [b]	42.03 [ab]	-	-	-	-	26.3-114 kg
	0.5	2.61 [ab]	40.08 [ab]	-	-	-	-	
	1	2.57 [ab]	39.28 [b]	-	-	-	-	
	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
	0.75	2.08 [b]	37.86 [a]	53.7	3.00 [a]	2.50 [a]	3	40-106 kg
	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

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

กรดไขมัน (%)	ระดับการเสริม CLA		SEM
	0%	0.25%	
C 14:0	1.18 [e]	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

ตารางที่ 2.4 แสดงผลการเสริม CLA ต่อการสะสมของ CLAในเนื้อของสุกร

ระดับการเสริม CLA (%)	การสะสมของ CLA ในเนื้อ (%)			
	cis9-tran11 CLA	**tran10-cis12 CLA**	**tran9-tran11 CLA**	**tran10-tran12 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)

2.3 บทบาทของไขมันต่อสุกร

บทบาทของไขมันในอาหารสุกรมี 2 บทบาท คือ ให้กรดไขมันที่จำเป็น (essential fatty acids, EFA) และให้พลังงานในแง่ของ EFA สุกรสามารถเปลี่ยนกรด linoleic เป็นกรด arachidonic ได้ ดังนั้นความต้องการ EFA จึงเสนอออกมาในรูปของปริมาณ linoleic ที่ควรมีในอาหาร ซึ่ง NRC (1998) แนะนำว่า มีความต้องการอยู่ในระดับ 0.1% ของอาหาร สูตรอาหารสุกรที่มีระดับไขมัน 1.5% ก็สามารถให้กรด linoleic ได้เพียงพอแก่ความต้องการ EFA ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งคือ กรด linolenic (n-3 series) ซึ่งความต้องการยังไม่ค่อยได้รับความสำคัญมากนัก แต่คาดว่าสุกรมีความต้องการ linolenic ด้วย

บทบาทที่สำคัญของไขมันในอาหาร คือ ให้พลังงานแก่สุกร สำหรับลูกสุกรหย่านม (5-20 กิโลกรัม) การเติมไขมันลงในอาหารให้ผลตอบสนองที่ค่อนข้างจะไม่แน่นอน และหากอาหารมีอัตราส่วนของโปรตีนต่อพลังงานคงที่ การเพิ่มไขมันลงในอาหารสุกรในระยะนี้จะไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต การกินอาหาร หรือประสิทธิภาพการใช้อาหารเลย อัตราส่วนของโปรตีนต่อพลังงานที่แนะนำสำหรับลูกสุกรระยะนี้ คือ ประมาณ 65 กรัมโปรตีน (45 กรัม ideal protein) / Mcal ของ DE

ในระยะรุ่นและขุน (20-100 กิโลกรัม) การเติมไขมันลงในอาหารทำให้สุกรเจริญเติบโตด้วยอัตราที่เพิ่ม และประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีขึ้น พร้อมๆ กับลดปริมาณอาหารที่กินลง ซากที่ได้จะมีความหนาของไขมันสันหลังที่เพิ่มขึ้น อัตราส่วนของโปรตีนต่อพลังงานที่เหมาะสมสำหรับการใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงาน คือ 3 กรัมของไลซีน (44 กรัม ideal protein) / Mcal ของ DE ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานจากไขมันผันแปรไปกับปริมาณของไขมันและ ME ที่สัตว์กิน และอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม เมื่ออยู่ในช่วง comfort zone การใช้ไขมันแทนคาร์โบไฮเดรต ทำให้สุกรเจริญเติบโตเร็วขึ้น และลดปริมาณของ ME ที่ต้องการต่อ กิโลกรัมของน้ำหนักที่เพิ่ม แต่หากอุณหภูมิของอากาศร้อนกว่าช่วงดังกล่าวปริมาณ ME ที่สัตว์กินจะเพิ่มขึ้น 0.2-0.6% ต่อทุกๆ 1% ของไขมันที่เติมลงในอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากไขมันมี heat increment ต่ำกว่าคาร์โบไฮเดรต (Stahly, 1984) อัตราการย่อยได้ของไขมันในอาหารสุกรรุ่น-ขุน ผันแปรไปกับปัจจัยหลายปัจจัย อาทิเช่น อายุของสุกร ความยาวของสายกรดไขมัน ปริมาณกรดไขมันอิสระ อัตราส่วนของกรดไขมันที่อิ่มตัวต่อไม่อิ่มตัว และเยื่อใยในอาหาร กรดไขมันที่มีความยาวสายต่ำกว่า 12 คาร์บอน ถูกย่อยและดูดซึมได้สูง (80-95%) โดยไม่มีความแตกต่างระหว่างการอิ่มตัวหรือไม่อิ่มตัว สำหรับไขมันที่มีความยาวของสายกรดยาว การย่อยและดูดซึมจะเพิ่มขึ้นในในลักษณะเส้นโค้ง (curvilinear) ตามการเพิ่มขึ้นของไขมันที่ไม่อิ่มตัว ในขณะที่การเพิ่มกรดไขมันอิสระจาก 10 ถึง 80% ของไขมันลดการย่อยและดูดซึมไขมันลงในลักษณะความสัมพันธ์แบบเส้นตรง ท้ายสุด การย่อยได้ของไขมันจะลดลง 1.3-1.5% ต่อการเพิ่มขึ้นของเยื่อใยในอาหาร 1%

สำหรับแม่สุกรเลี้ยงลูกการเพิ่มไขมันลงในอาหารอุ้มท้องช่วงท้าย และอาหารแม่สุกรให้นมมีผลทำให้แม่สุกรให้นมเพิ่มขึ้น เพิ่มไขมันในนมน้ำเหลืองให้สูงขึ้น และทำให้ลูกสุกรมีอัตราการเลี้ยงรอดทั้งเมื่อคลอดและเมื่อหย่านมเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเติมไขมันในอาหารแม่สุกรเลี้ยงลูกจะทำให้แม่สุกรสามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก และกลับมาเป็นสัดส่วนและผสมพันธุ์หลังหย่านมได้เร็วขึ้น Pettigrew and Moser (1991) แนะนำว่า แม่สุกรในช่วง 7 วันสุดท้ายของการตั้งท้องควรได้กินไขมันที่เสริมในอาหารไม่น้อยกว่า 1,000 กรัม

2.4 ความต้องการพลังงานของสุกร (energy requirements of pigs)

วัตถุดิบอาหารทุกชนิดมีพลังงานซึ่งพลังงานเหล่านี้เมื่อสุกรได้รับเข้าไปแล้วจะนำไปใช้ในสามกิจกรรมด้วยกันคือ กิจกรรมเพื่อรักษาสภาพร่างกายตามปกติเป็นพลังงานที่สุกรใช้ไปเพื่อรักษาพลังงานในร่างกายให้อยู่ที่จุดสมดุลเพื่อใช้ในกิจกรรมการเจริญเติบโตโดยการสร้างโปรตีนและไขมันเพื่อสะสมในร่างกายและอีกกิจกรรมหนึ่งคือเพื่อการสืบพันธุ์ (reproduction) ซึ่งความต้องการพลังงานของสุกรแบ่งเป็นช่วงๆ ดังนี้

2.4.1 ความต้องการพลังงานของสุกรอุ้มท้อง ความต้องการพลังงานส่วนนี้ใช้เพื่อการเพิ่มน้ำหนักของเนื้อเยื่อต่างๆ ของแม่ (ไม่ควรมากหรือน้อยกว่า 25 กก. ใน 3 ท้องแรก) และเพิ่มน้ำหนักของลูกและส่วนประกอบในการตั้งท้อง (products of conception เช่น รก ของเหลว และลูกในท้อง) อีกประมาณ 20 กก. ต่อท้อง ซึ่งจากรายงานการศึกษา (slaughter experiment) ในสุกรตั้งท้องครอกที่ 1, 2, 3 และ 4 ว่า น้ำหนักเพิ่มขึ้นเนื่องจากการตั้งท้องของแม่สุกร คือ 22.8 กก. หรือประมาณ 2.28 กก./ ลูก 1 ตัว (หากมีลูกครอกละ 10 ตัว) จากน้ำหนักเพิ่มจำนวนนี้คิดเป็นโปรตีนเพิ่ม 2.44 กก. และไขมัน 0.46 กก. เมื่อคิดเป็นพลังงาน (NE) ที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด คือ เท่ากับ 19.94 Mcal หรือประมาณ 174 kcal NE/day หรือเท่ากับ 358 kcal ME/day (ประสิทธิภาพการเปลี่ยน ME เป็น NE = 0.486) หรืออาจคิดเป็นอาหารที่ต้องการเพื่อการนี้เพียง 110 กรัม/วัน (3.265 kcal ME/kg) ซึ่งจะเห็นได้ว่าความต้องการอาหารเพื่อการตั้งท้องเพิ่มขึ้นไม่มากนัก ซึ่ง NRC (1998) แนะนำให้ใช้อาหารแม่สุกรตั้งท้องประมาณ 1.8-2.0 กก./ตัว/วัน หรือคิดเป็น ME 5.9-6.5 Mcal/day ซึ่งการให้พลังงานเกินกว่าระดับนี้จะไม่เกิดผลดีต่อการตั้งท้อง โดยเฉพาะช่วงแรกของการตั้งท้องการกินอาหารปริมาณสูง (2.5 กก./วัน) ใน 3 วันแรกหลังผสมพันธุ์จะลดการอยู่รอดของลูกในท้อง 5-15 เปอร์เซ็นต์ หากให้กินในระดับสูงเป็นเวลานานๆ ทำให้การแบ่งตัวของเซลล์เต้านมของแม่สุกรสาวลดลง และมีแนวโน้มว่าการให้นมจะลดลงด้วย อย่างไรก็ตามการเพิ่มอาหารในระยะท้ายของการตั้งท้อง ทำให้ลูกสุกรมีขนาดโตขึ้นเมื่อคลอดและหย่านม

2.4.2 ความต้องการพลังงานของสุกรเลี้ยงลูก สุกรเลี้ยงลูกนั้นต้องการพลังงานเพื่อที่จะนำไปใช้ในการเลี้ยงลูกโดยมีจุดประสงค์ให้แม่สุกรสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า 10 กิโลกรัม และลูกสุกรมีการ

เจริญเติบโต 2.0-2.5 กิโลกรัม/วัน (ปรียพันธุ์, 2542) ซึ่งในความเป็นจริงแล้วแม้จะมีการทำอาหารได้ตรงตามคำแนะนำของตำราต่างประเทศแล้วแม่สุกรคงจะสูญเสียน้ำหนักตัวสูงกว่า 10 กิโลกรัม ซึ่งมีสาเหตุอันเนื่องมาจากสภาพอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย ทำให้แม่สุกรไม่สามารถระบายความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น โดยปกติแม่สุกรต้องการพลังงาน 16,000 kcal ME/วัน ต่อลูกสุกร 10 ตัว ถ้าอาหารมีพลังงาน 3,200 kcal ME/วัน แม่สุกรจะต้องกินอาหาร 5 กิโลกรัม ถึงจะเพียงพอกับความต้องการ แต่เนื่องจากสภาพอากาศร้อนชื้นทำให้แม่สุกรมีการกินได้ลดลงทำให้ได้รับพลังงานไม่เพียงพอ เกิดสภาวะ negative energy balance ทำให้สุกรต้องนำพลังงานที่สะสมในร่างกายในรูปไขมันมาใช้ส่งผลให้แม่สุกรสูญเสียน้ำหนักตัว วิธีแก้ปัญหาคือต้องเพิ่มความเข้มข้นของพลังงานในอาหาร หรือทำให้แม่สุกรกินอาหารได้มากขึ้น ความต้องการพลังงานของแม่สุกรคือ 3,265 (NRC, 1998) และ 3,300 kcal/กิโลกรัมของอาหาร (ปรียพันธุ์, 2542)

2.4.3 ความต้องการพลังงานของสุกรหนุ่ม-สาวทดแทนพ่อ-แม่พันธุ์ NRC (1998) แนะนำให้ใช้อาหารสุกรหนุ่ม-สาวทดแทนกินเต็มที่จะได้น้ำหนัก 100 กก. เพื่อที่จะประเมินศักยภาพในการเจริญเติบโตและสะสมเนื้อแดง หลังจากคัดเลือกไว้ทำพันธุ์แล้วจึงให้กินอย่างจำกัดให้ได้น้ำหนักที่ต้องการในเวลาที่กำหนด สำหรับพ่อแม่พันธุ์เมื่อใช้พลังงานเพื่อการสืบพันธุ์ครั้งละประมาณ 103 kcal DE (DE ในน้ำเชื้อประมาณ 62 kcal DE/ejaculation และประสิทธิภาพการใช้พลังงาน 0.60) ดังนั้นความต้องการพลังงานของพ่อสุกรจึงเพิ่มขึ้นจากความต้องการเพื่อการดำรงชีพไม่มากนักใน ระดับ ME ประมาณ 6.5 Mcal/day หรือกินอาหาร 2 กก./ตัว/วัน ก็ถือว่าเพียงพอ

2.4.4 ความต้องการพลังงานของสุกรขุน เป็นค่าพลังงานที่ใช้ในการสร้างกล้ามเนื้อ (โปรตีน) และไขมัน รวมกับพลังงานในเนื้อเยื่อแต่ละชนิดด้วย ซึ่ง NRC (1998) ระบุว่า พลังงานที่ใช้ในการเก็บกักโปรตีนและไขมันใกล้เคียงกัน คือ 10.6 Mcal ME/kg ของโปรตีน และ 12.5 Mcal ME/kg ของไขมัน ดังนั้นพลังงานที่ต้องใช้ในการสร้างเนื้อแดง (23% โปรตีน) จึงต่ำกว่าพลังงานที่ใช้ในการสร้างไขมัน (90-95% ไขมัน) อย่างมาก

ตารางที่ 2.5 แสดงความต้องการพลังงานของสุกรในระยะต่าง ๆ

	สุกรอุ้มท้อง	สุกรเลี้ยงลูก	สุกรอนุบาล	สุกรเล็ก	สุกรรุ่น	สุกรขุน
DE (kcal/kg)	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400
ME(kcal/kg)	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265
DE/d (kcal/kg)	6,405	21,765	1,690	6,305	8,760	10,450
ME/d (kcal/kg)	6,150	20,895	1,620	6,050	8,410	10,030
ปริมาณการกิน (g/day)	1,880	6,400	500	1,855	2,575	3,075

ที่มา จาก NRC (1998)

2.5 ความต้องการโปรตีนและกรดอะมิโนของสุกร (protein and amino acids requirements of pigs)

ความต้องการโปรตีนในสุกรความจริงก็คือความต้องการกรดอะมิโนเพื่อใช้ไปในกิจกรรมต่างๆ ของการมีชีวิตและการให้ผลผลิต สุกรต้องได้รับกรดอะมิโนที่จำเป็นให้เพียงพอกับความต้องการ และในขณะเดียวกันก็ควรมีแหล่งของกลุ่มอะมิโนสำหรับการสังเคราะห์กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นให้เพียงพอด้วย โดย NRC (1998) ได้จำแนกความต้องการของกรดอะมิโนที่จำเป็นเพื่อกิจกรรมที่สำคัญๆ 3 กิจกรรม คือ การดำรงชีพ การสะสมโปรตีนในร่างกาย และการสังเคราะห์น้ำนม

โปรตีนในอาหารที่สุกรได้รับจะมีคุณค่าสำหรับสุกรมากน้อยเพียงใดนั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับว่าปริมาณ (quantity) ของโปรตีนซึ่งวัดในรูปของโปรตีนหยาบแต่เพียงอย่างเดียว หากแต่ยังขึ้นอยู่กับคุณภาพ (quality) ของโปรตีนนั้นๆ ด้วย ซึ่งคุณภาพของโปรตีนนั้นวัดด้วยปริมาณกรดอะมิโนที่สัตว์มีความต้องการสูงในขณะที่กรดอะมิโนเหล่านั้นว่ามีอยู่ในวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั่วไป (limiting amino acids) กรดอะมิโนที่สำคัญที่สุดสำหรับสุกรมีอย่างน้อย 4 ชนิดแรก คือ ไลซีน, เมทไธโอนีน, ทรีโอนีน, และ ทริปโตเฟน ซึ่งจำเป็นต้องอยู่ในลักษณะสมดุล สุกรจึงนำไปใช้ประโยชน์ได้ยิ่งสมดุลมากเท่าใดการใช้ก็ยิ่งมีประสิทธิภาพมากเท่านั้น สุกรจะนำโปรตีนไปใช้ใน 3 ประการ คือ เพื่อเติมทดแทนในส่วนของโปรตีนที่ร่างกายสูญเสียไปในแต่ละวัน เพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบในการสร้าง เอนไซม์ และซ่อมแซมเซลล์ที่สึกหรอ หรือตายไป และเพื่อนำไปสร้างสะสมเป็นเนื้อแดงน้ำนม และตัวอ่อนในครรภ์

ความต้องการไลซีน (lysine requirement) ความต้องการไลซีนคำนวณได้จากความต้อง

การในสองส่วน ส่วนแรกคือความต้องการเพื่อรักษาสมดุลของโปรตีนในร่างกาย และส่วนที่ร่างกายต้องการสำหรับการเจริญเติบโต ซึ่งความต้องการไลซีนในทั้งสองส่วนนี้เมื่อรวมกันแล้วจะเป็นความต้องการไลซีนทั้งสิ้นในระดับเนื้อเยื่อซึ่งต้องการไลซีนที่ดูดซึมแล้วไม่ใช่ไลซีนในอาหาร

