ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารไก่ไข่ ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง และสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่

นางสาวสุรัสสา สมิตะโยธิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-533-436-7

EFFECTS OF CONJUGATED LINOLEIC ACID (CLA) SUPPLEMENTATION IN LAYER DIETS ON FATTY ACID COMPOSITIONS OF EGG YOLK AND LAYER PERFORMANCES

Miss Surassa Samitayotin

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

Suranaree University of Technology

Academic Year 2004

ISBN 974-533-436-7

ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารไก่ไข่
ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง และสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(อ. ดร.สุรินทร บุญอนันธนสาร)
ประธานกรรมการ

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

(ผศ. น.สพ. ดร.บัญชร ลิขิตเดชาโรจน์)
กรรมการ

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

(อ. ดร.ปราโมทย์ แพงคำ)
กรรมการ

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

(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

สุรัสสา สมิตะโยธิน : ผลของการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารไก่ไข่ ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง และสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ (EFFECTS OF CONJUGATED LINOLEIC ACID (CLA) SUPPLEMENTATION IN LAYER DIETS ON FATTY ACID COMPOSITIONS OF EGG YOLK AND LAYER PERFORMANCES)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ. ดร.วิศิษฐิพร สุขสมบัติ, 92 หน้า. ISBN 974-533-436-7

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่และคุณภาพของไข่ไก่ โดยจัดแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) ใช้ไก่ไข่สาวพันธุ์ Bovans Goldline อายุ 27 สัปดาห์ จำนวน 300 ตัว แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มการทดลอง จำนวน 5 ซ้ำ (ซ้ำละ 12 ตัว) ระยะเวลาในการเลี้ยง 56 วัน (แบ่งเป็น 4 ช่วง ช่วงละ 14 วัน) การทดลองแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มการทดลองดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม (ไม่มีการเสริม CLA), กลุ่มที่ 2 ทำการเสริม CLA 1%, กลุ่มที่ 3 ทำการเสริม CLA 2%, กลุ่มที่ 4 ทำการเสริม CLA 3% และกลุ่มที่ 5 ทำการเสริม CLA 4% มีการเก็บบันทึกข้อมูลจำนวนผลผลิตและน้ำหนักไข่ที่ผลิตได้ในแต่ละวัน, บันทึกการกินได้ทุกสัปดาห์ สำหรับการวัดคุณภาพไข่จะบันทึกทุกช่วงการทดลอง และเก็บไข่แดงไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบของกรดไขมันต่อไป นอกจากนี้ในวันสุดท้ายของการทดลองจะทำการเจาะเลือดไก่ไข่ ซ้ำละ 4 ตัว เพื่อนำพลาสม่าไปวิเคราะห์หาปริมาณ total cholesterol, high density lipoprotein cholesterol (HDL cholesterol), low density lipoprotein cholesterol (LDL cholesterol) และ triglycerides ในพลาสม่าของไก่ไข่

ผลการทดลองพบว่าไก่ไข่ที่ได้รับ CLA 4% จะทำให้การกินได้ลดลงจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และผลผลิตไข่ก็ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) กลุ่มที่เสริม CLA 3% ในอาหารจะมีการกินได้และผลผลิตไข่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่เสริม CLA 0, 1 และ 2% ส่วนน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลองและอัตราการตายพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในทุกกลุ่มการทดลอง

การเสริม CLA 4% ในอาหารทำให้คุณภาพไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งน้ำหนักของไข่แดง, ไข่ขาว, ไข่ทั้งฟองและสีไข่แดง และพบว่าการเพิ่มระดับการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ทำให้สีของไข่แดงซีดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

เมื่อเพิ่มระดับของ CLA ในอาหารไก่ไข่ จะมีแนวโน้มทำให้ปริมาณ CLA ในไข่แดงเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) พบว่าเมื่อเสริม CLA 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหาร ทำให้พบปริมาณ CLA ในไข่แดง คือ 0.01, 2.08, 5.98, 10.05 และ 14.15% ของ total fatty acids ตามลำดับ สามารถประมาณได้ว่า ในไข่ 1 ฟอง ผู้บริโภคจะได้รับ CLA เท่ากับ 0.09, 61.68, 194.75, 297.16 และ 417 มิลลิกรัม ตามลำดับการเสริม CLA ในอาหาร นอกจากนี้เมื่อเพิ่มระดับของ CLA ในอาหารไก่ไข่ จะทำให้ saturated fatty acids (SFA)ในไข่แดงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) monounsaturated fatty acids (MUFA) และ polyunsaturated fatty acids (PUFA) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของ CLA ต่อปริมาณ cholesterol ในไข่แดง พบว่ากลุ่มที่เสริม CLA 2, 3 และ 4% ในอาหาร ทำให้มีปริมาณ cholesterol ในไข่แดง ต่ำกว่ากลุ่มที่เสริม CLA 0 และ 1% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ซึ่งปริมาณ cholesterol มีค่าเท่ากับ 11.45, 11.37, 9.73, 9.19 และ 9.09 มิลลิกรัมต่อกรัมไข่แดงตามลำดับการเสริม CLA 0, 1, 2, 3 และ 4% นอกจากนี้ CLA 3 และ 4% ทำให้ total cholesterol และ HDL cholesterol ในพลาสม่าของไก่ไข่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ระดับของ LDL cholesterol มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้ง quadratic ตามระดับการเสริม CLA อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และระดับของ triglycerides ในพลาสม่าของทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

สรุปได้ว่า ไก่ไข่ที่ได้รับ CLA เกินกว่า 3% จะทำให้สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกลุ่มที่ไม่ได้เสริม CLA และการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ จะมีแนวโน้มทำให้มีปริมาณ CLA ในไข่แดงเพิ่มขึ้นได้ นอกจากนี้ SFA ในไข่แดงจะเพิ่มขึ้น MUFA และ PUFA ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และไก่ไข่ที่ได้รับ CLA ที่ 2% ขึ้นไปทำให้ปริมาณ cholesterol ในไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ทางด้านต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหลนั้น พบว่าจะเพิ่มขึ้นตามระดับที่เสริม CLA ในอาหาร

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ ลายมือชื่อนักศึกษา __________

ปีการศึกษา 2547 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา __________

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม __________

SURASSA SAMITAYOTIN : EFFECTS OF CONJUGATED LINOLEIC ACID (CLA) SUPPLEMENTATION IN LAYER DIETS ON FATTY ACID COMPOSITIONS OF EGG YOLK AND LAYER PERFORMANCES. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. WISITIPORN SUKSOMBAT, Ph.D. 92 PP. ISBN 974-533-436-7

CONJUGATED LINOLEIC ACID/FATTY ACID COMPOSITIONS/YOLK LIPIDS/ EGG QUALITY/LAYING HEN

The objectives of this study were to investigate the effect of feeding conjugated linoleic acid (CLA) supplementation in layer diets on fatty acid compositions of egg yolk and layer performances. Three hundred 27-wk-old layers were assigned randomly to five dietary treatments containing 0, 1, 2, 3, and 4% conjugated linoleic acid (CLA). Twelve hens per replication and five replications were assigned randomly to each of five dietary treatments. The Experiment was completely randomized design. Egg production and egg weight were recorded daily while feed consumed was recorded weekly. Four eggs from each replication from each treatment were used to determine egg quality and were recorded fortnightly. For fatty acids and cholesterol analysis, 4 eggs from each replication were obtained every day-14 of each period throughout the experiment. Blood samples were taken at the end of experiment. Blood plasma was determined for total cholesterol, high density lipoprotein cholesterol (HDL cholesterol), low density lipoprotein cholesterol (LDL cholesterol) and triglycerides.

Hens fed 4% CLA consumed less feed ($P<0.05$) than the other groups and

decreased rate of egg production (P<0.01). Daily feed intake and egg production of hens fed 3% CLA were similar to hens fed 0, 1 and 2 % dietary CLA. Body weight gain and mortality were not significantly different.

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

The concentration of CLA in yolk lipids increased as dietary CLA increased (p<0.01). The concentration of total CLA in yolk lipids from hens fed 0, 1, 2, 3 and 4% dietary CLA were 0.01, 2.08, 5.98, 10.04, and 14.15% of the total fatty acids, respectively. On the average, one egg produced contains approximately 0.09, 61.68, 194.75, 297.16 and 417 mg of CLA, respectively. Concentrations of saturated fatty acids (SFA) in egg yolk lipids increased as dietary CLA increased (P<0.01) whereas concentrations of monounsaturated fatty acids (MUFA) and polyunsaturated fatty acids (PUFA) decreased slightly as dietary CLA increased (P<0.01).

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

Data presented showed that rate of eggs production, feed intake, average weights of eggs, yolks and albumens were decreased in hens fed 4% dietary CLA although egg production among other treatment groups was not significantly different.

The concentration of CLA and saturated fatty acids (SFA) in yolk lipids increased slightly as dietary CLA increased. Concentrations of monounsaturated fatty acids (MUFA) and polyunsaturated fatty acids (PUFA) decreased with increasing CLA. The cholesterol content in egg yolks was significantly decreased by supply of 2, 3 and 4% dietary CLA. Feed cost per dozen of eggs increased (P<0.01) with increasing dietary CLA.

School of Animal Production Technology — Student's Signature S. Samitayotin

Academic Year 2004 — Advisor's Signature

Co-advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิศิษฐิพร สุขสมบัติ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาในทุกด้านตลอดจนคำแนะนำในการเขียนการตรวจแก้วิทยานิพนธ์และสนับสนุนค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น.สพ. ดร.บัญชร ลิขิตเดชาโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้วิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.กนก ผลารักษ์ รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ชาญ ณ ลำปาง และรองศาสตราจารย์ ดร.กนกอร อินทราพิเชฐ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ยิ่งในการเขียนวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่กรุณาสนับสนุนทุนในการทำวิจัย ขอขอบคุณบริษัท BASF (Thai) Limited ที่ให้ความอนุเคราะห์ Conjugated linoleic acid (CLA) ขอบคุณฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้ความอนุเคราะห์สัตว์ทดลองและสถานที่ดำเนินงานวิจัย ตลอดจนพี่ๆ พนักงานฟาร์มมหาวิทยาลัย ที่ช่วยเหลือตลอดงานนี้

ขอขอบคุณพี่บุคลากรประจำอาคารเครื่องมือ 1 และอาคารเครื่องมือ 3 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความช่วยเหลือในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณพี่พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์, เฉลิมพล โยวะ, ชิดชนก นวลฉิมพลี, ชัยสิทธิ์ แสงงาม, อริชญา นาคชำนาญ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ที่ร่วมเรียนระดับบัณฑิตศึกษาทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลืออย่างเต็มที่ในงานวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนเพื่อนร่วมเรียนระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ รุ่น 6 และพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ชมรม มทส ต้านเอดส์และยาเสพติดที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจอย่างดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวสมิตะโยธิน ที่ให้การอบรมเลี้ยงดู ส่งเสริมการศึกษาและเป็นกำลังใจอย่างดียิ่งตลอดมา

สุรัสสา สมิตะโยธิน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ค

กิตติกรรมประกาศ ฉ

สารบัญ ช

สารบัญตาราง ฎ

สารบัญภาพ ฐ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย 2

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 2

1.5 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.7 สถานที่ทำการวิจัย 3

1.8 ระยะเวลาทดลอง 3

รายการอ้างอิง 4

2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 กรดไขมัน 6

2.2 conjugated linoleic acid (CLA) 7

2.3 บทบาทของ CLA ต่อสุขภาพผู้บริโภค 8

2.3.1 คุณสมบัติในการเป็น anticarcinogen 8

2.3.2 คุณสมบัติในการเป็น antioxidant 9

2.3.3 ป้องกันการเกิดเส้นเลือดแข็งตัวและตีบตัน (antiatherogenic) 9

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.4 ผลต่อการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อและการลดไขมันสะสม 10
2.3.5 สนับสนุนการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน 10
2.4 การศึกษาผลของ conjugated linoleic acid (CLA) ในการผลิตไก่ไข่และไข่ 11
2.4.1 ผลของการเสริม CLA ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่ไข่และคุณภาพไข่ 11
2.4.2 ผลของการเสริม CLA ต่อการสะสมของ CLA ในไข่แดง 12
2.4.3 ผลของการเสริม CLA ต่อปริมาณ fatty acids ในไข่แดง 13
2.4.4 CLA ต่อปริมาณ cholesterol ใน egg yolk 15
2.5 องค์ประกอบของฟองไข่ 16
2.5.1 เปลือกไข่ 16
2.5.2 ไข่ขาว 17
2.5.3 ไข่แดง 17
2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพไข่ 18
2.6.1 ปัจจัยที่มีผลต่อขนาดฟองไข่และน้ำหนักไข่ 18
2.6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อสีของไข่แดง 19
2.6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความสูงไข่ขาว 19
2.6.4 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพเปลือกไข่ 20
2.7 ปัจจัยสมรรถภาพการผลิต 20
2.7.1 ปัจจัยที่มีผลผลผลิตไข่ 20
2.7.2 ปัจจัยที่มีผลปริมาณการกินอาหาร 21
2.8 ความต้องการโภชนะของไก่ไข่ 22
2.8.1 ความต้องการพลังงาน 22
2.8.2 ความต้องการโปรตีน 22
2.8.3 ความต้องการแคลเซียมและฟอสฟอรัส 23
2.8.4 ความต้องการแร่ธาตุและวิตามิน 23
รายการอ้างอิง 25
3 การศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ 29
3.1 วัตถุประสงค์ 30

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 วิธีการวิจัย 30
3.2.1 การเก็บข้อมูลสมรรถภาพการผลิตไก่ไข่ 30
3.2.2 การเก็บข้อมูลคุณภาพไข่ไก่ 31
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล 31
3.4 สถานที่ทำการวิจัย 31
3.5 ระยะเวลาทำการทดลอง 31
3.6 ผลการทดลอง 31
3.6.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารทดลอง 31
3.6.2 ผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต 36
3.6.3 ผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพของไข่ไก่ 38
3.6.4 ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล 40
3.7 วิจารณ์ผลการทดลอง 40
3.7.1 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารทดลอง 40
3.7.2 สมรรถภาพการผลิต 41
3.7.3 คุณภาพไข่ 42
3.7.4 ต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ผลิตไข่ 1 โหล 43
3.8 สรุปผลการทดลอง 43
รายการอ้างอิง 45
4 การศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของ fatty acid,
ปริมาณ cholesterol และการสะสมของ CLA ในไข่ไก่ 47
4.1 วัตถุประสงค์ 48
4.2 วิธีการวิจัยและการเก็บข้อมูล 48
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล 49
4.4 สถานที่ทำการวิจัย 49
4.5 ระยะเวลาการทดลอง 49
4.6 ผลการทดลอง 49

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.6.1 ผลของ CLA ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในไข่แดง 49
4.6.2 ผลของ CLA ต่อปริมาณ cholesterol ในไข่ไก่ 54
4.6.3 ผลของ CLA ต่อปริมาณ total cholesterol, HDL cholesterol, LDL cholesterol และ triglycerides ในพลาสม่าไก่ไข่ 54
4.7 วิจารณ์ผลการทดลอง 56
4.7.1 ผลของ CLA ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในไข่แดง 56
4.7.2 ผลของ CLA ต่อปริมาณ cholesterol ในไข่ไก่ 58
4.7.3 ผลของ CLA ต่อปริมาณ total cholesterol, HDL cholesterol, LDL cholesterol และ triglycerides ในพลาสม่าของไก่ไข่ 59
4.8 สรุปผลการทดลอง 59
รายการอ้างอิง 61
5 สรุปผลการทดลอง 63
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก 66
ภาคผนวก ข 72
ประวัติผู้เขียน 92

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงผลของการเสริม CLA ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่ไข่ 11
2.2 แสดงผลของการเสริม CLA ต่อการสะสมของ CLA ในไข่แดง 12
2.3 แสดงผลของการเสริม CLA ต่อปริมาณ fatty acids ในไข่แดง 15
2.4 แสดงผลของการเสริม CLA ต่อปริมาณ cholesterol ใน ไข่แดง 16
3.1 ส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารที่ใช้ในอาหารทดลอง (%) 33
3.2 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงไก่ไข่ 34
3.3 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมัน 60 % CLA และน้ำมันถั่วเหลือง 34
3.4 แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารทดลอง 35
3.5 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ 37
3.6 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพของไข่ไก่ 39
3.7 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 40
4.1 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันและ CLA ในไข่แดง 52
4.2 แสดงผลของ CLA ต่อปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids), กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (monounsaturated fatty acids), กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (polyunsaturated fatty acids) และ total CLA ในไข่แดง 53
4.3 แสดงผลของ CLA ต่อปริมาณคอเลสเตอรอล (cholesterol) ในไข่แดง 55
4.4 แสดงผลของ CLA ต่อปริมาณ total cholesterol, HDL cholesterol, LDL cholesterol และ triglyceridesในพลาสม่าไก่ไข่ 55

ตารางผนวกที่

1 แสดงการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ 72
2 แสดงการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของคุณภาพไข่ไก่ 74

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

3 แสดงการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 78

4 แสดงการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของต้นทุนค่าอาหารไก่ไข่ 79

5 แสดงการวิเคราะห์วาเรียนซ์ขององค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง 80

6 แสดงการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid), กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (monounsaturated fatty acid), กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (polyunsaturated fatty acid) และ total CLA ในไข่แดง 87

7 แสดงการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของปริมาณคอเลสเตอรอล (cholesterol) ในไข่แดง 89

8 แสดงการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของปริมาณ total cholesterol, high density lipoprotein cholesterol, low density lipoprotein cholesterol และ triglycerides ในเลือดไก่ไข่ 90

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 แสดงโครงสร้างของ Linoleic acid, cis-9, trans-11 CLA
และ trans-10, cis-12 CLA 8

2.2 แสดง Possible effect of CLA on the metabolism of (n-6)
and (n-3) fatty acids 14

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสนใจด้านคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสัตว์และยังให้ความสนใจกับความสัมพันธ์ระหว่างอาหารและสุขภาพมากขึ้น รวมทั้งยังมีข้อมูลข่าวสารจำนวนมากเกี่ยวกับองค์ประกอบและความสำคัญของอาหาร ซึ่งผู้บริโภคสามารถรับรู้ได้โดยผ่านสื่อต่างๆ โดยเฉพาะสารอาหารประเภทไขมัน อาหารที่มีปริมาณไขมันมากมักถูกหลีกเลี่ยงในการนำมาบริโภค เช่น ไข่ไก่ ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพดี ราคาถูก มีวิตามิน แร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกายอยู่ครบถ้วน แต่ไข่ไก่เป็นอาหารที่จัดว่ามีปริมาณคอเลสเตอรอลสูงประมาณ 198-200 มิลลิกรัม ต่อไข่ 1 ฟอง (สาโรช, 2542) ซึ่งเป็นปัญหาหนึ่งที่ทำให้มีการหลีกเลี่ยงการบริโภคไข่ไก่ เมื่อผลของการค้นพบทางการแพทย์ได้ยืนยันความสัมพันธ์ของการบริโภคสารอาหารประเภทไขมันชนิดอิ่มตัวสูงกับอาการผิดปกติของร่างกาย โดยเฉพาะภาวะเส้นเลือดอุดตัน การไหลเวียนเลือด และการทำงานของหัวใจไม่เป็นปกติ (พจน์ และคณะ, 2540) จึงมีการรณรงค์และแนะนำให้ผู้บริโภครับประทานอาหารที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังมีเอกสารการวิจัยทางการแพทย์สนับสนุนบทบาทของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวต่อการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคต่างๆ ในมนุษย์ นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบว่าแหล่งไขมันจากอาหารทะเล โดยเฉพาะปลาทะเลมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวกลุ่ม n-3 โดยเฉพาะ eicosapentaenoic acid (EPA) และ docosahexaenoic acid (DHA) สูงมาก ซึ่งมีบทบาทในทางการแพทย์ และโภชนาการบำบัดของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มนี้ต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Baer et al., 2001) และพบว่ามีการวิจัยทางการผลิตสัตว์โดยการเสริมกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวกลุ่มนี้ในผลิตภัณฑ์จากสัตว์เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์และเพื่อสุขภาพของผู้บริโภค นอกจากกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวกลุ่มนี้แล้ว ยังมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอีกชนิดหนึ่งซึ่งมีการวิจัยทางการแพทย์ในต่างประเทศพบว่ามีคุณสมบัติสามารถต่อต้านการเกิดโรคมะเร็งได้ (anticarcinogenic properties) และมีคุณสมบัติในการเป็น antioxidant (Ha et al., 1990) นอกจากนี้ยังมีผลต่อการลดไขมันสะสมในร่างกาย (Henrietta et al., 2000) ซึ่งกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวชนิดนี้คือ conjugated linoleic acid (CLA) พบว่ามีการวิจัยทางการผลิตสัตว์โดยการเสริม CLA ในการเลี้ยงไก่ไข่ สามารถเพิ่มปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มนี้ในไข่ไก่ได้ (Ahn et al., 1999; Du et al., 1999; Du et al., 2001) แต่การเสริม CLA ก็

จะทำให้ ปริมาณ saturated fatty acids ในไข่ไก่เพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งอาจทำให้ผู้บริโภคเกรงว่า จะเป็นสาเหตุให้เกิดการสะสมของ cholesterol ในเส้นเลือด แต่มีรายงานของ Shultz et al. (1992) ได้กล่าวว่า CLA สามารถลดการเกิด cholesterol และป้องกันการเกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ได้อีกด้วย ด้วยคุณสมบัติของ CLA ที่เป็น anticarcinogen และมีคุณสมบัติเป็น antioxidant ป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ha et al., 1990) ดังนั้นด้วยเหตุผลที่กล่าวมา การนำ CLA มาใช้ในงานวิจัยทางด้านการผลิตไก่ไข่ โดยเสริมในอาหารไก่ไข่ น่าจะเป็นการเพิ่มปริมาณ CLA ในไข่แดงได้ ทำให้เป็นการเพิ่มมูลค่าของไข่และทำให้ผู้บริโภคได้รับ โภชนะที่ดีต่างๆอย่างครบถ้วนและก่อให้เกิดคุณประโยชน์ที่แท้จริงต่อสุขภาพผู้บริโภคและเศรษฐกิจของผู้ผลิต

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของ fatty acids, ปริมาณ cholesterol และการสะสมของ CLA ในไข่ไก่

1.2.2 เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต

1.2.3 เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพของไข่ไก่

1.2.4 เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ผลิตไข่ 1 โหล

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 การเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ ทำให้องค์ประกอบของ fatty acids ในไข่แดงเปลี่ยนแปลง, cholesterol ในไข่แดงลดลง และสามารถเพิ่มปริมาณ CLA ในไข่ไก่ได้

1.3.2 การเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ ไม่มีผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิต

1.3.3 การเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ ทำให้คุณภาพของไข่ไก่ดีขึ้น

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

conjugated linoleic acid, fatty acid compositions, yolk lipids, egg quality, laying hen

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

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

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้ทราบผลการตอบสนองของ CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของ fatty acids, ปริมาณ cholesterol และการสะสมของ CLA ในไข่ไก่

1.6.2 ได้ทราบผลการตอบสนองของ CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่

1.6.3 ได้ทราบผลการตอบสนองของ CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพของไข่ไก่

1.7 สถานที่ทำการวิจัย

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, อาคารเครื่องมือ 1 และอาคารเครื่องมือ 3 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.8 ระยะเวลาการทดลอง

1 มิถุนายน 2547 ถึง 11 มีนาคม 2548

รายการอ้างอิง

พัชรี บุญศิริ. 2540. เมแทบอลิซึมของลิพิด Lipid metabolism. หน้า 298-327. *ใน* ตำราชีวเคมี. ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. บรรณาธิการ พจน์ ศรีบุญลือ, โสพิศ วงศ์คำ, พัชรี บุญศิริ และ ประสงค์ คุณานุวัฒน์ชัยเดช.

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

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

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

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

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

Du, M., D. U. Ahn, K. C. Nam and J. L. Sell. 2001. Volatile profiles and lipid oxidation of irradiated cooked chicken meat from laying hens fed diets containing conjugated linoleic acid. Poult. Sci. 80:235-241.

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

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

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

Shultz, T. D., B. P. Chew and W. R. Seaman. 1992. Differential stimulatory and inhibittory responses of human MCF-7 breast cancer cells linoleic acid and conjugated linoleic acid in culture. Anticancer. Res. 12:2143-2146.

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คำนำ

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

2.1 กรดไขมัน (Fatty acids)

กรดไขมันสามารถจำแนกตามสมบัติของสายไฮโดรคาร์บอน เป็น 2 ชนิด คือ กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids) กรดไขมันอิ่มตัว หมายถึง กรดไขมันที่สายไฮโดรคาร์บอนเป็นแอลเคน (alkane) ซึ่งประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจนที่เชื่อมกันด้วยพันธะเดี่ยวทั้งหมด กรดไขมันไม่อิ่มตัวหมายถึงกรดไขมันที่สายไฮโดรคาร์บอนเป็นแอลคีน (alkene) ซึ่งมีอะตอมคาร์บอนบางอะตอมเชื่อมกันด้วยพันธะคู่ แบ่งแยกย่อยได้อีกคือ กรดไขมันที่มี 1 พันธะคู่ (monounsaturated fatty acids) และกรดไขมันที่มีมากกว่า 1 พันธะคู่ (polyunsaturated fatty acids) และสารพวกไอโคซานอยด์ (eicosanoid) คือ กรดไขมันที่มีมากกว่า 1 พันธะคู่และมีคาร์บอน 20 อะตอม

นอกจากนี้เรายังแยกกรดไขมันโดยอาศัยคุณค่าทางโภชนาการเป็น 2 ชนิด คือ กรดไขมันที่ไม่จำเป็นต่อร่างกาย (non-essential fatty acids) คือกรดไขมันที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้เอง ได้แก่ กรดไขมันอิ่มตัว เช่น กรดปาล์มิติก (palmitic acid, C16:0) กรดสเตียริก (stearic acid, C18:0) ส่วนกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential fatty acids) คือ กรดไขมันที่ร่างกายไม่

สามารถสังเคราะห์ได้ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น สำหรับมนุษย์กรดไขมันที่จำเป็นคือ กรดลิโนเลอิก(linoleic acid, C:18:2), กรดลิโนเลนิก (linolenic acid, C18:3), กรดอะแรชิโดนิก (arachidonic acid, C20:4) จะเห็นว่าในโมเลกุลของกรดไขมันดังกล่าวจะมีพันธะคู่ระหว่าง C9 ถึงปลาย CH_3 ซึ่งถ้ามีพันธะคู่ในช่วงนี้ร่างกายไม่สามารถสร้างได้ (พัชรีและคณะ, 2540)

2.2 Conjugated linoleic acid (CLA)

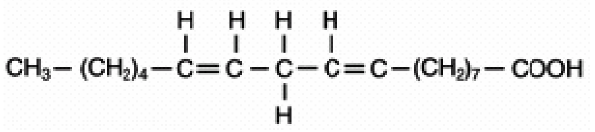
CLA เป็นกรดไขมันชนิดหนึ่ง ถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1987 โดยทีมวิจัยของ Dr. Michael Pariza แห่งมหาวิทยาลัย Wisconsin- Madison ซึ่งสกัดได้จากเนื้อโค CLA เป็นกลุ่มไอโซเมอร์ของกรดไขมัน linoleic acid ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็น ความแตกต่างในกลุ่มของ linoleic acid จะขึ้นอยู่กับชนิดและการจัดตำแหน่งของพันธะ ซึ่งโดยปกติกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน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

CLA เป็นกลุ่มไอโซเมอร์ของกรดไขมัน linoleic acid ที่โครงสร้างตรงตำแหน่งที่เป็นพันธะคู่ (double bond) 2 ตำแหน่ง (octadecadienes) นั้น มีพันธะเดี่ยวกั้นอยู่ระหว่างกลางเพียง 1 ตำแหน่ง (ดังรูปที่ 2.1) ซึ่งมีทั้งหมด 16 ไอโซเมอร์ (Du et al., 2000) แต่ที่พบมากที่สุดมีเพียง 2 ไอโซเมอร์ คือ cis-9, trans-11- octadecadienoic acid และ trans-10, cis-12- octadecadienoic acid ซึ่งพบมากในธรรมชาติ และจากรายงานของ Ha et al. (1990) พบว่า เมื่อให้อาหารที่ประกอบด้วย CLA จำนวน 9 ไอโซเมอร์ จะพบเพียง cis-9, trans-11- octadecadienoic acid เท่านั้นที่เป็นองค์ประกอบของ phospholipids ในเนื้อเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งตรงกับรายงานของ Park et al. (1997) ที่ระบุว่า cis-9, trans-11- octadecadienoic acid จะทำงานได้ดีกว่า trans-10, cis-12- octadecadienoic acid

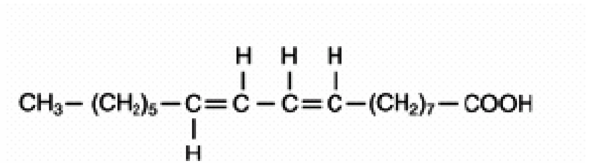
แหล่งของ Conjugated linoleic acid (CLA)

โดยปกติ CLA จะมีอยู่ในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสัตว์เคี้ยวเอื้อง (ruminant) เช่น ในน้ำนมโค ซึ่งพบว่าในน้ำนมโคจะมี CLA อยู่ในช่วง 2.9-11.3 mg /g fat โดยอยู่ในรูป cis-9, trans-11- octadecadienoic acid ถึง 73-93 % ของ CLA ทั้งหมด ส่วนในไขมันวัว จะมี CLA อยู่ในช่วง 3.1- 8.5 mg / g fat โดยที่อยู่ในรูป cis-9, trans-11- octadecadienoic acid ถึง 57-85 % ของ CLA ทั้งหมด ทั้งนี้การที่มี CLA ในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากในสัตว์เคี้ยวเอื้องมีจุ

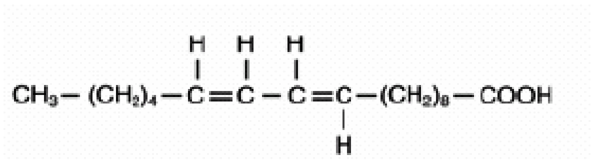
ลินทรีย์ในกระเพาะหมักที่สามารถสังเคราะห์ CLA ได้ ส่วนในสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง (non-ruminant) และในน้ำมันพืช จะมี CLA อยู่ในระดับต่ำ ซึ่งจะอยู่ในช่วง 0.6-0.9 mg/ g fat (Hunter, 2000)



cis 9, 12 (linoleic acid)



cis 9, trans 11 CLA



trans 10, cis 12 CLA

รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของ linoleic acid, cis-9, trans-11 CLA และ trans-10, cis-12 CLA (Hunter, 2000)

2.3 บทบาทของ conjugated linoleic acid (CLA) ต่อสุขภาพผู้บริโภค

2.3.1 คุณสมบัติในการเป็น anticarcinogen

ซึ่งจากรายงานของ Ip et al. (1994) ซึ่งพบว่า CLA เป็นสาร anticarcinogen ชนิดเดียวที่ได้จากสัตว์ และเป็นกรดไขมันที่มีคุณสมบัติเป็น anticarcinogen เช่นเดียวกับน้ำมันปลา แต่ต้องใช้น้ำมันปลาเป็นปริมาณมาก (> 10 % ของอาหาร) จึงจะแสดงผล ในขณะที่ CLA ที่ความเข้มข้นน้อยกว่า 100 เท่า (0.1% ของอาหาร) สามารถยับยั้งการพัฒนาเซลล์มะเร็งในเต้านมหนูได้ (Ip et al., 1994) ซึ่งนอกจาก CLA จะสามารถยับยั้งการพัฒนาเซลล์มะเร็ง CLA ยังสามารถป้องกันการเกิดโรคมะเร็งได้ แต่กลไกในการป้องกันนั้นยังไม่ทราบแน่ชัด Sugano et al. (1997) ได้รายงานว่า CLA จะไปลดความเข้มข้นของ prostaglandin E 2 และ leukotriene 4 ในซีรั่มและม้ามของหนู ซึ่ง prostaglandin E2 มีผลกระตุ้นการเกิดมะเร็งเต้านมเพราะสามารถกระตุ้นและยับยั้งปัจจัยที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของ epithelium cell ของเต้านมได้ ส่งผลให้ CLA ยับยั้งการพัฒนาของเซลล์มะเร็งเต้านมได้ ในทำนองเดียวกับ Akalln and Tokusoglu (2003) ได้

รายงานว่า CLA มีผลไปยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์เนื้องอกซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า CLA ทำให้ปริมาณของ การสังเคราะห์ eicosaniod ลดลง eicosaniods ที่สำคัญก็คือพรอสตาแกลนดิน (prostaglandin) ซึ่งเป็นตัวช่วยกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาของเนื้องอกโดยมี arachidonic acid เป็นสารตั้งต้นในการเปลี่ยนเป็น eicosaniods ซึ่ง arachidonic acid เป็นผลมาจากขบวนการ elongation และ desaturation ของ linoleic acid จากการทดลองพบว่า CLA ทำให้ปริมาณของ linoleic acid ลดลง จึงทำให้การเปลี่ยนเป็น arachidonic acid ลดลงด้วย ดังนั้น CLA จึงน่าจะช่วยในการยับยั้งการเติบโตของเซลล์มะเร็งได้

2.3.2 คุณสมบัติในการเป็น antioxidant

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

2.3.3 ป้องกันการเกิดเส้นเลือดแข็งตัวและตีบตัน (antiatherogenic)

Lee et al. (1994) ได้รายงานว่า การให้ 0.5 % CLA ในหนู เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 11 วันจะมีผลทำให้ระดับ low density lipoprotein cholesterol (LDL-cholesterol) และ triglycerides ในเลือดลดน้อยลง ซึ่งเป็นการป้องกันการเกิดเส้นเลือดแข็งตัวและตีบตัน โดยกลไกการลดระดับ LDL-cholesterol นั้นยังไม่เป็นที่ทราบอย่างแน่ชัด ทั้งนี้อาจเกิดจากขั้นตอนการ re-esterify cholesterol โดยกรดไขมัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวคือ oleic acid ที่ CLA มีผลในการยับยั้งเอนไซม์ที่เปลี่ยน stearic acid เป็น oleic acid ทำให้ re-esterify cholesterol ลดลงได้ (Geoffery, 1998)

และด้วยคุณสมบัติของ CLA ที่เป็น antioxidant มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคหลอดเลือดแข็งตัว (atherosclerosis) เพราะโรคนี้เกิดจากการที่ระดับของ LDL-cholesterol สูงขึ้น และเกิดจากมี oxidative modification บนอณูของ LDL-cholesterol ที่เพิ่มขึ้น และไปสัมผัสกับ free radicals ต่างๆที่มีอยู่ในเลือด ทำให้อณูของ oxidized LDL เปลี่ยนแปลงทำให้ LDL-receptor จำไม่ได้ ในขณะที่ macrophage receptor ไม่สามารถรับรู้การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ จึงรับ oxidized LDL เพิ่มขึ้นและเก็บเข้าเซลล์ได้อย่างไม่จำกัด พบได้ในส่วนที่หนาตัวขึ้นของหลอดเลือดในรายที่มีหลอดเลือดแข็งซึ่งมีผลทำให้รูหลอดเลือดตีบลงจนเกิดอันตรายได้ ดังนั้นด้วยคุณสมบัติของ CLA ที่เป็น antioxidant จึงสามารถป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดแข็งตัว (atherosclerosis) ได้ (Hunter, 2000)

2.3.4 ผลต่อการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อและการลดไขมันสะสม

Javadi et al. (2004) ได้สรุปว่า CLA จะไปทำให้เซลล์ไขมัน (adipose tissue) มีการสังเคราะห์กรดไขมันลดลง เพิ่มการทำงานของการออกซิไดซ์ของกรดไขมันและเพิ่มการทำงานของ carnitine เมื่อตรวจหา fatty acid synthase และ acetyl-CoA carboxylase จะพบว่ามีปริมาณลดลง แต่ในตับ (hapatic tissue) CLA จะไปทำให้มีการสะสมของลิปิดมากขึ้น เพราะมีการสังเคราะห์ของกรดไขมันมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีการทดลองที่บอกว่า CLA มีผลต่อฮอร์โมนจากต่อมไธรอยด์และเพิ่มระดับ insulin ในร่างกาย ซึ่งทำให้ anabolic rate ของการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้น ซึ่งในการศึกษาของ Park et al. (1997) ในหนูทดลอง พบว่า การเสริม CLA 0.5 % จะมีผลทำให้ไขมันในร่างกายหนูลดลง 57 และ 67 % ในหนูทดลองเพศผู้และเพศเมีย ตามลำดับ และสามารถเพิ่ม body mass ได้ 5 และ 14 % เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

Henrietta et al. (2000) ทดลองให้ผู้หญิงที่มีน้ำหนักตัวมากกว่า 60 กก.รับประทาน CLA ในระดับต่างๆ เป็นเวลามากกว่า 12 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับประทาน CLA พบว่ากลุ่มที่ได้รับ CLA มีระดับของไขมัน (total cholesterol, HDL cholesterol, LDL cholesterol) ในกระแสเลือด ระดับของ creatinine และเอนไซม์ creatinine phosphokinase ในซีรัมน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับ CLA นอกจากนี้มวลไขมันในร่างกายลดลงและมวลกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Mougios et al. (2001) ให้คนรับประทาน CLA ในระดับต่างๆ เป็นเวลามากกว่า 12 สัปดาห์ พบว่าเปอร์เซ็นต์ body fat และมวลไขมันในร่างกาย ลดลง ซึ่งได้อธิบายไว้ว่า CLA จะไปลดการทำงานของ lipoprotein lipase ใน adipocytes ไปเพิ่มการทำงานของ carnitine และขบวนการ β-oxidation ในเซลล์ไขมัน (adipose tissue)

2.3.5 สนับสนุนการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน

Cook et al. (1993) พบว่า CLA สามารถป้องกันการสลายกล้ามเนื้อโครงร่างจากการกระตุ้นของภูมิคุ้มกัน ซึ่งจากการทำงานของ cytokine จะมีผลต่อการสังเคราะห์และสลายกล้ามเนื้อโครงร่าง โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของ IL-1 (interleukine-1) จะทำให้การสลายกล้ามเนื้อโครงร่างลดลง และการเพิ่มขึ้นของ IL-1 ยังมีความสัมพันธ์กับการลดลงของ prostaglandin E 2 (PGE 2) ซึ่ง CLA มีผลในการไปลดการสร้าง arachidonic acid ที่เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ PGE 2 สอดคล้องกับ Watson et al. (2005) ทดลองในหนูแก่ซึ่งระบบภูมิคุ้มกันจะลดลง CLA มีผลในการไปเพิ่ม Th1 cytokine ทำให้มีผลในการควบคุมสมดุลของระบบภูมิคุ้มกันและเป็นการป้องกันการเกิดโรคหัวใจและโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด (atherosclarosis)

2.4 การศึกษาผลของ conjugated linoleic acid (CLA) ในการผลิตไก่ไข่และไข่

2.4.1 ผลของการเสริม CLA ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่ไข่และคุณภาพไข่

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

ตารางที่ 2.1 แสดงผลของการเสริม CLA ต่อสมรรถภาพการผลิตไก่ไข่

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

[a,b] มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P<0.05

การเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ ทำให้ขนาดของไข่ทั้งฟองและไข่แดง มีน้ำหนักลดลง Chamruspollert and Sell (1999) เสริม CLA ที่ระดับ 0, 0.5, 2.5 และ 5% ในอาหารไก่ไข่ พบว่าเสริม CLA 5% ในอาหารไก่ไข่ ทำให้น้ำหนักไข่ทั้งฟองและน้ำหนักไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น น้ำหนักไข่ทั้งฟองคือ 54.86, 51.87, 53.52 และ 48.23 กรัม ตามลำดับการเสริม และน้ำหนักไข่แดงคือ 16.60, 15.94, 17.70 และ 14.06 กรัม ตามลำดับการเสริม สอดคล้องกับ Szymczyk and Pisulewski (2003) รายงานว่า ขนาดไข่แดงลดลงคือ 17.22, 16.58, 16.73, 16.42 และ16.93 กรัม ตามระดับการเสริม CLA ในอาหารคือ 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2%

2.4.2 ผลของการเสริม CLA ต่อการสะสมของ CLA ในไข่แดง

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

ตารางที่ 2.2 แสดงผลของการเสริม CLA ต่อการสะสมของ CLA ในไข่แดง

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

[a, b, c, d, e] มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P<0.05

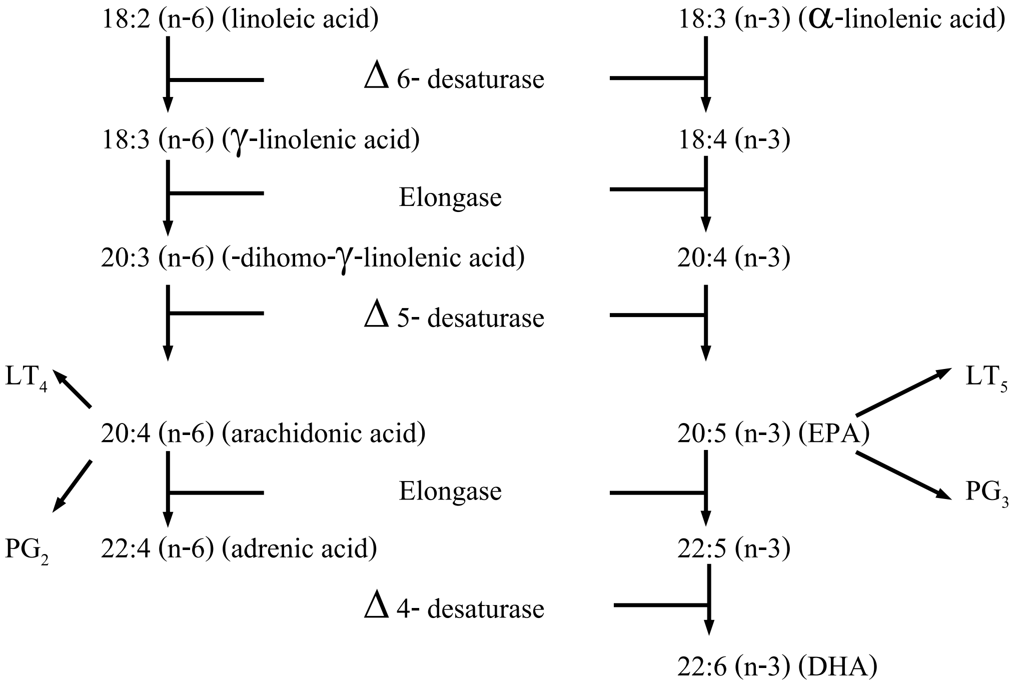
2.4.3 ผลของการเสริม CLA ต่อปริมาณ fatty acids ในไข่แดง

2.4.3.1 CLA ต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids)

Szymczyk and Pisulewski (2003) พบว่า เมื่อเสริม CLA ที่ระดับ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0% ในอาหารไก่ไข่ทำให้ปริมาณของ unsaturated fatty acids ในไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เช่น oleic acid (18:1) (n-9) ลดลง จาก 45.8% เป็น 24.3%, linoleic acid (18:2) (n-6) ลดลง จาก 14.2% เป็น 7.7%, รวมถึง arachidonic acid และ docosahexaenoic acid และพวก polyunsaturated fatty acids (PUFA) ก็ลดลงด้วย สอดคล้องกับ Cherian et al., (2002) และ Chamruspollert and Sell (1999) ซึ่งพบว่าเมื่อเสริม CLA ที่ระดับ 0.5, 2.5 และ 5% ในอาหารไก่ไข่ ทำให้ในไข่แดงมี unsaturated fatty acids ลดลง

จากผลของการเสริม CLA ต่อการลดลงของปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว Belury and Kempa-Steczko (1997); Chamruspollert and Sell (1999); Szymczyk and Pisulewski (2003) อธิบายว่า (รูปที่ 2.2) CLA มีโครงสร้างคล้ายกับ linoleic acid (18:2) (n-6) มากกว่า linolenic acid (18:3) (n-3) ซึ่งกรดไขมันทั้งสองชนิดนี้เป็นสับเสตรทของเอนไซม์ Δ 6-desaturase ในเซลล์ตับ ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยน linoleic acid (18:2) (n-6) และ linolenic acid (18:3) (n-3) เป็น (18:3) (n-6) และ (18:3) (n-4) ซึ่งเป็นขั้นตอนเริ่มต้นของการต่อสายยาวของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเหล่านั้น และเป็น rate- limiting step ของการเปลี่ยน linoleic acid และ linolenic acid ไปเป็น arachidonic acid และ eicosapentaenoic acid (EPA) โดยที่ CLA จะเป็นตัวยับยั้งชนิดแข่งขันกับเอนไซม์ Δ 6- desaturase ทำให้โอกาสในการเปลี่ยนเป็น arachidonic acid และ docosahexaenoic acid ลดลง ทำให้กรดไขมัน 2 ตัวนี้ลดลงเมื่อเพิ่มระดับการเสริม CLA ในอาหาร

รูปที่ 2.2 แสดง Possible effect of CLA on the metabolism of (n-6) and (n-3) fatty acids



หมายเหตุ PG_2 , PG_3 = Prostraglandin ; LT_3 , LT_4 = Leukotriene

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

2.4.3.2 CLA ต่อกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids)

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

ตารางที่ 2.3 แสดงผลของการเสริม CLA ต่อปริมาณ fatty acids ในไข่แดง

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

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

2.4.4 CLA ต่อปริมาณ cholesterol ในไข่แดง

Hur et al. (2003) พบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2.5 และ 5% พบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม คือ 14.26, 13.90, 13.86 และ 13.85 มิลลิกรัมต่อกรัมไข่แดง แต่ก็ขัดแย้งกับ Szymczyk and Pisulewski (2003) พบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2% ในอาหารไก่ไข่ไม่ได้ทำให้ปริมาณของคอเลสเตอรอลในไข่แดงเปลี่ยนแปลงเมื่อคิดเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมไข่แดง แต่เมื่อคิดปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงต่อฟองพบว่า มีค่า 262.43, 240.24, 238.90, 231.35 และ 228.05 มิลลิกรัม ตามระดับการเสริม การเสริม CLA ที่ระดับ 2% ทำให้มีปริมาณคอเลสเตอรอลต่อฟองต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เป็นเพราะว่าไข่มีขนาดเล็กลงทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลต่อฟองจึงน้อยลงด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2.4

Hur et al. (2003) อธิบายว่าการลดลงของการสะสมคอเลสเตอรอลในไข่แดงอาจเป็นเพราะมีความสัมพันธ์กับปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด เพราะตับเป็นอวัยวะสำคัญในการ

สังเคราะห์คอเลสเตอรอล หลังจากที่เริ่มสังเคราะห์ที่ตับคอเลสเตอรอลจะถูกขนส่งโดย plasma lipoprotein หลักๆ คือ very low density lipoprotein cholesterol (VLDL-cholesterol) และ triacyglycerol ก็จะถูกหลั่งมาจากตับในรูปของ VLDL Lee et al. (1994) ได้รายงานว่า การให้ 0.5 % CLA ในหนู เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 11 วันจะ มีผลทำให้ระดับ LDL-cholesterol และ Triglycerides ในเลือดลดน้อยลง เป็นไปได้ว่าการขนย้ายคอเลสเตอรอลจากตับเข้ากระแสเลือดไปสะสมในไข่แดงจึงลดลงด้วย โดยกลไกการลดระดับ LDL-cholesterol นั้นยังไม่เป็นที่ทราบอย่างแน่ชัด ทั้งนี้อาจเกิดจากขั้นตอนการ re-esterify cholesterol โดยกรดไขมัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวคือ oleic acid ที่ CLA มีผลในการยับยั้งเอนไซม์ที่เปลี่ยน stearic acid เป็น oleic acid ทำให้ re-esterify cholesterol ลดลงได้ (Geoffery, 1998)

ตารางที่ 2.4 แสดงผลของการเสริม CLA ต่อปริมาณ cholesterol ใน ไข่แดง

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

[a,b,c] มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P<0.05$

2.5 องค์ประกอบของฟองไข่

2.5.1 เปลือกไข่

มีน้ำหนักประมาณ 11 % ของน้ำหนักไข่ทั้งฟอง เปลือกไข่จะประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนทเกือบทั้งหมดประมาณ 94 %, แคลเซียมฟอสเฟท 1%, แมกนีเซียมคาร์บอเนท 1%, และอินทรีย์สาร 4% ของน้ำหนักเปลือกแห้ง ที่บริเวณผิวเปลือกไข่มีวัตถุคล้ายผงแป้งเรียกว่านวลไข่ (bloom) ถัดผิวไข่เข้าไปเป็นเปลือกแข็งชั้นนอก (spongy layer) เป็นชั้นละเอียดแน่น การที่เปลือก

ไข่มีสีเนื่องจากได้รับเม็ดสีที่เปลี่ยนแปลงมาจากโลหิต ถัดจากเปลือกชั้นนอกนี้เป็นเปลือกชั้นใน (mammillary layer) ผลึกหินปูนนี้จะเคลือบคลุมรอบนอกของเยื่อหุ้มไข่ และมีรูผิวไข่ทะลุถึงกันระหว่างผิวภายนอกของเปลือกกับช่องว่างต่างๆ ของเปลือกชั้นใน ไข่ที่ออกมาใหม่จะมีวัตถุพวกเดียวกับเปลือกไข่ เคลือบผิวไข่ไว้ช่วยให้น้ำระเหยออกจากไข่ได้ยาก (สุวรรณ, 2539)

2.5.2 ไข่ขาว

ไข่ขาวมีน้ำหนักอยู่ประมาณ 58% ของน้ำหนักไข่ องค์ประกอบต่างๆในไข่ขาวส่วนใหญ่เป็นน้ำและโปรตีน มีกรดอะมิโนที่จำเป็น ทั้งนี้ในไข่ขาวส่วนมากแล้วประกอบไปด้วยสารประกอบประเภทคาร์โบไฮเดรตที่รวมตัวอยู่กับโปรตีน ยกเว้นในส่วนของโปรตีนที่มีลักษณะเป็นเอนไซม์หรือน้ำย่อย โปรตีนในไข่ขาวส่วนมากประกอบไปด้วย ovalbumins, ovomucin, flavoprotein และ avidin (สุวรรณ, 2539)

ลักษณะของไข่ขาวสามารถบ่งบอกถึงความสดใหม่ได้ จะเห็นชัดเมื่อต่อยไข่ที่สดและใหม่ส่วนของไข่แดงจะนูนและมีผิวมันเรียบ ในขณะเดียวกันไข่ขาวจะข้นและไม่ค่อยแผ่ขยายออก จึงมีการวัดความสูงของไข่ขาวหน่วยวัดที่เรียกว่าค่าฮอคก์ยูนิต (haugh unit) ซึ่งค่านี้เป็นค่ามาตราฐานที่นิยมใช้วัดความสูงของไข่ขาวโดยมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\text{haugh unit} = 100 \times \log (T - 1.7W^{0.37} - 7.57)$$

โดยที่ T = ความหนาหรือความสูงของไข่ขาว/มิลลิเมตร

W = น้ำหนักฟองไข่/กรัม

2.5.3 ไข่แดง

ไข่แดงมีอยู่ประมาณ 31% ของน้ำหนักไข่ทั้งฟอง ในไข่แดงประกอบไปด้วย โปรตีน 15.7-16.6%, ไขมัน 31.8-35.5%, คาร์โบไฮเดรต 0.2-1%, เถ้า 1.1% คือ แร่ธาตุต่างๆ เช่น โซเดียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม โพแทสเซียม เป็นต้น สีของไข่แดงส่วนใหญ่เป็นแซนโทฟิล (xanthophyll) นอกจากนี้ลิปิดในไข่แดงจะพบว่าส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วย triglycerides ประมาณ 65-75 % และที่เหลืออีก 25- 30% เป็น phospholipid ซึ่งอุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งมีคุณค่าทางอาหารสูงและจัดว่าเป็นสารอาหารที่สำคัญสำหรับการเจริญของตัวอ่อน

สีของไข่แดงสามารถสังเกตได้จากสีซีดมากจนกระทั่งมีสีเข้ม โดยมีระดับความเข้มของสีไข่แดงตั้งแต่เบอร์ 0-15 ในปัจจุบันนิยมใช้ roche yolk colour fan ค่าสี (1-15) เป็นอุปกรณ์ในการวัดค่าสี สีไข่แดงถูกกำหนดโดยความนิยมของผู้บริโภค จะเห็นว่าสีที่ผู้บริโภคนิยมมากคือสีเหลืองปนส้ม (เกียรติศักดิ์, 2545)

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพไข่

2.6.1 ปัจจัยที่มีผลต่อขนาดฟองไข่และน้ำหนักไข่ (เกียรติศักดิ์, 2545)

- อายุของแม่ไก่ ภายใต้สภาพของการจัดการที่เหมาะสมแล้วจะพบว่าฟองไข่จะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุของแม่ไก่ ไก่ไข่ที่เริ่มไข่โดยทั่วไปจะมีขนาดประมาณ 3 ใน 4 ของขนาดใหญ่ที่สุด ขนาดไข่ฟองแรกสามารถเป็นตัวบ่งให้รู้ถึงขนาดของไข่ฟองต่อๆไปด้วย

- อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ในสภาพที่อุณหภูมิสูงขึ้น แม่ไก่จะไข่ฟองเล็กลงเนื่องจากอากาศร้อน แม่ไก่กินอาหารลดลง โภชนะที่จะนำไปสร้างไข่ลดลง

- ขนาดของแม่ไก่ แม่ไก่ขนาดใหญ่โดยทั่วไปจะให้ไข่ขนาดใหญ่ ซึ่งถูกกำหนดมาจากพันธุกรรมโดยตรง ดังนั้นในการปรับปรุงพันธ์ไก่พันธุ์ไข่เพื่อให้ได้ไข่ฟองใหญ่ในระยะแรกนั้นมักเป็นผลมาจากการคัดเลือกผสมพันธุ์ให้มีลำตัวขนาดใหญ่ แต่อย่างไรก็ตามไก่พันธุ์ไข่ที่เป็นพันธุ์การค้าในเวลานี้ถูกคัดเลือกให้ได้แม่ไก่ที่มีร่างกายไม่โตแต่สามารถให้ไข่ฟองโตได้ในเวลาเดียวกัน

- อาหารและน้ำ พบว่าสารอาหารที่สำคัญเช่น โปรตีน, กรดอะมิโนเมทไธโอนีน (methionine) และกรดไขมันลิโนเลอิค (linoleic acid) จะมีผลต่อขนาดฟองไข่ในช่วงกลางและช่วงท้ายของอายุการให้ไข่ แต่จะมีผลน้อยมากในระยะแรกของการให้ผลผลิต เป็นผลเนื่องมาจากไก่ไข่ในระยะตั้งแต่ช่วงกลางของการให้ผลผลิตจะเป็นช่วงที่ให้ผลผลิตไข่สูงสุด จึงมีความจำเป็นที่จะต้องได้รับอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนะมากกว่าในระยะเริ่มต้น น้ำหนักไข่เพิ่มขึ้นในลักษณะเส้นโค้งกับการเพิ่มกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหารและเปลี่ยนแปลงไปตามอายุการให้ไข่ด้วย กล่าวคือ เมื่อให้กรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหาร 0.23-0.38% น้ำหนักไข่ของไก่อายุ 25-32 สัปดาห์สูงขึ้นเป็น 5.6% และเมื่อไก่อายุ 38-44 สัปดาห์สูงขึ้นเป็น 7.3% เมื่อไก่อายุ 51-58 สัปดาห์ น้ำหนักไข่ลดลงเป็น 6.7% จนไก่อายุ 64-71 สัปดาห์น้ำหนักไข่ลดลงอีกเป็น 6.0% (สาโรช, 2542)

- การปรับระดับโปรตีนในอาหารควรมีค่าไม่สูงมากเกินไปและควรมีการปรับระดับกรดอะมิโนให้สมดุล จะทำให้ไก่กินอาหารได้มากขึ้น ส่งผลให้แม่ไก่ให้ไข่ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและพบว่าสูตรอาหารที่มีโปรตีนสูงจะสามารถเพิ่มขนาดของฟองไข่ให้ใหญ่ขึ้นได้อย่างรวดเร็ว โดยปกติแล้วแม่ไก่จะให้ไข่ฟองโตในช่วงปลายการให้ผลผลิต ดังนั้นการลดระดับโปรตีนลงในสูตรอาหารช่วงนี้จะทำให้ลดขนาดไข่ลงได้และทำให้ผลผลิตไข่มีขนาดสม่ำเสมอ

- การเพิ่มพลังงาน เช่น การเสริมไขมันจะเพิ่มน้ำหนักไข่อย่างเห็นได้ชัด มีการทดลองเสริมกรดไขมันลิโนเลอิค (linoleic acid)ในอาหาร ระดับ 3-6% ทำให้น้ำหนักไข่ของไก่ในช่วงเริ่มต้นการให้ไข่เพิ่มขึ้นอย่างมาก (สาโรช, 2542)

- ขนาดของไข่แดง ขนาดของไข่แดงที่ผ่านลงสู่ท่อนำไข่จะเป็นตัวกำหนดขนาดของฟองไข่ จะเห็นได้ในไข่ไก่สาวที่เพิ่งเริ่มไข่ซึ่งจะให้ไข่แดงขนาดเล็กตกสู่ท่อไข่ แล้วมีการสร้างไข่ขาว

เล็กน้อยหุ้มรอบไข่แดง ทำให้ได้ไข่ฟองเล็ก ซึ่งตรงข้ามกับไก่ไข่ที่โตเต็มที่จะให้ไข่แดงขนาดใหญ่และฟองโต

- **โรค** โรคบางชนิดเช่น นิวคาสเซิลและโรคหลอดลมอักเสบติดต่อ มีผลทำให้ผลผลิตไข่ลดลง ขนาดไข่ฟองเล็กลงและมีรูปร่างผิดปรกติ

2.6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อสีของไข่แดง (เกียรติศักดิ์, 2545)

- **ชนิดของอาหาร** ขึ้นกับปริมาณของ xanthophylls ในวัตถุดิบอาหารสัตว์นั้น ซึ่งปัจจุบันมีการใช้ xanthophylls สังเคราะห์ใส่ในอาหาร สีสังเคราะห์นี้มีผลไปควบคุมระดับความเข้มสีของไข่แดง

- **สารในกลุ่มที่ก่อให้เกิดการออกซิไดซ์** เป็นปัจจัยที่สามารถทำให้สีของไข่แดงจางลงได้ เช่น แร่ธาตุในอาหารและกรดไขมัน รวมถึงอุณหภูมิของอากาศที่สูงเป็นปัจจัยเร่ง ทำให้เกิดสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (peroxides) ซึ่งมีผลให้เกิดการหืน ทำลายวิตามินที่ละลายในไขมัน, กรดอะมิโน และสารแคโรทีนอยด์ ทำให้สีในไข่แดงซีดลง (ยุวเรศ, 2538)

- **ไวตามินเอ** การใช้ไวตามินเอในปริมาณที่สูงก็จะมีผลในการลดการสร้างสารสีในไข่แดงได้

- **สารพิษ** เช่น ได้รับ gossypol เป็นสีซึ่งมีพิษพบอยู่ในเมล็ดฝ้าย ถ้าให้แม่ไก่ได้รับไปมากๆ ทำให้ไข่แดงมีสีคล้ายสีน้ำมันมะกอก ซึ่งเป็นสีที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างเฟอริกไอออนในไข่แดงกับเม็ดสีเหลืองของ gossypol ไข่แดงเกิดเป็นสีเขียวอาจเนื่องมาจากแม่ไก่ได้รับอาหารที่มีส่วนของวัชพืชบางชนิด เช่น wild cruciferous plants

- **ยา** อาจได้รับยาบางชนิด เช่น ยาพวก nicarbazine และ peperazine citrate ทำให้ไข่มีสีน้ำตาล หรือยากลุ่ม chlorotetracyclines ทำให้ไข่มีสีเทา เป็นต้น

- **โรค** สภาวะการเกิดโรคบิดและสารพิษจากเชื้อราก็เกี่ยวข้องกับการเกิดลักษณะสีซีดในไข่แดง

2.6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความสูงไข่ขาว (เกียรติศักดิ์, 2545)

- **อายุของแม่ไก่** สัมพันธ์กับขนาดของไข่ ฟองไข่จะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุของแม่ไก่ เมื่อไข่ฟองเล็กหรือใหญ่ขึ้นก็ทำให้ไข่ขาวมีปริมาณเปลี่ยนแปลงไปด้วย

- **อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม** ในสภาพที่อุณหภูมิสูงขึ้น แม่ไก่จะไข่ฟองเล็กลงเนื่องจากอากาศร้อน แม่ไก่กินอาหารลดลง โภชนะที่จะนำไปสร้างไข่ลดลง ทำให้มีปริมาณไข่ขาวลดลงด้วย

- **อายุการเก็บไข่** โดยพบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของไข่ขาวจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อไข่มีอายุการเก็บนานขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสูญเสียก๊าซ CO_2 ออกจากเปลือกไข่ทางรูบริเวณผิวของเปลือก และส่วน

ไข่ขาวจะมีลักษณะเหลวเมื่ออายุเก็บนานขึ้น เนื่องจากพันธะระหว่างโปรตีน ovomucin และโปรตีน lysozyme อ่อนแอลง

2.6.4 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพเปลือกไข่ (เกียรติศักดิ์, 2545)

- พันธุกรรม สีของเปลือกไข่ซึ่งปกติมักจะมีสีน้ำตาลหรือสีซีด หรือไม่ก็เปลือกสีขาว ขึ้นอยู่พันธุกรรมของไก่ไข่

- อายุของแม่ไก่ เมื่อแม่ไก่มีอายุมากขึ้น คุณภาพของเปลือกไข่ลดลง คือเปลือกจะบางลง

- โภชนาการ ในการสร้างเปลือกไข่จำเป็นต้องใช้แคลเซียมในรูปของ carbonate ทั้งนี้ในไข่ 1 ฟองน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 55 กรัม พบว่าในส่วนเปลือกไข่จะประกอบด้วยแคลเซียมประมาณ 2.3 กรัม แต่จะพบว่าประสิทธิภาพของการใช้ประโยชน์ได้ของแคลเซียมจากอาหารมีค่า 50% เท่านั้น ดังนั้นแคลเซียมโดยเฉลี่ยต่อวันที่แม่ไก่แต่ละตัวควรได้รับจากอาหารเฉลี่ยประมาณ 4.6 กรัม นอกจากนี้วิตามิน D_3 ก็เกี่ยวข้องอย่างมากกับคุณภาพเปลือกไข่ คือไปมีผลกระตุ้นการดูดซึมของแคลเซียม

- อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ในสภาพที่อุณหภูมิสูงขึ้น ไก่จะต้องหายใจเร็วขึ้น แต่การหายใจที่เร็วขึ้นทำให้มีการสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกไป ทำให้เกิดภาวะด่างในเลือดสูง ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดลดลงอย่างมาก ทำให้การแตกตัวเป็น H และ CH_3 น้อยลง ทำให้ระดับไบคาร์บอเนต (HCO_3) ลดลง ทำให้ไก่กินน้ำมากขึ้นและปัสสาวะมากขึ้น จะมีผลต่อความแข็งของเปลือกไข่ลดลง เพราะเปลือกไข่มีส่วนประกอบของ Ca^{2+} + HCO_3 เมื่อ HCO_3 ลดลงการสร้างเปลือกไข่ก็ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นการเสริมแคลเซียมในอาหารในภาวะนี้ต้องเสริม HCO_3 ไปด้วย

2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่

2.7.1 ปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตไข่ (เกียรติศักดิ์, 2545)

- อายุและพันธุกรรมของไก่ไข่ เป็นปัจจัยขั้นพื้นฐานที่มีผลมากที่สุดต่อการจำกัดจำนวนไข่และประสิทธิภาพในด้านสรีรวิทยาและการเผาผลาญอาหารของร่างกาย การให้ผลผลิตไข่จะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่เริ่มวางไข่จนถึงจุดที่ให้ผลผลิตไข่สูงสุด ซึ่งมีระยะเวลาประมาณ 4-6 สัปดาห์ อายุโดยเฉลี่ย 28-33 สัปดาห์น้อย ผลผลิตไข่ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 90-95% หลังจากนี้ผลผลิตไข่จะลดลงทีละน้อย จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 60-65% เมื่อแม่ไก่อายุอยู่ในช่วง 70-72 สัปดาห์

- การกินอาหารของไก่และปัญหาทางด้านโภชนาการ ปริมาณการกินอาหารของไก่สัมพันธ์โดยตรงกับผลผลิตไข่ จะเห็นว่าถ้ามีปัจจัยทำให้ไก่กินอาหารน้อยลงจะทำให้ไก่ได้รับโภชนาการไม่เพียงพอต่อการให้ผลผลิตส่งผลให้อัตราการให้ไข่ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อให้ไข่สูงสุด นอกจากนี้อาจ

เกิดจากการขาดพลังงานในอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผลผลิตไข่ลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากช่วงไข่สูงสุดไปแล้ว โดยจะพบว่าไก่ไข่จะให้ผลผลิตลดลงประมาณ 5-8% เป็นอย่างน้อยภายหลังจากระยะไข่สูงสุด ซึ่งเป็นลักษณะที่ไก่ไข่ได้รับพลังงานในอาหารไม่เพียงพอ นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาถึงความสมดุลของระดับพลังงานในอาหารซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อลักษณะของการที่ไก่ไข่จะให้ผลผลิตไข่สูงสุดเพียงใด ตลอดจนระยะเวลาของการให้ผลผลิตสูงสุดนานเท่าใดด้วย

- **น้ำหนักตัว** เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตไข่ในระยะเริ่มต้นสำหรับความสมบูรณ์ของโครงสร้างร่างกายและองค์ประกอบของร่างกาย ขนาดของไก่ไข่เป็นลักษณะที่ใช้เป็นเครื่องมือในการวัดความสมบูรณ์ของไก่สาว ซึ่งเมื่อไก่มีความสมบูรณ์พันธุ์ดีจะทำให้มีประสิทธิภาพดีในการผลิตไข่อย่างสม่ำเสมอ และสามารถให้ไข่ได้ตลอดช่วงอายุการให้ไข่ ดังนั้นถ้าหากต้องการให้ไข่มีขนาดใหญ่สมบูรณ์ก็ทำได้โดยให้แม่ไก่มีขนาดรูปร่างที่สมบูรณ์และในทางตรงกันข้ามถ้าต้องการให้ไข่มีขนาดฟองเล็กก็ควรจะเลี้ยงไก่ไม่ให้มีน้ำหนักตัวมากนัก

- **โรค และสุขภาพของไก่** มีผลโดยตรงกับผลผลิตไข่และคุณภาพไข่

2.7.2 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการกินอาหาร (feed intake) (เกียรติศักดิ์, 2545)

- **อายุของแม่ไก่** เป็นปัจจัยขั้นพื้นฐานที่มีผลมากที่สุดต่อประสิทธิภาพในด้านสรีรวิทยาและการเผาผลาญอาหารของร่างกาย การเปลี่ยนแปลงของอายุและสรีรวิทยาจะมีผลต่อความต้องการโภชนาการในการดำรงชีวิตและปริมาณการกินอาหาร ดังนั้นจึงมีผลโดยตรงต่อการคำนวณสูตรอาหารให้ไก่ได้รับโภชนะอย่างครบถ้วน

- **อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม** อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นทำให้ไก่ไข่กินอาหารลดลงซึ่งถูกควบคุมโดยสมองส่วน hypothalamus โดยส่งผลให้ feeding mechanisms ลดลง ในกรณีที่ไก่ไม่อยากกินอาหารก็จำเป็นที่จะต้องปรับโภชนะหรือสารอาหารต่างๆด้วย เพื่อให้ไก่ไข่ได้รับสารอาหารครบถ้วนตามความต้องการเช่นเดิม

- **ระดับพลังงานในอาหาร** ระดับพลังงานในอาหารมีผลต่อปริมาณการกินได้ของสัตว์ ไก่จะกินอาหารลดลงเมื่อระดับพลังงานในอาหารสูงขึ้น เนื่องจากไก่จะพยายามปรับระดับปริมาณพลังงานที่ได้รับในแต่ละวันให้มีระดับที่คงที่อยู่เสมอ การเติมไขมันในอาหารไก่ไข่ทำให้อาหารมีความน่ากินเพิ่มขึ้นลดการเป็นฝุ่นของอาหาร แต่ถ้าเติมไขมันในอาหารสูงกว่า 10% ในอาหารจะทำให้ไก่กินอาหารลดลง เนื่องจากมีน้ำมันมากเกินไปและอัดไม่จับเป็นเม็ด

- **น้ำหนักตัว** น้ำหนักตัวของไก่สาวเมื่ออยู่ในระยะสมบูรณ์พันธุ์จะเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน และมีผลต่อผลตอบแทนการลงทุนของการเลี้ยงไก่ไข่ ไก่ที่มีขนาดตัวเล็กจะทำให้ไก่ได้รับสารอาหารไม่เพียงพอเนื่องจากกินอาหารน้อยเกินไป ในทางตรงข้ามไก่ที่มีน้ำหนักตัว

มากมีแนวโน้มที่จะอยากกินอาหารมากแต่ก็อาจจะมีผลเสียได้เช่นกันเพราะอาจจะทำให้เกิดปัญหาในด้านที่มีน้ำหนักมากเกินไปแล้วจะส่งผลต่อการให้ไข่ลดลงได้ (สาโรช, 2542)

- **ลักษณะของเนื้ออาหาร** หรือขนาดเม็ดอาหาร จะมีผลอย่างมากต่อปริมาณการกินอาหารของไก่ พบว่าไก่ไข่ชอบอาหารที่มีเม็ดใหญ่ โดยมันจะเลือกกินอาหารที่มีขนาดเล็กทีหลัง และไก่จะใช้ระยะเวลานานขึ้นในการกินอาหารเมื่อได้รับอาหารที่มีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับเม็ดอาหารที่มีขนาดใหญ่ในปริมาณที่เท่ากัน

2.8 ความต้องการโภชนะของไก่ไข่

2.8.1 ความต้องการพลังงาน

ระดับพลังงานในอาหารสัตว์ปีกมีความสำคัญอย่างมาก ทั้งนี้เพราะในการประกอบสูตรอาหารค่าระดับพลังงานจะถูกใช้เป็นหลักในการกำหนดระดับโภชนะอื่นๆที่มีในอาหาร หากอาหารมีสมดุลโภชนะครบถ้วนสัตว์ปีกจะกินอาหารเพื่อให้ได้รับพลังงานในปริมาณที่เหมาะสมกับความต้องการ ดังนั้นถ้าอาหารมีสมดุลโภชนะดีพอสัตว์ก็จะได้รับโภชนะเพียงพอต่อความต้องการด้วย

สมการในการคำนวณปริมาณพลังงานที่ไก่ควรได้รับต่อวัน NRC (1994) คือ

$$\text{ME (kcal/วัน)} = W^{0.75}(173-1.95T) + (5.5x\Delta W) + (2.07xEM)$$

เมื่อ W = น้ำหนักตัวไก่ (กิโลกรัม)

T = อุณหภูมิอากาศในโรงเรือน (องศาเซลเซียส)

ΔW = การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว (กรัมต่อวัน)

EM = มวลไข่ (กรัม); มวลไข่ = น้ำหนักไข่ (กรัม) x อัตราการไข่

จากสมการนี้จะเห็นว่าความต้องการพลังงานของไก่ไข่จะแปรผันไปตามน้ำหนักตัว, อุณหภูมิของอากาศ, การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว, อัตราการให้ไข่ และน้ำหนักไข่ ดังนั้นในการเลี้ยงจึงควรกำหนดปริมาณอาหารที่จะให้ไก่ไข่กินต่อตัวต่อวันจากมาตราฐานการประมาณความต้องการพลังงาน แล้วจึงปรับระดับของโภชนะอื่นในอาหารให้เหมาะสมโดยยึดหลักว่าปริมาณอาหารที่ให้กินนั้นต้องสามารถให้โภชนะที่สัตว์ต้องการต่อวันครบถ้วนทุกโภชนะ

2.8.2 ความต้องการโปรตีน

ความต้องการโปรตีนของไก่ไข่แท้ที่จริงแล้วเป็นความต้องการกรดอะมิโน การได้รับโปรตีนเพื่อใช้สนับสนุนการสังเคราะห์กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น การให้โปรตีนที่เหมาะสมอาจเพิ่ม

ประสิทธิภาพในการผลิตได้เพราะสามารถนำกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นไปใช้ได้โดยตรง แทนที่จะต้องสังเคราะห์ภายในร่างกายทั้งหมด ความต้องการโปรตีนและกรดอะมิโนของสัตว์ปีกซึ่งก็จะแปรผันไปตามปัจจัยหลายอย่าง เช่น พันธุกรรมของสัตว์ปีก น้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต อุณหภูมิของอากาศ อากาศร้อนสัตว์กินน้อยลงปริมาณกรดอะมิโนในอาหารควรได้รับในปริมาณที่สูงขึ้นด้วย

อัตราการเจริญเติบโตของไก่ไข่ในช่วงเล็ก (0-6 สัปดาห์) ขึ้นอยู่กับระดับโปรตีนและกรดอะมิโนมากกว่าพลังงาน แต่ในช่วงปลายขึ้นอยู่กับปริมาณของพลังงานที่ได้รับมากกว่าโปรตีนและกรดอะมิโน ดังนั้นความต้องการโปรตีนของไก่ไข่ในแต่ละช่วงจึงไม่เท่ากัน คือ ช่วงไก่เล็ก (0-6 สัปดาห์) ควรได้รับโปรตีน 18-20% ไก่รุ่นสาว (6-18 สัปดาห์) ควรได้รับโปรตีน 15-16% และช่วงไก่สาวก่อนไข่ถึงไข่ฟองแรกให้อาหารที่มีโปรตีน 16% จนอัตราการให้ไข่ถึงระยะสูงสุดควรให้อาหารที่มีโปรตีนเพิ่มขึ้น 17-18% และจะลดลงจนถึงช่วงสุดท้าย (อายุ 52-80 สัปดาห์)ให้อาหารที่มีโปรตีนลดลงคือ 14-15% (NRC, 1994)

2.8.3 ความต้องการแคลเซียมและฟอสฟอรัส

ระดับความต้องการแคลเซียมของไก่ไข่มีความสำคัญต่ออัตราการผลิตไข่ คุณภาพของเปลือกไข่ และสุขภาพของไก่ไข่เป็นอย่างมาก ระดับการได้รับแคลเซียม 3.0-4.5 กรัมต่อตัวต่อวันเป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งแคลเซียมระดับนี้ต้องได้รับจากอาหารผสมเป็นส่วนใหญ่ อาจเสริมเป็นเปลือกหอยหรือหินเกล็ดโรยเพิ่มเติมดีกว่าการใช้หินฝุ่น เพราะขนาดของแหล่งแคลเซียมที่เสริมมีผลทำให้เกิดการตกค้างอยู่ที่ระบบทางเดินอาหารส่วนต้นคือ กระเพาะพัก (crop) และกระเพาะบด (gizzard) ทำให้มีการค่อยๆ ปลดปล่อยแคลเซียมออกมาช้าๆ จึงมีความสำคัญต่อการสร้างเปลือกไข่เป็นอันมาก เกิดความสมดุลของระดับแคลเซียมระหว่างขบวนการสร้างเปลือกไข่กับการไม่สร้างเปลือกไข่ หากไก่ได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอจะทำให้ไข่เปลือกบาง ไข่ลด หยุดไข่และเป็นโรคขาอ่อนได้

นอกจากนี้คุณภาพไข่จะลดลงหากไก่ได้รับฟอสฟอรัสสูงเกินไป ปริมาณฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ 250 มิลลิกรัมต่อตัวต่อวัน ถือว่าเป็นระดับที่เหมาะสมที่สุดอย่างไรก็ตามความต้องการฟอสฟอรัสจะเพิ่มขึ้นหากอุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น (NRC, 1994)

2.8.4 ความต้องการแร่ธาตุและวิตามิน

สัตว์ปีกมีความต้องการแร่ธาตุทั้งในกลุ่มแร่ธาตุหลัก (macromineral) และแร่ธาตุปลีกย่อย (trace minerals) ซึ่งแร่ธาตุที่ต้องการมีหลายชนิดและมีอยู่ในวัตถุดิบอาหารสัตว์เพียงพอกับความต้องการ กลุ่มแร่ธาตุที่ไม่เพียงพอและต้องเสริมในอาหารมี Ca, P, Na, Cl, Cu, Fe, I, Mn, Se

และ Zn การเสริมแร่ธาตุอาจต้องพิจารณาด้วยว่าแร่ธาตุแต่ละตัวอาจมีปฏิกิริยาร่วมระหว่างกัน ทั้งในเชิงส่งเสริมหรือขัดขวางการใช้ประโยชน์ของกันและกัน ดังนั้นการเสริมแร่ธาตุจึงต้องมีการคำนึงถึงปฏิกิริยาร่วมและรักษาสัดส่วนสมดุลระหว่างแร่ธาตุให้เหมาะสม เช่น การเสริมแคลเซียมระดับสูงอาจขัดขวางการใช้ประโยชน์ได้ของฟอสฟอรัส แมกนีเซียม สังกะสีและแมงกานีส เป็นต้น

สัตว์ปีกต้องการวิตามินทุกชนิด และอาจสังเคราะห์วิตามินซีได้ในร่างกาย ปกติสัตว์ปีกได้รับวิตามินในระดับที่เพียงพอกับความต้องกายจากอาหาร ยกเว้น วิตามิน A, D_3, E, K, B_{12},ไรโบเฟลวิน, ไนอาซิน, กรดแพนโตเทนิคและไบโอติน ซึ่งมักจะได้รับไม่เพียงพอจึงต้องมีการเสริมในอาหารเพิ่มเติมในรูปของสารผสมล่วงหน้าซึ่งมีการเติมวิตามินสังเคราะห์ทุกชนิดลงไปเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าสัตว์จะได้รับวิตามินทุกชนิดตามความต้องการ เพราะสัตว์มีการนำวิตามินไปใช้ประโยชน์ได้ไม่เต็มที่ และยังเสริมเพิ่มเผื่อการสูญเสียไปกับความร้อนจากอากาศและอายุการเก็บรักษา ในประเทศไทยมีการเสริมวิตามินที่ละลายได้ในไขมันไว้เผื่อการสูญเสียที่ระดับประมาณ 300-400% และ 100-200% สำหรับวิตามินที่ละลายในน้ำ การได้รับวิตามินในระดับ 30 เท่าของความต้องการขั้นต่ำจะไม่เป็นพิษ หรือเกิดผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิตของสัตว์ ยกเว้น วิตามิน D สัตว์ใช้ประโยชน์ได้เฉพาะวิตามิน D_3 หากได้รับเกินความต้องการ 2-4 เท่าอาจเป็นพิษได้ และวิตามิน A ก็เช่นกันหากได้รับเกินความต้องการ 4-10 เท่าอาจเป็นพิษต่อสัตว์ปีก (NRC, 1994)

รายการอ้างอิง

เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ. 2545. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์ปีก. คณะสัตวศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล นครศรีธรรมราช. 110 น.

พัชรี บุญศิริ. 2540. เมแทบอลิซึมของลิพิด Lipid metabolism. หน้า 298-327. ใน ตำราชีวเคมี. ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. บรรณาธิการ พจน์ ศรีบุญลือ, โสพิศ วงศ์คำ, พัชรี บุญศิริ และ ประสงค์ คุณานุวัฒน์ชัยเดช.

วิโรจน์ จันทรัตน์. 2540. กายวิภาคและสรีระวิทยาของสัตว์ปีก. ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 816-835 น.

ยุวเรศ สังวราภรณ์. 2538. ผลการเสริมน้ำมันปลาซาร์ดีนในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของไขมันในไข่แดงและสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่. วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 54 น.

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

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2539. ไข่ไก่และเนื้อไก่. ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 382 น.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Hunter, J. E. 2000. Safety and health effects of isomeric fatty acids. pp. 667-686. In : Fatty Acids in Foods and Their Health Implications. Ed. Marcel C.K. Dekker, Inc. New York.

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

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

Javadi, M., A. C. Beynen, R. Hovenier, Æ. Lankhorst, A. G. Lemmens, A. H. M. Terpstra and M. J. H. Geelen. 2004. Prolonged feeding of mice with conjugated linoleic acid increase hepatic fatty acic synthesis relative to oxidation. J. Nutr. Biochem. 15 (2004). 680-687.

Juneja, L. R. 1997. Egg yolk lipids. pp. 73-98. In : Hen Eggs : Their Basic and Applied Science. Eds. Takehito Y. et al. CRC Press, Inc.

Lee, K. N., D. Kritehevsky 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. pp. 5-15. In : Fatty Acids in Foods and Their Health Implications. Ed. Marcel C.K. Dekker, Inc. New York.

Mougios, V., A. Matsakas, A. Petridou, S. Ring, A. Sagredos, A. Melissopoulou, N. Tsigilis and M. Nikolaidis. 2001. Effect of supplementation with conjugated linoleic acid on human serum lipids and body fat. J. Nutr. Biochem. 12 (2001). 585-594.

Nicolosi, R. J., B. Woolfrey, T. A. Wilson, P. Scollin, G. Handelman and R. Fisher, 2004. Decreased arotic early atherosclerosis and associated risk factors in hypercholesterolemic hamsters fed a high- or mid-oleic acid oil compared to a high-linoleic acid oil. J. Nutr. Biochem. 15 (2004). 540-547.

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

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

Raes, K., G. Huyghebaert, S. D. Smet, L. Nollet, S. Arnout and D. Demeyer. 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

Szymczyk, B. and P. M. Pisulewski. 2003. Effect of dietary conjugated linoleic acid on fatty acids composition and cholesterol content of hen egg yolk. Br. J. Nutr. 90(1):93-99.

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

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

บทที่ 3
การศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพไข่

บทคัดย่อ

จากผลการทดลองพบว่าไก่ไข่ที่ได้รับ CLA 4% จะทำให้การกินได้ลดลงจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และผลผลิตไข่ก็ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) กลุ่มที่เสริม CLA 3% ในอาหารจะมีการกินได้และผลผลิตไข่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่เสริม CLA 0, 1 และ 2% ส่วนน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลองและอัตราการตายพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)ในทุกกลุ่มการทดลอง นอกจากนี้การเสริม CLA 4% ในอาหารทำให้คุณภาพไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งน้ำหนักของไข่แดง, ไข่ขาว, ไข่ทั้งฟองและสีไข่แดง และพบว่าการเพิ่มระดับการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ทำให้สีของไข่แดงซีดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ในส่วนต้นทุนค่าอาหารในทุกกลุ่มจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) พบว่าต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหลเพิ่มขึ้นประมาณ 8-9 บาท เมื่อเสริม CLA ในอาหารเพิ่มขึ้น 1 %

คำนำ

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

3.1 วัตถุประสงค์

3.1.1 เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต

3.1.2 เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่

3.1.3 เพื่อศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ผลิตไข่ 1 โหล

3.2 วิธีการวิจัย

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

การทดลองแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มการทดลองดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม (ไม่มีการเสริม CLA)

กลุ่มที่ 2 ทำการเสริม CLA 1%

กลุ่มที่ 3 ทำการเสริม CLA 2%

กลุ่มที่ 4 ทำการเสริม CLA 3%

กลุ่มที่ 5 ทำการเสริม CLA 4%

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

การเก็บข้อมูล

3.2.1 ข้อมูลสมรรถภาพการผลิตไก่ไข่

- ทำการชั่งน้ำหนักตัวไก่เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง เพื่อนำไปคำนวณหาน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง
- บันทึกปริมาณอาหารที่ไก่กินในแต่ละซ้ำทุกสัปดาห์
- บันทึกจำนวนผลผลิตไข่ที่ผลิตได้ในแต่ละวันและจำนวนไก่ตาย

3.2.2 ข้อมูลคุณภาพไข่ไก่

- ทำการบันทึกทุกช่วง (4 ช่วง ช่วงละ 14 วัน) สุ่มเก็บไข่ซ้ำละ 4 ฟอง
- บันทึกน้ำหนักไข่ทั้งหมดที่ผลิตได้ในแต่ละวัน หน่วยเป็นกรัม
- วัดสีไข่แดง โดยใช้ roche yolk colour fan ค่าสี (1-15)
- บันทึกน้ำหนักไข่แดง, ไข่ขาว นำไข่แยกไข่แดงไข่ขาวแล้วชั่งน้ำหนักโดยเครื่องชั่ง
- วัดความสูงไข่ขาว ใช้เครื่องวัดที่เรียกว่า haugh gauge (albumen height gauge)
- วัดความหนาของเปลือกไข่ หน่วยเป็นมิลลิเมตร ทำได้โดยการใช้ไมโครมิเตอร์
- บันทึกน้ำหนักเปลือกไข่ นำเปลือกไข่มาชั่งน้ำหนักโดยเครื่องชั่ง

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

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

3.4 สถานที่ทำการวิจัย

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, อาคารเครื่องมือ 1 และอาคารเครื่องมือ 3 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.5 ระยะเวลาการทดลอง

1 มิถุนายน 2547 ถึง 31 สิงหาคม 2547

3.6 ผลการทดลอง

3.6.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารทดลอง

การทดลองเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ 0, 1, 2, 3 และ 4% โดยทุกสูตรจะคำนวณสูตรอาหารให้มีสมดุลโปรตีนและพลังงาน และตรงตามความต้องการโภชนะของ NRC (1994) แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงไก่ไข่ทั้ง 5 กลุ่มการทดลอง พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณในสูตรอาหาร ทั้งเปอร์เซ็นต์โปรตีน, พลังงาน

และไขมัน แสดงไว้ในตารางที่ 3.2 นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมัน 60% CLA และน้ำมันถั่วเหลือง พบว่าน้ำมัน 60% CLA จะประกอบไปด้วย total CLA 61.95% (cis-9, trans-11 CLA 49.99%, trans-10, cis-12 CLA 49.04% และ trans-9, trans-11 CLA 0.97%) เมื่อเปรียบเทียบน้ำมัน 60% CLA กับน้ำมันถั่วเหลือง จะเห็นว่าในน้ำมัน 60% CLA จะมี steric acid (C18:0), oleic acid (C18:1), linoleic acid (C18:2) และ linolenic acid (C18:3) ต่ำกว่าน้ำมันถั่วเหลือง แต่จะมี myristic acid (C14:0), palmitic acid (C16:0), arachidonic acid (C20:4) และ docosahexaenoic acid (C22:6) สูงกว่าน้ำมันถั่วเหลืองเล็กน้อย แสดงในตารางที่ 3.3

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

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารที่ใช้ในอาหารทดลอง (%)

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

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

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงไก่ไข่

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

*จากการคำนวณ

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันในน้ำมัน 60% CLAและน้ำมันถั่วเหลือง

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

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

ตารางที่ 3.4 แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารทดลอง

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

3.6.2 ผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของ CLA ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ ปรากฏผลดังนี้ (แสดงในตารางที่ 3.5)

3.6.2.1 ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน

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

3.6.2.2 น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง (กรัม)

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

3.6.2.3 อัตราการตาย

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

3.6.2.4 ผลผลิตไข่

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

ตารางที่ 3.5 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่

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

หมายเหตุ [a,b] แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

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

3.6.3 ผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพของไข่ไก่

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของ CLA ต่อคุณภาพของไข่ไก่ ปรากฏผลดังนี้ (ตารางที่ 3.6)

3.6.3.1 น้ำหนักไข่

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

3.6.3.2 ความสูงไข่ขาว และค่าฮอคก์ยูนิต (haugh unit)

จากการศึกษาผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อความสูงไข่ขาวและค่าฮอคก์ยูนิตของไข่ พบว่าทุกกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

3.6.3.3 สีไข่แดง

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

3.6.3.4 ความหนาเปลือกไข่

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

3.6.3.5 น้ำหนักไข่แดงและน้ำหนักไข่ขาว

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

ตารางที่ 3.6 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพของไข่ไก่

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

หมายเหตุ [a,b] แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

[d,e,f,g] แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

3.6.4 ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล

ผลการคำนวณต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล แสดงไว้ในตารางที่ 3.7 พบว่า ต้นทุนค่าอาหารในทุกกลุ่มจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) คือ 17.69, 25.73, 33.03, 38.87 และ 48.90 บาท ตามลำดับการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ 0, 1, 2, 3 และ 4%

ตารางที่ 3.7 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่

	ระดับ CLA (%)							
	0%	1%	2%	3%	4%	SEM	P-value	%CV
ราคาอาหาร (บาทต่อกิโลกรัม)	11.90	16.57	21.05	25.39	29.59	-	-	-
ปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 ฟอง (กิโลกรัม)	0.124	0.130	0.128	0.128	0.138	0.0030	0.0543	5.34
ปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 โหล (กิโลกรัม)	1.488 ^{b}	1.554 ^{ab}	1.570 ^{ab}	1.530 ^{b}	1.652 ^{a}	0.0354	0.0471	5.09
ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 ฟอง (บาท)	1.47 ^{g}	2.14 ^{f}	2.75 ^{e}	3.24 ^{d}	4.08 ^{c}	0.0681	0.0001	5.57
ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล (บาท)	17.69 ^{g}	25.73 ^{f}	33.03 ^{e}	38.87 ^{d}	48.908 ^{c}	0.8183	0.0001	5.57

หมายเหตุ ^{a,b} แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

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

3.7 วิจารณ์ผลการทดลอง

3.7.1 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารทดลอง

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

และ linolenic acid (C18:3) ซึ่งเป็นผลมาจากการใส่น้ำมันถั่วเหลืองในแต่ละสูตรในปริมาณที่ไม่เท่ากัน (ตารางที่ 3.1) เพื่อปรับสมดุลพลังงานให้เท่ากัน เมื่อดูในตารางที่ 3.4 จะเห็นว่าน้ำมันถั่วเหลืองจะมีกรดไขมันดังกล่าว และมีมากกว่าน้ำมัน 60% CLA ด้วย

3.7.2 สมรรถภาพการผลิต

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

จากผลการทดลอง กลุ่มที่เสริม CLA 4% ในอาหารทำให้มีปริมาณการกินได้ 99.9 กรัมต่อตัวต่อวัน การกินได้ลดลง 7.5 กรัมเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เสริม CLA ในอาหาร สอดคล้องกับ การทดลองของ Ahn et al. (1999) และ Szymczyk and Pisulewski (2003) ซึ่งการทดลองของ Ahn et al. (1999) เสริม CLA 5% ในอาหารทำให้ไก่กินลดลง เหลือ 92.9 กรัมต่อตัวต่อวัน ลดลง 10.8 กรัมเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และ Szymczyk and Pisulewski (2003) เสริม CLA 2% ในอาหาร ทำให้การกินได้ของไก่ลดลงเหลือ 119.2 กรัมต่อตัวต่อวัน ลดลงจากกลุ่มควบคุม 4.8 กรัม แต่ในผลการทดลองนี้การเสริม CLA ที่ต่ำกว่า 4% พบว่าการกินได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าไก่ที่ได้รับการเสริม CLA ในอาหารมากกว่าหรือเท่ากับ 4% จะทำให้ปริมาณการกินได้ลดลง

CLA มีผลทำให้ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันลดลง น่าจะมีสาเหตุมาจาก การที่ CLA มีส่วนช่วยเพิ่มการทำงานของการออกซิไดซ์กรดไขมันและเพิ่มการทำงานของ carnitine ในขบวนการ β-oxidation (Javadi et al., 2004) อาจจะเป็นไปได้ว่าในสภาวะที่ร่างกายต้องการพลังงาน CLA มีส่วนช่วยเพิ่มการเผาผลาญไขมันทำให้ได้พลังงานออกมาสมบูรณ์และเร็วขึ้นส่งผลให้มีพลังงานเพียงพอ การกินได้จึงลดลง

การที่เสริม CLA 4% มีผลต่อผลผลิตไข่ลดต่ำลงนั้นอาจจะมีความสัมพันธ์กับการที่ไก่กินอาหารน้อยลงจึงส่งผลกระทบต่อผลผลิตได้ และจากการทดลองพบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลง จากรายงานของ Cecil et al. (1981) ได้ศึกษาถึงการยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในไข่แดงโดยใช้สารเคมีบางชนิดพบว่า เมื่อปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงลดต่ำลงมากกว่า 80% ผลผลิตไข่จะหยุดชะงักทันที ทั้งนี้เนื่องจากคอเลสเตอรอลเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในการสร้างสเตอรอยด์ฮอร์โมน ที่มีบทบาทต่อการให้ผลผลิตไข่ คือ ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน ซึ่งมีบทบาทใน

การควบคุมการตกไข่และการสร้างไข่ขาวและฮอร์โมนเอสโตรเจน ซึ่งเป็นฮอร์โมนมีผลต่อการสร้างโปรตีนในไข่แดง การสร้างไข่ขาว การเคลื่อนย้ายไข่ไปในท่อนำไข่ การวางไข่ รวมทั้งการสร้างเปลือกไข่ ดังนั้นเมื่อการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลลดลงจึงมีผลทำให้ผลผลิตไข่ลดลงตามไปด้วย นอกจากนี้การที่ผลผลิตไข่ลดต่ำลงแต่ไม่ได้ทำให้น้ำหนักตัวลดลงเป็นไปได้ว่าที่น้ำหนักตัวไม่เปลี่ยนแปลงอาจมีสาเหตุมาจาก การทดลองนี้ใช้ไก่ไข่ในช่วงอายุ 27 สัปดาห์ และทดลองสิ้นสุดจนไก่มีอายุ 35 สัปดาห์ ซึ่งเป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตคงที่ น้ำหนักตัวไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงและเป็นระยะให้ผลผลิตไข่สูงสุด การกินอาหารให้อย่างเพียงพอกับความต้องการ CLA จึงไม่มีผลในการทำให้น้ำหนักตัวเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งขัดแย้งกับการทดลองของ Ahn et al. (1999) ที่รายงานว่า การเสริม CLA ที่ 5% ทำให้การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวของไก่ไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่เสริม CLA 0 และ 2.5% คือ 79, 86 และ –5 กรัมต่อตัว ตามระดับการเสริม CLA 0, 2.5 และ 5% ในอาหาร เป็นเพราะว่าในงานทดลองนี้ใช้สัตว์ทดลองที่มีอายุแตกต่างไป คือ ใช้ไก่ไข่อายุ 79 สัปดาห์ ซึ่งอาจเป็นช่วงที่ไก่มีน้ำหนักมากกว่าผลผลิตไข่น้อยลง การแสดงผลของการเสริม CLA ที่ระดับ 5% ในสูตรอาหารอาจทำให้เห็นผลมากกว่าและสัมพันธ์กับการกินได้ที่ลดลงด้วย

3.7.3 คุณภาพไข่

จากการศึกษาผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่ ปรากฏว่า ความสูงไข่ขาว, ค่าฮอกยูนิต และความหนาเปลือกไข่ ของทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนน้ำหนักของไข่แดง, ไข่ขาว และไข่ทั้งฟอง พบว่าการเสริม CLA 4% ในอาหารทำให้น้ำหนักของไข่แดง, ไข่ขาว และไข่ทั้งฟอง ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Aydin and Cook (2004) อธิบายผลของ CLA ทำให้ขนาดของไข่แดงลดลง เนื่องมาจากมีการทดลองแสดงให้เห็นว่า CLA ไปลดการขนส่ง triacyglycerol ในเลือดที่ส่งจากตับไปสะสมในไข่แดง ทำให้ total lipid ในไข่แดงลดลงไข่แดงจึงมีขนาดลดลง North and Bell (1990) ได้ศึกษาพบว่าขนาดไข่ทั้งฟองจะมีความสัมพันธ์กับขนาดของไข่แดงมากกว่าปัจจัยอื่นๆ เมื่อไข่ทั้งฟองมีขนาดใหญ่ขึ้น ไข่แดงก็จะใหญ่ขึ้นมากกว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณไข่ขาว ซึ่งจะเห็นว่าจากการทดลองเมื่อเสริม CLA 4 % ในอาหาร ทำให้ไข่แดงมีขนาดเล็กที่สุด และส่งผลให้ขนาดไข่ทั้งฟองมีขนาดเล็กลงด้วย และอีกสาเหตุหนึ่งถ้าไก่ได้รับกรดไขมันที่จำเป็นไม่เพียงพอ จะทำให้ไข่ฟองเล็กลง การพัฒนาของตัวอ่อนเสียหายและการฟักออกลดลง (สาโรช, 2542) จะเห็นว่าในอาหารและในไข่แดงมีปริมาณของกรดไขมันที่จำเป็นลดลง ตามระดับการเสริม CLA คือ กรดลิโนเลอิก (linoleic acid, C:18:2), กรดลิโนเลนิก (linolenic acid, C18:3), กรดอะแรชิโดนิก (arachidonic acid, C20:4) ซึ่งการพบกรดไขมันในไข่แดงจะมาจากการสังเคราะห์จากกรดไขมันในอาหารหรือการสังเคราะห์ไขมันในตับ

ผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อสีไข่แดงพบว่า เมื่อเพิ่มระดับ CLA ในอาหาร ทำให้สีของไข่แดงซีดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับกลุ่มควบคุมที่ไม่เสริม CLA โดยไก่ไข่กลุ่มที่เสริม CLA 4% ทำให้สีของไข่แดงซีดลงต่างกับกลุ่มการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) Belyavin และ Marangos (1969) อธิบายว่าสารสีที่สำคัญในไข่แดงนั้นถูกทำลายได้ด้วยความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และเนื่องจากการเสริมน้ำมัน CLA ในอาหารนั้นทำให้มีปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มหลายตำแหน่งปริมาณมากขึ้น กรดไขมันชนิดนี้สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศได้ง่ายและรวดเร็วโดยมีแสง ความร้อน ความชื้นและโลหะหนักเป็นปัจจัยเร่งทำให้เกิดสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (peroxides) ซึ่งมีผลให้เกิดการหืน ทำลายวิตามินที่ละลายในไขมันกรดอะมิโนและสารแคโรทีนอยด์ จึงเป็นไปได้ว่าทำให้สีในไข่แดงซีดลง ดังนั้นในการเสริม CLA ในอาหารที่ระดับต่างๆ ควรมีการใส่สารกันหืนลงไปด้วยเช่น วิตามินอี, butylated hydroxyanisole (BHA) หรือ butylated hydroxytolume (BHT) เพื่อเป็นการป้องกันสารคาโรทีนอยด์ถูกทำลายซึ่งจะทำให้ไข่แดงมีสีซีดลง

3.7.4 ต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ผลิตไข่ 1 โหล

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

3.8 สรุปผลการทดลอง

ผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ จะพบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 4% ทำให้การกินได้ของไก่ไข่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เสริม CLA ผลผลิตไข่ก็ลดลงด้วย (P<0.01) ส่วนน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลองและอัตราการตายพบว่าไม่แตกต่างกันในทุกกลุ่มการทดลอง สำหรับคุณภาพไข่ การเสริม CLA 4% ในอาหารทำให้คุณภาพไข่ลดลง ทั้งน้ำหนักของไข่แดง, ไข่ขาว, ไข่ทั้งฟองและสีไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการที่ไก่ไข่กินอาหารลดลงเมื่อเสริม CLA ในอาหารที่ระดับ 4% น่าจะส่งผลทำให้ผลผลิตลดลง น้ำหนักไข่ลดลง และการที่สีของไข่แดงซีดลงในทุกกลุ่มเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม เป็นผลมาจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวในอาหารที่มีมากขึ้นทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศได้ง่ายและรวดเร็วทำให้เกิดสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (peroxides) ซึ่งมีผลให้เกิดการหืนและทำลายวิตามินที่ละลายในไขมันกรดอะมิโนและสารแคโรทีนอยด์ ดังนั้นในการเสริม CLA ในอาหารที่ระดับต่างๆ ควรมีการใส่สารกันหืนลงไปด้วย เมื่อดูที่ระดับการเสริม CLA เป็นที่น่าสนใจว่ากลุ่มที่เสริม CLA 3% จะมีการกินได้และผลผลิตไข่ไม่

แตกต่างจากกลุ่มที่เสริม CLA 0, 1 และ 2% จึงคิดว่าน่าจะเป็นระดับที่เหมาะสมในการเสริม CLA นอกจากนี้เรื่องต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล จะเพิ่มขึ้นตามระดับที่เสริม CLA ในอาหาร เนื่องจาก CLA ยังมีราคาสูงอยู่ คือกิโลกรัมละ 156 บาท จึงมีผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหลเพิ่มขึ้นประมาณ 8-9 บาท เมื่อเสริม CLA ในอาหารเพิ่มขึ้น 1%

รายการอ้างอิง

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

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

Aydin, R. and M. E. Cook. 2004. The Effect of dietary conjugated linoleic acid on egg yolk fatty acids and hatchability in japanese quail. Poult. Sci. 83:2016-2022

Belyavin, C. G. and A. G. Marangos. 1969. Natural products for egg yolk pigmentation. pp. 239-260 p. In : Recent Development in Poultry Nutrition. Eds. Belyavin, C. G. and A. G. Marangos. Anchor Press, Butterworths.

Cecil, H. C., J. A. Bitman and M. J. Thompson. 1981. Effects of branched and straight chain amines and azasteriods on blood and egg cholesterol of White Leghorn chickens. Poult. Sci. 60:765-840.

Javadi, M., A. C. Beynen, R. Hovenier, Æ. Lankhorst, A. G. Lemmens, A. H. M. Terpstra and M. J. H. Geelen. 2004. Prolonged feeding of mice with conjugated linoleic acid increase hepatic fatty acic synthesis relative to oxidation. J. Nutr. Biochem. 15. 680-687.

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

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

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

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

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

North, M. O. and D. D. Bell. 1990. Commercial Chicken Production Manual. AVI Publishing Company Inc. Westport Connecticut. 913 p.

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

Statistical Analysis System. 1985. SAS User's Guide. Statistics. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Szymczyk, B. and P. M. Pisulewski. 2003. Effect of dietary conjugated linoleic acid on fatty acids composition and cholesterol content of hen egg yolk. Br. J. Nutr. 90(1):93-99.

บทที่ 4
การศึกษาผลการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของ fatty acid, ปริมาณ cholesterol และการสะสมของ CLA ในไข่ไก่

บทคัดย่อ

จากการทดลองเมื่อเพิ่มระดับของ CLA ในอาหารไก่ไข่ จะมีแนวโน้มทำให้ปริมาณ CLA ในไข่แดงเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) พบว่าเมื่อเสริม CLA 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหาร ทำให้พบปริมาณ CLA ในไข่แดง คือ 0.01, 2.08, 5.98, 10.05 และ 14.15% ของ total fatty acids ตามลำดับ สามารถประมาณได้ว่า ในไข่ 1 ฟอง ผู้บริโภคจะได้รับ CLA เท่ากับ 0.09, 61.68, 194.75, 297.16 และ 417 มิลลิกรัม ตามลำดับการเสริม CLA ในอาหาร นอกจากนี้เมื่อเพิ่มระดับของ CLA ในอาหารไก่ไข่ จะทำให้ SFA ในไข่แดงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) MUFA และ PUFA ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และปริมาณ cholesterol ในไข่แดง พบว่ากลุ่มที่เสริม CLA 2, 3 และ 4% ในอาหาร ทำให้มีปริมาณ cholesterol ในไข่แดง ต่ำกว่ากลุ่มที่เสริม CLA 0 และ 1% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ซึ่งปริมาณ cholesterol มีค่าเท่ากับ 11.45, 11.37, 9.73, 9.19 และ 9.09 มิลลิกรัมต่อกรัมไข่แดงตามลำดับการเสริม CLA 0, 1, 2, 3 และ 4% นอกจากนี้ CLA 3% และ 4% ทำให้ total cholesterol และ HDL cholesterol ในพลาสม่าของไก่ไข่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ระดับของ LDL cholesterol มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้ง quadratic ตามระดับการเสริม CLA อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และระดับของ triglycerides ใน พลาสม่าของทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

คำนำ

Conjugated linoleic acid (CLA) พบว่ามีการวิจัยทางการผลิตสัตว์โดยการเสริม CLA ในการเลี้ยงไก่ไข่ สามารถเพิ่มปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มนี้ในไข่ไก่ได้ (Ahn et al., 1999; Du et al., 1999; Chamruspollert and Sell, 1999; Szymczyk and Pisulewski, 2003) แต่การเสริม CLA ก็จะทำให้ปริมาณกรดไขมันในไข่แดงเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะทำให้ saturated fatty acids ในไข่แดงเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งอาจมีผลทำให้ผู้บริโภคเกรงว่า จะเป็นสาเหตุให้เกิดการ

สะสมของ cholesterolในเส้นเลือด แต่มีรายงานคุณสมบัติของ CLA ที่สามารถลดภาวะมีไขมันสะสมในหลอดเลือดชั้นใน (atherosclerosis) ได้ เมื่อมนุษย์ได้รับ CLA มากกว่า 11 วัน จะลด total cholesterol, VLDL cholesterol, และ LDL cholesterol ในพลาสม่า (Hunter, 2000) และเป็น anticarcinogen มีคุณสมบัติเป็น antioxidant ป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ha et al., 1990) ด้วยเหตุผลที่กล่าวมา การนำ CLA มาใช้ในงานวิจัยทางด้านไก่ไข่ โดยเสริมในอาหารไก่ไข่ น่าจะเป็นการเพิ่มปริมาณ CLA ในไข่แดงได้ และเป็นการเพิ่มมูลค่าของไข่และทำให้ผู้บริโภคได้รับโภชนะที่มีประโยชน์ต่างๆอย่างครบถ้วน

4.1 วัตถุประสงค์

4.1.1 เพื่อศึกษาผลของ CLA ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในไข่แดง

4.1.2 เพื่อศึกษาผลของ CLA ต่อปริมาณ cholesterol ในไข่ไก่

4.1.3 เพื่อศึกษาผลของ CLA ต่อปริมาณ total cholesterol, HDL cholesterol, LDL cholesterol และ triglycerides ในพลาสม่าไก่ไข่

4.2 วิธีการวิจัยและการเก็บข้อมูล

วิธีการวิจัยทำตามแผนการทดลองในบทที่ 3

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

- สุ่มไข่ซ้ำละ 4 ฟองในทุกช่วง (4 ช่วง ช่วงละ 14 วัน)
- แยกไข่แดงกับไข่ขาว นำไข่แดงในแต่ละซ้ำมาตีรวมกันเก็บใน screw-capped container เก็บที่อุณหภูมิ –20 °C เพื่อรอวิเคราะห์ต่อไป
- นำตัวอย่างไข่แดงมาทำการสกัดไขมันและทำ methylation แล้วนำไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง gas chromatography เพื่อหาองค์ประกอบและปริมาณของ fatty acids และปริมาณ CLA ในไข่ไก่ (วิธีการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก)
- นำตัวอย่างไข่แดงมาหา cholesterol โดยทำการดัดแปลงจากวิธีของ Rowe et al. (1999) แล้วนำไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง gas chromatography

4.2.2 การเก็บบันทึกการศึกษาผลของ CLA ต่อปริมาณ cholesterol ในพลาสม่าไก่ไข่

- เจาะเลือดไก่ไข่ ซ้ำละ 4 ตัว ในวันสุดท้ายของการทดลอง

- นำเลือดมา centrifuged แยกพลาสม่าเก็บที่อุณหภูมิ –20 °C เพื่อรอวิเคราะห์ต่อไป

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

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

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

4.4 สถานที่ทำการวิจัย

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, อาคารเครื่องมือ 1 และอาคารเครื่องมือ 3 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.5 ระยะเวลาการทดลอง

1 สิงหาคม 2547 ถึง 11 มีนาคม 2548

4.6 ผลการทดลอง

4.6.1 ผลของ CLA ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในไข่แดง

ปริมาณกรดไขมันในไข่แดง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันและปริมาณ CLA ในไข่แดงของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 จากผลการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์ของ myristic acid (C14:0) และ palmitic acid (C16:0) จะเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริม CLA อย่างมี

นัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) stearic acid (C18:0) ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริม CLA กลุ่มที่เสริม CLA 4% มีเปอร์เซ็นต์ stearic acid (C18:0) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่เสริม CLA 0, 1 และ 2% (P<0.01) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่เสริม CLA 3% (P<0.01) เมื่อดูแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids) ทั้ง 3 ตัว พบว่า การเพิ่มขึ้นของระดับการเสริม CLA มีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิ่มตัวเป็นแบบเส้นตรง linear, แบบเส้นโค้ง quadratic และแบบคลื่น cubic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และกลุ่มที่เสริม CLA 4% มีเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิ่มตัวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่เสริม CLA 0, 1 และ 2% แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่เสริม CLA 3% (P<0.01) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (monounsaturated fatty acids) ซึ่งประกอบด้วย palmitoleic Acid (C16:1) และ oleic acid (C18:1) พบว่ากลุ่มที่เสริม CLA 2, 3 และ 4% ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ของ palmitoleic acid (C16:1) และ oleic acid (C18:1) ต่ำกว่ากลุ่มที่เสริม CLA 0 และ 1 % อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) แสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2 และการเพิ่มขึ้นของระดับการเสริม CLA มีแนวโน้มในการลดลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว เป็นแบบเส้นตรง linear, แบบเส้นโค้ง quadratic และแบบคลื่น cubic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ผลการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ linoleic acid (C18:2), linolenic acid (C18:3), eicosatrienoic acid (C20:3), arachidonic acid (C20:4) และ docosahexaenoic acid (C22:6) ในไข่แดงพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ลดลงตามระดับการเสริม CLA อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และกรดไขมันเหล่านี้คือกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (polyunsaturated fatty acids) เมื่อเอากรดไขมันเหล่ามาคิดรวมกันกับ CLA พบว่าจะลดลงตามระดับการเสริม CLA อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และการเพิ่มขึ้นของระดับการเสริม CLA มีแนวโน้มในการลดลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง เป็นแบบเส้นตรง linear อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ปริมาณการสะสม CLA ในไข่แดง

ปริมาณของการสะสม CLA ในไข่แดงพบว่า มี เปอร์เซ็นต์ total CLA ในไข่แดง คือ 0.01, 2.08, 5.98, 10.05 และ 14.15% ของ total fatty acid เมื่อเสริม CLA 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหารตามลำดับ ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์ CLA เพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) แสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อแยกเป็นแต่ละไอโซเมอร์ ก็จะพบว่าไอโซเมอร์ที่พบมากที่สุดคือ cis-9, trans-11 CLA รองลงมาคือ trans-10, cis-12 CLA, cis-9, cis-11 CLA และ trans-9, trans-11 CLA ตามลำดับ

จากการทดลองตรวจพบ cis-9, trans-11 CLA ในไข่แดงมีปริมาณ 0, 1.67, 4.33, 6.98 และ 9.63% พบ trans-10, cis-12 CLA คือ 0, 0.40, 1.50, 2.73, และ 4.02 % ตามลำดับการเสริม CLA 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหาร ซึ่งการวิเคราะห์จะพบ cis-9, cis-11 CLA เมื่อเสริม CLA ในอาหารที่ระดับ 3 และ4% เท่านั้น คือ 0.14 และ 0.22% แต่ trans-9, trans-11 CLA จะพบได้ในทุกกลุ่มการทดลอง คือ 0.01, 0.02, 0.15, 0.21 และ 0.28% ของ total fatty acid เมื่อเสริม CLA 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหารตามลำดับ

การเพิ่มขึ้นของระดับการเสริม CLA ในอาหารมีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นของ cis-9, trans-11 CLA และ trans-10, cis-12 CLA เป็นแบบเส้นตรง linear, แบบเส้นโค้ง quadratic และแบบคลื่น cubic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01), cis-9, cis-11 CLA เพิ่มขึ้นเป็นแบบเส้นตรง linear และแบบเส้นโค้ง quadratic อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และ trans-9, trans-11 CLA ในไข่แดงเพิ่มขึ้นเป็นแบบเส้นตรง linear และแบบคลื่น cubic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อดู แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของ total CLA ในไข่แดงจะเห็นว่าเป็นแบบเส้นตรง linear, แบบเส้นโค้ง quadratic และแบบคลื่น cubic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ตามระดับการเพิ่ม CLA ในอาหารไก่ไข่

นอกจากนี้สามารถประมาณได้ว่า ในไข่ 1ฟอง จะมีปริมาณ total CLA เท่ากับ 0.09, 61.68, 194.75, 297.16 และ 417.00 มิลลิกรัม ตามลำดับการเสริม CLA 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหาร

ตารางที่ 4.1 แสดงผลของการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันและ CLA ในไข่แดง

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

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

ตารางที่ 4.2 แสดงผลของ CLA ต่อปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว(saturated fatty acids), กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (monounsaturated fatty acids), กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (polyunsaturated fatty acids) และ total CLA ในไข่แดง

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

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

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

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

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

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

4.6.2 ผลของ CLA ต่อปริมาณ cholesterol ในไข่ไก่

ในตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองการเสริม CLA 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหารไก่ไข่ ต่อปริมาณ cholesterol ในไข่แดง พบว่ามีปริมาณ cholesterol ในไข่แดง คือ 11.44, 11.37, 9.73, 9.19 และ 9.09 มิลลิกรัมต่อกรัมไข่แดง ตามลำดับการเสริม กลุ่มที่เสริม CLA 2, 3 และ 4 % ในอาหารทำให้มีปริมาณ cholesterol ในไข่แดง ต่ำกว่ากลุ่มที่เสริม CLA 0 และ 1% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และการเพิ่มขึ้นของระดับการเสริม CLA ในอาหารมีแนวโน้มในการลดลงของปริมาณ cholesterol ในไข่แดง เป็นแบบเส้นตรง linear อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

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

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของการเสริม CLA 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหารไก่ไข่ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ total cholesterol, HDL cholesterol, LDL cholesterol และ triglycerides ใน พลาสม่าไก่ไข่ แสดงในตารางที่ 4.4 พบว่า ไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับ CLA 4% ทำให้ระดับของ total cholesterol ในพลาสม่า เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และระดับของ total cholesterol ในพลาสม่า ของกลุ่มการเสริม CLA 0, 1, 2 และ 3 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของระดับการเสริม CLA ในอาหารมีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นของปริมาณ total cholesterol ในพลาสม่ามีแนวโน้มเป็นแบบเส้นตรง linear อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

และไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับ CLA 3 และ 4% ทำให้ระดับของ HDL cholesterol เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเทียบกับกลุ่มของการเสริม CLA 0, 1 และ 2% การเพิ่มขึ้นของ HDL cholesterol มีแนวโน้มเป็น linear อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และแบบเส้นโค้ง quadratic อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ตามระดับการเสริม CLA ที่สูงขึ้น

เมื่อดูผลของ CLA ต่อระดับของ LDL cholesterol จะพบว่ากลุ่มของการเสริม CLA 3 และ 4% ให้ผลไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม แต่เป็นที่น่าสังเกตว่ากลุ่มที่ได้รับ CLA 1 และ 2% ทำให้มี LDL สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และการเพิ่มขึ้นของระดับการเสริม CLA ในอาหารมีแนวโน้มในการลดลงของปริมาณ LDL cholesterol ในพลาสม่าแบบเส้นโค้ง quadratic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และระดับของ triglycerides ในพลาสม่าของทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 แสดงผลของ CLA ต่อปริมาณคอเลสเตอรอล (cholesterol) ในไข่แดง

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

หมายเหตุ [a,b] แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางที่ 4.4 แสดงผลของ CLA ต่อปริมาณ total cholesterol, HDL cholesterol, LDL cholesterol และ triglyceridesในพลาสม่าไก่ไข่

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

หมายเหตุ [a,b,c] แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P <0.01)

[d,e] แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P <0.05)

4.7 วิจารณ์ผลการทดลอง

4.7.1 ผลของ CLA ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันและการสะสมของ CLA ในไข่แดง

ปริมาณกรดไขมันในไข่แดง

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

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

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

อาหารที่สูงขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองของ Chamruspollert and Sell (1999) ที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองทดแทนน้ำมัน CLA และการทดลองของ Szymczyk and Pisulewski (2003) ที่ใช้น้ำมันเมล็ดทานตะวันในการทดแทนน้ำมัน CLA และให้ผลเช่นกัน

ในการลดลงของ arachidonic acid (C20:4) และ docosahexaenoic acid (C22:6) อธิบายได้ว่า มี 2 สาเหตุที่น่าจะเป็นไปได้ เหตุผลแรกคือ CLA เป็นตัวแข่งขันกับ linoleic acid (18:2) (n-6) และ linolenic acid (18:3) (n-3) ในการเป็นสับเสตรทของเอนไซม์ Δ 6-desaturase ในเซลล์ตับ ทำให้ CLA เป็น rate- limiting step ของการเปลี่ยน linoleic acid และ linolenic acid ไปเป็น arachidonic acid, docosahexaenoic acid และ eicosapentaenoic acid (EPA) ทำให้โอกาสในการเปลี่ยนเป็น arachidonic acid และ docosahexaenoic acid ลดลง ทำให้กรดไขมัน 2 ตัวนี้ลดลงเมื่อเพิ่มระดับการเสริม CLA ในอาหาร (Belury and Kempa-Steczko, 1997; Chamruspollert and Sell 1999; Szymczyk and Pisulewski, 2003) และเหตุผลที่ 2 โดยเริ่มแรกอาหารแต่ละสูตรจะมี linoleic acid (C18:2) และ linolenic acid (C18:3) น้อยลงอยู่แล้ว ตามระดับการเสริม CLA ในอาหารที่สูงขึ้น ดังนั้นโอกาสในการเปลี่ยนเป็น linoleic acid และ linolenic acid เป็น arachidonic acid และ docosahexaenoic acid จึงมีน้อยลงอยู่แล้ว

และด้วยเหตุผลนี้ CLA จึงมีผลไปยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์เนื้องอก ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า CLA ทำให้ปริมาณของ การสังเคราะห์ eicosaniod ลดลง arachidonic acid เป็นสารตั้งต้นในการเปลี่ยนเป็น eicosaniods (ซึ่ง arachidonic acid เป็นผลมาจากขบวนการ elongation และ desaturation ของ linoleic acid) eicosaniods ที่สำคัญก็คือพรอสตาแกลนดิน (prostaglandin) ซึ่งเป็นตัวช่วยกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาของเนื้องอก (Akalln and Tokusoglu, 2003) จากการทดลองพบว่า CLA ทำให้ปริมาณของ linoleic acid ลดลง จึงทำให้การเปลี่ยนเป็น arachidonic acid ลดลง การสังเคราะห์ eicosaniod จึงลดลงด้วย ดังนั้น CLA จึงน่าจะช่วยในการยับยั้งการเติบโตของเซลล์มะเร็งได้

ปริมาณของการสะสม CLA ในไข่แดง

ปริมาณของการสะสม CLA ในไข่แดงพบว่า มีเปอร์เซ็นต์ total CLA ในไข่แดงต่อ total fatty acids คือ 0.01, 2.08, 5.98, 10.05 และ 14.15% เมื่อเสริม CLA 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหารตามลำดับ สามารถประมาณได้ว่า ในไข่ 1 ฟอง จะมีปริมาณ total CLA เท่ากับ 0.09, 61.68, 194.75, 297.16 และ 417 มิลลิกรัม ตามลำดับ Decker (1995) แนะนำว่า มนุษย์ควรได้รับ CLA 1.5 – 3.0 กรัมต่อวัน เพื่อผลดีต่อสุขภาพและป้องกันการเกิดเนื้องอก ดังนั้นในการที่จะได้รับ CLA

อย่างน้อย 1.5 กรัม แสดงว่าจะต้องบริโภคไข่ถึงวันละ 4 ฟอง แต่ในความเป็นจริงแล้วเราสามารถรับ CLA จากแหล่งอาหารอื่นๆ ได้อีก เช่น นม ชีส และเนื้อวัว เป็นต้น

4.7.2 ผลของ CLA ต่อปริมาณ cholesterol ในไข่ไก่

ผลการทดลองเสริม CLA 0, 1, 2 ,3 และ 4% ในอาหารไก่ไข่ ต่อปริมาณ cholesterol ในไข่แดง พบว่าปริมาณ cholesterol ในไข่แดงลดลงตามลำดับการเสริม CLA คือ 11.44, 11.37, 9.73, 9.19 และ 9.09 มิลลิกรัมต่อกรัมไข่แดง ปริมาณ cholesterol ลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Hur et al. (2003) พบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 0, 1, 2.5 และ 5% พบว่าปริมาณ cholesterol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม คือ 14.26, 13.90, 13.86 และ 13.85 มิลลิกรัมต่อกรัมไข่แดง และ Raes et al. (2002) เสริม CLA ที่ระดับ 0 และ 1% พบว่าปริมาณ cholesterol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม คือ 12.7 และ 12.3 มิลลิกรัมต่อกรัมไข่แดง แต่การทดลองของ Szymczyk and Pisulewski (2003) พบว่าการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ไม่ได้ทำให้ปริมาณ cholesterol ต่อกรัมไข่แดงลดลง แต่เมื่อคิดปริมาณ cholesterol ต่อ1 ฟอง พบว่าปริมาณ cholesterol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เป็นเพราะ CLA ทำให้ไข่ฟองเล็กลง เมื่อคำนวณออกมาจึงทำให้ปริมาณ cholesterol ต่อฟองลดลงด้วย

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

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

พบว่า CLA ทำให้ total cholesterol และ HDL cholesterol ในพลาสม่าของไก่ไข่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Du. (2001) อธิบายว่า CLA ทำให้ triglyceridess, total cholesterol, HDL cholesterol ในพลาสม่าเพิ่มขึ้น เพราะมีการเพิ่มการสังเคราะห์กรดไขมันมากขึ้นในตับหลังจากที่ให้ CLA ซึ่งเป็นการเพิ่มการทำงานของ fatty acid synthase และ acetyl-CoA carboxylase ในตับ Belury and Kempa-Steczko. (1997) พบว่าเป็นผลของ CLA trans-10, cis-12 ที่ไปเพิ่มลิปิดและกรดไขมันในตับทำให้ตับโต ไม่ได้เป็นผลของ CLA cis-9, trans-11 แต่ก็ขัดแย้งกับผลการทดลองที่ไปลดคอเลสเตอรอลในไข่แดง ซึ่งเป็นไปได้ว่า CLA ลดการขนส่งไขมันจากตับสู่ไข่แดงซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ VLDL cholesterol และทำให้ตับมีการสะสมไขมันมากขึ้น เป็นผลดีในการเพิ่มระดับการเสริม CLA ในอาหารมีแนวโน้มในการลดลงของปริมาณ LDL cholesterol ในพลาสม่าแบบเส้นโค้ง quadratic อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และระดับ HDL cholesterol เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เป็นผลดีเพราะ HDL cholesterol มีหน้าที่ในการพา cholesterol กลับมาสลายที่ตับ โดยจะนำไปสร้างเป็นสารอื่น เช่น เกลือน้ำดีเพื่อขับออกทางน้ำดี จึงช่วยลดระดับ cholesterol ในร่างกายได้ HDL cholesterol ขนส่ง cholesterol ให้ตับหรือที่เรียกว่า reverse cholesterol transport หน้าที่นี้เชื่อว่าป้องกันการเกิด atherosclerosis ด้วย

4.8 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า CLA ทำให้กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) เพิ่มขึ้น คือ ผลรวมของ myristic acid (C14:0), palmitic acid (C16:0) และ stearic acid (C18:0) ในไข่แดงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้การที่กรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มขึ้นจะสัมพันธ์กับการลดลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (monounsaturated fatty acid) คือ palmitoleic acid (C16:1) และ oleic acid (C18:1) ด้วย และจากผลการทดลอง CLA ยังมีผลต่อการลดลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (polyunsaturated fatty acid) ในไข่แดงเช่นกัน

ปริมาณของการสะสม CLA ในไข่แดงพบว่า มี %total CLA ในไข่แดงต่อ total fatty acid คือ 0.01, 2.08, 5.98, 10.05 และ 14.15% เมื่อเสริม CLA 0, 1, 2, 3 และ 4% ในอาหารตามลำดับ สามารถประมาณได้ว่า ในไข่ 1ฟอง จะมีปริมาณ total CLA เท่ากับ 0.09, 61.68, 194.75, 297.16 และ 417 มิลลิกรัม ตามลำดับ Decker (1995) แนะนำว่า มนุษย์ควรได้รับ CLA 1.5 – 3.0 กรัมต่อวัน เพื่อผลดีต่อสุขภาพและป้องกันการเกิดเนื้องอก ในการที่จะได้รับ CLA อย่างน้อย 1.5

กรัม แสดงว่าจะต้องบริโภคไข่ถึงวันละ 4 ฟอง แต่ในความเป็นจริงแล้วเราได้รับ CLA จากแหล่งอาหารอื่นๆ ได้อีก คือผลิตภัณฑ์จากสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น นม ชีส และเนื้อวัว เป็นต้น

ผลการทดลองเสริม CLA 0, 1, 2 ,3 และ 4% ในอาหารไก่ไข่ ต่อปริมาณ cholesterol ในไข่แดง พบว่าปริมาณ cholesterol ในไข่แดงลดลงตามลำดับการเสริม CLA คือ 11.44, 11.37, 9.73, 9.19 และ 9.09 มิลลิกรัมต่อกรัมไข่แดง นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นกรดไขมันอิ่มตัวและการลดลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียวในไข่ อาจมีผลทำให้ผู้บริโภคเกรงว่าจะเป็นการเพิ่มกรดไขมันอิ่มตัวให้แก่ผู้บริโภค แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นการได้รับ CLA เข้าไปด้วย ซึ่งมีงานทดลองที่ยืนยันว่า CLA มีคุณสมบัติ ที่เป็น antioxidant และสามารถป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดแข็งตัว (atherosclerosis) ได้

นอกจากนี้ CLA ทำให้ total cholesterol และ HDL cholesterol ในพลาสม่าของไก่ไข่เพิ่มขึ้น ระดับของ LDL cholesterol มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้งตามระดับการเสริม CLA และระดับของ triglycerides ในพลาสม่าของทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งขัดแย้งกับผลการทดลองที่ไปลดการสะสม cholesterol ในไข่แดง อธิบายได้ว่า CLA น่าจะไปลดการขนส่งไขมันจากตับสู่ไข่แดง และมีส่วนทำให้ตับมีการสะสมไขมันมากขึ้น และเป็นผลดีว่าระดับของ HDL cholesterol เพิ่มขึ้น เพราะ HDL cholesterol มีหน้าที่ในการพา cholesterol มาให้สลายที่ตับ จึงช่วยลดระดับ cholesterol ในร่างกายได้ และเชื่อว่าเป็นการป้องกันการเกิด atherosclerosis ด้วย

รายการอ้างอิง

ยุวเรศ สังวราภรณ์. 2538. ผลการเสริมน้ำมันปลาซาร์ดีนในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของไขมันในไข่แดงและสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่. วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 54 น.

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

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

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

Aydin, R. and M. E. Cook. 2004. The Effect of dietary conjugated linoleic acid on egg yolk fatty acids and hatchability in japanese quail. Poult. Sci. 83: 2016-2022

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

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

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

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

Du, Min. 2001. Conjugated linoleic acid, fatty acid metabolism and meat quality in chicken. Isu animal science-2001 research excellence graduate award to Min Du. Available: http//www.ans.iastate.edu/graduate/du_excellence.html

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.

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

Hunter, J. E. 2000. Safety and health effects of isomeric fatty acids. pp. 667-686. In : Fatty Acids in Foods and Their Health Implications. Ed. Marcel C.K. Dekker, Inc. New York.

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

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

Raes, K., G. Huyghebaert, S. D. Smet, L. Nollet, S. Arnout and D. Demeyer. 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

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

Statistical Analysis System. 1985. SAS User's Guide. Statistics. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Szymczyk, B. and P.M. Pisulewski. 2003. Effect of dietary conjugated linoleic acid on fatty acids composition and cholesterol content of hen egg yolk. Br. J. Nutr. 90(1): 93-9.

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

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

นอกจากนั้นจากการทดลองพบว่าการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่มีผลให้กรดไขมันอิ่มตัวในไข่แดงเพิ่มขึ้นจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งในไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการที่กรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มขึ้น จึงมีโอกาสเสี่ยงที่จะเป็นการเพิ่มกรดไขมันอิ่มตัวให้แก่ผู้บริโภค แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นการได้รับ CLA เข้าไปด้วย ซึ่ง CLA มีผลต่อการป้องกันการเกิดภาวะเส้นเลือดอุดตัน การไหลเวียนเลือด การทำงานของหัวใจไม่เป็นปกติ (antiatherosclerotic) และ CLA ก็มีผลต่อการเป็น antioxidant ในเส้นเลือดอีกด้วย นอกจากนี้ CLA ยังมีผลต่อปริมาณ cholesterol ในไข่แดง คือทำให้ไข่มีปริมาณ cholesterol ลดลง เป็นไข่ที่เหมาะสมกับผู้บริโภคที่เกรงกลัวว่า ปริมาณ cholesterol ที่มีมากในไข่แดงจะไปเพิ่มโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ ซึ่งจากการทดลองพบว่าปริมาณ cholesterol ในไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติตามระดับการเสริม CLA คือ 11.44, 11.37, 9.73, 9.19 และ 9.09 มิลลิกรัมต่อกรัมไข่แดง เมื่อเสริม CLA 0, 1, 2, 3 และ 4 % ในอาหารตามลำดับ นอกจากนี้จาก จากผลการทดลองสามารถยืนยันได้ว่าในการเสริม CLA ในอาหารไก่ไข่ ทำให้ระดับของ HDL cholesterol ในพลาสม่าของไก่ไข่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และระดับของ LDL cholesterol มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้ง quadratic อย่างมี

นัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ตามระดับการเสริม CLA ซึ่งระดับของ HDL cholesterol สูงขึ้น และ LDL cholesterol ลดลง จะเกี่ยวข้องกับการลดโอกาสเสี่ยงในการเป็นภาวะเส้นเลือดอุดตัน เพราะ HDL cholesterol ที่สูงขึ้น จะเพิ่มการพา cholesterol มาให้สลายที่ตับ (reverse cholesterol transport) ซึ่งหน้าที่นี้เชื่อว่าป้องกันการเกิด atherosclerosis โดยตับจะนำ cholesterol ไปสร้างเป็นสารอื่น เช่น เกลือน้ำดีเพื่อขับออกทางน้ำดี จึงเป็นการช่วยลดระดับ cholesterol ในร่างกายได้

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

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

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

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง

การสกัดแยกลิปิดออกจากไข่แดงดัดแปลงจากวิธี Folch et al., 1957 และ Metcalfe et al., 1966 และจากนั้นนำลิปิดที่สกัดได้ ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบและปริมาณของ fatty acids ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการทำ saponification และการทำ methylation ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Ostrowska et al., (2000)

<u>สารเคมี</u>

1. Choloroform
2. Methanol
3. 0.5 N KOH/MeOH
4. 14% BF_3 /MeOH
5. Internal standard C_{17}
6. Anhydrous sodium sulphate
7. Hexane
8. NaCl
9. Deioniz water

<u>อุปกรณ์</u>

1. Erlenmeyer flask
2. Funnel
3. Separatory funnel
4. Round bottom flask
5. Rotary evaporator
6. Cylinder

7. กระดาษกรอง
8. Micropipet, pipet
9. หลอดทดลองฝาเกลียว
10. Vial
11. เครื่องบดละเอียด (Nissei AM-8 Homoginizer, Nihonseiki kaisha, LTD., Japan)
12. Water bath
13. เครื่อง Gas Chromatography

<u>วิธีการสกัดลิปิดจากไข่แดง</u>

1. ชั่งตัวอย่างไข่แดง 2 กรัมใส่ลงในโถปั่น
2. เติมสารผสมระหว่าง chloroform-methanol (2:1 v/v) ปริมาณ 20 มิลลิลิตร (10 เท่าของปริมาตรไข่แดง)
3. ปั่นให้ละเอียดเป็นเวลา 2 นาทีด้วยเครื่องปั่น (Nissei AM-8 Homoginizer, Nihonseiki kaisha, LTD., Japan)
4. กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ลงในกระบอกตวง
5. นำกากที่ได้มาสกัดใหม่อีกครั้งด้วย chloroform-Methanol (2:1 v/v) อีกครั้ง
6. หลังจากนั้นนำสารละลายที่กรองได้ใส่ separating funnel
7. เติมน้ำกำจัดไอออน (deioniz water) ปริมาณ 0.2 ปริมาตรที่กรองได้ และ 0.58% NaCl ปริมาณ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้จนสารละลายแยกชั้นอย่างชัดเจน
8. ปล่อยสารละลายส่วนล่างใส่ evaporating flask ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ทำการแยกตัวทำสารละลายออกจากไขมันโดยระเหยที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ด้วย rotary evaporator (BUCHI Rotavapor R-200, BUCHI Labortecnnik AG, Switzerland) บันทึกน้ำหนักไขมันที่ได้

<u>วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของ fatty acids</u> ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน

การทำ saponification

ชั่งตัวอย่างน้ำหนักที่แน่นอนจากการวิเคราะห์ปริมาณของไขมันตามวิธีของ Folch et al., 1957 และ Metcalfe et al., 1966 ประมาณ 30 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดทดลองฝาเกลียวขนาด 15 มิลลิลิตร

1. เติม 0.5 N KOH/MeOH จำนวน 1.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอด แล้วไล่อากาศภายในหลอดด้วยแก๊สไนโตรเจน ปิดฝาหลอดทดลองให้สนิท
2. ให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส ใน water bath นาน 5 นาที ระหว่างนี้ควรเขย่าอย่างแรง 1-2 ครั้ง แล้วทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิปกติ การทำ saponification ที่สมบูรณ์สังเกตจากการได้สารละลายใส ไม่มีหยดน้ำมันเหลืออยู่

การทำ Methylation

1. เติม 14 % BF3 /MeOH 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่ทำการ saponification ที่สมบูรณ์ ไล่อากาศภายในหลอดด้วยแก๊สไนโตรเจน (ถ้าต้องการหาปริมาณ CLA ด้วยวิธีการใช้ internal standard ให้เติม 1 มิลลิลิตรของ C17 ความเข้มข้นแน่นอน 2.00 mg/ml ใน hexane)
2. ให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส ใน water bath นาน 5 นาที ระหว่างนี้ควรเขย่าอย่างแรง 1-2 ครั้ง แล้วทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิปกติ
3. เติมน้ำ 10 ml. เพื่อหยุดปฏิกิริยา หลังจากนั้นให้เติม hexane 5 ml.
4. เท solution ที่ได้จากการทำ methylation ลงในหลอดเซนตริฟิวจ์ฝาเกลียวขนาด 50 มิลลิลิตร เซนตริฟิวจ์ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 5000 rpm นาน 15 นาที เพื่อทำให้ liquid-liquid phase แยกได้ดีขึ้น
5. ดูดชั้น hexane (ชั้นบน) และ Dry น้ำที่อาจติดออกมาด้วย sodium sulphate ต้องให้แน่ใจว่าตัวอย่างไม่มีน้ำปน เพราะน้ำที่หลงเหลืออยู่อาจมีผลต่อ colum ของเครื่อง GC ซึ่งเป็น polar และ ion exchange column
6. เก็บสารละลาย fatty acid methyl ester (FAME) ในขวดสีชา ไล่อากาศด้วยแก๊สไนโตรเจน ฉีดสารละลายปริมาณ 1.0 μl ใส่ใน GC (HEWLETT PACKARD, HP 6890 Series GC system, U.S.A.) โดยทำการเปรียบเทียบค่า retention กับ standard FAME mixture (Supelco™ 37 component FAME Mix, Sigma-Aldrich Co., U.S.A.) และถ้าต้องการเก็บควรเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

Conditions of GC :

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

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

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

Detector : Temperature : FID, 260 °C

2. การวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดง

การวิเคราะห์คอเลสเตอรอลโดยทำการดัดแปลงจากวิธีของ Rowe et al. (1999)

สารเคมี

1. Ethanol
2. Methanol
3. Isopropanol
4. 60% KOH
5. Hexane
6. Deioniz water
7. 5α- cholestane

อุปกรณ์

1. Flat bottom flask
2. เครื่อง reflux
3. Separating funnel
4. Erlenmeyer flask
5. Funnel
6. Micropipet, pipet
7. Glass beat
8. หลอดทดลองฝาเกลียว
9. Vial

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัมใส่ลงใน flat bottom flask
2. เติมสารผสม ethanol-methanol-isopropanol (90:5:5 v/v/v) ปริมาณ 4 มิลลิลิตรต่อตัวอย่าง 1 กรัม
3. เติม 60% KOH ปริมาณ 1 มิลลิลิตรต่อตัวอย่าง 1 กรัม
4. นำไป reflux เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง

5. หลังจากนั้นถ่ายตัวอย่างใส่ใน separating funnel เติม hexane ปริมาณ 100 มิลลิลิตร เขย่า 10 นาที และเติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร เขย่าอีก 15 นาที แล้วทิ้งไว้จนสังเกตเห็นการแยกชั้นของสารละลายอย่างชัดเจน
6. รอให้แยกชั้น ไขชั้นล่างออก ให้เหลือชั้น hexane (ชั้นบน) ใส่ใน flask
7. แล้วดูดส่วนดังกล่าวปริมาณ 15 มิลลิลิตร มาทำให้แห้งด้วยแก๊สไนโตรเจน
8. ละลายส่วนที่แห้งด้วย hexane ที่ประกอบด้วย 5α- cholestane เข้มข้น 0.1mg/ml ปริมาณ 2 มิลลิลิตร
9. ดูดตัวอย่างใส่ vial แล้วนำไปวิเคราะห์โดย GC (HEWLETT PACKARD, HP 6890 Series GC system, U.S.A.) ปริมาณ 1 μl โดยทำการเปรียบเทียบค่า retention ของ peak ของตัวอย่างกับ standard cholesterol (Fluka, U.S.A.)

Conditions of GC :

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

Injector Temperature : 260 °C

Column Temperature : 300 °C

Flow rate : 1 ml/min

Detector Temperature : FID,300 °C

รายการอ้างอิง

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

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

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

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

ภาคผนวก ข

ตารางผนวกที่ 1 แสดงการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่

ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย (กรัม/ตัว/วัน)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	188.60	47.15	2.83	0.0519
Eror	20	332.95	16.65		
Total	24	521.54			

C.V. = 3.92%

Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	57.62	57.62	3.44	0.0784
Quadratic	1	0.14	0.14	0.11	0.9269
Cubic	1	129.72	129.72	7.75	0.0115

น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง (กรัม)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	0.00099	0.00025	0.45	0.7699
Eror	20	0.01101	0.00055		
Total	24	0.01201			

C.V. = 49.05%

Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	297.68	297.68	0.54	0.4707
Quadratic	1	192.23	192.23	0.35	0.5612
Cubic	1	426.32	426.32	0.77	0.3893

อัตราการตาย (%)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	0.15	0.04	1.70	0.1894
Eror	20	0.44	0.02		
Total	24	0.59			

C.V. = 279.42%

Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	0.08	0.08	3.60	0.0723
Quadratic	1	0.025	0.025	1.14	0.2980
Cubic	1	0.020	0.020	0.90	0.3541

ผลผลิตไข่ (%)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	552.01	138.00	6.30	0.0019
Eror	20	438.16	21.90		
Total	24	990.17			

C.V. = 49.05%

Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	270.83	270.83	12.36	0.0022
Quadratic	1	1.38	1.38	0.06	0.8046
Cubic	1	256.48	256.48	11.71	0.0027

ตารางผนวกที่ 2 แสดงการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของคุณภาพไข่ไก่

น้ำหนักไข่ทั้งฟอง (กรัม)/ Egg Weight (g.)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	34.87	8.72	3.01	0.0426
Eror	20	57.86	2.89		
Total	24	92.73			
C.V. = 2.84%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	24.78	24.78	8.57	0.0083
Quadratic	1	4.99	4.99	1.72	0.2040
Cubic	1	4.21	4.21	1.46	0.2415

ความสูงไข่ขาว (มิลลิเมตร)/ Albumen high (mm.)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	0.42	0.10	0.94	0.4616
Eror	20	2.22	0.11		
Total	24	2.64			
C.V. = 4.17%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	0.08	0.08	0.72	0.4076
Quadratic	1	0.06	0.06	0.53	0.4760
Cubic	1	0.05	0.05	0.47	0.5000

ค่า Haugh Unit

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	14.46	3.61	1.03	0.4142
Eror	20	69.92	3.49		
Total	24	84.38			
C.V. = 2.09%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	0.02	0.02	0.01	0.9422
Quadratic	1	3.24	3.24	0.93	0.3471
Cubic	1	3.85	3.85	1.10	0.3060

สีไข่แดง (Yolk color)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	11.66	2.91	50.84	0.0001
Eror	20	1.15	0.05		
Total	24	12.81			
C.V. = 5.18%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	10.01	10.01	174.59	0.0001
Quadratic	1	0.77	0.77	13.54	0.0015
Cubic	1	0.87	0.87	15.21	0.009

ความหนาเปลือกไข่ (มิลลิเมตร)/ Shell thickness (mm.)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	0.00009	0.00002	0.25	0.9085
Eror	20	0.0019	0.00009		
Total	24	0.0020			
C.V. = 2.53%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	0.000007	0.000007	0.08	0.7861
Quadratic	1	0.00006	0.00006	0.67	0.4219
Cubic	1	0.00105	0.00105	0.11	0.7426

น้ำหนักไข่แดง (กรัม)/ Yolk weight (g.)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	1.68	0.42	4.11	0.0136
Eror	20	2.05	0.10		
Total	24	3.73			
C.V. = 2.32%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	0.75	0.75	7.34	0.0135
Quadratic	1	0.38	0.38	3.73	0.0679
Cubic	1	0.0007	0.0007	0.01	0.9318

น้ำหนักไข่ขาว (กรัม)/ Albumen weight (g.)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	17.08	4.27	3.76	0.0194
Eror	20	22.72	1.13		
Total	24	39.80			
C.V. = 2.84%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	9.68	9.68	8.52	0.0085
Quadratic	1	0.87	0.87	0.77	0.3908
Cubic	1	5.02	5.02	4.42	0.0483

ตารางผนวกที่ 3 แสดงการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่

ปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 ฟอง

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	0.00053	0.00013	2.79	0.0543
Eror	20	0.00096	0.00004		
Total	24	0.00149			
C.V. = 5.34%					

ปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 โหล

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	0.073	0.0183	2.91	0.0474
Eror	20	0.126	0.0062		
Total	24	0.199			
C.V. = 5.09%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	0.046	0.046	0.046	0.0135
Quadratic	1	0.001	0.001	0.001	0.6776
Cubic	1	0.022	0.022	0.022	0.0734

ตารางผนวกที่ 4 แสดงการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของต้นทุนค่าอาหารไก่ไข่

ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 ฟอง

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	19.94	4.98	214.66	0.0001
Eror	20	0.46	0.02		
Total	24	20.40			

C.V. = 5.57%

Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	19.82	19.82	853.27	0.0001
Quadratic	1	0.01	0.01	0.72	0.4070
Cubic	1	0.08	0.08	3.76	0.0667

ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	2872.67	718.16	214.48	0.0001
Eror	20	66.97	3.35		
Total	24	2939.64			

C.V. = 5.57%

Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	2855.26	2855.26	852.73	0.0001
Quadratic	1	2.32	2.32	0.69	0.4144
Cubic	1	12.17	12.17	3.64	0.0710

ตารางผนวกที่ 5 แสดงการวิเคราะห์วาเรียนซ์ขององค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง

Myristic acid (C14:0)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	0.236	0.059	208.93	0.0001
Eror	20	0.006	0.0002		
Total	24	0.242			

C.V. = 4.05%

Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	0.228	0.228	806.75	0.0001
Quadratic	1	0.007	0.007	27.03	0.0001
Cubic	1	0.0003	0.0003	1.37	0.2554

Palmitic acid (C16:0)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	153.13	38.28	184.30	0.0001
Eror	20	4.15	0.20		
Total	24	157.28			

C.V. = 1.66%

Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	124.73	124.73	614.91	0.0001
Quadratic	1	21.08	21.08	101.52	0.0001
Cubic	1	3.98	3.98	19.18	0.0003

Palmitoleic acid (C16:1)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	3.20	0.80	113.95	0.0001
Eror	20	0.14	0.007		
Total	24	3.34			
C.V. = 11.65%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	2.46	2.46	350.71	0.0001
Quadratic	1	0.68	0.68	97.38	0.0001
Cubic	1	0.04	0.04	6.82	0.0167

Steric acid (C18:0)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	158.99	39.74	3.66.80	0.0001
Eror	20	2.16	0.11		
Total	24	161.15			
C.V. = 2.44%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	126.24	126.24	1165.07	0.0001
Quadratic	1	31.41	31.41	289.95	0.0001
Cubic	1	0.98	0.98	9.10	0.0068

Oleic acid (C18:1)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	305.14	76.28	269.85	0.0001
Eror	20	5.65	0.28		
Total	24	310.79			
C.V. = 1.89%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	206.44	206.44	730.25	0.0001
Quadratic	1	94.65	94.65	334.81	0.0001
Cubic	1	3.97	3.97	14.05	0.0013

Linoleic acid (C18:2)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	714.44	178.61	1121.68	0.0001
Eror	20	3.18	0.16		
Total	24	717.63			
C.V. = 2.03%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	704.10	704.10	4421.79	0.0001
Quadratic	1	10.13	10.13	63.62	0.0001
Cubic	1	0.07	0.07	0.49	0.4927

Linolenic acid (C18:3)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	2.79	0.69	282.58	0.0001
Eror	20	0.05	0.002		
Total	24	2.84			
C.V. = 5.67%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	2.71	2.71	1098.11	0.0001
Quadratic	1	0.06	0.06	27.77	0.0001
Cubic	1	0.009	0.009	4.03	0.0585

Eicosatrienoic acid (C20:3)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	0.122	0.03	121.22	0.0001
Eror	20	0.005	0.0002		
Total	24	0.127			
C.V. = 17.25%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	0.12	0.12	478.64	0.0001
Quadratic	1	0.00002	0.00002	0.11	0.7432
Cubic	1	0.0014	0.0014	5.83	0.0255

Arachidonic acid (C20:4)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	4.52	1.12	181.25	0.0001
Eror	20	0.12	0.006		
Total	24	4.64			
C.V. = 5.4%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	4.478	4.478	718.48	0.0001
Quadratic	1	0.002	0.002	0.38	0.5445
Cubic	1	0.037	0.037	5.97	0.0239

Docosahexaenoic acid (C22:6)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	6.44	1.61	149.75	0.0001
Eror	20	0.21	0.01		
Total	24	6.65			
C.V. = 9.40%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	5.85	5.85	544.44	0.0001
Quadratic	1	0.57	0.57	53.27	0.0001
Cubic	1	0.01	0.01	1.28	0.2715

CLA cis-9, trans-11

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	304.12	76.03	5555.00	0.0001
Eror	20	0.27	0.01		
Total	24	304.39			
C.V. = 2.58%					

Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	302.17	302.17	22077.98	0.0001
Quadratic	1	1.37	1.37	100.24	0.0001
Cubic	1	0.49	0.49	36.33	0.0001

CLA trans-10, cis-12

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	55.23	13.80	3986.30	0.0001
Eror	20	0.07	0.003		
Total	24	55.30			
C.V. = 3.40%					

Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	53.70	53.70	15504.48	0.0001
Quadratic	1	1.30	1.30	376.50	0.0001
Cubic	1	0.20	0.20	58.19	0.0001

CLA cis-9, cis-11

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	0.208	0.051	111.93	0.0001
Eror	20	0.009	0.0004		
Total	24	0.217			
C.V. = 30.1%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	0.166	0.166	357.83	0.0001
Quadratic	1	0.032	0.032	69.21	0.0001
Cubic	1	0.001	0.001	3.54	0.0744

CLA trans-9, trans-11

Source	df	SS	MS	Source	df
Treatment	4	0.281	0.070	163.05	0.0001
Eror	20	0.008	0.0004		
Total	24	0.290			
C.V. = 15.49%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	0.269	0.269	625.07	0.0001
Quadratic	1	0.001	0.001	2.79	0.1106
Cubic	1	0.005	0.005	12.82	0.0019

ตารางผนวกที่ 6 แสดงการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid), กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (Monounsaturated fatty acid), กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (Polyunsaturated fatty acid) และ Total CLA ในไข่แดง

ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	644.75	161.18	346.60	0.0001
Eror	20	9.30	0.46		
Total	24	654.05			
C.V. = 1.65%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	529.88	529.88	1139.40	0.0001
Quadratic	1	105.83	105.83	227.56	0.0001
Cubic	1	9.04	9.04	19.44	0.0003

กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (Monounsaturated fatty acid)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	370.20	92.55	339.92	0.0001
Eror	20	5.44	0.27		
Total	24	375.65			
C.V. = 1.81%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	253.93	253.93	932.65	0.0001
Quadratic	1	111.33	111.33	408.90	0.0001
Cubic	1	4.89	4.89	17.97	0.0004

กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (Polyunsaturated fatty acid)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	56.18	14.04	54.91	0.0001
Eror	20	5.11	0.25		
Total	24	61.29			
C.V. = 1.70%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	55.21	55.21	215.83	0.0001
Quadratic	1	0.01	0.01	0.05	0.8200
Cubic	1	0.95	0.95	3.74	0.0673

Total CLA

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	665.50	166.37	5951.21	0.0001
Eror	20	0.56	0.02		
Total	24	666.06			
C.V. = 2.58%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	657.35	657.35	23513.08	0.0001
Quadratic	1	6.38	6.38	228.48	0.0001
Cubic	1	1.61	1.61	57.60	0.0001

ตารางผนวกที่ 7 แสดงการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของปริมาณคอเลสเตอรอล (cholesterol) ในไข่แดง

ปริมาณคอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม/กรัมไข่แดง)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	27.002	6.750	18.67	0.0001
Eror	20	7.230	0.361		
Total	24	34.233			
C.V. = 5.91%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	23.79	23.79	65.82	0.0001
Quadratic	1	6.38	6.38	1.07	0.3133
Cubic	1	2.02	2.02	5.61	0.28

ตารางผนวกที่ 8 แสดงการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของปริมาณ Total cholesterol, High density lipoprotein cholesterol, Low density lipoprotein cholesterol และ Triglyceride ในเลือดไก่ไข่

Total cholesterol (mg/dl)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	239.84	59.96	3.09	0.0393
Eror	20	388.40	19.42		
Total	24	628.24			
C.V. = 3.95%					

Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	220.50	220.50	11.35	0.0030
Quadratic	1	6.30	6.30	0.32	0.5753
Cubic	1	8.00	8.00	0.26	0.6160

High density lipoprotein cholesterol ; HDL (mg/dl)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	615.30	153.82	6.89	0.0012
Eror	20	446.64	22.33		
Total	24	1061.94			
C.V. = 25.34%					

Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	470.63	470.63	21.07	0.0002
Quadratic	1	108.63	108.63	4.86	0.0393
Cubic	1	1.21	1.21	0.05	0.8178

Low density lipoprotein cholesterol ; LDL (mg/dl)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	58.96	14.74	4.98	0.0060
Eror	20	59.20	2.96		
Total	24	118.16			
C.V. = 70.51%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	5.78	5.78	1.95	0.1776
Quadratic	1	43.21	43.21	14.60	0.0011
Cubic	1	3.92	3.92	1.32	0.2634

Triglyceride (mg/dl)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	4	51890	12972	0.86	0.5058
Eror	20	302420	15121		
Total	24	354310			
C.V. = 26.01%					
Contrast	df	Contrast SS	MS	F value	Pr>F
Linear	1	28322.0	28322.0	1.87	0.1863
Quadratic	1	5491.43	5491.43	0.36	0.5535
Cubic	1	17860.50	17860.50	1.18	0.2900

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสุรัสสา สมิตะโยธิน เกิดเมื่อวันที่ 11 มิถุนายน พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เริ่มการศึกษาระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนอนุบาลบางสะพาน อำเภอบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ศึกษาระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนศึกษานารี จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ.2544 จากนั้นศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา