ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรในอาหารที่มีไขมันสูงต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และสรีรวิทยาของการย่อยไขมันในไก่เนื้อระยะเล็ก

นางสาวกนกภรณ์ ลำมะศักดิ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสรีรวิทยาการสัตว์ ภาควิชาสรีรวิทยา
คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF PORCINE BILE POWDER SUPPLEMENTATION IN HIGH FAT DIET ON GROWTH PERFORMANCE AND PHYSIOLOGY OF FAT DIGESTION IN STARTER BROILERS

Miss Kanokporn Lammasak

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Animal Physiology
Department of Veterinary Physiology
Faculty of Veterinary Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรในอาหารที่มีไขมันสูงต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและสรีรวิทยาของการย่อยไขมันในไก่เนื้อระยะเล็ก
โดย	นางสาวกนกภรณ์ ลำมะศักดิ์
สาขาวิชา	สรีรวิทยาการสัตว์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. กฤษ อังคนาพร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ สุวรรณา กิจภากรณ์

คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์
(ศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. มงคล เตชะกำพุ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. ณรงค์ศักดิ์ ชัยบุตร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. กฤษ อังคนาพร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ สุวรรณา กิจภากรณ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สัตวแพทยหญิง ดร. สุทธาสินี ปุญญโชติ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. รณชัย สิทธิไกรพงษ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กนกภรณ์ ลำมะศักดิ์ : ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรในอาหารที่มีไขมันสูงต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและสรีรวิทยาของการย่อยไขมันในไก่เนื้อระยะเล็ก (EFFECT OF PORCINE BILE POWDER SUPPLEMENTATION IN HIGH FAT DIET ON GROWTH PERFORMANCE AND PHYSIOLOGY OF FAT DIGESTION IN STARTER BROILERS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. น.สพ. ดร. กฤษ อังคนาพร, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. สุวรรณา กิจภากรณ์, 55 หน้า.

ศึกษาผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อการย่อยได้ของไขมันและโปรตีน การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของการย่อยของไขมันในทางเดินอาหารและสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารไขมันสูง โดยใช้ไก่เนื้อพันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ เพศผู้ อายุ 1 วัน จำนวน 1,110 ตัว แบ่งเป็น 6 กลุ่ม ไก่ได้รับอาหารพื้นฐานที่มีข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นหลักร่วมกับน้ำมันปาล์มดิบเป็นระยะเวลา 37 วัน กลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารพื้นฐานที่มีน้ำมันปาล์ม 3% กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารพื้นฐานที่มีน้ำมันปาล์ม 6% (อาหารไขมันสูง) กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารเช่นเดียวกับกลุ่มที่ 2 และเสริมเลซิติน 0.50% กลุ่มที่ 4, 5 และ 6 ได้รับอาหารเดียวกับกลุ่มที่ 2 และเสริมผงน้ำดีสุกร 0.125%, 0.25% และ 0.50% ตามลำดับ โดยการเสริมเลซิตินและผงน้ำดีสุกรสิ้นสุดลงในวันที่ 21 เก็บข้อมูลน้ำหนักตัวและปริมาณอาหารที่กินในวันที่ 4, 7, 14 และ 21 ของการทดลอง สุ่มไก่กลุ่มละ 6 ตัว เก็บตัวอย่าง portal blood เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบของกรดไขมัน เก็บตับอ่อนเพื่อวัดระดับกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส เก็บตัวอย่างน้ำดีและอาหารที่ย่อยในลำไส้เล็กส่วนกลางเพื่อวัดความเข้มข้นของกรดน้ำดีรวมและเก็บอาหารที่ย่อยในลำไส้เล็กส่วนปลายเพื่อหาค่าการย่อยได้ของไขมันและโปรตีน

จากการศึกษา พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสของไก่กลุ่มที่ 2 ต่ำกว่ากลุ่มที่ 1 ทุกช่วง ($P<0.05$) ในขณะที่กลุ่มที่ 3, 4 และ 5 มีระดับสูงกว่ากลุ่มที่ 2 ทั้งในวันที่ 4 และ 7 เมื่อไก่เนื้ออายุ 14 วัน กลุ่มที่ 4 และ 5 ยังคงมีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสสูงกว่ากลุ่มอื่น สอดคล้องกับความเข้มข้นของกรดน้ำดีรวมในน้ำดีของไก่ ในวันที่ 21 ทางเดินอาหารของไก่เริ่มพัฒนาเต็มที่ ผงน้ำดีสุกรที่ระดับ 0.125% ยังคงมีผลให้ความเข้มข้นของกรดน้ำดีรวมในน้ำดีและกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสของไก่กลุ่มที่ 4 มีค่าสูงที่สุด ($P<0.05$) ซึ่งเมื่อพิจารณาการย่อยได้ของไขมันและโปรตีนจะพบว่า ในช่วง 4 และ 7 วันแรก กลุ่มที่ 2, 3 และ 4 มีค่าการย่อยได้ของไขมันและโปรตีนสูงกว่ากลุ่มที่ 5 และ 6 ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามในวันที่ 14 และ 21 การย่อยได้ของไขมันและโปรตีนของไก่กลุ่มที่ 2 ลดลงชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ($P<0.05$) ในขณะที่กลุ่มที่ 4 และ 5 มีค่าการย่อยได้ของโปรตีนสูงกว่ากลุ่มที่ 2 และ 3 และการย่อยได้ของไขมันสูงกว่าทุกกลุ่มทดลอง ($P<0.05$) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในเลือดพบว่าในวันที่ 4 กลุ่มที่ได้รับน้ำดี 0.125% และ 0.25% มีกรดไขมันอิ่มตัวรวมใน portal blood สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P<0.05$) แต่ในวันที่ 7, 14 และ 21 ของการทดลอง อัตราส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่อกรดไขมันอิ่มตัวของทุกกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามผงน้ำดีสุกรไม่มีผลต่อปริมาณการกินอาหาร ($P>0.05$) สมรรถภาพการเจริญเติบโตในช่วง 37 วันของไก่กลุ่มที่ 1 และ 2 ไม่แตกต่างกับกลุ่มอื่น ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองครั้งนี้พบว่าการเสริมผงน้ำดีสุกรที่ระดับ 0.125% ในอาหารไขมันสูงมีผลช่วยปรับปรุงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักในไก่เนื้อระยะเล็กให้ดีขึ้น ($P<0.05$)

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า การเสริมผงน้ำดีสุกรที่ระดับ 0.125% ในอาหารไขมันสูงที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นแหล่งไขมัน ช่วยทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อนสูงขึ้น เพิ่มความเข้มข้นของกรดน้ำดีรวมในน้ำดี ส่งผลให้การย่อยได้ของไขมันและโปรตีนสูงขึ้น การดูดซึมกรดไขมันอิ่มตัวสูงขึ้น ทำให้ไก่เนื้อระยะเล็กมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไก่ที่ได้รับอาหารปกติ

ภาควิชา.....สรีรวิทยา.....ลายมือชื่อนิสิต.....กนกภรณ์ ลำมะศักดิ์.....

สาขาวิชา.....สรีรวิทยาการสัตว์.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา... 2553.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

4975584531 : MAJOR ANIMAL PHYSIOLOGY

KEYWORDS: PORCINE BILE POWDER SUPPLEMENTATION / GROWTH PERFORMANCE / FAT DIGESTION / BROILERS / HIGH FAT DIET

KANOKPORN LAMMASAK: EFFECT OF PORCINE BILE POWDER SUPPLEMENTATION IN HIGH FAT DIET ON GROWTH PERFORMANCE AND PHYSIOLOGY OF FAT DIGESTION IN STARTER BROILERS. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. DR. KRIS ANGKANAPORN, D.V.M. Ph. D., THESIS CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. SUWANNA KIJPARKORN, M. S., 55 pp.

The experiment was performed to study the effect of porcine bile powder on the digestibility of fat and protein, physiological changes of fat digestion and growth performance of starter broilers fed on high fat diet. Total of 1,110 male, Arbor Acres broiler chicks were randomly allocated into 6 treatment groups. The chicks were fed on corn-soybean meal basal diet with crude palm oil (CPO) inclusion for 37 days. In group 1 (T1), the basal diet was contained 3% CPO while the diet used in group 2 (T2) had 6% CPO (high fat diet). Chicks in group 3 (T3) were fed on group 2 diet supplemented with 0.5% soy lecithin. Groups 4-6 chicks (T4–T6) received group 2 diet supplemented with 0.125%, 0.25% และ 0.50% porcine bile powder, respectively. All supplemented substances were ceased at 21 days. On days 4, 7, 14 and 21 of the trial, portal blood was collected for fatty acid profiles, pancreas for pancreatic lipase activity, bile and jejunal contents for bile acid determination and ileal content for determining digestibility of fat and protein.

The results showed that lipase activity of chicks in T2 was lower than T1 in all periods ($P<0.05$). On days 4 and 7, chicks in T3, T4 and T5 had significantly ($P<0.05$) higher lipase activities than T2. On day 14, lipase activity of T4 and T5 chicks were increased. On day 21, chicks received 0.125% bile powder had the highest total bile acid concentrations and lipase activity ($P<0.05$). For fat and protein digestibility at day 4 and 7, chicks in T2, T3 and T4 had significantly ($P<0.05$) higher fat and protein digestibility than T5 and T6. However, on days 14 and 21 of the trial, it was found that high fat diet (T2) decreased protein and fat digestibility compared to other groups ($P<0.05$). Chicks in T4 and T5 had significantly ($P<0.05$) higher protein digestibility than T2 and T3. Moreover, fat digestibility of T4 and T5 were still higher compared to other treatment groups ($P<0.05$). High fat diet supplemented with 0.125% and 0.25% bile powder had increased saturated fatty acid concentration in portal blood compared to other treatment groups. On day 4 ($P<0.05$). On days 7, 14 and 21 of the trial, unsaturated to saturated fatty acid ratio were not significantly different among treatment groups ($P>0.05$). However, the results demonstrated that porcine bile powder had no effect on feed intake ($P>0.05$). Growth performance determined at day 37 showed that chicks in T1 and T2 were not different ($P>0.05$) among groups. However, the low level of bile powder supplementation in high fat diet improved feed conversion ratio ($P<0.05$).

In conclusion, 0.125% porcine bile powder supplemented in high fat diet increased pancreatic lipase activity and total bile acid concentrations in gall bladder, resulting in increased fat and protein ileal digestibility. An increase in saturated fatty acid absorption and improved growth performance were observed when compared to the control group.

Department: .....Veterinary Physiology... Student's signature.....Kanokporn Lammasak

Field of study:....Animal Physiology ..... Advisor's signature.....Kris Angk

Academic year:..2010..... Co-advisor's signature.....S Kijpark

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.น.สพ.ดร.กฤษ อังคนาพร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยหาทุน ให้คำปรึกษาแนะนำแก้ปัญหาด้านการวิจัย การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ การวิเคราะห์ข้อมูล การเรียบเรียง แก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์และสำเร็จไปด้วยดี รศ. สุวรรณา กิจภากรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาแนะนำช่วยแก้ปัญหาด้านการวิจัย การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ การเรียบเรียงและแก้ไขวิทยานิพนธ์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และคณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยาทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้ และคำแนะนำ และขอขอบพระคุณหน่วยงานและผู้มีรายนามต่อไปนี้ที่ให้ความอนุเคราะห์ และช่วยให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้

1. บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนทุน 90 ปีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยร่วมกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (ทุน MAG Window)
2. บัณฑิตวิทยาลัยคณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ร่วมให้ทุนสนับสนุน
3. ภาควิชาสรีรวิทยาที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์ทางเคมี
4. ภาควิชาสัตวบาลที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำการทดลองภาคสนามและห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์ทางเคมี
5. ศูนย์วิทยาศาสตร์ เบทาโกร ที่ให้ความอนุเคราะห์ลูกไก่ที่ใช้ในการทดลอง
6. บริษัท ท็อปฟีด มิลล์ จำกัด ให้ความอนุเคราะห์ในการผสมอาหารสัตว์ทดลอง
7. บริษัทแลป อินเตอร์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เลซิตินในอาหารทดลอง

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และเครือญาติในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ ทุกคน ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการศึกษาให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่

1. บทนำและวัตถุประสงค์..... 1

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3

ลิปิด..... 3

น้ำมันปาล์ม..... 4

ผลของน้ำมันปาล์มต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในไก่เนื้อ..... 5

การย่อยไขมันในไก่เนื้อ..... 5

น้ำดี..... 7

ผลของการเสริม exogenous emulsifier ในไก่เนื้อระยะเล็ก.....10

3. วิธีดำเนินการวิจัย.....11

สัตว์ทดลองและการจัดการ..... 11

การเตรียมผงน้ำดี..... .11

อาหารทดลอง.....11

แผนการเก็บข้อมูล..... 14

การเก็บตัวอย่าง.....15

การวิเคราะห์ตัวอย่าง.....16

การวิเคราะห์ทางสถิติ..... 21

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

4. ผลการทดลอง……..……..……...22
คุณค่าโภชนะทางเคมีของอาหารทดลอง.....22
ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในไก่เนื้อระยะเล็ก.....22
ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อ pancreatic lipase activity…….....27
ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเลือด.....29
ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อการย่อยได้ของโภชนะที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย.....35
ผลของผงน้ำดีสุกรต่อความเข้มข้นของกรดน้ำดีรวม (Total bile acid concentrations)..36

5. วิจารณ์และสรุป…… ……..……..40
ผลของการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในไก่เนื้อระยะเล็ก……..….41
ผลของการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อ pancreatic lipase activity…….....42
ผลของผงน้ำดีสุกรต่อ Total bile acid concentrations……..…43
ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อการย่อยได้ของโภชนะที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย.....45
ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเลือด.....46
สรุปผลการทดลอง……47

รายการอ้างอิง.....……..……..48
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์……...55

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 อาหารทดลอง..... 12

3.2 ส่วนประกอบของอาหารทดลอง..... 13

4.1 คุณค่าโภชนะทางเคมีของอาหารทดลองช่วงไก่ระยะเล็ก (1 -14 วัน)
(กรัม/100กรัมวัตถุแห้งในอาหาร)..... 24

4.2 คุณค่าโภชนะทางเคมีของอาหารทดลองช่วงไก่ระยะเจริญเติบโต (15 -28 วัน)
(กรัม/100กรัมวัตถุแห้งในอาหาร)..... 24

4.3 ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น
ของไก่เนื้ออายุในช่วง 1-4, 1-7, 1-14, 1- 21 และ 1-37 วัน..... 25

4.4 ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของไก่เนื้ออายุในช่วง
1-4, 1-7, 1-14, 1- 21 และ 1-37 วัน..... 26

4.5 ผลของผงน้ำดีสุกรต่อกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อนของไก่เนื้อระยะเล็กที่อายุ
4, 7, 14 และ 21 วัน..... 28

4.6 องค์ประกอบของกรดไขมัน (กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน) ในเลือดจาก portal vein
ของไก่เนื้ออายุ 4 วัน..... 31

4.7 องค์ประกอบของกรดไขมัน (กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน) ในเลือดจาก portal vein
ของไก่เนื้ออายุ 7 วัน..... 32

4.8 องค์ประกอบของกรดไขมัน (กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน) ในเลือดจาก portal vein
ของไก่เนื้ออายุ 14 วัน..... 33

4.9 องค์ประกอบของกรดไขมัน (กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน) ในเลือดจาก portal vein
ของไก่เนื้ออายุ 21 วัน..... 34

4.10 ผลของผงน้ำดีสุกรต่อการย่อยได้ของโภชนะที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย (%, วัตถุแห้ง)
ในไก่เนื้อระยะเล็ก..... 38

4.11 ผลของผงน้ำดีสุกรต่อความเข้มข้นของกรดน้ำดีรวมจากถุงน้ำดีและ
ตัวอย่าง jejunal content ในวันที่ 4, 7, 14 และ 21 ของการทดลอง..... 39

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 Bile micelle organization 6

2.2 Bile salt structure 8

2.3 Bile & Pancreatic ducting to the small intestine..... 9

3.1 แผนผังการเก็บตัวอย่างของการทดลอง..... 14

3.2 ท่อทางเดินอาหารของไก่..... 15

3.3 Chromatogram ที่ได้จากเครื่อง Gas chromatography 18

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

การเสริมวัตถุดิบแหล่งไขมันในอาหารไก่เนื้อนอกจากมีจุดประสงค์หลักเพื่อเพิ่มระดับพลังงานในอาหารแล้ว ยังข้อดีอีกหลายประการ เช่น เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของโภชนะ ได้แก่ โปรตีน กรดอะมิโน และวิตามินที่ละลายในไขมัน ลดความร้อนที่เกิดจากกระบวนการย่อย (heat increment) เพิ่มการสะสมของกรดไขมันในเนื้อไก่ ช่วยลดฝุ่นและปรับปรุงรสชาติของอาหารให้ดีขึ้น อีกทั้งการเสริมไขมันในอาหารยังพบปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษต่ำ (สาโรช, 2004) โดยวัตถุดิบแหล่งไขมันที่นิยมใช้ในอาหารไก่เนื้อมีทั้งไขมันจากพืช (vegetable oils) เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง เป็นต้น และไขมันจากสัตว์ (animal fats) เช่น น้ำมันหมู ไขมันวัว เป็นต้น ซึ่งมากกว่าร้อยละ 90 ของไขมันที่ใช้เสริมในอาหารเป็นไตรกลีเซอร์ไรด์ (triglyceride; TG) ที่ต้องอาศัยสารช่วยย่อยไขมัน (emulsifier) คือ เกลือน้ำดี (bile salt) จากตับในการเกิดกระบวนการอิมัลซิฟิเคชัน (emulsification) คือ การทำให้ไขมันแตกตัวเป็นโมเลกุลที่เล็กลงก่อน จากนั้นเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อนจึงสามารถเข้ามาย่อยไขมันได้เป็นกรดไขมันและเบต้าโมโนกลีเซอไรด์ (ß -monoglyceride) แต่จากรายงานของ Freeman (1969) พบว่าการเสริมไขมันในอาหารไก่เนื้อระยะเล็ก (starter period) คือช่วง 1-3 สัปดาห์ มีข้อจำกัดเรื่องการย่อยได้ที่ลดลง เนื่องจากปริมาณน้ำดีที่หลั่งออกมาจากตับมีจำกัด ไม่เพียงพอต่อการเกิดกระบวนการ emulsification (Hertrampf, 2001) ประกอบกับในช่วง 10 วันแรก ตับอ่อนยังพัฒนาไม่สมบูรณ์ (Gracia *et al.,* 2003) เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยอาหาร ได้แก่ อะไมเลส ทริปซิน และไลเปส ที่หลั่งจากตับอ่อนมาบริเวณลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum) จึงมีปริมาณค่อนข้างต่ำ (Mossab *et al.*, 2000) ส่งผลให้ความสามารถในการย่อยและใช้ประโยชน์จากไขมันของไก่เนื้อระยะนี้เกิดขึ้นอย่างจำกัด (Sell, 1996)

การลดปัญหาของการย่อยไขมันในอาหารไก่เนื้อทำได้โดยการเสริม emulsifier ในสูตรอาหาร emulsifier ที่มีการใช้โดยทั่วไปคือ เลซิติน โดยเลซิตินที่เสริมในอาหารจะช่วยทำให้ไขมันแตกตัวได้เช่นเดียวกับเกลือน้ำดีจากตับ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้น้ำดีซึ่งมีเกลือน้ำดีเป็นองค์ประกอบอยู่ทดแทนการใช้เลซิติน ประกอบกับการที่อุตสาหกรรมโรงฆ่าสัตว์โดยเฉพาะอุตสาหกรรมโรงฆ่าสุกร มีส่วนของน้ำดีเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก อีกทั้งน้ำดีของสุกรและไก่ยังมีความคล้ายคลึงกันในส่วนของ cholic acid และ chenodeoxycholic acid โดยมีอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน การเสริมน้ำดีสุกรจึงน่าจะมีผลช่วยเพิ่มการย่อยไขมันในไก่เนื้อให้ดีขึ้นได้เช่นกัน ซึ่งหากผลที่ได้เป็นไปตามที่ตั้งสมมุติฐานไว้จะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับส่วนเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม

โรงฆ่าสุกร อย่างไรก็ตามที่ผ่านมามีรายงานเกี่ยวกับวิธีการผลิตน้ำดีสุกรในรูปผงโดยใช้กระบวนการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (freeze dry) รวมทั้งด้านการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของการย่อยของไขมันในทางเดินอาหารของไก่ภายหลังจากการเสริมผงน้ำดีสุกรในสูตรอาหารไม่มากนัก รวมทั้งการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นแหล่งพลังงานในอาหารไก่เนื้อเพิ่มมากขึ้น แม้ว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของน้ำมันปาล์มดิบจะเป็นกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว ดังนั้นการทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อการย่อยได้ของไขมัน การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของการย่อยของไขมันในทางเดินอาหาร สมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารไขมันสูง และการเปลี่ยนแปลงปริมาณและสัดส่วนของกรดไขมันที่ดูดซึมไปยังตับ โดยใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นแหล่งไขมัน เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาอาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกรในอุตสาหกรรมการผลิตไก่เนื้อต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาการใช้ประโยชน์จากไขมันในอาหาร เป็นปัญหาที่พบในการเลี้ยงไก่เนื้อ ที่มีอายุ 1-3 สัปดาห์แรกของการเลี้ยง (starter chicks) (Sell, 1996; Mossab *et al.,* 2000) โดยเฉพาะเมื่อใช้ไขมันจากสัตว์ซึ่งมีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่สูงเป็นแหล่งไขมันในสูตรอาหาร (Sell *et al.,* 1986) ทั้งนี้จากรายงานการศึกษาของ Nitsan และคณะ (1991a, b) พบว่าการย่อยและการดูดซึมโภชนะของไก่เนื้อในช่วง starter ขึ้นอยู่กับการทำงานของเอนไซม์จากตับอ่อน แต่เนื่องจากตับอ่อนยังพัฒนาไม่สมบูรณ์ในช่วง 10 วันแรกของการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ (Gracia *et al.,* 2003) จึงส่งผลให้การความสามารถในการหลั่งเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยอาหารซึ่งได้แก่ อะไมเลส ทริปซิน และไลเปส จากตับอ่อนที่บริเวณ duodenum มีปริมาณต่ำมาก โดยเฉพาะในช่วง 4 วันแรก (Mossab *et al*., 2000) อีกทั้งยังพบว่าปริมาณน้ำดีที่หลั่งออกมาจากตับในช่วงนี้มีจำนวนจำกัดเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงหลังจากสัปดาห์ที่ 3 ($P<0.05$) ซึ่งไม่เพียงพอต่อการทำให้ไขมันแตกตัว จึงทำให้การย่อยไขมันในไก่เนื้อในช่วง starter เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ คือแปรผันอยู่ในช่วง 69-80% ของระดับไขมันในอาหาร (Lilburn, 1998) จนเมื่อไก่เนื้อมีอายุ 21 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่ระบบย่อยอาหารเจริญสมบูรณ์เต็มที่แล้ว การดูดซึมและการใช้ประโยชน์จากไขมันจะเริ่มดีขึ้นจนสามารถย่อยและดูดซึมได้เป็นปกติ (Noy and Sklan, 1999; Green and Kellog, 1987; Mossab *et al.,* 2000)

2.1 ลิปิด

ลิปิดเป็นโภชนะที่ให้พลังงานสูงกว่าคาร์โบไฮเดรทหรือโปรตีนประมาณ 2.25 เท่า (บุญล้อม, 2003) จัดอยู่จำพวกสารสกัดอีเธอร์ (ether extracts) แบ่งออกเป็น 3 ประเภท (สาโรช, 2004) คือ ลิปิดธรรมดา (simple lipid) เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ ได้แก่ ไตรกลีเซอไรด์หรือไขมันที่เป็นกลาง (neutral fats หรือ triglycerides) และไข (waxes) กลุ่มที่สอง คือ ไขมันประกอบ (compound lipids) เป็นไขมันที่โมเลกุลประกอบด้วยสารอื่นๆ อาทิเช่น ฟอสโฟลิปิด (phospholipids) กลัยโคลิปิด (glycolipids) และลิโพโปรตีน (lipoproteins) และกลุ่มที่สามคือ ไขมันอนุพันธ์ (derived lipids) เป็นไขมันที่เป็นองค์ประกอบย่อยของ simple lipid และ compound lipids ได้แก่ กรดไขมัน (fatty acid, FA) สเตอรอยด์ (steroids) และไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbons) ซึ่งในเชิงโภชนาการอาหารสัตว์เน้นให้ความสำคัญกับไขมันที่

เป็นกลางและกรดไขมันมากกว่ากลุ่มอื่น การเลือกวัตถุดิบแหล่งไขมันมาประกอบสูตรอาหารไก่เนื้อจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงสัดส่วนของกรดไขมันในวัตถุดิบแต่ละชนิดเป็นสำคัญ เนื่องจากวัตถุดิบแหล่งไข มันแต่ละชนิดมีองค์ประกอบของกรดไขมันต่างกัน ทำให้สัดส่วนของกรดไขมันในอาหารที่ได้แตกต่างกัน โดยชนิดและสัดส่วนของกรดไขมันในอาหารมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสะสมของกรดไขมันในเนื้อไก่ (Scaife *et al*., 1994) วัตถุดิบแหล่งไขมันที่นิยมใช้ในอาหารไก่เนื้อมีทั้งไขมันจากพืช และไขมันจากสัตว์ น้ำมันปาล์มดิบเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่มีการนำมาใช้ผสมในสูตรอาหารไก่เนื้อ จากรายงานของ Panja (1996) พบว่าการใช้น้ำมันปาล์มดิบซึ่งมีกรดไขมันอิ่มตัวสูง มีผลทำให้การสะสมกรดไขมันในเนื้อไก่เพิ่มขึ้น อีกทั้งน้ำมันปาล์มดิบยังมีวิตามินอีในรู ป α-tocopherol และ γ-tocotrienol ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านการเกิดกระบวนการออกซิเดชั่นของไขมัน (antioxidant) (Suarna *et al.,* 1993; O'Neill *et al.,* 1998; Enser, 1999) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เนื้อเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์และสูญเสียคุณค่าทางโภชนะ (Gray *et al*., 1996; Fellenberg and Speisky, 2006) อีกทั้งน้ำมันปาล์มดิบยังมีราคาถูกกว่าไขมันจากพืชชนิดอื่น

2.2 ปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Elaeis guineensis Jacp.* เป็นพืชตระกูลปาล์ม (Palmae) มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ คือ เป็นพืชยืนต้นที่มีระบบรากแบบรากฝอย (fibrous root system) ลำต้นตั้งเดี่ยวตรง สูงประมาณ 15–20 เมตร ไม่มีกิ่งแขนง ประกอบด้วยข้อและปล้องที่ถี่มาก เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว รูปขนนก แต่ละทางใบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ก้านทางใบและใบย่อย ช่อดอกเป็นดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่แยกกันคนละดอกแต่อยู่ในต้นเดียวกัน (monokioecious) ในแต่ละต้นจะเกิดช่อดอกได้ประมาณ 10-15 ช่อดอก ส่วนผลหรือทะลาย ประกอบด้วยก้านทะลาย ช่อทะลาย และผล โดยผลปาล์มประกอบด้วยเปลือกผลชั้นนอก เนื้อผลชั้นนอก กะลา เนื้อผลชั้นในและเอมบริโอ (โครงการจัดตั้งศูนย์วิจัย และพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน , 2001) ให้ผลเป็นทะลายเฉลี่ยประมาณ 1,600 ผล/ทะลาย โดยจะเริ่มให้ทะลายเมื่อมีอายุได้ประมาณ 2 ปีครึ่งหลังจากปลูก เฉลี่ย 1 ทะลาย/ต้น/เดือน และสามารถให้ผลผลิตได้นานกว่า 20 ปี โดยผลผลิตจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามอายุ สีของผลปาล์มที่สุกแล้วจะเปลี่ยนเป็นจากสีม่วงดำเป็นสีส้ มแดง พันธุ์ที่นิยมปลูกเป็นการค้า คือพันธุ์เทเนรา (Tenera) ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่าง Dura และ Pisifera ปาล์มน้ำมัน (มานิดา, 1976)

น้ำมันปาล์มแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดที่ได้จากเนื้อเปลือกนอก เรียกว่า Palm oil (PAO) และชนิดที่ได้จากเนื้อเมล็ดใน เรียกว่า Palm kernel oil (PKO) (Valencia *et al.,* 1993) โดยน้ำมัน

ปาล์มดิบจะประกอบด้วย กลีเซอไรด์ประมาณ 95% กรดไขมัน ประมาณ 3-5% ส่วนที่เหลือเป็นพวกสารอื่นๆ เช่น วิตามินอีซึ่งมีอยู่ประมาณ 600-1000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Goh *et al.,* 1985) โดยวิตามินอีที่พบในน้ำมันปาล์ม คือ α-tocopherol, α-tocomonoenol, α-tocotrienol, γ-tocotrienol และ δ-tocotrienol ในสัดส่วนร้อยละ 36, 4, 22, 31 และ 7 ตามลำดับ (Ng *et al.,* 2004) นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบของแคโรทีน (carotene) (Choo *et al.,* 1996) อยู่ประมาณ 500–700 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีสัดส่วนของ α-carotene และ β-carotene อยู่ 36 และ 54% ตามลำดับ และมี α-carotene, lycopene และ xanthophylls อยู่ประมาณ 10% (Goh *et al*., 1985)

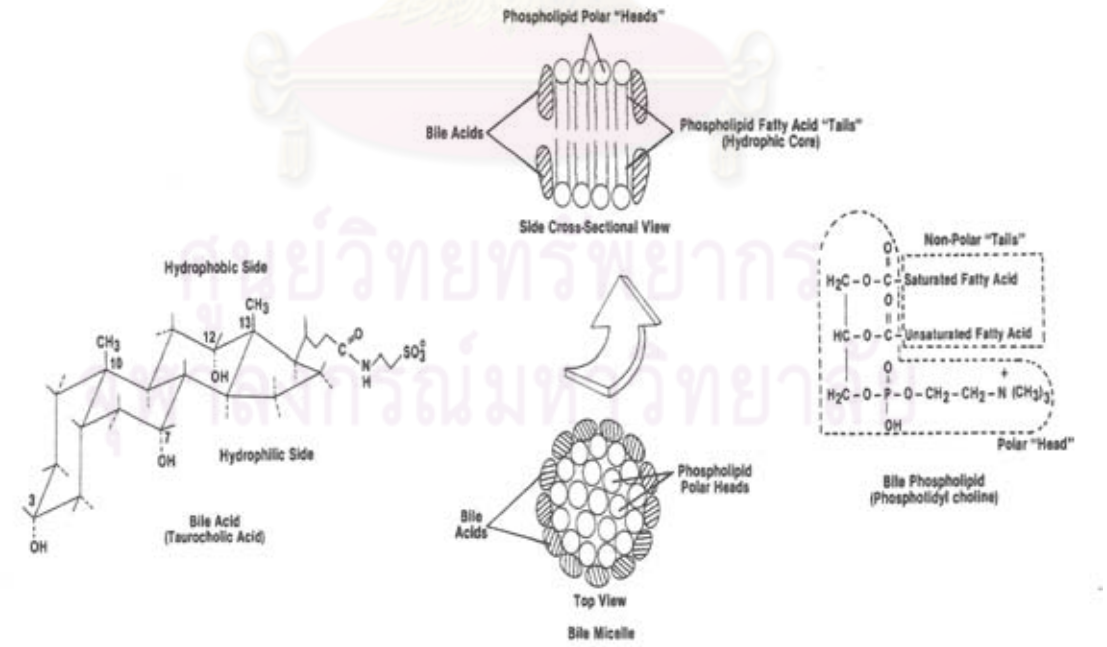
2.3 ผลของน้ำมันปาล์มต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในไก่เนื้อ

Valencia และคณะ (1993) ได้ทำการศึกษาการใช้ประโยชน์ได้ของ palm oil และ palm kernel oil น้ำมันจากสัตว์ปีก และน้ำมันข้าวโพด โดยเปรียบเทียบ การเสริมน้ำมันแต่ละชนิดที่ระดับ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10% ในสูตรอาหารไก่เนื้อ ระยะเล็ก (1-21วัน) และระยะส่งตลาด (21-42วัน) พบว่าแหล่งของไขมันในสูตรอาหารไม่มีผลต่อน้ำหนักตัว ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (*P>0.05*) ในทุกช่วงอายุ แต่มีผลทำให้น้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ของไขมันในช่องท้องของไก่เนื้อแตกต่างกัน (*P<0.05*) โดยที่น้ำมันจาก palm kernel oil มีผลทำให้มีน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ของไขมันในช่องท้องเพิ่มขึ้นมากกว่าน้ำมันจาก palm oil และน้ำมันข้าวโพด ระดับการเสริมไขมันมีผลทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีขึ้น (*P<0.05*) โดยการเสริมไขมันที่ระดับ 10% ในสูตรอาหารทำให้ไก่เนื้อมีน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของ Panja (1996) ที่ได้ทำการเสริมน้ำมันปาล์มที่ระดับ 0, 2, 4, 6 และ 8% ในสูตรอาหารไก่เนื้ออายุ 21 วัน พบว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของไก่เนื้อมีแนวโน้มดีขึ้นตามระดับของไขมันในสูตรอาหาร แต่ไขมันในซากเพิ่มขึ้น ขณะที่โปรตีนในซากลดลงในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมน้ำมันปาล์มในระดับสูง

2.4 การย่อยไขมันในไก่เนื้อ

ในปี 2005 Bauer และคณะ ได้รายงานเกี่ยวกับการย่อยไขมัน ว่าการย่อยไขมันจะเกิดในกระเพาะอาหารประมาณ 10–30% และส่วนที่เหลือจะเกิดในลำไส้เล็ก โดยในกระเพาะอาหารกระบวนการไฮโดรไลซิสของไขมัน (hydrolysis of lipids) เกิดขึ้นโดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ไลเปสจาก กระเพาะอาหาร ในขณะที่ในลำไส้เล็กซึ่งเป็นตำแหน่งที่การย่อยไขมันเกิดขึ้น

อย่างสมบูรณ์ จะเกิดขึ้นโดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อน (Lowe, 2002; Pafumi *et al*., 2002; Mukherjee, 2003) การย่อยไขมันจะเริ่มจากการทำให้ไขมันแตกตัว โดยเรียกกระบวนการนี้ว่า emulsification ซึ่งต้องอาศัยการทำงานของ emulsifier คือเกลือน้ำดีซึ่งมีคุณสมบัติเป็น amphiphatic molecules คือมีทั้งส่วนที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ (hydrophillic และ hydrophobic sites) โดยเมื่อเกลือน้ำดีสัมผัสกับกลุ่มไขมัน ส่วน hydrophobic จะจับกับไขมันและส่วน hydrophillic จะอยู่ข้างนอก การจับแบบนี้ทำให้เกิดการแตกตัวเป็นหยดไขมันเล็กลงเรื่อยๆ ซึ่งเป็นการช่วยการเพิ่มพื้นที่ผิวของหยดไขมันและวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน จากนั้นจะถึงขั้นตอนการย่อยไขมัน (fat digestion) โดยเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อนเข้ามาย่อยทำลายพันธะที่ตำแหน่ง 1 และ 3 ของไตรกลีเซอไรด์ได้ free fatty acids 2 ตัว และ 2-monoglyceride 1 ตัว เกลือน้ำดีจะเข้ามามีบทบาทอีกครั้ง โดยเกลือน้ำดีจะเข้ามาเคลือบที่ผิวของ fatty acid และ monoglyceride เกิดเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า micelles (Wickham *et al.,*1998; Roda *et al.,*1990; Powell *et al.,* 2001; Funasaki *et al.,* 2006; Sarbu *et al.,* 2007) ทำให้ fatty acid และ monoglyceride ไม่สามารถกลับมารวมตัวได้อีก เรียกกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้ว่า micellization (Funasaki *et al.,* 2006) จากนั้น micelles จะเคลื่อนที่ไปจนถึงบริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย ซึ่งบริเวณนี้จะเกิดกระบวนการดูดซึมของไขมัน (lipid absorption) ทั้ง fatty acid และ monoglyceride จะถูกดูดซึมผ่านผนังลำไส้เล็กผ่านไปเข้าไปยัง portal vein เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป



ภาพที่ 2.1 Bile micelle organization (Chen *et al*., 1975, Gahwiller *et al*., 1977)

2.5 น้ำดี (Bile)

2.5.1 องค์ประกอบของน้ำดี

น้ำดีประกอบด้วย น้ำประมาณร้อยละ 85-97 และที่เหลือประมาณร้อยละ 3-14 เป็นสารประกอบอื่นที่รวมเรียกว่าของแข็ง (solid) ซึ่งประกอบด้วย

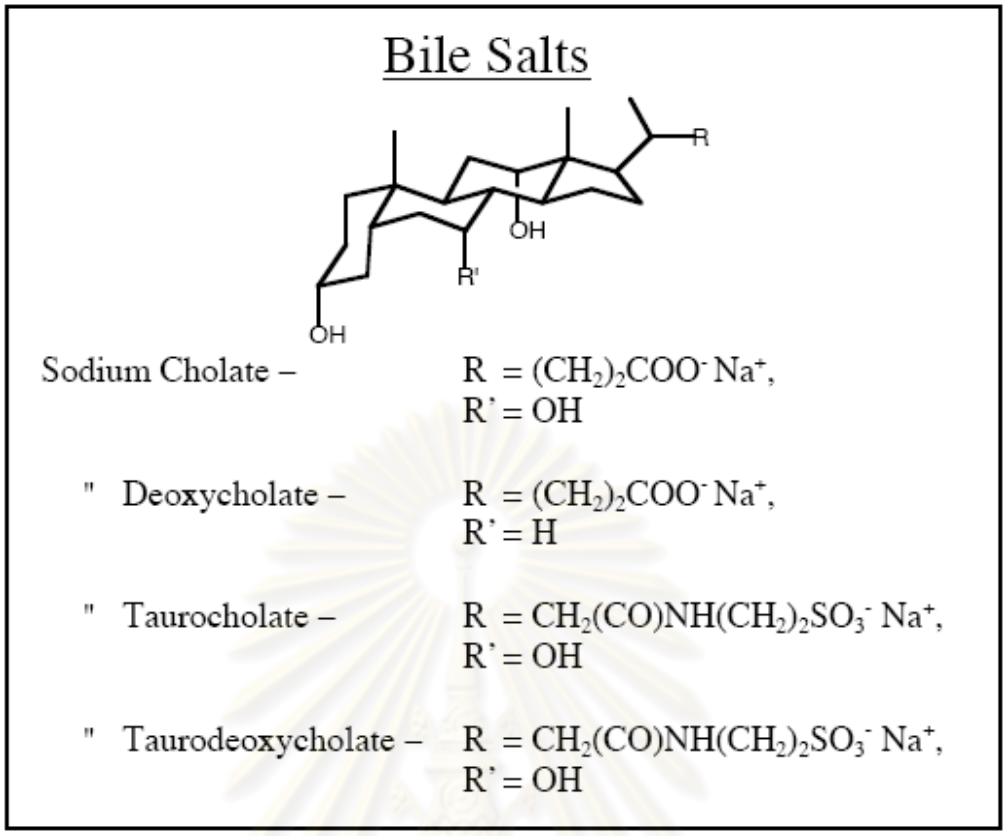
2.5.1.1 เกลือน้ำดี (bile salt)

เกลือน้ำดีเป็นสารประกอบสเตอรอยด์ (บุญล้อม, 2003; Fini *et al.,* 2002; Funasaki *et al.,* 2006) ที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอม 24 อะตอม (Fini *et al.,* 2002) เกลือน้ำดีมี 2 ชนิดที่สำคัญ คือ primary bile acid ประกอบด้วย กรดโคลิก (cholic acid; 3α,7α,12α tri-hydroxy-5α -cholan-24-oic acid) และ กรดคีโนดีออกซีโคลิก (chenodeoxycholic acid; 3α ,7α di-hydroxy-5α -cholan-24-oic acid) (Debruyne *et al.,* 2001) และ secondary bile acid ประกอบด้วยกรดดีออกซิโคลิก (deoxycholic acid; 3α,12 α di-hydroxy-5αcholan-24-oic acid) และ กรดลิโทโคลิก (lithocholic acid; 3α monohydroxy 5α-cholan-24-oic acid) โดยตับจะสังเคราะห์ primary bile acids จากโคเลสเตอรอล (Fini *et al.,* 2002; Li *et al.,* 2007) ซึ่งบางส่วนอาจจะถูกเปลี่ยนไปเป็น secondary bile acids คือ โดยแบคทีเรียภายในลำไส้เล็ก (Fini *et al.,* 2002) ในน้ำดีของสัตว์จะมีกรดน้ำดีแต่ละชนิดในปริมาณที่แตกต่างกันตามชนิดของสัตว์และอาหารที่สัตว์กิน (Yeh *et al*., 2001)

2.5.1.2. รงควัตถุน้ำดี (Bile Pigment)

ได้แก่ bilirubin และ biliverdin ซึ่งเป็น oxydation products ของ bilirubin ที่ได้จากการที่ตับทำลายเม็ดเลือดแดงที่เสื่อมแล้วและเก็บรวมฮีโมโฮบิน (hemoglobin) รวมเข้าไว้เป็นรงควัตถุในน้ำดี จึงทำให้น้ำดีมีสีเหลืองหรือเขียวอ่อน และจะถูกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแกมน้ำตาล

2.5.1.3. โคเลสเตอรอล, เลซิติน, กรดไขมัน และอิเล็กโตรไลด์ต่าง ๆ

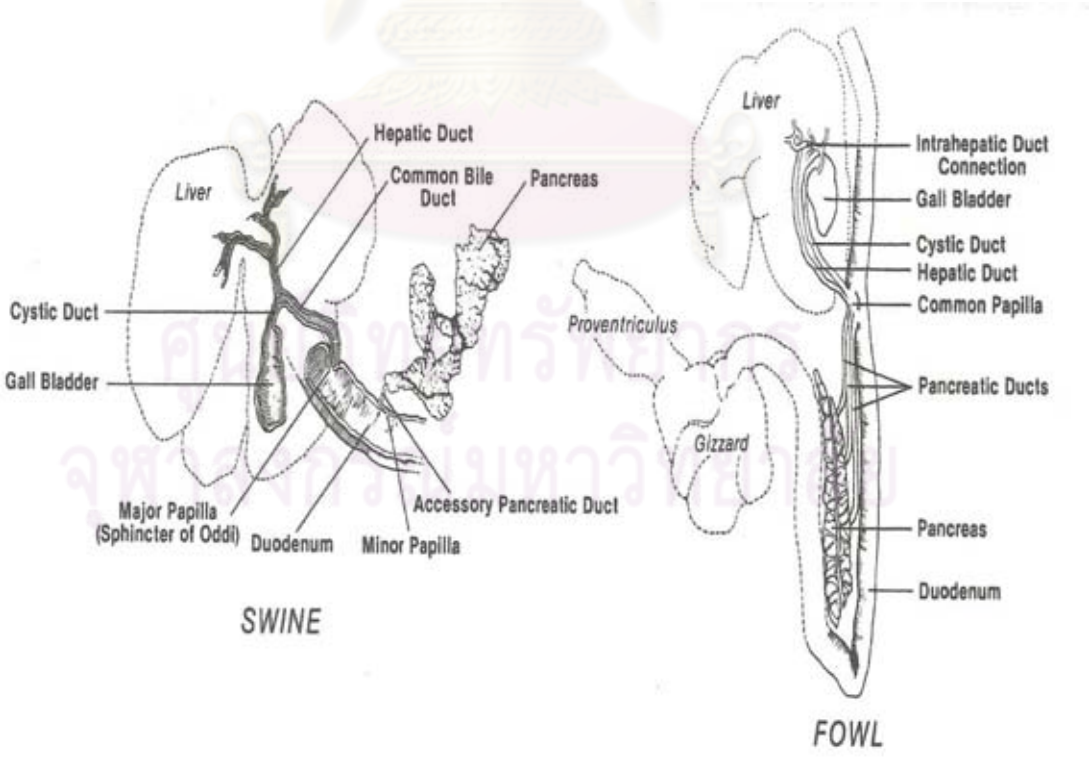


ภาพที่ 2.2 Bile salt structure (Funasaki *et al*., 2006)

2.5.2 การสร้างและการหลั่งน้ำดี (bile formation and emptying)

กระบวนการสร้างน้ำดี (bile acid synthesis) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นใน hepatocytes (Monte *et al*., 1999; Fini *et al.,* 2002) โดยสามารถเกิดได้ 2 ทาง คือ Classical/Neutral Pathway และ Alternate/Acidic Pathway ซึ่งทั้งสองทางมีสารตั้งต้นคือโคเลสเตอรอล ใน Classical/Neutral Pathway โคเลสเตอรอลจะถูกเปลี่ยนเป็น primary bile acid คือ cholic acid และ chenodeoxycholic acid โดยการทำงานของเอนไซม์ cholesterol 7α hydroxylase (CYP7A) ซึ่งจะได้ผลผลิตในสัดส่วน cholic acid: chenodeoxycholic acid เท่ากับ 1:1 ในขณะที่การสร้างกรดน้ำดีใน Alternate/Acidic Pathway เกิดจากการทำงานของเอนไซม์ Sterol 27 hydroxylase (CYP27) ได้ผลผลิตเป็น chenodeoxycholic acid มากกว่า cholic acid จากนั้น primary bile acid ที่ได้จะรวมกับกรดอะมิโน glycine และ taurine ได้เป็น glycocholic acid (GCA) และ taurocholic acid (TCA) แล้วรวมตัวกับ Na^+ และ K^+ เกิดเป็น bile salts ซึ่ง primary bile acid บางส่วนจะผ่านขบวนการ dehydroxylation โดยแบคทีเรียในลำไส้ได้เป็น deoxycholic

acid และ lithocholic acid ตามลำดับ หรือที่เรียกว่า secondary bile acid เกลือน้ำดีที่ได้จะถูกเก็บไว้ใน gallbladder (Knarreborg *et al.,* 2003) โดยถูกส่งผ่าน bile canaliculus ซึ่งจะรวมมาเข้าไปใน bile duct ในสัตว์ที่มีถุงน้ำดี hepatic duct จะรวมตัวกับ cystic duct กลายเป็น common bile duct ซึ่งเปิดออกสู่ ลำไส้เล็กส่วน duodenum ซึ่งรอบๆ รูเปิดจะมีกล้ามเนื้อชื่อ sphincter of oddi คอยควบคุมการหลั่ง เมื่ออาหารจากกระเพาะอาหารเคลื่อนที่เข้าสู่ลำไส้เล็ก ภายใต้อิทธิพลของฮอร์โมน cholecystokinin (CCK) (Gass *et al.,* 2007) จะกระตุ้นให้มีการหดตัวของถุงน้ำดี และมีการคลายตัวของ sphincter of oddi ในขณะเดียวกัน secretin ซึ่งเป็น choleretic agent จะกระตุ้นให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบที่ผนังถุงน้ำดีและ hepatic duct อีกทั้งกระตุ้นให้ตับอ่อนหลั่งทำให้มีการเพิ่มของปริมาตรไบคาร์บอเนตในถุงน้ำดี ส่งผลให้ปริมาณน้ำดีที่หลั่งมาบริเวณ duodenum โดยอัตราการหลั่งน้ำดีในไก่อยู่ที่ประมาณ 1 มิลลิลิตร/ชั่วโมง มีค่า pH 5.9–6.8 ส่วนในสุกรจะมีการผลิตน้ำดีประมาณ 800 มิลลิลิตร/วัน (Scheunert and Trautmann, 1976) ถึง 2400 มิลลิลิตร/วัน (Laplace and Quaissi, 1977) น้ำดีที่หลั่งมาประมาณ 94% จะถูกดูดซึมกลับโดยขบวนการ active transport ที่ส่วนปลาย (ileum) จากนั้นน้ำดีจะผ่านเข้า portal blood เข้าสู่ตับ เกลือน้ำดีจะถูกดูดซึมเข้าเซลล์ตับ และนำไปใช้ใหม่อีก ขบวนการนำกลับไปใช้ใหม่นี้ เรียกว่า “Enterohepatic circulation”



ภาพที่ 2.3 Bile & Pancreatic ducting to the small intestine (Moran and Evans, 1977)

2.6 ผลของการเสริม exogenous emulsifier ในไก่เนื้อระยะเล็ก

ปัจจุบันพบว่ามีรายงานการเสริม emulsifier ชนิดสังเคราะห์ เช่น เลซิติน ในอาหารไก่เนื้อเพิ่มมากขึ้น โดยจากการศึกษาของ Hertrampf (2001) พบว่าสามารถช่วยปรับปรุง ปริมาณอาหารที่กิน การย่อยได้ของไขมัน และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อได้ สอดคล้องกับรายงานของ Shrinde (2005) ที่ได้ทำการเสริมเลซิตินที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ของไขมันในสูตรอาหาร ในไก่เนื้อช่วง 11–28 วัน พบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่ใช้น้ำมันปาล์ม (2.5-3.5เปอร์เซ็นต์) เป็นแหล่งของไขมัน มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น 2 เปอร์เซ็นต์ และ 4เปอร์เซ็นต์ และ FCR ดีขึ้น 1.2 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับไก่ที่ได้รับที่ใช้ไขมันวัวในระดับเดียวกัน จะมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น 5.9 และ 8.3 เปอร์เซ็นต์ และ FCR ดีขึ้น 4.3 และ 7.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับรายงานของ Polin (1980) ที่พบว่าในไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่เสริม emulsifier (เลซิติน) จะมีผลการย่อยได้ของไขมันที่เพิ่มขึ้น

สำหรับรายงานการใช้ emulsifier ที่ได้จากธรรมชาติ พบในปี 2002 โดย Adrizal และคณะ ได้ศึกษาการเสริมเกลือน้ำดีและเอนไซม์รวมในอาหารไก่เนื้อที่มีระดับพลังงานสูงที่มีรำข้าวสกัดน้ำมันเป็นส่วนประกอบ ในไก่เนื้ออายุ 1-14 วัน ให้ได้รับอาหาร 4 สูตร คือ อาหารไขมันสูงเสริมเกลือน้ำดี (sodium taurocholate) อาหารไขมันสูงเสริมเอนไซม์รวม (Grindazyme GP 5000) อาหารคาร์โบไฮเดรทสูงเสริมน้ำดี และอาหารคาร์โบไฮเดรทสูงเสริมเอนไซม์รวม ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าแหล่งพลังงานมีผลต่อการย่อยได้ของโปรตีนและไขมันรวมถึง ME_n โดยในกลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันสูงจะมีการย่อยได้ของโปรตีนและไขมันรวมถึง ME_n ดีที่สุด ในช่วง 1-14 วัน เทียบกับอาหารคาร์โบไฮเดรทสูง ($P < 0.001$) โดยอาหารไขมันสูงมีผลทำให้ไก่มีการเจริญเติบโตและการกินได้ที่ดีที่สุดในช่วงอายุ 1-14 วัน ซึ่งสรุปได้ว่าการเสริมเกลือน้ำดีในอาหารที่มีรำข้าวสกัดน้ำมันเป็นองค์ประกอบโดยเฉพาะในอาหารไขมันสูงจะทำให้การใช้ประโยชน์และการเจริญเติบโตของไก่ดีกว่าการเสริมเอนไซม์รวม

Marzooqi และ Leeson (1999) ศึกษาผลของการเสริมตับอ่อนสุกร (crude porcine pancreas) ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต โดยใช้อาหารที่มีไขมันสัตว์เป็นองค์ประกอบ 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ และเสริม crude porcine pancreas ที่ระดับ 0, 0.321, 0.535, 0.750, 0.964, 1.178 และ 1.392 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า crude porcine pancreas ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน รวมถึงอัตราการแลกเนื้อ ของไก่ที่มีอายุ 4 และ 12 วัน ($p>0.05$)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สัตว์ทดลองและการจัดการ

ไก่เนื้อพันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ เพศผู้ อายุ 1 วัน จำนวน 1,110 ตัว สุ่มไก่ออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 37 ตัว ไก่ในแต่ละซ้ำถูกเลี้ยงในกรงขนาด 1 x 1.5 เมตร ในโรงเรือนเปิด ได้รับแสงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ประมาณ 12 ชั่วโมงเป็นแสงธรรมชาติ และ 12 ชั่วโมงเป็นแสงจากหลอดฟูออเรสเซนต์) เป็นเวลา 37 วัน อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในโรงเรือนเวลา 8.00 น. เท่ากับ 26.9 ± 1.8 องศาเซลเซียส และ 63.7 ± 4.6 เปอร์เซ็นต์ และเวลา 14.00 น. เท่ากับ 31.1 ± 1.9 องศาเซลเซียส และ 56.1 ± 2.7 เปอร์เซ็นต์

ไก่ทุกตัวได้รับอาหารและน้ำแบบกินเต็มที่ (*ad libitum*) ตลอดการทดลอง การทดลองครั้งนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจรรยาบรรณการใช้สัตว์ทดลอง คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การเตรียมผงน้ำดีสุกร

นำน้ำดีสุกรที่เก็บมาจากโรงฆ่าสุกรของเครือบริษัทเบทาโกร จังหวัดลพบุรี จำนวน 25 ลิตร แช่ที่อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียส จนกลายเป็นของแข็ง จากนั้นทำให้แห้งโดยกระบวนการ freeze-dried ด้วยเครื่อง Lyophilizer (Labconco®, Kansas, USA.) ที่อุณหภูมิ -60 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิท แล้วนำมาบดให้ละเอียดโดยใช้โกร่งบดยา ได้ผงน้ำดีสุกรจำนวน 2.1 กิโลกรัม คิดเป็น 8.4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำดีสุกร เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

3.3 อาหารทดลอง

อาหารทดลองมีทั้งหมด 6 สูตร ประกอบด้วยอาหารพื้นฐานที่มีข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบมีน้ำมันปาล์มดิบประกอบ 3 เปอร์เซ็นต์ (เป็นอาหารควบคุม) และอาหารไขมันสูงที่มีน้ำมันปาล์มดิบประกอบอยู่ 6 เปอร์เซ็นต์ (เป็นอาหารไขมันสูง) ทำการเสริมเลซิตินจากถั่วเหลืองในระดับ 0.50 เปอร์เซ็นต์ และผงน้ำดีสุกรในระดับ 0.125, 0.25 และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารไขมันสูง ไก่ระยะเล็ก (1-21 วัน) เท่านั้น จากนั้นในช่วงอายุ 22-37 วัน ไก่ยังคงได้รับอาหารที่มีระดับไขมันที่แตกต่างกันแต่ไม่มีการเสริมสารใดๆ อาหารที่ใช้ใน

การทดลองแสดงในตารางที่ 3.1 อาหารทดลองทุกสูตรคำนวณให้มีระดับสารอาหารตามความต้องการของสายพันธุ์ สุ่มอาหารไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะโดยประมาณ (proximate analysis) ตามวิธีของ AOAC (1990) สูตรอาหารทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 3.2 ทำการผสมซีไลท์ (celite) ซึ่งเป็นแหล่งของเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash; AIA) ในอาหารทดลองทุกสูตร (20 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร) เพื่อใช้เป็นสารบ่งชี้ในการวิเคราะห์การย่อยได้

ตารางที่ 3.1 อาหารทดลอง

กลุ่มทดลอง	อาหารทดลอง
1. ควบคุม (T1)	อาหารพื้นฐาน
2. ไขมันสูง (T2)	อาหารไขมันสูง
3. เลซิติน (T3)	อาหารไขมันสูง + เลซิติน 0.50%
4. ผงน้ำดีสุกร 1 (T4)	อาหารไขมันสูง + ผงน้ำดีสุกร 0.125%
5. ผงน้ำดีสุกร 2 (T5)	อาหารไขมันสูง + ผงน้ำดีสุกร 0.25%
6. ผงน้ำดีสุกร 3 (T6)	อาหารไขมันสูง + ผงน้ำดีสุกร 0.50%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบของอาหารทดลอง

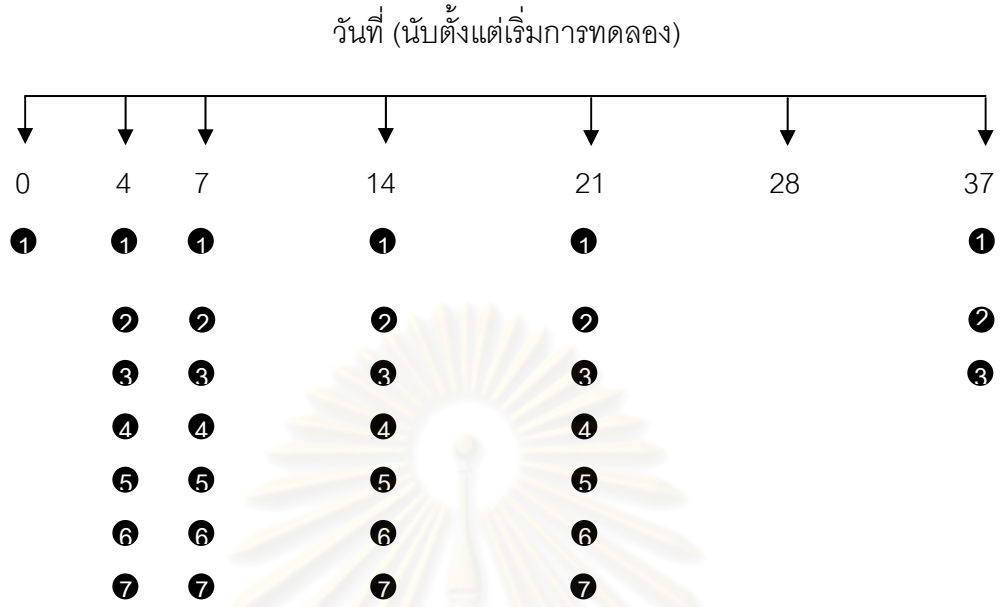
ส่วนประกอบอาหาร (เปอร์เซ็นต์)	อาหารทดลอง[1/]					
	0 – 14 วัน		15 – 28 วัน		29 – 37 วัน	
	ควบคุม	ไขมันสูง	ควบคุม	ไขมันสูง	ควบคุม	ไขมันสูง
ข้าวโพด	52.49	44.98	57.94	50.80	61.72	55.88
กากถั่วเหลือง (44% โปรตีน)	31.93	37.64	26.24	32.47	20.91	27.12
ถั่วเหลืองไขมันเต็ม	7.78	-	8.52	-	7.95	-
รำละเอียด	-	3.00	-	3.00	2.29	3.00
รำข้าวสกัดน้ำมัน	-	2.94	-	3.00	-	3.00
โซเดียมไบคาร์บอเนต	0.50	0.50	1.34	0.49	0.51	0.51
น้ำมันปาล์มดิบ	3.00	6.00	3.00	6.00	3.00	6.00
แคลเซียมคาร์บอเนต	1.48	1.49	1.34	1.36	1.31	1.30
โมโนไดแคลเซียมฟอสเฟต	1.96	1.87	1.74	1.65	1.58	1.53
เกลือ	0.15	0.15	0.16	0.16	0.14	0.15
ดีแอลเมทไทโอนีน	0.24	0.24	0.17	0.17	0.17	0.18
โคลีน คลอไรด์ 60%	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08
เคลย์	-	0.72	-	0.51	-	0.94
แอลไลซีนไฮโดรคลอไรด์	0.15	0.13	0.11	0.09	0.18	0.16
แอนติออกซิแดนท์	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
พรีมิกซ์วิตามิน[2/]	0.08	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05
พรีมิกซ์แร่ธาตุ[3/]	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

[1/] ควบคุม = อาหารควบคุม; ไขมันสูง = อาหารไขมันสูง สำหรับไก่ทดลองกลุ่มที่ 2 – 6 (อาหารไขมันสูง, อาหารไขมันสูงเสริมเลซิติน 0.50 มก./กรัมอาหาร, อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.125 มก./กรัมอาหาร, อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.25 มก./กรัมอาหาร และ อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.50 มก./กรัมอาหาร)

[2/] พรีมิกซ์วิตามิน/กก. อาหาร ประกอบด้วย วิตามิน A 12,000 หน่วยสากล วิตามิน D_3 3,000 หน่วยสากล วิตามิน E 15 มก. วิตามิน K_3 1.5 มก. วิตามิน B_1 1.5 มก. วิตามิน B_2 5.5 มก. วิตามิน B_6 2 มก. วิตามิน B_{12} 0.01 มก. กรดนิโคทีนิค 25 มก. กรดโฟลิค 0.5 มก.

[3/]พรีมิกซ์แร่ธาตุ/กก. อาหาร ประกอบด้วย ไบโอติน 0.12 มก. ดีแคลเซียมแพนโธธิเนต 12 มก. แมงกานิส 80 มก. สังกะสี 60 มก. เหล็ก 40 มก. ทองแดง 8 มก. ไอโอดีน 0.50 มก. โคบอลต์ 0.10 มก. ซีลีเนียม 0.10 มก.

3.4 แผนการเก็บข้อมูล



ภาพที่ 3.1 แผนผังการเก็บตัวอย่างของการทดลอง

❶ น้ำหนักตัว

❷ ปริมาณอาหารที่กิน

❸ จำนวนไก่ตาย (บันทึกทุกวัน)

❹ ตัวอย่างเลือดจากหลอดเลือด portal vein

❺ ตัวอย่าง intestinal contents

❻ ตัวอย่างตับอ่อน

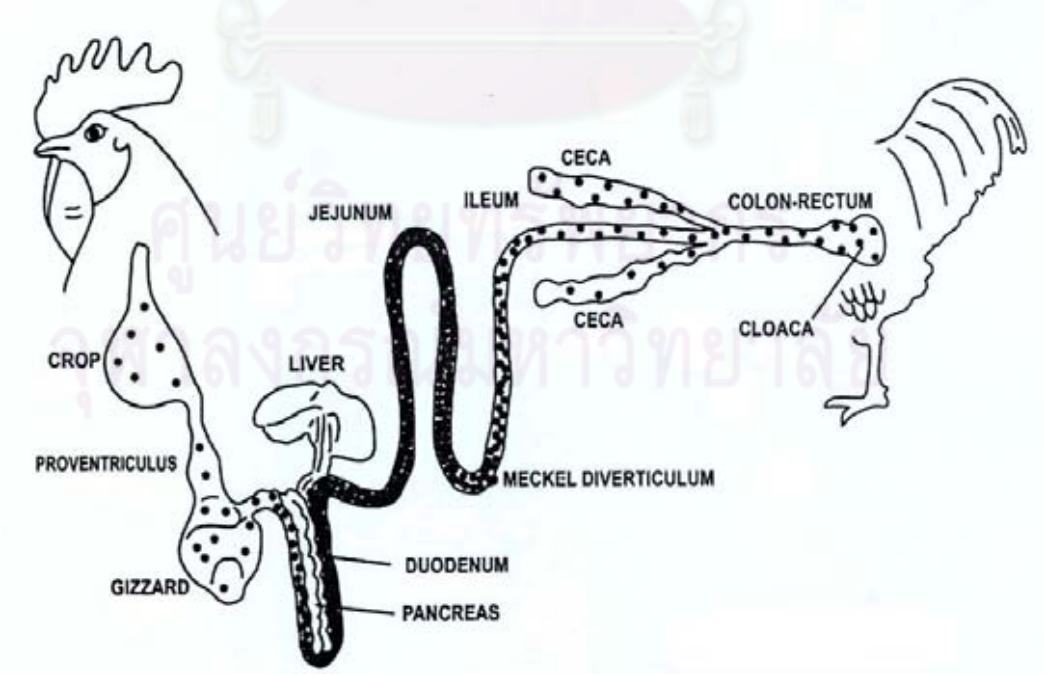
❼ ตัวอย่างน้ำดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5 การเก็บตัวอย่าง

เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 4 และ 7 สุ่มไก่ซ้ำละ 5 ตัว วันที่ 14 และ 21 สุ่มไก่ซ้ำละ 4 ตัว รวมทั้งหมด 540 ตัว จากนั้นทำการการุณมาตไก่โดยฉีดยาสลบ (pentobarbital sodium) เกินขนาดเข้าที่หัวใจโดยใช้เข็มฉีดยาเบอร์ 22G ขนาด 1.5 นิ้ว จากนั้นผ่าเปิดหน้าท้อง เก็บเลือดจากหลอดเลือดดำที่เข้าสู่ตับ (portal vein) ด้วยเข็มฉีดยาเบอร์ 23G ขนาด 1.0 นิ้ว ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารกันเลือดแข็งตัว (heparin) ขนาด 2 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 308.7 g เป็นเวลา 5 นาที เพื่อแยกเอาพลาสมา แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ fatty acid profile

แยกลำไส้โดยเริ่มจากบริเวณ duodenum ไปจนถึงลำไส้ใหญ่ (cloaca) ออกมาจากตัวไก่เก็บตัวอย่าง jejunal content และ ileal content โดยใช้ Meckel diverticulum เป็นจุดแบ่งแสดงดังภาพที่ 3.2 ใส่ในกระปุกพลาสติก แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์หา total bile acid ใน jejunal content และการย่อยได้ของโภชนะที่ลำไส้เล็กส่วนปลายจาก ileal content เก็บตัวอย่างตับอ่อนใส่ในถุงซิบ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์หา pancreatic lipase activity เก็บตัวอย่างน้ำดีจากถุงน้ำดีโดยใช้เข็มฉีดยาเบอร์ 23G ขนาด 1.0 นิ้ว ใส่ในหลอดทดลองขนาด 1.5 มิลลิลิตร แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์หาค่า total bile acid



ภาพที่ 3.2 ท่อทางเดินอาหารของไก่ (Gauthier, 2002)

3.6 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.6.1 การตรวจวัดเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อน (pancreatic lipase activity) ตามวิธีของ Markweg และคณะ (1995) ดังนี้

3.6.1.1 การเตรียมเนื้อเยื่อ

ใช้เนื้อเยื่อของตับอ่อนเป็นแหล่งของเอนไซม์ไลเปส ชั่งตับอ่อน 1 กรัม ใส่ในเครื่องตีปั่นผสมสารแบบใช้มือบด (hand homogenizer) เติม Tris–HCl buffer ความเข้มข้น 50 มิลลิโมล pH 8.0 จำนวน 2 มิลลิลิตร (อัตราส่วนของตัวอย่างต่อบัฟเฟอร์ 1:2 (w/v) แล้วทำการบดให้ละเอียด จากนั้นทำให้ตกตะกอนโดยนำตัวอย่างมาปั่นเหวี่ยงแรงสูง (high speed centrifuge, GLC-2B, SORVALL) ที่ความเร็ว 10,000 x g ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นแยกเอาเฉพาะส่วนของเหลวแขวนลอย (supernatant) ซึ่งมีเอนไซม์อยู่ เก็บไว้ที่ –20 องศาเซลเซียส (Gimenez *et al*.,1999).

3.6.1.2 การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อน

ทำการวัด pancreatic lipase activity ในรูปของปริมาณผลผลิตที่เกิดขึ้นจาก lipase activity โดยใช้ para – nitrophenylpalmitate (pNNP) ละลายใน iso – propanol ความเข้มข้น 10 มิลลิโมล เป็นซับสเตรท นำเอนไซม์ที่สกัดจำนวน 50 ไมโครลิตร para–nitrophenylpalmitate (pNNP) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมล จำนวน 100 ไมโครลิตร และ Tris–HCl buffer ความเข้มข้น 50 มิลลิโมล pH 8.0 จำนวน 700 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันดีในหลอดทดลอง แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเติม Na_2CO_3 ความเข้มข้น 0.1 โมล จำนวน 250 ไมโครลิตร เพื่อหยุดปฏิกิริยา แล้วทำให้ตกตะกอนโดยนำตัวอย่างมาปั่นเหวี่ยงแรงสูงที่ความเร็ว 10,000 g ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แยกเอาเฉพาะส่วนของเหลวแขวนลอยไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer (Shimadzu UV 1201, 1cm light path)

3.6.1.3 สารละลายมาตรฐาน

ใช้สารละลาย para–nitrophenol (pNP) ที่ระดับความเข้มข้น 100–1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เพื่อหา standard curve และ lipase activity ที่ได้มีหน่วยเป็น ไมโครโมลต่อนาทีต่อมิลลิกรัมโปรตีน

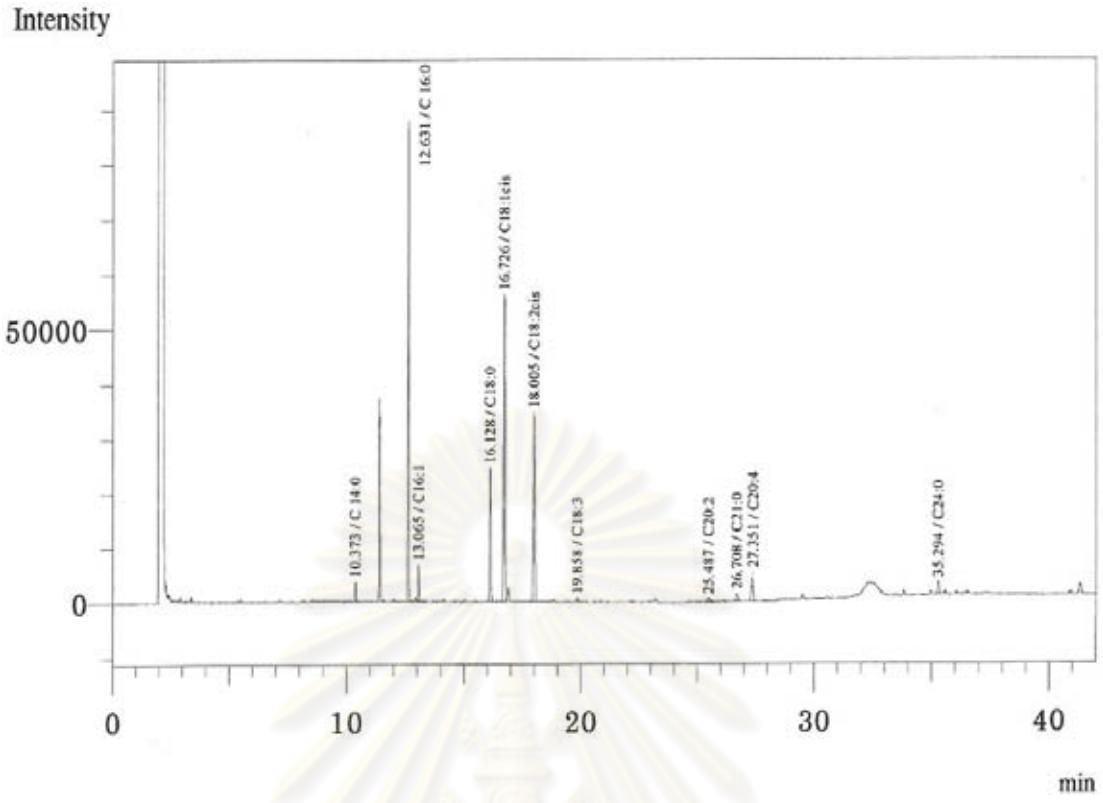
การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Lowry's method (1951) ใช้ bovine serum albumin เป็นสารโปรตีนมาตรฐาน

3.6.2 การวิเคราะห์ระดับกรดไขมันจำแนกชนิด (fatty acid profile) ตามวิธีของ Bligh และ Dyer (1959) ดังนี้

3.6.2.1 การเตรียมสารสกัด

นำพลาสมาที่ปั่นแยกจาก portal blood จำนวน 200 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติม 1:2 (v/v) $CHCl_3$: MeOH จำนวน 1.9 มิลลิลิตร และ internal standard (15:0) 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องเขย่าผสมสาร (vortex) แล้วเติมคลอโรฟอร์ม ($CHCl_3$) จำนวน 0.625 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วเติมน้ำกลั่นจำนวน 0.625 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วนำตัวอย่างมาปั่นเหวี่ยงแรงสูงที่ความเร็ว 2,000 x g ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จะได้ตัวอย่างที่แยกส่วนออกเป็นสามชั้น ใช้หลอดหยดสารดูดตัวอย่างชั้นล่างสุดใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นนำไประเหยให้แห้งด้วย N_2 ในตู้ดูดควัน (fume hood) จากนั้นเติม methanolic NaOH (2:1) จำนวน 200 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้ vortex แล้วเติม methanol : Hexane (4:1) จำนวน 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้ vortex แล้วเติม CH_3COCl จำนวน 200 ไมโครลิตร และผสมให้เข้ากันโดยใช้ vortex ไปด้วย จากนั้นนำตัวอย่างไปอุ่นในกล่องให้ความร้อน (heat box) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเติม 6 เปอร์เซ็นต์ K_2CO_3 จำนวน 5 มิลลิลิตร แล้วนำตัวอย่างมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 1,000 x g ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แยกเอาเฉพาะส่วนของเหลวแขวนลอยใส่ในขวดแก้วขนาดเล็ก (vial) เป็นสารละลายตัวอย่าง

ดูดสารละลายตัวอย่างจำนวน 1 ไมโครลิตร ใส่ใน glass vial จากนั้นนำ glass vial ไปใส่ในช่องสำหรับฉีดที่อยู่ในเครื่อง Gas chromatography (GC-2010, Shimadzu, Japan) จากนั้นเลือกคำสั่งให้เครื่อง Gas chromatography เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบของกรดไขมัน ซึ่งเครื่องจะทำการฉีดสารละลายโดยอัตโนมัติ ซึ่งจะให้โครมาโตแกรมที่สามารถเทียบหาปริมาณของกรดไขมันแต่ละชนิดที่ประกอบอยู่ในตัวอย่างพลาสมาดังแสดงในภาพที่ 3.3 โดยในการวิเคราะห์ใช้ column คือ carbowax phase (Alltech) 30 เมตร x 0.25 มิลลิเมตร ID, 0.25 มิลลิเมตร อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที 195 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 33 นาที และ 220 องศาเซลเซียส จนสิ้นสุดกระบวนการ temperature rate changes เท่ากับ 40 องศาเซลเซียสต่อนาที injector: 200 องศาเซลเซียส detector: 250 องศาเซลเซียส ใช้ helium เป็น carrier gas และใช้ C15:0 เป็น internal standard



ภาพที่ 3.3 Chromatogram ที่ได้จากเครื่อง Gas chromatography

3.6.3 การตรวจวัด Total bile acid ตามวิธีของ Chong Yuan (2006) ดังนี้

3.6.3.1 การเตรียมสารละลาย intestinal content

นำตัวอย่าง jejunal content ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสมาแช่ที่อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียส จนกลายเป็นของแข็ง จากนั้นทำให้แห้งโดยกระบวนการ freeze-dried ด้วยเครื่อง Lyophilizer (Labconco®, Kansas, USA) ที่อุณหภูมิ -60 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิทแล้วนำมาบดให้ละเอียดโดยใช้โกร่งบดยา ชั่งตัวอย่างจำนวน 10 มิลลิกรัม เติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันดี แล้วนำตัวอย่างมาปั่นเหวี่ยงแรงสูงที่ความเร็ว 2,000 x g ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จะได้ตัวอย่างที่แยกส่วนออกเป็นสองชั้น ใช้หลอดหยดสารดูดตัวอย่างส่วนใสด้านบนใส่ในหลอดทดลองขนาด 2 มิลลิลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

3.6.3.2 การเตรียมน้ำดีไก่และสารละลายผงน้ำดีสุกร

ตัวอย่างน้ำดีไก่จำนวน 50 ไมโครลิตรและผงน้ำดีสุกรจำนวน 1 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันดี แล้วนำตัวอย่างมาปั่นเหวี่ยง

ที่ความเร็ว 2,000 x g ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จะได้ตัวอย่างที่แยกส่วนออกเป็นสองชั้น ใช้หลอดหยดสารดูดตัวอย่างส่วนใสด้านบนใส่ในหลอดทดลองขนาด 2 มิลลิลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

3.6.3.3 การวิเคราะห์หาค่า Total bile acid

Total bile acid วัดออกมาในรูปของความเข้มข้นของ bile acid ของตัวอย่าง โดยใช้ชุดทดสอบสำเร็จรูป (Total Bile Acid Assay kit, DZ042A, Diazyme Laboratories, Poway, CA). โดยปิเปต Thio-NAD 0.1 มิลลิโมล จำนวน 270 ไมโครลิตร ใส่ใน cuvette จากนั้นเติมสารสกัดตัวอย่างจำนวน 4 ไมโครลิตร แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที นำตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ 405 นาโนเมตร (บันทึกเป็นค่า O.D ที่ 60 วินาที) จากนั้นเติม 3-α-HSD, NADH 0.1 มิลลิโมล จำนวน 90 ไมโครลิตร ผสมแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงทันทีที่ 405 นาโนเมตร (บันทึกเป็นค่า O.D ที่ 120 วินาที) คำนวณ ΔA405 ของตัวอย่าง blank และ standard ตามสมการ โดยใช้ค่า O.D. ที่ 60 วินาทีและ 120 วินาที

$$\Delta A405 \text{ (นาโนเมตร/นาที)} = \text{(O.D ที่ 120 วินาที – O.D ที่ 60 วินาที)}$$

จากนั้นนำค่า ΔA405/นาที ของตัวอย่าง blank และ standard ที่ได้ไปคำนวณหาค่า total bile acid ตามสมการ

$$\text{total bile acid (ไมโครโมล/ลิตร)} = \left(\frac{\Delta A405_{\text{Sample}} - \Delta A405_{\text{Blank}}}{\Delta A405_{\text{Standard}} - \Delta A405_{\text{Blank}}} \right) \times \text{standard}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6.4 การย่อยได้ของโภชนะที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย

3.6.4.1 การวิเคราะห์หาเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash)

ผสมซีไลท์จำนวน 20 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เพื่อใช้เป็นสารบ่งชี้ในการวิเคราะห์หาการย่อยได้ของโภชนะ วิเคราะห์ acid insoluble ash ในตัวอย่างอาหารและ ileal content ตามวิธีของ Angkanaporn และคณะ (1996)

ชั่งอาหารทดลองจำนวน 2 กรัม และ ileal content ที่ผ่านการอบจนแห้งจำนวน 1 กรัม ใส่ในถ้วยเผา (crucibles) (Pyrex®, England) ทำการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเผาต่อที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นลงใน desiccator แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำอาหารทดลอง ileal content แล้วนำไปต้มในกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 4 N เป็นเวลา 30 นาที บนเตาให้ความร้อน (hot plate) ในตู้ดูดควัน จากนั้นนำถ้วยเผาที่มีเถ้ามาล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นโดย suction pump แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำไปเผาและต้มอีกครั้ง สุดท้ายนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นลงใน desicator แล้วชั่งน้ำหนักถ้วยเผาในขณะที่มีเถ้าอยู่

คำนวณหาเปอร์เซ็นต์เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (AIA%) ตามสมการ

$$AIA\% = \frac{Wf - We}{Ws} \times 100$$

Wf = น้ำหนักถ้วยเผาและเถ้าที่ไม่ละลายในกรด

We = น้ำหนักถ้วยเผา

Ws = น้ำหนักตัวอย่าง

คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย (ileal digestibility; ID) ของโภชนะ (ไขมันและโปรตีน) ดังสมการ

$$ID = 1 - \left[\frac{(\text{อัตราส่วนของโภชนะ} / AIA)_{\text{ileal content}}}{(\text{อัตราส่วนของโภชนะ} / AIA)_{\text{diet}}} \right] \times 100$$

3.6.5 สมรรถภาพการเจริญเติบโต

ชั่งน้ำหนักไก่ในวันที่ 1, 4, 7, 14, 21 และ 37 บันทึกปริมาณอาหารที่กินได้ในช่วงวันที่ 1-4, 5-7, 8-14, 15-21 และ 22-37 บันทึกจำนวนและน้ำหนักของไก่ที่ตายทุกวัน จากนั้นนำข้อมูลไปคำนวณหาน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักและอัตราการเลี้ยงรอด ดังสมการ

$$\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักไก่เริ่มต้นการทดลอง}}{\text{จำนวนไก่ทั้งหมด}}$$

$$\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว)} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่ให้} - \text{ปริมาณอาหารที่เหลือ}}{\text{จำนวนไก่ทั้งหมด}}$$

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (FCR)} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น}}$$

$$\text{อัตราการเลี้ยงรอด} = \frac{\text{จำนวนไก่สิ้นสุดช่วงการทดลอง}}{\text{จำนวนไก่เริ่มต้นการทดลอง}} \times 100$$

3.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ One-way Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มทดลองโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ (Steel and Torrie, 1960) ข้อมูลทั้งหมดนำเสนอโดยค่า Mean ± S.E.M.

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 คุณค่าโภชนะทางเคมีของอาหารทดลอง

คุณค่าโภชนะทางเคมีของอาหารทดลองช่วงไก่ระยะเล็ก (1-14 วัน) และอาหารทดลองช่วงไก่ระยะเจริญเติบโต (15-28 วัน) ที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมีที่อยู่บนฐานของวัตถุแห้งแสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ สำหรับคุณค่าทางโภชนะทางเคมีของอาหารทดลองช่วงไก่ระยะเล็ก พบว่าเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนมีความแตกต่างกันเล็กน้อยอยู่ในช่วง 21.97–22.35 กรัม/ 100 กรัมอาหาร ปริมาณไขมันสูงตามส่วนที่เสริมในอาหาร โดยกลุ่มอาหารควบคุม (กลุ่มที่ 1) มีระดับ 3.46 กรัม/ 100 กรัมอาหาร และกลุ่มอาหารไขมันสูง (กลุ่มที่ 2-6) อยู่ในช่วง 6.18–6.33 กรัม/ 100 กรัมอาหาร ปริมาณเยื่อใยมีความแตกต่างกันเล็กน้อยอยู่ในช่วง 4.95–5.23 กรัม/ 100 กรัมอาหาร ระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสใกล้เคียงกัน โดยพลังงานทั้งหมดในอาหารกลุ่มที่ 2-6 ที่ได้จากการวิเคราะห์ bomb calorimeter มีค่าใกล้เคียงกัน และสูงกว่ากลุ่มที่ 1 เล็กน้อย

สำหรับคุณค่าทางโภชนะทางเคมีของอาหารทดลองช่วงไก่ระยะเจริญเติบโต พบว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่าใกล้เคียงกันเช่นเดียวกัน ปริมาณไขมันสูงตามส่วนที่เสริมในอาหาร โดยกลุ่มอาหารควบคุมมีระดับ 3.53 กรัม/ 100 กรัมอาหาร และกลุ่มอาหารไขมันสูงอยู่ในช่วง 6.27 – 6.35 กรัม/ 100 กรัมอาหาร ปริมาณเยื่อใยมีความแตกต่างกันเล็กน้อยอยู่ในช่วง 4.95–5.13 กรัม/ 100 กรัมอาหาร สำหรับระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสใกล้เคียงกัน พลังงานทั้งหมดในอาหารของทุกกลุ่มทดลองมีค่าสูงขึ้นกว่าอาหารในระยะเล็ก และมีค่าใกล้เคียงกัน

4.2 ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ

ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อช่วง 1-4 วัน 1-7 วัน 1-14 วัน 1-21 วันและ 1-37 วัน แสดงดังตารางที่ 4.3 และ 4.4 พบว่าไก่ที่ได้รับอาหารทดลองทุกกลุ่มมีน้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย และปริมาณการกินอาหาร ไม่แตกต่างกัน (*P>0.05*) น้ำหนักตัวในวันที่ 37 ของไก่กลุ่มที่ได้รับไขมันสูงและได้รับน้ำดีผงทั้ง 3 กลุ่มมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมลบ (ไขมันปกติ) และกลุ่มที่ได้รับไขมันสูง (กลุ่มที่ 2) เล็กน้อย (*P>0.05*) เมื่อพิจารณาน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่ทดลองในแต่ละกลุ่ม พบว่าในช่วง 0-4 วัน ไก่ทดลองกลุ่มที่ 3 (ได้รับอาหารไขมันสูงและเสริมเลซิติน 0.50%) มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 66.32 กรัมต่อตัว ซึ่งสูงกว่า