NRC (1998) ได้แนะนำความต้องการไลซีนในส่วนของสุกรเล็กสัดส่วนของกรดอะมิโนในโปรตีนอุดมคติ (ideal protein) นี้เป็นสัดส่วนที่เน้นถึงปริมาณกรดอะมิโนที่สุกรใช้ประโยชน์ได้จริง (bioavailable) โดยที่ความต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็นปรับตามสัดส่วนของความต้องการของไลซีนใน ideal

ตารางที่ 2.6 แสดงความต้องการของโปรตีนและกรดอะมิโนของสุกรระยะต่างๆ

	สุกรอุ้มท้อง	สุกรเลี้ยงลูก	สุกรอนุบาล	สุกรเล็ก	สุกรรุ่น	สุกรขุน
Crud protein (%)	12.4	17.2-19.2	23.7	18	15.5	13.2
Lysine	0.46	0.77-0.90	1.19	0.83	0.66	0.52
Methionine+cystine	0.32	0.39-0.43	0.68	0.47	0.39	0.31
Tryptophan	0.09	0.15-0.17	0.22	0.15	0.12	0.1
Threonine	0.37	0.50-0.56	0.74	0.52	0.43	0.34
Leucine	0.44	0.87-1.03	1.2	0.83	0.67	0.51
Isoleucine	0.27	0.44-0.50	0.65	0.45	0.37	0.29
Phenylalanine+tyrosine	0.46	0.88-1.02	1.12	0.78	0.63	0.49
Histidine	0.15	0.30-0.36	0.38	0.26	0.21	0.51
Valine	0.31	0.66-0.77	0.81	0.56	0.45	0.29

ที่มา จาก NRC (1998)

ตารางที่ 2.7 แสดงสัดส่วนกรดอะมิโนในโปรตีนในอาหารสุกร

กรดอะมิโน	สัดส่วนของโปรตีนในอุดมคติเพื่อกิจกรรมต่างๆ			
	การดำรงชีพ	การสะสมโปรตีน	การสังเคราะห์น้ำนม	การเพิ่มเนื้อเยื่อร่างกาย
Lysine	100	100	100	100
Arginine	-200	48	66	105
Histidine	32	32	40	45
Isoleucine	75	54	55	50
Leucine	70	102	115	109
Methionine	28	27	26	27
Methionine+ cystine	123	55	45	45
Phenylalanine	50	60	55	60
Phenylalanine+ tyrosine	121	93	112	103
Threonine	151	60	55	58
Tryptophan	26	18	18	10
Valine	67	68	85	69

ที่มา : NRC (1998)

หมายเหตุ : สัดส่วนของอาร์จินีนที่ต้องการเพื่อการดำรงชีพมีค่าเป็นลบ หมายความว่าสุกรสามารสังเคราะห์ได้เกินพอสำหรับการดำรงชีพ และสามารถใช้อาร์จินีนที่เกินพอสำหรับกิจกรรมอื่นอีกด้วย

2.6 ความต้องการแร่ธาตุของสุกร (mineral requirement pigs)

แร่ธาตุเป็นโภชนะที่จำเป็นที่สุกรจะต้องได้รับอย่างครบถ้วนเพื่อทำให้กระบวนการ เมทาโบลิซึมและกระบวนการทางชีวเคมี ในร่างกายเป็นไปตามปกติเพื่อที่สุกรจะสามารถดำรงชีวิต (maintenance) เจริญเติบโต (growth) ให้ผลผลิต (production) และสืบพันธุ์ (reproduction) เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อสุกรได้รับแร่ธาตุชนิดใดชนิดหนึ่งไม่เพียงพอกับความต้องการหรือได้รับในสัดส่วนที่ไม่เหมาะสมจะทำให้สุกรแสดงอาการขาด (deficiency) หรือเกิดการเป็นพิษ (toxicity) ได้ ซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพและการผลิตของสุกร โดยทั่วไปอาหารที่สุกรได้รับมีแร่ธาตุ

ต่างๆ ปะปนกันอยู่ด้วยปริมาณที่มากน้อยแตกต่างกัน นอกจากนี้สุกรยังได้รับแร่ธาตุจากการดื่มน้ำด้วย ซึ่งปริมาณแร่ธาตุนั้นจะเพียงพอกับความต้องการของสุกรหรือไม่ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดและปริมาณอาหารที่สุกรได้รับ การใช้ประโยชน์ได้ของแร่ธาตุในวัตถุดิบต่างๆ สภาวะของความต้องการในการให้ผลผลิตหรือสภาวะทางสรีรวิทยาของสัตว์ สมดุลหรือความเป็นพิษของแร่ธาตุหรือสารอาหารอื่นๆที่มีปฏิสัมพันธ์ทางด้านลบ ดังนั้นบทบาทและความสำคัญของแร่ธาตุในอาหารสุกรจึงเป็นสิ่งที่ผู้ผลิตต้องให้ความสำคัญอย่างมาก (ฉลอง, 2543; NRC, 1998)

ในร่างกายสุกรมีแร่ธาตุต่างๆ อยู่ประมาณ 40 ชนิดซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต การสืบพันธุ์ เป็นส่วนประกอบของโครงร่าง เช่น กระดูกฟัน เป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อ รักษาความเป็นกรดเป็นด่างในร่างกาย เป็นต้น หากสุกรขาดหรือได้รับแร่ธาตุไม่เพียงพอจะทำให้สุกรกินอาหารลดลง การเจริญเติบโตช้า ขนหยาบ กระดูกอ่อน เป็นอัมพาต คอพอก เกิดมาไม่มีขน ไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของร่างกาย ผลิตน้ำนมน้อย อ่อนแอและตายในที่สุด ความต้องการแร่ธาตุของสุกรแสดงในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 แสดงความต้องการแร่ธาตุของสุกรในช่วงอายุต่างๆ ตามคำแนะนำของ NRC, 1998 (90 % dry matter), ความต้องการต่อวัน

Mineral element	Growing pig (body weight; kg)						Gestating sows	Lactating sows	Boars
	3-5	5-10	10-20	20-50	50-80	80-100			
Calcium (g)	2.25	4	7	11.13	12.88	13.84	13.9	39.4	15
Phosphorus, total (g)	1.75	3.25	6	9.28	11.59	12.3	11.1	31.5	12
Phosphorus,available (g)	1.38	2	3.2	4.27	4.89	4.61	6.5	18.4	7
Sodium (g)	0.63	1	1.5	1.86	2.58	3.08	2.8	10.5	3
Chloride (g)	0.63	1	1.5	1.48	2.06	2.46	2.2	8.4	2.4
Magnesium (g)	0.1	0.2	0.4	0.74	1.03	1.23	0.7	2.1	0.8
Potassium (g)	0.75	1.4	2.6	4.27	4.89	5.23	3.7	10.5	4
Copper (mg)	1.5	3	5	7.42	9.01	9.23	9.3	26.3	10
Iodine (mg)	0.04	0.07	0.14	0.26	0.36	0.43	0.3	0.7	0.28
Iron (mg)	25	50	80	111.3	129.75	123	148	420	160
Manganese (mg)	1.00	2.00	3.00	3.71	5.15	6.15	37	105	40
Selenium (mg)	0.08	0.15	0.25	0.28	0.39	0.46	0.3	0.8	0.3
Zinc (mg)	25	50	80	111.3	129.75	153.75	93	263	100

2.7 ความต้องการวิตามินของสุกร (vitamin requirement of pigs)

วัตถุดิบอาหารสุกรปกติจะมีวิตามินเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ กัน สุกรอาจได้รับวิตามินบางชนิดจากวัตถุดิบอาหรสัตว์ในระดับที่เพียงพอกับความต้องการ ในขณะที่วิตามินอีกกลุ่มหนึ่ง อาทิเช่น วิตามิน A, D, E, K, riboflavin, niacin, pantothenic acid และB_{12} มักมีอยู่ในวัตถุดิบในระดับที่ไม่เพียงพอกับความต้องการของสุกร และจำเป็นต้องเสริมลงไปในรูปของวิตามินเข้มข้น หรือผสมล่วงหน้าของวิตามินสังเคราะห์

ระดับของวิตามินที่ NRC (1998) แนะนำเป็นระดับที่ถือว่าเป็นความต้องการต่ำสุด (minimum requirements) ซึ่งคิดรวมเมื่อปริมาณวิตามินที่มีอยู่ในวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยแล้ว ระดับวิตามินดังกล่าวไม่ถือว่าเป็นข้อแนะนำถึงระดับที่ควรจะมี (allowances) ในอาหาร เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยเสี่ยง (stress factors) ของการคงกัมมันตภาพของวิตามินในอาหารที่ผ่านขบวนการแปรรูปและเก็บรักษาก่อนใช้ในเขตร้อนด้วยแล้ว ดังนั้นระดับวิตามินที่ควรเสริมลงในอาหารสุกรควรเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 200-300% ของระดับที่ NRC (1998) แนะนำสำหรับวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน และไม่น้อยกว่า 100-200 % สำหรับวิตามินที่ละลายในน้ำ ความต้องการวิตามินของสุกร แสดงไว้ในตารางที่ 2.9 โดยที่

1 IU vitamin A = 0.344 μg retinyl acetate

1 IU vitamin D_3 = 0.025 μg cholecalciferol

1 IU vitamin E = 0.67 mg of D-α-tocopherol or 1 mg of DL-tocophrryl acetate

ตารางที่ 2.9 แสดงความต้องการวิตามินของสุกรในช่วงอายุต่างๆ ตามคำแนะนำของ NRC, 1998 (90 % dry matter), ความต้องการต่อวัน

Vitamin	Growing pig (body weight; kg)						Gestating sows	Lactating sows	Boars
	3-5	5-10	10-20	20-50	50-80	80-100			
Vitamin A (IU)	550	1100	1750	2412	3348	3998	7400	10500	8000
Vitamin D_3 (IU)	55	110	200	278	386	461	370	1050	400
Vitamin E (IU)	4	8	11	20	28	34	81	231	88
Vitamin K (mg)	0.13	0.25	0.5	0.93	1.29	1.54	0.9	2.6	1
Biotin (mg)	0.02	0.03	0.05	0.09	0.13	0.15	0.4	1.1	0.4
Choline (g)	0.15	0.25	0.4	0.56	0.77	0.92	2.3	5.3	2.5
Folacin (mg)	0.08	0.15	0.3	0.56	0.77	0.92	2.4	6.8	2.6
Niacin (mg)	5	7.5	12.5	18.55	18.03	21.53	19	53	20
Pantothenic acid (mg)	3	5	9	14.84	18.03	21.53	22	63	24
Riboflavin (mg)	1	1.75	3	4.64	5.15	6.15	6.9	19.7	7.5
Thiamin (mg)	0.38	0.5	1	1.86	2.58	3.08	1.9	5.3	2
Vitamin B_6 (mg)	0.5	0.75	1.5	1.86	2.58	3.08	1.9	5.3	2
Vitamin B_{12} (µg)	5	8.75	15	18.55	12.88	15.38	28	79	30

รายการอ้างอิง

ฉลอง วชิราภากร. 2543. โภชนศาตร์แร่ธาตุของสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ปรียพันธุ์ อุดมประเสริฐ. 2542. การจัดการสุขภาพและการผลิตในฟาร์มสุกร. อุดมสุขการพิมพ์ (1993) จำกัด กรุงเทพมหานคร.

สาโรช ค้าเจริญ, 2542. อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น: 586 หน้า

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

Brodie, A. E., Menning, V. A., Ferguson, K. R., Jewell, D. E. and Hu, C. Y. 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., Eggert J. M., Schinckel, A. P., and. Richert, B. T. 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/sday99/psd06-1999.html.

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

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

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

Du. M., Ahn, D. U., Nam, K. C., and Sell, J. L. 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

Eggert, J. M., Belury, M. A., and Schinckel, A. P. 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., Carroll, A. L., Richert, B. T., Gerrard, D. E., Forrest, J. C., Bowker, B. C., Wynveen, E. J., Hammelman, J. E., and Schicckel, A. P. 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)

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

Gregory, S. and Kelly, N. D. 2001. Conjugated linoleic acid : A review. http://www.vivapharm.gr/pdf/Conjugated%20Linoleic%20Acid.pdf

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

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

Heckart, M. L., Eggert, J. M., Schicckel, A. P., Mills, S. E., and Donkin, S. S. 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/sday00/psd12-2000.html.

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 Chow. C. K. Dekker, M., Inc. New York. 1045 p.

Ip, C., Seimeca, J. A., and Thomson, H. A. 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. Ching, K.C. and Dekker, M., Inc. New York

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

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

Leskanich, C. O., Matthews, K. R., Warkup, C. C., Noble, R. C., and Hazzledine, M. 1997. The effect of dietary oil containing (n-3) fatty acid on the fatty acid, physicochemical, and oranoleptic characteristics of meat and fat. J. Anim. Sci. 75 : 673-683

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

Lo Fiego, D. P., Macchioni , P., Santoro, P. , Pastorelli, G. and Corino, C. 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

McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. and Mogan, C. A. 1995. Animal Nutrition. 5th edition. Longman Scientific & Technical, John Wiley & Sons, Inc., New York.

McNeel, R. L., and Mersmann, M. J. 2001. Conjugated linoleic acid isomers influence porcine adipocyte differentiation in vitro. FASEB J. 15 : A996 (Abstract # 759.11)

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

Muller, H. L., Kirchgessner, M., Roth, F. X., and Stangl, G. L. 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. 1991. National Pork Producers Council, Des Moines, IA

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.

O'Quinn. P. R., Nelssen, J. L., Goodband, R. D., Unruh, J. A., Woodworth, J. C., Smith, J. S., and Tokach, M. D. 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

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

Parrish, F. C., Thiel-Cooper, R. L., Sparks, J. C., and Ewan, R. C. 2001. Effect of conjugated linoleic acid (CLA) on swine performance and body composition. Quoted from http://www.extension.iastate,edu/ipic./reports/99swine reports/asl-528.pdf.

Pettigrew, J. E., and Moser, R. L. 1991. Fat in swine nutrition. pp 133-146. In: Swine Nutrition. Eds. Miller, E. R., Ullrey, D. E. and Lewis, A. J., Inc, Butterworths Heinemann, Stoneham, MA., USA.

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

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

Schinckel, A. P., Eggert J. M., Richert, B. T., and Carroll, A. L. 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/sday00/psd11-2000.html.

Stahly, T. S. 1984. Use of fats in diet for growing pigs. pp 313-331. In: Fat in animal nutrition. Ed. Wiseman, Inc, Butterworth, London, UK.

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

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

West, D. B., Delany, J. P., Camet, P. M., Blohm, F. Y., Truett, A. A., and Seimeca, J. 1998. Effect of conjugated linoleic acid on body fat and energy metabolism in the mouse. Am. J. Physiol. 275 : 667-672

Wiegand, B. R., Parrich, F. C., Baas, T. J., Swan, J. E., Larsen, S. T., and Vaske, L. J. 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

บทที่ 3
การศึกษาผลของ CLA ต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรขุน

3.1 บทคัดย่อ

การเสริม CLA ไม่มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน (average daily gain, ADG) ปริมาณการกินอาหารต่อตัวต่อวัน (average daily feed intake, ADFI) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (gain : feed, G:F) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่า สุกรขุนเพศผู้ตอนมีอัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวันและประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงกว่าสุกรขุนเพศเมีย อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ส่วนปริมาณอาหารที่กินได้ต่อตัวต่อวันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และนอกจากนี้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างเพศของอัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน ปริมาณอาหารที่กินได้ต่อตัวต่อวัน และประสิทธิภาพการใช้อาหาร

3.2 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 ที่ใช้

สามารถเพิ่มสมรรถภาพการผลิตของสุกรขุนได้ในระดับที่น่าพอใจก็จะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการนำมาใช้เพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิตสุกรขุนในอนาคต

3.3 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต โดยทำการวัดอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain: ADG) การกินได้ต่อตัวต่อวัน (average daily feed intake: ADFI) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (feed efficiency: Gain : Feed)

3.4 อุปกรณ์และวิธีการ

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

3.4.2 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

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

3.4.4 สุกรทุกตัวเลี้ยงอยู่ภายใต้โรงเรือนเดียวกัน และภายในคอกมีถังกลเพื่อใส่อาหาร ระบบน้ำเป็นแบบ nipple และสุกรทุกตัวได้รับการเลี้ยงดูอย่างดีเหมือนกัน

3.4.5 การให้อาหารเป็นการให้แบบกินได้เต็มที่ (*ad libitum*) ภาชนะที่ให้อาหารจะเป็นแบบถังกล โดยกลุ่มการทดลองที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุมไม่ทำการเสริม CLA กลุ่มการทดลองที่ 2 ทำการเสริม 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)

3.4.6 ทำการบันทึกน้ำหนักของสุกรแรกเข้าโดยทำการเก็บน้ำหนักของสุกรทุก 2สัปดาห์ ปริมาณการกินจะทำการเก็บทุกสัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วันติดกัน โดยการทำความสะอาดที่ให้อาหารแล้วใส่อาหารที่ชั่งน้ำหนักไว้แล้ว เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ทำการเก็บอาหารที่เหลือชั่งน้ำหนัก การวัด

