ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารไก่กระทงต่ออัตราการเจริญเติบโต คุณภาพซาก ส่วนประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทง

นางสาวธนาพร บุญมี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2548
ISBN 974-573-472-3

THE EFFECTS OF CONJUGATED LINOLEIC ACID (CLA) SUPPLEMENTATION ON GROWTH PERFORMANCE, CARCASS QUALITY, FREE FATTY ACID COMPOSITION AND ACCUMULATION OF CLA IN BROILER MEAT.

Thanaporn Bunmee

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 2005

ISBN 974-533-472-3

ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารไก่กระทงต่ออัตราการเจริญเติบโต คุณภาพซาก ส่วนประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รศ. ดร.พงษ์ชาญ ณ ลำปาง)
ประธานกรรมการ

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

(อ. ดร.สมร พรชื่นชูวงศ์)
กรรมการ

(อ. ดร.ปราโมทย์ แพงคำ)
กรรมการ

(รศ. ดร.เสาวณีย์ รัตนพานี)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

ธนาพร บุญมี : ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารไก่กระทงต่ออัตราการเจริญเติบโต คุณภาพซาก ส่วนประกอบของกรดไขมัน และการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทง (THE EFFECTS OF CONJUGATED LINOLEIC ACID (CLA) SUPPLEMENTATION ON GROWTH PERFORMANCE, CARCASS QUALITY, FREE FATTY ACID COMPOSITION AND ACCUMULATION OF CLA IN BROILER MEAT.) อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ. ดร.วิศิษฐิพร สุขสมบัติ, 90 หน้า. ISBN 974-533-472-3

วิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษาผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ลงในอาหารไก่กระทงต่ออัตราการเจริญเติบโต คุณภาพซาก ส่วนประกอบของกรดไขมัน และการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทง โดยใช้ไก่กระทงจำนวน 480 ตัว จัดให้เป็น 4 กลุ่มการทดลอง กลุ่มการทดลองละ 6 ซ้ำ (ซ้ำละ 20 ตัว) โดยให้อาหารทั้งหมด 4 สูตรคือเสริม CLA ในระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 % โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ บันทึกปริมาณอาหารที่กิน และน้ำหนักตัวของไก่กระทงทุกๆ 5 วัน เมื่อไก่กระทงอายุได้ 42 วัน ทำการสุ่มออกมากลุ่มการทดลองละ 30 ตัว ทำการฆ่าชำแหละเพื่อวัดส่วนประกอบและคุณภาพซาก ผลทดลองพบว่าปริมาณการกินได้ต่อตัวต่อวัน ในทุกกลุ่มการทดลองจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ไก่กระทงที่ได้รับอาหารที่มี CLA 1.5% จะมีประสิทธิภาพ ($P<0.01$) และอัตราการเจริญเติบโต ($P<0.05$) ต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางด้านคุณภาพซากพบว่า น้ำหนักมีชีวิต เปอร์เซ็นต์เลือด เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำ เปอร์เซ็นต์หัว เปอร์เซ็นต์คอ เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์เครื่องในรวม เปอร์เซ็นต์กึ๋น เปอร์เซ็นต์หัวใจ เปอร์เซ็นต์สะโพก เปอร์เซ็นต์สะโพกถอดกระดูก เปอร์เซ็นต์อก เปอร์เซ็นต์อกใน เปอร์เซ็นต์ปีกล่าง และเปอร์เซ็นต์โครง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามไก่ที่ได้รับอาหารที่มี CLA มากขึ้นจะมีเปอร์เซ็นต์ขนมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริม CLA อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แต่ในทางตรงกันข้ามกับเปอร์เซ็นต์แข้ง จะพบว่าไก่ที่ได้รับการเสริม CLA จะมีเปอร์เซ็นต์แข้งน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริม CLA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนทางด้านของไขมันในช่องท้อง จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเสริม CLA ในระดับที่สูงขึ้น เปอร์เซ็นต์ตับของไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับการเสริม CLA จะมีเปอร์เซ็นต์ตับเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เปอร์เซ็นต์น่อง เปอร์เซ็นต์น่องถอดกระดูก และเปอร์เซ็นต์ปีกปน จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อได้รับ CLA ในระดับที่สูงขึ้น การเสริม CLA ไม่มีผลต่อ ปริมาณไตรกลีเซอไรด์, คอเลสเตอรอล, HDL คอเลสเตอรอล และ LDL คอเลสเตอรอล ในพลาสมา สำหรับองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่กระทงนั้น พบว่า การเสริม CLA นั้นทำให้ในเนื้อไก่กระทงมีกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่ม

ในเนื้อไก่กระทงมีกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อส่วนสะโพกโดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง มีการและสะสมของ CLA เพิ่มมากขึ้นในทุกชิ้นส่วนของเนื้อไก่กระทงตามระดับของ CLA ที่เสริมเพิ่มขึ้น

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
ปีการศึกษา 2548

ลายมือชื่อนักศึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

THANAPORN BUNMEE : THE EFFECTS OF CONJUGATED LINOLEIC ACID (CLA) SUPPLEMENTATION ON GROWTH PERFORMANCE, CARCASS QUALITY, FREE FATTY ACID COMPOSITION AND ACCUMULATION OF CLA IN BROILER MEAT. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. WISITIPORN SUKSOMBAT Ph.D. 90 PP.
ISBN 974-533-472-3

CONJUGATED LINOLEIC ACID/GROWTH PERFORMANCE/CARCASS QUALITY/FATTY ACID COMPOSITION

The effects of conjugated linoleic aicd (CLA) supplementation on growth performance, carcass quality, free fatty acid composition and accumulation of CLA were investigated in broilers. Four hundred eighty 3-wks-old broilers were assigned to four dietary treatments (20 chicken/replication, 6 replications/treatment), containing 0, 0.5, 1.0 and 1.5% CLA, respectively. Complete randomized design (CRD) was used in the experiment. Feed consumption and body weight were recorded at every five-day period. On day 42, carcass compositions were determined from 30 birds per treatment. There were no significant differences in ADFI among the treatments. However, FCR was highly significant difference ($P<0.01$) and ADG was significantly reduced by a supplement of dietary CLA ($P<0.05$). In terms of carcass quality, live weight and percentages of carcass, blood, drip loss, head, neck, total viscera, gizzard, heart, drumstick, thigh, boneless thigh, breast, inner breast, lower wing and percentages of back and ribs were not influenced by the dietary CLA. However, percentages of feather were significantly reduced ($P<0.01$) when fed with CLA but percentages of shank were

(P<0.01) when fed with CLA but in percentage of shank were significant (P<0.05) increased in accordance with the increased CLA level of dietary CLA. Abdominal fat was highly significant reduced (P<0.01) with increase CLA level in broiler's diets. Percentage of liver weight high significantly increased (P<0.01) after the CLA treatments. Percentage of drumstick and bone less drumstick upper wing were affected significantly (P<0.05) by dietary CLA. CLA treatments have no significant effect on triglyceride, total cholesterol, HDL cholesterol and LDL cholesterol levels in plasma. In terms of free fatty acid composition in broiler's meat, CLA addition significantly increased (P<0.05) saturated fatty acids (SFA), especially thigh muscle, while unsaturated fatty acids unchanged. Accumulation of CLA in meat were significantly increased (P<0.05) with increasing CLA level in the diet.

School of Animal Production Technology Student's Signature T. Bunmee

Academic Year 2005 Advisor's Signature W. Sk

Co-advisor's Signature Samorn

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนวคิดที่เป็นประโยชน์ทั้งในด้านวิชาการและด้านการดำเนินการวิจัย ตลอดจนคำแนะนำในการเขียนการตรวจแก้วิทยานิพนธ์ และสนับสนุนค่าใช้จ่ายต่างๆในการวิจัยครั้งนี้

- อาจารย์ ดร. สมร พรชื่นชูวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

- ขอขอบคุณพี่ๆ บุคคลากรประจำอาคารเครื่องมือ 1 และ 3 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการใช้อุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ และคำแนะนำในการทำวิจัยนี้มาโดยตลอด

- คุณพิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์ คุณรักศักดิ์ เสริมศักดิ์ คุณศุภรัตน์ วัลกานนท์ คุณบรรณญัติ บริบรูณ์ คุณศรัณย์ กำจัดโรค คุณจักษดา ธำรงวุฒิ คุณพงษ์ธนวัฒน์ เข็มทอง คุณสถาพร พลายโถ คุณมงคล อินทร์ตา คุณศรัณย์ สืบประเสริฐกุล และเพื่อนๆ พี่ๆน้องๆชาวธรรมศาสตร์ที่ได้ให้กำลังใจและช่วยเหลือด้วยดีมาโดยตลอด

- คุณเฉลิมพล โยวะ คุณปิตุนาถ หนูเสน คุณสุรัสสา สมิตะโยธิน คุณชิดชนก นวลฉิมพลี คุณเอกพล ศิริกุล เพื่อนร่วมเรียนระดับปริญญาโทที่ให้กำลังใจ กำลังกาย ให้คำปรึกษาและคำแนะนำมาโดยตลอด

- ขอขอบพระคุณบริษัท BASF (Thai) Limited ที่ให้ความอนุเคราะห์ CLA เพื่อใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

- ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติๆ ทุกคนที่ให้การอุปการะเลี้ยงดู อบรมและส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดีมาโดยตลอด ทำให้ข้าพเจ้ามีความรู้ ความสามารถ มีจิตใจที่เข้มแข็งและช่วยเหลือตัวเองได้จนประสบความสำเร็จในชีวิตตลอดมา

ธนาพร บุญมี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)..... ก
บทคัดย่อ(ภาษาอังกฤษ)..... ค
กิตติกรรมประกาศ..... จ
สารบัญ..... ฉ
สารบัญตาราง..... ฎ
สารบัญภาพ..... ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ..... ฐ
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1.ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย..... 2
1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย..... 2
1.5 ขอบเขตของการวิจัย..... 2
1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย..... 2
1.7 รายการอ้างอิง..... 3
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4
2.1 บทนำ..... 4
2.2 Conjugated linoleic acid (CLA)..... 5
2.2.1 แหล่งของ CLA..... 6
2.2.2 ผลของ CLA ต่อสุขภาพ..... 7
2.2.2.1 คุณสมบัติเป็นสารยับยั้งการเกิดโรคมะเร็ง..... 7
2.2.2.2 คุณสมบัติเป็น antioxidant..... 7
2.2.2.3 ป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ..... 7
2.2.2.4 เพิ่มการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อและลดการสะสมของไขมัน..... 8
2.2.2.5 มีคุณสมบัติเป็นสาร anti-diabetic..... 8

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.3 ผลของ CLAต่อเมตาบอลิซึมของกรดไขมัน 8
2.2.3.1 ผลต่อกรดไขมันอิ่มตัว 8
2.2.3.2 ผลต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัว 9
2.2.3.3 ผลต่อการใช้พลังงาน 9
2.2.3.4 ผลต่อ Fatty acid oxidation 9
2.2.3.5 ผลต่อการสังเคราะห์เนื้อเยื่อไขมัน 10
2.3 กรดไขมัน 10
2.3.1 คุณสมบัติของกรดไขมัน 10
2.3.2 หน้าที่ของไขมัน 11
2.3.3 โคเลสเตอรอล 12
2.4 การย่อยไขมัน 13
2.5 การดูดซึมและการขนย้ายไขมัน 13
2.5.1 ประเภทของการดูดซึมไขมัน 14
2.5.1.1 กรดไขมันชนิดโมเลกุลสั้น และสั้นปานกลาง 14
2.5.1.2 กรดไขมันชนิดโมเลกุลยาว 14
2.5.1.3 การดูดซึมคลอเลสเตอรอลและสเตอรอลอื่นๆ 15
2.6 การขนย้ายลิปิด 15
2.6.1 ไลโปโปรตีน 16
2.7 การพาไขมันไปในร่างกายสัตว์ 16
2.7.1. กรดไขมันที่มีคาร์บอนน้อยกว่า 10-12 ตัว และกลีเซอรอลอิสระ 17
2.7.2. กรดไขมันที่มีคาร์บอนมากกว่า 12 ตัว และ monoglycerides 17
2.7.2.1 สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 17
2.7.2.2 สัตว์ปีก 17
2.8 กรดไขมันอิสระ 17
2.9 ความต้องการโภชนะของสัตว์ปีก 18
2.9.1 ความต้องการน้ำ 18

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.9.2 ความต้องการพลังงาน 19
2.9.2.1 ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ 20
2.9.2.2 ความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต 21
2.9.2.3 ความต้องการพลังงานเพื่อการให้ผลผลิต 22
2.9.3 แหล่งพลังงานในอาหารสัตว์ปีก 22
2.9.4 ความต้องการพลังงานและการกินอาหาร 23
2.9.5 ความต้องการโปรตีนและกรดอะมิโน 24
2.9.6 ความต้องการวิตามิน 24
2.9.7 ความต้องการ แร่ธาตุ 24
2.10 พลังงานจากการเมทาบอลิซึมของกรดไขมัน 25
2.10.1 พลังงานจากกลีเซอรอล 26
2.10.2 พลังงานจากกรดไขมัน 26
2.11 ผลของ CLA ที่มีต่อไก่กระทง 26
2.12 รายการอ้างอิง 28
บทที่ 3 การศึกษาผลของ CLA ที่ระดับต่างๆต่ออัตราการเติบโต
และคุณภาพซากของไก่กระทง 33
3.1 บทคัดย่อ 33
3.2 คำนำ 33
3.3 วัตถุประสงค์ 34
3.4 อุปกรณ์และวิธีการ 34
3.4.1 การจัดการสัตว์ทดลองและอาหารทดลอง 34
3.4.2 วิธีการทดลองและเก็บข้อมูล 35
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 36
3.6 สถานที่ทำการทดลอง 36
3.7 ระยะเวลาในการทำทดลอง 36

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.8 ผลการทดลอง 36
3.8.1 ผลของการเสริม CLA ต่ออัตราการเจริญ 36
3.8.2 ผลของการเสริม CLA ต่อคุณภาพซาก 37
3.9 วิจารณ์ผลการทดลอง 43
3.10 สรุปผลการทดลอง 45
3.11 รายการอ้างอิง 46
บทที่ 4 ศึกษาผลของ CLA ที่ระดับต่างๆต่อองค์ประกอบทางเคมีและองค์ประกอบของกรดไขมันของเนื้อไก่กระทง 49
4.1 บทคัดย่อ 49
4.2 คำนำ 49
4.3 วัตถุประสงค์ 50
4.4 อุปกรณ์และวิธีการ 50
4.4.1 การเตรียมตัวอย่างเนื้อไก่กระทง 50
4.4.2 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความชื้น 50
4.4.3 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์โปรตีน 50
4.4.4 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ไขมัน 51
4.4.5 การวิเคราะห์ส่วนประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA 51
4.4.6 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์เถ้า 53
4.4.7 การวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด 54
4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 54
4.6 สถานที่ทำการทดลอง 55
4.7 ระยะเวลาในการทำทดลอง 55
4.8 ผลการทดลอง 55
4.8.1 ปริมาณความชื้น 55
4.8.2 ปริมาณโปรตีน 55
4.8.3 ปริมาณไขมัน 55

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.8.4 ส่วนประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA 59
4.8.5 ปริมาณเถ้า 73
4.8.6 ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด 73
4.9 วิจารณ์ผลการทดลอง 76
4.10 สรุปผลการทดลอง 78
4.11 รายการอ้างอิง 79
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 81
ภาคผนวก ก 83
ภาคผนวก ข 86
ประวัติผู้เขียน 90

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ผลของการเสริม CLA ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่กระทง 27
3.1 ผลการเสริม CLA ต่ออัตราการเจริญเติบโต 39
3.2 ผลการเสริม CLA ต่อคุณภาพซากของไก่กระทง 40
3.3 ผลการเสริม CLA ต่อเปอร์เซ็นต์เครื่องในของไก่กระทง 41
3.4 ผลการเสริม CLA ต่อเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนของไก่กระทง 42
4.1 ผลการเสริม CLA ต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อสะโพก
เนื้ออกและเนื้อน่องของไก่กระทง 56
4.2 ผลการเสริม CLA ต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนของเนื้อสะโพก
เนื้ออกและเนื้อน่องของไก่กระทง 57
4.3 ผลการเสริม CLA ต่อเปอร์เซ็นต์ไขมันของเนื้อสะโพก
เนื้ออกและเนื้อน่องของไก่กระทง 58
4.4 ผลการเสริม CLA ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อสะโพกของไก่กระทง 60
4.5 ผลของการเสริม CLA ต่อการสะสมของ CLA ในเนื้อสะโพกของไก่กระทง 63
4.6 ผลการเสริม CLA ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อน่องของไก่กระทง 64
4.7 ผลของการเสริม CLA ต่อการสะสมของ CLA ในเนื้อน่องของไก่กระทง 67
4.8 ผลการเสริม CLA ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้ออกของไก่กระทง 68
4.9 ผลของการเสริม CLA ต่อการสะสมของ CLA ในเนื้อหน้าอกของไก่กระทง 71
4.10 ผลการเสริม CLA ต่อเปอร์เซ็นต์เถ้าของเนื้อสะโพก เนื้ออกและเนื้อน่อง 73
4.11 ผลการเสริม CLA ต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด 74

ตารางผนวกที่

1 ส่วนประกอบของอาหารไก่กระทงในระยะ 3-6 สัปดาห์ ที่ทำการเสริมด้วย 60% CLA 84
2 ส่วนประกอบของกรดไขมันในอาหารของไก่กระทงที่ทำการเสริมด้วย 60% CLA 85
3 การวิเคราะห์วาเรียนซ์ของอัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทงที่ได้รับการเสริม CLA
และอาหารสูตรทดลอง 88

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 โครงสร้างทางเคมีของ linoleic acid และ conjugated linoleic acid (CLA) 6
2.2 กระบวนการ Hydrogenation 7

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ADFI	=	Average daily feed intake
ADG	=	Average daily gain
BHT	=	Butylated hydroxytoluene
BMR	=	basal metabolic rate
BWG	=	Body weight gain
CF	=	Crude fiber
CLA	=	Conjugated linoleic acid
CP	=	Crude protein
CRD	=	Completely randomized design
C 14:0	=	Myristic acid
C 16:0	=	Palmitic acid
C 16:1	=	almitoleic acid
C 17:0	=	Heptadecanoic acid
C 18:0	=	Stearic acid
C 18:2n6c	=	linoleic acid
C 18:3n6	=	γ-Linoleic acid
C22:6n3	=	cis 4, 7, 10, 13, 16, 19- Docosahexaenoic acid
EE	=	Ether extract
EPA	=	Eicosapentacnoic acid
FCR	=	Feed conversion ratio
HDL	=	High density lipoprotein

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

LDL	=	Low density lipoprotein
ME	=	metabolizable energy
MUFA	=	Monounsaturated fatty acid
NRC	=	Nation research council
NSP	=	non starch polysaccharide
$PRAR_s$	=	Peroxisomal proliferators-activated receptors
PUFA	=	Polyunsaturated fatty acid
RQ	=	Respiratory quotient
SFA	=	Saturated fatty acid
TME	=	true metabolizable energy
VLDL	=	Very low density lipoprotein

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่กระทงขยายตัวเนื่องจาก ผู้บริโภคนิยมรับประทานเนื้อไก่มากขึ้น เพราะเนื้อไก่ง่ายต่อการเตรียมและการบริโภค อีกทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์ เช่น กรดลิโนลีอิก เป็นต้น สารอาหารที่มีอยู่ในเนื้อไก่นี้เหมาะสมกับความต้องการของเด็กและผู้ใหญ่ พลังงานที่ให้ต่อ 1 หน่วยบริโภคอยู่ในเกณฑ์ต่ำ คือ ประมาณ 151 แคลอรี่ต่อเนื้อไก่ 100 กรัม ส่วนทางด้านโปรตีนนั้น จัดว่าโปรตีนที่มีอยู่ในเนื้อไก่เป็นโปรตีนที่ย่อยง่ายและอุดมไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย จากความนิยมในการบริโภคเนื้อไก่นี้ส่งผลให้เกิดการพัฒนาความรู้ในเรื่องเกี่ยวกับการจัดการ พันธุกรรม และอาหารที่ใช้เลี้ยงมากยิ่งขึ้น แต่เนื่องจากไก่กระทงเป็นสัตว์ที่เจริญเติบโตเร็วและมีการสะสมของไขมันมาก ถ้ามีการจัดการอาหารให้แก่ไก่กระทงไม่ดี ไก่ได้รับอาหารมากเกินไปจะส่งผลให้มีการสะสมไขมันมาก โดยเฉพาะไขมันในช่องท้อง ซึ่งจะขัดแย้งกับความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคอาหารที่มีปริมาณไขมันต่ำ นอกจากนี้การบริโภคไขมันในปริมาณที่สูงจะก่อให้เกิดโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือดได้ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาหาวิธีการที่จะลดปริมาณไขมันในเนื้อไก่ โดยพบว่าการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารไก่กระทงสามารถลดปริมาณไขมันในเนื้อไก่กระทงได้ (Szymczyk et al., 2001 และ Du and Ahn, 2002) และยังพบว่า CLA ยังสามารถสะสมในเนื้อไก่กระทง ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคสามารถได้รับ CLA ในประมาณที่มากขึ้น CLA นี้มีคุณสมบัติในการลดการเกิดโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด และโรคมะเร็งได้อีกด้วย โดย Badinga et al. (1999) และ Du and Ahn (2002) พบว่า การเสริม CLA ที่ระดับต่างๆในไก่กระทงสามารถลดปริมาณไขมันในซากไก่กระทง และยังสามารถสะสมในเนื้อไก่กระทงได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงมุ่งที่จะศึกษาผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงต่ออัตราการเจริญเติบโต คุณภาพซาก ส่วนประกอบของกรดไขมัน และการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ ต่ออัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทง
2. เพื่อศึกษาผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆต่อคุณภาพซากของไก่กระทง
3. เพื่อศึกษาผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆต่อส่วนประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทง

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1. การเสริม CLA ในอาหารไก่กระทง มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต
2. การเสริม CLA ในอาหารไก่กระทง สามารถปรับปรุงคุณภาพซากของไก่กระทงได้
3. การเสริม CLA ในอาหารไก่กระทง สามารถทำให้ส่วนประกอบของกรดไขมันเปลี่ยนแปลงไป
4. การเสริม CLA ในอาหารไก่กระทง ทำให้มีการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทงมากขึ้น

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

conjugated linoleic acid, growth performance, carcass quality, fatty acid composition

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้มุ่งเน้นที่จะศึกษาผลของการเสริม CLA ลงในอาหารไก่กระทงที่ระดับต่างๆ ภายใต้การเลี้ยงในสภาพปกติ เพื่อที่จะดูผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโต คุณภาพซาก ส่วนประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทง

1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับจากงานวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงต่ออัตราการเจริญเติบโต
2. ทำให้ทราบถึงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงต่อคุณภาพซากของไก่
3. ทำให้ทราบถึงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อส่วนสะโพก น่อง หน้าอกของไก่กระทงและการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทง

1.7 รายการอ้างอิง

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

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

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

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

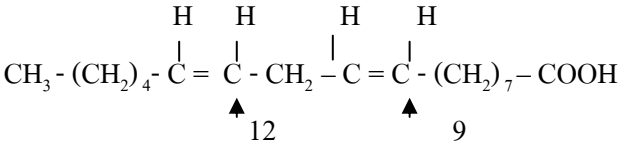
2.1 บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ปีกของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลี้ยงไก่ ในระยะ 20 ปีที่ผ่านมาได้ขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากปริมาณการเลี้ยงประมาณ 200 ล้านตัวในปี 2520 เป็นประมาณ 900 ล้านตัวในปี 2535 หรือขยายตัวเพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 25 ต่อปี (สาโรช, 2542) ปัจจัยที่เกื้อหนุนที่ส่งเสริมให้เกิดความก้าวหน้าในการผลิตไก่ที่สำคัญ ได้แก่ ความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่องในการพัฒนาสายพันธุ์ เทคโนโลยีการเลี้ยง และที่สำคัญที่สุดคือ ความรู้ด้านวิชาการอาหารสัตว์ จวบจนปัจจุบันผู้เลี้ยงสามารถผลิตไก่เนื้อได้น้ำหนักกว่า 2.3 กิโลกรัม ด้วยประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารต่ำกว่า 1.93 ภายในเวลา 7 สัปดาห์ ด้วยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ความต้องการโภชนะย่อมมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย รวมกับทั้งการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของผลผลิตสัตว์ปีกตามความต้องการของผู้บริโภคและข้อเรียกร้องในด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของประชาคมโลก นักโภชนศาสตร์อาหารสัตว์ยุคปัจจุบันจึงต้องปรับสูตรอาหารตลอดจนวิธีการจัดการด้านอาหารสัตว์ปีกให้สามารถผลิตได้ด้วยประสิทธิภาพสูงสุด ได้ผลิตภัณฑ์เนื้อและไข่ที่ไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค ตลอดจนลดมลภาวะจากสิ่งขับถ่ายให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะยอมรับได้

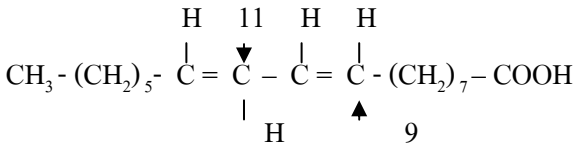
จากความพยายามที่จะทำให้สมรรถภาพในการผลิตไก่กระทงให้สูงขึ้นและตรงตามความต้องการของตลาดที่ต้องการให้ได้ปริมาณเนื้อไก่ที่มาก ทำให้พบว่ามีสารบางตัวที่ทำให้ไก่เจริญเติบโตดีและมีปริมาณเนื้อมากแต่มีไขมันน้อย หนึ่งในนั้นก็คือ conjugated linoleic acid ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์ต่อร่างกายสัตว์ ทำให้สัตว์แข็งแรงมีความต้านทานโรคมากขึ้น(Mark et al., 2001) สามารถลดปริมาณไขมันหน้าท้องและไขมันในเนื้อไก่ได้(Du and Ahn, 2002) อีกทั้งยังมีประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์ คือ สามารถป้องกันการเกิดโรคเส้นเลือดหัวใจอุดตัน ลดคอเลสเตอรอลในเส้นเลือดได้

2.2 Conjugated linoleic acid (CLA)

Conjugated linoleic acid (CLA) ถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1987 ซึ่งสกัดได้ จากเนื้อโค สารที่พบมีคุณสมบัติต่อต้านการเกิดอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดก้อนมะเร็ง (Pariza et al., 1987) จากการค้นพบครั้งนี้จึงได้เริ่มมีการวิจัยถึงคุณสมบัติของ CLA ในด้านต่างๆพบว่า CLA เป็นกรดไขมันที่อยู่ในกลุ่มไอโซเมอร์ของ linoleic acid (octadecadienoic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันจำเป็นที่มีโครงสร้างตรงตำแหน่งพันธะคู่ (double bond) 2 ตำแหน่งและมีพันธะเดี่ยวคั่นอยู่ตรงกลางเพียง 1 ตำแหน่ง โดยจะมีอยู่ประมาณ 16 ไอโซเมอร์ ในธรรมชาติจะพบมากที่สุดเพียง 2 ไอโซเมอร์ คือ cis-9, tran-11-octadecadienoic acid และ trans-10, cis-12-octadecadienoic acid ปกติเราสามารถพบ CLA ในเนื้อสัตว์เคี้ยวเอื้อง และผลิตภัณฑ์จากนม เนื่องจาก CLA สามารถสังเคราะห์ได้จากจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Dhiman et al., 1999) ส่วนในสัตว์กระเพาะเดี่ยวจะมีปริมาณ CLA ในร่างกายเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทำให้ CLA มีอีกชื่อที่ใช้เรียกกันว่า ruminic acid (Kramer et al., 1998) และมีรายงานว่า CLA สามารถเพิ่มขึ้นได้ในระหว่างกระบวนการปรุงอาหารอีกด้วย (Grimm et al., 1989) แต่ในกระบวนการผลิตทางการค้านั้นจะใช้วิธีการเตรียม CLA จากกรดลิโนลิอิก (linoleic acid) ในสภาพที่เป็นด่าง มนุษย์เราต้องการ CLA วันละ 1.5-3.0 กรัม แต่มนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์ CLA ได้จึงต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น (Decker, 1995) นอกจากนี้ Ip et al. (1991) ได้ทำการประเมินว่ามนุษย์ได้รับ CLA จากการบริโภคอาหารเพียง 0.5-1.0 กรัมต่อวัน ขึ้นอยู่กับเพศและลักษณะอาหารที่กิน ซึ่งนับว่ายังไม่เพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์ และเนื่องจาก CLA เป็นสารที่มีคุณประโยชน์ต่อมนุษย์มาก คือ เป็นสาร anticarcinogen หรือสารยับยั้งการพัฒนาของเซลล์มะเร็ง (Ip et al., 1994) อีกทั้งยังเป็นสารที่สามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเส้นเลือดได้อีกด้วย (Rase et al., 2002) นอกจากนี้มีรายงานว่า CLA ยังสามารถลดปริมาณไขมันที่อยู่ในร่างกายและเพิ่มปริมาณเนื้อแดงในสัตว์ species ต่างๆ เช่น หนู (Park et al., 1997 และ Delany et al., 1999) สุกร (Dugan et al., 1997) และในสัตว์ปีก (Szymczyk et al., 2001) ซึ่ง CLA ไปมีผลต่อเอนไซม์และกระบวนการที่ซับซ้อนของการเมทาบอลิซึมและการสะสมของไขมัน (Park et al., 1997 และ West et al., 1998) และในการศึกษาทางด้านทางโภชนศาสตร์พบว่า CLA isomer สามารถถูกดูดซึมและรวมตัวเข้ากับ phospholipids ในเยื่อหุ้มเซลล์ได้ (Banni et al., 1996) นอกจากนี้ CLA ยังสามารถสะสมในเนื้อเยื่อของสัตว์ได้ในปริมาณที่มากกว่าที่สัตว์ได้รับเข้าไป (Ip et al, 1994 และ Banni et al., 1996) ในไก่ไข่ CLA ยังสามารถเข้าไปถูกสะสมอยู่ในไข่ได้มากกว่าที่ไก่ได้รับจากอาหารถึง 5 % (Chamruspollert and Sell, 1999) ดังนั้นการเลี้ยงสัตว์ด้วยอาหารสัตว์ที่มี CLA ร่วมอยู่นั้นจะเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับเนื้อสัตว์ และเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคด้วย



Linoleic acid

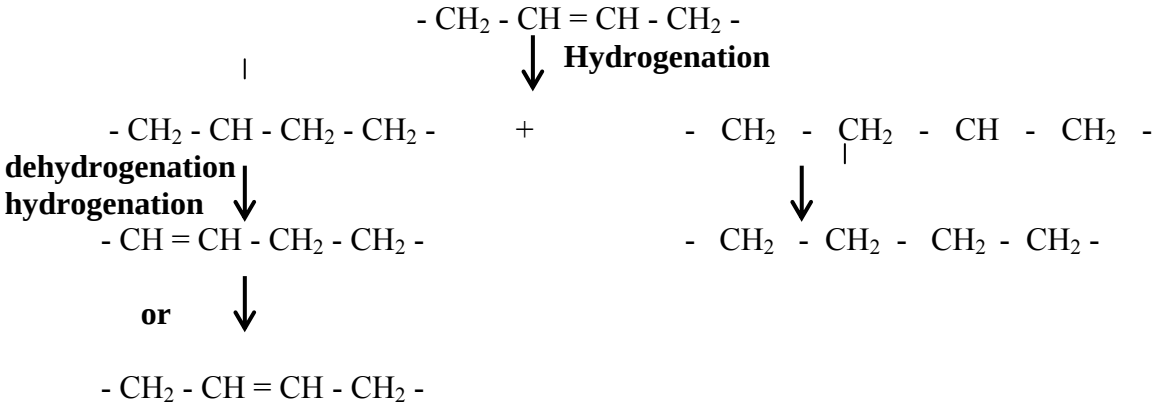


Conjugated linoleic acid (CLA)

ภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างทางเคมีของ linoleic acid และ conjugated linoleic acid (CLA)
(Gregory and Kelley,
http://www.vivapharm.gr/pdf/Conjugated%20Linoleic%20Acid.pdf, 2001)

2.2.1 แหล่งของ CLA

CLA จะพบมากในผลิตภัณฑ์จากสัตว์เคี้ยวเอื้อง ได้แก่ เนื้อโค และนม ซึ่งจะเกิดจากการสังเคราะห์ของจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะรูเมน โดย Kepler et al. (1966) พบว่า CLA ถูกสังเคราะห์ขึ้นจากขั้นตอนแรกของ biohydrogenation ของ linoleic acid โดย linoleic acid isomerase ของแบคทีเรีย *Butyrivibrio frisolvens* Ha et al. (1989) รายงานว่า ปริมาณ CLA จะเพิ่มขึ้นประมาณ 5 เท่าในระหว่างการปรุงอาหารพวกเนื้อโค และเพิ่มขึ้น 2-3 เท่าในการทำเนยจากนม ถึงแม้ว่าปริมาณของ CLA จะเพิ่มขึ้นในระหว่างการปรุงอาหาร แต่กลไกการเปลี่ยน linoleic acid ไปเป็น conjugated linoleic acid ในระหว่างการปรุงอาหารนั้นยังไม่สามารถอธิบายได้อย่างแน่ชัด แต่ในการสังเคราะห์ CLA ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนิยมใช้การทำปฏิกิริยา hydrogenation เติมอะตอมของไฮโดรเจนเข้าไปในโมเลกุลของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว ซึ่งจะทำให้ไขมันนั้นมีจุดหลอมเหลวสูงขึ้น จากปฏิกิริยาเคมีในภาพที่ 2 นี้ เป็นการเติมไฮโดรเจนเข้าไปที่พันธะคู่ของสายคาร์บอน จะทำให้เกิดไขมันอิ่มตัว และเมื่อเราขจัดไฮโดรเจนออกมา (dehydrogenation) ก็จะทำให้เกิดพันธะคู่อีกครั้ง



ภาพที่ 2 แสดงกระบวนการ Hydrogenation (Lobb and Chow, 2000)

2.2.2 ผลของ CLA ต่อสุขภาพ

2.2.2.1 คุณสมบัติเป็นสารยับยั้งการเกิดโรคมะเร็ง

Ip et al. (1994) รายงานว่า CLA มีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งการเกิดโรคมะเร็งเช่นเดียวกับน้ำมันตับปลา โดยสามารถยับยั้งการพัฒนาเซลล์มะเร็งในเต้านมหนูได้และยังสามารถป้องกันการเกิดโรคมะเร็งได้ Sugano et al. (1997) รายงานว่า CLA สามารถลดความเข้มข้นของ prostaglandin E_2 และ leukotriene 4 ในซีรัมและม้ามของหนู ซึ่ง prostaglandin E_2 มีผลกระตุ้นการเกิดมะเร็งเต้านมเพราะสามารถกระตุ้นและยับยั้งปัจจัยที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของ epithelium cell เต้านมได้ ส่งผลให้ CLA ยับยั้งการพัฒนาของเซลล์มะเร็งเต้านมได้

2.2.2.2 คุณสมบัติเป็น antioxidant

Ha et al. (1990) พบว่า CLA มีคุณสมบัติเป็น antioxidant มากกว่าวิตามินอี หรือ α- tocopherol และมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับ butylated hydroxytoluene (BHT) โดย CLA เข้าไปเป็นองค์ประกอบของ phospholipids ในเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้ป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ (free radical) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.2.3 ป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ

Lee et al. (1994) รายงานว่า CLA จะทำให้ระดับ LDL cholesterol และ triglycerides ในเลือดลดน้อยลง ซึ่งระดับของ LDL cholesterol ในเลือดสามารถบ่งบอกถึงอัตราเสี่ยงการเป็นโรคหัวใจได้ โดยผู้ที่มีระดับ LDL cholesterol สูงกว่า 1.6 mmol / lit จะมีความเสี่ยงที่จะเกิดโรคหัวใจได้มากกว่า 50% Bengt et al. (2004) ได้รายงานว่า CLA สามารถปรับปรุงกระบวนการเมทาบอลิซึมของผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับกระบวนการเมทาบอลิซึมในร่างกาย ทำให้ความเสี่ยงที่จะเป็นโรคหัวใจขาดเลือดลดลง

2.2.2.4 เพิ่มการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อและลดการสะสมของไขมัน

จากการศึกษาในสัตว์ที่กำลังเจริญเติบโตพบว่า CLA สามารถลดการสะสมของไขมันและเพิ่มมวลของกล้ามเนื้อในร่างกายสัตว์ได้ (Delany et al., 1999; Park et al., 1997 และ Yamasaki et al., 1999) พบว่า CLA ในระดับ 0.5-1.0% ของอาหารจะทำให้หนูมีไขมันสะสมในร่างกายลดลงอย่างรวดเร็ว และยังเพิ่มมวลกล้ามเนื้อของหนูได้ (Delany et al., 1999) เนื่องจาก CLA มีผลต่อฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์และเพิ่มระดับ insulin ในร่างกาย ซึ่งทำให้ anabolic rate ของการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Henrietta et al. (2000) ที่ทำการทดลองในผู้หญิงที่มีน้ำหนักมากกว่า 60 กิโลกรัม พบว่าสามารถลดมวลไขมันในร่างกายและทำให้มีมวลกล้ามเนื้อมากขึ้น โดย CLA มีผลทำให้การหลั่งของฮอร์โมน leptin ลดลง ซึ่งฮอร์โมน leptin เป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการสะสมของไขมันในเนื้อเยื่อไขมัน และ CLA ยังมีผลต่อการทำงานของ peroxisomal proliferators-activated receptors (PPARs) ซึ่งเป็นตัว receptor ของฮอร์โมนสเตอรอยด์ ทำให้เกิดการสลายตัวของไขมันในเนื้อเยื่อไขมันมากขึ้นและยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ไขมันอีกด้วย Park et al. (1997) พบว่า CLA มีผลต่อการขยายตัวของ preadipocyte cell โดยจะไปลดการทำงานของเอนไซม์ lipoprotein lipase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ไขมันและไตรกลีเซอไรด์ทำให้การสะสมของไตรกลีเซอไรด์ลดลงและเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ carnitine palmitoyl transferase ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญในกระบวนการสลายไขมันในร่างกาย ทำให้เกิดการสลายตัวของไขมันมากขึ้น

2.2.2.5 มีคุณสมบัติเป็นสาร anti-diabetic

จากการทดลองของ Delany et al. (1999) พบว่า CLA มีผลต่อฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์และเพิ่มระดับ insulin ทำให้ยับยั้งการเกิดโรคเบาหวานได้โดยลดระดับของกลูโคสในเลือด สอดคล้องกับการทดลองของ West et al. (2000) ได้ทำการทดลองในหนู พบว่าหนูที่ได้รับ CLA มีระดับของกลูโคสในซีรัมน้อยกว่าและมีความเข้มข้นของฮอร์โมนอินซูลินในกระแสเลือดมากกว่าในหนูที่ไม่ได้รับ

2.2.3 ผลของ CLA ต่อเมตาบอลิซึมของกรดไขมัน

2.2.3.1 ผลต่อกรดไขมันอิ่มตัว

Rase et al. (2002) ได้ทำการทดลองในไก่ไข่พบว่า CLA มีผลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ 9-desaturase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เปลี่ยนกรดไขมันอิ่มตัวให้ไปเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวพวก monounsaturated fatty acids (MUFA) ทำให้กรดไขมันอิ่มตัวเหล่านั้นไม่สามารถเปลี่ยนเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้ จากการเพิ่มขึ้นของ saturated fatty acids (SFA) ในอาหาร และการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ 9-desaturase ของ CLA ดังนั้นจึงส่งผลให้ไข่แดงมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่ม

มากขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของChamruspollert and Sell (1999) ที่พบว่า การเสริม CLA ลงในอาหารไก่ไข่แล้วทำให้ไข่แดงมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มขึ้น

2.2.3.2 ผลต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัว

Rase et al. (2002) รายงานว่า CLA มีโครงสร้างคล้ายกับ linoleic acid 18:2 (n-6) มากกว่า linolenic acid 18:3 (n-3) ซึ่งกรดไขมันทั้งสองชนิดนี้เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ 6-desaturase ในเซลล์ตับ ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยน 18:2 (n-6) และ 18:3 (n-3) เป็น 18:3 (n-6) และ 18:3 (n-4) ซึ่งเป็นขั้นตอนเริ่มต้นของการต่อสายความยาวของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเหล่านั้น และเป็น rate limiting step ของการเปลี่ยน linoleic acid และ linolenic acid ไปเป็น arachidonic acid และ eicosapentacnoic acid (EPA) โดย CLA เป็นตัวยับยั้งชนิดแข่งขันกับเอ็นไซม์ 6-desaturase โดยเอนไซม์นี้มีความชอบในการจับกับ linolenic acid 18:3 (n-3) มากกว่า linoleic acid 18:2 (n-6) เมื่อ CLA แข่งขันกับ linoleic acid 18:2 (n-6) ในการจับกับเอนไซม์ 6-desaturase ทำให้เอนไซม์นี้ไปจับกับ linolenic acid 18:3 (n-3) มากขึ้น เป็นผลให้มีกรดไขมันสายยาวชนิด n-3 มากกว่ากรดไขมันชนิด n-6 หรือมีผลทำให้มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีจำนวนพันธะคู่มากๆลดลง

2.2.3.3 ผลต่อการใช้พลังงาน

CLA ทำให้หนูมีการใช้พลังงานมากขึ้น (West et al., 1998) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Muller et al. (2000) พบว่า CLA ทำให้สุกรมีปริมาณการใช้พลังงานมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นกลไกที่ใช้สลายการสะสมของไขมัน (fat deposition)

2.2.3.4 ผลต่อ fatty acid oxidation

CLA สามารถลดการเกิดปฏิกิริยา oxidation ของกรดไขมันได้ และทำให้กระบวนการสังเคราะห์ triacylglycerol ลดลงส่งผลต่อการสะสมของไขมันด้วย (West et al., 1998) ทั้งนี้เนื่องมาจาก CLA สามารถลด respiratory quotient (RQ) ซึ่ง RQ เป็นอัตราส่วนของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาและปริมาณการใช้ออกซิเจนในระหว่างการเกิดปฏิกิริยา oxidation ของกรดไขมันให้ได้พลังงานออกมาก ซึ่งจะขัดแย้งกับ Muller et al. (2000) ที่กล่าวว่า CLA ไม่สามารถลดอัตราส่วนของ RQ ในสุกรได้

2.2.3.5 ผลต่อการสังเคราะห์เนื้อเยื่อไขมัน

การเจริญเติบโตของเซลล์เนื้อเยื่อไขมันนั้นจะเป็นการเจริญเติบโตแบบขยายตัว โดยจะเกิดขึ้นจากการสะสมของไตรเอซิลกลีเซอรอล (triacylglycerol) CLA จะไปมีผลในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ glycerol-P-dehydrogenase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในปฏิกิริยาการนำกลูโคสเข้ามาเพื่อเปลี่ยนไปเป็นแหล่งพลังงานในการสังเคราะห์ไตรเอซิลกลีเซอรอล (Brodie et al., 1999

และ Evans et al., 2001) ทำให้การสังเคราะห์ไตรเอซิลกลีเซอรอลลดลง อัตราการสังเคราะห์เนื้อเยื่อไขมันจึงลดลง

2.3 กรดไขมัน

กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ คือกรดอินทรีย์ที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่ ตั้งแต่ 4 ถึง 24 อะตอม ในธรรมชาติของกรดไขมันที่อยู่ในรูปอิสระจะมีจำนวนน้อย ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งถูกสลายได้ด้วยเอนไซม์หรือทางเคมีจากลิปิดหลายชนิด (ศรีสกุล, 2539)

- กรดไขมันอิ่มตัว เป็นกรดไขมันที่มีโมเลกุลที่ไม่สามารถรับไฮโดรเจนได้อีก ที่พบในอาหารมีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 4 ถึง 24 อะตอม กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่พบมากที่สุดในอาหารได้แก่ กรดปาลมิติค กรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยที่สุดคือ กรดบิวทิริคพบมากในเนย ส่วนกรดลอริคพบมากในน้ำมันมะพร้าวและกรดเสตียริคพบได้ในน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ทั่วๆไป

- กรดไขมันไม่อิ่มตัว เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่ในโมเลกุล ถ้ามีพันธะคู่หนึ่งตำแหน่งจะเรียกว่า monounsaturated fatty acids กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่พบมากในอาหารได้แก่ กรดโอเลอิก ในโมเลกุลมีคาร์บอน 18 อะตอม และมีพันธะคู่สองตำแหน่ง พบทั้งในน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ ส่วนพวก polyunsaturated fatty acids จะมีพันธะคู่หลายตำแหน่ง และตำแหน่งของพันธะคู่ที่ต่างกัน พบมากเฉพาะในน้ำมันพืชเท่านั้น ได้แก่ กรดลิโนเลอิก กรดลิโนเลนิก และกรดอะลาชิโดนิค กรดไขมันไม่อิ่มตัวเหล่านี้มีความสำคัญต่อร่างกายของสัตว์มาก เพราะร่างกายของสัตว์สังเคราะห์เองไม่ได้ ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น จึงเรียกว่ากรดไขมันที่จำเป็น (essential fatty acids) พบมากในน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันทานตะวัน เป็นต้น

2.3.1 คุณสมบัติของกรดไขมัน

1. กรดไขมันที่พบในลิปิดของพืชและสัตว์ชั้นสูงมีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นเลขคู่อยู่ระหว่าง 14-22 คาร์บอนอะตอม โดยเฉพาะ C_{16} และ C_{18} พบมากที่สุด และในไขมันเป็นกลางจะพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากที่สุดในสัตว์ คือ กรดปาลมิติก (palmitic acid) และกรดสเตียริก (stearic acid)

2. ในสิ่งมีชีวิตชั้นสูงกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีพันธะคู่ระหว่าง คาร์บอนอะตอมที่ 9 และ 10 ถ้ามีพันธะคู่มากกว่า 1 พันธะคู่อยู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมที่ 10 กับปลายหมู่เมธิล (methyl group) กรดไขมันที่มีพันธะคู่ตั้งแต่ 2 พันธะขึ้นไป เรียกว่า polyunsaturated fatty acid พันธะคู่จะเป็นแบบ nonconjugated double bond, $-CH=CH-CH_2-CH=CH-$ โดยมีหมู่เมธิลลีน ($-CH_2$) คั่นกลาง และพันธะคู่ในกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะอยู่ในคอนฟิกุเรชันแบบซิส กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบในสิ่งมีชีวิต

ชั้นสูง ได้แก่ กรดโอเลอิก (oleic acid) กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) กรดลิโนเลนิก (linolenic acid) และกรดอะราชิโดนิค (arachidonic acid)

3. กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่ากรดไขมันอิ่มตัว เช่น ไขมันเป็นกลางมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่มากทำให้มีสภาพเป็นของเหลวที่อุณหภูมิ 5ºC จุดหลอมเหลวของกรดไขมันสูงขึ้นเมื่อความยาวโซ่เพิ่มขึ้น กรดไขมันอิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นเลขคู่มีจุดหลอมเหลวสูงกว่าพวกที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นเลขคี่ ในพวกกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นเลขคู่การมีพันธะคู่แบบซิสจะลดจุดหลอมเหลวได้

4. กรดไขมันที่มีสายโซ่ยาวๆ (C_{16} - C_{18}) ไม่สามารถละลายน้ำได้ แต่สามารถละลายในสารละลายเกลือโซเดียมและสารละลายเกลือโปแทสเซียม

2.3.2 หน้าที่ของไขมัน

1. ให้พลังงานแก่ร่างกายได้มากกว่าสารอาหารชนิดอื่น ไขมันบริสุทธิ์ทุกชนิดให้พลังงานเท่ากัน ไม่ว่าจะเป็นไขมันจากพืชหรือจากสัตว์ คือ ให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม

2. ช่วยในการละลายและการดูดซึมวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค

3. เป็นส่วนประกอบของเซลล์เมมเบรนทุกชนิด

4. เป็นส่วนประกอบของอวัยวะบางอย่าง เช่น พวกฟอสโฟลิปิด ได้แก่ เลคซิธิน เซฟาลิน สฟิงโกมัยอิลิน และสารพวกไลโปโปรตีน เป็นส่วนประกอบในเนื้อเยื่อของอวัยวะต่างๆ และเนื้อเยื่อสมอง ส่วนพวกซีรีโบรไซด์ เป็นส่วนประกอบของไมอีลินในเส้นประสาท

5. ให้กรดไขมันที่จำเป็นแก่ร่างกาย คือกรดลิโนลิอิก ซึ่งจะช่วยป้องกันไม่ให้ผิวอักเสบและมีความจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของทารก นอกจากนั้น กรดไขมันจำเป็นยังช่วยลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือดด้วย

6. ไขมันบางชนิด เช่น เลคซิธิน ที่มีอยู่ในอาหารจะช่วยทำหน้าที่เป็นอีมัลสิฟายอิ้งเอเจนต์ ช่วยในการย่อยและการดูดซึมไขมันด้วย

7. ไขมันที่สะสมอยู่ในร่างกาย ช่วยป้องกันการกระทบกระเทือนของอวัยวะภายในได้

8. ไขมันที่มีอยู่ใต้ผิวหนังช่วยป้องกันการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกาย ทำให้ร่างกายอบอุ่น

9. ช่วยสงวนโปรตีนให้แก่ร่างกาย เช่นเดียวกับคาร์โบไฮเดรท

10. ไขมันในอาหารช่วยทำให้อาหารมีความน่ากินมากขึ้น และยังช่วยให้ผู้บริโภครู้สึกอิ่มนาน เพราะไขมันย่อยได้ช้ากว่าโปรตีนและคาร์โบไฮเดรท

11. เป็นตัวหล่อลื่นในการขับถ่าย

ในแง่ของอาหารสัตว์ ไขมันไม่มีความจำเป็นต่อสัตว์มากนัก ยกเว้นไขมันที่มีกรดไขมันจำเป็นที่สำคัญ คือ linoleic acid ซึ่งถือว่าเป็นโภชนะที่จำเป็น (essential nutrient) เพราะมีความสำคัญในการเจริญเติบโตของลูกไก่ ให้ปริมาณไข่สูงและขนาดใหญ่ แต่ไขมันชนิดอื่นๆก็มีความสำคัญ คือ

1. ใช้ยกระดับพลังงานในอาหารสัตว์ เพราะ ไขมันมีพลังงานสูงกว่าคาร์โบไฮเดรทถึง 2.5 เท่า

2. ช่วยละลายและดูดซึมวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน เช่น A, D, E และ K

3. ช่วยทำให้อาหารไม่เป็นฝุ่น

4. ช่วยหล่อลื่นสำหรับการทำอาหารเม็ด (pellet) ช่วยให้อาหารเกาะตัวกันดี และเครื่องอัดเม็ดไม่สึกหรอง่าย

5. ช่วยให้อาหารมีรสชาติดีขึ้นและน่ากินมากขึ้น

2.3.3 โคเลสเตอรอล

โคเลสเตอรอลจะพบเฉพาะในสัตว์เท่านั้น พบมากในเนื้อเยื่อประสาท เลือด และน้ำดี ในร่างกายมีโคเลสเตอรอลทั้งที่เป็นรูปอิสระ และที่เป็นรูปเอสเทอร์กับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว โคเลสเตอรอลเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์เกลือน้ำดี สเตอรอยด์ฮอร์โมน ฮอร์โมนเพศ และสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินดีได้ โคเลสเตอรอลยังช่วยในการดูดซึมกรดไขมันที่ลำไส้เล็กและช่วยขนถ่ายกรดไขมันในเลือด โคเลสเตอรอลเอสเทอร์ยังละลายในเลือดได้ดีกว่าโคเลสเตอรอลอิสระ

ร่างกายได้รับโคเลสเตอรอลจากอาหารและสามารถสร้างขึ้นเองได้ที่ตับ ปริมาณที่สร้างขึ้นประมาณ 2-3 เท่าของที่ได้รับจากอาหาร การสร้างและการสลายตัวของโคเลสเตอรอลในร่างกายเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาและถูกขับออกสู่ร่างกายในรูปเกลือน้ำดีเมื่อปล่อยเข้าสู่ลำไส้เล็ก เพื่อช่วยย่อยไขมัน

2.4 การย่อยไขมัน

การย่อยอาหารประเภทไขมันในร่างกายจะแตกต่างจากสารอาหารประเภทอื่นๆ เพราะไขมันเป็นสารอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ส่วนเอนไซม์ที่ใช้ย่อยนั้นละลายน้ำได้ดี ดังนั้นการย่อยลิปิดจำเป็นต้องอาศัยอิมัลสิฟายอิ้งเอเจนต์ (emulsifying agent) ช่วยทำให้ไขมันถูกย่อยด้วยเอนไซม์ได้สะดวกขึ้น เมื่ออาหารที่มีไขมันเข้าสู่ร่ายกายไขมันจะถูกย่อยบ้างเล็กน้อยที่หลอดคอ ด้วยเอนไซม์ pharyngeal lipase ซึ่งจะย่อยไตรกลีเซอไรด์เป็นกรดไขมันอิสระ โมโนกลีเซอไรด์และไดกลีเซอไรด์ การย่อยจะดำเนินต่อไปเรื่อยๆขณะที่อาหารผ่านหลอดอาหาร ลงสู่กระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก (สาโรช, 2542)

ลิปิดส่วนใหญ่จะถูกย่อยที่ลำไส้เล็ก โดยอาศัยเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อน คือ steapsin ไขมันจะถูกย่อยเป็นกลีเซอรอลและกรดไขมันอิสระ ขณะที่ไตร์กลีเซอไรด์ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ไลเปสจะได้

ไดกลีเซอไรด์ และโมโนกลีเซอไรด์ก่อน ไดกลีเซอไรด์ที่เกิดขึ้นจะช่วยทำหน้าที่เป็นอิมัลสิฟายอิ้งเอเจนต์ให้แก่ไตรกลีเซอไรด์ที่ยังไม่ถูกย่อยให้ย่อยได้เร็วขึ้น

ในการย่อยและดูดซึมไขมันต้องมีน้ำดี เพราะเกลือน้ำดี จะทำหน้าที่ช่วยลดแรงตึงผิวทำให้ไขมันที่มีอนุภาคขนาดใหญ่แตกตัวเป็นอนุภาคขนาดเล็กลง ทำให้มีพื้นที่ผิวมากขึ้น ช่วยให้เอนไซม์เข้าไปย่อยได้สะดวกขึ้น

เอนไซม์ steapsin เป็นแอลฟา-ไลเปส จะย่อยพันธะเอสเตอร์ของไตรกลีเซอไรด์ที่ตำแหน่ง 1 และ 3 ทำให้ได้ 2-โมโนกลีเซอไรด์ ซึ่งจะถูกย่อยต่อด้วยเอนไซม์เอสเตอเรสได้เป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล 2-โมโนกลีเซอไรด์จะถูกย่อยเพียง 22 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น เพราะ 2- โมโนกลีเซอไรด์สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ทันที

ในน้ำย่อยจากตับอ่อนยังมีเอนไซม์อีกหลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการย่อยไขมัน ได้แก่ เอนไซม์ฟอสโฟไลเปสย่อยเลคซิธิน เอนไซม์ฟอสฟาเตสย่อยหมู่ฟอสเฟตออกจากฟอสโฟลิปิด และเอนไซม์โคเลสเตอรอลเอสเตอร์เรส ย่อยโคเลสเตอรอลให้เป็นโคเลสเตอรอลอิสระและกรดไขมัน

2.5 การดูดซึมและการขนย้ายไขมัน

ไขมันที่ย่อยแล้วส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของกรดไขมันอิสระประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในรูป 2-โมโนกลีเซอไรด์ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันอิสระจะรวมตัวกันกับเกลือน้ำดีเป็น micellar solution อยู่ภายในลำไส้เล็ก และถูกดูดซึมเข้าสู่ microvilli (brush border) ของเซลล์เยื่อบุผนังลำไส้ สร้างเป็นไตรกลีเซอไรด์ใหม่ภายในเซลล์เยื่อบุผนังลำไส้เล็ก หลังจากนั้นเกลือน้ำดีจะถูกส่งกลับเข้ามาในลำไส้เล็กเพื่อทำหน้าที่ขนย้ายกรดไขมัน (carrying action) ต่อไป ไตรกลีเซอไรด์ที่ถูกสร้างขึ้นมาใหม่ในเซลล์เยื่อบุผนังลำไส้เล็ก จะถูกขนย้ายไปตามระบบท่อน้ำเหลือง ในรูปของอีมัลชั่น เรียกว่า chyle หรือ chylomicron ซึ่งอนุภาคไขมันนี้ประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ 80 เปอร์เซ็นต์ ฟอสโฟลิปิด 7 เปอร์เซ็นต์ โคเลสเตอรอล 9 เปอร์เซ็นต์ และถูกห่อหุ้มด้วยโปรตีนเป็นอนุภาคคอลลอยด์ และถูกปล่อยออกจากเซลล์เยื่อบุผนังลำไส้เล็ก เข้าสู่ระบบท่อน้ำเหลือง และถูกส่งต่อไปยัง thoracic duct และต่อไปยังระบบเลือด ไขมันในอาหารที่กินเข้าไป ประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ จะถูกย่อย ดูดซึม และขนย้ายโดยวิธีนี้ ส่วนที่เหลืออีกประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นกรดไขมันอิสระที่ละลายได้ในน้ำ จะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดโดยตรง (สาโรช, 2542)

2.5.1 ประเภทของการดูดซึมไขมันแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ

2.5.1.1 กรดไขมันชนิดโมเลกุลสั้น (short-chain fatty acids) และสั้นปานกลาง (medium-chain fatty acids)

ที่มีคาร์บอนไม่เกิน 8-10 อะตอม และเป็นชนิดที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids) จะละลายน้ำ และถูกดูดซึมได้ดีกว่ากรดไขมันที่มีโมเลกุลสายยาว (long-chain fatty acids) เช่นมีคาร์บอน 16-18 อะตอม โดยถูกดูดซึมเข้า portal vein โดยตรง แล้วถูกลำเลียงไปในรูปของกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) หรือ non-esterified fatty acid ทั้งนี้เนื่องจากกรดไขมันเหล่านี้มีโมเลกุลเล็ก สามารถซึมผ่านผนังเซลล์ได้ง่ายประมาณ 10-20% ของกรดไขมันจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิตโดยตรง

2.5.1.2 กรดไขมันชนิดโมเลกุลยาว ประกอบด้วยคาร์บอนมากกว่า 10-12 อะตอม

โดยปกติ ไตรกลีเซอไรด์ในอาหารส่วนใหญ่ ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีคาร์บอน 16-18 อะตอม จะถูกดูดซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อบุผิวของผนังลำไส้เล็ก และถูก re-esterify อย่างรวดเร็วไปเป็นไตรกลีเซอไรด์ฟอสโฟลิปิด และเอสเทอร์ของโคเลสเตอรอลก่อนที่จะเข้าสู่กระแสน้ำเหลือง

กรดไขมันชนิดโมเลกุลสั้นยังไปเพิ่มการดูดซึมของลิปิดโดยทั่วๆไป แต่กรดไขมันชนิดโมเลกุลยาวทำให้ขบวนการดูดซึมนี้ช้าลง ยิ่งกว่านั้น พวกโมโนกลีเซอไรด์ที่ถูกดูดซึมได้น้อย ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันชนิดโมเลกุลยาว เช่น stearic acid ยังถูกดูดซึมได้ดีกว่ากรดไขมันชนิดนั้นๆ คือ stearic acid เอง

ความแตกต่างของอัตราการย่อยและการดูดซึมของกรดไขมันแต่ละชนิด มีผลต่ออัตราทั้งหมดของการย่อยและการดูดซึมอาหารประเภทไขมันที่มีกรดไขมันเหล่านี้เป็นองค์ประกอบ ไขมันและน้ำมันที่มีจุดหลอมเหลวต่ำๆจะถูกย่อยและและดูดซึมได้เร็วและสมบรูณ์กว่าพวกมีจุดหลอมเหลวสูงๆ ไตรกลีเซอไรด์ของสัตว์และพืชมีจุดหลอมเหลวใกล้เคียงกัน ถูกดูดซึมได้ในอัตราที่เท่ากัน ไขมันในนมของคนถูกดูดซึมได้ดีกว่าของนมวัว ทั้งนี้เพราะว่า นมของคนมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง และมีกรดไขมันชนิด palmitic acid มากกว่า

2.5.1.3 การดูดซึมคอเลสเตอรอลและสเตอรอลอื่นๆ

ในคนคอเลสเตอรอลในอาหารถูกดูดซึมจากลำไส้ได้ทันที โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ส่วนปลาย ถ้ารับประทานคอเลสเตอรอล 600-1000 มิลลิกรัม/วัน จะดูดซึมได้ประมาณ 300-400 มิลลิกรัม/วัน ส่วนสเตอรอลที่ได้จากพืชจะถูกดูดซึมในคนได้น้อยกว่าคอเลสเตอรอลแต่จะไปลดการดูดซึมคอเลสเตอรอลโดยการแข่งขันจับคอเลสเตอรอลในการ esterify กับกรดไขมัน ส่วนใหญ่คอเลสเตอรอลในอาหารจะอยู่ในรูปสเตอรอลอิสระ ส่วนที่เป็นเอสเทอร์ของคอเลสเตอรอล ถูก hydrolyze ภายในช่องของลำไส้ โดย cholesterol esterase ซึ่งมีน้ำย่อยจากตับอ่อน คอเลสเตอรอลจากอาหารทั้งหมดจะรวมตัวกันเป็นไมเซลล์ซึ่งเกิดจากส่วนประกอบที่อยู่ในน้ำดี ไมเซลล์เหล่านี้

ประกอบด้วย conjugated bile acid และฟอสโฟลิปิด นอกเหนือจากคอเลสเตอรอล ตัวคอเลสเตอรอลจะต้องถูกemulsify เนื่องจากละลายน้ำยาก และ hydrolysis ของเอสเทอร์ของคอเลสเตอรอลในอาหารโดย cholesterol esterase เกิดขึ้นบน หรือภายในไมเซลล์คอเลสเตอรอลถูกดูดซึมจากไมเซลล์โดยการแพร่กระจายเข้าสู่เนื้อเยื่อบุผิวของลำไส้ ซึ่งเป็นที่ๆจะถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นเอสเทอร์ของคอเลสเตอรอลการดูดซึมคอเลสเตอรอลส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย

เอสเทอร์ของคอเลสเตอรอลซึ่งถูกสังเคราะห์ขึ้นในเซลล์เยื่อบุผิวของลำไส้ รวมทั้งคอเลสเตอรอลที่ไม่ได้ถูก esterify บางส่วนจะเข้ารวมตัวเป็นอนุภาคใหญ่ของลิปิดและโปรตีน ซึ่งจะถูกปล่อยเข้าสู่น้ำเหลือง อนุภาคเหล่านี้เรียกว่า chylomicron และทำหน้าที่ลำเลียงคอเลสเตอรอลเช่นเดียวกับลิปิดอื่นๆ จากอาหารเข้าสู่พลาสมาทางท่อน้ำเหลือง โดยผ่านทาง thoracic duct ในที่สุดคอเลสเตอรอลจะไปอยู่ที่เนื้อเยื่อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อเยื่อตับ

2.6 การขนย้ายลิปิด

กระแสโลหิตเป็นผู้พาสารประเภทลิปิดไปสู่เนื้อเยื่อต่างๆตามกระบวนการขนย้ายลิปิด โดยมีจุดมุ่งหมาย 3 ประการคือ (บุญล้อม, 2542)

1. อาหารประเภทไตรกลีเซอไรด์ถูกลำเลียงจากลำไส้เล็กไปยังเนื้อเยื่อต่างๆในร่างกาย
2. ไตรกลีเซอไรด์ที่เกิดขึ้นในตับถูกนำไปสะสมในเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue)
3. กรดไขมันที่สะสมไว้ในรูปของไตรกลีเซอไรด์ในเนื้อเยื่อไขมันถูกนำไปยังเนื้อเยื่อต่างๆในสภาพของกรดไขมันอิสระ เช่น ในสภาวะที่อดอาหาร เมื่อเนื้อเยื่อเหล่านี้ต้องการลิปิดที่สะสมไว้เพื่อเป็นแหล่งพลังงาน

2.6.1 ไลโปโปรตีน

สารประเภทลิปิดละลายน้ำได้น้อย แต่ตัวกลางในการลำเลียงสารต่างๆไปยังเนื้อเยื่อของร่างกาย คือ พลาสมาและน้ำเหลือง ก่อนถูกพาไป สารประเภทลิปิดจึงต้องรวมตัวกับโปรตีนชนิดพิเศษเกิดเป็นไลโปโปรตีนชนิดต่างๆเสียก่อน แล้วไลโปโปรตีนเหล่านี้จะเป็นตัวพาลิปิดไปยังเซลล์ของเนื้อเยื่อต่างๆอีกทีหนึ่ง ซึ่งโปรตีนพิเศษที่มารวมตัวกับสารประเภทลิปิดนี้ เรียกว่า apolipoprotein

ไลโปโปรตีนในพลาสมา แบ่งตามความหนาแน่นเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. Chylomicron เป็นไลโปโปรตีนที่สังเคราะห์ขึ้นในเนื้อเยื่อบุผิวของลำไส้ ประกอบด้วยสารลิปิดประมาณ 98% ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไตรกลีเซอไรด์ chylomicron มีน้ำหนักโมเลกุลถึง 10^9 เมื่อถูกขับออกมาสู่กระแสน้ำเหลืองแล้วจะเข้าสู่กระแสโลหิต ทำให้พลาสมาขุ่นขาวคล้ายน้ำนม หน้าที่สำคัญของ chylomicron คือ การลำเลียงสารอาหารประเภทลิปิดในสภาพของไตรกลีเซอไรด์ไปยังตับ และเนื้อเยื่อไขมัน สารอาหารประเภทลิปิดชนิดอื่นซึ่งถูกลำเลียงไปใน chylomicron คือ เอสเทอร์ของคอเลสเตอรอล ใน chylomicron นอกจากจะมีไตรกลีเซอไรด์เป็นแกนกลาง แล้วยังมีเอส

เทอร์ของคอเลสเตอรอลรวมอยู่ด้วย ส่วนที่ผิวของ chylomicronจะมี apolipoprotein ห่อหุ้มรวมกับฟอสโฟลิปิด และคอเลสเตอรอล

2. Very low density lipoprotein (VLDL) มีโมเลกุลใหญ่ ประกอบด้วยลิปิดประมาณ 90% ซึ่งเป็นไตรกลีเซอไรด์ประมาณ 50-65% VLDL ถูกสังเคราะห์ขึ้นในตับ และทำหน้าที่ลำเลียงไตรกลีเซอไรด์ที่ตับ สร้างขึ้นเพื่อไปยังเนื้อเยื่ออื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อเยื่อไขมัน

3. Low density lipoprotein (LDL) เป็นไลโปโปรตีนที่เกิดจากการแคทาบอลิซึ่มของ VLDL สารประเภทลิปิดที่พบมากใน LDL คือ เอสเทอร์ของคอเลสเตอรอล ส่วนใหญ่ของคลอเลอเตอรอลที่พบในพลาสมาจะอยู่ในไลโปโปรตีนชนิดนี้

4. High density lipoprotein (HDL) เป็นไลโปโปรตีนที่ตับสร้างขึ้น ยังไม่ทราบหน้าที่ที่แน่นอน แต่เชื่อว่าเป็นตัวเร่งแคทาบอลิซึ่มของ VLDL และ chylomicron นอกจากนั้นอาจมีบทบาทสำคัญในการควบคุมปริมาณของคลอเลอสเตอรอลในกระแสโลหิต

2.7 การพาไขมันไปในร่างกายสัตว์

เมื่อไขมันถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายแล้ว ไขมันจะถูกพาไปยังส่วนต่างๆของร่างกายดังนี้คือ (สาโรช, 2542)

2.7.1. กรดไขมันที่มีคาร์บอนน้อยกว่า 10-12 ตัว และกลีเซอรอลอิสระ

ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวและสัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีวิธีการเดียวกันคือ จะถูกส่งพาโดยการดูดซึมผ่าน mucosal cells ของลำไส้เล็กเข้าสู่กระแสโลหิต (portal system) โดยตรง และส่งไปตับก่อนที่จะส่งไปส่วนอื่นๆของร่างกาย

2.7.2. กรดไขมันที่มีคาร์บอนมากกว่า 12 ตัว และ monoglycerides

สำหรับพวกนี้จะต้องกลับมารวมตัวกันใหม่ เพื่อสร้างเป็นไตรกลีเซอไรด์ตามเดิมซึ่งจะเกิดใน endoplasmic reticulum ของ mucosal cell เรียกกระบวนการนี้เรียกว่า reesterify ไตรกลีเซอไรด์ที่สร้างขึ้นมาใหม่นี้เกาะกันเป็นหยดเล็กๆ (droplets) โดยไปเกาะรวมกันกับ phospholipid (ส่วนใหญ่คือ phosphatidylcholine หรือ lecithin) คอลเลสเตอรอลและมีชั้นบางๆของโปรตีนห่อหุ้มอยู่เกิดเป็นสารที่เรียกว่า chylomicron ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายไขมันไปยังส่วนต่างๆของร่างกาย ซึ่งแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ ดังนี้

2.7.2.1 สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

cholomicron จะเข้าสู่เส้นเลือดโดยผ่านทางระบบน้ำเหลือง (lymphatic system) ก่อน ในตอนแรกขณะที่ดูดซึมผ่านผนังลำไส้เล็กจะเข้าสู่บริเวณช่องว่างของ central lacteals ของ villi แล้วถ่ายเทไปสู่หลอดน้ำเหลืองแล้วจึงเข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิตทั่วๆไป ตรงบริเวณ thoracic duct ที่หัวใจห้องบนขวา (right atrium)

2.7.2.2 สัตว์ปีก

การรวมตัวกันใหม่จะได้ lipoprotein เป็นส่วนมาก lipoprotein ชนิดนี้ถูกเรียกว่า portomicrons ซึ่งมีความหนาแน่นต่ำกว่า 1.006 เมื่อถูกดูดซึมแล้วจะเข้าสู้เส้นเลือดโดยตรงเลย (portal blood system) แล้วจะถูกส่งไปที่ตับ ไขมันส่วนหนึ่งจะถูกสะสมไว้ที่ตับ นอกจากนั้นตับยังเป็นที่สังเคราะห์ไขมันจากอาหารคาร์โบไฮเดรทที่มากเกินความต้องการด้วย สำหรับไขมันส่วนที่เหลือจะถูกนำไปใช้หรือสะสมที่เซลล์ไขมัน (adipose tissue) โดยผ่านไปทางระบบหมุนเวียนโลหิต ไขมันที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ส่วนใหญ่จะถูกพาไปในรูป lipoproteins ที่มีความหนาแน่นต่ำมาก โดยไตรกลีเซอไรด์จะต้องถูกย่อยด้วยเอนไซม์ lipoprotein lipase ให้เป็นกรดไขมันอิสระเสียก่อนจึงจะผ่านเนื้อเยื่อที่สะสมไขมันได้

2.8 กรดไขมันอิสระ

ประมาณ 90-98% ของกรดไขมันที่มีในพลาสมา จะอยู่ในสภาพของเอสเทอร์ของกรดไขมัน เช่น ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิปิด และเอสเทอร์ของคอเลสเตอรอล ซึ่งเอสเทอร์เหล่านี้อยู่ในส่วนของไลโปโปรตีนในพลาสม (ศรีสกุล, 2539)

แหล่งที่มาของกรดไขมันอิสระในพลาสมามี 2 แหล่งที่มาคือ

1. เนื้อเยื่อไขมัน ซึ่งเป็นแหล่งใหญ่ที่สุด เกิดจากการสลายของกรดไขมันที่สะสมอยู่ในรูปของไตรกลีเซอไรด์ในเนื้อเยื่อไขมัน

2. ไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ใน chylomicron และ VLDL กรดไขมันอิสระเหล่านี้เกิดจากการสลายตัวเมื่อไลโปโปรตีนเหล่านี้พาไตรกลีเซอไรด์ไปยังเซลล์ต่างๆ

กรดไขมันอิสระถูกลำเลียงไปยังหัวใจ กล้ามเนื้อ ตับ และเนื้อเยื่อต่างๆซึ่งเป็นที่ๆกรดไขมันอิสระถูกออกซิไดส์ไปเป็นพลังงานหรือเข้าไปรวมตัวเป็น esterified lipid ของเนื้อเยื่อต่างๆสมองเป็นอวัยวะเดียวที่ไม่สามารถใช้กรดไขมันอิสระจากพลาสมาได้ เนื่องจากผนังเส้นเลือดฝอยในสมองไม่ยอมให้กรดไขมันอิสระผ่าน แม้ว่ากรดไขมันอิสระในพลาสมามีปริมาณเพียงเล็กน้อย แต่โดยที่มีเวลาครึ่งชีวิต (half life) เพียง 1-2 นาทีเท่านั้น กรดไขมันอิสระจึงมีอัตราการหมุนเวียนสูงที่สุด และเป็นแหล่งสำคัญยิ่งของลิปิดหมุนเวียน

2.9 ความต้องการโภชนะของสัตว์ปีก

2.9.1 ความต้องการน้ำ

คุณภาพของน้ำที่เหมาะสมสำหรับสัตว์ปีกต้องเป็นน้ำสะอาด และมีสิ่งที่ละลายปนอยู่ (total dissolved solids : TDS) ไม่เกิน 5,000 ppm ปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำมีผลต่อสุขภาพของสัตว์ปีกแตกต่างกัน ผันแปรไปกับชนิดของอาหารสัตว์ ร่างกายสัตว์ต้องการน้ำเพื่อให้พอเพียงกับการสูญเสียชนิดต่างๆ รวมทั้งที่ต้องการเพื่อนำไปสร้างเป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อใหม่หรือผลผลิต อย่างไรก็ดี ความต้องการของร่างกายจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประเภทที่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียและแตกต่างอย่างเด่นชัดอันเนื่องจากสายพันธุ์ (สาโรช, 2542)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความต้องการน้ำของสัตว์

1. สายพันธุ์ของสัตว์ มีผลทำให้สัตว์ต้องการน้ำ

2. อายุของสัตว์ มีอิทธิพลต่อความต้องการน้ำ ในสภาพแวดล้อมหรือเงื่อนไขเดียวกัน สัตว์อายุน้อยต้องการน้ำมากกว่าสัตว์โตเต็มวัย เมื่อเทียบต่อหน่วยของน้ำหนัก

3. อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำที่กิน

4. ประเภทอาหารที่สัตว์กิน อาหารทุกประเภทจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบ บางชนิดก็มีน้ำมาก ทำให้ความต้องการน้ำเปลี่ยนไป นอกจากนี้ปริมาณโภชนะชนิดอื่นๆก็มีอิทธิพลต่อความต้องการของสัตว์ เช่นอาหารที่มีโปรตีนสูง สัตว์จะต้องการน้ำมากขึ้นเพื่อขับถ่ายของเสียในรูปไนโตรเจนออกจากร่างกาย จะมีผลให้ปริมาณปัสสาวะที่ขับถ่ายออกมาปริมาณมากขึ้นมากกว่าการได้รับอาหารโปรตีนจากการถั่วเหลือง การกินอาหารที่มีไขมันสูง ก็จะมีส่วนในการเพิ่มปริมาณน้ำที่กินได้ด้วย การกินเกลือโซเดียมคลอไรด์หรือเกลืออื่นๆ จะไปเพิ่มปริมาณน้ำที่กินและเพิ่มการขับถ่ายของน้ำมากขึ้น ซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดของสัตว์ ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดของสัตว์

อัตราการดื่มน้ำของสัตว์ในสัตว์ปีกในแต่ละวันมักไม่คงที่ การอดน้ำเป็นเวลานานจะสงผลเสียต่อการผลิต โดยในไก่กระทงถ้าอดน้ำนานติดต่อกัน 12 ชั่วโมง ไก่จะลดการกินอาหารลงถึง 25-30% ซึ่งเป็นผลให้การเจริญเติบโตชะงักจนไม่สามารถทำน้ำหนักตัวได้ทันกลุ่มที่ไม่อดน้ำเมื่อถึงอายุส่งตลาด ผลกระทบของการขาดน้ำ 10% แรกจะรุนแรงกว่าผลที่เกิดขึ้นจากการขาดน้ำในช่วง 10% หลังๆ อาการขาดน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงเกินอุณหภูมิวิกฤตขั้นสูง คือสัตว์จะแสดงอาการหอบหายใจให้เห็นอย่างชัดเจน

2.9.2 ความต้องการพลังงาน

พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นในกระบวนการทางสรีรวิทยาของสัตว์ ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการเคลื่อนไหว การหายใจ การหมุนเวียนโลหิต การดูดซึมอาหาร การขับถ่าย การทำงานของ

ระบบประสาท การสืบพันธุ์ ตลอดจนการควบคุมอุณหภูมิในร่างกาย หรืออาจเรียกได้ว่าเป็นกระบวนการแห่งชีวิต (สาโรช, 2542)

ความต้องการพลังงานในสัตว์ปีกจะแสดงเป็นระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) ทั้งนี้เพราะว่าสัตว์ปีกถ่ายมูลและปัสสาวะออกมาด้วยกันในรูปของสิ่งขับถ่าย (excreta) ดังนั้นการแสดงค่าเป็น ME ของอาหารที่วัดได้ในกรณีที่สัตว์ปีกเก็บกักไนโตรเจน (สมดุลเป็นบวก) หรือสูญเสียไนโตเจน (สมดุลเป็นลบ) จะต้องปรับโดยใช้ค่า 8.22 kcal/กรัมไนโตเจน ไปหักออก (ในกรณีที่สมดุลเป็นบวก) หรือบวกเพิ่ม (ในกรณีที่สมดุลเป็นลบ) ในค่าของ ME ที่หาได้เป็นค่า nitrogen-corrected ME (ME_n) การแสดงค่าพลังงานในอาหารนอกเหนือจาก ME หรือ ME_n แล้ว ยังอาจใช้ค่า true metabolizable energy (TME หรือ TME_n) ซึ่งหาโดยการป้อน (force fed) อาหารที่ทราบปริมาณและพลังงาน (GE) ที่แน่นอน (อาจเป็นวัตถุดิบเพียงชนิดเดียว) ให้สัตว์ปีกที่ได้รับการอดอาหารมานาน 48 ชั่วโมง เมื่อหักปริมาณพลังงานในสิ่งขับถ่ายซึ่งมาจากแหล่งในร่างกาย (body origins) ออกมาแล้วจะได้ TME และหากปรับค่า TME ที่ได้โดยสมดุลไนโตเจนแล้วก็จะได้ค่า TME_n ตามลำดับ

ระดับพลังงานในอาหารสัตว์ปีกมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เพราะในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ปีกค่าระดับพลังงานจะถูกใช้เป็นหลักในการกำหนดระดับของโภชนะอื่นๆที่ควรมีในอาหาร ลักษณะความสัมพันธ์ที่มักพบเห็น เช่น ปริมาณกรดอะมิโนต่อแคลอรี่ของ ME อาหาร หรือที่เคยพูดถึงในลักษณะสัดส่วนของโปรตีนต่อหน่วยพลังงาน (protein-to-energy ratio) เป็นต้น ที่เป็นดังนี้เพราะเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่า หากอาหารสัตว์มีสมดุลโภชนะครบถ้วนสัตว์ปีกจะกินอาหารเพื่อให้ได้รับพลังงานในปริมาณที่เหมาะสมกับความต้องการด้วย หากระดับความเข้มข้นของ ME ในอาหารต่ำ สูตรอาหารควรมีความเข้มข้นของโภชนะอื่นๆต่ำด้วย เพราะสัตว์ต้องกินอาหารเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้รับ ME ที่เพียงพอ ซึ่งยังผลให้ได้รับโภชนะอื่นในปริมาณที่เหมาะสมกับความต้องการต่อวัน และในทางตรงกันข้ามหากความเข้มข้นของ ME ในอาหารสูง ระดับโภชนะอื่นในสูตรอาหารต้องปรับให้สูงขึ้นเพื่อที่จะให้สัตว์ได้รับโภชนะต่อวันคงที่ทั้งๆที่สัตว์กินอาหารน้อยลง

2.9.2.1 ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ

หมายถึง ปริมาณพลังงานที่ต่ำสุดที่สัตว์ต้องการ เพื่อให้ร่างกายอยู่ในสภาพไม่สูญเสียและไม่ได้รับพลังงานเพิ่ม (energy equilibrium) สัตว์ทุกชนิดต้องการพลังงานส่วนใหญ่เพื่อที่จะใช้ในการดำรงชีพเพื่อให้ดำรงอยู่ได้ ไม่ว่าสัตว์เหล่านั้นจะมีการเจริญเติบโตหรือให้ผลผลิตอย่างอื่นหรือไม่ก็ตาม ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพนั้นเป็นพลังงานที่จำเป็นสำหรับการเมทาบอลิซึมขั้นต่ำเป็นการใช้พลังงานขั้นต่ำสุด หรือผลิตความร้อนขั้นต่ำภายใต้สภาพซึ่งไม่มีอิทธิพลของอาหาร สภาพแวดล้อมและกิจกรรมต่างๆ ที่กระทำโดยความตั้งใจเข้ามาเกี่ยวข้องความร้อนขั้นต่ำที่ผลิตขึ้นจะผันแปรไปตามขนาดของสัตว์ โดยทั่วไปสัตว์ที่มีขนาดใหญ่จะผลิตความร้อนขั้นต่ำต่อหน่วย

ของน้ำหนักลดลง เช่น ลูกไก่อายุ 1 วัน จะผลิตความร้อนขั้นต่ำประมาณ 5.5 แคลอรี่ต่อกรัมของน้ำหนักมีชีวิตต่อชั่วโมง ส่วนในไก่ที่โตเต็มที่จะผลิตเพียงครึ่งหนึ่งของไก่เล็ก

ความต้องการพลังงานเพื่อการทำกิจกรรมต่างๆ จะมีความผันแปรอย่างมาก โดยปกติจะประมาณ 50 % ของอัตราการเมทาบอลิซึมขั้นต่ำ นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลของโรงเรือนหรือพันธุ์เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย โรงเรือนที่เลี้ยงแบบกรงตับจะทำให้กิจกรรมต่างๆของสัตว์ถูกจำกัดลง ดังนั้นระดับการใช้พลังงานขั้นต่ำที่ใช้จึงลดลงเหลือเพียง 30 % ของอัตราการเมทาบอลิซึมขั้นต่ำ

สัตว์ที่มีขนาดใหญ่จะมีความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพต่อหน่วยน้ำหนักตัวน้อยกว่าสัตว์ที่มีขนาดเล็กแต่ความต้องการพลังงานทั้งหมดในสัตว์ที่มีขนาดใหญ่จะมากกว่าสัตว์ที่มีขนาดเล็ก ซึ่งหมายความว่าแม่ไก่ที่ตัวเล็กแต่ให้ผลผลิตไข่ดี ขนาดไข่ใหญ่และมีอัตราการเลี้ยงรอดสูง จะมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารไปเป็นผลผลิตดีที่สุด เนื่องจากมีการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับไก่กระทงซึ่งจะใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงสั้นเพื่อให้ได้น้ำหนักส่งตลาดทำให้มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตดีกว่า ยิ่งการเลี้ยงสัตว์เหล่านี้นานขึ้นเพื่อให้ได้น้ำหนักส่งตลาดจะทำให้ต้องใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพมากขึ้นต้นทุนการผลิตจะเพิ่มขึ้น

ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ

- Basal metabolism หมายถึงปริมาณพลังงานต่ำสุดที่สัตว์ต้องการเพื่อดำรงกิจกรรมที่จำเป็น เช่น การหายใจ การทำงานของกล้ามเนื้อที่อยู่นอกอำนาจจิตใจ การมีความรู้สึกของระบบประสาท การสร้างเอนไซม์และฮอร์โมน เป็นต้น

- Activity increment หมายถึงพลังงานเพื่อการทำกิจกรรมอื่นๆที่นอกเหนือจาก basal metabolism เช่น พลังงานที่ใช้ในการกินอาหาร การเคี้ยวเอื้อง การลุกขึ้นหรือนอนลง

NRC กล่าวได้ว่า พลังงานเพื่อการดำรงชีพของไก่นั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของร่างกาย อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมและกิจกรรมของไก่เป็นหลัก โดยค่าพลังงานงานเพื่อการดำรงชีพประเมินได้จาก 7.83 kcal per day x (kg body weight)$^{.723}$ (Lasiewski and Dawson, 1967)

2.9.2.2 ความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต

การเจริญเติบโต หมายถึง กระบวนการทางสรีระวิทยาในร่างกายสัตว์ที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มจำนวนเซลล์ (hyperplasia) และหรือการขยายขนาดของเซลล์ (hypertrophy) ของร่างกาย อันได้แก่การขยายตัวของโครงสร้างร่างกายเช่น กระดูกและเนื้อเยื่อต่างๆ จึงเป็นการสะสมโภชนะจำพวกแร่ธาตุ โปรตีน และน้ำเป็นส่วนใหญ่ ส่วนอาหารที่ให้พลังงานก็มีความสำคัญในกระบวนการสร้างองค์ประกอบของร่างกาย หรือเนื้อเยื่อที่จะเพิ่มน้ำหนัก (สาโรช, 2542)

สัตว์แต่ละชนิดจะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่างกันโดยสัตว์ที่มีขนาดใหญ่จะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้ากว่าสัตว์ขนาดเล็ก ดังนั้นความต้องการพลังงานในแต่ละช่วงเวลาจึงไม่เท่ากัน การให้อาหารเพื่อการเจริญเติบโตจึงถือหลักอัตราการเจริญเติบโตตามกราฟการเจริญเติบโตตามปกติ (normal growth curve) ของสัตว์แต่ละชนิดและสายพันธ์นั้นๆ ปริมาณพลังงานที่ต้องการเพื่อการเจริญเติบโตนั้นอาจหาได้โดยวิธี factorial อันได้แก่ ปริมาณพลังงานที่สะสมในเนื้อเยื่อ รวมกับพลังงานที่ใช้ในการดำรงชีพ โดยในสัตว์ที่กำลังเจริญเติบโต ความต้องการพลังงานส่วนที่ใช้ในการดำรงชีพจะเพิ่มตามขนาดตัว แต่พลังงานเพื่อการเจริญเติบโตที่แท้จริงนั้นจะผันแปรตามอัตราการเจริญเติบโต และองค์ประกอบของเนื้อเยื่อที่สร้างขึ้น เช่นในสัตว์ปีก พลังงานที่ใช้ในการเจริญเติบโตจะอยู่ในช่วง 1.5 - 3 kcal / กรัม ของน้ำหนักตัว ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของไขมันและโปรตีนในร่างกาย

จะเห็นได้ว่าความต้องการพลังงานนั้นไม่สามารถที่จะกำหนดได้แน่นอนเหมือนความต้องการกรดอะมิโน ไวตามิน หรือแร่ธาตุ สัตว์ที่มีการเจริญเติบโตดี สามารถปรับตัวให้เข้ากับระดับพลังงานในอาหารช่วงที่ค่อนข้างกว้าง เพื่อให้ได้รับพลังงานที่เพียงพอ ปกติแล้วอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่กระทงจะมีพลังงานสูงกว่าในไก่สาวที่ใช้ทดแทน ในการเลี้ยงไก่กระทงให้มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดนั้นเป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อที่จะทำให้ได้น้ำหนักส่งตลาดในระยะเวลาอันสั้น ส่วนการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในไก่สาวนั้นมีความสำคัญน้อยกว่า ในทางปฏิบัติแล้ว อาหารไก่เล็กที่จะใช้เป็นไก่สาวทดแทนนั้น ปกติจะมีพลังงานอยู่ในช่วง 2,750-2,970 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ในขณะที่อาหารไก่กระทงระยะเล็กนั้นจะมีพลังงานอยู่ในช่วง 3,080-3,410 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม อย่างไรก็ตาม ลูกไก่ไม่สามารถปรับพลังงานที่กินได้อย่างแท้จริง แต่เมื่อระดับพลังงานในอาหารเพิ่มขึ้นจะกินได้พลังงานมากขึ้นด้วย จึงปรากฏว่า มีไขมันสะสมในซากมากขึ้น เมื่อได้รับอาหารพลังงานสูงเมื่อเทียบกับอาหารพลังงานต่ำ ซึ่งเป็นระดับที่ไก่อาจจะได้รับพลังงานไม่เพียงพอกับการเจริญเติบโตตามปกติและไม่สะสมไขมันในซากในปริมาณที่ปกติด้วย นั่นคือ อาหารที่มีค่าเฉลี่ยของระดับพลังงานสูงจะให้ไขมันในซาก ในขณะที่อาหารระดับพลังงานต่ำให้เนื้อแดง (lean) มากกว่า

2.9.2.3 ความต้องการพลังงานเพื่อการให้ผลผลิต

พลังงานสุทธิที่ต้องการในไก่ที่ให้ผลผลิตสูงจะประกอบด้วยพลังงานเพื่อการเมทาบอลิซึมขั้นต่ำ ความต้องการพลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆและพลังงานที่สะสมอยู่ในไข่ ถ้าอัตราการเมทาบอลิซึมขึ้นต่ำ (basal metabolic rate; BMR) มีค่าเท่ากับ 68 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของอาหารคูณด้วยน้ำหนักตัวยกกำลังด้วย 0.75 หรือเท่ากับ $68W^{0.75}$ ความต้องการพลังงานเพื่อการทำกิจกรรมต่างๆจะเท่ากับ 50 %ของอัตราการเมทาบอลิซึมขั้นต่ำ

2.9.3 แหล่งพลังงานในอาหารสัตว์ปีก

สัตว์ปีกได้รับพลังงานจากคาร์โบไฮเดรท โปรตีน และไขมันในอาหารในจำนวนนี้ คาร์โบไฮเดรทเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญที่สุด เพราะให้พลังงานในสัดส่วนที่สูงและสัตว์ปีกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีที่สุด ส่วนใหญ่จะเป็นแป้งจากเมล็ดธัญพืชหรือพืชหัว ส่วนคาร์โบไฮเดรทที่ไม่ใช่แป้ง (non-starch polysaccharides, NSP) เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพ็นโตแซม หรือโอลิโกแซคคาไรด์ อาทิ stachyose และ raffinose สัตว์ปีกจะทำการย่อยได้น้อย อาหารไขมันก็จัดว่าเป็นแหล่งไขมันที่มีความสำคัญสูงเนื่องจากให้พลังงานมาก และยังเป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็น นอกจากนี้ไขมันยังมีคุณสมบัติพิเศษในแง่ของการให้พลังงาน 2 ประการ กล่าวคือ

1. มี extra caloric effect ไขมันในอาหารมีผลทำให้อาหารเคลื่อนที่ผ่านทางเดินอาหารช้าลง ทำให้โภชนะและพลังงานในอาหารถูกย่อยได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อาหารสัตว์ปีกที่มีไขมันอยู่จึงมักมีระดับ ME รวมสูงกว่าการนำค่า ME ของวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิดรวมกัน

2. ปฏิกิริยาเสริม (synergism) ระหว่างไขมันที่อิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ไขมันที่ไม่อิ่มตัวจะถูกย่อยและถูกดูดซึมได้ง่ายและรวดเร็วกว่าไขมันอิ่มตัว แต่หากเติมไขมันอิ่มตัวร่วมกับไขมันไม่อิ่มตัวลงในอาหารสัตว์ปีก ค่าพลังงาน ME_n ของส่วนผสมจะสูงกว่าค่า ME_n ของไขมันแต่ละประเภทรวมกัน ทั้งนี้เป็นเพราะไขมันไม่อิ่มตัวช่วยเพิ่มอัตราการย่อย ดูดซึม และการใช้ประโยชน์ได้ของไขมันอิ่มตัวให้สูงขึ้นเมื่อใช้ร่วมกัน

2.9.4 ความต้องการพลังงานและการกินอาหาร

ในไก่ไข่และไก่กระทงจะให้กินอาหารในปริมาณที่ไก่ต้องการ ปริมาณอาหารที่ไก่กินภายใต้สภาพแวดล้อมต่างๆ จะมีความสัมพันธ์กับความต้องการพลังงานของสัตว์ในช่วงเวลานั้นๆ เมื่อโภชนะตัวอื่นๆ มีในปริมาณที่เพียงพอในอาหาร ปริมาณอาหารที่กินจะถูกกำหนดโดยระดับพลังงานในอาหารซึ่งวัดในรูปกิโลแคลอรีของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่ไก่กินเข้าไปต่อวันซึ่งค่อนข้างจะคงที่มากกว่าปริมาณการกินอาหารทั้งหมด ปริมาณพลังงานที่ได้รับต่อตัวต่อวันในไก่ที่เลี้ยงในสภาพอากาศที่แตกต่างกัน แต่ปริมาณการกินอาหารของแม่ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีระดับพลังงานที่แตกต่างกันจะแตกต่างกันมากโดยแม่ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีระดับพลังงานต่ำจะกินอาหารมากกว่าแม่ไก่ที่ได้รับอาหารพลังงานสูง ถ้าอาหารไก่ไข่ประกอบด้วยโปรตีน 16 % ปริมาณโปรตีนที่แม่ไก่ได้รับต่อตัวต่อวัน ภายใต้

สภาพแวดล้อมต่างๆจะแตกต่างกัน โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานต่ำจะกินอาหารมากทำให้ปริมาณโปรตีนที่ได้รับสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานสูงเพราะมีปริมาณการกินอาหารต่ำกว่า

ระดับพลังงานในอาหารมีผลต่อคุณภาพซากของไก่กระทง ไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารพลังงานสูงนั้น จะมีไขมันในซากสูง ส่วนไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารพลังงานต่ำจะมีไขมันที่สะสมน้อยกว่าไขมันในซากไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีพลังงานต่ำจะถูกทดแทนด้วยน้ำ ไก่ที่กำลังเจริญเติบโตและไก่ไข่มีแนวโน้มที่จะปรับตัวในการกินอาหารที่มีพลังงานแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม ไก่ยังไม่สามารถจะปรับตัวได้อย่างสมบรูณ์ต่อปริมาณการกินอาหาร ไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีพลังงานสูงมีแนวโน้ม ที่จะได้รับพลังงานค่อนข้างมากทำให้มีไขมันสะสมในซากมากกว่ากลุ่มที่กินอาหารที่มีพลังงานต่ำ ไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีพลังงานสูงจะใช้อาหารต่อน้ำหนักตัวต่ำกว่า

2.9.5 ความต้องการโปรตีนและกรดอะมิโน

ความต้องการโปรตีนของสัตว์ที่แท้จริงเป็นความต้องการกรดอะมิโนของสัตว์ปีก NRC (1994) ระบุได้ว่าสัตว์ปีกนั้นไม่ต้องการโปรตีนแต่จะต้องการกรดอะมิโน และมีเงื่อนไขว่าควรมีโปรตีนระดับหนึ่งเพื่อใช้สนับสนุนการสังเคราะห์กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น การให้โปรตีนในระดับที่เหมาะสมอาจเพิ่มประสิทธิ์ภาพในการผลิตได้ เพราะสามารถนำกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นไปใช้ได้โดยตรง แทนที่จะต้องสังเคราะห์ภายในร่างกายทั้งหมด ความต้องการโปรตีนและกรดอะมิโนของสัตว์ปีกผันแปรไปกับปัจจัยต่างๆ เช่น

1. พันธุกรรมของสัตว์ปีก ชนิด, พันธุ์ และสายพันธุ์ ของสัตว์ปีกมีผลต่อขนาดและน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต ตลอดจนประสิทธิภาพการผลิต จึงมีความต้องการกรดอะมิโนของสัตว์ปีก อิทธิพลจากพันธุกรรมเกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างในด้านประสิทธิภาพในการย่อย การดูดซึม และการใช้ประโยชน์ของกรดอะมิโนที่ดูดซึมได้

2. ปริมาณอาหารที่สัตว์กิน สัตว์ปีกต้องการกรดอะมิโนในปริมาณจำเพาะต่อวันเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ การที่จะได้กรดอะมิโนจำนวนนี้จากอาหาร สัตว์ปีกจำเป็นต้องกินอาหารให้เพียงพอ ดังนั้นปัจจัยใดๆที่มีอิทธิพลต่อการกินอาหารของสัตว์ย่อมมีอิทธิพลต่อความต้องการกรดอะมิโนด้วย

3. อุณหภูมิของอากาศ เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศมีผลกระทบต่อการกินอาหาร เมื่ออากาศร้อนสัตว์จะกินอาหารได้น้อยลง ปริมาณกรดอะมิโนในอาหารควรได้รับการปรับให้สูงขึ้น เพื่อสัตว์ปีกจะได้รับกรดอะมิโนในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการ และปรับในทิศทางที่ตรงกันข้ามเมื่อมีอุณหภูมิที่ลดลง อย่างไรก็ตามการเพิ่มระดับกรดอะมิโนในอาหารจะทำให้เกิดความร้อนเพิ่ม (heat increment) เพิ่มขึ้น ดังนั้นการเพิ่มกรดอะมิโนในสูตรอาหารควรจะเพิ่มในระดับที่ก่อให้เกิดการสมดุลลดกรดอะมิโนส่วนเกินลงให้เหลือต่ำสุด

4. ระดับโปรตีนในอาหาร ความต้องการกรดอะมิโนจะผันแปรไปกับระดับโปรตีนในอาหาร หากอาหารมีระดับโปรตีนที่สูงความต้องการกรดอะมิโนที่สูงขึ้นด้วย ทั้งนี้เพราะว่า ต้องปรับ

ระดับของกรอะมิโน (ที่จำเป็น) ในอาหารได้สมดุลกับกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นสัดส่วนระหว่างกรดอะมิโนทั้งสองกลุ่มเพื่อทำให้กิจกรรมต่างๆในร่างกายอยู่ในภาวะสมดุล

2.9.6 ความต้องการวิตามิน

สัตว์ปีกต้องการวิตามินทุกชนิด และอาจสังเคราะห์วิตามินซี ได้ในร่างกาย ปกติสัตว์ปีกได้รับวิตามินหลายชนิดในระดับที่เพียงพอกับความต้องการจากอาหาร ยกเว้นวิตามิน A, D, E, K, ไรโบฟาลวิน, ไนอาซิน, กรดแพนโตเทนิด, ไบโอตินและวิตามินบี 12 ซึ่งมักจะได้รับไม่เพียงพอ ต้องเสริมลงในอาหารเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามในทางการค้าได้มีการผสมสารผสมล่วงหน้า (premix) ที่มีส่วนผสมของวิตามินทุกชนิดไว้ในอาหาร ทั้งนี้เพราะสัตว์อาจนำวิตามินในอาหารไปใช้ประโยชน์ได้ไม่เต็มที่และ/หรือวิตามินบางชนิดอาจถูกทำลายและสูญเสียไปในระหว่างการเก็บรักษา

2.9.7 ความต้องการ แร่ธาตุ

สัตว์ปีกมีความต้องการแร่ธาตุทั้งในกลุ่มแร่ธาตุหลัก (macrominerals) และแร่ธาตุปลีกย่อย (trace minerals)เหมือนกับในสุกรและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอื่นๆ แต่มีประเด็นสำคัญดังนี้

1.แร่ธาตุที่สัตว์ปีกต้องการหลายชนิดมีอยู่ในวัตถุดิบอาหารสัตว์เพียงพอต่อความต้องการ กลุ่มแร่ธาตุที่มีไม่เพียงพอต่อความต้องการและต้องเสริมในอาหารมี Ca, P, Na, Cl, Cu, Fe, I, Mn, Se, Zn และในกรณีมี Co, Cr, B, F และ Si

2.แร่ธาตุมีปฏิกิริยาร่วม (interactions) ต่อกัน ทั้งในเชิงขัดขวางและในเชิงที่เสริมกัน

3.ในสัตว์ปีกที่กำลังผลิตไข่ ความต้องการแคลเซียมเพื่อสร้างเปลือกไข่สูงกว่าสัตว์ปีกปกติมาก สัดส่วนที่เหมาะสมของแคลเซียม : ฟอสฟอรัส ประมาณ 12:1

4.เกลือ (NaCl) มีความจำเป็นต่ออัตราการเจริญเติบโตและขนาดของไข่ แต่ถ้าให้ในระดับที่สูงเกินไปโดยที่สัตว์ได้รับน้ำไม่เพียงพอ จะทำให้เกิดการสูญเสียต่อการให้ผลผลิตมาก โดยเฉพาะในเขตร้อน

2.10 พลังงานจากการเมทาบอลิซึมของกรดไขมัน

สัตว์สะสมพลังงานไว้ในร่างกายส่วนหนึ่งอยู่ในรูป glycogen ที่ตับและกล้ามเนื้อ แต่พลังงานส่วนใหญ่สะสมไว้ในรูปไขมัน (neutral fat) ที่เซลล์ไขมัน (adipose tissue) ตามส่วนต่างๆของร่างกายโดย 50% ของเซลล์ไขมันสะสมที่ใต้ผิวหนังเรียกว่า subcutaneous fat เนื้อเยื่อสัตว์ ซึ่งได้รับการสะสมไขมันนี้จะได้ไขมันมาจากหลายแหล่งด้วยกันคือ (บุญล้อม, 2542)

1. ลิปิด ที่มีอยู่ในอาหารที่กิน
2. ไขมัน ที่ได้จาก acetyl Co A ระหว่างเกิดกระบวนการ lipogenesis ของคาร์โบไฮเดรท
3. ไขมัน ที่ได้มาจาก acetyl CoA ระหว่างการเกิดกระบวนการ lipogenesis ของกรดอะมิโนบางชนิด

การใช้ไขมันให้เป็นอาหารพลังงานนั้น ไขมันสามารถให้พลังงานแก่สัตว์ได้ 2 ทาง คือ พลังงานจากกลีเซอรอลและจากกรดไขมัน

2.10.1 พลังงานจากกลีเซอรอล

ร่างกายสัตว์สามารถเปลี่ยนกลีเซอรอลของไขมันให้ไปเป็นฟรักโทสได้ และเปลี่ยนต่อไปเป็นกลูโคส กลูโคสที่เกิดขึ้นนี้จะหมุนเวียนไปในกระแสโลหิต เพื่อหล่อเลี้ยงเซลล์ที่ต้องการพลังงาน หรือ สามารถเปลี่ยนไปเป็น pyruvic acid เพื่อเข้า krebs cycle ให้พลังงานออกมาได้ โดยต้องใช้กลีเซอรอล 2 โมเลกุลในการเปลี่ยนเป็นกลูโคส 1 โมเลกุล ซึ่งต้องใช้พลังงานไป 2 ATP แต่ได้ ATP กลับคืนมา 6 ATP และเมื่อกลูโคส 1 โมเลกุลที่เกิดขึ้นนั้น เข้า Krebs' cycle แล้วก็จะได้อีก 38 ATP รวมเป็น 42 ATP หรือ 1 กลีเซอรอล 1 โมเลกุลจะให้พลังงาน 21 ATP

2.10.2 พลังงานจากกรดไขมัน

สำหรับกรดไขมัน ไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็นกลูโคสได้ แต่สามารถให้พลังงานแก่สัตว์โดยกระบวนการ β-oxidation ซึ่งหมายถึง การแตกตัวของคาร์บอนอะตอมออกจากโมเลกุลของกรดไขมันทีละคู่ โดยเกิดปฏิกิริยาเป็นขั้นๆมีผลให้คาร์บอนอะตอมหลุดออกไปที่ละ 2 ตัว โดยเริ่มจากทางด้านปลาย carboxyl group (- COOH) ก่อน

2.11 ผลของ CLA ที่มีต่อไก่กระทง

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

ตารางที่ 2.1 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่กระทง

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

หมายเหตุ: [a, b] ในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2.12 รายการอ้างอิง

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2542. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2535. หลักการอาหารสัตว์. เล่ม 1 โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์. กรุงเทพ.

ศรีสกุล วรจันทรา. 2539. โภชนศาสตร์สัตว์. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สาโรช ค้าเจริญ. 2542. อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 114 น.

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

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

Banni, S., G. Carta, M.S. Contini, E. Angioni, M. Deiana, M.A. Dessi, M.P. Melis and F. P. Corongiu. 1996. Characterization of conjugated diene fatty acid in milk, dairy products, and lamb tissue. Nutr. Biochem. 7:150-155

Bengt, V.E., S.E. Annika and B. Samar. 2004. Isomer-specific effect of conjugated linoleic acid on lipid peroxidation in human. Clinical Sci. 106:67-73

Brodie, A. E.,V. A. Manning, K. R. Ferguson, D. E. Jewell and C. Y. Huu. 1999. Conjugated linoleic acid inhibits differentiation of pre- and post- confluent 3T3-L1 preadipocytes but inhibits cell proliferation only in preconfluentells. J. Nutr. 129:602-609.

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

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

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

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

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

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

Evans, M., C. Geigerman, J. Curtis, Y. Park, M. Pariza and M. Mcintosh. 2001. Linoleic acid attenuates the lipid-lowering effects of tran-10, cis-12 conjugated linoleic acid (CLA) in cultures of 3T3-L1 preadipocytes. FASEB J. 15:A996

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

Grimm, N.K., Y.L. Ha and M.W. Pariza. 1989. Newly recognized anticarcinogenic fatty acids: Identification and quantification in natural and processed chesse. J. Agric. Food Chem. 37:75-81

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

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

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

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

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

Kepler, C. R., K. P. Hirons, J. J. McNeill and S. B. Tove. 1966. Intermediates and proucts of biohydrogenation of linoleic acid by *buyrivibrio fibrisolvens*. J. Biol. Chem. 241:1350-1354

Karmer, J. K. G., N. Sehat, M. E. R. Dugan, M. M. Mossoba, M. P. Yurawecz, J. A. G. Roach, K. Eulitz, J. L. Aalhus, A. L. Schaefer and Youh Ku. 1998. Distributions of conjugated linoleic acid (CLA) isomers in tissue lipids classes of pigs fed a commercial CLA mixture determined by gas

chromatography and silver ion high-performance liquid chromatograph. Lipids. 33:549-558

Lasiewski, R. C. and W. R. Dawson. 1967. A re-examination of the relation between standard metabolic rate and body weight in birds. Condor 69:13.

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

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

Mark, M.A., K. Ritzenthaler, M.K. Mcguire, R. Falen and T.D. Shultz 2001. Estimation of conjugated linoleic acid intake by written dietary assessment methodologies underestimates actual intake evaluated by food duplicated methodology. J. Nutr. 131:1548-1554

McNeel,. R. L. and H. J. Mersmann. 2001. Conjugated linoleic acid isomers influence porcine adipocyte differentiation in vitro. FASEB J. 15:A996

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

National Research Council. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th rev. ed. National Press, Washington DC. : 22-24 p

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

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

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

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

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

Szymczyk, B., P. M. Pisulewski, P. Hanczakowski and W. Szczurek. 2000. The effects of feeding conjugated linoleic acid on rat growth performance, serum lipoproteins and subsequent lipid composition of selected rat tissues. J. Sci. Food Agric. 80:1553-1558.

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

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

บทที่ 3
การศึกษาผลของ Conjugated linoleic acid (CLA) ที่ระดับต่างๆต่ออัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของไก่กระทง

3.1 บทคัดย่อ

การเสริม CLA ลงในอาหารไก่กระทง จะไม่มีผลทำให้ปริมาณกินได้เฉลี่ยต่อตัวต่อวันลดลง แต่จะมีผลทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มการทดลองที่ 4 ที่มีการเสริม CLA ที่ระดับ 1.5%ของอาหาร จะมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และในด้านของคุณภาพซาก นั้นพบว่า CLA ไม่มีผลต่อ น้ำหนักมีชีวิต เปอร์เซ็นต์เลือด เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำ เปอร์เซ็นต์หัว เปอร์เซ็นต์คอ เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์เครื่องในรวม เปอร์เซ็นต์กึ๋น เปอร์เซ็นต์หัวใจ เปอร์เซ็นต์สะโพก เปอร์เซ็นต์สะโพกถอดกระดูก เปอร์เซ็นต์หน้าอก เปอร์เซ็นต์อกในเปอร์เซ็นต์ปีกล่าง และเปอร์เซ็นต์โครง แต่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ขนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และเปอร์เซ็นต์แข้ง เปอร์เซ็นต์เปอร์เซ็นต์น่อง เปอร์เซ็นต์น่องถอดกระดูก และ เปอร์เซ็นต์ปีกบนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และพบว่าไก่กระทงที่ได้รับการเสริม CLA นั้นจะ มีเปอร์เซ็นต์ไขมันในช่องท้องลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และในไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับการเสริม CLA จะมีเปอร์เซ็นต์ตับสูงกว่าไก่กระทงกลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริม CLA

3.2 คำนำ

ไก่กระทงเป็นสัตว์ปีกที่มีการให้ผลผลิตมากที่สุด และเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะสามารถส่งออกต่างประเทศได้ทั้งในรูปไก่สดแช่แข็งและอาหารแปรรูป ทำรายได้เข้าประเทศจำนวนมาก การเลี้ยงไก่เนื้อในประเทศไทยได้มีการพัฒนาและส่งเสริมการเลี้ยงที่จากอดีตเป็นการเลี้ยงหลังบ้านให้มาเป็นในรูปแบบอุตสาหกรรมที่มีการนำเอาสายพันธ์ที่เจริญเติบโตเร็ว เข้ามาเลี้ยง มีการนำความรู้ด้านการจัดการฟาร์มมาใช้อย่างมีระบบ นำเครื่องมืออำนวยความสะดวกมาใช้ในฟาร์ม มีระบบที่ควบคุมและป้องกันการเกิดโรค ตลอดจนมีการพัฒนาวิชาการทางด้านอาหารสัตว์ และสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่กระทงอย่างต่อเนื่อง จากความพยายามทั้งหมดนี้ก็เพื่อที่จะให้

ได้ผลผลิตเนื้อไก่กระทงในปริมาณมากที่สุดและมีประโยชน์ต่อผู้บริโภคมากที่สุด จากการวิจัยเกี่ยวกับสารเสริมในอาหารพบว่า มีสารอยู่ชนิดหนึ่งที่สามารถลดไขมันในซากของไก่กระทงและยังเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคอีกด้วย สารดังกล่าวนั้นก็คือ conjugated linoleic acid (CLA) จากการทดลองของ Badinga et al. (1999) และ Du and Ahn (2002) พบว่า การเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ ในไก่กระทงสามารถลดปริมาณไขมันในซากไก่กระทง และยังสามารถสะสมในเนื้อไก่กระทงได้ แต่การทดลองดังกล่าวศึกษาอยู่ในต่างประเทศทั้งสิ้น ดังนั้นการที่จะนำมาใช้ในประเทศไทยจึงจำเป็นที่จะต้องทำการทดลองซ้ำในประเทศไทยเพื่อที่จะยืนยันผลก่อนที่จะนำมาใช้ ซึ่งหากผลการทดลองเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงนั้นพบว่า CLA สามารถเพิ่มสมรรถภาพในการผลิตให้แก่ไก่กระทงได้ ก็น่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาใช้ปรับปรุงการผลิตไก่กระทงในประเทศไทย

3.3 วัตถุประสงค์

เพื่อทราบถึงผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆต่ออัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของไก่กระทง โดยทำการศึกษาถึง อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักซาก น้ำหนักเนื้อส่วนสะโพก น่อง และหน้าอก น้ำหนักตับ และน้ำหนักไขมันในช่องท้อง

3.4 อุปกรณ์และวิธีการ

3.4.1 การจัดการสัตว์ทดลองและอาหารทดลอง

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

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

ถังอาหารขึ้นในช่วงเวลา 11.00 - 14.00 น. ในทุกกลุ่มการทดลอง เพื่อป้องกันอาการช็อกเนื่องจากความเครียดจากความร้อน

เมื่อไก่กระทงอายุได้ 42 วันจะทำการฆ่า ถอนขน ชำแหละ และตัดแต่งชิ้นส่วนต่างๆ บันทึกน้ำหนักแต่ละชิ้นส่วนทุกขั้นตอน รวมทั้งน้ำหนักเครื่องใน นำข้อมูลที่ได้ มาทำการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของแต่ละชิ้นส่วนต่อน้ำหนักมีชีวิต หรือต่อน้ำหนักซากเย็น

ขั้นตอนการฆ่าชำแหละ ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

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

3.4.2 วิธีการทดลองและเก็บข้อมูล

บันทึกข้อมูล ปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และจำนวนไก่ตาย ทุก 5 วัน ตลอดระยะเวลา 3 สัปดาห์เพื่อนำไปคำนวณเป็นค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ในระหว่างทำการทดลองจะทำการเก็บตัวอย่างอาหารก่อนกินและตัวอย่างอาหารหลังกินทุกสัปดาห์ เพื่อนำไปหาวัตถุแห้ง โดยนำตัวอย่างอาหารก่อนกินและหลังกินที่สุ่มมาในแต่ละสัปดาห์ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในตู้ hot air oven จากนั้นเก็บตัวอย่างอาหารที่ผ่านการหาความชื้นมาแล้วไว้ในภาชนะที่มีฝาปิดเพื่อป้องกันความชื้น และเมื่อสิ้นสุดการทดลองนำอาหารที่เก็บไว้ของแต่ละซ้ำมารวมกันแล้วทำการสุ่มตัวอย่างอาหารเพื่อไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ด้วยวิธี proximate analysis (AOAC, 1990) ทำการหาเถ้า โดยการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ไขมันหรือสารสกัดอีเธอร์ (ether extract, EE) โดย

ใช้เครื่องซอกเลท (soxhlet auto analyser) เยื่อใย (crude fiber, CF) โดยเครื่องไฟเบอร์เทค (fibertec auto analyser) และวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนหยาบ (crude protein, CP) โดยเครื่องเคเจลเทค (kjeltec auto analyser) นำตัวอย่างอาหารไปวิเคราะห์ชนิดของไขมันโดยใช้เครื่อง gas chromatroghy (GC) ตามวิธีของ Folch et al.(1957)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

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

3.6 สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มสะพานหิน และ อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 1 และ 3มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.7 ระยะเวลาในการทำทดลอง

เริ่มทดลองวันที่ 2 เมษายน 2547 ถึง 13 พฤษภาคม 2547

3.8 ผลการทดลอง

3.8.1 ผลของการเสริม CLA ต่ออัตราการเจริญเติบโต

ผลของการเสริม CLA ต่ออัตราการเจริญเติบของไก่กระทงในช่วงอายุ 21-42 วัน กล่าวคือ กลุ่มการทดลองที่ 1 คืออาหารไก่กระทงที่ไม่ได้เสริม CLA กลุ่มการทดลองที่ 2 คืออาหารไก่กระทงที่เสริม CLA 0.5 % กลุ่มการทดลองที่ 3 คืออาหารไก่กระทงที่เสริม CLA1.0 % และกลุ่มการทดลองที่ 4 คืออาหารไก่กระทงที่เสริม CLA 1.5 % เทียบกับน้ำหนักอาหาร พบว่า ปริมาณการกินได้เฉลี่ยต่อตัวต่อวันในแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าเท่ากับ 98.57, 100.47, 101.90 และ 96.19 กรัม ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวันที่คำนวณได้ มีค่าเท่ากับ 62.21, 61.03, 60.87 และ 53.28 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ จะพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์แนวโน้ม พบว่า เมื่อเสริม CLA ลงไปในอาหารไก่กระทงจะทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวันลดลงเป็นแบบเส้นตรงโดยในกลุ่มที่มีการเสริม CLA ที่ระดับ 1.5% มีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำที่สุด ทางด้านของน้ำหนักตัวที่

เพิ่มขึ้นพบว่าในกลุ่มการทดลองที่ 4 จะมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวน้อยกว่าในกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ดังนี้ 1279, 1270, 1263 และ 1091 กรัม ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และในส่วนของประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ของไก่กระทงในกลุ่มการทดลองที่ 4 มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารน้อยกว่าในกลุ่มการทดลองที่ 1 กลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการทดลองที่ 3 คือ 1.63, 1.66, 1.7 และ 1.89 ตามลำดับ (ตารางที่ 3.1) ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

3.8.2 ผลของ CLA ต่อคุณภาพซาก

การเสริม CLA ลงในอาหารของไก่กระทงไม่ทำให้ไก่กระทงมีน้ำหนักที่มีชีวิต เปอร์เซ็นต์เลือดของไก่กระทง และเปอร์เซ็นต์สูญหายของน้ำหนักเมื่อทิ้งไว้ในห้องเย็นนาน 24 ชั่วโมง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เปอร์เซ็นต์ หัว คอ แข้ง และซาก อยู่ในช่วง 2.74-3.22%, 3.85-4.07% และ 66.89-67.65% ตามลำดับ พบว่าเปอร์เซ็นต์ หัว คอ และ ซาก ของไก่ทุกกลุ่มการทดลอง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนทางด้านของเปอร์เซ็นต์ขน มีค่าเท่ากับ 5.70, 6.91, 6.63 และ 7.72% ตามลำดับ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และการเพิ่มขึ้นของ CLA ในอาหารมีแนวโน้มทำให้ไก่กระทงมีเปอร์เซ็นต์ขนเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง linear อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และเปอร์เซ็นต์แข้งมีค่าเท่ากับ 4.23, 3.67, 3.93 และ 3.72% ตามลำดับ ซึ่งก็พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และมีแนวโน้มที่ลดลงตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ผลของการเสริม CLA ต่อน้ำหนักเครื่องในของไก่กระทง พบว่าไก่กระทงทุกกลุ่มการทดลองมีเปอร์เซ็นต์ตับ เท่ากับ 2.15, 2.42, 2.14 และ 2.22% ตามลำดับและมีค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในช่องท้องเท่ากับ1.88, 1.99, 1.75 และ 1.65% ตามลำดับ ซึ่งพบว่าทั้งเปอร์เซ็นต์ตับและเปอร์เซ็นต์ไขมันในช่องท้องนั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และมีแนวโน้มจะลดลงเป็นแบบเส้นตรง linear ตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนเปอร์เซ็นต์เครื่องในรวม กึ๋น และหัวใจ อยู่ในช่วง 11.63-11.99%, 1.36-1.47% และ 0.47-0.61% ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์เครื่องในรวม กึ๋น และหัวใจ นั้นไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3.3)

ผลของการเสริม CLA ต่อน้ำหนักชิ้นส่วนของไก่กระทง พบว่า เปอร์เซ็นต์น่อง เท่ากับ 14.54, 14.03, 14.45 และ 14.10% ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์น่อง นั้นพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีโดยมีแนวโน้มจะลดลงตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง linear ตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$), เปอร์เซ็นต์น่องถอดกระดูกเท่ากับ 10.65, 10.05, 10.41 และ 10.33% ตามลำดับ และพบว่าความแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เปอร์เซ็นต์ปีกบน มีค่าเท่ากับ 6.17, 5.84, 6.01 และ 5.91% ตามลำดับ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และมีแนวโน้มจะลดลงตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง linear ตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนเปอร์เซ็นต์สะโพกมีค่าเท่ากับ 18.82, 18.8, 19.20 และ 18.78% ตามลำดับสะโพกถอดกระดูกมีค่าเท่ากับ 16.04, 15.71, 16.68 และ 16.21% ตามลำดับ อกมีค่าเท่ากับ 21.12, 21.19, 21.13 และ 20.19% ตามลำดับ อกในมีค่าเท่ากับ 5.16, 5.06, 5.35 และ 5.13% ตามลำดับ ปีกล่างมีค่าเท่ากับ 5.83, 5.83, 5.87 และ 5.78% ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์โครงมีค่าเท่ากับ 27.04, 29.04, 27.73 และ 28.63% ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซ็นต์สะโพก สะโพกถอดกระดูก อก อกใน ปีกล่างและโครงจะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 3.1 ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่ออัตราการเจริญเติบโต

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

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

[a, b] ในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

[c, d] ในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

*** การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial**

ตารางที่ 3.2 ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อคุณภาพซากของไก่กระทง

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

หมายเหตุ: [a, b] ในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**P<0.05**)

[c, d, e] ในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**P<0.01**)

[1/] เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักมีชีวิต

* การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

ตารางที่ 3.3 ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์เครื่องในของไก่กระทง

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

หมายเหตุ: $^{a, b, c}$ ในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

$^{1/}$ เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักซาก

* การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

ตารางที่ 3.4 ผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนของไก่กระทง

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

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

1/ เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักซาก

* การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

3.9 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นนั้นจะเห็นว่า CLA มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทงโดยทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริม CLA ในระดับ 1.5% นั้นจะมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวันและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่ำกว่าในกลุ่มการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องมาจาก CLA มีผลต่อการยับยั้งการสะสมของไขมันในร่างกายส่งผลให้ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับการเสริม CLA นั้นมีไขมันสะสมน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริม CLA น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต จึงลดลง และในการทดลองของ Aletor et al. (2003) ที่ทำการทดลองเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงพบว่า ไก่กระทงที่ได้รับ CLA มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นลดลง ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารและอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และทำให้อัตราการกินได้เฉลี่ยต่อตัวต่อวันลดลงอีกด้วย ซึ่งขัดแย้งกับผลการทดลองของ Sirri et al. (2003); Du and Ahn (2002); Sell et al. (2001) และ Simon et al. (2000) ที่กล่าวว่าไม่พบความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่กลุ่มที่ได้รับการเสริม CLA และกลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริม CLA แต่ในการทดลองของ Badinga et al. (2003) กลับพบว่า CLA มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทง โดยทำให้อัตราการกินได้เฉลี่ยต่อตัวต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวันลดลงเมื่อเปรียบเทียบกลับกลุ่มการทดลองที่ไม่เสริมCLA นอกจากนี้ Szymczyk et al. (2001) ได้ทำการทดลองเสริม CLA ในระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 % CLA ในอาหารไก่กระทงพบว่า ในไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับการเสริม CLA ในระดับ 1.5% นั้นมีอัตราการกินได้เฉลี่ยต่อตัวต่อวัน และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทางด้านประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารนั้นไม่พบความแตกต่างทางสถิติแต่มีแนวโน้มที่ลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Badiga et al. (2003) และการทดลองของ Szymezyk et al. (2001) ที่พบว่า การเสริม CLA ทำให้ปริมาณการกินได้เฉลี่ยต่อตัวต่อวันลดลง โดย Badiga et al. (2003) ได้ให้เหตุผลว่า CLA นั้นมีผลทำให้อัตราการเมตาบอลิซึมของไขมันสูงขึ้น โดยจะไปเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ไลเปส (lipase) และเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ carnitine palmitoyl transferase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่นำเอากรดไขมันเข้าสู่ไมโตคอนเดรียในเซลล์เพื่อเผาผลาญเป็นพลังงาน (Park et al., 1997) เมื่อมีอัตราการเมตาบอลิซึมเพิ่มมากขึ้น ก็หมายความว่าไก่ที่ได้รับ CLA นั้นมีประสิทธิภาพในการเผาผลาญพลังงานในอาหารสูงกว่าไก่ที่ไม่ได้รับ CLA เมื่อเปรียบเทียบอาหารในปริมาณเท่ากัน ทำให้ไก่ที่ได้รับ CLA จะกินอาหารในจำนวนที่น้อยกว่าไก่ที่ไม่ได้รับ CLA แต่จะได้รับพลังงานเท่ากัน และอีกสาเหตุที่ทำให้ อัตราการกินได้ลดลง น่าจะเป็นผลมาจากไก่ที่ได้รับ CLA นั้นจะมีการสะสมของไขมันน้อยกว่าในกลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริม CLA เพราะ

การสะสมของไขมันในร่างกาย สัตว์จำเป็นที่จะต้องได้รับพลังงานจากอาหาร โดยสัตว์ที่มีการสะสมของไขมันมากจะมีอัตราการกินได้ที่สูงกว่าสัตว์ที่มีการสะสมของไขมันน้อย ส่วนทางด้านของปริมาณไขมันในช่องท้องนั้น จากการทดลองนี้พบว่า CLA ทำให้ไก่กระทงมีปริมาณไขมันในช่องท้องลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Simon et al. (2000) ที่พบว่าไก่ที่ได้รับการเสริม CLA ในระดับ 1.0% จะมีปริมาณไขมันในช่องท้องลดลง และยังทำให้มีปริมาณไขมันในตับลดลงอีกด้วย สอดคล้องกับการทดลองของ Du and Ahn (2002) ที่กล่าวว่า CLA ไม่มีผลต่อน้ำหนักซากแต่จะทำให้มีปริมาณไขมันในช่องท้องลดลง และในการทดลองของ Sirri et al. (2003) พบว่าการเสริม CLA ไม่มีผลต่อชิ้นส่วนของไก่กระทง โดยไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์หน้าอก เปอร์เซ็นต์ขาและเปอร์เซ็นต์ปีกเปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริม CLA Park et al. (1997) ได้กล่าวว่าถึงกลไกการทำงานของ CLA ที่มีผลต่อปริมาณไขมันที่ลดลงไว้ว่า CLA สามารถยับยั้งการสะสมของไขมันในเซลล์ไขมัน (adipocyte cell) แต่การตอบสนองของ CLA ในการยับยั้งการสะสมไขมันในร่างกายของสัตว์แต่ละสปีชีส์นั้นก็แตกต่างกัน โดยจะขึ้นอยู่กับอัตราการสังเคราะห์ไขมันขึ้นมาใหม่ (novo fatty acid synthesis) (Miner et al., 2001) และได้มีการศึกษากลไกของ CLA โดยละเอียดพบว่า CLA เป็นตัวไปแย่งจับเพื่อเข้าทำปฏิกิริยาแทนที่ α-PPAR receptor ที่มีอยู่ในกระบวนการเปลี่ยนแปลงของ preadiprocytes ทำให้ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างเพื่อรอรับการสะสมของไขมันได้ (Houseknecht et al., 1998 และ Belury and Heuvel, 1999) นอกจากนี้ West et al. (2000) ได้กล่าวว่า การที่มีการสะสมของไขมันในร่างกายสัตว์ลดลงนั้นอาจเป็นผลมาจาก สัตว์มีการใช้พลังงาน เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับในการทดลองของ Tsuboyama-Kasaoka et al. (2000) ที่ทำการทดลองในหนูพบว่า หนูมีการสร้างความร้อน เพิ่มขึ้น มีการสงวนพลังงาน ลดลง และ CLA ยังมีผลต่อการสังเคราะห์เนื้อเยื่อไขมัน โดยทำให้อัตราการสังเคราะห์ลดลง โดย CLA จะไปยับยั้งการเข้ารวมของกลูโคสในกระบวนการสังเคราะห์เนื้อเยื่อไขมัน เมื่อกระบวนการสังเคราะห์เนื้อเยื่อไขมันขาดกลูโคสซึ่งเป็นแหล่งพลังงานการสังเคราะห์เนื้อเยื่อไขมันจึงถูกยับยั้งลง (Baumgard et al., 2000: 2001; Chouinard et al., 1999 และ Loor and Herbein, 1998)

3.10 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงต่ออัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของไก่กระทง พบว่า การเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงในระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5%ของน้ำหนักอาหาร มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารลดลง โดยเฉพาะในกลุ่มการทดลองที่ 4 ที่เสริม CLA ในระดับ 1.5% ของน้ำหนักอาหารมีอัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุดคือ 1.89 และ 21.83 กรัม ตามลำดับ แต่การเสริม CLA จะไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้เฉลี่ยต่อตัวต่อวัน ส่วนผลของการเสริม CLA ต่อคุณภาพซากนั้นพบว่า การเสริม CLA ทำให้ไก่กระทงมีเปอร์เซ็นต์ขนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของเปอร์เซ็นต์แข้ง เปอร์เซ็นต์ตับ เปอร์เซ็นต์น่อง เปอร์เซ็นต์น่องถอดกระดูก เปอร์เซ็นต์ปีกบนก็พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และปริมาณไขมันในช่องท้องลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองที่เสริม CLA โดยในกลุ่มการทดลองที่เสริม CLA ในระดับ 1.5% จะมีปริมาณไขมันในช่องท้องน้อยที่สุดคือ 1.65% ของน้ำหนักซาก ส่วนน้ำหนักมีชีวิต เปอร์เซ็นต์เลือด เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำ เปอร์เซ็นต์หัว เปอร์เซ็นต์คอ เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์เครื่องในรวม เปอร์เซ็นต์กึ๋น เปอร์เซ็นต์หัวใจ เปอร์เซ็นต์สะโพก เปอร์เซ็นต์สะโพกถอดกระดูก เปอร์เซ็นต์อก เปอร์เซ็นต์อกใน เปอร์เซ็นต์ปีกล่าง และเปอร์เซ็นต์โครง จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3.11 รายการอ้างอิง

Aletor, V. A., K. Eder, K. Becker, B. R. Paulicks, F. X. Roth and D. A. Roth-Maier. 2003. The effects of conjugated linoleic acids or and Alfa-Glucosidase inhibitor on tissue lipid concentrations and fatty acid composition of broiler chicks fed a low-protein diet. Poult. Sci. 82:796-804

Association of Official Analytical Chemists. 1997. Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists.

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

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

Baumgard, L. H., B. A. Corl, D. A. Dwyer, A. Saebo and D. E. Bauman. 2000. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 278:R179-184.

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

Belury, M. A. and J. P. Y. Heuvel. 1999. Modulation of diabetes by conjugated linoleic acid. In Advances in Conjugated linoleic acid research. Vol. 1. M.P. Yurawecz, M.M. Mossoba J. K. G. Karmer, M.W. Pariza and G.J. Nelson, editors. AOCS Pres, Champaign.IL. 404-411

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

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

Houseknecht, K. L., J. P. Vanden Heuvel, S. Y. Moya-Camarena, C. P. Portocarrero, L. W. Peck, K. P. Nickel and M. A. Belury. 1998. Dietary conjugated linoleic acid normalizes impaired glucose tolerance in the Zucker diabetic fatty fa/fa [published erratum appears in Biochem Biophys Res Commun 1998 Jun 29;247(3):911]. Biochem. Biophys. Res. Commun. 244:678-682.

Loor, J. J. and J. H. Herbein. 1998. Exogenous conjugated linoleic acid isomers reduce bovine milk fat concentration and yield by inhibiting de novo fatty acid synthesis. J. Nutr. 128:2411-2419.

Miner, J. L., C. A. Cederberg, M. K. Nielsen, X. Chen and C.A. Baile. 2001. Conjugated linoleic acid (CLA), body fat, and apoptosis. Obes. Res. 9:129-134.

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

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

SAS Institute. 1998. SAS User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.

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

Simon, O., K. Manner, K. Schafer, A. Sagredos and K. Eder. 2000. Effect of conjugated linoleic acids on protein to fat proportions, fatty acids and plasma lipids in broilers. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 102:402-410.

Sirri, F., N. Tallarico, A. Meluzzi and A. Franchini. 2003. Fatty acid composition and productive traits of broiler fed diets containing conjugated linoleic acid. Poult. Sci. 82:1356-1361.

Steel, R. G. D. and J. H. Torries. 1980. Principles and Procedures of Statistics: a biometeric approach (2 nd Ed). McGrowHill : New York

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

Tsuboyama-Kasaoka, N., M. Takahashi, K. Tanemura, H. J. Kim, T. Tange, H. Okuyama, M. Kasai, S. Ikemoto and O. Ezaki. 2000. Conjugated linoleic acid supplementation reduces adiposetissue by apoptosis and develops lipodystrophy in mice. Diabetes 49:1534-42.

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

บทที่ 4
ศึกษาผลของ Conjugated linoleic acid (CLA) ที่ระดับต่างๆต่อองค์ประกอบทางเคมีและส่วนประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทง

4.1 บทคัดย่อ

พบว่าการเสริม CLA ลงในอาหารไก่กระทงไม่มีผลต่อ เปอร์เซ็นต์ความชื้น เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์เถ้า ของเนื้อส่วนสะโพก น่อง และหน้าอก แต่จะมีผลทำให้มีเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อน่องลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนทางด้านส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่กระทงนั้น พบว่า การเสริม CLA ทำให้เนื้อไก่กระทงมีกรดไขมันอิ่มตัวมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในเนื้อสะโพก ($P<0.05$) แต่ปริมาณไขมันไม่อิ่มตัวไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทงนั้น พบว่ามีการสะสมของ CLA เพิ่มมากขึ้นในทุกชิ้นส่วน ตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มมากขึ้น และการเสริม CLA ไม่มีผลต่อปริมาณไตรกลีเซอไรด์ คอเรสเตอรอล HDL คอเรสเตอรอล และ LDL คอเรสเตอรอล

4.2 คำนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่กระทงขยายตัวมาก ผู้บริโภคนิยมรับประทานมากขึ้น เนื่องจาก กล้ามเนื้อของไก่กระทงจัดว่าเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่มีคุณภาพสูงสำหรับผู้บริโภค นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของแร่ธาตุและวิตามินบางชนิดอีกด้วย องค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อจากสัตว์แต่ละสายพันธ์จะมีองค์ประกอบที่เป็นโปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ และปริมาณน้ำ ที่ค่อนข้างคงที่ เมื่อไม่คำนึงถึง degree of fatness ของสัตว์ อย่างไรก็ตามองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนตัดแต่ง แต่ละส่วนมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากไก่กระทงเป็นสัตว์ที่เจริญเติบโตเร็ว การสะสมไขมันมาก โดยเฉพาะไขมันในช่องท้อง ซึ่งจะขัดแย้งกับความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการอาหารที่มีปริมาณไขมันต่ำ เนื่องจากการบริโภคไขมันในปริมาณที่มาก จะก่อให้เกิดโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือดได้ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาหาวิธีการที่จะลดปริมาณไขมันในเนื้อไก่ โดยพบว่าการเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงสามารถลดปริมาณไขมันในเนื้อไก่กระทงได้ (Szymczyk et al., 2001 และ Du and Ahn, 2002) ทั้งนี้เนื่องมาจาก CLA จะไปมีผลในการยับยั้งการดูดซึมของ

ไขมัน ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ใช้สังเคราะห์ไขมันในร่างกายของสัตว์ และส่งเสริมให้เกิดการเมทาบอลิซึมของไขมันในตับเพิ่มขึ้น โดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโต จากการศึกษาของ Du and Ahn (2004) พบว่า การเสริม CLA ในระดับต่ำๆจะทำให้การสะสมของไขมันในช่องท้องลดลง แต่จะไปเพิ่มมวลกล้ามเนื้อของไก่กระทงได้และมีผลทำให้ส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่กระทงเปลี่ยนแปลงไป โดยทำให้กรดไขมันชนิดอิ่มตัวเพิ่มมากขึ้น แต่กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวลดลง ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงมุ่งที่จะศึกษาผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงต่อองค์ประกอบทางเคมีและองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อของไก่กระทง

4.3 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของ CLA ต่อองค์ประกอบทางเคมีและส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่กระทง

4.4 อุปกรณ์และวิธีการ

4.4.1 การเตรียมตัวอย่างเนื้อไก่กระทง

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

4.4.2 วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความชื้น

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

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

4.4.3 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์โปรตีน

ทำได้จากการวิเคราะห์ไนโตรเจนที่มีทั้งหมดในตัวอย่างด้วย Kjeldahl Method (AOAC, 1997) และเปลี่ยนปริมาณไนโตเจนให้เป็นปริมาณโปรตีน โดยคูณด้วยค่าแฟกเตอร์ 6.25 ทำการชั่งตัวอย่างเนื้อไก่ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1 กรัม ใส่ขวดย่อยโปรตีน ใส่สาร

ผสม $CuSO_2$ และ K_2SO_4 (อัตราส่วน 1:10) 5 กรัม เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้นปริมาตร 15 มล. และ antifoam ปริมาณ 5 หยดย่อยบนเตาจนสารละลายใส ทิ้งให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่นร้อนลงไปล้างบริเวณคอขวดให้ทั่ว ปริมาตร 25 มล. ย่อยอีกครั้งจนได้สารละลายใส ทิ้งให้เย็น จากนั้นถ่ายสารละลายใสลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มล. ล้างขวดย่อยให้หมดสารละลายตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล. ปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตรให้ได้ 100 มล. ปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 10 มล. กลั่นด้วนเครื่องกลั่นไอน้ำ (Gerhardt, Vapodest 30) เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40% ปริมาตร 40 มล. รองรับสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดบอริกเข้มข้น 4 % ไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้กับกรดเกลือเข้มข้น 0.1 N วิเคราะห์ blank ตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น คำนวณปริมาณโปรตีนจากสูตร

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

A =ปริมาตรกรดเกลือที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง (มล.)

B= ปริมาตรกรดเกลือที่ใช้ในการไตเตรทกับ blank (มล.)

N= ความเข้มข้นของกรดเกลือ (normality)

F = แฟกเตอร์ (แฟกเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณโปรตีนสำหรับเนื้อคือ 6.25)

W= น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

4.4.4 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ไขมัน

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

4.4.5 วิเคราะห์ส่วนประกอบของกรดไขมัน และการสะสมของ CLA

ทำการ ชั่งไขมันที่สกัดได้ 30 มิลลิกรัม ลงในหลอดทดลอง เติม 0.5 M methanolic KOH ปริมาณ 1.5 มิลลิลิตร ไล่อากาศด้วยก๊าซไนโตรเจนและปิดฝาหลอดทันที จากนั้นให้ความร้อนอุณหภูมิ 100 ^oC นาน 5 นาที ในระหว่างนี้เขย่าอย่างแรง 1-2 ครั้งแล้วทิ้งไว้ให้

เย็นลงจนถึงอุณหภูมิปกติ แล้วเติม 14% BF_3 in methanol ปริมาณ 2 มิลลิลิตร ไล่อากาศด้วยก๊าซไนโตรเจน แล้วเติม internal standard จำนวน 1 มิลลิลิตร (ใช้ C_{17} ความเข้มข้นแน่นอน 2.00 mg/ml ใน hexane)ปิดฝาหลอดทันที ผสมให้เข้ากัน แล้วให้ความร้อนอุณหภูมิ 100 ºC ใน water bath นาน 5 นาที ระหว่างนี้เขย่าอย่างแรง 1-2 ครั้งจากนั้นทำให้เย็นลงที่ 30-40 ºC เติม hexane 5 มิลลิลิตรและ เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร จากนั้นทำการไปเปตแยกชั้น hexane (ชั้นบน) และ dry น้ำที่อาจจะติดมาด้วย sodium sulphate ทำการเก็บ CLA methyl ester ในขวดสีชา ไล่อากาศด้วยแก๊สไนโตรเจน จากนั้นนำสารละลาย CLA methyl ester ที่ได้ไปฉีด 1 ใส่ใน GC (HEWLETT PACKARD, HP 6890 Series GC system, U.S.A.) ปริมาณ 1.0 µโดยทำการเปรียบเทียบค่า retention กับ standard FAME mixture (Supelco ™ 37 component FAME Mix, Sigma-Aldrich Co., U.S.A.) และถ้าต้องการเก็บสารละลาย CLA methyl ester ควรเก็บที่อุณหภูมิ -20 ºC

สภาวะของเครื่อง GC:

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

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

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

Dectector : Temperature : FID, 260°C

Standard FAME mixture (Supelco37 component FAME Mix)

ประกอบไปด้วย

1. Butyric acid methyl ester (C 4:0)
2. Caproic acid methyl ester (C 6:0)
3. Capylic acid methyl ester (C 8:0)
4. Capric acid methyl ester (C 10:0)
5. Undecanoic acid methyl ester (C 11:0)
6. Lauric acid methyl ester (C 12:0)
7. Tridecanoic acid methyl ester (C 13:0)
8. Myristic acid methyl ester (C 14:0)

9. Myristoleic acid methyl ester (C 14:1)

10. Pentadocanoic acid methyl ester (C 15:0)

11. cis 10- Heptadecanoid acid methyl ester (C 16:0)

12. Palmitic acid methyl ester (C 16:0)

13. Palmitoleic acid methyl ester (C 16:1)

14. Heptadecanoic acid methyl ester (C 17:0)

15. cis 10-Heptadecanoic acid methyl ester (C 11:0)

16. Stearic acid methyl ester (C 18:0)

17. Elaidic acid methyl ester (C 18:1n9t)

18. Oleic acid methyl ester (C 18:1n9c)

19. Linolelaidic acid methyl ester (C 18:2n6c)

20. linoleic acid methyl ester (C 18:2n6c)

21. Arachidic acid methyl ester (C 20:0)

22. γ-Linoleic acid methyl ester (C 18:3n6)

23. cis 11- Eicosenoic acid methyl ester (C 20:1)

24. Linoleic acid methyl ester (C18:3n3)

25. Heneicosanoic acid methyl ester (C 21:0)

26. cis 11, 14- Eicosadienoic acid methyl ester (C 20:2)

27. Behenic acid methyl ester (C 22:0)

28. cis 8, 11, 14- Eicosatrienoic acid methyl ester (C 20:3n6)

29. Erucic acid methyl ester (C 21:1n9)

30. cis 11, 14, 17- Eicosatrienoic acid methyl ester (C 20:3n3)

31. Arachidonic acid methyl ester (C 20:4n6)

32. Tricosanoic acid methyl ester (C 23:0)

33. cis 13, 16- Docosadienoic acid methyl ester (C 22:5n3)

34 Lignoceric acid methyl ester (C 24:1)

35. cis 5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenoic acid methyl ester (C 20:5n3)

36. Nervonic acid methyl ester (C 24:1)

37. cis 4, 7, 10, 13, 16, 19- Docosahexaenoic acid methyl ester (C22:6n3)

4.4.6 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์เถ้า

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

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

A = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง + น้ำหนักเถ้าหลังเผา

B = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง

C = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

4.4.7 การวิเคราะห์ปริมาณคลอเลสเตอรอลในเลือด

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

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

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

4.6 สถานที่ทำการทดลอง

อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 1 และ 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.7 ระยะเวลาในการทำทดลอง

เริ่มทดลองวันที่ 10 พฤษจิกายน 2547 ถึง 13 ธันวาคม 2547

4.8 ผลการทดลอง

4.8.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้น

เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อสะโพกจะมีค่าเท่ากับ 26.20, 26.26, 26.77 และ 26.70% ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อน่องเท่ากับ 26.03, 25.85, 26.96 และ 26.729% ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อหน้าอกมีค่าเท่ากับ 25.82, 26.30, 26.745 และ 26.86% ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อสะโพก เนื้อหน้าอก และเนื้อน่องของไก่กระทงในทุกกลุ่มการทดลองมีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

4.8.2 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

ผลของการเสริม CLA ต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อไก่กระทงพบว่า ในเนื้อหน้าอกมีปริมาณสูงที่สุด คือเท่ากับ 22.42, 20.19, 22.19 และ 20.23% ตามลำดับรองลงมาคือเนื้อน่อง คือเท่ากับ 20.44, 20.19, 22.19 และ 20.23% ตามลำดับและเนื้อสะโพกมีค่าเท่ากับ 18.47, 18.65, 17.71 และ 17.88% ตามลำดับ โดยที่เปอร์เซ็นต์โปรตีนของเนื้อสะโพก เนื้อหน้าอก และเนื้อน่องของไก่กระทงในทุกกลุ่มการทดลองมีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังที่แสดงในตารางที่ 4.2

4.8.3 เปอร์เซ็นต์ไขมัน

เปอร์เซ็นต์ไขมันของเนื้อสะโพกมีค่าเท่ากับ 7.65, 5.74, 7.48 และ 5.67% ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้ออกมีค่าเท่ากับ 3.07, 3.46, 3.59 และ 2.56% ตามลำดับ ซึ่งจะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อน่องของไก่กระทงนั้นมีค่าเท่ากับ 5.28, 5.07, 4.53 และ 3.66% ตามลำดับ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และมีแนวโน้มลดลงแบบเส้นตรง linear ตามระดับของ CLA ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังที่แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อสะโพก เนื้อน่อง และเนื้อหน้าอกของไก่กระทง

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

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

ตารางที่ 4.2 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนของเนื้อสะโพก เนื้ออก และเนื้อน่องของไก่กระทง

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

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

ตารางที่ 4.3 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์ไขมันของเนื้อสะโพก เนื้ออก และเนื้อน่องของไก่กระทง

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

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

4.8.4 ส่วนประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทง

ผลของการเสริม CLA ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อสะโพกของไก่กระทง พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้กรดไขมันชนิด C17:0 มีค่าเท่ากับ 0.48, 0.23, 0.13 และ 0.41 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับซึ่งพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นแบบเส้นโค้ง quadratic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แต่การเสริม CLA ไม่มีผลต่อ C14:0, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1n9c, C22:1, C18:2n6c, C18:3n3, C22:6n3, total saturated fatty acid : SFA, total monounsaturated fatty acid : MUFA และ total polyunsaturated fatty acid : PUFA (ตารางที่ 4.4) ส่วนในแง่ของการสะสมของ CLA ในเนื้อสะโพกนั้นพบว่า ในเนื้อสะโพกมีปริมาณ CLA a เท่ากับ 0.012, 0.036, 0.064 และ 0.166 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ CLA b เท่ากับ 0.003, 0.014, 0.017 และ 0.118 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ และ total CLA เท่ากับ 0.015, 0.050, 0.082 และ 0.284 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ การสะสมของ CLA ในเนื้อสะโพกจะเพิ่มมากขึ้นตามระดับของ CLA ที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์แนวโน้มพบว่า เมื่อเสริม CLA ในระดับที่เพิ่มขึ้น จะทำให้การสะสมของ CLA ในเนื้อสะโพกเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง linear อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังที่แสดงในตารางที่ 4.5

ผลของการเสริม CLA ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อน่องนั้นพบว่า การเสริม CLA มีผลทำให้ กรดไขมัน C16:1 มีค่าเท่ากับ 0.20, 0.07, 0.08 และ 0.11 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) มีแนวโน้มการลดลงแบบเส้นโค้ง quadratic อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และ C22:1 มีค่าเท่ากับ 0.07, 0.04, 0.02 และ 0.05 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งก็พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เช่นเดียวกับในกรดไขมันชนิด C16:1 และมีแนวโน้มการลดลงแบบเส้นตรง linear อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่การเสริม CLA นั้นจะไม่มีผลกับกรดไขมันชนิด C14:0, C16:0, C17:0, C18:0, C18:1n9c, C18:2n6c, C22:1, C22:6n3, SFA, MUFA และ PUFA (ตารางที่ 4.6) การเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงจะทำให้มีปริมาณ CLA a เท่ากับ 0.005, 0.035, 0.061 และ 0.124 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ CLA b มีค่าเท่ากับ 0.003, 0.022, 0.042 และ 0.124 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ และ total CLA มีค่าเท่ากับ 0.009, 0.058, 0.103 และ 0.305 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ โดยการสะสมของ CLA ในเนื้อน่องจะเพิ่มขึ้นตามระดับของ CLA ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และการสะสมของ CLA ในเนื้อน่องจะเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง linear เมื่อเสริม CLA ในระดับที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) (ตารางที่ 4.7)

การเสริม CLA ไม่มีผลทำให้ส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อออกของไก่กระทงเปลี่ยนแปลงไป (ตารางที่ 4.8) แต่จะมีผลต่อการสะสมของ CLA ในเนื้อหน้าอก กล่าวคือทำให้มีปริมาณ CLA a เท่ากับ 0, 0.023, 0.056 และ 0.121 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ CLA b มีค่าเท่ากับ 0, 0.023, 0.056 และ 0.081 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ และ total CLA มีค่าเท่ากับ 0, 0.061, 0.144 และ 0.202 กรัมต่อไขมัน 100 กรัม ตามลำดับ โดยทำให้การสะสมของ CLA ในเนื้อหน้าอกมีค่าเพิ่มมากขึ้น ตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เช่นเดียวกับในเนื้อน่อง การสะสมของ CLA ในเนื้อหน้าอกจะเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง linear เมื่อเสริม CLA ในระดับที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.4 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อสะโพกของไก่กระทง

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

หมายเหตุ : [a, b] **แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)**

[*] **การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial**

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อสะโพกของไก่กระทง

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

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อสะโพกของไก่กระทง

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

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

ตารางที่ 4.5 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อการสะสมของ CLA ในเนื้อสะโพกของไก่กระทง

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

หมายเหตุ : $^{a, b}$ **ในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)**

* **การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial**

CLAa = cis-9, tran-11 octadecadienoic acid
CLAb = tran10, cis12 octadecadienoic acid

ตารางที่ 4.6 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อน่องของไก่กระทง

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

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อน่องของไก่กระทง

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

หมายเหตุ : $^{a, b}$**ในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)**

* **การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial**

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อน่องของไก่กระทง

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

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

ตารางที่ 4.7 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อการสะสมของ CLA ในเนื้อน่องของไก่กระทง

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

หมายเหตุ : $^{a, b}$**ในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)**

* **การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial**

CLAa = cis-9, tran-11 octadecadienoic acid
CLAb = tran10, cis12 octadecadienoic acid

ตารางที่ 4.8 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้ออกของไก่กระทง

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

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

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

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

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

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

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

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

ตารางที่ 4.9 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) การสะสมของ CLA ในเนื้ออกของไก่กระทง

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

หมายเหตุ : $^{a, b,c}$**ในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)**

* **การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial**

CLAa = cis-9, tran-11 octadecadienoic acid
CLAb = tran10, cis12 octadecadienoic acid

4.8.5 เปอร์เซ็นต์เถ้า

เปอร์เซ็นต์เถ้าของเนื้อสะโพกมีค่าเท่ากับ 1.13, 1.18, 1.17 และ 1.17 ตามลำดับ พบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเปอร์เซ็นต์เถ้าในเนื้อน่องมีค่าเท่ากับ 1.16, 1.19, 1.26 และ 1.21 ตามลำดับ ซึ่งก็ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเปอร์เซ็นต์เถ้าในเนื้ออกนั้น มีค่าเท่ากับ 1.17, 1.08, 1.18 และ 1.22 ตามลำดับ และพบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังที่แสดงในตารางที่ 4.10

4.8.6 ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด

ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด มีค่าเท่ากับ 140.40, 144.00, 151.80 และ 157.75 mmol/l ตามลำดับ ซึ่งจะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณ HDL cholesterol ในเลือด มีค่าเท่ากับ 75.50, 69.42, 71.78 และ 68.67 mmol/l ตามลำดับ ซึ่งก็ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณ triglyceride ในเลือดมีค่าเท่ากับ 99.88, 112.40, 110.92 และ 104.75 mmol/l ตามลำดับ และปริมาณของ LDL cholesterol ในเลือดมีค่าเท่ากับ 44.94, 58.10, 57.84 และ 68.12 mmol/l ตามลำดับ ซึ่งจะไม่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในส่วนของ triglyceride และ LDL cholesterol ดังที่แสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.10 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อเปอร์เซ็นต์เถ้าของเนื้อสะโพก เนื้อน่อง และเนื้อหน้าของไก่กระทง

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

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

ตารางที่ 4.11 ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด

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

หมายเหตุ * การวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี orthogonal polynomial

4.9 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นนั้นพบว่า CLA ไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไก่ในทุกชิ้นส่วนทั้งในด้านของ เปอร์เซ็นต์ความชื้น เปอร์เซ็นต์โปรตีน และเปอร์เซ็นต์เถ้า สอดคล้องกับการทดลองของ Szymczyk et al. (2001) ที่พบว่า CLA ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้น และเปอร์เซ็นต์เถ้า แต่จะทำให้มีเปอร์เซ็นต์ซากเพิ่มขึ้นเนื่องจากซากนั้นมีเปอร์เซ็นต์ไขมันลดลง แต่จากการวิจัยในครั้งนี้ ไม่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อสะโพกและเนื้อหน้าอก แต่จะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ของเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อน่อง โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อน่องจะลดลงตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้น ส่วนในเนื้อสะโพกและเนื้อหน้าอกถึงแม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างทางสถิติแต่จะพบว่ามีแนวโน้มที่ลดลงตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับในเนื้อน่อง CLAทำให้กรดไขมันชนิดอิ่มตัวในเนื้อสะโพกเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Badinga et al. (2003); Du and Ahn (2004); Szymczyk et al. (2001) และ Delany et al. (1999) ที่รายงานว่า การเสริม CLA ลงในอาหารไก่กระทงจะทำให้ส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่กระทงมีปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มมากขึ้นแต่จะทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวลดลงแต่จากผลการทดลองในครั้งนี้ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว แต่พบว่ามีแนวโน้มที่ลดลงตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจากการค้นคว้ากลไกของ CLA ต่อการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อนั้นพบว่า CLA มีผลต่อเอนไซม์ 9-desaturase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจากกรดไขมันชนิดอิ่มตัวในกระบวนการ novo fatty acid synthesis จึงทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวลดลงและกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองที่ไม่ได้เสริม CLA Raes et al. (2002) รายงานว่า CLA มีโครงสร้างคล้ายกับ linoleic acid 18:2 (n-6) มากกว่า linoleic acid 18:3 (n-3) ซึ่งกรดไขมันทั้งสองชนิดนี้เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ 6-desaturase ในเซลล์ตับ ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยน 18:2 (n-6) และ 18:3 (n-3) เป็น 18:3 (n-6) และ 18:3 (n-4) ซึ่งเป็นขั้นตอนเริ่มต้นของการต่อสายความยาวของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเหล่านั้น และเป็น rate limiting step ของการเปลี่ยน linoleic acid และ linolenic acid ไปเป็น arachidonic acid และ eicosapentacnoic acid (EPA) โดย CLA เป็นตัวยับยั้งชนิดแข่งขันกับเอ็นไซม์ 6-desaturase โดยเอนไซม์นี้มีความชอบในการจับกับ linolenic acid 18:3 (n-3) มากกว่า linoleic acid 18:2 (n-6) เมื่อ CLA แข่งขันกับ linoleic acid 18:2 (n-6) ในการจับกับเอนไซม์ 6-desaturase ทำให้เอนไซม์นี้ไปจับกับ linolenic acid 18:3 (n-3) มากขึ้น เป็นผลให้มีกรดไขมันสายยาวชนิด n-3 มากกว่ากรดไขมันชนิด n-6 หรือมีผลทำให้มีกรด

ไขมันไม่อิ่มตัวที่มีจำนวนพันธะคู่มากๆลดลง และจากการทดลองของ Lee et al.(1998) กล่าวว่า เอนไซม์ stearoyl-CoA desaturase (SCD) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการเปลี่ยนกรดไขมันอิ่มตัวสายยาว (long-chain saturated fatty acid) ไปเป็น monosutarated fatty acid โดยปกติสารตั้งต้นเป็นพวก palmitic acid C16:0 และ steric acid C18:0 ไปเป็น palmitoleic acid C16:1 และ oleic acid C18:1 ตามลำดับ และ CLA จะไปมีผลยับยั้ง mRNA ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์เอนไซม์ SCD และมีการทดลองจำนวนมากที่แสดงให้เห็นว่า CLA นั้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของกรดไขมันในสัตว์ โดยจะทำให้ C16:0 และ C18:0 เพิ่มขึ้น แต่ไปลด C16:1 และ C18:1 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบกรดไขมันนี้เกิดจากการยับยั้งการทำงานของ เอนไซม์ SCD ใน 3T3-L1 cell (Satory and Smith, 1999) การลดลงของ MUFA จะควบคู่ไปกับการลดลงของ SFA ซึ่งจะทำให้เนื้อมีความเหลวเพิ่มขึ้น (Badinga et al., 2003) จากหลักฐานที่แสดงว่า CLA สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ SCD ได้นั้นได้รับการยืนยันจากการทดลองของ Azain et al. (2000) ที่ทำการทดลองในหนู แต่การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ SCD นี้ไม่ได้เป็นกระบวนการหลักที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อแต่จัดว่าเป็นกระบวนการเริ่มต้น ซึ่งกระบวนการสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคือกระบวนการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ 9-desaturase และ6-desaturase ในเซลล์ตับ และทางด้านของการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่นั้น จากการทดลองพบว่ามีการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่มากขึ้นตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Badinga et al.(2003); Du and Ahn (2004) และ Szymczyk et al. (2001) เช่นเดียวกับการทดลองในไก่ไข่ โดย Chin et al.(1992) กล่าวว่าใน egg yolk มี CLA อยู่ประมาณ 0.9 มิลลิกรัม ต่อ egg yolk lipid 1 กรัม ในการเสริม CLA ลงไปในอาหารไก่ไข่นั้น เมื่อเสริมในปริมาณที่มากขึ้นก็จะทำให้ CLA สะสมอยู่ใน egg yolk lipid มากขึ้นด้วย Du et al. (1999) ได้รายงานว่า CLA สามารถเพิ่ม saturated fatty acid ใน egg yolk lipid ได้ และยังทำให้ไข่แดงมีความคงตัวมากขึ้น และ CLA ยังสามารถสะสมในไก่ได้เพิ่มมากขึ้นเมื่อมีความเข้มข้นของ CLA ในอาหารเพิ่มมาก สอดคล้องกับการทดลองของ Chamruspollert and Sell (1999) และ Pariza and Cook (1999) ที่ทำการทดลองในไก่ไข่ก็พบว่า เมื่อเสริม CLA ในอาหารในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ในไข่ไก่มีปริมาณ CLA ที่เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้น และในส่วนของปริมาณคลอเลสเตอรอลในเลือดนั้นไม่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในการทดลองของ Du and Ahn (2004) ซึ่งได้ทำการทดลองเสริม CLA ในระดับ 0, 2 และ 3% ในอาหารไก่กระทง พบว่าทำให้ total cholesterol และ HDL cholesterol เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.10 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่กล่าวมาข้างนั้นพบว่าการเสริม CLA ลงในอาหารไก่กระทงทำให้องค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่กระทงเปลี่ยนแปลง กล่าวคือ CLA ทำให้ในเนื้อไก่กระทงมีปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัวเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มมากขึ้น แต่ทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวลดลงโดยเฉพาะกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มาก ๆ และการเสริม CLA ยังทำให้ในเนื้อไก่มีการสะสมของ CLA เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ CLA ที่เพิ่มขึ้นในทุกๆชิ้นส่วนเนื้อ แต่ไม่ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อเปลี่ยนแปลง อาทิเช่น เปอร์เซ็นต์ความชื้น เปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อ และเปอร์เซ็นต์เถ้า แต่จะมีแนวโน้มทำให้มีเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อส่วนสะโพก น่อง และหน้าอกลดลง จากผลการทดลองที่กล่าวมานี้นับว่าเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่กระทงอย่างมาก เพราะเนื่องจากเป็นอีกแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับเนื้อไก่กระทง เพราะ CLA ที่สะสมอยู่ในเนื้อไก่นั้นมีประโยชน์อย่างมากกับผู้บริโภค

4.11 รายการอ้างอิง

Association of Official Analytical Chemists. 1997. Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists.

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

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

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

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

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

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

Du, M. and D.U.Ahn. 2004. Dietary conjugated linoleic acid (CLA) effect lipid metabolism in broiler chicks. Iowa State University Animal Industry Report 2004.

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

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

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

Pariza, M. W. and M. E. Cook. 1999. Effect of dietary conjugated linoleic acid on egg yolk fatty acids and hatchability in Japanese quails.

J. Anim. Sci. 77:1199-1207

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

SAS Institute. 1998. SAS User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.

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

Steel, R. G. D. and J. H. Torries. 1980. Principles and procedures of statistics: a biometeric approach (2 nd Ed). McGrowHill : New York

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

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

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

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

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

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

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

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

4. การเสริม CLA ในอาหารไก่กระทงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร พบว่าทำให้ทำให้องค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่กระทงมีปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มมากขึ้นแต่จะไม่มีผลกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในทุกๆชิ้นกล่าวคือ ในเนื้อสะโพกของไก่กระทง พบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้กรดไขมันชนิด C17:0 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P<0.05$) เพิ่มขึ้น แต่การเสริม CLA ไม่มีผลต่อกรดไขมันชนิด C14:0, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1n9c, C22:1, C18:2n6c, C18:3n3, SFA, MUFA และ PUFA ในเนื้อส่วนหน้าอกพบว่าไม่มีความแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับในกลุ่มการทดลองที่ไม่เสริม CLA และในเนื้อส่วนน่องพบว่าการเสริม CLA มีผลทำให้ กรดไขมันชนิด C22:1 ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่การเสริม CLA นั้นจะไม่มีผลกับกรดไขมันชนิด C14:0, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1n9c, C18:2n6c, C18:3n3, C22:6n3, SFA, MUFA และ PUFA

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

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้พบว่าการเสริม CLA ลงในอาหารไก่กระทงไม่ทำให้คุณภาพซากของไก่กระทงเปลี่ยนแปลงถึงแม้ว่าจะกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวันและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของไก่กระทงโดยลดลงบ้างก็ตาม แต่ผลที่ได้ในการสะสมของ CLA ในเนื้อไก่กระทงนั้นนับว่าเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้บริโภค เนื่องจาก CLA ที่สะสมอยู่ในเนื้อไก่กระทงมีประโยชน์ทางด้านส่งเสริมสุขภาพที่ดีแก่ผู้บริโภค แต่เนื่องจาก CLA ที่นำมาใช้ยังมีราคาแพงเพราะยังไม่สามารถผลิตขึ้นเองในประเทศได้ ยังจำเป็นต้องพึ่งพาจากต่างประเทศอยู่ ทำให้ต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูงแต่ผลลัพธ์ที่ได้คือ การที่เนื้อไก่มี CLA สะสมอยู่ก็นับว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเนื้อได้ ผู้บริโภคก็น่าจะยินดีจ่ายเพิ่มมากขึ้นเพื่อสุขภาพที่ดีขึ้น อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆเพื่อที่จะนำมาให้ในการปรับปรุงอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่กระทงอีกด้วย

ภาคผนวก ก

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของอาหารไก่กระทงในระยะ 3-6 สัปดาห์ ที่ทำการเสริมด้วย 60% CLA

วัตถุดิบ	กลุ่มควบคุม	เสริม 0.5% CLA	เสริม 1.0% CLA	เสริม 1.5%CLA
ข้าวโพด	60	60	60	60
กากถั่วเหลือง	20	20	20	20
ปลาป่น 55	8.5	8.5	8.5	8.5
กากทานตะวัน	5	5	5	5
L-lysine	0	0	0	0
ไดแคลเซียม	1	1	1	1
น้ำมันถั่วเหลือง	5	4.17	3.36	2.5
60% CLA	0	0.83	1.64	2.5
พรีมิกซ์	0.5	0.5	0.5	0.5
รวม	**100**	**100**	**100**	**100**
โภชนะจากการคำนวณ				
พลังงาน ME (Kcal/กิโลกรัมอาหาร)	3267.08	3267.08	3267.08	3267.08
ระดับโปรตีน(%)	20.125	20.12	20.13	20.22
ระดับไขมัน (%)	7.74	7.96	7.95	7.75
ระดับเยื่อใย (%)	9.36	9.56	9.38	9.37
แคลเซียม (%)	0.992	0.992	0.992	0.992
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (%)	0.598	0.598	0.598	0.598
Arginine (%)	1.3002	1.3002	1.3002	1.3002
Lysine (%)	1.11325	1.11325	1.11325	1.11325
met+cys (%)	0.724	0.724	0.724	0.724
Tryptophan (%)	0.2485	0.2485	0.2485	0.2485
Isoleucine (%)	0.08	0.08	0.08	0.08
Valine (%)	1.05	1.05	1.05	1.05
Threonine (%)	0.7924	0.7924	0.7924	0.7924

ตารางที่ 2 แสดงส่วนประกอบของกรดไขมันในอาหารทดลองของไก่กระทงที่ทำการเสริมด้วย 60% CLA

Fatty acid	g / 100g fat			
	Control	**0.5% CLA**	**1.0% CLA**	**1.5%CLA**
Saturated				
14:00	0.651	0.432	0.813	0.342
16:00	0.914	0.879	0.546	0.345
17:00	1.157	0.879	0.546	0.232
18:00	1.254	0.608	0.682	0.160
Total	3.976	2.798	2.587	1.079
Monounsaturated				
16:01	0.348	0.430	0.342	0.554
18:1 n 9C	0.334	0.331	0.740	0.678
22:01	0.213	0.654	0.430	0.897
Tatal	0.895	1.415	1.512	2.129
Polyunsaturated				
18:2 n 6c	0.555	1.245	1.206	1.343
18:3 n 3	0.865	1.125	1.863	1.790
22:6 n3	0.617	0.839	1.130	1.898
Total	2.036	3.209	4.199	5.030
CLA				
CLAa	0.000	0.260	0.540	0.820
CLAb	0.000	0.270	0.562	0.810
Total	0.000	0.530	1.102	1.630

ภาคผนวก ข

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely random design, CRD)

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ijk}$$

เมื่อกำหนดให้ X คือ ค่าสังเกตแต่ละค่า

μ คือ ค่าเฉลี่ยของประชากร

α_i คือ ผลของทรีทเมนต์ที่ 1

ε_{ij} คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าสังเกตที่ j ในทรีตเมนต์ i

i คือ $1,2,3,\ldots,k$ (ให้ k เป็นจำนวนทรีตเมนต์)

j คือ $1,2,3,\ldots,n$ (ให้ n เป็นจำนวนค่าสังเกตในแต่ละทรีตเมนต์)

<u>ตารางที่ 3</u> การวิเคราะห์วาเรียนซ์ของอัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทงที่ได้รับการเสริม CLA และอาหารสูตรทดลอง

Source	df	SS	MS	F_{value}	Pr>F
การกินได้วัตถุแห้งอาหาร (กก./ตัว/วัน)					
Treatment	3	20.14	6.80	1.29^{ns}	0.3054
Error	20	105.58	5.27		
Total	23	126.00			
		R^2= 0.162	C.V.= 5.50%		
Linear	1	11.244	11.244	0.31	0.5841
Quadratic	1	55.819	55.819	1.54	0.2302
Cubic	1	7.768	7.768	0.21	0.6487
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (g)					
Treatment	3	58.114	19.37	5.12	0.0086
Error	20	75.625	3.78		
Total	23	133.739			
		R^2= 0.4345	C.V.= 7.93%		
Linear	1	6.270.08	6.270.08	0.39	0.5396
Quadratic	1	9912.57	9912.57	0.62	0.4419
Cubic	1	5146.70	5146.70	0.32	0.5780

<u>ตารางที่ 3</u>(ต่อ) การวิเคราะห์วาเรียนซ์ของอัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทงที่ได้รับการเสริม CLA และอาหารสูตรทดลอง

Source	df	SS	MS	F_{value}	Pr>F
อัตราการแลกเนื้อ					
Treatment	3	0.259	0.086	6.94	0.0022
Error	20	0.249	0.012		
Total	23	0.509			
		R^2= 0.510	C.V.= 6.48%		
Linear	1	0.0048	0.0048	0.22	0.6471
Quadratic	1	0.0007	0.0007	0.00	0.9539
Cubic	1	0.0006	0.0006	0.03	0.8706
อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)					
Treatment	3	300.886	100.295	4.36	0.0162
Error	20	460.015	23.00		
Total	23	760.902			
		R^2= 0.395	C.V.= 8.08%		
Linear	1	11.244	11.244	0.31	0.5841
Quadratic	1	55.815	55.815	1.54	0.2302
Cubic	1	7.768	7.768	0.21	0.6487

ประวัติผู้เขียน

นางสาวธนาพร บุญมี เกิดเมื่อวันที่ 27 ธันวาคม 2524 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร เป็นบุตรีของ นายยุทธนา บุญมี และ นางเบญจพร บุญมี ศึกษาระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนสตรีวิยา และสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2540 ศึกษาระดับปริญญาตรี ในสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สำเร็จการศึกษาเมื่อปีการศึกษา 2544 และได้ศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปีการศึกษา พ.ศ. 2545