ไก่ทดลองกลุ่มที่ 5 และ 6 (อาหารเสริมผงน้ำดีสุกร 0.25% และ 0.50%) ซึ่งมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 57.32 และ 58.67 กรัมต่อตัว (*P<0.05*) แต่ไม่ต่างจากกลุ่มที่เหลือ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่ทดลองกลุ่มที่ 4, 5 และ 6 ซึ่งได้รับอาหาร ไขมันสูง เสริมผงน้ำดีสุกรที่ระดับต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (*P>0.05*) ในช่วง 1–14 วัน ไก่ทดลองกลุ่มที่ 5 มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (302.95 กรัมต่อตัว) สูงกว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 2 (282.80 กรัมต่อตัว) (*P<0.05*) แต่ไม่แตกต่างจากไก่ทดลองกลุ่มที่ 1, 3, 4 และ 6 (291.83, 293.80, 295.00 และ 297.92 กรัมต่อตัว ตามลำดับ) (*P>0.05*) ในช่วงวันที่ 1–21 พบว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 5 และ 6 ยังคงมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (506.45 และ 506.44 กรัมต่อตัว) สูงที่สุด และสูงกว่ากลุ่มที่ 2 (469.98 กรัมต่อตัว) ซึ่งได้รับอาหารไขมันสูงเพียงอย่างเดียว (*P<0.05*) โดยเมื่อเ ปรียบเทียบน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมเลซิตินกับไก่ที่ได้รับอาหารเสริมผงน้ำดีสุกรทุกระดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (*P>0.05*) เมื่อพิจารณาน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง 37 วัน พบว่าไก่ที่ได้รับไขมันสูงเสริมน้ำดีผง มีค่าสูงก ว่ากลุ่มที่ 1 และ 2 เล็กน้อย *(P>0.05)* ซึ่งในระยะนี้ไก่จะได้รับอาหารที่ไม่มีการเสริมสารใดๆ แต่ยังคงได้รับอาหารที่มีระดับไขมันที่แตกต่างกันเช่นเดิม

สำหรับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก หรือเรียกสั้นๆ ว่า อัตราการแลกเนื้อ ของไก่ที่ได้รับอาหารทดลองทุกกลุ่ม แสดงในตารางที่ 4.4 พบว่า ในช่วง 4 วัน และ 7 วันแรก ไก่ทุกกลุ่มมีอัตราการแลกเนื้อ ไม่แตกต่างกัน (*P>0.05*) ในขณะที่ช่วง 1–14 วัน ไก่ทดลองกลุ่มที่ 5 และ 6 มีอัตราการแลกเนื้อ (1.578 และ 1.638) ดีกว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 2 (1.752) อย่างมีนัยสำคัญ (*P<0.05*) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่เหลือ เช่นเดียวกับช่วง1-21 วัน ที่พบว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 5 และ 6 ยังคงมี อัตราการแลกเนื้อ (1.974 และ 1.952) ดีกว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 2 (2.184) อย่างมีนัยสำคัญ (*P<0.05*) เมื่อพิจารณาตลอดการทดลอง 1-37 วัน พบว่า ไก่ทดลองกลุ่มที่ 4 ซึ่งได้รับอาหารไ ขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกรที่ระดับ 0.125% มีอัตราการแลกเนื้อ (1.956) ดีกว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 1 (2.286) ที่ได้รับอาหารไขมันปกติ อย่างมีนัยสำคัญ (*P<0.05*) และพบว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 2 ซึ่งได้รับอาหารไขมันสูงเพียงอย่างเดียว มีอัตราการแลกเนื้อ (2.196) ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ 1 (*P>0.05*) นอกจากนี้ยังพบว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 3 ซึ่งได้รับอาหารไขมันสูงเสริมเลซิตินมีอัตราการแลกเนื้อ ไม่แตกต่างจากไก่ที่ได้รับอาหารเสริมผงน้ำดีสุกรในทุกระดับ (*P>0.05*)

ตารางที่ 4.1 คุณค่าโภชนะทางเคมีของอาหารทดลองช่วงไก่ระยะเล็ก (1 -14 วัน)
(กรัม/100กรัมวัตถุแห้งในอาหาร)

สารอาหาร	กลุ่มทดลอง[1/]					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
โปรตีน	22.23	22.35	21.98	22.30	22.21	21.97
ไขมัน	3.46	6.22	6.18	6.30	6.27	6.33
เยื่อใย	5.03	4.97	5.12	5.16	5.23	4.95
เถ้า	7.15	6.97	7.03	6.95	6.98	7.06
แคลเซียม	0.89	0.87	0.83	0.88	0.85	0.86
ฟอสฟอรัส	0.68	0.65	0.67	0.63	0.66	0.63
พลังงานทั้งหมดในอาหาร (กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมอาหาร)	4025.4	4117.0	4112.9	4120.3	4220.6	4117.1

[1/] กลุ่มทดลอง T1=อาหารควบคุม, T2=อาหารไขมันสูง, T3= อาหารไขมันสูงเสริมเลซิติน 0.50%, T4=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.125%, T5=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.25%, T6=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.50%

ตารางที่ 4.2 คุณค่าโภชนะทางเคมีของอาหารทดลองช่วงไก่ระยะเจริญเติบโต (15 -28 วัน)
(กรัม/100กรัมวัตถุแห้งในอาหาร)

สารอาหาร	กลุ่มทดลอง[1/]					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
โปรตีน	20.32	20.40	20.30	20.42	20.33	20.41
ไขมัน	3.53	6.31	6.29	6.27	6.35	6.28
เยื่อใย	5.11	5.09	4.98	5.00	4.95	5.13
เถ้า	7.10	7.13	7.09	6.97	7.12	7.16
แคลเซียม	0.84	0.87	0.80	0.83	0.87	0.85
ฟอสฟอรัส	0.64	0.63	0.67	0.65	0.60	0.67
พลังงานทั้งหมดในอาหาร (กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมอาหาร)	4125.3	4143.9	4156.3	4143.1	4179.5	4160.7

[1/] กลุ่มทดลอง T1=อาหารควบคุม, T2=อาหารไขมันสูง, T3= อาหารไขมันสูงเสริมเลซิติน0.50%, T4=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.125%, T5=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.25%, T6=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.50%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้ออายุในช่วง 1-4, 1-7, 1-14, 1- 21 และ 1-37 วัน

หัวข้อ	กลุ่มทดลอง[1/]						Pooled SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	44.35	45.13	44.89	45.62	45.27	44.78	0.193
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม/ตัว)	2102.10	2137.43	2179.49	2207.22	2247.69	2195.50	27.577
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว)							
1 – 4 วัน	66.50	69.07	70.16	71.88	71.72	72.51	1.001
1 – 7 วัน	163.58	169.40	171.20	166.67	166.14	166.37	1.291
1 – 14 วัน	490.29	495.20	493.30	489.96	477.32	487.73	2.837
1 – 21 วัน	998.09	1022.00	1041.12	1021.81	999.09	988.78	8.322
1 – 37 วัน	4635.37	4585.26	4257.23	4200.67	4366.69	4512.55	65.122
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)							
1 – 4 วัน	60.22[ab]	63.25[ab]	66.32[a]	61.24[ab]	57.32[b]	58.67[b]	0.979
1 – 7 วัน	134.23	129.46	142.03	131.85	133.31	138.38	1.656
1 – 14 วัน	291.83[ab]	282.80[b]	293.80[ab]	295.00[ab]	302.95[a]	297.92[ab]	2.439
1 – 21 วัน	477.92[ab]	469.98[b]	499.34[ab]	488.94[ab]	506.45[a]	506.44[a]	4.733
1 – 37 วัน	2031.42	2088.77	2105.79	2150.03	2158.55	2128.58	27.389

[1/]กลุ่มทดลอง T1=อาหารควบคุม, T2=อาหารไขมันสูง, T3= อาหารไขมันสูงเสริมเลซิติน 0.50%, T4=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.125%, T5=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.25%, T6=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.50%

[abc] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(P<0.05)*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของไก่เนื้ออายุในช่วง 1-4, 1-7, 1-14, 1- 21 และ 1-37 วัน

หัวข้อ	กลุ่มทดลอง[1/]						Pooled SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร							
1 – 4 วัน	1.110	1.096	1.066	1.184	1.260	1.240	0.028
1 – 7 วัน	1.218	1.310	1.212	1.272	1.256	1.206	0.018
1 – 14 วัน	1.686[ab]	1.752[a]	1.682[ab]	1.662[ab]	1.578[b]	1.638[b]	0.018
1 – 21 วัน	2.094[ab]	2.184[a]	2.088[ab]	2.090[ab]	1.974[b]	1.952[b]	0.024
1 – 37 วัน	2.286[a]	2.196[ab]	2.036[ab]	1.956[b]	2.040[ab]	2.120[ab]	0.040

[1/]กลุ่มทดลอง T1=อาหารควบคุม, T2=อาหารไขมันสูง, T3= อาหารไขมันสูงเสริมเลซิติน 0.50%, T4=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.125%, T5=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.25%, T6=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.50%

[abc] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(P<0.05)*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 **ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อ** pancreatic lipase activity

ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อนของไก่เนื้อในวันที่ 4, 7, 14 และ 21 แสดงในตารางที่ 4.5 พบว่าในวันที่ 4 ของการทดลอง กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อนของไก่ทดลองกลุ่มที่ 1, 3, 4 และ 5 (อาหารควบคุม อาหารเสริมเลซิติน 0.50%, ผงน้ำดีสุกร 0.125% และ ผงน้ำดีสุกร 0.25% ตามลำดับ) มีค่าเท่ากับ 4.706 ± 0.092, 4.711 ± 0.085 , 4.699 ± 0.084 และ 4.912 ± 0.167 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ากลุ่มที่ 2 และ 6 (อาหารไขมันสูงอย่างเดียวและอาหารเสริมผงน้ำดีสุกร 0.50%) ที่มีค่า 3.969 ± 0.145 และ 4.711 ± 0.085 อย่างมีนัยสำคัญ (*P<0.05*) ในวันที่ 7 ของการทดลอง เอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อนมีค่าลดลงในทุกกลุ่มการทดลองเมื่อเทียบกับวันที่ 4 ไก่ทดลองกลุ่มที่ 2 ซึ่งได้รับอาหารไขมันสูงเพียงอย่างเดียวมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อน 3.182 ± 0.110 ซึ่งต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มทดลองอื่น ๆ (*P<0.05*) ในขณะที่ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อนของไก่ทดลองกลุ่มที่ 3 และ 4 (4.356 ± 0.058 และ 4.526 ± 0.064) ยังคงสูงกว่ากลุ่มที่ 6 (3.914 ± 0.277) อย่างต่อเนื่อง (*P<0.05*) เมื่อไก่ทดลองมีอายุ 14 วันซึ่งเป็นช่วงที่ทางเดินอาหารพัฒนาดีขึ้น ค่าเอนไซม์ไลเปสสูงขึ้นเมื่อเทียบกับวันที่ 7 พบว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 3 ที่ได้รับการเสริมเลซินติน มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อน (5.043 ± 0.171) ต่ำกว่ากลุ่มที่ 4 และ 5 ซึ่งได้รับอาหารเสริมผงน้ำดีสุกร(5.992 ± 0.199 และ 6.183 ± 0.104) อย่างชัดเจน (*P<0.05*) และนอกจากนั้นยังพบว่าค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อนของไก่กลุ่มที่ 3 ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ 2 และ 6 (5.003 ± 0.087 และ 5.433 ± 0.200)

สำหรับค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อนของไก่เนื้อในวันที่ 21 ของการทดลอง พบว่าไก่ทดลองในกลุ่มที่ 1 และ 4 มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อนที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (9.023 ± 0.058 และ 8.841 ± 0.166) ซึ่งสูงกว่ากลุ่มที่ 2, 3, 5 และ 6 (7.348 ± 0.129, 7.787 ± 0.129, 7.981 ± 0.368 และ 7.453 ± 0.123) อย่างมีนัยสำคัญ (*P<0.05*) อย่างไรก็ตามพบว่าไก่ที่ได้รับการเสริมผงน้ำดีสุกรที่ระดับ 0.125% และ 0.25% ยังคงมีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อนที่สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันสูงเพียงอย่างเดียว (*P<0.05*)

ตารางที่ 4.5 ผลของผงน้ำดีสุกรต่อกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อนของไก่เนื้อระยะเล็กที่อายุ 4, 7, 14 และ 21 วัน

กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส (µmol/min/mg protein)	กลุ่มทดลอง[1/]					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
วันที่ 4	4.706 [a] ± 0.092	3.969 [b] ± 0.145	4.711 [a] ± 0.085	4.699 [a] ± 0.084	4.912 [a] ± 0.167	4.090 [b] ± 0.136
วันที่ 7	4.212 [ab] ± 0.074	3.182 [c] ± 0.110	4.356 [a] ± 0.058	4.526 [a] ± 0.064	4.111 [ab] ± 0.085	3.914 [b] ± 0.277
วันที่ 14	5.635 [bc] ± 0.184	5.003 [d] ± 0.087	5.043 [d] ± 0.171	5.992 [ab] ± 0.199	6.183 [a] ± 0.104	5.433 [cd] ± 0.200
วันที่ 21	9.023 [a] ± 0.058	7.348 [c] ± 0.129	7.787 [bc] ± 0.129	8.841 [a] ± 0.166	7.981 [b] ± 0.368	7.453 [bc] ± 0.123

[1/] กลุ่มทดลอง : T1: อาหารพื้นฐาน; T2: อาหารไขมันสูง; T3: อาหารไขมันสูงเสริมเลซิติน 0.50%; T4: อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.125%; T5: อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.25%; T6: อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.50%

[2/] Mean ± SD

[abc] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(P<0.05)*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเลือด

ผลของผงน้ำดีสุกรต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเลือดจาก portal vein ของไก่ทดลองทุกกลุ่มในช่วงวันที่ 4, 7, 14 และ 21 แสดงในตารางที่ 4.6, 4.7, 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ ข้อมูลแสดงเป็นกรัมต่อ 100 กรัมของไขมันจำแนกชนิด การคำนวณกรดไขมันอิ่มตัวรวม (saturated Fatty acids, SFA) กรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยว (monounsaturated fatty acids, MUFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ (polyunsaturated fatty acids, PUFA) ทำโดยผลรวมของกรดไขมันที่ไม่มีพันธะคู่ (เช่น C 16:0) กรดไขมันที่มีพันธะคู่เพียง 1 พันธะ (เช่น C 16:1) และกรดไขมันที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 พันธะ (เช่น C 18:2 cis) ตามลำดับ มีการคำนวณอัตราส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันอิ่มตัว (UFA/SFA ratio)

จากตารางที่ 4.6 พบว่าในวันที่ 4 ของการทดลอง ไก่ทดลองกลุ่มที่ 3 ซึ่งได้รับอาหารเสริมเลซิตินมีกรดไขมันอิ่มตัวรวม (33.703 กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน) ต่ำกว่ากลุ่มที่ 5 และ 6 (45.770 และ 47.747 กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ (*P<0.05*) เมื่อพิจารณาไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงน้ำดีสุกรพบว่า ไก่ทดลองกลุ่มที่ 6 มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวรวมสูงกว่ากลุ่มที่ 4 (35.493 กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน) อย่างมีนัยสำคัญ (*P<0.05*) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ 5 (45.777 กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน) (*P>0.05*) โดยพบปริมาณกรดสเตียริก (stearic acid, C18:0) ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัวในเลือดของไก่ทดลองกลุ่มที่ 5 และ 6 (20.167 และ 21.797 กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน ตามลำดับ) สูงกว่ากลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 (11.953, 12.077, 13.590 และ 13.700 กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน ตามลำดับ) (*P<0.05*) เมื่อพิจารณากรดไขมันไม่อิ่มตัวรวม พบว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 3 มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวรวม (66.297) สูงกว่ากลุ่มที่ 5 และ 6 (54.223 และ 52.253 กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน ตามลำดับ) (*P<0.05*) โดยพบว่ากรดโอเลอิค (oleic acid, C18:1) ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวในไก่ทดลองกลุ่มที่ 1, 3, 5 และ 6 (28.663, 37.043, 26.537 และ 27.980 กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน ตามลำดับ) ต่ำกว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 4 (38.280 กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน) (*P<0.05*) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณกรดลิโนเลอิก (linoleic acid, C18:2) หรือโอเมก้า-6 ในไก่ทดลองกลุ่มที่ 4 และ 6 (18.247 และ 16.150 กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน ตามลำดับ) ต่ำกว่ากลุ่มที่ 3 (21.700 กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน) อย่างมีนัยสำคัญ (*P<0.05*)

จากตารางที่ 4.7 พบว่าในเลือดของไก่ทดลองในวันที่ 7 ปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวรวมและกรดไขมันไม่อิ่มตัวรวมของไก่ทดลองทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน (*P>0.05*) อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณกรดปาล์มมิติก (palmitic acid, C16:0) ของไก่ทดลองกลุ่มที่ 3 และ 4 (28.836 และ 28.850 กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน ตามลำดับ) สูงกว่ากลุ่มที่ 1, 2, 5 และ 6 (25.416, 26.496, 26.920 และ 25.200 กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน ตามลำดับ) และพบว่า C18:0 ของไก่ทดลองกลุ่มที่ 2

(17.703 กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน) สูงกว่ากลุ่มที่ 4 (12.580 กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน) อย่างมีนัยสำคัญ (*P<0.05*) นอกจากนี้ยังพบว่า C18:1 ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเลือดของไก่ทดลองกลุ่มที่ 4 (28.477 กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน) สูงกว่าในไก่กลุ่มที่ 1 ซึ่งได้รับอาหารไขมันปกติ (*P<0.05*)

จากตารางที่ 4.8 พบว่าในวันที่ 14 ของการทดลอง ปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวรวมและกรดไขมันไม่อิ่มตัวรวมของไก่ทดลองทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน(*P>0.05*) กรดอะราชิโดนิค(arachidonic acid, C20:4) ในไก่กลุ่มที่ 4 มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับไขมันสูงอย่างเดียว (กลุ่มที่ 2) อย่างมีนัยสำคัญ (*P<0.05*) เช่นเดียวกัน ในวันที่ 21 ของการทดลอง ไม่พบความแตกต่างของปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวรวมและกรดไขมันไม่อิ่มตัวรวมระหว่างไก่ทดลองทุกกลุ่ม (ตารางที่ 4.9) อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณกรดสเตียริค (C18:0) ของไก่ทดลองกลุ่มที่ 6 (21.260 กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน) สูงกว่ากลุ่มที่ 4 (12.135 กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน) อย่างมีนัยสำคัญ (*P<0.05*)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 องค์ประกอบของกรดไขมัน (กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน) ในเลือดจาก portal vein ของไก่เนื้ออายุ 4 วัน

หัวข้อ	กลุ่มทดลอง[1/]						Pooled SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
C14:0	0.246[b]	0.346[ab]	0.406[a]	0.416[a]	0.263[b]	0.270[b]	0.198
C16:0	25.807	26.057	17.660	19.787	23.467	24.250	0.198
C16:1	3.886[a]	2.796[bc]	3.020[b]	4.020[a]	2.080[c]	2.256[c]	0.194
C18:0	11.953[b]	12.077[b]	13.590[b]	13.700[b]	20.167[a]	21.797[a]	1.098
C18:1 cis	28.663[bc]	31.763[abc]	37.043[bc]	38.280[a]	26.537[c]	27.980[c]	1.438
C18:2 cis	23.083[a]	21.083[ab]	21.700[a]	18.247[bc]	20.227[ab]	16.150[c]	0.639
C18:3	0.366[a]	0.333[a]	0.303[ab]	0.316[a]	0.180[c]	0.223[bc]	0.018
C20:2	0.480	0.733	0.796	0.730	0.776	0.710	0.052
C21:0	1.016	1.026	1.180	0.943	1.320	1.173	0.060
C20:4	3.880	3.366	3.430	2.910	4.420	4.936	0.273
C24:0	0.616[ab]	0.413[bc]	0.860[a]	0.646[ab]	0.560[abc]	0.263[c]	0.057
Saturated (SFA)	39.647[abc]	39.923[abc]	33.703[c]	35.493[bc]	45.777[ab]	47.747[a]	1.661
MUFA	32.550[bc]	34.553[abc]	40.063[ab]	42.303[a]	28.623[c]	30.237[c]	1.565
PUFA	27.810[a]	25.523[a]	26.233[a]	22.203[b]	25.603[a]	22.013[b]	0.607
Unsaturated (UFA)	60.353[abc]	60.077[abc]	66.297[a]	64.507[ab]	54.223[bc]	52.253[c]	1.661
UFA/SFA ratio	1.522	1.505	2.167	1.981	1.191	1.097	0.148

[1/]กลุ่มทดลองT1=อาหารควบคุม,T2=อาหารไขมันสูงT3= อาหารไขมันสูงเสริมเลซิติน0.50%, T4=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร0.125%, T5=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร0.25%, T6=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร0.50%

[abc] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(P<0.05)*

ตารางที่ 4.7 องค์ประกอบของกรดไขมัน (กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน) ในเลือดจาก portal vein ของไก่เนื้ออายุ 7 วัน