ปริมาณการกินโดยจะต้องนำอาหารก่อนกินและหลังกินไปอบเพื่อไล่ความชื้นออกเสียก่อน แล้วทำการปรับความชื้นของอาหารหลังกินให้เท่ากับอาหารก่อนกิน แล้วจึงค่อยนำปริมาณอาหารก่อนกินลบด้วยปริมาณอาหารที่เหลือหลังกิน เป็นจำนวนอาหารที่กินได้ต่อวัน ในการวัดสมรรถภาพการผลิตจะใช้ค่า ADG, ADFI และ G/F เป็นดัชนีในการวัด

3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

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

3.6 สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อาคารเครื่องมือ 3 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.7 ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มตั้งแต่วันที่ 12 เมษายน 2547 ถึงวันที่ 6 มิถุนายน 2547

3.8 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

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) แต่พบว่า สุกรขุนเพศผู้ตอนมีประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงกว่าสุกรขุนเพศเมีย 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, ปริมาณการกินได้ต่อตัวต่อวันและประสิทธิภาพการใช้อาหาร

ผลการทดลองในการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ 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)

ในทางตรงกันข้าม ผลการทดลองของ Parrish et al., (2001) และ Thiel-Cooper et al., (2001) ที่ทำการเสริม CLA ในอาหารสุกรที่ระดับ 0, 0.125, 0.25, 0.50 และ 1.0% พบว่า ทำให้อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวันและประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงขึ้น 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 สายพันธุ์ของสุกรที่ใช้ในแต่ละการทดลองอาจจะมีประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน (Cook et al., 1998;

Ramsay et al., 2001)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสุกรขุนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย อาทิเช่น การกินได้ของสุกร และปริมาณโภชนะที่สุกรได้รับ เป็นต้น ซึ่งจากผลการทดลองข้างต้นปริมาณของการกินได้ทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง (เสริม CLA 0, 0.5 และ 1.0%) ไม่มีความแตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาอีกหนึ่งปัจจัยคือ ปริมาณของโภชนะที่ได้รับ โดยเฉพาะพลังงาน ปริมาณโปรตีนและไขมันที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสุกร ซึ่งจากผลการทดลองเมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) (ดังแสดงตารางที่ 9 ค. ในภาคผนวก ค.) จึงไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง 3 กลุ่มการทดลอง แต่เมื่อพิจารณาในเรื่องเพศ พบว่าสุกรขุนเพศผู้ตอนมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่า ($P>0.01$) สุกรขุนเพศเมีย ทั้งนี้เนื่องมาจากสุกรขุนเพศผู้ตอนมีแนวโน้มในการกินได้สูงกว่าสุกรขุนเพศเมีย และเมื่อพิจารณาถึงโภชนะที่ได้รับ พบว่าพลังงานและ ปริมาณโปรตีนที่ได้รับของสุกรขุนเพศผู้มีปริมาณสูงกว่าสุกรขุนเพศเมีย ซึ่งโภชนะเหล่านี้มีผลในการเจริญเติบโตของสุกรขุน

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[1/]	61.00	60.37	60.75	60.50	60.50	61.00	0.51	0.157	0.421	0.826	0.223
น้ำหนักหลังการทดลอง[1/]	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) [2/]											
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)[3/]											
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

หมายเหตุ การตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 1 ค. ของภาคผนวก ค. [1/] มีหน่วยเป็นกิโลกรัม [2/] มีหน่วยเป็นกรัมต่อตัวต่อวัน [3/] มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตัวต่อวัน

3.9 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุน (60-100 กิโลกรัม) ต่อสมรรถภาพการผลิต พบว่า การเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนที่ระดับ 0, 0.5 และ 1.0% ไม่มีผลทำให้น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน (average daily gain, ADG) ปริมาณการกินอาหารต่อตัวต่อวัน (average daily feed intake, ADFI) และ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (gain : feed, G:F) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อศึกษาถึงเรื่องเพศ พบว่า เพศผู้ตอนมีน้ำหนักหลังการทดลอง อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวันและประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงกว่า ($P<0.01$) สุกรขุนเพศเมีย ส่วนปริมาณอาหารที่กินได้ต่อตัวต่อวัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) และนอกจากนี้ไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างการเสริม CLA กับเพศ ($P>0.05$) ของอัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน ปริมาณอาหารที่กินได้ต่อตัวต่อวัน และประสิทธิภาพการใช้อาหาร

รายการอ้างอิง

AOAC International. 1990. Official methods of analysis of AOAC International. 16th ed. AOAC, Arlington, VA.

Carroll, A. L., Eggert J. M., Schinckel, A. P., and. Richert, B. T. 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/sday99/psd06-1999.html.

Cook, M. E., Jeronue, D. L., Crenshaw, T. D.., Buege, D. R., Pariza, M. W., Albright, K. L., Schmidt, S. P., Scimeca, J. A., Lofgren, P. A. and Hentges, E. J. 1998. Feeding conjugated linoleic acid improves feed efficiency and reduces carcass fat in pigs. FASEB J. 11: 3347

Eggert, J. M., Belury, M. A., and Schinckel, A. P. 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

Heckart, M. L., Eggert, J. M., Schinckel, A. P., Mills, S. E., and Donkin, S. S. 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/sday00/psd12-2000.html.

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.

O'Quinn. P. R., Nelssen, J. L., Goodband, R. D., Unruh, J. A., Woodworth, J. C., Smith, J. S., and Tokach, M. D. 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 charateristics of growing –finishing pigs. J. Anim. Sci. 78: 2359-2368.

Parrish, F. C., Thiel-Cooper, R. L. , Sparks, J. C., and Ewan, R. C. 2001. Effect of conjugated linoleic acid (CLA) on swine performance and body composition. Quoted from http://www.extension.iastate,edu/ipic./reports/99swine reports/asl-1528.pdf.

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

SAS Institute. 1985. SAS User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.

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

บทที่ 4
ศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อคุณภาพซากของสุกรขุน

4.1 บทคัดย่อ

การเสริม CLA ต่อการปรับปรุงคุณภาพซากของสุกร ผลการทดลองพบว่าการเสริม CLA ไม่ส่งผลกระทบต่อความหนาของไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ความแน่นของเนื้อ ปริมาณไขมันแทรก สี (L*, a* และ b* value) ของเนื้อสะโพกส่วน semimembranosus และเนื้อสันนอกระหว่างซี่โครงคู่ที่ 10 กับ 11 ของสุกรขุน และองค์ประกอบทางเคมี (โปรตีน ความชื้น และเถ้า) ของเนื้อสะโพกและสันนอก ($P>0.05$) แต่พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของไขมันในเนื้อส่วนสะโพก ($P<0.05$) และเนื้อส่วนสันนอก ($P<0.01$) ลดลง และจากการศึกษาในเรื่องเพศและอิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

4.2 คำนำ

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 นั้นทำให้ เปอร์เซ็นต์ไขมันในซากลดลง เพิ่มเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ทำให้ไขมันซากไม่เหลว เนื่องจากการทดลองเกี่ยวกับ CLA นั้นยังเป็นเรื่องใหม่ในสุกรและในอนาคตผู้บริโภคในประเทศไทยจะให้ความสำคัญกับคุณภาพเนื้อสุกรมากขึ้น จึงเป็นที่น่าสนใจว่า การใช้ CLA เพื่อปรับปรุงคุณภาพซากของสุกรมีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งหากผลการศึกษาพบว่า CLA ที่ใช้สามารถปรับปรุงคุณภาพซากได้ในระดับที่น่าพอใจ ก็จะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการนำมาใช้เพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิตสุกรขุนในอนาคต

4.3 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อคุณภาพซากของสุกร โดยทำการวัดความหนาของไขมันสันหลัง จากซี่โครงซี่แรก ซี่โครงซี่ที่ 10 ซี่โครงซี่สุดท้าย และกระดูกเอวข้อสุดท้าย พื้นที่หน้าตัดของเนื้อสัน วัดที่เนื้อสันนอกบริเวณกระดูกซี่โครงคู่ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ของเนื้อแดง สีความแน่น ไขมันแทรก และองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อสันนอกและสะโพกของสุกร โดยที่เนื้อสันนอกจะทำการประเมินที่เนื้อสันนอกระหว่างกระดูกซี่โครงซี่ที่ 10 และ 11 และเนื้อสะโพกจะทำการประเมินที่กล้ามเนื้อส่วน semimembranosus

4.4 อุปกรณ์และวิธีการ

4.4.1 จากกลุ่มการทดลองในบทที่ 3 ทำการสุ่มสุกรมาชำแหละกลุ่มการทดลองละ 4 ตัว โดยมีทั้งเพศผู้และเพศเมีย จำนวนทั้งหมด 12 ตัว (เพศผู้ตอนจำนวน 6 ตัวและเพศเมีย จำนวน 6 ตัว)

4.4.2 ทำการชั่งน้ำหนักซาก (carcass weight) หลังจากการชำแหละ ตัดส่วนหัวและนำอวัยวะภายในออกทั้งหมด

4.4.3 หลังจากนั้นนำซากซีกขวา เพื่อใช้ในการวัดความหนาของไขมันสันหลัง (backfat thickness) พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin eye area) เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (lean percent) ความแน่น (firmness) ไขมันแทรก (marbling) และสี (color)

4.4.4 ทำการวัดความหนาของไขมันสันหลัง (backfat 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)

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

4.4.6 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

4.4.7 การประเมินสี (color) ในเนื้อสันนอกและเนื้อสะโพก ทำการประเมินหลังจากทำการแช่เย็นที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาประเมินสี โดยที่เนื้อสันนอกจะทำ

การประเมินที่เนื้อสันนอกระหว่างกระดูกซี่โครงซี่ที่ 10 และ 11 และเนื้อสะโพกจะทำการประเมินที่กล้ามเนื้อส่วน 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 ครั้งต่อตัวอย่างและทำการวัดทั่วบริเวณชิ้นเนื้อ

4.4.8 การวัดความคงตัวหรือความแน่น (firmness) ของเนื้อสันนอกและเนื้อสะโพกทำการประเมินหลังจากทำการแช่เย็นที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาประเมินความคงตัวหรือความแน่นโดยที่เนื้อสันนอกจะทำการประเมินที่เนื้อสันนอกระหว่างกระดูกซี่โครงซี่ที่ 10 และ 11 และเนื้อสะโพกจะทำการประเมินที่กล้ามเนื้อส่วน semimembranosus โดยใช้หัววัดแบบ 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

4.4.9 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)

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

4.4.11 การวิเคราะห์ปริมาณของไขมันในเนื้อส่วนสะโพกและเนื้อสันนอก (percentage of lipid) ซึ่งดัดแปลงจากวิธี Folch et al. (1957) และ Metcalfe et al. (1966) โดยการชั่งตัวอย่าง 15 กรัมใส่ลงไปในโถปั่น เติมสารผสมระหว่าง chloroform-methanol (2:1 v/v) ปริมาณ 90 มิลลิลิตร และปั่นให้ละเอียดเป็นเวลา 2 นาทีด้วยเครื่อง homoginizer (Nissei AM-8 Homoginizer,

Nihonseiki kaisha, LTD., Japan) แล้วเติม chloroform ปริมาณ 30 มิลลิลิตรและปั่นอีกครั้งเป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้นกรองตัวอย่างใส่ separating funnel แล้วเติมน้ำกำจัดไอออน (deioniz 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

4.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

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

4.6 สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อาคารเครื่องมือ 3 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.7 ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มตั้งแต่วันที่ 7 มิถุนายน 2547 ถึงวันที่ 18 มิถุนายน 2547

4.8 ผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลอง

การเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อความหนาของไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 โดยทำการวัดที่ตำแหน่งซี่โครงซี่ที่ 1 ซี่โครงซี่ที่ 10 ซี่โครงซี่สุดท้าย และกระดูกเอวข้อสุดท้าย พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันวัดเนื้อสันนอกบริเวณซี่โครงคู่ที่ 10 และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงประเมินตามแบบ NPPC, (1991) ซึ่งการทดลองพบว่าการเสริม CLA และเพศ ไม่ทำให้ความหนาของไขมันสันหลังทั้ง 4 ตำแหน่งที่ทำการประเมิน พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ผลการเสริม CLA ต่อลักษณะความแน่น (firmness) ปริมาณไขมันแทรก (marbling) และสีของเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก (ตารางที่ 4.2) โดยการประเมินความแน่นของเนื้อใช้ค่าแรงกดต่อความหนาของเนื้อ จากการวัด

ด้วยหัวแบบ 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 ผลการทดลองพบว่าการเสริม CLA และเพศไม่มีผลทำให้พารามิเตอร์ดังกล่าวข้างต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

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

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 จึงไหลซึมมาพร้อมกับเม็ดสีออกมาด้วย (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 C 16:0 (ตารางที่ 5 ก. ในภาคผนวก ก.) การทดลองของ Engel et al. (2001) ทำการเสริมไขมันสัตว์ อันประกอบด้วยกรดไขมันชนิดอิ่มตัวสูง มี

ผลทำให้ 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 ที่ผู้บริโภคยอมรับได้คือ จะอยู่ในช่วง 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 ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.1 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 การตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 2 ค. ของภาคผนวก ค.

[1/] มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

[2/] มีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตรและประเมินที่เนื้อสันนอกบริเวณกระดูกซี่โครงคู่ที่ 10

[3/] ประเมินตามแบบของ NPPC (1991)

ตารางที่ 4.2 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 การตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 3 ค. ของภาคผนวก ค. [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

ผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก (ตารางที่ 4.3) 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 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเพศ 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) ที่ได้รายงานว่า 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 สปีชีส์ (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) คือ เมื่อมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น 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

ตารางที่ 4.3 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

หมายเหตุ การตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 4 ค. ของภาคผนวก ค.

การบริโภคเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกต่อการได้รับปริมาณไขมันแสดงไว้ในตารางที่ 10 ค. ของภาคผนวก ค.

4.9 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุน (60-100 กิโลกรัม) ที่ระดับ 0, 0.5 และ 1.0% ต่อการปรับปรุงคุณภาพซากของสุกร โดยศึกษาจากความหนาของไขมันสันหลัง โดยทำการวัดที่ตำแหน่งซี่โครงซี่ที่ 1 ซี่โครงซี่ที่ 10 ซี่โครงซี่สุดท้าย และกระดูกเอวข้อสุดท้าย พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ความแน่นของเนื้อ ปริมาณไขมันแทรก (marbling) และสีของเนื้อสุกร และองค์ประกอบทางเคมี (โปรตีน, ความชื้น และเถ้า) ไม่มีความแตกต่าง ($P>0.05$) แต่พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของไขมันในเนื้อส่วนสะโพก ($P<0.05$) และเนื้อส่วนสันนอก ($P<0.01$) ลดลง อย่างไรก็ตามเพศ และอิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

รายการอ้างอิง

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, ปิยะรัตน์ วรรณไกรโรจน์ และ นเรศน์ ตระกูลจุล. 2541. ทางเลือกของการแก้ปัญหาการใช้สารต้องห้ามเพิ่มคุณลักษณะทางเศรษฐกิจในสุกร. เอกสารการสัมมนาทางวิชาการของสมาคมผู้เลี้ยงสุกรแห่งชาติ ร่วมกับชมรมปศุสัตว์ภาคเหนือ :หน้า 1-31

สัญชัย จตุรสิทธา. 2543. ปัจจัยของสัตว์ก่อนฆ่าที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเนื้อสัตว์. ในหนังสือเทคโนโลยีเนื้อสัตว์. ธนบรรณการพิมพ์. หน้า 14-26

AOAC International. 1990. Official methods of analysis of AOAC International. 16th ed. AOAC, Arlington, VA.

Brodie, A. E., Menning, V. A., Ferguson, K. R., Jewell, D. E. and Hu, C. Y. 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., Eggert J. M., Schinckel, A. P., and. Richert, B. T. 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/sday99/psd06-1999.html.

Corino, C., Magni, S., Pastorelli, G., Rossi, R. and Mourot, J. 2003. Effect of conjugated linoleic acid on meat quality, lipid metabolism and sensory characteristics of dry-cured hams from heavy pigs. J. Anim. Sci. 81: 2219–2229.

Dugan, M. E. R., Aalhus, J. L., Shaefer, A. L., and Kramer, J. K. G. 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., Belury, M. A., and Schinckel, A. P. 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., Carroll, A. L., Richert, B. T., Gerrard, D. E., Forrest, J. C., Bowker, B. C., Wynveen, E .J., Hammelman, J. E., and Schicckel, A. P. 2001. Effects of onjugated linoleic acid (CLA) on the growth, carcass composition and pork quality genotypes of lean gilts. J. Anim. Sci. 79 : 2866-2872

Engel, J. J., Smith, J. W. Unruh, J. A., Goodband, R. D., O'Quinn, P. R., Tokach, M. D. and Nelssen, J. L. 2001. Effects of choice white grease or poultry fat on growth performance, carcass leanness, and meat quality characteristics of growing-finishing pigs. J. Anim. Sci. 79:1491-1501.

Evans, M., Geigerman, C., Curtis, J., Park, Y., Pariza, M., 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)

Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, G.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226: 497-509

Harris, P. V., and Shorthose, W. R. 1988. Meat texture. In: Developments in Meat Science-4.R. Ed. Lawrie, E, Lodon. p. 245

Joo , S. T., Kauffman, R. G., Kim, B. C. and Kim, C. J. 1995. The relationship between color and water-holding capacity in postrigor porcine longissimus muscle. J. Muscle Foods 6: 211-226

Joo , S. T., Kauffman, R. G., Kim, B. C. and Park, G. B. 1999. The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to color and water-holding capacity in porcine longissimus muscle. Meat Sci. 52: 291-297

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

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

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

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

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

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

O'Quinn. P. R., Nelssen, J. L., Goodband, R. D., Unruh, J. A., Woodworth, J. C., Smith, J. S. and Tokach, M. D. 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 charateristics of growing –finishing pigs. J. Anim. Sci. 78: 2359-2368.

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

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

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

SAS Institute. 1985. SAS User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Schinckel, A. P., Eggert J. M., Richert, B. T., and Carroll, A. L. 2000. Effects of conjugated linoleic acid (CLA) supplementation on pig growth, pork quality and carcass composition in two genetic populations of gilts. Quoted fromhttp://www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/sday00/psd11-2000.html.

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

Warrie, J. M., Bret, W. H., Kristin, A. S., Scott, R. P., Michelle, M. S., and Johannes, E. N. 2001. Carcass characteristics and shear force values of dorper, suffolk, and western white-face sired wethers harvested at similar fat depth. Quoted from. http://www.uwyo.edu/Agexpstn/PRGRTP01.PDF

West, D. B., Delany, J. P., Camet, P. M., Blohm, F. Y., Truett, A. A., and Seimeca, J. 1998. Effect of conjugated linoleic acid on body fat and energy metabolism in the mouse. Am. J. Physiol. 275 : 667-672

Wiegand, B. R., Parrish, F. C., Baas, T. J., Swan, J. E., Larsen, S. T., and Vaske, L .J. 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-1709.pdf.

บทที่ 5
ผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อองค์ประกอบของ fatty acids, ปริมาณของ cholesterol และ CLA ในเนื้อสุกร

5.1 บทคัดย่อ

การเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนที่ระดับ 0, 0.5 และ 1.0% ต่อองค์ประกอบและปริมาณ fatty acids ปริมาณ cholesterol และการสะสมของ CLA ในเนื้อของสุกร พบว่าการเสริม CLA ไม่ส่งผลกระทบต่อ ปริมาณของ total cholesterol, HDL, LDL และ triglycerides ใน plasma ของสุกร และปริมาณ cholesterol ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก และพบว่าเพศไม่ส่งผลกระทบต่อค่าเหล่านี้เช่นเดียวกัน ในส่วนของกรดไขมันในเนื้อสะโพก พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของ C 12:0 และ C 14:0 และ C 16:0 เพิ่มขึ้น และมีผลทำให้ C 18:1n9c ลดลง แต่พบว่าเพศไม่ส่งผลกระทบต่อค่าเหล่านี้ ในทำนองเดียวกันจากผลการทดลองในในเนื้อสันนอก พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของ C 12:0, C 14:0, C 16:0 และ C 18:0 เพิ่มขึ้น และมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 18:1n9c, C 20:4n6 ,C 18:2n6c และ C 20:3n6 ลดลง ในส่วนของการศึกษาเรื่องเพศ การทดลองพบว่า สุกรขุนเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 18:2n6c,C 18:3n3, C 20:3n6 และ C 20:4n6 สูงกว่าสุกรขุนเพศผู้ตอน และพบว่าสุกรขุนเพศผู้ตอนมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 10:0 สูงกว่าสุกรขุนเพศเมีย และเมื่อศึกษาถึงเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวพบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้ SFA และอัตราส่วนระหว่าง SFA : UFA เพิ่มขึ้น และมีผลทำให้ UFA และ MUFA ลดลง ในส่วน PUFA ไม่พบความเปลี่ยนแปลง และจากการศึกษาเรื่องเพศพบว่า สุกรขุนเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์ของ PUFA สูงกว่าสุกรขุนเพศผู้ตอนในเนื้อสันนอก ในด้านการสะสมของ CLA พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้ cis 9-tran 11 และ tran 10-cis 12 CLA เพิ่มขึ้น ทั้งในส่วนของเนื้อสะโพกและเนื้อสันนอก แต่ไม่พบความแตกต่างของเรื่องเพศ อย่างไรก็ตาม พารามิเตอร์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศ

5.2 คำนำ

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) ของสุกรได้แล้วยังมีนักวิจัยที่ค้นพบคุณสมบัติของ 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

5.3 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อองค์ประกอบและปริมาณ fatty acids ปริมาณ cholesterol และการสะสมของ CLA ในเนื้อของสุกร โดยทำการวัดระดับของ total cholesterol, HDL, LDL และ triglycerides จาก plasma ของสุกร และวัดองค์ประกอบและปริมาณของ fatty acids, cholesterol และการสะสมของ CLA ในเนื้อสะโพกและเนื้อสันนอกของสุกร

5.4 อุปกรณ์และวิธีการ

5.4.1 จากกลุ่มการทดลองในบทที่ 3 ทำการเก็บตัวอย่างเลือด ในระหว่างการทดลองจะมีการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อนำมาวิเคราะห์ระดับของ total cholesterol, HDL, LDL และ triglycerides ใน plasma โดยทำการเก็บตัวอย่างเลือดจากสุกรขุนโดยสุ่มซ้ำ ละ 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 นาทีเก็บตัวอย่างส่วนที่ใสด้านบน

ลงใน 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 Hitochi รุ่น 917 (บริษัท Roche Diagnostics Corporation, Germany) ทำการวัดโดยการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน triglyceride และ LDL และอ่านค่าที่ได้จากการแสดงผลบนจอเครื่องที่ทำการวัดพารามิเตอร์ของแต่ละตัว

5.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณของไขมันในเนื้อส่วนสะโพกและเนื้อสันนอก (percentage of lipid) ซึ่งดัดแปลงจากวิธี Folch et al. (1957) และ Metcalfe et al. (1966) โดยการชั่งตัวอย่าง 15 กรัมใส่ลงไปในโถปั่น 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

5.4.3 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% BF_3 /MeOH ใส่ในหลอดทดลองที่ทำการ saponification ที่สมบูรณ์ ไล่อากาศภายในหลอดด้วยแก๊สไนโตรเจน แล้วทำการเติม internal standard จำนวน 1 มิลลิลิตร (ใช้ C_{17} 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 (Supelco^{TM} 37 component FAME Mix, Sigma-Aldrich Co., U.S.A.) และถ้าต้องการเก็บควรเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

Conditions of GC :

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

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

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

Detector : Temperature : FID, 260 °C

5.4.4 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 Methly Siloxane) (25 M x 320 μm)

Injector Temperature : 260 ◦C

Column Temperature : 300 ◦C

Flow rate : 1 ml/min

Detector Temperature : FID,300 ◦C

5.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

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

5.6 สถานที่ทำการทดลอง

อาคารเครื่องมือ 1 และ 3 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5.7 ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2547 ถึง 8 มีนาคม 2548

5.8 ผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลอง

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 tran 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) ได้ให้เหตุผลว่าปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อระดับ lipoprotein ใน plasma และการสะสมของ cholesterol ในเนื้อเยื่อของสัตว์ คือปริมาณของไขมันและความสัมพันธ์ของ SFA, MUFA และ PUFA ในอาหารที่ทำการทดลอง การทดลองของ Temme et al., (1996) พบว่าระดับของ cholesterol ในมนุษย์ลดลงเมื่อมีการให้ CLA โดยที่การเปลี่ยนแปลงของ lipoprotein นี้เป็นผลมาจากการเสริมด้วยกรดไขมันชนิด C 18:1n9, C 12:0 และ C 16:0 การทดลองพบว่าส่งผลทำให้กรดไขมันชนิด C 18:1n9, C 18:2n6c เพิ่มขึ้น และมีผลทำให้ C 14:0, C 16:0 ลดลง เช่นเดียวกันกับการลดลงของ cholesterol ใน plasma เมื่อมีการเสริมด้วย CLA (Noakes et al., 1996) ซึ่งการลดลงของ cholesterol เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของ C 18:1n9 (Lee et al., 1994; Nicolosi et al., 1997) และจากผลการทดลองในครั้งนี้การสะสมของ cholesterol ทั้งในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เป็นผลสืบเนื่องมาจาก LDL ซึ่งเป็นตัวขนส่ง cholesterol สู่เนื้อเยื่อต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกัน ($P >0.05$)

ตารางที่ 5.1 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
Lipoprotein ใน plasma[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 การตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 5 ค. ของภาคผนวก ค.

[1/] มีหน่วยเป็น mmol/l

[2/] มีหน่วยเป็น mg/ 1 กรัม ของเนื้อ

ผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันในเนื้อส่วนสะโพก แสดงไว้ในตารางที่ 5.2 พบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 12:0 ($P<0.05$), C 14:0 ($P<0.05$) และ C 16:0 ($P<0.01$) เพิ่มขึ้น และมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 18:1n9c ($P<0.05$) ลดลง แต่พบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 0.5 % ไม่ส่งผลทำให้กรดไขมันชนิด C 12:0 มีการเปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) เมื่อเทียบกับการเสริม CLA ที่ระดับ 0 และ 1.0% ในส่วนของกรดไขมันชนิด C 14:0, C 16:0 และ C 18:1n9c พบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 0.5 % ไม่ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) เมื่อเทียบกับการเสริม CLA ที่ระดับ 1.0% อย่างไรก็ตามการเสริม CLA ไม่ส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 10:0, C 16:1, C 18:0, C 18:2n6c, C 18:3n, C 20:0, C 20:3n6, C 20:4n6 และ C 22:6n3 มีการเปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) และพบว่าเพศไม่มีผล ($P>0.05$) ต่อการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันที่รายงานไว้ข้างต้น

เช่นเดียวกันในเนื้อสันนอก แสดงไว้ในตารางที่ 5.3 พบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 12:0 ($P<0.01$), C 14:0 ($P<0.01$), C 16:0 ($P<0.01$) และ C 18:0 ($P<0.05$) เพิ่มขึ้น และมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 18:1n9c ($P<0.01$), C 18:2n6c ($P<0.05$), C 20:3n6 ($P<0.01$) และ C 20:4n6 ($P<0.05$) ลดลง แต่การเสริม CLA ที่ระดับ 0.5% ไม่ส่งผลทำให้กรดไขมันที่รายงานไว้ข้างต้นมีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ทำการเสริม CLA ที่ระดับ 1.0% ในส่วนของการศึกษาเรื่องเพศพบว่าสุกรขุนเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 18:2n6c ($P<0.01$), C 18:3n ($P<0.05$), C 20:3n6 ($P<0.05$) และ C 20:4n6 ($P<0.05$) สูงกว่าสุกรขุนเพศผู้ตอน และมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 10:0 ($P<0.05$) น้อยกว่าสุกรขุนเพศผู้ตอน

ผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อส่วนสะโพก (ตารางที่ 5.2) และในเนื้อสันนอก (ตารางที่ 5.3) 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 เพิ่มขึ้น

โดยเฉพาะ PUFA (เนื่องมาจาก CLA จัดเป็นกรดไขมันชนิด PUFA) ตามสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลอง (กลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริม CLA 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (ตารางที่ 3 ก. และ 4 ก. ในภาคผนวก ก.) การที่ SFA ในสูตรอาหารที่ 1 (ควบคุม) มีค่าสูงที่สุด เนื่องมาจากการใช้น้ำมันปาล์มในการทดลอง ซึ่งน้ำมันปาล์มมีกรดไขมันชนิด SFA อยู่สูง โดยเฉพาะ C 16:0 แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองและนำเนื้อสะโพกและสันนอก มาทำการวิเคราะห์ พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด SFA สูงขึ้น อาทิเช่น C 14:0, C 16:0 และ C 18:0 เป็นต้น และมีผลทำให้กรดไขมันชนิด UFA ลดลง อาทิเช่น C 18:1n9c, C 18:2n6c และ C 20:3n6 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 C 12:0, C 14:0, C 16:0 และ C 18:0 เมื่อมีการเสริมด้วย 60% CLA และ MTO มีเปอร์เซ็นต์สูงกว่ากลุ่มที่ทำการเสริมด้วยน้ำมันถั่วเหลือง และพบว่าเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 18:1n9c และ C 18:2n6c มีเปอร์เซ็นต์ต่ำกว่ากลุ่มที่ทำการเสริมด้วยน้ำมันถั่วเหลือง Eggert et al. (2001) ที่ทำการทดลองเสริม CLA เปรียบเทียบกับการเสริมด้วยน้ำมันเมล็ดทานตะวัน แบบให้กินเต็มที่และจำกัดการกิน พบว่าการเสริมด้วย CLA ทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 16:0 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% มีผลทำให้กรดไขมันชนิด C 18:1n9c ลดลง ($P<0.05$) Thiel-Cooper et al. (2001) และ Gatlin et al. (2002) พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้ C 14:0, C 16:0 และ C 18:0 เพิ่มขึ้น ($P<0.01$) และมีผลทำให้ C 18:1n9c ลดลง ($P<0.01$) Joo et al. (2002) ที่ทำการเสริมด้วย 0, 1, 2.5 และ 5% CLA ซึ่งผลการทดลอง การเสริม CLA ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) ของกรดไขมันชนิด C 14:0, C 16:0 ,C 18:0, C 18:3n6 และ C 20:0 แต่กลับพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่าการเสริม CLA ทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 18:1n9c และ C 18:2n6c ลดลง และการทดลองของ Smith et al. (2002) ที่ทำการทดลองเสริม CLA 1.5% ในอาหารเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ทำการเสริมด้วยน้ำมันจากข้าวโพด 1.5% และไขมันจากสัตว์ 1.5% ซึ่งการทดลองพบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้กรดไขมันชนิด C 14:0, C 16:0 และ C 18:0 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ทำการ

เสริมด้วยน้ำมันจากข้าวโพดและไขมันจากสัตว์ และพบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้ C 18:1n9c 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 C 16:1 และ C 18:1 ตามลำดับ ของหนูเพศผู้และเพศเมีย เมื่อมีการเสริมด้วย CLA การทดลองของ Le Fiego 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 C 18:2n6 เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ C 20:3n6 และ C 20:4n6 และ C 18:3n3 เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ C 22:6n3 (Raes et al., 2002) ซึ่งจากผลการทดลองในเนื้อสะโพกไม่พบการเปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) ของ C 20:3n6, C 20:4n6 และ C 22:6n3 เนื่องมาจากไม่มีการเปลี่ยนแปลงของ C 18:2n6 และ C 18:3n3 แต่ในเนื้อสันนอก พบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้ C 18:2n6 ($P<0.05$) ลดลง จึงมีผลทำให้ C 20:3n6 และ C 20:4n6 ลดลง ($P<0.05$) แต่ในส่วนของ PUFA ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) ทั้งในส่วนของเนื้อสะโพกและเนื้อสันนอก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการรวม CLA ที่ทำการตรวจพบในเนื้อทั้งสองส่วนเข้าไปด้วย สอดคล้องกับผลการทดลองของ Le Fiego et al. (2005) ที่ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของ C 18:2n6 และ C 18:3n3 ($P>0.05$) จึงมีผลทำให้ C 20:3n6, C 20:4n6, C 22:6n3 และ PUFA ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) ตามไปด้วย ในส่วนของเพศ พบว่า สุกรขุนเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 18:2n6 ($P<0.01$), C 18:3n3 ($P<0.05$), C 20:3n6 ($P<0.05$) และ C 20:4n6 ($P<0.05$) สูงกว่าสุกรขุนเพศผู้ตอน จึงมีผลทำให้ PUFA ในเนื้อของสุกรขุนเพศเมียสูงกว่า ($P<0.05$) สุกรขุนเพศผู้ตอนตามไปด้วย สอดคล้องกับผลการทดลองของ Piedrafita et al. (2001) ได้ทำการศึกษาในเนื้อสันนอก พบว่า สุกรขุนเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์กรดไขมันชนิด C 18:2n6 และ C 18:3n3 สูงกว่า ($P<0.05$) สุกรขุนเพศผู้ตอน

ตารางที่ 5.2 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันในเนื้อส่วนสะโพก (หน่วย: % of total fatty acids)

	0% CLA		0.5% CLA		1.0% CLA				Pr>F		
กรดไขมัน	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	%CV	SEM	เสริม CLA	เพศ	อิทธิพลร่วม
C 10:0	0.12	0.10	0.10	0.09	0.10	0.09	16.60	0.008	0.376	0.329	0.911
C 12:0	0.09	0.09	0.11	0.12	0.12	0.14	14.37	0.007	0.041	0.492	0.798
C 14:0	1.25	1.27	1.61	1.76	1.95	1.91	14.42	0.116	0.017	0.767	0.843
C 16:0	24.00	23.61	27.31	28.57	28.34	27.81	2.97	0.396	0.001	0.812	0.281
C 16:1	3.14	3.40	3.53	3.93	3.90	3.71	17.94	0.322	0.504	0.716	0.725
C 18:0	11.52	10.19	12.96	13.37	13.01	12.41	10.46	0.640	0.092	0.519	0.650
C 18:1n9c	41.32	41.14	24.89	34.00	33.91	33.39	7.95	1.449	0.018	0.761	0.985
C 18:2n6c	14.87	16.17	15.06	13.88	13.67	14.88	15.89	1.170	0.733	0.755	0.713
C 18:3n3	0.74	0.88	0.87	0.68	1.06	0.86	31.77	0.134	0.602	0.611	0.609
C 20:0	0.15	0.14	0.16	0.15	0.14	0.12	17.23	0.011	0.379	0.320	0.957
C 20:3n6	0.53	0.55	0.56	0.50	0.52	0.55	8.80	0.023	0.892	0.906	0.447
C 20:4n6	1.70	1.74	1.20	1.29	0.89	1.36	42.20	0.287	0.361	0.568	0.845
C 22:6n3	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

หมายเหตุ การตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 6 ค. ของภาคผนวก ค.

การบริโภคเนื้อส่วนสะโพกต่อการได้รับกรดไขมันชนิดต่างๆแสดงในตารางที่ 10 ค. ของภาคผนวก ค.

ตารางที่ 5.3 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันในเนื้อส่วนสันนอก (หน่วย: % of total fatty acids)

	0% CLA		0.5% CLA		1.0% CLA				Pr>F		
กรดไขมัน	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	เพศผู้ตอน	เพศเมีย	%CV	SEM	เสริม CLA	เพศ	อิทธิพลร่วม
C 10:0	0.10	0.08	0.11	0.09	0.09	0.08	10.73	0.015	0.158	0.034	0.394
C 12:0	0.09	0.09	0.12	0.15	0.15	0.13	12.86	0.007	0.008	0.858	0.299
C 14:0	1.37	1.27	1.87	2.27	2.45	2.13	10.97	0.103	0.001	0.936	0.116
C 16:0	25.54	24.78	29.73	31.92	31.25	28.57	3.74	0.536	0.001	0.524	0.054
C 16:1	3.24	3.12	4.20	3.33	4.01	3.93	21.24	0.386	0.860	0.456	0.728
C 18:0	12.23	11.66	14.47	15.54	14.81	13.31	8.54	0.584	0.025	0.640	0.350
C 18:1n9c	42.45	40.71	36.63	31.70	32.61	33.76	4.59	0.834	0.001	0.104	0.107
C 18:2n6c	12.28	15.12	9.82	11.74	10.26	12.59	8.69	0.520	0.016	0.007	0.828
C 18:3n3	0.62	0.80	0.61	0.64	0.61	0.72	8.55	0.028	0.187	0.018	0.187
C 20:0	0.19	0.18	0.19	0.18	0.18	0.07	28.76	0.023	0.189	0.231	0.350
C 20:3n6	0.45	0.52	0.39	0.43	0.39	0.45	7.38	0.016	0.024	0.022	0.804
C 20:4n6	1.00	1.39	0.53	0.48	0.42	1.07	22.59	0.091	0.005	0.021	0.089
C 22:6n3	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

หมายเหตุ การตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 7 ค.ของภาคผนวก ค.

การบริโภคเนื้อส่วนสันนอกต่อการได้รับกรดไขมันชนิดต่างๆแสดงในตารางที่ 10 ค. ของภาคผนวก ค.

ผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อการสะสมของ CLA ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก แสดงไว้ในตารางที่ 5.4 พบว่า CLA ที่ทำการวิเคราะห์ได้มี 2 ไอโซเมอร์ คือ cis 9-tran 11 และ tran 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-tran 11 และ tran 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 และเนื้อเป็นต้น

ตารางที่ 5.4 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-tran 11 CLA	0.00	0.00	0.77	0.85	1.23	1.44	20.64	0.073	0.001	0.307	0.618
tran10-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-tran 11 CLA	0.00	0.00	0.71	0.84	1.58	1.70	20.84	0.083	0.001	0.422	0.829
tran10-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

หมายเหตุ การตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 8 ค. ของภาคผนวก ค.

การบริโภคเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกต่อการได้รับ CLA แสดงในตารางที่ 10 ค. ของภาคผนวก ค.

5.9 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการเสริม CLA ไม่ส่งผลกระทบต่อ ปริมาณของ total cholesterol, HDL, LDL และ triglycerides ใน plasma ของสุกร และปริมาณ cholesterol ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก และพบว่าเพศและอิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศ ก็ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าเหล่านี้เช่นเดียวกัน ในส่วนของกรดไขมันในเนื้อสะโพก พบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 12:0 และ C 14:0 และ C 16:0 เพิ่มขึ้น และมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 18:1n9c ลดลง แต่ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์กรดไขมันชนิด C 10:0, C 16:1, C 18:0, C 18:2n6c, C 18:3n3, C 20:0, C 20:3n6, C 20:4n6 และ C 22:6n3 และไม่พบความเปลี่ยนแปลงระหว่างเพศ ในทำนองเดียวกันจากผลการทดลองในเนื้อสันนอก พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 12:0, C 14:0 และ C 16:0 และ C 18:0 เพิ่มขึ้น และมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 18:1n9c, C 20:4n6 ,C 18:2n6c และ C 20:3n6 แต่ไม่พบความแตกต่างขอเปอร์เซ็นต์กรดไขมันชนิด C 10:0, C 16:1, C 18:3n3 และ C 20:0 ในส่วนของการศึกษาเรื่องเพศ พบว่าสุกรขุนเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 18:2n6c, C 18:3n3, C 20:3n6 และ C 20:4n6 สูงกว่าสุกรขุนเพศผู้ตอน และพบว่าสุกรขุนเพศผู้ตอนมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด C 10:0 สูงกว่าสุกรขุนเพศเมีย และเมื่อศึกษาถึงเปอร์เซ็นต์ของ SFA และ UFA พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของ SFA และอัตราส่วนระหว่าง SFA : UFA เพิ่มขึ้น และมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิด UFA และกรดไขมันชนิด MUFA ลดลง ในส่วนของกรดไขมันชนิด PUFA ไม่พบความเปลี่ยนแปลง และจากกการศึกษาเรื่องเพศพบว่า เพศเมียมีเปอร์เซ็นต์ของ PUFA สูงกว่าสุกรขุนเพศผู้ตอนในเนื้อสันนอก และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของอิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศทั้งในส่วนเนื้อสะโพกและสันนอก ในด้านการสะสมของ CLA พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้ cis 9-tran 11 และ tran 10-cis 12 CLA เพิ่มขึ้น ทั้งในส่วนของเนื้อสะโพกและเนื้อสันนอก แต่ไม่พบความแตกต่างทั้งในส่วนของการศึกษาเรื่องเพศและอิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศ

รายการอ้างอิง

Antonius, H. M. 2004. Effect of conjugated linoleic acid on body composition and plasma lipids in humans : an overview of the literature. Am. J. Clin. Nutr. 79: 352-361

AOAC International. 1990. Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th ed. AOAC, Arlington, VA.

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

Brodie, A. E., Menning, V. A., Ferguson, K. R., Jewell, D. E. and Hu, C. Y. 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

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

Choi ,Y., Park, Y., Pariza, M. W. and Ntambi, J. M. 2001. Regulation of stearoyl-CoA desaturase activity by the trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid in HepG2 cells. Biophys. Res. Commun. 284: 689-693

Cook, M. E., Jeronue, D. L., Crenshaw, T. D., Buege, D. R., Pariza, M. W., Albright, K. L., Schmidt, S. P., Scimeca, J. A., Lofgren, P. A. and Hentges, E. J. 1998. Feeding conjugated linoleic acid improves feed efficiency and reduces carcass fat in pigs. FASEB J. 11: 3347

DeDeckere E. A .M, Van Amelsfoort J. M. M, McNeill G. P. and Jones, P. 1999. Effect of conjugated linoleic acid (CLA) isomers on lipid levels and peroxisome proliferation in the hamster. Br. J. Nutr. 82: 309-317

Eder, K. and Kirchgessner, M. 1996. The effect of dietary fat on activities of lipogenic enzymes in liver and adipose tissue of zinc-adequate and zinc-deficient rats. J. Nutr. Biochem. 7: 190-195

Eggert, J. M., Belury, M. A., and Schinckel, A. P. 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., Carroll, A. L., Richert, B. T., Gerrard, D. E., Forrest, J. C., Bowker, B. C.,Wynveen E. J., Hammelman, J. E., and Schicckel, A. P. 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

Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226: 497-509

Gatlin, A. L., See, M. T., Larick, D. K., Lin, X. and Odle, J. 2002. Conjugated linoleic acid in combination with supplemental dietary fat alters pork fat quality. J. Nutr. 132: 3105-3112

Gavino, V. C., Gavino, G., Leblanc, M. J. and Tuchweber, B. 2000. An isomeric mixture of conjugated linoleic acid but not pure cis-9, tran-11-octadecadienoic acid affects body weight gain and plasma lipids in hamsters. J. Nutr. 130: 27-29

Gnadig, S., Xue, Y., Berdeaux, O., Chardigny, J. M. and Sebedio, J.L. 2002. Conjugated linoleic acid (CLA) functional ingredient. Func. Dairy Prod. 263-298

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

Kramer, J. K. L., Parodip, W., Jensen, R. G., Mossoba, M. M., Yurawecz, P., and Adlof, R. O. 1998. Rumenic acid: a proposed common name for the major conjugated linoleic acid isomer found in natural products. Lipids 33: 835

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

Lee, K. N., Pariza, M. W., and Ntambi, J. M. 1998. Conjugated linoleic acid decreases hepatic stearoyl-CoA desaturase mRNA expression. Biophys. Res. Commun. 248: 817-821

Lo Fiego, D. P., Macchioni , P., Santoro, P. , Pastorelli, G. and Corino, C. 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

Mensink, R. P. and Zock, P. L. 1998. Lipoprotein metabolism and trans fatty acids. In: Trans Fatty Acid in Human Nutrition. Eds. Sebedio, J. L. and Christil, W.W., Inc, The Oily Press Ltd, Dundee. p 217

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

Munday, J. S., Thompson, K. G., James, K. A. C. 1999. Dietary conjugated linoleic acids promote fatty streak formation in the C57BL/6 mouse atherosclerosis model. Br. .J. Nutr. 81: 251-255

Nicolosi, R .J., Rogers, E. J., Kritchevsky, D., Scimeca, J. A., Huth, P. J. 1997. Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lopoproteins and early aortic atherosclerosis in hypercholesterolenic hamsters. Artery 22: 266-277

Noakes, M., Nestel, P. J. and Clifton, P. M. 1996. Modifying the fatty acid profile of dairy products through feedlot technology lowers plasma cholesterol of humans consuming the products. Am. J. Clin. Nutr. 63 : 42-46

O'Quinn. P. R., Nelssen, J. L., Goodband, R. D., Unruh, J. A., Woodworth, J. C., Smith, J. S., and Tokach, M. D. 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 charateristics of growing –finishing pigs. J. Anim. Sci. 78: 2359-2368

Ostrowska, E., Dunshea, F. R., Muralitharan, M. and Cross, R. F. 2000. Comparison of silver-ion high-performance liquid chromatographic quantification of free and methylated conjugated linoleic acids. Lipids 35 (10): 1147-1153

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

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

Parrish, F. C., Thiel, R. L. , Sparks, J. C., and Ewan, R. C.2001. Effect of conjugated linoleic acid (CLA) on swine performance and body composition. Quote from http://www.extension.iastate,edu/ipic./reports/99swine reports/asl-1528.pdf.

Piedrafita, J., Christian, L. L. and Lonerga, S. M. 2001. Fatty acid profiles in three stress genotypes of swine and relationships with performance, carcass and meat quality traits. Meat Sci. 57: 71-77

Raes, K., Huyghebaert, G., De Smit, S., Nollet, L, Arnous, S., and Demeyer, D. 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., Evock-Clover, C. M., Steele, N. C., and Azain ,M .J. 2001. Dietary conjugated linoleic acid alters fatty acid composition of pig skeletal muscle and fat. J. Anim. Sci. 79: 2152-2161.

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

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

SAS Institute. 1985. SAS User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.

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

Schinckel, A. P., Eggert J. M., Richert, B. T., and Carroll, A. L. 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/sday00/psd11-2000.html.

Smith, S. B., Hively, T. S., Cortese, G. M., Han, J. J., Chung, K. Y., Castenada, P., Gilbert, C. D., Adams, V. L. and Mersmann, H. J. 2002. Conjugated linoleic acid depresses the δ^9 desaturase index and stearoyl coenzyme A desaturase enzyme activity in porcine subcutaneous adipose tissue. J. Anim. Sci. 80: 2110-2115

Stangl, G. L., Muller, H. and Kirchgessner, M. 1999. Conjugated linoleic acid effects on circulating hormones, metabolites and lipoprotins, and its proportion in fasting serum and erythrocytes membranes of swine. Eur. J. Nutr. 38: 271-277

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

Temme, E. H. M., Mensink, R. P and Hornstra, G. 1996 Comparison of the effects of diets enriched in lauric, palmitic, or oleic acids on serum lipids and lipoproteins in healthy women and men. Am. J. Clin. Nutr. 63: 897-903

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

Tischendorf, F., Mockel, P., Schone, F., Plonne, M. and Jahreis, G. 2002. Effect of dietary conjugated linoleic acids on the distribution of fatty acids in serum lipoprotein fractions and different tissues of growing pigs. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 86: 315-325

Wiegand, B. R., Parrich, F. C., Baas, T. J., Swan, J. E., Larsen, S. T., and Vaske, L. J. 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-1709.pdf

Yamasaki, M., Mansho, K., Mishima, H., Kasai, M., Sugano., M., Tachibana, H. and Yamada, K. 1999. Dietary effect conjugated linoleic acid on lipid levels in white adipose tissue of Sprague-Dawlery rats. Biosci. Biotechnol. Biochem. 63: 1104-1106

บทที่ 6
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

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 กับเพศพบว่าไม่มีความแตกต่างกันของพารามิเตอร์

ดังกล่าว

3. การเสริม CLA ไม่ส่งผลกระทบต่อ ปริมาณของ total cholesterol, HDL, LDL, triglycerides ใน plasma และปริมาณของ cholesterol ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกรขุนและพบว่าเพศและอิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศก็ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าเหล่านี้เช่นเดียวกัน ในส่วนของกรดไขมันที่ทำการวิเคราะห์ได้ในเนื้อสะโพกและเนื้อสันนอกให้ผลไปในทางเดียวกัน คือการเสริม CLA มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวเพิ่มขึ้น อาทิเช่น C 14:0, C 16:0 และ C 18:0 เป็นต้น ในขณะเดียวกันมีผลทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (UFA และ MUFA) ลดลง อาทิเช่น 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

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้พบว่า การเสริม CLA ไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก และปริมาณของ cholesterol ในเนื้อของสุกรขุน แต่พบว่ามีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของไขมันลดลงทั้งในเนื้อส่วนสะโพกและเนื้อสันนอกและพบว่ามีการสะสมของ CLA ในเนื้อของสุกร ซึ่งด้วยคุณสมบัติของ CLA นับว่ามีประโยชน์ต่อผู้บริโภคที่สามารถได้รับ CLA จากอาหาร (การบริโภคเนื้อของสุกรต่อการได้รับปริมาณไขมันและกรดไขมันชนิดต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 10 ค. ภาคผนวก ค.) โดยที่ไม่จำเป็นต้องรับประทาน CLA ที่มีจำหน่ายในรูปแคปซูล ที่มีราคาแพง แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า CLA มีผลทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่จำเป็นสำหรับร่างกายมีแนวโน้มลดลง อาทิเช่น c 18:2n6c, C 18:3n3 และ C 20:4n6 เป็นต้น ซึ่งการรับประทานเนื้อสุกรที่มีการสะสมของ CLA ควรได้รับกรดไขมันชนิดดังกล่าวจากอาหารแหล่งอื่นประกอบไปด้วย และในเรื่องของต้นทุนในการผลิต พบว่า CLA ที่นำมาใช้ในการทดลองยังคงมีต้นทุนในการผลิตที่สูง อันเนื่องมาจากต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ (แสดงไว้ในตารางที่ 1 ข. และ 2 ข. ภาคผนวก ข.) ซึ่งจากผลการทดลองให้ผลไปในทางที่ดีต่อผู้บริโภค เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้เลี้ยงสุกรและผู้บริโภค ควรมีการศึกษาถึงวิธีการผลิต CLA ที่สามารถทำได้ในประเทศไทย เพื่อให้ผู้เลี้ยงสุกรมีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำลงและผู้บริโภคสามารถซื้อผลิตภัณฑ์ที่มีการสะสม CLA ในราคาเท่ากันกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการใช้ CLA

ภาคผนวก ก

ตารางที่ 1 ก. แสดงส่วนประกอบของอาหารสุกรขุน (60-100 กิโลกรัม) ที่ทำการเสริมด้วย 60% CLA

วัตถุดิบ (กิโลกรัม)	**ควบคุม**	**เสริม 0.5% CLA**	**เสริม 1.0% CLA**
ปลายข้าว	65.80	65.80	65.80
รำละเอียด	12.00	12.00	12.00
กากถั่วเหลือง 44%	14.50	14.50	14.50
ปลาป่น 58%	4.00	4.00	4.00
ไดแคลเซี่ยม P 16	1.20	1.20	1.20
พรีมิกซ์	0.50	0.50	0.50
น้ำมันปาล์ม	2.00	1.17	0.50
CLA 60%	0.00	0.83	1.67
รวม (กิโลกรัม)	**100**	**100**	**100**
พลังงาน (ME, Kgcal/กิโลกรัมในอาหาร)[1/]	3285.40	3285.40	3285.40
ระดับโปรตีน (%)[2/]	15.85	15.80	15.90
ระดับไขมัน (%)[2/]	3.88	4.09	3.71
ระดับเยื่อใย (%)[2/]	2.55	2.15	2.02
แคลเซี่ยม (%)[1/]	0.64	0.64	0.64
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (%)[1/]	0.70	0.70	0.70
กรดอะมิโนไลซีนทั้งหมด (%)[1/]	0.84	0.84	0.84
เมทไธโอนีน + ซีสตีน (%)[1/]	0.51	0.51	0.51

หมายเหตุ [1/] จากการคำนวณ

[2/] จากการวิเคราะห์

ตารางที่ 2 ก. แสดงส่วนประกอบของอาหารสุกรขุน (60-100 กิโลกรัม) ที่ทำการเสริมด้วย 30% CLA

วัตถุดิบ (กิโลกรัม)	**ควบคุม**	**เสริม 0.5% CLA**	**เสริม 1.0% CLA**
ปลายข้าว	66.80	69.15	73.18
รำละเอียด	11.30	7.35	2.05
กากถั่วเหลือง 44%	15.20	16.80	16.32
ปลาป่น 58%	3.00	2.30	3.51
ไดแคลเซี่ยม P 16	1.20	1.06	0.77
พรีมิกซ์	0.50	0.50	0.50
น้ำมันปาล์ม	2.00	1.17	0.34
CLA 30%	0.00	1.67	3.33
รวม (กิโลกรัม)	**100**	**100**	**100**
พลังงาน (ME, Kgcal/กิโลกรัมในอาหาร)[1/]	3295.71	3295.02	3294.44
ระดับโปรตีน (%)[2/]	15.78	15.61	15.68
ระดับไขมัน (%)[2/]	3.22	3.11	2.89
ระดับเยื่อใย (%)[2/]	2.23	2.41	2.02
แคลเซี่ยม (%)[1/]	0.57	0.50	0.50
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (%)[1/]	0.67	0.56	0.48
กรดอะมิโนไลซีนทั้งหมด (%)[1/]	0.81	0.82	0.83
เมทไธโอนีน + ซีสตีน (%)[1/]	0.51	0.50	0.50

หมายเหตุ [1/] จากการคำนวณ

[2/] จากการวิเคราะห์

ตารางที่ 3 ก. แสดงส่วนประกอบของกรดไขมันในอาหารทดลองของสุกรขุนที่ทำการเสริมด้วย 60% CLA

สูตรอาหาร	กลุ่มควบคุม	0.5% CLA	1.0% CLA	กลุ่มควบคุม	0.5% CLA	1.0% CLA
	% of diet			% of total fatty acids		
% of total lipid	3.88	4.09	3.71	3.88	4.09	3.71
Fatty acid profile						
C 10:0	0.02	0.02	0.01	0.44	0.49	0.37
C 12:0	0.04	0.02	0.03	0.91	0.57	0.76
C 14:0	0.05	0.04	0.04	1.24	1.04	1.04
C 16:0	1.62	1.56	0.83	41.81	38.16	22.49
C 16:1	0.02	0.02	0.01	0.47	0.43	2.70
C 18:0	0.18	0.20	0.50	4.67	4.99	13.58
C 18:1n9c	1.45	1.31	0.78	37.38	32.04	20.93
C 18:2n6c	0.30	0.14	0.10	7.63	3.43	2.61
C 18:3n3	0.01	0.01	0.01	0.33	0.32	0.28
C 20:0	0.03	0.03	0.03	0.81	0.81	0.68
C 20:3n6	0.08	0.08	0.06	1.96	1.95	1.64
C 20:4n6	0.08	0.09	0.06	1.94	2.11	1.59
C 22:6n3	0.02	0.02	0.01	0.41	0.49	0.35
Cis 9- tran 11CLA	0	0.34	0.63	0	8.27	17.10
Tran 10-cis12 CLA	0	0.20	0.51	0	4.91	13.87
Total CLA	0	0.54	1.15	0	13.17	30.98
SFA	1.94	1.88	1.44	49.89	46.07	38.92
UFA	1.94	2.21	2.27	50.11	53.93	61.08
MUFA	1.54	1.41	0.94	39.79	34.57	25.22
PUFA	0.40	0.79	1.33	10.33	19.36	35.86

ตารางที่ 4 ก. แสดงส่วนประกอบของกรดไขมันในอาหารทดลองของสุกรขุนที่ทำการเสริมด้วย 30% CLA

สูตรอาหาร	กลุ่มควบคุม	0.5% CLA	1.0% CLA	กลุ่มควบคุม	0.5% CLA	1.0% CLA
	% of diet			% of total fatty acids		
% of total lipid	3.22	3.11	2.89	3.22	3.11	2.89
Fatty acid profile						
C 10:0	0.02	0.01	0.01	0.51	0.44	0.39
C 12:0	0.03	0.02	0.01	1.07	0.64	0.29
C 14:0	0.05	0.03	0.02	1.51	1.00	0.66
C 16:0	1.35	1.07	0.62	41.82	34.50	21.44
C 16:1	0.02	0.01	0.01	0.59	0.46	0.32
C 18:0	0.18	0.15	0.14	5.63	4.91	4.80
C 18:1n9c	1.29	1.02	0.90	39.92	32.73	31.09
C 18:2n6c	0.11	0.09	0.11	3.42	2.95	3.67
C 18:3n3	0.03	0.01	0.01	0.85	0.23	0.22
C 20:0	0.03	0.03	0.02	0.98	0.82	0.59
C 20:3n6	0.03	0.06	0.03	1.02	1.93	1.00
C 20:4n6	0.07	0.06	0.05	2.19	1.88	1.69
C 22:6n3	0.02	0.01	0.01	0.49	0.42	0.38
Cis 9- tran 11 CLA	0	0.28	0.52	0	9.13	18.11
Tran 10-cis 12 CLA	0	0.25	0.44	0	7.95	15.34
Total CLA	0	0.53	0.97	0	17.08	33.45
SFA	1.66	1.32	0.81	51.52	42.32	28.18
UFA	1.56	1.79	2.08	48.48	57.68	71.82
MUFA	1.38	1.09	0.96	42.70	35.08	33.11
PUFA	0.19	0.70	1.12	5.77	22.60	38.72

ตารางที่ 5 ก. แสดงส่วนประกอบของกรดไขมันในน้ำมัน 60% CLA และน้ำมันปาล์ม

fatty acids profile	**60% CLA**	**น้ำมันปาล์ม**
	% of total fatty acids	
C 10:0	0.01	0.03
C 12:0	0.09	0.24
C 14:0	0.08	0.09
C 16:0	6.97	45.72
C 16:1	0.07	0.09
C 18:0	1.64	6.39
C 18:1n9c	26.60	34.99
C 18:2n6c	2.13	11.00
C 18:3n3	0.12	0.27
C 20:0	0.08	0.48
C 20:3n6	0.04	0.11
C 20:4n6	0.19	0.50
C 22:6n3	0.04	0.10
cis 9-tran 11 CLA	30.97	0
tran 10-cis 12 CLA	30.38	0
tran 9-tran 11 CLA	0.60	0
Total CLA	61.95	0
SFA	8.88	52.95
UFA	91.12	47.05
MUFA	26.67	35.08
PUFA	64.45	11.97

หมายเหตุ : 30% CLA เกิดจากการนำ 60% CLA ที่อยู่ในรูปน้ำมันมาทำให้อยู่ในรูปผงด้วยซิลิกา

ภาคผนวก ข

ตารางที่ 1 ข. แสดงต้นทุนค่าอาหารตลอดการทดลอง (สุกรขุน 60-100 กิโลกรัม)

วัตถุดิบอาหารสัตว์	ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์	กลุ่มควบคุม		0.5% CLA		1.0% CLA	
	(กก./บาท)	จำนวนวัตถุดิบที่ใช้ (กก.)	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวนวัตถุดิบที่ใช้ (กก.)	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวนวัตถุดิบที่ใช้ (กก.)	จำนวนเงิน (บาท)
ปลายข้าว	8.40	1,464.60	12,302.64	1,504.56	12,638.29	1,573.06	13,213.70
รำละเอียด	4.70	252.10	1,184.87	184.95	869.27	94.85	445.80
กากถั่วเหลือง 44%	12.00	330.90	3,970.80	358.10	4,297.20	349.94	4,199.28
ปลาป่น 58%	23.10	71.00	1,640.10	59.10	1,365.21	79.67	1,840.38
ไดแคลเซียม P 16	6.00	26.40	158.40	24.02	144.13	19.09	114.54
น้ำมันปาล์ม	17.00	44.00	748.00	25.68	436.56	7.42	126.14
CLA	156.00	0.00	0.00	32.59	5,084.04	64.96	10,133.76
พรีมิกซ์	62.50	11.00	687.50	11.00	687.50	11.00	687.60
รวม		**2,200.00**	**20,692.31**	**2,200.00**	**25,522.19**	**2,200.00**	**30,761.10**
อาหารสุกร (กก./บาท)			**9.41**		**11.60**		**13.98**

หมายเหตุ; ราคาวัตถุดิบ คิด ณ. วันที่ 6 พฤษภาคม พ.ศ. 2548

ตารางที่ 2 ข. แสดงต้นทุนในการผลิตสุกรขุน (น้ำหนักแรกเกิดจนถึง100 กิโลกรัม) ต่อตัว[1/]

(หน่วย: บาท)

ต้นทุนในการผลิต	กลุ่มควบคุม	0.5% CLA	1.0% CLA
1. ค่าพันธุ์สุกร [2/]	86.00	86.00	86.00
2. ค่าอาหารพ่อแม่พันธุ์ [2/]	298.64	298.64	298.64
3. ค่ายาและวัคซีน [2/]	169.44	169.44	169.44
4. ค่าแรงงาน [2/]	142.46	142.46	142.46
5. ค่าเสื่อมและค่าดอกเบี้ย [2/]	142.45	142.45	142.45
6. ค่าบริหารและการตลาด [2/]	186.64	186.64	186.64
7. ค่าสาธารณูปโภค [2/]	76.53	76.53	76.53
8. ค่าอาหาร			
8.1 สุกรแรกเกิด-15 กก. [2/]	197.00	197.00	197.00
8.2 น้ำหนัก 15-35 กก. [2/]	660.00	660.00	660.00
8.3 น้ำหนัก 35-60 กก. [2/]	775.00	775.00	775.00
8.4 น้ำหนัก 60-100 กก. [3/]	1,050.73	1,309.17	1,623.07
รวมต้นทุนในการผลิตต่อตัว (บาท)	**3,784.89**	**4,043.33**	**4,357.23**

หมายเหตุ; [1/] ต้นทุนในการผลิตสุกรขุนต่อตัว คิด ณ. วันที่ 6 พฤษภาคม พ.ศ. 2548

[2/] คิดในอัตราเดียวกันกับฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[3/] คิดตามผลการทดลอง

ภาคผนวก ค

ตารางที่ 1 ค. แสดงผลการตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อการเจริญเติบโตของสุกรขุน

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยการเสริม CLA			ค่าเฉลี่ยของเพศ		อิทธิพลร่วม	%CV	SEM	Pr>F		
	0%	0.5%	1.0%	เพศผู้ตอน	เพศเมีย				เสริม CLA	เพศ	อิทธิพลร่วม
น้ำหนักก่อนการทดลอง	60.69 ^{ns}	60.63 ^{ns}	60.75 ^{ns}	60.75 ^{ns}	60.62 ^{ns}	ns	0.51	0.157	0.421	0.826	0.223
น้ำหนักหลังการทดลอง	98.27 ^{ns}	98.44 ^{ns}	98.19 ^{ns}	103.18 ^{d}	93.41 ^{e}	ns	2.72	1.377	0.991	0.001	0.317
ADG											
สัปดาห์ที่ 1-2	605 ^{ns}	642 ^{ns}	579 ^{ns}	706 ^{d}	511 ^{e}	ns	13.15	40.060	0.570	0.005	0.403
สัปดาห์ที่ 3-4	824 ^{ns}	754 ^{ns}	852 ^{ns}	862 ^{ns}	758 ^{ns}	ns	10.68	43.328	0.340	0.312	0.662
สัปดาห์ที่ 5-6	717 ^{ns}	690 ^{ns}	677 ^{ns}	817 ^{d}	572 ^{e}	ns	13.77	47.830	0.851	0.004	0.200
ตลอดการทดลอง	678 ^{ns}	687 ^{ns}	681 ^{ns}	767 ^{d}	596 ^{e}	ns	7.19	24.520	0.961	0.001	0.297
ADFI											
สัปดาห์ที่ 1-2	1.80 ^{ns}	1.88 ^{ns}	1.90 ^{ns}	1.95 ^{ns}	1.77 ^{ns}	ns	13.62	0.126	0.842	0.270	0.970
สัปดาห์ที่ 3-4	2.11 ^{ns}	2.37 ^{ns}	2.30 ^{ns}	2.32 ^{ns}	2.20 ^{ns}	ns	4.59	0.051	0.068	0.082	0.059
สัปดาห์ที่ 5-6	2.16 ^{ns}	2.00 ^{ns}	2.23 ^{ns}	2.29 ^{a}	1.96 ^{b}	ns	9.98	0.106	0.351	0.047	0.064
ตลอดการทดลอง	2.07 ^{ns}	2.09 ^{ns}	2.15 ^{ns}	2.19 ^{ns}	1.98 ^{ns}	ns	7.96	0.041	0.742	0.053	0.390
Gain:Feed											
สัปดาห์ที่ 1-2	0.34 ^{ns}	0.34 ^{ns}	0.30 ^{ns}	0.36 ^{a}	0.28 ^{b}	ns	13.81	0.022	0.484	0.022	0.370
สัปดาห์ที่ 3-4	0.39 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.34 ^{ns}	ns	9.48	0.017	0.069	0.176	0.728
สัปดาห์ที่ 5-6	0.33 ^{ns}	0.34 ^{ns}	0.30 ^{ns}	0.35 ^{a}	0.29 ^{b}	ns	12.34	0.020	0.382	0.029	0.919
ตลอดการทดลอง	0.33 ^{ns}	0.33 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.34 ^{d}	0.30 ^{e}	ns	5.94	0.098	0.600	0.006	0.648

ในแนวนอน ^{a,b,c} แสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ^{d,e,f} แสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ns = not-significant

ตารางที่ 2 ค. แสดงผลการตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อความหนาของไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงของสุกรขุน

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยการเสริม CLA			ค่าเฉลี่ยของเพศ		อิทธิพลร่วม	%CV	SEM	Pr>F		
	0%	0.5%	1.0%	เพศผู้ตอน	เพศเมีย				เสริม CLA	เพศ	อิทธิพลร่วม
ความหนาของไขมันสันหลัง											
กระดูกซี่โครงซี่ที่ 1	3.06 ns	3.43 ns	3.49 ns	3.47 ns	3.18 ns	ns	18.07	0.300	0.559	0.425	0.828
กระดูกซี่โครงซี่ที่ 10	2.54 ns	2.48 ns	2.54 ns	2.50 ns	2.54 ns	ns	24.03	0.302	0.985	0.908	0.985
กระดูกซี่โครงซี่สุดท้าย	2.48 ns	2.29 ns	2.04 ns	2.29 ns	2.24 ns	ns	15.29	0.166	0.061	0.317	0.250
กระดูกเอวข้อสุดท้าย	2.23 ns	2.16 ns	2.17 ns	2.29 ns	2.08 ns	ns	22.10	0.241	0.977	0.474	0.662
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน	41.21 ns	36.90 ns	38.58 ns	40.36 ns	37.42 ns	ns	21.45	4.172	0.771	0.563	0.855
เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง	51.80 ns	50.02 ns	50.49 ns	51.11 ns	50.43 ns	ns	5.44	1.382	0.687	0.659	0.611

ในแนวนอน ns = not-significant

ตารางที่ 3 ค. แสดงผลการตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อความแน่น ปริมาณไขมันแทรกและสีในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกรขุน

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยการเสริม CLA			ค่าเฉลี่ยของเพศ		อิทธิพลร่วม	%CV	SEM	Pr>F		
	0%	0.5%	1.0%	เพศผู้ตอน	เพศเมีย				เสริม CLA	เพศ	อิทธิพลร่วม
เนื้อสะโพก											
ความแน่นของเนื้อ (firmness)	168.26 ns	240.18 ns	188.05 ns	210.60 ns	187.06 ns	ns	23.93	24.368	0.290	0.194	0.707
ปริมาณไขมันแทรก (marbling)	2.51 ns	3.17 ns	3.16 ns	3.13 ns	2.76 ns	ns	17.67	0.260	0.258	0.206	0.630
สี ประกอบไปด้วย											
L* value	52.39 ns	51.87 ns	51.72 ns	51.65 ns	52.33 ns	ns	3.19	0.822	0.303	0.822	0.303
a* value	9.36 ns	9.67 ns	10.82 ns	9.74 ns	10.16 ns	ns	17.49	0.870	0.501	0.681	0.378
b* value	3.57 ns	3.55 ns	5.01 ns	3.97 ns	4.11 ns	ns	40.52	0.821	0.411	0.891	0.661
เนื้อสันนอก											
ความแน่นของเนื้อ (firmness)	223.58 ns	183.14 ns	128.57 ns	155.74 ns	201.11 ns	ns	50.40	44.970	0.415	0.384	0.367
ปริมาณไขมันแทรก (marbling)	2.27 ns	3.03 ns	3.37 ns	3.06 ns	2.72 ns	ns	22.63	0.327	0.404	0.126	0.642
สี ประกอบไปด้วย											
L* value	52.99 ns	55.14 ns	53.23 ns	53.63 ns	53.93 ns	ns	7.24	1.948	0.707	0.898	0.826
a* value	7.65 ns	7.64 ns	8.40 ns	8.30 ns	7.68 ns	ns	15.74	0.629	0.706	0.424	0.063
b* value	2.91 ns	3.20 ns	3.08 ns	2.46 ns	3.66 ns	ns	66.36	1.016	0.979	0.346	0.303

ในแนวนอน ns = not-significant

ตารางที่ 4 ค. แสดงผลการตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกรขุน

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยการเสริม CLA			ค่าเฉลี่ยของเพศ		อิทธิพลร่วม	%CV	SEM	Pr>F		
	0%	0.5%	1.0%	เพศผู้ตอน	เพศเมีย				เสริม CLA	เพศ	อิทธิพลร่วม
เนื้อสะโพก											
เปอร์เซ็นต์โปรตีน	22.78 ns	22.57 ns	22.88 ns	23.00 ns	22.49 ns	ns	3.77	0.428	0.875	0.336	0.598
เปอร์เซ็นต์ความชื้น	71.13 ns	71.99 ns	71.65 ns	71.65 ns	71.52 ns	ns	1.33	0.478	0.487	0.810	0.771
เปอร์เซ็นต์เถ้า	1.08 ns	1.16 ns	1.25 ns	1.16 ns	1.16 ns	ns	20.39	0.118	0.630	0.990	0.508
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	4.59 a	3.45 b	3.43 b	4.03 ns	3.61 ns	ns	15.01	0.287	0.046	0.261	0.389
เนื้อสันนอก											
เปอร์เซ็นต์โปรตีน	23.63 ns	23.03 ns	23.60 ns	23.70 ns	23.13 ns	ns	4.14	0.485	0.636	0.353	0.869
เปอร์เซ็นต์ความชื้น	71.27 ns	70.84 ns	70.85 ns	71.08 ns	70.89 ns	ns	0.82	0.294	0.532	0.599	0.878
เปอร์เซ็นต์เถ้า	1.27 ns	1.16 ns	1.31 ns	1.11 ns	1.37 ns	ns	28.92	0.179	0.845	0.259	0.900
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	5.55 d	4.63 e	3.90 f	4.68 ns	4.71 ns	ns	7.90	0.185	0.002	0.881	0.626

ในแนวนอน [a,b,c] แสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[d,e,f] แสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ns = not-significant

ตารางที่ 5 ค. แสดงการตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนปริมาณของ total cholesterol, HDL, LDL และ triglycerides ใน plasma และปริมาณของ cholesterol ในเนื้อของสุกร ขุน

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยการเสริม CLA			ค่าเฉลี่ยของเพศ		อิทธิพลร่วม	%CV	SEM	Pr>F		
	0%	0.5%	1.0%	เพศผู้ตอน	เพศเมีย				เสริม CLA	เพศ	อิทธิพลร่วม
Lipoprotein ใน plasma											
Total cholesterol	3.21 ns	3.03 ns	3.12 ns	3.08 ns	3.16 ns	ns	11.10	0.172	0.765	0.847	0.319
HDL	0.88 ns	0.77 ns	0.77 ns	0.87 ns	0.73 ns	ns	20.28	0.080	0.581	0.188	0.488
LDL	1.18 ns	1.10 ns	1.40 ns	1.07 ns	1.38 ns	ns	17.64	0.114	0.428	0.352	0.725
Triglycerides	0.45 ns	0.42 ns	0.52 ns	0.48 ns	0.45 ns	ns	47.35	0.107	0.825	0.847	0.704
ปริมาณ cholesterol											
เนื้อสะโพก	0.68 ns	0.68 ns	0.70 ns	0.67 ns	0.68 ns	ns	9.25	0.031	0.744	0.727	0.680
เนื้อสันนอก	0.61 ns	0.63 ns	0.60 ns	0.62 ns	0.61 ns	ns	5.56	0.017	0.400	0.688	0.557

ในแนวนอน ns = not-significant

ตารางที่ 6 ค. แสดงการตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันในเนื้อสะโพก (หน่วย: % of total fatty acids)

กรดไขมัน	ค่าเฉลี่ยการเสริม CLA			ค่าเฉลี่ยของเพศ		อิทธิพลร่วม	%CV	SEM	Pr>F		
	0%	0.5%	1.0%	เพศผู้ตอน	เพศเมีย				เสริม CLA	เพศ	อิทธิพลร่วม
C 10:0	0.10 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.09 ^{ns}	ns	16.60	0.008	0.376	0.329	0.911
C 12:0	0.09 ^{b}	0.11 ^{ab}	0.12 ^{a}	0.10 ^{ns}	0.11 ^{ns}	ns	14.37	0.007	0.041	0.492	0.798
C 14:0	1.25 ^{b}	1.68 ^{a}	1.92 ^{a}	1.59 ^{ns}	1.64 ^{ns}	ns	14.42	0.116	0.017	0.767	0.843
C 16:0	23.80 ^{e}	27.93 ^{d}	28.07 ^{d}	26.54 ^{ns}	26.66 ^{ns}	ns	2.97	0.396	0.001	0.812	0.281
C 16:1	3.27 ^{ns}	3.70 ^{ns}	3.80 ^{ns}	3.52 ^{ns}	3.66 ^{ns}	ns	17.94	0.322	0.504	0.716	0.725
C 18:0	10.85 ^{ns}	13.16 ^{ns}	12.49 ^{ns}	11.99 ^{ns}	12.90 ^{ns}	ns	10.46	0.640	0.092	0.519	0.650
C 18:1n9c	41.23 ^{a}	34.44 ^{b}	33.64 ^{b}	36.70 ^{ns}	36.17 ^{ns}	ns	7.95	1.449	0.018	0.761	0.985
C 18:2n6c	15.52 ^{ns}	14.46 ^{ns}	14.27 ^{ns}	14.53 ^{ns}	14.97 ^{ns}	ns	15.89	1.170	0.733	0.755	0.713
C 18:3n3	0.80 ^{ns}	0.77 ^{ns}	0.96 ^{ns}	0.89 ^{ns}	0.80 ^{ns}	ns	31.77	0.134	0.602	0.611	0.609
C 20:0	0.14 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.13 ^{ns}	ns	17.23	0.011	0.379	0.320	0.957
C 20:3n6	0.54 ^{ns}	0.52 ^{ns}	0.54 ^{ns}	0.53 ^{ns}	0.53 ^{ns}	ns	8.80	0.023	0.892	0.906	0.447
C 20:4n6	1.72 ^{ns}	1.24 ^{ns}	1.12 ^{ns}	1.26 ^{ns}	1.46 ^{ns}	ns	42.20	0.287	0.361	0.568	0.845
C 22:6n3	0.64 ^{ns}	0.57 ^{ns}	0.69 ^{ns}	0.58 ^{ns}	0.69 ^{ns}	ns	33.60	0.107	0.747	0.382	0.886
SFA	36.26 ^{e}	43.14 ^{d}	43.04 ^{d}	40.99 ^{ns}	40.63 ^{ns}	ns	3.86	0.792	0.001	0.703	0.308
UFA	63.74 ^{d}	58.86 ^{e}	56.95 ^{e}	59.00 ^{ns}	59.00 ^{ns}	ns	2.67	0.792	0.001	0.702	0.307
SFA:UFA	0.56 ^{e}	0.76 ^{d}	0.75 ^{d}	0.69 ^{ns}	0.69 ^{ns}	ns	6.61	0.023	0.001	0.810	0.279
MUFA	46.22 ^{a}	39.40 ^{b}	38.57 ^{b}	41.48 ^{ns}	41.31 ^{ns}	ns	6.47	1.340	0.012	0.915	0.990
PUFA	17.52 ^{ns}	17.45 ^{ns}	18.38 ^{ns}	17.51 ^{ns}	18.05 ^{ns}	ns	15.54	1.382	0.872	0.746	0.704

ในแนวนอน ^{a,b,c} แสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ^{d,e,f} แสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ns = not-significant

ตารางที่ 7 ค. การตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันในเนื้อสันนอก (หน่วย: % of total fatty acids)

กรดไขมัน	ค่าเฉลี่ยการเสริม CLA			ค่าเฉลี่ยของเพศ		อิทธิพลร่วม	%CV	SEM	Pr>F		
	0%	0.5%	1.0%	เพศผู้ตอน	เพศเมีย				เสริม CLA	เพศ	อิทธิพลร่วม
C 10:0	0.08 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.10 ^{a}	0.08 ^{b}	ns	10.73	0.015	0.158	0.034	0.394
C 12:0	0.09 ^{e}	0.13 ^{d}	0.13 ^{d}	0.12 ^{ns}	0.12 ^{ns}	ns	12.86	0.007	0.008	0.858	0.299
C 14:0	1.32 ^{e}	2.06 ^{d}	2.28 ^{d}	1.89 ^{ns}	1.88 ^{ns}	ns	10.97	0.103	0.001	0.936	0.116
C 16:0	25.16 ^{e}	30.82 ^{d}	29.90 ^{d}	28.84 ^{ns}	28.42 ^{ns}	ns	3.74	0.536	0.001	0.524	0.054
C 16:1	3.18 ^{ns}	3.76 ^{ns}	3.97 ^{ns}	3.80 ^{ns}	3.46 ^{ns}	ns	21.24	0.386	0.860	0.456	0.728
C 18:0	11.95 ^{b}	15.00 ^{a}	14.06 ^{a}	13.83 ^{ns}	13.50 ^{ns}	ns	8.54	0.584	0.025	0.640	0.350
C 18:1n9c	41.57 ^{d}	34.16 ^{e}	33.18 ^{e}	37.22 ^{ns}	35.39 ^{ns}	ns	4.59	0.834	0.001	0.104	0.107
C 18:2n6c	13.70 ^{a}	11.42 ^{b}	10.78 ^{b}	10.78 ^{e}	13.15 ^{d}	ns	8.69	0.520	0.016	0.007	0.828
C 18:3n3	0.71 ^{ns}	0.62 ^{ns}	0.66 ^{ns}	0.61 ^{b}	0.72 ^{a}	ns	8.55	0.028	0.187	0.018	0.187
C 20:0	0.18 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.14 ^{ns}	ns	28.76	0.023	0.189	0.231	0.350
C 20:3n6	0.48 ^{a}	0.40 ^{b}	0.41 ^{b}	0.40 ^{b}	0.46 ^{a}	ns	7.38	0.016	0.024	0.022	0.804
C 20:4n6	1.19 ^{d}	0.50 ^{e}	0.74 ^{e}	0.65 ^{b}	0.97 ^{a}	ns	22.59	0.091	0.005	0.021	0.089
C 22:6n3	0.35 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.50 ^{ns}	0.40 ^{ns}	0.35 ^{ns}	ns	50.41	0.095	0.696	0.696	0.298
SFA	38.79 ^{e}	48.32 ^{d}	46.60 ^{d}	44.98 ^{ns}	44.96 ^{ns}	ns	4.36	0.972	0.001	0.494	0.061
UFA	61.20 ^{d}	51.67 ^{e}	53.39 ^{e}	55.01 ^{ns}	55.83 ^{ns}	ns	3.51	0.972	0.001	0.494	0.061
SFA:UFA	0.63 ^{e}	0.93 ^{d}	0.87 ^{d}	0.82 ^{ns}	0.80 ^{ns}	ns	8.36	0.034	0.001	0.575	0.055
MUFA	45.93 ^{a}	39.19 ^{b}	37.89 ^{b}	41.69 ^{ns}	40.33 ^{ns}	ns	6.47	1.327	0.011	0.408	0.338
PUFA	15.49 ^{ns}	13.23 ^{ns}	15.99 ^{ns}	13.23 ^{b}	15.99 ^{a}	ns	8.73	0.539	0.088	0.011	0.899

ในแนวนอน ^{a,b,c} แสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ^{d,e,f} แสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ns = not-significant

ตารางที่ 8 ค .แสดงการตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อเปอร์เซ็นต์ของการสะสมของ CLA ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก

(หน่วย: % of total fatty acids)

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยการเสริม CLA			ค่าเฉลี่ยของเพศ		อิทธิพลร่วม	%CV	SEM	Pr>F		
	0%	0.5%	1.0%	เพศผู้ตอน	เพศเมีย				เสริม CLA	เพศ	อิทธิพลร่วม
เนื้อสะโพก											
cis9-tran 11 CLA	0.00 [f]	0.80 [e]	1.33 [d]	0.66 [ns]	0.76 [ns]	ns	20.64	0.073	0.001	0.307	0.618
tran10-cis 12 CLA	0.00 [f]	0.29 [e]	0.57 [d]	0.30 [ns]	0.27 [ns]	ns	15.01	0.021	0.001	0.332	0.235
เนื้อสันนอก											
cis9-tran 11 CLA	0.00 [f]	0.77 [e]	1.64 [d]	0.76 [ns]	0.84 [ns]	ns	20.84	0.083	0.001	0.422	0.829
tran10-cis 12 CLA	0.00 [f]	0.37 [e]	0.84 [d]	0.39 [ns]	0.42 [ns]	ns	32.62	0.066	0.001	0.739	0.845

ในแนวนอน [d,e,f] แสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ns = not-significant

ตารางที่ 9 ค. แสดงปริมาณของพลังงาน โปรตีน และไขมันที่สุกรขุนกินได้

	พลังงาน[1/]				โปรตีน[2/]				ไขมัน[3/]			
เสริม CLA	**0 %**	**0.5 %**	**1.0 %**	**ค่าเฉลี่ย[4/]**	**0 %**	**0.5 %**	**1.0 %**	**ค่าเฉลี่ย[4/]**	**0 %**	**0.5 %**	**1.0 %**	**ค่าเฉลี่ย[4/]**
เพศ												
เพศผู้ตอน	7123	6929	7577	**7210[a]**	341	329	362	**344[a]**	73	71	72	**72[ns]**
เพศเมีย	6200	6804	6550	**6518[b]**	297	323	313	**311[b]**	64	68	63	**65[ns]**
ค่าเฉลี่ย[5/]	**6662[ns]**	**6867[ns]**	**7063[ns]**	**ns[6/]**	**319[ns]**	**326[ns]**	**338[ns]**	**ns[6/]**	**69[ns]**	**70[ns]**	**68[ns]**	**ns[6/]**
% CV				6.94				6.95				7.47
SEM				239.24				11.42				2.580
						Pr > F						
การเสริม CLA				0.528				0.639				0.857
เพศ				0.045				0.045				0.059
อิทธิพลร่วมระหว่างการเสริม CLA กับเพศ				0.400				0.463				0.582

หมายเหตุ : [1/] ปริมาณของพลังงานที่สุกรขุนกินได้ต่อตัวต่อวัน (ME, kgcal) [2/] ปริมาณของโปรตีนที่สุกรขุนกินได้ต่อตัวต่อวัน (g)

[3/] ปริมาณของไขมันที่สุกรขุนกินได้ต่อตัวต่อวัน (g)

[4/] ในแนวนอน, คือค่าเฉลี่ยปริมาณของพลังงาน, โปรตีนและไขมันที่สุกรขุนกินได้ต่อตัวต่อวันของเพศ

[5/] ในแนวตั้ง,คือค่าเฉลี่ยปริมาณของพลังงาน, โปรตีนและไขมันที่สุกรขุนกินได้ต่อตัวต่อวันของกลุ่มการทดลอง (เสริม CLA 0, 0.5 และ 1.0 %)

[6/] อิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างการเสริม CLA กับเพศ

[a, b, c] แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ns = not-significant

ตารางที่ 10 ค. แสดงการบริโภคเนื้อส่วนสะโพกและสันนอกของสุกรต่อการได้รับกรดไขมันชนิดต่างๆ

กลุ่มการทดลอง	ปริมาณที่ได้รับ (หน่วย: mg/ 1 กรัมของเนื้อ)					
	ปริมาณไขมันทั้งหมด	SFA[1/]	UFA[2/]	MUFA[3/]	PUFA[4/]	CLA[5/]
เนื้อสะโพก						
กลุ่มควบคุม	45.9	12	21	15	6	0
กลุ่ม 0.5% CLA	34.5	11	15	10	5	0.29
กลุ่ม 1.0% CLA	34.3	11	14	10	5	0.48
เนื้อสันนอก						
กลุ่มควบคุม	55.5	15	24	18	6	0
กลุ่ม 0.5% CLA	46.3	16	17	12	4	0.37
กลุ่ม 1.0% CLA	39.0	13	14	10	4	0.68

หมายเหตุ: [1/] คือ saturated fatty acids

[2/] คือ unsaturated fatty acids

[3/] คือ mono- unsaturated fatty acids

[4/] คือ poly- unsaturated fatty acids

[5/] คือ conjugated linoleic acid

ภาคผนวก ง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทดลองแบบ Factorial in CRD

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

เมื่อกำหนดให้ X คือ ข้อมูลที่ได้รับอิทธิพลของปัจจัย α ที่ระดับ i และปัจจัย β ที่ระดับ j

μ	คือค่าเฉลี่ยของประชากร
α	คือ อิทธิพลของการเสริม CLA ระดับ i
β	คือ อิทธิพลของเพศ ระดับ j
$\alpha\beta$	คือ อิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ของปัจจัย α ที่ระดับ i และปัจจัย β ที่ ระดับ j
ε_{ijk}	คือ ค่าความคลาดเคลื่อนในการทดลอง
i	คือ จำนวนระดับของแฟกเตอร์ที่ 1
j	คือ จำนวนระดับของแฟกเตอร์ที่ 2
k	คือ จำนวนค่าสังเกตในแต่ละทรีทเมนต์

ตารางวิเคราะห์วาเรียนซ์

ตารางที่ 3.1 แสดงผลการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่ออัตราการเจริญเติบโตของสุกรขุน (บทที่ 3)

ADG (ตลอดการทดลอง)

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	95838.57	19167.71	7.97	0.012
การเสริม CLA (A)	2	190.92	95.46	0.04	0.961
เพศ (B)	1	88461.55	88461.55	36.78	0.001
A x B	2	7186.09	3593.04	1.49	0.297
Error	6	14432.68	24205.44		
Total	11	110271.26			
%CV	7.19		R-square	0.86	

ADFI (ตลอดการทดลอง)

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	0.24	0.04	1.72	0.263
การเสริม CLA (A)	2	0.01	0.01	0.31	0.742
เพศ (B)	1	0.16	0.16	5.77	0.053
A x B	2	0.06	0.3	1.10	0.390
Error	6	0.16	0.02		
Total	11	0.4			
%CV	7.96		R-square	0.58	

G:F (ตลอดการทดลอง)

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	0.006	0.001	3.65	0.073
การเสริม CLA (A)	2	0.001	0.001	0.56	0.6
เพศ (B)	1	0.06	0.006	16.2	0.006
A x B	2	0.001	0.001	0.47	0.648
Error	6	0.002	0.001		
Total	11	0.009			
%CV	5.94		R-square	0.75	

ตารางที่ 4.1 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อความหนาของไขมันสันหลัง (Backfat thickness) พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (บทที่ 4)

Backfat,cm (Tenth rib)

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	0.02	0.01	0.02	0.999
การเสริม CLA (A)	2	0.01	0.01	0.02	0.984
เพศ (B)	1	0.01	0.01	0.02	0.901
A x B	2	0.01	0.01	0.01	0.985
Error	6	2.19	0.36		
Total	11	2.22			
%CV	24.03		R-square	0.01	

พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (Loin eye area)

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	86.06	17.21	0.25	0.926
การเสริม CLA (A)	2	37.75	18.87	0.27	0.771
เพศ (B)	1	26.01	26.01	0.37	0.563
A x B	2	22.29	11.14	0.16	0.855
Error	6	417.81	69.63		
Total	11	503.88			
%CV	21.45		R-square	0.17	

เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (Lean percent)

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	16.34	3.26	0.43	0.815
การเสริม CLA (A)	2	6.81	3.4	0.45	0.659
เพศ (B)	1	1.36	1.36	0.18	0.687
A x B	2	8.16	4.08	0.53	0.611
Error	6	45.84	7.64		
Total	11	78.51			
%CV	5.44		R-square	0.26	

ตารางที่ 4.2 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อลักษณะความแน่น (firmness) ปริมาณไขมันแทรก (marbling) และสีในเนื้อสะโพกและสันนอก ของเนื้อสุกร

ความแน่นของเนื้อส่วนสะโพก (firmness of ham)

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	15297.77	3059.55	1.29	0.378
การเสริม CLA (A)	2	10360.2	5180.1	2.18	0.194
เพศ (B)	1	3193.17	3193.17	1.34	0.29
A x B	2	1744.4	872.2	0.37	0.707
Error	6	14251.55	2375.25		
Total	11	29549.33			
%CV	23.96		R-square	0.51	

ปริมาณไขมันแทรกในเนื้อส่วนสะโพก (marbling of ham)

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	1.81	0.36	1.34	0.361
การเสริม CLA (A)	2	1.12	0.56	2.08	0.206
เพศ (B)	1	0.42	0.42	1.56	0.258
A x B	2	0.27	0.13	0.5	0.63
Error	6	1.62	0.27		
Total	11	3.44			
%CV	17.67		R-square	0.52	

ค่า L* ของเนื้อส่วนสันนอก (L* of loin)

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	17.38	3.47	0.23	0.936
การเสริม CLA (A)	2	11.13	5.56	0.37	0.707
เพศ (B)	1	0.27	0.27	0.02	0.893
A x B	2	5.97	2.98	0.2	0.826
Error	6	91.09	15.18		
Total	11	108.47			
%CV	7.24		R-square	0.16	

ค่า a* ของเนื้อส่วนสันนอก (a* of loin)

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	16.64	3.32	2.1	0.196
การเสริม CLA (A)	2	1.16	0.58	0.37	0.706
เพศ (B)	1	1.16	1.16	0.74	0.42
A x B	2	14.3	7.15	4.52	0.063
Error	6	9.5	1.58		
Total	11	26.14			
%CV	15.74		R-square	0.63	

ค่า b* ของเนื้อส่วนสันนอก (b* of loin)

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	16.65	3.33	0.81	0.584
การเสริม CLA (A)	2	0.17	0.08	0.02	0.979
เพศ (B)	1	4.32	4.32	1.04	0.346
A x B	2	12.16	6.08	1.47	0.302
Error	6	24.81	4.13		
Total	11	41.47			
%CV	66.39		R-square	0.40	

ตารางที่ 4.3 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก

เปอร์เซ็นต์โปรตีนสะโพก

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	1.83	0.36	0.5	0.77
การเสริม CLA (A)	2	0.2	0.1	0.14	0.875
เพศ (B)	1	0.8	0.8	1.09	0.16
A x B	2	0.82	0.41	0.56	0.598
Error	6	4.43	0.73		
Total	11	6.26			
%CV	3.77		R-square	0.29	

เปอร์เซ็นต์ความชื้นสะโพก

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	2.04	0.4	0.45	0.803
การเสริม CLA (A)	2	1.49	0.74	0.81	0.487
เพศ (B)	1	0.05	0.05	0.06	0.81
A x B	2	0.49	0.24	0.27	0.771
Error	6	5.5	0.91		
Total	11	7.54			
%CV	1.33		R-square	0.27	

เปอร์เซ็นต์เถ้าสะโพก

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	0.14	0.02	0.5	0.766
การเสริม CLA (A)	2	0.05	0.02	0.5	0.63
เพศ (B)	1	0.01	0.01	0.01	0.99
A x B	2	0.08	0.04	0.76	0.5
Error	6	0.33	0.05		
Total	11	0.47			
%CV	20.39		R-square	0.29	

เปอร์เซ็นต์ของไขมันสันนอก

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	5.643	1.128	8.2	0.0118
การเสริม CLA (A)	2	5.5	2.75	19.97	0.002
เพศ (B)	1	0.003	0.003	0.02	0.881
A x B	2	0.139	0.069	0.51	0.626
Error	6	0.826	0.137		
Total	11	6.47			
%CV	7.9		R-square	0.87	

ตารางที่ 5.1 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อปริมาณ total cholesterol, HDL, LDL และ triglycerides ใน plasma และปริมาณของ Cholesterol ในเนื้อของสุกร

Total cholesterol

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	0.403	0.08	0.68	0.657
การเสริม CLA (A)	2	0.066	0.033	0.28	0.765
เพศ (B)	1	0.004	0.004	0.04	0.847
A x B	2	0.332	0.166	1.39	0.319
Error	6	0.716	0.119		
Total	11	1.12			
%CV	11.1		R-square	0.36	

HDL

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	0.13	0.261	1	0.488
การเสริม CLA (A)	2	0.031	0.015	0.6	0.581
เพศ (B)	1	0.057	0.057	2.2	0.188
A x B	2	0.042	0.021	0.81	0.488
Error	6	0.156	0.026		
Total	11	0.286			
%CV	20.28		R-square	0.45	

LDL

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	0.191	0.038	0.73	0.626
การเสริม CLA (A)	2	0.102	0.051	0.98	0.428
เพศ (B)	1	0.053	0.053	1.02	0.352
A x B	2	0.035	0.017	0.34	0.725
Error	6	0.315	0.052		
Total	11	0.506			
%CV	17.64		R-square	0.37	

Triglycerides

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	0.054	0.01	0.24	0.932
การเสริม CLA (A)	2	0.018	0.009	0.2	0.825
เพศ (B)	1	0.001	0.001	0.04	0.847
A x B	2	0.034	0.017	0.37	0.704
Error	6	0.277	0.046		
Total	11	0.332			
%CV	47.35		R-square	0.16	

Cholesterol ในเนื้อสันนอก

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	0.0042	0.0008	0.72	0.631
การเสริม CLA (A)	2	0.0025	0.0012	1.07	0.4
เพศ (B)	1	0.0002	0.0002	0.18	0.688
A x B	2	0.0015	0.0007	0.65	0.557
Error	6	0.007	0.0011		
Total	11	0.0112			
%CV	5.56		R-square	0.37	

ตารางที่ 5.3 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันในเนื้อส่วนสันนอก

C 10:0

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	0.0011	0.0002	2.93	0.111
การเสริม CLA (A)	2	0.0004	0.0002	2.55	0.158
เพศ (B)	1	0.0006	0.0006	7.36	0.034
A x B	2	0.0002	0.0001	1.09	0.394
Error	6	0.0005	0.0001		
Total	11	0.0018			
%CV	10.73		R-square	0.7	

C 12:0

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	0.0064	0.0012	5.33	0.032
การเสริม CLA (A)	2	0.0057	0.0028	11.83	0.008
เพศ (B)	1	0.0001	0.0001	0.03	0.858
A x B	2	0.0007	0.0003	1.48	0.299
Error	6	0.0014	0.0002		
Total	11	0.0078			
%CV	12.86		R-square	0.81	

C 14:0

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	2.3292	0.4658	10.8	0.005
การเสริม CLA (A)	2	2.0576	1.0288	23.86	0.001
เพศ (B)	1	0.0003	0.0003	0.01	0.936
A x B	2	0.2713	0.1356	3.15	0.116
Error	6	0.2587	0.0431		
Total	11	2.5879			
%CV	10.97		R-square	0.9	

C 16:0

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	49.2737	9.8547	7.8	0.013
การเสริม CLA (A)	2	39.0286	19.5143	15.45	0.004
เพศ (B)	1	0.5633	0.5633	0.45	0.529
A x B	2	9.6818	4.8409	3.83	0.084
Error	6	7.58	1.2633		
Total	11	56.8537			
%CV	4.1		R-square	0.86	

C 16:1

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	2.1127	0.4225	0.71	0.639
การเสริม CLA (A)	2	1.3353	0.6676	1.12	0.386
เพศ (B)	1	0.378	0.378	0.63	0.456
A x B	2	0.3993	0.1996	0.33	0.726
Error	6	3.5851	0.5975		
Total	11	5.6978			
%CV	21.24		R-square	0.37	

C 18:0

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	23.4039	4.6807	3.43	0.082
การเสริม CLA (A)	2	19.6476	9.8238	7.19	0.025
เพศ (B)	1	0.33	0.33	0.24	0.64
A x B	2	3.4263	1.7131	1.25	0.350
Error	6	8.1941	1.3656		
Total	11	31.598			
%CV	8.54		R-square	0.74	

C 18:1n9c

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	197.0267	39.4053	14.16	0.002
การเสริม CLA (A)	2	168.4528	84.2264	30.26	0.001
เพศ (B)	1	10.1384	10.1384	3.64	0.104
A x B	2	18.4355	9.2177	3.31	0.107
Error	6	16.6991	2.7831		
Total	11	213.7258			
%CV	4.59		R-square	0.92	

C 18:2n6c

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	36.0821	7.2164	6.67	0.019
การเสริม CLA (A)	2	18.8587	9.4293	8.71	0.016
เพศ (B)	1	16.8033	16.8033	15.52	0.007
A x B	2	0.4201	0.21	0.19	0.828
Error	6	6.4944	1.0824		
Total	11	42.5765			
%CV	8.69		R-square	0.84	

C 18:3n3

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	0.0622	0.0124	3.82	0.066
การเสริม CLA (A)	2	0.0146	0.0073	2.24	0.187
เพศ (B)	1	0.033	0.033	10.15	0.018
A x B	2	0.0146	0.0073	2.24	0.187
Error	6	0.0195	0.0032		
Total	11	0.0818			
%CV	8.55		R-square	0.76	

C 20:0

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	0.0202	0.004	1.78	0.251
การเสริม CLA (A)	2	0.0101	0.005	2.22	0.189
เพศ (B)	1	0.0044	0.0044	1.94	0.213
A x B	2	0.0057	0.0028	1.26	0.35
Error	6	0.013	0.0022		
Total	11	0.033			
%CV	28.76		R-square	0.59	

C 20:3n6

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	0.0253	0.005	4.9	0.039
การเสริม CLA (A)	2	0.0152	0.0076	7.35	0.024
เพศ (B)	1	0.0096	0.0096	9.32	0.022
A x B	2	0.0004	0.0002	0.92	0.447
Error	6	0.0062	0.001		
Total	11	0.0315			
%CV	7.38		R-square	0.8	

C 20:4n6

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	1.5328	0.3065	9.08	0.009
การเสริม CLA (A)	2	0.9617	0.4808	14.24	0.005
เพศ (B)	1	0.3201	0.3201	9.48	0.021
A x B	2	0.251	0.1255	3.72	0.089
Error	6	0.2026	0.0337		
Total	11	1.7354			
%CV	22.59		R-square	0.88	

C 22:6n3

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	0.2236	0.0447	1.23	0.396
การเสริม CLA (A)	2	0.1095	0.0547	1.51	0.293
เพศ (B)	1	0.006	0.006	0.17	0.696
A x B	2	0.108	0.054	1.49	0.298
Error	6	0.2173	0.0362		
Total	11	0.441			
%CV	50.41		R-square	0.5	

Saturated fatty acids (SFA)

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	243.2337	48.6467	12.85	0.003
การเสริม CLA (A)	2	206.3328	103.1664	27.25	0.001
เพศ (B)	1	2.0008	2.0008	0.53	0.494
A x B	2	34.9	17.45	4.61	0.061
Error	6	22.7184	3.7864		
Total	11	265.9521			
%CV	4.36		R-square	0.91	

Uaturated fatty acids (UFA)

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	243.2337	48.6467	12.85	0.003
การเสริม CLA (A)	2	206.3328	103.1664	27.25	0.001
เพศ (B)	1	2.0008	0.20008	0.53	0.494
A x B	2	34.9	17.45	4.61	0.061
Error	6	22.7184	3.7864		
Total	11	265.9521			
%CV	3.51		R-square	0.91	

SFA : UFA

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	0.2522	0.0504	10.81	0.005
การเสริม CLA (A)	2	0.2052	0.1026	21.99	0.001
เพศ (B)	1	0.0016	0.0016	0.35	0.575
A x B	2	0.0454	0.0227	4.87	0.055
Error	6	0.028	0.0046		
Total	11	0.2802			
%CV	8.36		R-square	0.90	

Mono-unsaturated fatty acids (MUFA)

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	173.7001	34.74	4.93	0.038
การเสริม CLA (A)	2	149.7133	74.8566	10.61	0.01
เพศ (B)	1	5.576	5.576	0.79	0.408
A x B	2	18.4108	9.2054	1.31	0.338
Error	6	42.3151	7.0525		
Total	11	216.0152			
%CV	6.47		R-square	0.8	

Poly-unsaturated fatty acids (PUFA)

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	34.2406	6.8085	4.15	0.056
การเสริม CLA (A)	2	12.2372	6.1186	3.73	0.088
เพศ (B)	1	21.4401	21.4401	13.06	0.011
A x B	2	0.3652	0.1826	0.11	0.896
Error	6	9.8505	1.6417		
Total	11	43.8931			
%CV	8.73		R-square	0.77	

ตารางที่ 5.4 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารสุกรขุนต่อการสะสมของ CLA ในเนื้อส่วนสะโพกและสันนอก

cis 9-tran 11 CLA ส่วนสะโพก

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	3.6664	0.7332	33.73	0.0003
การเสริม CLA (A)	2	3.6167	1.8083	83.17	0.0001
เพศ (B)	1	0.027	0.027	1.25	0.307
A x B	2	0.0226	0.0113	0.52	0.618
Error	6	0.1304	0.0217		
Total	11	3.7968			
%CV	20.64		R-square	0.96	

tran 10-cis 12 CLA ส่วนสะโพก

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	0.6764	0.1352	70.59	0.0001
การเสริม CLA (A)	2	0.6672	0.3336	174.06	0.0001
เพศ (B)	1	0.0021	0.0021	1.11	0.332
A x B	2	0.0071	0.0035	1.86	0.235
Error	6	0.0115	0.0019		
Total	11	0.6879			
%CV	15.01		R-square	0.98	

cis 9-tran 11 CLA ส่วนสันนอก

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	5.4163	1.0832	38.46	0.001
การเสริม CLA (A)	2	5.3846	2.6923	95.58	0.0001
เพศ (B)	1	0.0208	0.0208	0.74	0.422
A x B	2	0.0108	0.0054	0.19	0.829
Error	6	0.169	0.0281		
Total	11	5.5853			
%CV	20.84		R-square	0.96	

tran 10-cis 12 CLA ส่วนสันนอก

Source	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	5	1.4422	0.2884	16.39	0.001
การเสริม CLA (A)	2	1.434	0.717	40.74	0.0001
เพศ (B)	1	0.0021	0.0021	0.12	0.739
A x B	2	0.006	0.003	0.17	0.845
Error	6	0.1056	0.0176		
Total	11	1.5478			
%CV	32.62		R-square	0.93	

ประวัติผู้เขียน

นายเฉลิมพล โยวะ เกิดเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม พ.ศ. 2522 ที่จังหวัดมหาสารคาม ศึกษาระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม จบการศึกษาปีการศึกษา 2540 ศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาเมื่อปี พ.ศ. 2544 จากนั้นทำการศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปีการศึกษา 2545