หัวข้อ	กลุ่มทดลอง[1/]						Pooled SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
C14:0	0.280	1.266	0.923	0.983	0.360	0.313	0.156
C16:0	25.416[b]	26.496[b]	28.836[a]	28.850[a]	26.920[b]	25.200[b]	0.396
C16:1	1.967	2.080	3.270	3.470	1.870	1.997	0.340
C18:0	15.617[ab]	17.703[a]	14.183[ab]	12.580[b]	15.487[ab]	15.303[ab]	0.634
C18:1 cis	24.060[b]	26.177[ab]	26.490[ab]	28.477[a]	27.000[ab]	27.880[ab]	0.538
C18:2 cis	24.440[a]	20.003[b]	19.533[b]	19.423[b]	22.090[ab]	23.217[ab]	0.618
C18:3	0.416[ab]	0.316[ab]	0.806[a]	0.650[ab]	0.336[ab]	0.303[b]	0.068
C20:2	0.813[a]	0.756[ab]	0.530[c]	0.566[bc]	0.696[abc]	0.866[a]	0.037
C21:0	1.426[a]	0.946[b]	0.776[b]	0.843[b]	0.903[b]	1.313[a]	0.066
C20:4	4.753	3.636	4.180	3.363	3.693	3.043	0.221
C24:0	0.810	0.616	0.470	0.800	0.650	0.560	0.055
Saturated (SFA)	43.553	47.033	45.190	44.053	44.313	42.687	0.679
MUFA	26.027[c]	28.257[bc]	29.760[ab]	31.947[a]	28.867[abc]	29.880[ab]	0.568
PUFA	30.423[a]	24.710[b]	25.050[b]	24.000[b]	26.820[ab]	27.433[ab]	0.694
Unsaturated (UFA)	56.447	52.967	54.810	55.947	55.687	57.313	0.679
UFA/SFA ratio	1.297	1.145	1.219	1.276	1.259	1.343	0.031

[1/]กลุ่มทดลองT1=อาหารควบคุม,T2=อาหารไขมันสูงT3= อาหารไขมันสูงเสริมเลซิติน0.50%, T4=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร0.125%, T5=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร0.25%, T6=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร0.50%

[abc] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(P<0.05)*

ตารางที่ 4.8 องค์ประกอบของกรดไขมัน (กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน) ในเลือดจาก portal vein ของไก่เนื้ออายุ 14 วัน

หัวข้อ	กลุ่มทดลอง[1/]						Pooled SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
C14:0	0.480	0.316	0.376	0.363	0.280	0.366	0.030
C16:0	25.737	23.780	25.007	24.520	23.507	23.550	0.407
C16:1	2.153	0.800	1.636	18.810	1.373	0.720	0.196
C18:0	15.880	16.453	16.113	16.520	16.203	18.036	0.291
C18:1 cis	24.210	22.580	25.203	26.627	24.300	20.910	0.804
C18:2 cis	23.697	24.577	13.303	22.070	25.770	25.750	0.689
C18:3	0.500[a]	0.380[ab]	0.306[ab]	0.223[b]	0.410[ab]	0.356[ab]	0.030
C20:2	0.526[c]	0.753[bc]	0.980[ab]	1.080[a]	1.013[ab]	0.620[c]	0.059
C21:0	1.260[b]	1.100[bc]	1.226[bc]	1.603[a]	1.286[b]	1.000[c]	0.051
C20:4	5.020[ab]	8.330[a]	5.223[ab]	4.580[b]	5.163[ab]	7.790[ab]	0.515
C24:0	0.533	0.923	0.630	0.613	0.693	0.900	0.052
Saturated (SFA)	43.897	42.577	43.347	43.613	41.970	43.853	0.328
MUFA	26.360	23.377	26.840	28.437	25.667	21.633	0.977
PUFA	29.747	34.040	29.813	27.953	32.360	34.517	1.091
Unsaturated (UFA)	56.603	57.423	56.653	56.387	58.030	56.147	0.328
UFA/SFA ratio	1.283	1.349	1.307	1.294	1.383	1.282	0.017

[1/]กลุ่มทดลองT1=อาหารควบคุม,T2=อาหารไขมันสูงT3= อาหารไขมันสูงเสริมเลซิติน0.50%, T4=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร0.125%, T5=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร0.25%, T6=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร0.50%

[abc] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(P<0.05)*

ตารางที่ 4.9 องค์ประกอบของกรดไขมัน (กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน) ในเลือดจาก portal vein ของไก่เนื้ออายุ 21 วัน

หัวข้อ	กลุ่มทดลอง[1/]						Pooled SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
C14:0	3.095	1.140	0.300	-	0.425	0.580	0.475
C16:0	30.250	29.465	27.795	23.530	27.225	29.485	1.737
C16:1	2.830	1.070	0.645	0.860	0.695	0.450	0.404
C18:0	13.775[ab]	16.710[ab]	16.525[ab]	12.135[b]	14.775[ab]	21.260[a]	1.143
C18:1 cis	20.130	19.840	21.080	25.340	26.390	18.230	1.651
C18:2 cis	21.155	21.155	24.440	12.330	22.980	19.210	1.552
C18:3	-	-	-	-	-	-	
C20:2	-	-	-	-	-	-	
C21:0	-	0.410[bc]	-	-	0.650[bc]	1.395[a]	0.158
C20:4	6.750	6.155	8.080	3.530	6.115	8.470	0.883
C24:0	2.010	4.060	1.155	2.280	0.735	0.930	0.544
Saturated (SFA)	46.575	48.200	45.235	38.590	50.200	53.640	1.038
MUFA	20.540	24.850	21.320	39.770	21.060	18.680	1.608
PUFA	32.885	26.955	33.445	21.635	28.740	27.680	1.212
Unsaturated (UFA)	53.425	51.800	54.765	61.405	49.800	46.360	2.038
UFA/SFA ratio	1.147	1.081	1.213	1.743	0.995	0.896	0.119

[1/]กลุ่มทดลองT1=อาหารควบคุม,T2=อาหารไขมันสูงT3= อาหารไขมันสูงเสริมเลซิติน0.50%, T4=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร0.125%, T5=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร0.25%, T6=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร0.50%

[abc] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(P<0.05)*

4.5 ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อการย่อยได้ของโภชนะที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย

4.5.1 การย่อยได้ของโปรตีนที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย

การย่อยได้ของโปรตีนที่ลำไส้เล็กส่วนปลายของไก่ทดลองในวันที่ 4, 7, 14 และ 21 แสดงในตารางที่ 4.10 พบว่าในวันที่ 4 ของการทดลองไก่ทดลองกลุ่มที่ 4 และ 1 มีการย่อยได้ของโปรตีน (83.88 และ 80.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกัน (*P>0.05*) เมื่อพิจารณาในกลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันสูงพบว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 2, 3 และ 4 มีการย่อยได้ของโปรตีน (86.41, 85.87 และ 83.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สูงกว่ากลุ่มที่ 5 และ 6 ซึ่งได้รับน้ำดีผงเสริมขนาด 0.25 และ0.5% (77.45 และ 75.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)อย่างมีนัยสำคัญ (*P<0.05*) เช่นเดียวกับวันที่ 4 ในวันที่ 7 ของการทดลอง พบว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 2, 3 และ 4 มีการย่อยได้ของโปรตีน (86.26, 86.10 และ 85.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สูงกว่ากลุ่มที่ 5 และ 6 (74.71 และ 81.98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ (*P<0.05*) แม้ว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไก่ทดลองกลุ่มที่ 5 ซึ่งได้รับอาหารเสริมผงน้ำดีสุกรที่ระดับ 0.25% จะค่อนข้างต่ำ แต่จากผลการทดลองพบว่าไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ 1 (73.61 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งได้รับอาหารไขมันปกติ (*P>0.05*) ในวันที่ 14 ของการทดลองพบว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 2 ซึ่งได้รับอาหารไขมันสูงเพียงอย่างเดียวมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน (58.86 เปอร์เซ็นต์) ต่ำกว่าไก่ทุกกลุ่มทดลอง (*P<0.05*) และยังพบว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 3, 4 และ 6 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีนสูง (83.54, 86.38 และ 83.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) มากกว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 1 (75.49 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญ (*P<0.05*) และเมื่อไก่ทดลองมีอายุ 21 วัน พบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีนของไก่ทดลองกลุ่มที่ 2 (61.13 เปอร์เซ็นต์) ยังคงต่ำที่สุด (*P<0.05*) ในขณะที่ไก่ทดลองกลุ่มที่ 1, 4 และ 5 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน (83.80, 84.98 และ 84.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกัน (*P<0.05*)

4.5.2 การย่อยได้ของไขมันที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย

การย่อยได้ของไขมันที่ลำไส้เล็กส่วนปลายของไก่ทดลองในวันที่ 4, 7, 14 และ 21 แสดงในตารางที่ 4.10 พบว่าในวันที่ 4 ของการทดลอง ไก่ทดลองกลุ่มที่ 2, 3 และ 4 มีการย่อยได้ของไขมัน (86.78, 86.66 และ 84.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สูงกว่ากลุ่มที่ 1, 5 และ 6 (76.91, 78.90 และ 77.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (*P<0.05*) ต่อมาในวันที่ 7 ไก่ทดลองกลุ่มที่ 2, 3 และ 4 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมัน (86.72, 87.19 และ 86.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สูงกว่ากลุ่มที่ 1 และ 5 (65.18 และ 76.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ (*P<0.05*) แต่ไม่ต่างจาก

กลุ่มที่ 6 และเมื่อไก่ทดลองอายุ 14 วัน พบว่าไก่กลุ่มที่ 1 และ 2 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมัน (59.79 และ 61.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ต่ำกว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 3, 4, 5 และ 6 (84.36, 87.11, 82.84 และ 85.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (*P<0.05*) ในวันที่ 21 ของการทดลอง พบว่าเปอร์เซ็น ต์การย่อยได้ของไขมันของไก่ทดลองกลุ่มที่ 2 (68.17 เปอร์เซ็นต์) ยังคงต่ำที่สุด (*P<0.05*) ในขณะที่ไก่ทดลองกลุ่มที่ 4 และ 5 มีเปอร์เซ็น ต์การย่อยได้ของไขมัน (86.95 และ 86.75 เปอร์เซ็น ต์ ตามลำดับ) สูงกว่าทุกกลุ่มทดลอง (*P<0.05*)

4.6 ผลของผงน้ำดีสุกรต่อความเข้มข้นของกรดน้ำดีรวม (Total bile acid concentrations)

ผลของผงน้ำดีสุกรต่อ total bile acid concentrations ในน้ำดีจากถุงน้ำดีและ jejunal content ของไก่เนื้อในวันที่ 4, 7, 14 และ 21 ของการทดลอง แสดงในตารางที่ 4.12 เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของ total bile acid ในถุงน้ำดีของไก่ทดลองทุกกลุ่ม พบว่าในวันที่ 4 ของการทดลอง ปริมาณ total bile acid ในน้ำดีของไก่ทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน (*P>0.05*) ต่อมาในวันที่ 7 พบว่า น้ำดีจากถุงน้ำดีของไก่ทดลองกลุ่มที่ 4 มี total bile acid (5.03 โมลต่อลิตร) สูงกว่ากลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 6 (3.42, 2.87, 3.40 และ 2.44 โมลต่อลิตร) แต่พบว่าไม่แตกต่างกับปริมาณ total bile acid ในน้ำดีของไก่ทดลองกลุ่มที่ 5 (4.66 โมลต่อลิตร) และจากผลการ ทดลองยังพบว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 2 และ 6 (อาหารไขมันสูงและอาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.50%) มีปริมาณ total bile acid ในน้ำดีที่ค่อนข้างต่ำ แต่เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ 1 และ 3 (อาหารไขมันปกติและอาหารไขมันสูงเสริมเลซิติน 0.50%) พบว่าไม่แตกต่างกัน (*P>0.05*) ในวันที่ 14 พบว่าน้ำดีของไก่ทดลองกลุ่มที่ 4 และ 5 ยังคงมีปริมาณ total bile acid (16.24 และ 15.07โมลต่อลิตร) สูงกว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 3, 2, 1 และ 6 (11.48, 9.27, 8.98 และ 5.22 โมลต่อลิตร) อย่างชัดเจน (*P<0.05*) ในขณะที่ปริมาณ total bile acid ในน้ำดีของไก่ทดลองกลุ่ มที่ 1 และ 2 (อาหารไขมันปกติและไขมันสูง ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกัน (*P>0.05*) และพบว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 6 มี total bile acid ต่ำกว่าทุกกลุ่ม (*P<0.05*) เมื่อไก่ทดลองอายุ 21 วัน พบว่า total bile acid ของไก่ทดลองกลุ่มที่ 5 (19.71 โมลต่อลิตร) มีปริมาณที่ต่ำกว่ากลุ่มที่ 4 (22.23 โมลต่อลิตร) (*P<0.05*) โดยไก่ทดลองกลุ่มที่ 5, 3 และ 2 มี total bile acid (19.71, 19.12 และ 19.53 โมลต่อลิตร) ไม่แตกต่างกัน (*P>0.05*) และไก่ทดลองกลุ่มที่ 6 ยังคงมี total bile acid (4.52 โมลต่อลิตร) ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับไก่ทุกกลุ่มทดลอง (*P<0.05*)

ตารางที่ 4.11 แสดงปริมาณ total bile acid ใน jejunal content ของไก่ทดลอง โดยจากผลการทดลองพบว่าในวันที่ 4 ของการทดลอง ไก่ทดลองกลุ่มที่ 5 และ 6 มีปริมาณ total bile acid ใน jejunal content (67.43 และ 90.30 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ) สูงกว่ากลุ่มที่ 1, 2 และ

3 (13.93, 13.51 และ 13.13 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ) อย่างชัดเจน (*P<0.05*) อย่างไรก็ตาม พบว่าปริมาณ total bile acid ใน jejunal content ของไก่ทดลองกลุ่มที่ 4 และ 5 (45.58 และ 67.43 มิลลิโมลต่อลิตร)มีค่าไม่แตกต่างกัน (*P>0.05*) ต่อมาในวันที่ 7 ของการทดลอง พบว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 6 ซึ่งได้รับอาหารที่มีการเสริมผงน้ำดีสุกรในระดับที่สูงที่สุด (0.50%) มีปริมาณ total bile acid ใน jejunal content (83.28 มิลลิโมลต่อลิตร) สูงกว่ากลุ่มที่ 5, 4, 3, 1 และ 2 ตามลำดับ (57.35, 44.69, 4.20, 3.87 และ 3.23 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ) และยังพบว่า jejunal content ไก่ทดลองกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ไม่มีการเสริมผงน้ำดีสุกร มีปริมาณ total bile acid ค่อนข้างต่ำไม่แตกต่างกัน (*P>0.05*) โดยในวันที่ 14 ของการทดลอง พบว่าปริมาณ total bile acid ใน jejunal content ของทุกกลุ่มทด ลองเป็นไปในทิศทางเดียวกับวันที่ 7 อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบไก่ทดลองกลุ่มที่1, 2 และ 3 ซึ่งได้รับอาหารที่ไม่มีการเสริมผงน้ำดีสุกร ในวันที่ 21 ของการทดลอง พบว่า ใน jejunal content ของไก่ทดลองกลุ่มที่ 2 (13.93 มิลลิโมลต่อลิตร) มีปริมาณ total bile acid ต่ำกว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ 1 และ 3 (26.84 และ 26.47 มิลลิโมลต่อลิตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P<0.05*)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 ผลของผงน้ำดีสุกรต่อการย่อยได้ของโภชนะที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย[1] (%, วัตถุแห้ง) ในไก่เนื้อระยะเล็ก

หัวข้อ	กลุ่มทดลอง [1/]						Pooled SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมัน (% Fat digestibility)							
วันที่ 4	76.91 [b]	86.78 [a]	86.66 [a]	84.82 [a]	78.90 [b]	77.39 [b]	0.889
วันที่ 7	65.18 [d]	86.72 [ab]	87.19 [a]	86.33 [ab]	76.36 [c]	83.86 [b]	1.522
วันที่ 14	59.79 [b]	61.61 [b]	84.36 [a]	87.11 [a]	82.84 [a]	85.22 [a]	2.193
วันที่ 21	82.31 [b]	68.17 [c]	81.17 [b]	86.95 [a]	86.75 [a]	83.48 [b]	1.216
เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน (% Protein digestibility)							
วันที่ 4	80.96 [b]	86.41 [a]	85.87 [a]	83.88 [ab]	77.45 [c]	75.05 [c]	0.891
วันที่ 7	73.61 [c]	86.26 [a]	86.10 [a]	85.09 [a]	74.71 [c]	81.98 [b]	1.023
วันที่ 14	75.49 [c]	58.86 [d]	83.54 [ab]	86.38 [a]	82.00 [b]	83.94 [ab]	1.782
วันที่ 21	83.80 [ab]	61.13 [d]	77.89 [c]	84.98 [a]	84.15 [ab]	81.20 [b]	1.581

[1/]กลุ่มทดลอง T1=อาหารควบคุม, T2=อาหารไขมันสูง, T3= อาหารไขมันสูงเสริมเลซิติน 0.50%, T4=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.125%, T5=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.25%, T6=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.50%

[abc] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(P<0.05)*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 ผลของผงน้ำดีสุกรต่อ total bile acid concentrations จากถุงน้ำดีและตัวอย่าง jejunal content ในวันที่ 4, 7, 14 และ 21 ของการทดลอง

หัวข้อ	กลุ่มทดลอง [1/]						Pooled SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
total bile acid จากถุงน้ำดี (โมล/ลิตร)							
วันที่ 4	2.61	3.08	2.69	2.73	3.66	1.67	0.275
วันที่ 7	3.42^{bc}	2.87^{c}	3.40^{bc}	5.03^{a}	4.66^{ab}	2.44^{c}	0.273
วันที่ 14	8.98^{c}	9.27^{c}	11.48^{b}	16.24^{a}	15.07^{a}	5.22^{d}	0.933
วันที่ 21	17.06^{c}	19.53^{b}	19.12^{b}	22.23^{a}	19.71^{b}	4.52^{d}	1.419
total bile acid จาก jejunal content (มิลลิโมล/ลิตร)							
วันที่ 4	13.93^{c}	13.51^{c}	13.13^{c}	45.58^{b}	67.43^{ab}	90.30^{a}	7.737
วันที่ 7	3.87^{d}	3.23^{d}	4.20^{d}	44.69^{c}	57.35^{b}	83.28^{a}	7.561
วันที่ 14	13.43^{d}	16.09^{d}	14.15^{d}	43.64^{c}	60.36^{b}	67.32^{a}	5.480
วันที่ 21	26.84^{d}	13.93^{e}	26.47^{d}	37.68^{c}	51.65^{b}	65.95^{a}	4.215

[1/]กลุ่มทดลอง T1=อาหารควบคุม, T2=อาหารไขมันสูง, T3= อาหารไขมันสูงเสริมเลซิติน 0.50%, T4=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.125%, T5=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.25%, T6=อาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีสุกร 0.50%

[abc] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(P<0.05)*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

วิจารณ์และสรุป

การให้อาหารที่มีไขมันสูงมีข้อจำกัดในสูตรอาหารระยะแรกของไก่เนื้อ เนื่องจากระบบทางเดินอาหารยังมีพัฒนาการที่ไม่สมบูรณ์เต็มที่ ระดับไขมันหยาบในสูตรอาหารไก่เนื้อระยะแรกจึงจำกัดที่ 3-4% ของสูตรอาหาร อย่างไรก็ตามเนื่องจากการพัฒนาสายพันธุ์ไก่เนื้อที่ทำให้มีการเจริญเติบโตเร็ว อัตราแลกเนื้อดี (high yield broilers) จึงต้องมีการพัฒนาสูตรอาหารให้ดีขึ้น Baiao และ Lara (2005) รายงานว่าการให้อาหารไขมันสูงในไก่เนื้อระยะแรกมีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นในวันที่ 21 ของการเลี้ยง การเพิ่มระดับไขมันในอาหารไก่เนื้อโดยใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นแหล่งไขมันจึงเป็นที่สนใจเนื่องจากเป็นไขมันที่หาได้ง่าย มีราคาไม่แพงมาก อีกทั้งน้ำมันปาล์มมีกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณที่สูงกว่าน้ำมันพืชอื่นๆ เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดอกทานตะวัน เป็นต้น จึงมีผลในการเพิ่มระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ในส่วนของไขมันมากขึ้น เพิ่มความน่ากินของอาหารและมีผลทำให้ไขมันของไก่เนื้อมีความคงตัวมากขึ้นเนื่องจากกระบวนการ oxidation และ peroxidation ในเนื้อเยื่อไขมันที่น้อยลงจากการใช้กรดไขมันอิ่มตัวเมื่อเทียบกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ หรือกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยวที่มีมากในน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ (Lemieux *et al.,* 2010) ซึ่งเป็นที่ทราบดีว่าการย่อยและดูดซึมไขมันจำเป็นต้องอาศัยกรดน้ำดีและเอนไซม์ย่อยไขมันที่สร้างจากตับอ่อน ซึ่งการสร้างและการหลั่งน้ำดีและน้ำย่อยจากตับอ่อนยังมีปริมาณต่ำในไก่เนื้ออายุน้อยกว่า 14 วัน ดังนั้นเมื่อต้องมีการเพิ่มระดับไขมันในอาหารจะมีการเสริม emulsifier จากพืช เช่น เลซิติน เพื่อช่วยในการแตกตัวของไขมันได้ดีขึ้นและส่งผลให้การย่อยไขมันดีขึ้นตามลำดับ แต่เนื่องจาก emulsifier จากพืชมักมีข้อจำกัดในการสร้าง micelle กับกรดไขมันชนิดต่างๆ และกลีเซอรอลในทางเดินอาหาร การใช้น้ำดีสุกรซึ่งมีทั้ง bile acid และเลซิติน เสริมในอาหารไก่เนื้อที่มีไขมันสูง ทดแทน emulsifier จากพืชจึงน่าจะเป็นประโยชน์ในอุตสาหกรรมทั้งการผลิตสุกรและการผลิตไก่เนื้อ เนื่องจากเป็นการใช้ส่วนเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมหนึ่งเพื่อเพิ่มการผลิตกับอีกอุตสาหกรรมหนึ่งได้ โดยน้ำดีสุกรที่เตรียมจากกระบวนการ freeze dried ในการทดลองนี้มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีเหลือง มี pH อยู่ระหว่าง 7.28-8.64 และตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์รวมในระดับที่ต่ำมาก (10^1 cfu/ml) สามารถใช้เติมในอาหารผง (topping on feed) และจากการวิเคราะห์ total bacterial count พบว่ามีระดับต่ำสามารถใช้เสริมในอาหารไก่ได้ โดยในการศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์การใช้น้ำดีสุกรผงในบริบทของสรีรวิทยาการย่อยไขมันและการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันชนิดต่างๆ ในเลือดที่ไปยังตับไก่เนื้อ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตในช่วง 1-21 วัน ที่มีการเสริมผงน้ำดี 3 ระดับ เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันต่ำ กลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันสูง และ กลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันสูงและเสริมด้วยเลซิตินที่ใช้ในอุตสาหกรรม

5.1 ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในไก่เนื้อระยะเล็ก

จากผลการศึกษาผลการเสริมผงน้ำดีสุกรในอาหารไก่เนื้อระยะเล็กครั้งนี้ ใช้ไก่เนื้ออายุ 1 วัน และมีน้ำหนักเริ่มต้นไม่แตกต่างกัน จากการทดลองไม่พบความแตกต่างทางสถิติด้านปริมาณการกินอาหารของไก่ทุกช่วงการทดลอง โดย Adrizal และ Ohtani (2002) พบว่าปริมาณการกินอาหารของไก่เนื้อในช่วง 1-21 วัน ขึ้นอยู่กับระดับพลังงานในอาหาร เนื่องจากระดับพลังงานทั้งหมดในอาหารทดลองทั้ง 2 ระยะไม่แตกต่างกัน ไก่จึงมีปริมาณการกินที่ไม่ต่างกัน ในช่วง 4 วันแรกไก่ที่ได้รับอาหารไขมันสูงเสริมเลซิตินมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำดีปานกลางและสูง (0.25 และ 0.5 % ตามลำดับ) เนื่องจากในระดับเลซิตินที่สูงกว่า โดยเลซิตินจากถั่วเหลืองมีผลในการเพิ่มการใช้ประโยชน์จากไขมันและโปรตีนในอ าหาร (Mossb *et al.,* 2000) อย่างไรก็ตามในช่วงวันที่ 1-14 ของการทดลอง ไก่กลุ่มที่ได้รับน้ำดีปานกลาง มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับอาหารไขมันสูงอย่างเดียว ($P<0.05$) ต่อมาช่วง 1-21 วันพบว่าน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อทุกกลุ่มเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับวันที่ 14 กลุ่มที่ได้รับผงน้ำดีสุกรปานกลางและสูงในอาหารยังคงมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มอาหารไขมันสูงเพียงอย่างเดียว ($P<0.05$) แสดงถึงประสิทธิภาพของน้ำดีผงในการเพิ่มน้ำหนักตัวไก่ สอดคล้องกับรายงานของ Garlich และ Nesheim (1965) ที่พบว่าการใช้ประโยชน์จากไขมันในอาหารที่เพิ่มขึ้นเมื่อเสริม bile salts สังเคราะห์ อย่างไรก็จากการศึกษาของ Gomez และ Polin (1976) พบว่าประโยชน์ของ exogenous bile เกิดขึ้นไม่แน่นอนทั้งนี้ขึ้นกับอายุของไก่ เนื้อด้วย อย่างไรก็ตามการเสริม bile acid ในอาหารไก่เนื้อระยะเล็กมีผลทำให้ไก่มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าการเสริมเอนไซม์ไลเปสและไซลาเนส (Adrizal and Ohtani, 2002) เมื่อพิจารณาอัตราแลกเนื้อของไก่ พบว่าในช่วง 4 และ 7 วันแรก ปริมาณไขมันในอาหารไม่มีผลต่ออัตราการแลกเนื้อ ของไก่เนื้อ ($P>0.05$) ในขณะที่ช่วง 1–14 วัน การเสริ มผงน้ำดีสุกรที่ระดับปานกลางและสูงในอาหารไขมันสูง มีผลช่วยเพิ่ม อัตราการแลกเนื้อ ($P<0.05$) และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับในช่วง1-21 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับ อัตราการแลกเนื้อของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารไขมันสูงเพียงอย่างเดียว ($P<0.05$) ซึ่งตลอดการทดลอง 1-14 และ 1-21 วัน พบว่า ไก่ที่ได้รับอาหารไขมันสูงมีแนวโน้มที่จะให้อัตราการแลกเนื้อที่สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุม ($P>0.05$) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มที่เสริมน้ำดีระดับปานกลางและสูง ($P<0.05$) แสดงให้เห็นว่าน้ำดีสุกรมีประสิทธิภาพช่วยให้การใช้ประโยชน์จากอาหารดี ขึ้นและไม่แตกต่างจากเลซิติน การที่เป็นเช่นนี้แสดงให้เห็นว่าน้ำดีมีประสิทธิภาพทัดเทียมกับเลซิติน

เมื่อใช้ในระดับต่ำ และมีประสิทธิภาพสูงกว่าเมื่อใช้ในระดับปานกลางและสูง เช่นเดียวกับรายงานของ Garlich และ Nesheim (1965) และ Hertrampf (2001) ในช่วง 1-37 วัน ไม่พ บความแตกต่างระหว่างการใช้เลซิตินกับน้ำดี รวมทั้งการใช้ไขมันระดับสูงและต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นช่วงที่ไก่มีพัฒนาการของทางเดินอาหารที่สมบูรณ์ของไก่เนื้อ (Noy and Sklan, 1999)

5.2 **ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อ** pancreatic lipase activity

การวิเคราะห์หา pancreatic lipase activity เป็นการวิเคราะห์โดยการบดเนื้อเยื่อตับอ่อนที่เก็บจากตัวอย่างไก่ในวันที่มีการเก็บตัวอย่าง content จากลำไส้ ซึ่งจะแตกต่างจากการทดลองทางสรีรวิทยาในไก่ที่มักจะหา pancreatic secretion โดยสอดท่อเข้าไปใน pancreatic duct เพื่อวัดปริมาณน้ำย่อยจา กตับอ่อนโดยตรง (Caple *et al.,* 1978; Bosc-Bierne *et al.,* 1984) lipase activity ที่วัดในการทดลองนี้จึงบ่งชี้ถึง activity ในช่วงวันที่เก็บตัวอย่าง ที่มีผลจากอาหารที่กินก่อนการเก็บตัวอย่าง ไม่ได้บ่งชี้ถึงปริมาณเอนไซม์ในลำไส้หรือ activity ที่เกิดขึ้นในลำไส้โดยต รง ดังนั้น lipase activity ที่สูงขึ้นในการทดลองนี้จึงอาจบ่งชี้ถึงการสร้างและการขับหลั่งที่เพิ่มขึ้น หรืออาจบ่งชี้ว่ามีการสร้างเพิ่มขึ้นแต่อาจไม่มีการขับหลั่งแต่มีการเก็บไว้ในตับอ่อนก็ได้

จากผลการทดลองพบว่า lipase activity ของทุกกลุ่มทดลองมีค่าลดลงเล็กน้อย ในวันที่ 7 เมื่อเทียบกับวันที่ 4 นอกจากนี้ยังพบว่า lipase activity ในวันที่ 14 สูงกว่าวันที่ 7 และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 21 ของการทดลอง ซึ่งผลการทดลอง สอดคล้องกับข้อมูลของ Krogdahl และ Sell (1989) อย่างไรก็ตาม Noy และ Sklan (1997) รายงานว่าในไก่เนื้อ ปริมาณเอนไซม์ไลเปสที่หลังต่อ 1 กรัมอาหารที่กิน จะคงที่ตั้งแต่วันที่ 1-10 หลังฟักและจะลดลงในวันที่ 14 Baiao และ Lara (2005) รายงานว่า pancreatic secretion จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีปริมาณไขมันบริเวณลำไส้เล็กส่วน duodenum มากขึ้น เนื่องจากไขมันจะกระตุ้นการหลั่งเอนไซม์ CCK-PZ จากเซลล์เยื่อบุของลำไส้เล็กส่วนต้น ซึ่งมีผล ในการหลั่งน้ำดีจากถุงน้ำดีและน้ำย่อยจากตับอ่อน แต่เมื่อพิจารณาข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.5 โดยเปรียบเทียบ pancreatic lipase activity ของไก่ที่ได้รับอาหารไขมันปกติ (กลุ่มที่ 1) กับอาหารไขมันสูง(กลุ่มที่ 2) เห็นได้อย่างชัดเจนว่า lipase activity ในกลุ่มอาหารไขมันปกติสูงกว่ากลุ่มอาหารไขมันสูงในทุกช่วงทดลอง ($P<0.05$) จึงอาจเป็นไปได้ว่า แม้ว่าไก่ในกลุ่มที่ 2 จะมีไขมันที่มีปริมาณมากกว่า แต่มี lipase activity ต่ำกว่า กลุ่มที่ 1 ซึ่งมีปริมาณไขมันในลำไส้ต่ำกว่า (ปริมาณอาหารที่กินไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มที่ 1 มีระดับไขมันในอาหารต่ำกว่า) อาจเป็นไปได้ว่า lipase ในไก่กลุ่มที่ 1 อาจขับหลั่งเข้าไปใน lumen ของ duodenum น้อย เนื่องจากไขมันมีน้อยในทางเดินอาหาร ทำให้มีการสะสมในตับอ่อนมากในวันที่เก็บตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันสูงเท่ากันในกลุ่มที่ 2-6 คือเสริมเลซิติน 0.50% ผงน้ำดีสุกร

0.125% 0.25% และ 0.50% ตามลำดับ พบว่า ในวันที่ 4 และ 7 เลซิตินและน้ำดีผงระดับต่ำและปานกลางมีผลช่วยปรับปรุง lipase activity ให้สูงขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับกลุ่มอาหารไขมันสูงอย่างเดียว ($P<0.05$) เช่นเดียวกับรายงานของ Adrizal และ Ohtani (2002) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าการแตกตัวของไขมัน (emulsification of fat droplet) ในไก่ทั้ง 3 กลุ่ม มีผลทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวของไขมันในลำไส้เล็กส่วนต้น และกระตุ้นให้มีการสร้างและขับหลั่ง pancreatic lipase เพิ่มขึ้น ซึ่งกลไกดังกล่าวนี้ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด ไก่กลุ่มที่ 6 ซึ่งได้รับน้ำดีระดับสูง มีระดับ lipase activity ลดต่ำลงกว่ากลุ่มที่ 4 และ5 อย่างชัดเจน ซึ่งจากรายงานของ Bosc-Bierne และคณะ (1984) พบว่าระดับ bile salt ที่เพิ่มขึ้นในทางเดินอาหารจะยับยั้งการสร้างและการขับหลั่ง lipase จากตับอ่อนไก่ นอกจากนี้ endogenous bile salt ที่เพิ่มสูงเมื่อไก่ ระยะเจริญเติบโต รวมกับน้ำดีสุกรในระดับสูง อาจทำให้ปริมาณน้ำดีในทางเดินอาหารมีปริมาณสูงเกินไปเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับน้ำดีต่ำและปานกลางซึ่งอาจเหมาะสมกว่า ซึ่งเห็ นได้ชัดเจนขึ้นในวันที่ 14 และ 21 ของการทดลองที่ lipase activity ในกลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันสูงร่วมกับน้ำดีระดับต่ำจะมีปริมาณน้ำดีสูงสุดใกล้เคียงกับกลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันต่ำ ในวันที่ 14 ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมเลซิตินและน้ำดีผงในระดับเดียวกัน (0.50%) มี lipase activity ในระดับที่ค่อนข้าง ต่ำใกล้เคียง กับกลุ่ม อาหารไขมันสูง ในขณะที่กลุ่มที่เสริมผงน้ำดีสุกร 0.125% 0.25% ยังคงอยู่ในระดับสูงกว่ากลุ่มอื่น ($P<0.05$) เมื่อไก่เนื้อมีอายุ 21 วัน เริ่มเข้าสู่ระยะเจริญเติบโต พบว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมเลซิติน 0.50% ผงน้ำดีสุกร 0.25% และ 0.50% มี lipase activity ต่ำลง กว่ากลุ่มที่ได้รับผงน้ำดีสุกร 0.125% อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น ($P<0.05$) จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าในวันที่ 21 ผงน้ำดีสุกร 0.125% ยังคงช่วยปรับปรุง lipase activity จากตับอ่อนในไก่ที่ได้รับอาหารไขมันสูงให้ดีขึ้น ในการใช้อาหารไขมันสูงการเสริมน้ำดีในปริมาณที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มการสร้างและขับหลั่งไลเปสจากตับอ่อนได้

5.3 **ผลของผงน้ำดีสุกรต่อ** total bile acid concentrations

การวิเคราะห์หา total bile acid ใน jejunal content (ที่ freeze dried) และในน้ำดีซึ่งวิเคราะห์โดยการเจาะดูดน้ำดีจากถุงน้ำดีที่เก็บจากไก่ในวันที่เก็บตัวอย่าง ทั้งนี้เนื่องจากเป็นการทดลองในไก่เนื้อระยะเล็กปริมาณน้ำดีในถุงน้ำดีค่อนข้างน้อย ยากต่อการวัดปริมาตร ดังนั้น total bile acid จากถุงน้ำดีจึงเป็นค่าความเข้มข้น (โมลต่อลิตร) ซึ่งไม่บ่งชี้ถึงกิจกรรมการทำงาน ของ bile acid และปริมาณที่หลั่งไปในลำไส้เล็กส่วนต้น จากข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.11 พบว่า total bile acid ใน jejunal content มีความเข้มข้นที่ต่ำกว่า (มิลลิโมลต่อลิตร) total bile acid ในน้ำดีจากถุงน้ำดี (โมลต่อลิตร) ค่อนข้างมาก อีกทั้งยังเห็นได้ชัดเจนว่าการเสริมน้ำดีสุกรมีผลเพิ่มความเข้มข้นของ total bile acid ใน jejunal content ของไก่กลุ่มที่ 4, 5 และ 6 โดยความเข้มข้นจะ

เพิ่มขึ้นตามระดับของผงน้ำดีที่เสริมในอาหาร จึงพบว่ากลุ่มที่ 6 มีความเข้มข้นของ total bile acid สูงสุดในทุกวันที่เก็บตัวอย่าง ทั้งนี้เนื่องจาก มีการรวมกันของ endogenous bile acid และ exogenous bile acid เมื่อพิจารณาในกลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันสูงเสริมเลซิติน จะเห็นว่ามีปริมาณ total bile acid ในระดับที่มีไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่มีไขมันปกติและกลุ่มควบคุมที่มีไขมันสูง ในช่วง 14 วันแรก แสดงว่าเลซิตินที่เป็น exogenous emulsifier ไม่มีผลกระตุ้นหรือยับยั้งการขับหลั่ง bile acid จากตับหรือปริมาณ bile acid ที่หลั่ง รวมถึงความเข้มข้นของ total bile acid ใน jejunal content อย่างไรก็ตามจากการทดลองจะเห็นว่าความเข้มข้นของ total bile acid ใน jejunal content ในกลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันสูงลดต่ำลงในวันที่ 21 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Mathlouthi และคณะ (2002) ที่พบว่าไก่ที่ได้รับอาหารที่มีไขมันจากสัตว์ซึ่งมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสูง มีผลทำให้ความเข้มข้นของ total bile content ลดลงเมื่อไก่อายุ 22 วัน ในกลุ่มที่ 1-3 ในวันที่ 7 มีค่าความเข้มข้นของ total bile content ลดลงต่ำกว่าในวันที่ 4 และ 7 อาจเป็นผลจากปริมาณน้ำดีที่ขับออกมามีปริมาณสูงขึ้น ทำให้เกิดการเจือจางของ total bile acid ในวันที่ 7 มีการสร้างลดลงเมื่อเทียบกับวันที่ 4 และเพิ่มกลับเป็นปกติในวันที่ 14 Noy และ Sklan (1997) กล่าวว่าการหลั่งน้ำดีในไก่เนื้อจะมีปริมาณต่ำหลังฟัก และจะเพิ่มสูงขึ้นจนไก่อายุ 21 วัน จากนั้นจะลดลง ปริมาณน้ำดีที่หลั่งจะเพิ่มสูงขึ้น 2 เท่า ในวันที่ 4 เทียบกับวันที่ 7 และเพิ่มอีกเล็กน้อยภายหลังจากนั้น

เมื่อพิจารณา total bile acid ในน้ำดีจากถุงน้ำดีพบว่า การเสริมน้ำดีสุกรในระดับต่ำและปานกลางมีผลในการเพิ่มความเข้มข้นของ total bile acid ในน้ำดีของไก่ในวันที่ 7, 14 ของการทดลอง ในขณะที่กลุ่มที่ 6 มีความเข้มข้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญในเกือบทุกวันที่เก็บตัวอย่าง การเพิ่มขึ้นของ total bile acid ใน jejunal contents ที่สูงเกินไปอาจมีผลในการลด enterohepatic circulation ซึ่งเป็นการนำ bile acid กลับไปยังตับเพื่อสร้าง bile salt ใหม่ โดยเกิดขึ้นที่ลำไส้เล็กส่วน ileum ด้วยกระบวนการ active transport (Glasser *et al.,* 1965; Lucke *et al*., 1978) ในวันที่ 21 ของการทดลอง พบว่าความเข้มข้นของ total bile acid ในน้ำดีของไก่ที่ได้รับอาหารไขมันสูงมีค่าสูงกว่าไก่ที่ได้รับอาหารไขมันปกติ แสดงว่าไขมันในอาหารมีการกระตุ้นการหลั่ง bile acid ที่สร้างจากตับอย่างต่อเนื่อง สิ่งที่เป็นตัวกำหนดการสร้างคือปริมาณ bile acid ใน jejunal content จึงเป็นไปได้ว่าหาก total bile acid ใน jejunal content สูงเกินไปอาจมีผลทำให้ total bile acid concentrations ในน้ำดีจะต่ำ ซึ่งต้องมีการศึกษาต่อไป

5.4 ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อการย่อยได้ของโภชนะที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย

ในการทดลองนี้ทำการวัดการย่อยได้ของโปรตีนและไขมันที่ลำไส้เล็กส่วน ileum โดยใช้ acid insoluble ash (AIA) เป็น insoluble marker (Angkanaporn, 1996) ปริมาณของ AIA ใน ileal digesta ที่เพิ่มสูงขึ้น มีผลในการเพิ่มการย่อยได้ของสารอาหาร เนื่องจากการทดลองในครั้งนี้จะใช้น้ำมันปาล์มดิบซึ่งประกอบไปด้วย saturated fatty acid เป็นส่วนใหญ่มาเป็นแหล่งไขมันในสูตรอาหาร ซึ่ง Wiseman และ Lessire (1987) รายงานว่า saturated fatty acid มีความสามารถในการฟอร์มตัวกับ bile salt เป็น micelles ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากมีความเป็นขั้ว (polarity) ต่ำ ในขณะที่ monoglycerides และ long chain unsaturated fatty acid สามารถฟอร์มตัวกับ bile salt ได้เป็น micelles ได้อย่างรวดเร็ว จึงทำให้การย่อยได้และการดูดซึมไขมันในอาหารประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเกิดขึ้นดีกว่าอาหารที่ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว แต่จากผลการทดลองพบว่า การย่อยได้ของไขมันในวันที่ 4 และ 7 ของการทดลอง ในไก่กลุ่มที่ 2 3 และ 4 มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับไขมันต่ำและกลุ่มที่ได้รับน้ำดีในระดับปานกลางและสูงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลที่ได้ไม่สอดคล้องกับระดับ lipase activity ทั้งนี้ยังไม่สามารถหาเหตุผลมาอธิบายได้ อย่างไรก็ตาม การย่อยได้ของไขมันทุกกลุ่มมีค่าสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การย่อยได้ของไขมันในกลุ่มที่ได้รับน้ำดีระดับต่ำและปานกลางยังคงมีค่าสูงในทุกช่วงของการเก็บตัวอย่างและสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำดีในระดับสูง (0.50%) เล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเสริม bile acid ในอาหารไก่เนื้อช่วง 14 วัน ซึ่งนอกจากจะมีผลช่วยเพิ่ม pancreatic lipase activity มีผลต่อการย่อยได้ของไขมันที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการย่อยได้ของโปรตีน (Adrizal and Ohtani, 2002) เห็นได้ชัดว่าไก่กลุ่มที่ได้รับไขมันระดับสูง จะมีการย่อยได้ของไขมันลดลงอย่างมากในวันที่ 14 และ 21 เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับไขมันต่ำและกลุ่มที่ได้รับน้ำดีทุกกลุ่ม Noy และ Sklan (1997) พบว่า true fat digestibility ของน้ำมันที่มีกรดไขในไม่อิ่มตัวสูงที่อายุ 4 วัน มีค่ามากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ การที่การย่อยได้ของไขมันในการทดลองนี้มีค่าต่ำอาจเป็นเพราะสัดส่วนของน้ำมันที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัวซึ่งย่อยได้ยากกว่า ในช่วงแรกที่ไก่กินอาหารยังไม่มากอาจยังไม่เห็นผลชัดเจน เมื่อไก่กินอาหารมากขึ้นในวันที่ 14 และ 21 lipase activity ในกลุ่มที่ได้ไขมันสูงอย่างเดียวจะค่อนข้างต่ำกว่ากลุ่มอื่น (ตารางที่ 4.5) รวมถึง total bile acid ที่ไม่เพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 21 เมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น (ตารางที่ 4.11) ทำให้การย่อยได้ของไขมันค่อนข้างต่ำมากและมีผลต่อการเจริญเติบโตในช่วงวันที่ 21 ทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ (ตารางที่ 4.3) การย่อยได้ของโปรตีนที่ลำไส้เล็กส่วน ileal มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการย่อยไขมัน ในช่วงแรก การย่อยโปรตีนมีค่าต่ำในกลุ่มที่ได้รับน้ำดีในระดับปานกลางและสูง แต่ในวันที่ 14 และ 21 ของการทดลอง ไก่กลุ่มที่ 2 มีการย่อยได้ของโปรตีนต่ำมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณไขมันที่สูงโดยไม่มีตัวช่วยทำให้ไขมันแตกตัว

5.5 ผลการเสริมผงน้ำดีสุกรต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเลือด

การวิเคราะห์กรดไขมันในตัวอย่างพลาสมาที่ได้จาก portal blood มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารเสริมทั้งน้ำดีสุกรผงและเลซิติน ต่อสัดส่วนและชนิดของไขมันก่อนเข้าสู่ตับของไก่ เป็นที่ทราบดีว่าไก่เป็นสัตว์ที่มี lacteal duct ที่พัฒนาไม่ดี ทำให้อาหารไขมันจะถูกดูดซึมในรูป VLDL เข้าสู่ตับโดยผ่าน portal vein ไม่ผ่านท่อน้ำเหลืองเหมือนกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Baiao and Lara, 2005) การวัดกรดไขมันที่ portal blood จึงเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีของกระบวนการย่อยและดูดซึมไขมันในการทดลองนี้ มากกว่าการวัดปริมาณกรดไขมันในเลือดดำที่ปีกหรือคอ เนื่องจากกรดไขมันจะถูกเปลี่ยนแปลง และ metabolized จากตับและเนื้อเยื่อไขมันแล้ว เนื่องจากในการทดลองนี้ไม่ได้วัดปริมาณกรดไขมันจำแนกชนิดในตัวอย่างน้ำมันปาล์มดิบที่ใช้ จึงใช้ข้อมูลของ Sangwichien และคณะ (2005) ซึ่งวิเคราะห์น้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทยเพื่ออ้างอิงในการวิจารณ์ผล พบว่าในน้ำมันปาล์มดิบมีสัดส่วนของกรดไขมันจำแนกชนิด (กรัมต่อ 100 กรัมไขมัน) ต่อไปนี้ C 14:0 1.50, C 16:0 46.63, C 16:1 0.19, C 18:0 3.92, C 18:1 cis 36.42, C 18:2 cis 8.89, C 18:3 0.28 และ C 21:0 0.20% โดยไม่พบ C 20:2 และ C 20:4 ระดับและสัดส่วนของกรดไขมันในเลือดที่เข้าสู่ตับจะแตกต่างจากที่วิเคราะห์ในน้ำมันปาล์มดิบ อาจเป็นผลจากส่วนของกรดไขมันอื่นจากองค์ประกอบของอาหารอื่นๆ เช่น ถั่วอบไขมันเต็ม ถั่วเหลือง เป็นต้น โดยพบกรดไขมันทุกตัวข้างต้นโดยเฉพาะกรดโอเลอิค (C 18:0) กรดลิโนเลอิค (omega-6, C 18:2 cis) และกรดปาล์มมิโตเลอิค (C 16:1) ในปริมาณที่สูงขึ้นกว่าในน้ำมันปาล์มดิบค่อนข้างมาก เมื่อพิจารณาจากกรดไขมันแยกชนิดในแต่ละช่วง พบว่าในวันที่ 4 กลุ่มที่ได้รับน้ำดีปานกลางและสูงมีผลเพิ่มกรดไขมันอิ่มตัวรวมใน portal blood สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ส่วนปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในทั้ง 2 กลุ่มนี้ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างชัดเจน ในขณะที่การดูดซึมกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายเดี่ยวจะสูงในกลุ่มที่ได้รับเลซิตินและกลุ่มที่ได้รับน้ำดีในระดับต่ำ การเสริมน้ำดีในระดับสูงช่วยเพิ่มการดูดซึมกรดไขมันอิ่มตัวในไก่เนื้ออายุ 4 วันได้ น่าจะเป็นผลจาก bile acid ที่ช่วยในการแตกตัวและสร้าง micelle ส่งผลให้อัตราส่วนของ UFA:SFA ลดลงแต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มอื่น

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าการเสริมผงน้ำดีสุกรที่ระดับต่ำในอาหารไขมันสูงที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นแหล่งไขมัน มีผลช่วยเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อน ช่วยเพิ่มความเข้มข้นของกรดน้ำดีรวมในน้ำดี เป็นผลทำให้การย่อยได้ของโปรตีนและไขมันในไก่ระยะเล็กสูงขึ้น สามารถดูดซึมกรดไขมันอิ่มตัวซึ่งให้พลังงานสูงไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นอย่างชัดเจน จึงทำให้ไก่เนื้อระยะเล็กที่ได้รับอาหารไขมันสูงเสริมผงน้ำดีที่ระดับต่ำมีอัตราการแลกเนื้อที่ดีกว่าไก่ที่ได้รับอาหารไขมันสูงเพียงอย่างเดียว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

โครงการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน. 2001. สาระปาล์มน้ำมัน: พฤษศาสตร์ของปาล์มน้ำมัน. จดหมายข่าวปาล์มน้ำมัน. 2 (1): 7-13.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2003. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มานิดา ศรีวัฒนพงศ์. 1976. การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สาโรช ค้าเจริญ. 2004. อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ภาษาอังกฤษ

Adrizal, S. Ohtani and Yayota, M. 2002. Dietary Energy Source and Supplements in Broiler Diets Containing Defatted Rice Bran. J. Appl. Poult. Res. 11: 410–417.

Angkanaporn, K., Ravindran, V. and Bryden, W. L. 1996. Additivity of apparent and true ileal amino acid digestibilities in soybean meal, sunflower meal and meat and bone meal for broilers. Poult. Sci. 75(9):1098–1103.

AOAC, 1990. Method of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Baiao, N.C. and Lava, L.J.E. 2005. Oil and Fat in Broiler Nutrition. Brazil. J. Poult. Sci. 7(3): 129-141.

Bauer, E., Jakob, S. and Mosenthin, R. 2005. Principles of physiology of lipid digestion. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 18: 282–295.

Bligh, E.G. and Dyer, W.J. 1959. A rapid method for total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. Physiol. 37: 911-917.

Bosc-Bierne, I., Rathelot, J., Perrot, C. and Sarda, L. 1984. Studies on chicken pancrestic lipase and colipase. Biochem. Biophys. Acta. 794: 65-71.

Bucolo, G. and David, H. 1973. Quantitative determination of serum triglycerides by the use of enzymes. Clin. Chem. 19: 476–482.

Caple, I. W., Halpin, C. G. and Heath, T. 1978. Bile and pancreatic secretion in chicken: the effects of bile salts, feeding and acid. Comp. Biochem. Physiol. 61A: 653-659.

Carew, L.B., Maghemer, Jr R. H. and Shanp, Jr. R. W. 1972. Fat absorption by the very young chick. Poult. Sci. 51: 738-742.

Cera, K.R., Mahan, D.C. and Reinhart, G.A. 1988. Weekly digestibilities of diets supplemented with corn oil, lard, or tallow by weanling swine. J. Anim. Sci. 66:1430-1437.

Chae, B.J., Lohakare, J.D. and Choi, J.Y. 2006. Effects of incremental level of α-tocopheryl acetate on performance, nutrient digestibility and meat quality of commercial broilers. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 19: 203–208.

Chen, M., Gratzel, M. and Thomas, J. K.1975. Kinetic studies in bile acid and micelles. J. Am. Chem. Soc. 97: 2052.

Chong, S. Y. 2006. Enzyme Cycling Methods and Their Application in Clinical Diagnostics. Diazyme Laboratories, San Diego, CA.

Choo, Y. M., Yap, S. C., Ooi, C. K., Ma, A. N., Goh, S. H. and Ong, A. S. H. 1996. Recovered oil from palm-pressed fiber: A good source of natural carotenoids, vitamin E and sterols. J. Am. Oil Chem. Soc. 73: 599–602.

Debruyne, P. R., Bruyneel, E. A., Li, X., Zimber, A., Gespach, C. and Mareel, M. M. 2001. The role of bile acids in carcinogenesis. Mut. Res. 480–481: 359–369.

Enser, M. 1999. Nutritional effects on meat flavour and stability. Poult. Sci. (Eds., Richardson, R.I. and Mead, G.C.), CAB International: 197-215.

Fellenberg, M.A. and Speisky, H. 2006. Antioxidants: their effects on broiler oxidative stess and its meat oxidative stability. World's Poult. Sci. J. 62: 53-70.

Fini, A., Feroci, G. and Roda, A. 2002. Acidity in bile acid systems. Polyhedron. 21: 1421-1427.

Freeman, C. P. 1969. Properties of fatty acids in dispersions of emulsified lipid and bile salt and the significance of these properties in fat absorption in the pig and the sheep. Br. J. Nutr. 23:249.

Funasaki, N., Fukuba, M., Hattori, T., Ishikawa, S., Okunoand T. and Hirota, S. 2006. Micelle formation of bile salts and zwitterionic derivative as studied by two-dimensional NMR spectroscopy. Chem. Phys. Lipid. 142: 43–57.

Gahwiller,C., Von Planta, C., Schmidt, D. and Steffen, H. 1997. Size, structure, and dynamic of bile salt /lecithin mixed micelles. Z. Naturforsch. 2C: 748.

Garlich, J. D. and Nesheim, M. C. 1965. Effect of sodium taurocholate on fat malabsorption induced by feeding unheatedsoybean proteins. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 118:1022–1025.

Gass, J., Vora, H., Hofmann, A. F., Gray, G. M. and Khosla, C. 2007. Enhancement of Dietary Protein Digestion by Conjugated Bile Acids. Gastroenterology. 133: 16–23.

Gauthier, R. 2002. Intestinal health, the key to productivity (The case of organic acids). Precongreso Cientifico Avicola IASA, XXVII Convencion ANECA-WPDC, pp. 1-14. Puerto Vallarta, Jal. Mexico, 30 de Abril.

Gimenez, A.V.F., Fernandez, I., Preciado, R.M., Oliva, M., Tova D. and Nolasco, H. 1999. The activity of digestive enzyme during the molting stage of the arched swimming *Callinectes Arcautus* orday, 1863. (Crustacea: decapoda: portunidae). Bull. Mar. Sci. 65: 1–9.

Glasser, J. E., Weiner, I. M. and Lack, L. 1965. Comparative physiology of intestinal taurocholate transport. Am. J. Physiol. 208: 359-362.

Goh, S.H., Choo, Y.M. and Ong, A.S.H. 1985. Minor Constituents of Palm Oil. J. Am. Oil Chem. Soc. 62: 237–240.

Gracia, M.I., Latorre, M.A., Garca, M., Zaro, R. L. and Mateos, G.G. 2003. Heat processing of barley and enzyme supplementation of diets for broilers. Poult. Sci. 82:1281-1291.

Gray, J.I., Gomaa, E.A. and Buckley, D. J. 1996. Oxidative quality and shelf life of meat. Meat. Sci. 43: 111S-123S.

Green, J. and Kellog, T. F. 1987. Bile acid concentration in serum, bile, jejunal contents and excreta of male broiler chicks during the first six weeks post-hatch. Poult. Sci. 66: 535–540.

Gromez, M.X. and Polin, D. 1976. The use of bile salts to improve absorption of tallow in chicks one to three weeks of age. Poult. Sci. 55: 2189-2195.

Hertrampf, J.W. 2001. Lecithin improves poultry performance. Poult. Int. Nov. 26-30.

Hulan, H. W. and Bird, F. H. 1972. Effect of fat level in iso nitrogenous chicks on the composition of avian pancreatic juice. J. Nutr. 102: 459-468.

Kang, K.R., Cherian, G. and Sim, J.S. 2001. Dietary palm oil alters the lipid stability of polyunsaturated fatty acid modified poultry products. Poult. Sci. 80: 228-234.

Katongole, J. B. D. and Maseh, B. E. 1980. Fat utilization in relation to intestinal fatty acid brinding protein and bile salt in chicks of different age and different genetic soences. Poult. Sci. 59: 819-827.

Ki An, B. K., Banno, C., Xia, Z. S., Tanaka, K. and Ohfani, S. 1997. Effects of dietary fat source on lipid metabolism in growing chicks (Gallar doneestiens). Comp. Biochem. Physiol. 116B (1): 119-125.

Knarreborg, A., Søren, K. J. and Ricarda, M. E. 2003. Pancreatic lipase activity as influenced by unconjugated bile acids and pH, measured *in vitro* and *in vivo*. J. Nutr. Biochem. 14: 259–265.

Krogdahl, A. and Sell, J.L. 1989. Influence of age on lipase, amylase, and protease activities in pancreatic tissue and intestinal contents of young turkeys. Poult. Sci. 68: 1561-1568.

Laplace, J.P. and Quaissi, M.A., 1977. L'excréction biliaire chez le porc. Influence des repas et rôle éventuel de récepteurs oddiens dans le contrôle du débit cholédocien. Ann. Zootech. 26: 595–613.

Lemieux, H., Bulteau, A. L., Friguet, B., Tardif, J. C. and Blier, P. U. 2010 Dietary fatty acid and oxidation stress in the heart mitochondria. Mitochondria: in press.

Lilburn, M.S. 1998. Practical aspects of early nutrition for poultry. J. Appl. Poult. Res. 7: 420-424.

Li, Y., Zhang, W., Li, G. and Ju, Y. 2007. Electrochemical synthesis and characterization of novel bile acid functionalized polypyrroles. Polymer. 49: 225-233.

Lowe, M. 2002. The triglyceride lipases of the pancreas. J. Lipid. Res. 43: 2007–2016.

Lowry, O. H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J.1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193: 265–75.

Lucke, H., Stange, G., Kinne, R. and Murer, H.1978. Taurocholate--sodium co-transport by brush-border membrane vesicles isolated from rat ileum. Biochem. J. 174: 951-958.

Markweg, H., Lang, M.S. and Wagner, F. 1995. Dodecanoic acid inhibition of lipase from *Acinetobacter sp*. OPA 55. Enz. Microb. Tech. 17: 512–516.

Marzooqi, AL. W. and Leeson, S. 1999. Evaluation of dietary supplements of lipase, detergent, and crude porcine pancreas on fat utilization by young broiler chicks. Poult. Sci. 78: 1561-1566.

Mathlouthi, N., Lalles, J. P., Lepercq, P., Juste, C. and Larbier, M. 2002. Xylanase and ß-glucanase supplementation improve conjugated bile acid fraction in intestinal contents and increase villus size of small intestine wall in broiler chickens fed a rye-based diet. J. Anim. Sci. 80: 2773-2779.

Monte, M. J., Palomero, F., Sainz, G. R., Domfnguez, M., Diez, M., Torano, A. and Marin, J. J. G. 1999. Bile acid secretion during rat liver carcinogenesis. Life Sci. 12: 1085-1095.

Moran, E. T. Jr. and Evans, E. 1977. Live performance and nutrient utilization by laying hens fed practical ration having extremes in fiber content. Can. J. An. Sci. 59: 433.

Mossab, A., Hallouis, J. M. and Lessire, M. 2000. Utilization of soybean oil and tallow in young turkeys compared with young chickens. Poult. Sci. 79: 1326-1331.

Mukherjee, M. 2003. Human digestive and metabolic lipases–a brief review. J. Mol. Catal. Enz. 22: 369–376.

Ng, M. H., Choo, Y. M., Ma, A. N., Chuah, C. H. and Hashim, M. A. 2004. Separation of Vitamin E (tocopherol, tocotrienol, and tocomonoenol) in Palm Oil. Lipids. 39: 1031–1035.

Nitsan, Z., Avraham, G. B., Zoref, Z. and Nir, I. 1991a. Growth and development of digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching. Br. Poult. Sci. 32:515-523.

Nitsan, Z., Dunnington, E. and Siegel, P. 1991b. Organ growth and digestive enzyme levels to 15 days of age in lines of chickens differing in body weight. Poult Sci. 70:2040-2048.

Noy, Y. and Sklan, D. 1997. Post hatch development in poultry. J. Appl. Poult. Res. 6: 344-354.

Noy, Y. and Sklan, D. 1999. Energy utilization on newly hatched chicks. Poult. sci. 78: 1750-1756.

O'Neill, L.M., Galvin, K., Morrissey, P.A. and Buckley, D.J., 1998. Comparison of dietary olive oil, tallow and vitamin E on the quality of broiler meat products. Br. Poult. Sci. 39: 365–371.

Pafumi, Y., Lairon, D., Porte, D. L., P. L., Juhel, C., Storch, J. and Hamosh, M. 2002. Mechanisms of inhibition of triacylglycerol hydrolysis by human gastric lipase. J. Biol. Chem. 277: 28070–28079.

Panja, P. 1996. Effects of supptementatioonf palm oil in isonitrogenou diets on broilers. Thammasat. Int. J. Sci. Technol. 1: 47-54.

Polin, D. 1980. Increased absorption of tallow with lecithin. Poult. Sci. 59:1652.

Powell, A. A., Larue, J. M., Batta, A. K. and Martinez, J. D. 2001. Bile acid hydrophobicity is correlated with induction of apoptosis and/or growth arrest in HCT116 cells. Biochem. J. 356 : 481–486.

Randox Laboratories. 2004. Determination of total bile acids. Random International Headquarters UK.

Roda, A., Minutello, A., Angelotti, M. A. and Fini, A. 1990. Bile acid structure activity relationship: Evaluation of bile acid lipophylicity using 1-octanol/water partition coefficient and reverse phase HPLC. J. Lipid. Res. 31: 1433-1443.

Sangwichien, C., Chandumpai, A., Na Nakorn, J. and Tongcesai, C. 2005. Effect of solvent on fatty acid profile on strain separated from crude palm oil. Int. Conf. Enginers. Environ. Serbia and Montenigra.

Sarbu, C., Onis¸ C., or Posa, M., Kevresa, S. and Kuhajda, K. 2007. Modeling and prediction (correction) of partition coefficients of bile acids and their derivatives by multivariate regression methods. Talanta 75 : 651–657.

Scaife, J.R., Moyo, J., Galbraith, H., Michie, W. and Campbell, V. 1994. Effect of different dietary supplemental fats and oils on the tissue fatty acid composition and growth of female broilers. Br. Poult. Sci. 35: 107–118.

Sell, J.L., Krogdahl, A. and Hanyu, N. 1986. Age and fat utilization by turkeys. Poult Sci. 65: 546 – 554.

Sell, J.L. 1996. Physiological limitations and potential for improvement in gastrointestinal tract function of poultry. J. Appl. Poult. Res. 5:96-101.

Shrinde, D. H. 2005. Supplementation of de-oiled lecithin at different dosage on broiler performances.Personal communication.Trial report of Berg+ Schmidt India Pvt Ltd.

Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1960. Principle and Procedures of Statistic. N.Y: McGraw-Hill Book co., Inc.

Suarna, C., Food, R.L., Dean, R.T. and Stocker, R. 1993. Comparative antioxidant activity of tocotrienols and other natural lipid-soluble antioxidant in homogeneous system, and in rat and human lipoproteins. Biochem Biophys Acta. 1166: 163-170.

Tietz, N. W., and Fiereck, E. A. 1966. A specific method for serum lipase determination. Clin. Chim. Acta 13:352–355.

Valencia, M.E., Watkins, S.E., Waldroup, A.L. and Waldroup, P.W. 1993. Utilization of crude and refined palm and palm kernel oils in broiler diets. Poult sci. 72: 2200-2215.

Wickham, M., Garrood, M., Leney, J., Wilson, P. D. G. and Travis, A. F. 1998. Modification of a phospholipid stabilized emulsion interface by bile salt: effect on pancreatic lipase activity. J. Lipid. Res. 39: 623–632.

Wiseman, J., and Lessire, M.. 1987. Interactions between fats of differing chemical content: Apparent metabolisable energy values and apparent fat digestibility. Br. Poult. Sci. 28:663–676.

Yeh, Y. H., Wang, D. Y., Deng, J. F., Chen, S. K. and Hwang, D. F. 2001. Short-term toxicity of grass carp bile powder, 5-cyprinol and 5-cyprinol sulfate in rats. Comp. Biochem. Physiol. C. 131: 1-8.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวกนกภรณ์ ลำมะศักดิ์ เกิดเมื่อวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2526 ที่ตำบลหงาว อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร จากมหาวิทยาลัยศิลปากร เมื่อปีการศึกษา 2548 จากนั้นได้ศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสรีรวิทยาการสัตว์ ภาควิชาสรีรวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย