การศึกษาผลการเสริมกลีเซอรีนดิบและรูปแบบการให้อาหาร ต่อสมรรถนะการผลิตและลักษณะซากในไก่กระทง

Study on Crude Glycerin Supplementation and Feeding Regime on Productive Performance and Carcass Characteristics in Broilers

ธรรมธัช ปราชญาวงศ์

Thummatach Prachyawong

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Animal Science
Prince of Songkla University

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การศึกษาผลการเสริมกลีเซอรีนดิบและรูปแบบการให้อาหาร ต่อสมรรถนะการผลิตและลักษณะซากในไก่กระทง

Study on Crude Glycerin Supplementation and Feeding Regime on Productive Performance and Carcass Characteristics in Broilers

ธรรมธัช ปราชญาวงศ์

Thummatach Prachyawong

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Animal Science
Prince of Songkla University

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาผลการเสริมกลีเซอรีนดิบและรูปแบบการให้อาหาร ต่อสมรรถนะการผลิตและลักษณะซากในไก่กระทง

ผู้เขียน นายธรรมธัช ปราชญาวงศ์

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยวรรณ วัฒนจันทร์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(รองศาสตราจารย์ สุธา วัฒนสิทธิ์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา รัตนวุฒิ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยวรรณ วัฒนจันทร์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สุธา วัฒนสิทธิ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยวรรณ วัฒนจันทร์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....
(นายธรรมธัช ปราชญาวงศ์)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....
(นายธรรมธัช ปราชญาวงศ์)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาผลการเสริมกลีเซอรีนดิบและรูปแบบการให้อาหาร ต่อสมรรถนะการผลิตและลักษณะซากในไก่กระทง

ผู้เขียน นายธรรมธัช ปราชญาวงศ์

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของการย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของกลีเซอรีนดิบจากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่มีขนาดใหญ่ในไก่และศึกษาผลการเสริมกลีเซอรีนดิบ และรูปแบบการเสริมกลีเซอรีนดิบ ที่มีผลต่อสมรรถนะการผลิตและลักษณะซากของไก่กระทง รวมถึงศึกษาต้นทุนการผลิตไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่เสริมกลีเซอรีนดิบเปรียบเทียบกับสูตรอาหารมาตรฐานโดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ของกลีเซอรีนดิบในไก่ โดยใช้ไก่ไข่เพศผู้ พันธุ์ไฮเซคบราวน์ (Hisex Brown) อายุ 27 สัปดาห์ จำนวน 8 ตัวน้ำหนักเฉลี่ย 2.79 กิโลกรัม แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 4 ตัว เลี้ยงในกรง (Metabolic cage) กรงละ 1 ตัว ผลการทดลอง พบว่าค่าการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบมีค่าเท่ากับ 96.19 เปอร์เซ็นต์ ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณและเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน (AME, AME_n) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง และเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน (TME, TME_n) ของกลีเซอรีนดิบมีค่าเท่ากับ 4,789.18, 4,787.63, 4,873.25 และ 4,873.25 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลการเสริมกลีเซอรีนดิบ และรูปแบการให้อาหาร ต่อสมรรถนะการผลิต และลักษณะซากของไก่กระทงใช้ไก่สายพันธุ์ทางการค้า (Cobb 500) เพศเมีย อายุ 1 วัน จำนวน 360 ตัว จากนั้นสุ่มไก่กระทงเข้าทดลองตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomize design: CRD) โดยแบ่งไก่กระทงออกเป็น 3 กลุ่ม โดยไก่กระทงกลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารสูตรมาตรฐานนาน 42 วัน กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 42 วัน และกลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารสูตรมาตรฐานในช่วง 21 วันแรก และให้อาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในช่วง 21 วันหลัง (วันที่ 22 ถึงวันที่ 42) ซึ่งแต่ละกลุ่มประกอบไปด้วย 4 ซ้ำๆ ละ 30 ตัว ไก่กระทงมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 44.34 กรัม เลี้ยงในโรงเรือนระบบปิดไก่กระทงทุกกลุ่มได้รับอาหารเต็มที่ (*ad libitum*) และน้ำสะอาดตลอดเวลาเมื่อไก่กระทงอายุ 21 และ 42 วัน ทำการฆ่าและชำแหละซากไก่กระทงกลุ่มทดลองละ 8 ตัว นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หา

ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

ผลการทดลอง พบว่า ในช่วงอายุ 1-21 วัน ไก่กระทงในกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีปริมาณการกินได้น้ำหนักตัวสุดท้าย น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในช่วงอายุ 22-42 วัน พบว่าไก่กระทงกลุ่มทดลองที่ 3 มีน้ำหนักตัวที่เพิ่ม และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ดีกว่าไก่กระทงกลุ่มทดลองที่ 2 ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาช่วงอายุ 1-42 วัน พบว่า การเสริมกลีเซอรีนดิบ และรูปแบบการเสริมกลีเซอรีนดิบ ไม่มีผลทำให้น้ำหนักตัวสุดท้าย น้ำหนักตัวที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการใช้อาหาร แตกต่างจากไก่กระทงกลุ่มควบคุม ($P>0.05$)

ผลการศึกษาการเสริมกลีเซอรีนดิบต่อคุณภาพซากที่อายุ 21 วัน พบว่าไก่กระทงกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีเปอร์เซ็นต์ซากอุ่นและซากเย็นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้ไก่กระทงกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีเปอร์เซ็นต์ซากส่วนสันใน น่อง ปีก สะโพก เครื่องในรวม รวมไปถึงส่วนประกอบซาก ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เนื้อ หนัง กระดูก และไขมันรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ที่อายุ 42 วัน พบว่า รูปแบบการเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 1-42 วัน และ 22-42 วัน ไม่มีผลทำให้น้ำหนักมีชีวิต เปอร์เซ็นต์ซากอุ่นและซากเย็น เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนซากต่างๆ เปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบซาก ได้แก่ เนื้อ กระดูก หนัง และไขมันรวม แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ขณะที่ค่า pH หลังจากสัตว์ตาย 45 นาทีและที่ 24 ชั่วโมง ค่าสีในระบบ CIE (L*, a* และ b*) ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ และค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารของเนื้อหน้าอก (m. *Pectoralis major*) ไก่กระทงอายุ 21 วัน และ 42 วัน ทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าการเสริมหรือไม่เสริมกลีเซอรีนดิบในสูตรอาหาร ไม่มีผลทำให้เนื้อหน้าอกมีค่าต่างๆ แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

เมื่อพิจารณาต้นทุนค่าอาหาร พบว่า การเสริมกลีเซอรีนดิบในอาหารที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ในไก่กระทงช่วงอายุ 1-42 วัน มีต้นทุนค่าอาหารสูงที่สุด (25.37 บาทต่อกิโลกรัม) ในขณะที่การเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ช่วงอายุ 22-42 วัน มีผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด (29.30 บาทต่อกิโลกรัม)

จากผลการศึกษา สรุปได้ว่า หากนำกลีเซอรีนดิบมาเสริมในอาหารไก่กระทง ควรเสริมในช่วง 22-42 วันหลัง เพราะไก่กระทงให้ผลตอบสนองในด้านสมรรถนะการเติบโตดีกว่าและมีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการเสริมตลอดช่วงเวลา 42 วัน

Thesis Study on Crude Glycerin Supplementation and Feeding Regime on Productive Performance and Carcass Characteristics in Broilers

Author Mr. Thummatach Prachyawong

Major Program Animal Science

Academic Year 2016

ABSTRACT

The objectives of this study were to determine (1) the digestibility and metabolizable energy of crude glycerin, and (2) effect of crude glycerin supplementation and feeding regime on productive performance and carcass characteristics in broiler

In Experiment 1, the digestibility and metabolizable energy of crude glycerin were observed. Eight male Hisex Brown birds at 27 weeks old with 2.79 kg of initial weight, were used in this study. Birds were divided into two groups with four birds each. Each bird was arranged in each metabolic cage. From the results, the digestibility percentage for crude glycerin was 108.25. The apparent metabolizable energy of crude glycerin was 5,423.54 kcal/kg for AME and 5,421.99 kcal/kg for AME_n, while the true metabolizable energy (TME, TME_n) was 5,452.42 and 5,452.42 kcal/kg, respectively.

In Experiment 2, the effects of crude glycerin on productive performance, feeding regime, carcass characteristics and its feeding cost were observed in broiler chickens. Three hundred sixty one day old females Cobb500 with 44.34 g of initial weight were allotted to receive three treatment diets according to a completely randomized experimental design (CRD). Group one, birds received standard diet for 42 days. Group two, birds received diet with 5% crude glycerin straight 1-42 days. Group three, birds received standard diet at 1-21 days of age and then received diet with 5% crude glycerin at 22-42 days of age. Each treatment was separated into four replicate of 30 birds each. Birds were reared in evaporative cooling house for 42 days. They were offered feed and water *ad libitum* during the entire experimental period. On the 3rd and 6th week of age, eight birds per treatment were sampled and slaughter for the determination of carcass characteristics. Data were analysed by using analysis of variance, whereas the differentiations of means were determined according to Duncan's new multiple range test (DMRT).

At 1 to 21 days old, no significant difference was found in final weight, weight gain, feed intake ADG and FCRin all groups ($P>0.05$). At 22-42 days old, the birds fed diet at 5% crude glycerin at 22-42 days of age had significantly better weight gain and FCR than those received diet with 5% crude glycerin at 1-42 days of age ($P<0.05$). No significant difference was found on productive performance at 1-42 days of age ($P>0.05$).

In terms of carcass characteristics, broilers at twenty-one days old, all groups had no significant difference in retail parts (fillet, drumstick, wing, thigh) and carcass composition (meat, skin, bone, whole fat) ($P>0.05$). At 42 days old, effect of glycerin supplemented in diets and feeding regime had no significant difference from birds in the control group. Considering some physical characteristics of the breast muscle (m. *Pectoralis major*), neither age of broiler in either control or supplemented diet groups at 21 and 42 days of age showed no significant difference in pH_0, pH_{24}, CIE color system (L^*, $a^*$and b^*), shear force, drip loss and cooking loss percentage ($P>0.05$).

In terms of feed cost of broiler production, this study indicated that the lowest feed cost per gain was found in birds received diet with 5% glycerin at 22-42 days of age (29.30 Baht per kg). Nevertheless, the highest feed cost per gain was found in birds received diet with 5% glycerin from 1-42 days of age (25.37 Baht per kg)

In conclusion, crude glycerin could be supplemented in broiler diet but it was recommended to feed at 22-42 days of age (second stage). This was due to the better productive performance and lowest feed cost per gain than those received diet with crude glycerin for 42 days were obtained.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ รศ. สุธา วัฒนสิทธิ์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำค้นคว้าวิจัย ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร. เจษฎา รัตนวุฒิ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาช่วยเหลือให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ บริษัท นิวไบโอดีเซล จำกัด ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและตัวอย่างกลีเซอรีนดิบสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่หมวดการผลิตสัตว์ปีก หมวดอาหารสัตว์ ตลอดจนทั้งเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำในการวิเคราะห์

ขอขอบคุณ นางสาวนัสวัล บุญวงศ์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำการทดลองครั้งนี้ ทั้งในเรื่องกำลังแรงงาน และคำแนะนำต่างๆ ขอขอบคุณทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ ซึ่งได้ให้การช่วยเหลือติชม จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสิทธิชัยและคุณแม่เกศนี ปราชญาวงศ์ ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาและเป็นกำลังใจที่ดีที่สุดให้เสมอมา

คุณประโยชน์ใดๆ อันพึงจะเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เพื่อใช้เป็นแหล่งศึกษาค้นคว้าและเป็นข้อมูลอ้างอิง รวมทั้งเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา และคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้าตลอดมา

นายธรรมธัช ปราชญาวงศ์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(10)
รายการตาราง	(12)
รายการตารางภาคผนวก	(14)
รายการภาพ	(15)
รายการภาพประกอบภาคผนวก	(16)
บทที่	
1 บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
2 การตรวจเอกสาร	3
3 การทดลองที่ 1	24
บทนำ	24
วัตถุประสงค์	24
วัสดุและอุปกรณ์	26
วิธีการทดลอง	27
ผลและวิจารณ์ผลการทดลองที่ 1	32
สรุปผลการทดลอง	37
4 การทดลองที่ 2	38
บทนำ	38
วัตถุประสงค์	38
วัสดุและอุปกรณ์	39
วิธีการทดลอง	40
ผลและวิจารณ์ผลการทดลองที่ 2	47
สรุปผลการทดลอง	59
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	62
สรุป	62
ข้อเสนอแนะ	63

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	65
ภาคผนวก	71
ก การเตรียมโรงเรือนทดลองและไก่กระทง	72
ข การเตรียมอาหารทดลอง	73
ค การชำแหละซากและเตรียมตัวอย่างวิเคราะห์	74
ง ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์	77
ประวัติผู้เขียน	78

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณสมบัติทางเคมีของกลีเซอรีนดิบจากแหล่งที่ต่างกัน	6
2	แสดงส่วนประกอบทางโภชนะและค่าพลังงานรวมของกลีเซอรีนดิบที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบ	17
3	ลักษณะทางเคมี ความหนืด และค่าความเป็นกรด-ด่างของกลีเซอรีนดิบจาก 3 แหล่งการผลิต	18
4	แสดงองค์ประกอบของกลีเซอรีนจากแหล่ง A และ B	19
5	แสดงผลของระดับการเสริมกลีเซอรีนดิบต่อสมรรถนะของไก่กระทง	21
6	แสดงผลของแหล่งที่มาของกลีเซอรีนดิบต่อสมรรถนะของไก่กระทง	21
7	ระดับการเสริมกลีเซอรีนในอาหารไก่กระทงที่แนะนำจากงานวิจัยต่างๆ	22
8	แหล่งที่มาของกลีเซอรีน ค่าพลังงานรวม และองค์ประกอบทางเคมี	25
9	ผังการทดลอง	27
10	ค่าพลังงานรวมและองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวโพด และ กลีเซอรีนดิบ (as fed basis)	33
11	แสดงค่าพลังงานรวมของแป้งข้าวโพด และกลีเซอรีนดิบจากแหล่งผลิตไบโอดีเซลขนาดใหญ่	33
12	ปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณมูลและปัสสาวะเฉลี่ยในสภาพวัตถุแห้งและเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้งของแป้งข้าวโพดผสมกลีเซอรีน	34
13	ปริมาณไนโตรเจนที่กิน ไนโตรเจนที่ขับถ่าย และค่าสมดุลไนโตรเจน	35
14	แสดงค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ (AME, AME_n) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง (TME, TME_n) ของแป้งข้าวโพด และแป้งข้าวโพดผสมกลีเซอรีนดิบ	36
15	แสดงค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ (AME, AME_n) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง (TME, TME_n) ของกลีเซอรีนดิบ	37
16	สูตรอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 1-21 วัน (as-fed basis) และค่าความต้องการของโภชนะ	42
17	สูตรอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 22-42 วัน (as-fed basis) และค่าความต้องการของโภชนะ	43
18	ผลการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่างๆ ต่อน้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทงอายุ 1-21 วัน	48

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
19	ผลการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่างๆ ต่อน้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทง อายุ 22-42วัน	49
20	ผลการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่างๆ ต่อน้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทง อายุ 1-42วัน	50
21	ปริมาณส่วนประกอบซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมและไม่เสริมกลีเซอรีนดิบ (อายุ 21 วัน)	50
22	ปริมาณส่วนประกอบซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมและไม่เสริมกลีเซอรีนดิบ (อายุ 42วัน)	54
23	ลักษณะทางกายภาพของซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมและไม่เสริมกลีเซอรีน-ดิบ (อายุ 21 วัน)	55
24	ลักษณะทางกายภาพของซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมและไม่เสริมกลีเซอรีนดิบ (อายุ 42วัน)	57
25	ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไก่เนื้อที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ ในช่วงอายุ 1-21 วัน และ 22-42 วัน	59

รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการประกอบสูตรอาหารไก่กระทง	77

รายการภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงปฏิกิริยาทรานเอสเตอริฟิเคชั่นในการผลิตไบโอดีเซลแบบเอสเตอร์	3
2	แสดงโครงสร้างทางเคมีไตรกลีเซอไรด์ที่ประกอบด้วยกลีเซอรีนและกรดไขมันอิสระ 3 สาย	5
3	แสดงลักษณะโดยทั่วไปของกลีเซอรีนบริสุทธิ์และกลีเซอรีนดิบ	5
4	แสดงระบบทางเดินอาหารในไก่	8
5	แสดงกระบวนการย่อยและดูดซึมกลีเซอรีน	11
6	ขั้นตอนการสูญเสียพลังงานและพลังงานประเภทต่าง ๆ	12
7	แสดงตัวอย่างกลีเซอรีนดิบที่ได้มาจากโรงงานผลิตไบโอดีเซล บริษัท นิวไบโอดีเซลจำกัด อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี	25
8	อาหารทดลองหาการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบ	27
9	ระยะเวลาในการป้อนอาหารและเก็บสิ่งขับถ่ายของไก่กระทง	30
10	ตำแหน่งการตัดชิ้นเนื้อหน้าอกไก่กระทง	46

รายการภาพประกอบภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	ลักษณะการเตรียมคอก	72
2	ลักษณะคอกไก่กระทง	72
3	สภาพไก่กระทง	72
4	สภาพการเลี้ยงไก่กระทง	72
5	การอัดเม็ดอาหารทดลอง	73
6	สภาพเม็ดอาหารก่อนอบ	73
7	สภาพเม็ดอาหารทดลองหลังอบ	73
8	การอบเม็ดอาหารทดลอง	73
9	การชั่งน้ำหนักไก่กระทง	74
10	การชั่งน้ำหนักไก่กระทง	74
11	สภาพการปล่อยให้เลือดออกหลังจากฆ่า	74
12	สภาพการปล่อยให้เลือดออกหลังจากฆ่า	74
13	การเตรียมน้ำร้อน 80 องศาเซลเซียส	75
14	ลักษณะการลวกน้ำร้อน 80 องศาเซลเซียส สภาพการปล่อยให้	75
15	ลักษณะการถอนขนไก่ด้วยเครื่องปั่นขนไก่	75
16	ลักษณะการนำซากไก่แช่น้ำเย็น	75
17	ลักษณะไก่หลังถอนขน	75
18	ลักษณะไก่หลังถอนขน	76
19	ลักษณะซากหลังจากชำแหละ	76
20	ชิ้นส่วนซาก	76
21	ลักษณะการเตรียมชิ้นเนื้อวิเคราะห์ Drip loss และ Cooking loss	76
22	ลักษณะการเตรียมชิ้นเนื้อวิเคราะห์ Drip loss และ Cooking loss	76

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

กลีเซอรีนดิบ (Crude glycerin) เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในหลายด้าน รวมทั้งสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ (Thompson and He, 2006) สำหรับการนำกลีเซอรีนดิบมาใช้เป็นอาหารสัตว์ กลีเซอรีนดิบสามารถใช้เพื่อทดแทนแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์ เนื่องจากกลีเซอรีนดิบมีค่าพลังงานรวม (Gross energy) สูงถึง 4,100 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม (Brambille and Hill, 1966)

เนื่องจากน้ำมันปิโตรเลียมถือเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไป (Nonrenewable Resources) ขณะที่ข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2554) ชี้ให้เห็นว่าประเทศไทยมีสัดส่วนการนำเข้าน้ำมันปิโตรเลียมสูงถึงร้อยละ 80 ของการใช้น้ำมันปิโตรเลียมทั้งหมดภายในประเทศและยังคงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากไม่สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตปิโตรเลียมในประเทศให้ทันกับความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้นได้จากเหตุผลดังกล่าวทำให้เกิดแผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกในส่วนที่เกี่ยวข้องกับไบโอดีเซลในระยะเวลา 10 ปี (พ.ศ.2555-2564) โดยมีเป้าหมายการผลิตไบโอดีเซลในปี พ.ศ. 2564 ปริมาณ 5.97 ล้านลิตรต่อวันทำให้ผู้คนหันมาให้ความสำคัญกับน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งเป็นพลังงานทางเลือกเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดกระบวนการผลิตไบโอดีเซลเพิ่มมากขึ้น ตั้งแต่ระดับชุมชนไปจนถึงระดับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตของแต่ละแหล่งผลิต ซึ่งจากการส่งเสริมของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานทำให้มีโรงงานไบโอดีเซลชุมชนเกิดขึ้นถึง 72 แห่งทั่วประเทศ ในโครงการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานด้วยไบโอดีเซลชุมชน ส่งผลให้กลีเซอรีนดิบเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วยโดยในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล 100 ลิตร จะได้กลีเซอรีนดิบเป็นผลพลอยได้ในปริมาณ 7 ลิตร (สุธารักษ์, 2544) อีกทั้งด้วยราคาที่ค่อนข้างต่ำทำให้กลีเซอรีนดิบมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้ผสมในอาหารสัตว์เพื่อลดต้นทุนด้านอาหาร ซึ่งเป็นปัจจัยหลักในระบบการผลิตสัตว์อย่างไรก็ตามการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทยนั้นสามารถใช้วัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันได้หลายชนิด ยกตัวอย่าง เช่น น้ำมันพืชใช้แล้ว ไขมันสัตว์ และน้ำมันปาล์ม เป็นต้น ทำให้คุณภาพของกลีเซอรีนดิบที่ได้นั้นแตกต่างกันไปด้วย

สำหรับรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้กลีเซอรีนดิบในอาหารสัตว์นั้นจากการรวบรวมผลงานวิจัยพบว่ามีรายงานผลการศึกษา ทั้งในอาหารโคขุน สุกร ไก่ไข่ และไก่กระทง เป็นต้น โดยการศึกษาการใช้กลีเซอรีนดิบในอาหารไก่กระทงนั้น ได้มีการศึกษาไว้ก่อนหน้านี้เป็นจำนวนมาก เช่น Cerrate และคณะ (2006) Dozier และคณะ (2008) Sehu และคณะ (2012) และ Silva และคณะ (2012) เป็นต้น สำหรับประเทศไทย นัสวัล (2557) ได้ศึกษาในเรื่องการศึกษาการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบและผลของกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ ต่อสมรรถนะการผลิตและลักษณะซากในไก่กระทง โดยใช้กลีเซอรีนดิบที่ผลิตจากอุตสาหกรรมไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบมาใช้ผสมอาหารไก่กระทงที่ระดับต่างๆ และได้รายงานว่าที่ช่วงอายุ 22-42 วัน สามารถเสริมกลีเซอรีนดิบได้ถึงระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่กระทงโดยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ปริมาณการกินได้ต่อตัวต่อวัน และประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกับไก่กระทงที่ได้รับอาหารสูตรมาตรฐาน ($P>0.05$)

อย่างไรก็ตามเนื่องจากระบบการผลิตไก่กระทงระดับชุมชนหรือกลุ่มผู้เลี้ยงทั่วไปนั้น จะทำการเลี้ยงไก่กระทงแบบคละเพศทั้งหมด แต่งานวิจัยส่วนใหญ่ที่นำเสนอมักจะมุ่งเน้นไปที่การทดลองในไก่กระทงเพศผู้เพียงเพศเดียว ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบถึงคุณภาพของกลีเซอรีนดิบ การย่อยได้และพลังงานที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ รวมถึงการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่กระทงต่อสมรรถนะการผลิตและลักษณะซากในไก่กระทง โดยใช้กลีเซอรีนดิบที่ผลิตจากอุตสาหกรรมไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

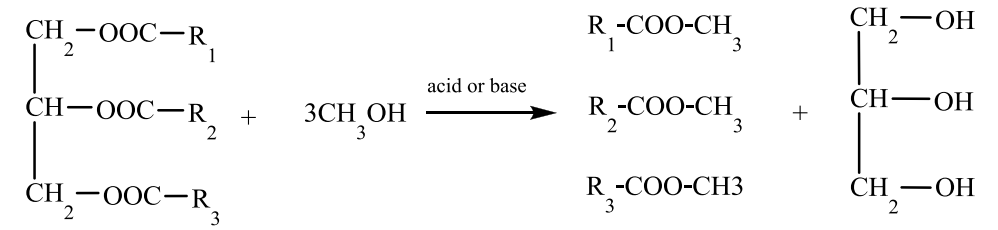
1. ศึกษาการย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของกลีเซอรีนดิบ
2. ศึกษารูปแบบการเสริมกลีเซอรีนดิบในสูตรอาหารที่ 1-42 วัน และ 22-42 วัน ต่อสมรรถนะการผลิต และลักษณะซากในไก่กระทง
3. ศึกษาต้นทุนค่าอาหารไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่เสริมกลีเซอรีนดิบเปรียบเทียบกับสูตรอาหารปกติ

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ไบโอดีเซล (Biodiesel)

ไบโอดีเซล (Biodiesel) เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันดีเซลที่ได้จากการนำน้ำมันพืช เช่น น้ำมันปาล์ม ไขมันสัตว์หรือน้ำมันพืชใช้แล้วมาทำปฏิกิริยาทางเคมีทรานส์เอสเตอริฟิเคชั่นได้เป็นสารเอสเตอร์ ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ปฏิกิริยานี้จะเป็นการทำปฏิกิริยาทางเคมีของไตรกลีเซอไรด์กับสารประเภทแอลกอฮอล์ เช่น เอทานอล (C_2H_5OH) หรือเมทานอล (CH_3OH) โดยใช้กรดหรือด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี เมื่อไตรกลีเซอไรด์ผ่านปฏิกิริยาทรานเอสเตอริฟิเคชั่นโดยใช้เอทานอลเป็นสารทำปฏิกิริยาจะได้สารผลิตภัณฑ์เป็น เอทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน (Fatty acid ethyl ester) ซึ่งมีสูตรโมเลกุล คือ $C_{20}H_{38}O_2$ แต่ถ้าใช้เมทานอลเป็นสารทำปฏิกิริยา ก็จะได้สารผลิตภัณฑ์เป็นเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน (Fatty acid methyl ester) ซึ่งมีสูตรโมเลกุล คือ $C_{17}H_{34}O_2$ ทั้งนี้ชนิดของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับประเภทของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต และในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลเอสเตอร์หรือปฏิกิริยาทรานเอสเตอริฟิเคชั่นนี้จะได้กลีเซอรีนดิบเป็นผลผลิตพลอยได้



Triglyceride (1) Methanol (3) Methylester (3) Glycerine (1)

ภาพที่ 1 แสดงปฏิกิริยาทรานเอสเตอริฟิเคชั่นในการผลิตไบโอดีเซลแบบเอสเตอร์
ที่มา: Settapong และ Wattanachant (2010)

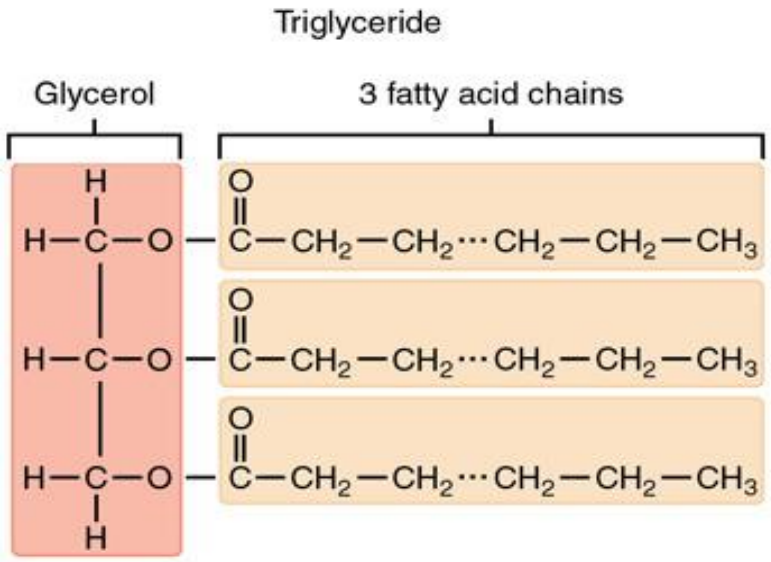
กลีเซอรีนดิบ (Crude glycerin)

กลีเซอรีนดิบ เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล การผลิตไบโอดีเซลหรือเมทิลเอสเตอร์ (Methyl ester) เป็นสารที่ได้มาจากการทำปฏิกิริยาทางเคมีของสารประเภทไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ที่มีโครงสร้างโมเลกุลเป็น C_3H_5 ของน้ำมันพืช น้ำมันสัตว์ หรือไขมันสัตว์โดยจะทำปฏิกิริยากับเมทานอล (Methanol) หรือเอทานอล (Ethanol) ปฏิกิริยาทางเคมีดังกล่าวเรียกว่า ปฏิกิริยาทรานเอสเตอริฟิเคชั่น (Tranesterification) ทำให้ได้สารผลิตภัณฑ์เป็นเมทิลเอสเตอร์หรือไบโอดีเซลและได้กลีเซอรีนดิบ (Crude glycerin) เป็นผลผลพลอยได้ (Cerrate*et al*., 2006)

ลักษณะทางกายภาพของกลีเซอรีน

กลีเซอรีนเป็นชื่อเรียกทางการค้าของสารที่มีชื่อทางเคมีว่า 1, 2, 3- trihydroxypropane, 1, 2, 3–propanetriol หรือ Glycerol แต่โดยทั่วไปการเรียกชื่อกลีเซอรีน จะเรียกกันตามค่าความบริสุทธิ์ ถ้ากลีเซอรีนมีค่าความบริสุทธิ์มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ จะเรียกว่า “กลีเซอรอล” (Glycerol) แต่ถ้าเป็นกลีเซอรีนที่มีค่าความบริสุทธิ์ต่ำกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ จะเรียกว่า “กลีเซอรีน” (Glycerin) (SDA, 1990) กลีเซอรีนถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1779 โดยนักวิทยาศาสตร์ด้านเคมีชาวสวีเดนชื่อ K.W. Scheele ในขณะทำการสกัดน้ำมันมะกอกที่มีออกไซด์ของตะกั่วผสม (Lead monoxide) ซึ่งได้เรียกชื่อของกลีเซอรีนที่ถูกค้นพบครั้งนั้น เรียกว่า "Sweet principle of fat" ต่อมาจึงได้เปลี่ยนมาเป็น Glycerin ซึ่งตรงกับคำในภาษากรีกว่า “glykys” ซึ่งแปลว่า “มีรสหวาน” ต่อมาได้มีการค้น พบว่ากลีเซอรีนสามารถสกัดได้จากน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ที่อยู่ในรูปเอสเตอร์ ที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า กลีเซอไรด์ (Glyceride)

กลีเซอรีนเป็นสารที่มีสูตรเคมี $C_3H_5(OH_3)$ กลีเซอรีนที่บริสุทธิ์จะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่มีพิษ มีรสหวาน เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีของกลีเซอรีนมีลักษณะคล้ายกับน้ำตาล กลีเซอรีนมีโครงสร้างเป็นสารประกอบเป็นไฮโดรคาร์บอนที่มีโมเลกุลเฉพาะพันธะเดี่ยว หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าอัลเคน (Alkane) โดยอัลเคนชนิดที่เป็นส่วนประกอบของกลีเซอรีน คือ โพรเพน (Propane) กลีเซอรีนเป็นสารที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) จับกับหมู่แอลคิล 3 หมู่ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า ไตรไฮดรอกซิล ดังนั้นกลีเซอรีนเป็นสารที่จัดอยู่ในประเภทสารที่มีขั้วทำให้กลีเซอรีนสามารถละลายในน้ำและแอลกอฮอล์ได้ดี กลีเซอรีนสามารถละลายได้บ้างในตัวทำละลายบางชนิด ยกเว้นสารไฮโดรคาร์บอน สามารถทำปฏิกิริยาให้สารอนุพันธ์หลายชนิดกลีเซอรีนที่พบในธรรมชาติเป็นกลีเซอรีนที่เป็นส่วนประกอบของกรดไขมันที่มีไฮโดรคาร์บอนต่อเป็นสายยาว 3 เส้น เรียกว่าไตรกลีเซอไรด์ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างทางเคมีไตรกลีเซอไรด์

ที่มา: Erich (2011)

กลีเซอรีนดิบ

กลีเซอรีนบริสุทธิ์

ภาพที่ 3. แสดงลักษณะโดยทั่วไปของกลีเซอรีนบริสุทธิ์และกลีเซอรีนดิบ

ที่มา: Settapong and Wattanachant (2010)

จากภาพที่ 3 แสดงลักษะทางกายภาพทั่วไปของกลีเซอรีนบริสุทธิ์ ซึ่งมีลักษณะใสไม่มีสี แตกต่างจากของกลีเซอรีนดิบที่มีสีน้ำตาลขุ่น หนืด และอาจมีกลิ่นของเมทานอลผสมมาด้วย อย่างไรก็ตามคุณสมบัติทางเคมีของกลีเซอรีนดิบจะแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีของกลีเซอรีนดิบจากแหล่งที่ต่างกัน

แหล่งกลีเซอรีนดิบ	ค่าความบริสุทธิ์	ความชื้น	เมทานอล	ค่ากรด-ด่าง	NaCl	เถ้า	กรดไขมัน
USP	99.62	0.35	ND	5.99	0.01	0.01	0.02
น้ำมันถั่วเหลือง	83.88	10.16	0.0059	6.30	6.00	5.83	0.12
น้ำมันถั่วเหลือง	83.49	13.40	0.1137	5.53	2.84	2.93	0.07
น้ำมันถั่วเหลือง	85.76	8.35	0.0260	6.34	6.07	5.87	ND
น้ำมันถั่วเหลือง	83.96	9.36	0.0072	5.82	6.35	6.45	0.22
น้ำมันถั่วเหลือง	84.59	9.20	0.0309	5.73	6.00	5.90	0.28
น้ำมันถั่วเหลือง	81.34	11.41	0.1209	6.59	6.58	7.12	0.01
ไขมันวัว	73.65	24.37	0.0290	3.99	0.07	1.91	0.04
น้ำมันที่ใช้แล้ว	93.81	4.07	0.0406	6.10	0.16	1.93	0.15
น้ำมันที่ใช้แล้ว	52.79	4.16	3.4938	8.56	1.98	4.72	34.84
ไขมันไก่	51.54	4.99	14.9875	9.28	0.01	4.20	24.28

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Kerr และคณะ (2007)

ระบบย่อยอาหารของสัตว์ปีก

สัตว์ปีก เช่น ไก่ เป็ด จัดเป็นสัตว์กระเพาะเดี่ยว ระบบย่อยอาหารของสัตว์ปีกประกอบด้วย

1. ปาก (Mouth) ปากของสัตว์ปีกแตกต่างจากสัตว์อื่นๆ คือ ไม่มีริมฝีปาก ฟัน แก้มมีจงอยปากต่อลงไปสู่คอหอย มีลิ้นแข็งเป็นกระดูกคลุมอยู่ด้วยเยื่อเมือก มีปุ่มบนผิวลิ้น (Papillae) อยู่ทางด้านหลัง ลิ้นจะแบ่งช่องปากออกเป็น 2 ส่วน คือ ช่องจงอยปาก (Beak cavity) และช่องลิ้น (Sublingual cavity) ช่องจงอยปากโค้งลงและหุ้มช่องจมูก (Nasal cavity) ไว้เกือบทั้งหมด โดยมีเพดานแข็งและมีต่อมน้ำลายทำหน้าที่ผลิตน้ำลาย เพื่อทำให้อาหารเปียกชื้นและอ่อนนุ่ม และยังผลิตเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยแป้งและน้ำตาล

2. หลอดอาหาร (Esophagus) เป็นท่อกล้ามเนื้อลาย 3 ชั้น ปกคลุมอยู่ด้วยเยื่อบุผิวด้านในมีลักษณะเป็นต่อมน้ำเมือกและน้ำเหลืองมากมาย หลอดอาหารขยายออกเป็นถุงทางปลายล่างตรงทางเข้าช่องอก เรียกว่ากระเพาะพัก (Crop)

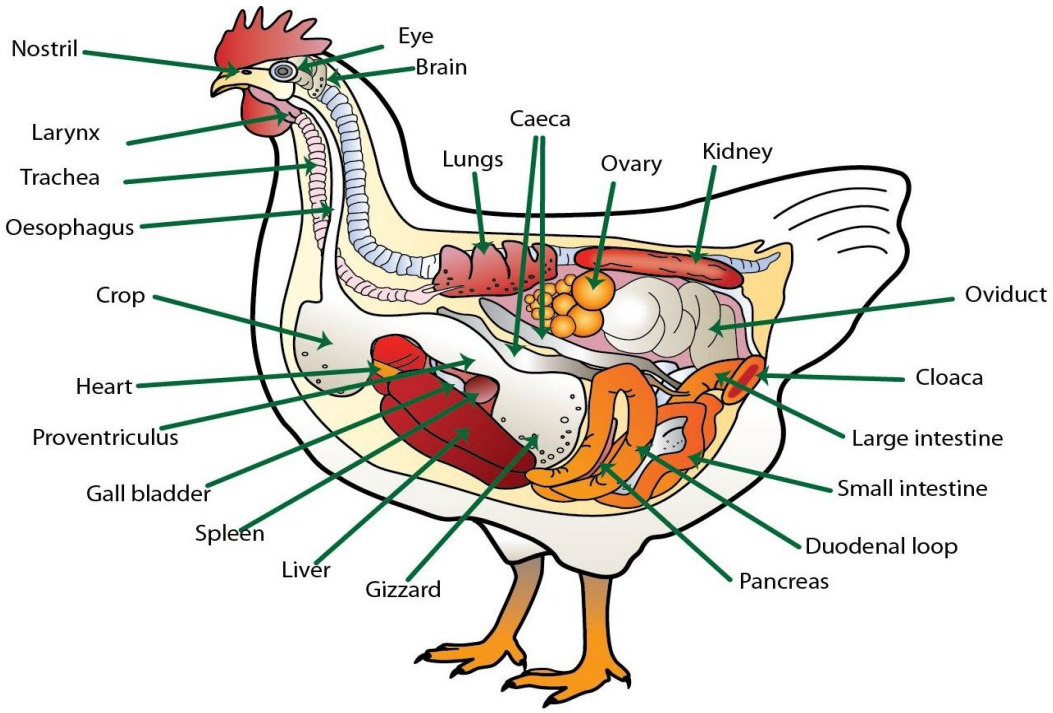
3. กระเพาะอาหาร (Stomach) ต่ออยู่ด้านหลังของกระเพาะพัก แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนหน้าเป็นกระเพาะแท้ (Proventriculus) มีต่อมต่างๆ มากมาย ทำหน้าที่ผลิตน้ำย่อยย่อยอาหาร โดยมีน้ำย่อยจากกระเพาะและกรดเกลือต่อจากกระเพาะส่วนนี้จะเป็นกระเพาะบด (Gizzard) หรือกึ๋น ทำหน้าที่บดย่อยอาหาร

4. ลำไส้เล็ก (Small intestine) เป็นท่อทางเดินอาหารที่ต่อจากกระเพาะบดไปสู่ลำไส้ใหญ่ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ลำไส้เล็กส่วนต้น (Duodenum) ลำไส้เล็กส่วนกลาง (Jejunum) และลำไส้เล็กส่วนท้าย (Ileum) ลำไส้เล็กส่วนต้นเป็นท่อทางเดินอาหารที่มีลักษณะโค้งงอ ซึ่งเป็นที่ยึดเกาะของตับอ่อน ตับอ่อนจะผลิตน้ำย่อยส่งเข้าสู่ลำไส้เล็ก นอกจากนี้ยังมีน้ำดีจากตับที่ช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง ในลำไส้เล็ก และช่วยย่อยไขมัน

5. ไส้ติ่ง (Cecum) ในสัตว์ปีกทุกชนิดมี 2 อัน มีลักษณะเป็นถุง ตอนปลายขยายใหญ่เชื่อมต่อกับท่อทางเดินอาหารบริเวณรอยต่อของลำไส้เล็กกับลำไส้ใหญ่ เป็นส่วนสุดท้ายที่ใช้ย่อยอาหารที่เป็นเยื่อใยและดูดซึมน้ำและเป็นที่หมักย่อยเยื่อใยโดยแบคทีเรีย

6. ลำไส้ใหญ่ (Large intestine) อยู่ต่อจากลำไส้เล็กและสิ้นสุดที่ทวารรวม มีความยาวเพียง 10 เซนติเมตร กระบวนการย่อยอาหารในลำไส้เล็กอาจจะต่อเนื่องจนถึงลำไส้ใหญ่ กากอาหารหรืออาหารที่ผ่านการย่อยแล้ว และอาหารบางส่วนที่ไม่ถูกย่อยจะเคลื่อนที่มาอยู่ในส่วนนี้ เพื่อรอการขับถ่ายออก ในส่วนนี้จะมีการดูดซึมน้ำจากกากอาหารกลับเข้าสู่ร่างกาย ทำให้กากอาหารมีลักษณะแห้ง

7. ทวารรวม (Cloaca) เป็นส่วนสุดท้ายของทางเดินอาหาร ทวารรวมแบ่งเป็น 3 ตอน คือ Coprodeum มีลักษณะเป็นถุงเปิดเข้าไปในส่วนที่ 2 คือ Urodeum โดยมีท่อปัสสาวะ 2 ท่อ เปิดทางด้านบน และด้านล่างมีทางเปิดของท่ออสุจิในเพศผู้ และช่องคลอด (Vagina) ในเพศเมีย และเปิดไปสู่ส่วนท้าย คือ Proctodeum ซึ่งจะเปิดออกนอกร่างกายส่วนทวารหนักที่มีกล้ามเนื้อหูรูดเรียงอยู่เป็นทางขับถ่ายมูลและปัสสาวะของสัตว์ (พรชุลีย์ และคณะ, 2543)



ภาพที่ 4 แสดงระบบทางเดินอาหารในไก่
ที่มา: Crowley (2011)

กระบวนการดูดซึมกลีเซอรีน

เมื่อร่างกายได้รับกลีเซอรีนจากการย่อยสารประเภทไตรกลีเซอไรด์ จะต้องมีการทำให้ไตรกลีเซอไรด์ละลายเข้ากับน้ำเสียก่อน โดยกระบวนการ Emulsification โดยอาศัยกรดน้ำดีและเกลือน้ำดี (Bile acid and bile salt) ช่วยกระจายโมเลกุลของไขมันให้อยู่ในรูป Mixed micelle ซึ่งจะทำให้ไตรกลีเซอไรด์ละลายน้ำได้ดีขึ้น ก่อนที่จะถูกไฮโดรไลซ์ (Hydrolyze) โดยเอนไซม์ไลเปส (Lipase) จากตับอ่อนโดยเรียกกระบวนการนี้ว่าไลโปซิส (Lyposis) ได้เป็นกรดไขมันชนิดสายสั้น (Short chain fatty acid) สายปานกลาง (Medium chain fatty acid) (C4-C12) และกลีเซอรีน และจะถูกดูดซึมผ่านเซลล์เยื่อบุผนังลำไส้เล็ก (Micosal cell) (พัชรี และคณะ, 2551) กลีเซอรีนที่ผ่านเข้าสู่เส้นเลือดฝอยจะถูกส่งผ่านมายังตับเพื่อเข้าสู่กระบวนการเมแทบอลิซึมต่อไป กลีเซอรีนส่วนหนึ่งที่ผ่านเซลล์ผนังลำไส้เข้ามาจะรวมกับกรดไขมันเป็นไตรกลีเซอไรด์ขึ้นใหม่ ต่อมาจะถูกส่งผ่านเข้าสู่กระแสเลือดโดยระบบน้ำเหลืองก่อนที่จะผ่านไปยังระบบเลือดเพื่อนำไปสู่ตับและเนื้อเยื่อไขมัน กลีเซอรีนที่ร่างกายได้รับโดยตรงเป็นสารละลายที่สามารถละลายน้ำได้ (Hydrophilic) กลีเซอรีนดูดซึมโดยวิธีการแพร่ผ่านช่องว่างระหว่างเซลล์ โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการพากลีเซอรีนผ่านเซลล์ผนังลำไส้เล็ก แต่

จากการศึกษาเมื่อไม่นานมานี้พบว่ากลีเซอรีนสามารถดูดซึมได้ในลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ของหนู โดยอาศัยตัวกลางในการส่งผ่าน โดยใช้โมเลกุลของ Na^+ อิสระ และยังพบอีกว่าสารประกอบที่เป็นแอลกอฮอล์และสารที่มีคุณสมบัติคล้ายแอลกอฮอล์สามารถยับยั้งการดูดซึมของกลีเซอรีนที่ลำไส้เล็ก กลีเซอรีนสามารถถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กได้โดยตรง โดยในหนูจะมีค่าการดูดซึมในลำไส้เล็กอยู่ในช่วง 70-90 เปอร์เซ็นต์ และ 97 เปอร์เซ็นต์ ในสุกรและไก่ไข่ (Bartlet and Schnieder, 2002)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการย่อยและการดูดซึมอาหาร

ภรณี และคณะ (2543) กล่าวว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการย่อยได้และการดูดซึมอาหาร ได้แก่

1. ปัจจัยที่เกิดจากตัวสัตว์

1.1 ชนิดสัตว์ สัตว์แต่ละชนิดสามารถย่อยและดูดซึมอาหารได้ต่างกัน เนื่องจากความแตกต่างทางกายวิภาคและสรีรวิทยาของระบบย่อยอาหาร

1.2 อายุของสัตว์ สัตว์ชนิดเดียวกันที่อยู่ในวัยต่างจะมีความสามารถในการย่อยและการดูด-ซึมอาหารได้ต่างกัน

1.3 การไหลเวียนของเลือด ถ้าระบบไหลเวียนของเลือดดี การดูดซึมอาหารก็จะดีด้วย

1.4 อัตราความเร็วที่อาหารเดินทางผ่านทางเดินอาหารของสัตว์ อัตราความเร็วในการเดินทางของอาหารผ่านส่วนต่างๆ ของทางเดินอาหารขึ้นอยู่กับขนาดชิ้นส่วนของอาหาร วิธีการเตรียมวัตถุดิบอาหารที่จะนำมาเลี้ยงสัตว์และปริมาณอาหารที่กิน อาหารบางชนิดจะเดินทางผ่านทางเดินอาหารอย่างรวดเร็วทำให้ประสิทธิภาพการย่อยได้ต่ำ เพราะอาหารมีเวลาได้สัมผัสกับน้ำย่อยต่างๆ ไม่เพียงพอ

2. ปัจจัยที่เกิดจากอาหาร

2.1 ส่วนประกอบทางโภชนะของอาหาร การย่อยได้ของอาหารจะแตกต่างกันออกไปเมื่อมีส่วนประกอบทางโภชนะต่างกัน เนื่องจากอาหารอาหารชนิดต่างๆ จะมีความแตกต่างกันทั้งในด้านปริมาณและประเภทของเยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตซึ่งมีอิทธิพลต่อการย่อยได้

2.2 คีเลต (Chelates) เป็นสารประกอบที่เกิดจากโมเลกุลของอินทรียสารจับตัวกับไอออนของโลหะ โดยคีเลตที่เกิดขึ้นนี้จะมีคุณสมบัติในการละลายต่างจากไอออนของโลหะที่ยังไม่ได้จับตัวกับโมเลกุลของอินทรียสาร ดังนั้นส่วนประกอบของอาหารที่จับตัวกับแร่ธาตุเป็นคีเลตจึงทำให้แร่ธาตุเหล่านี้อยู่ในรูปที่พร้อมให้ร่างกายดูดซึมผ่านผนังทางเดินอาหารได้มากขึ้นหรือน้อยลงได้

2.3 กรดไฟติก (Phytic acid) มากกว่าร้อยละ 50 ของฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในเมล็ดพืช ซึ่งแก่เต็มที่แล้วนั้นอยู่ในรูปของไฟติน (Phytin) ซึ่งเป็นเกลือของกรดไฟติก สัตว์ชนิดต่างๆ จะสามารถดูดซึมฟอสฟอรัสจากไฟตินไปใช้ได้แตกต่างกัน

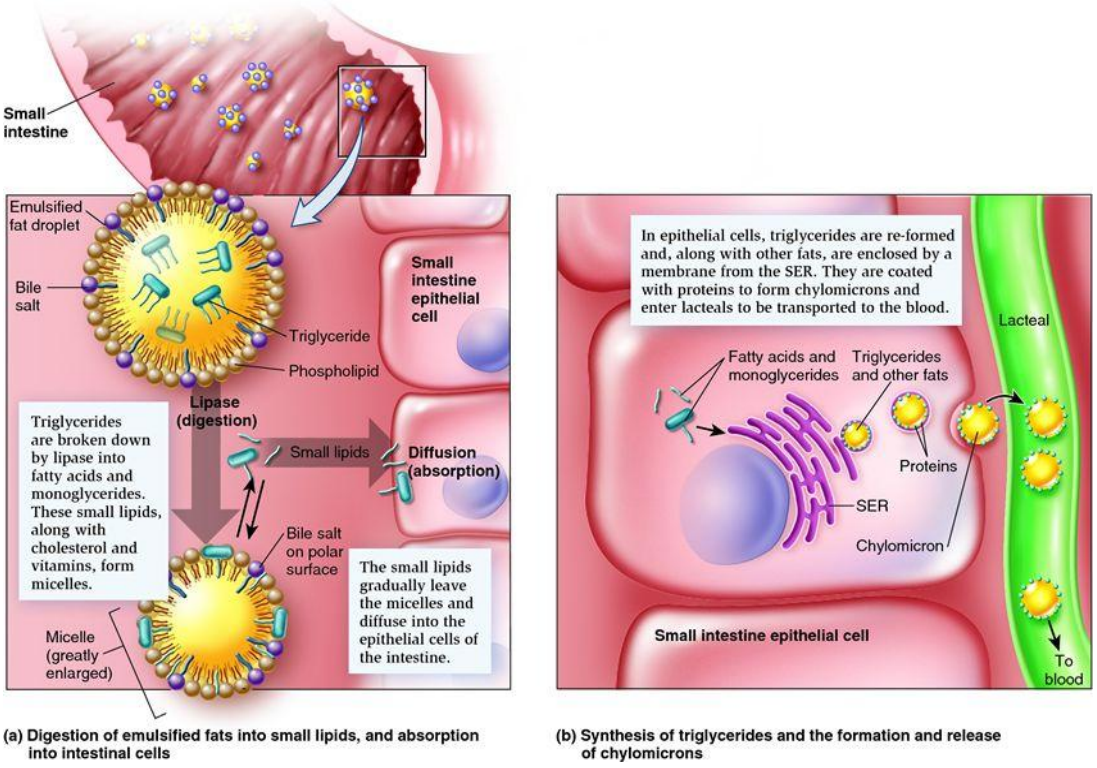
2.4 ออกซาเลต (Oxalates) กรดออกซาลิก (Oxalic acid) ซึ่งมีอยู่ในใบพืชบางชนิดอาจมีผลทำให้แคลเซียมในอาหารถูกดูดซึมได้น้อยลง

2.5 การผ่านการแปรรูป การนำอาหารสัตว์ไปผ่านการแปรรูปด้วยวิธีการต่างๆ ก่อนที่จะนำไปใช้เลี้ยงสัตว์เพื่อปรับปรุงคุณลักษณะของอาหารให้สัตว์สามารถย่อยและดูดซึมได้มากขึ้นนั้น อาจทำได้หลายวิธี ดังนี้ การบด การทำให้สุกด้วยความร้อน การอัดเม็ด

กระบวนการเมแทบอลิซึมกลีเซอรีน

กลีเซอรีนที่เกิดจากการย่อยสลายไตรกลีเซอไรด์ หลังจากกระบวนการดูดซึมผ่านผนังเส้นเลือดฝอยก็จะถูกนำมายังตับเพื่อนำเข้าสู่กระบวนการเมแทบอลิซึม แต่มีกลีเซอรีนบางส่วนได้ถูกนำมายังเนื้อเยื่อไขมันและกล้ามเนื้อลายเพื่อเปลี่ยนกลับไปเป็น ไตรกลีเซอไรด์ โดยใช้ปฏิกิริยา de-esterification กลีเซอรีนที่ถูกส่งมายังตับก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็นกลูโคสโดยกระบวนการกลูโคนีโอเจเนซิส (Gluconeogenesis) หรือเปลี่ยนไปเป็นพลังงานโดยกระบวนการไกลโคไลซิส (glycolysis) และวัฏจักรเครบ (Krebs' cycle) (Rosebrough *et al*., 1980) ร่างกายสามารถนำกลีเซอรีนไปใช้ประโยชน์ได้จริงประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ (Robergs and Griffin, 1998) ของกลีเซอรีนที่ได้รับทั้งหมด อย่างไรก็ตามผลการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของกลีเซอรีนพบเป็นสภาวะปกติกลีเซอรีนจะถูกนำมาใช้ในกระบวนการกลูโคนีโอเจเนซิสเพียง 5 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น แต่หากร่างกายอยู่ในสภาวะขาดอาหารในระยะเวลา 2-3 วัน กลีเซอรีนจะถูกนำมาใช้ในกระบวนการกลูโคนีโอเจเนซิสในปริมาณสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ในตับและ 38 เปอร์เซ็นต์ ในกล้ามเนื้อ การเพิ่มขึ้นของกระบวนการกลูโคนีโอเจเนซิสเมื่อร่างกายอยู่ในสภาวะอดอาหารจะส่งผลให้เกิดกระบวนไลโปซิสเพิ่มขึ้นและในขณะเดียวกันก็จะกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ Glycerol Kinase และ Glycerol-3-Phosphate Dehydrogenase ให้เพิ่มมากขึ้นด้วย (Hagopian *et al*., 2008) ในกระบวนการกลูโคนีโอเจเนซิสแล้วสลายตัวให้พลังงานจะได้พลังงาน 21ATP ต่อกลีเซอรีน 1 โมล (บุญล้อม, 2542) โดยส่วนใหญ่แล้วกระบวนการเมแทบอลิซึมของกลีเซอรีนจะเกิดขึ้นที่ตับและไต เมื่อคำนวณค่าพลังงานที่ได้ทั้งหมดเมื่อร่างกายได้รับจากกลีเซอรีนเมื่อเข้าสู่กระบวนการไกลโคไลซิส จะได้ค่าพลังงานเท่ากับ 22ATP ต่อกลีเซอรีน 1 โมล แต่ถ้าเปลี่ยนกลับไปเป็นกลูโคส ซึ่งกระบวนการเมแทบอลิซึมจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณกลีเซอรีน

ที่ได้รับ หรือระยะต่างๆ ของกระบวนการเมแทบอลิซึมที่เกิดหลังจากได้รับกลีเซอรีน (Kerr *et al*., 2007)

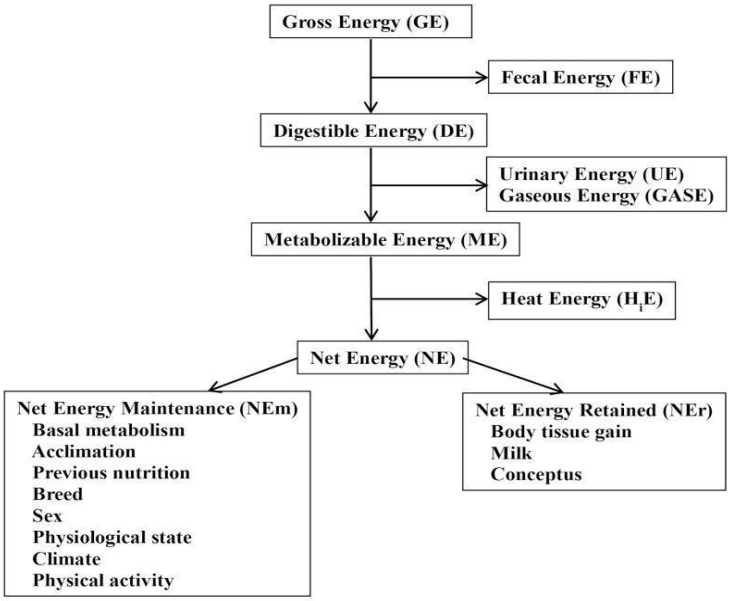


ภาพที่ 5 แสดงกระบวนการย่อยและดูดซึมกลีเซอรีน
ที่มา: Telner (2011)

จากข้อมูลที่กล่าวมานี้แสดงให้เห็นว่ากลีเซอรีนสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งโภชนะประเภทพลังงานในสัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น ไก่กระทง (Dozier *et al*., 2008) และสุกร (Lammer *et al*., 2008) เนื่องจากพลังงานในทางอาหารสัตว์เป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก เพราะร่างกายต้องการพลังงานในปริมาณมากเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ ทั้งเพื่อการดำรงชีพและให้ผลผลิต ในการประกอบสูตรอาหารจำเป็นต้องคำนึงถึงพลังงานเป็นอันดับแรก เพราะความเข้มข้นของโภชนะต่างๆ ที่จำเป็นต้องมีในสูตรอาหาร เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของสัตว์จะผันแปรตามระดับพลังงานในสูตรอาหาร (บุญล้อม, 2541)

ขั้นตอนการใช้พลังงานในสัตว์

อาหารที่สัตว์กินเข้าไป จะผ่านกระบวนการต่างๆ ก่อนที่สัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น การย่อยการดูดซึม และการเมแทบอไลซ์ เป็นต้น ในการนี้จะมีพลังงานที่สัตว์กินเข้าไปบางส่วนสูญเสียไปในรูปของมูล ปัสสาวะ ก๊าซจากการหมักย่อย (ในกรณีของสัตว์เคี้ยวเอื้อง) และความร้อนพลังงานที่เหลือเรียกว่าพลังงานสุทธิ ซึ่งสัตว์จะนำไปใช้ในการดำรงชีพ และการให้ผลผลิต (บุญล้อม, 2541) ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการสูญเสียพลังงานและพลังงานประเภทต่าง ๆ
ที่มา: Caton and Olson (2016)

ในกรณีของสัตว์ปีก Sibbald (1982) อธิบายถึง ลำดับขั้นตอนการใช้พลังงานไว้ดังนี้ คือ

1. พลังงานรวม (Gross energy; GE หรือ Ingested energy; IE) คือ พลังงานที่มีอยู่ทั้งหมดที่สัตว์กินเข้าไป ค่านี้ได้จากการนำอาหารมาเผาในแคลอรีมิเตอร์แล้ววัดความร้อนที่เกิดขึ้น

2. พลังงานที่สูญเสียในมูล (Fecal energy; FE) เป็นพลังงานที่ได้จากการนำมูลไปเผาในแคลอรีมิเตอร์ พลังงานส่วนนี้เป็นพลังงานที่สูญสียไปจากร่างกาย โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

2.1 พลังงานในอาหารสัตว์ที่สัตว์ย่อยไม่ได้ (Fecal energy of feed)

2.2 พลังงานที่ได้จากกระบวนการเมแทบอลิซึม (Metabolic fecal energy; FE) ซึ่งได้แก่ น้ำย่อย เซลล์เยื่อบุทางเดินอาหารที่หมดอายุ และไม่ถูกย่อย รวมทั้งจุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร ซึ่งจะถูกขับออกมาทางมูล

3. พลังงานที่ย่อยได้ (Apparent digestible energy; ADE) คือ พลังงานที่ได้จากอาหารที่ให้สัตว์กินหักออกจากพลังงานที่มีอยู่ในมูล (GE-FE) ซึ่งเป็นส่วนของพลังงานที่ย่อยและถูกดูดซึมได้

4. พลังงานที่สูญเสียไปในรูปก๊าซ (Gaseous products of digestion; GPD) เป็นพลังงานในก๊าซที่สันดาปได้และสูญหายไปจากร่างกายในขั้นตอนการย่อยและการดูดซึม ก๊าซเหล่านี้มีมีเทนเป็นส่วนประกอบหลักนอกจากนี้ยังมีก๊าซไฮโดรเจน คาร์บอนมอนน็อกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ อะซิโตน และอีเทน ก๊าซเหล่านี้มักสูญเสียออกจากร่างกายสัตว์โดยไม่ได้รวมในพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดค่าพลังงาน ความคลาดเคลื่อนนี้จะมีมากในสัตว์เคี้ยวเอื้องเพราะมีการสูญเสียของก๊าซสูงกว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยว

5. พลังงานที่สูญเสียในปัสสาวะ (Urinary energy; UE) เป็นพลังงานที่มีอยู่ในเศษเหลือของกระบวนการเผาผลาญโภชนะในร่างกาย ในกระบวนการนี้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีทั้งการสังเคราะห์และการเผาผลาญโภชนะโดยแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ

5.1 พลังงานที่ได้จากโภชนะส่วนที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ในร่างกาย (Urinary energy of feed; $U_e E$) ซึ่งอาจจะเกิดจากการสังเคราะห์และการเผาผลาญโภชนะในอาหาร ส่วนของโภชนะที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ก็จะถูกขับออก

5.2 พลังงานที่ได้จากโภชนะส่วนที่เหลือที่มีอยู่แล้วในร่างกาย (Endogenous urinary energy) โดยเกิดจากการที่มีการสลายเนื้อเยื่อของร่างกายมาใช้ ส่วนของโภชนะที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ก็จะถูกขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะ ซึ่งได้แก่ เอมีนกรุ๊ป (Amine group) จากโปรตีนก็จะถูกขับทิ้งไป

6. พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizableenergy; ME) ซึ่งแบ่งออกเป็น

6.1 พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ (Apparent metabolizableenergy; AME) มีค่าเท่ากับพลังงานที่ย่อยได้ทั้งหมดลบกับพลังงานที่สูญเสียในปัสสาวะและพลังงานที่สูญเสียในรูปก๊าซ (AME= ADE-UE-GPD หรือ AME= IE-FE-UE-GPD)

6.2 พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่แท้จริง (True metabolizableenergy; TME) มีค่าเท่ากับพลังงานในอาหารทั้งหมด ลบด้วยพลังงานในมูลจากส่วนที่ย่อยไม่ได้ ซึ่งมาจากอาหาร และจากภายในร่างกาย และพลังงานที่ได้จากโภชนะส่วนที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ได้ในปัสสาวะ ซึ่งมาจากอาหารและร่างกาย (TME= $IF-(F_f+U_fE-F_mE-U_eE)$

7. พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับกระบวนการเผาผลาญในร่างกาย (Heat increment; HI) เป็นปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นหลังจากสัตว์กินอาหารเสร็จแล้วและสัตว์นั้นอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่สบาย ความร้อนส่วนนี้ ประกอบด้วย ความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาการหมักของอาหาร (Heat of fermentation) ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการย่อยและดูดซึมอาหาร (Heat of digestion and absorption) ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการให้ผลผลิต ความร้อนส่วนนี้จะสูญหายไปจากร่างกายหรือสูญเปล่า ยกเว้นในกรณีที่สัตว์อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤต (Critical temperature) ซึ่งในกรณีนี้ความร้อนส่วนนี้จะใช้ประโยชน์ในการรักษาร่างกายให้อบอุ่นและถือเป็นพลังงานที่ใช้ในการดำรงชีพของสัตว์ด้วย

8. พลังงานใช้ประโยชน์สุทธิ (Net energy; NE) มีค่าเท่ากับผลต่างของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กับพลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับกระบวนการเผาผลาญในร่างกายสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กรณี คือ

$$ANE = AME-HI$$

$$TNE = TME-HI$$

พลังงานในส่วนนี้เป็นพลังงานสุทธิที่สัตว์สามารถใช้ประโยชน์ได้ในการดำรงชีพ (Net energy of maintenance; NE_m) พลังงานสุทธิที่ใช้เพื่อการให้ผลผลิต (Net energy for production; NE_p) พลังงานสุทธิในการดำรงชีพ (NE_m) หรืออีกในหนึ่งเป็นพลังงานส่วนที่รักษาปริมาณพลังงานในร่างกายสัตว์ให้อยู่ในดุลยภาพ คือ ไม่ลดและไม่เพิ่ม ประกอบด้วย

8.1 พลังงานพื้นฐาน (Basal metabolism) เป็นปริมาณพลังงานที่ร่างกายต้องการขั้นต่ำสุดเพื่อดำรงสภาพการมีชีวิตอยู่ ทั้งนี้เพื่อช่วยให้เกิดปฏิกิริยาพื้นฐานภายในเซลล์ การหมุนเวียนโลหิต การหายใจ เป็นต้น

8.2 พลังงานเพื่อกิจกรรมที่จำเป็น (Heat of activity) เป็นพลังงานที่สัตว์ใช้ในกิจกรรมที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีพ เช่น การลุกขึ้นยืน ล้มลงนอน เดินไปกินอาหารและน้ำ รวมทั้งการยืนพัก เป็นต้น

8.3 พลังงานเพื่อการควบคุมความร้อนภายในร่างกาย (Heat of thermal regulation) พลังงานในส่วนที่ช่วยให้ตัวสัตว์ที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงกว่า Zone of thermoneutrality รักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ พลังงานส่วนที่ใช้เพื่อการหอบ เพิ่มอัตราการหายใจเพิ่มความเร็วของการเต้นของหัวใจ และเป็นพลังงานความร้อนที่ช่วยให้สัตว์อบอุ่น เมื่อสัตว์อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤต

ส่วนพลังงานเพื่อการให้ผลผลิต (NEp) เป็นพลังงานที่สัตว์ต้องการใช้ในการสร้างผลผลิต ได้แก่ การเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อในร่างกาย ไข่ ขน เป็นต้น

การประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้สำหรับสัตว์ปีก ค่าที่ให้ความถูกต้องสมบูรณ์ควรจะมีการปรับค่าสมดุลไนโตรเจนด้วย เรียกว่า Nitrogen corrected metabolizable energy; ME_n โดยสามารถคำนวณได้ทั้งเทอม AME_n และ TME_n ทั้งนี้เพราะจะทำให้ค่า ME ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ประเมินนั้นเป็นค่า ME ที่ได้จากวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยตรงไม่ได้เกิดจากปัจจัยอื่นๆ โดยมีสมการคำนวณ ดังนี้

$$AME_n = IE-(FE-UE-NR)$$

$$TME_n = IE-(FE-UE)-(F_fE+U_eE-NR)$$

ค่าพลังงาน AME และ TME ขึ้นอยู่กับความสมดุลของไนโตรเจนในอาหารด้วย คือ ถ้าสัตว์กินอาหารนั้นแล้วมีสมดุลไนโตรเจนเป็นลบแสดงว่า สัตว์ขับไนโตรเจนออกทางมูลและปัสสาวะมากกว่าที่กินเข้าไป ทั้งนี้อาจเนื่องจาก อาหารนั้นมีพลังงานต่ำ ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ทำให้ดึงเอาเนื้อเยื่อในร่างกาย ออกมาเผาผลาญเป็นพลังงาน และมีการเอากลุ่มอะมิโนของโปรตีนในเนื้อเยื่อออกมา นั่นคือ ปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะมิได้ออกมาจากอาหารทั้งหมด ถ้านำพลังงานในปัสสาวะไปลบออกจากพลังงานย่อยได้ทันทีก็จะได้ค่าพลังงานที่ไม่ถูกต้อง ควรที่จะหักพลังงานในปัสสาวะส่วนที่ไม่ได้จากอาหารออกเสียก่อน ผลที่ได้ คือ AME มีค่าน้อยกว่า AME_n, TME และ TME_n ในทางตรงกันข้ามถ้าสัตว์กินอาหารนั้นแล้ว มีสมดุลของไนโตรเจนเป็นบวกก็แสดงว่าสัตว์ขับไนโตรเจนออกมาน้อยกว่าที่กินเข้าไป คือ ไนโตรเจนส่วนหนึ่งจากอาหารจะถูกสะสมไว้ในร่างกายแทนที่จะถูกขับออกมาทำให้พลังงานในปัสสาวะต่ำกว่าความเป็นจริง ผลที่ได้ ก็คือ AME มีค่าน้อยกว่า AME_n และค่า TME มีค่าน้อยกว่า TME_n

ดังนั้นเพื่อความถูกต้อง จึงต้องมีการปรับค่าพลังงานให้อยู่ในระดับที่มีสมดุลของไนโตรเจนเป็นศูนย์ (Zero nitrogen balance) โดยหักค่าพลังงานต่อกรัมไนโตรเจนส่วนที่ต่ำหรือสูงกว่าศูนย์ออก ซึ่งค่าที่ใช้ในสัตว์ปีกเท่ากับ 8.73 กิโลแคลอรี/กรัมไนโตรเจน

การประเมินหาพลังงานในสัตว์ปีก

การประเมินหาพลังงานในสัตว์ปีกส่วนใหญ่เป็นการประเมินหาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) ทั้งในเทอมของพลังงานใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ (AME) และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่แท้จริง (TME) วิธีการประเมินที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน มีดังนี้

1. การประเมินโดยวิธี Conventional method เป็นการประเมินโดยให้ไก่กินอาหารทุกวันโดยแบ่งระยะการทดลองเป็น 2 ระยะ คือ ระยะปรับตัวและระยะการทดลอง

2. การประเมินโดยวิธีการของ Sibbald (1986) ประเมินโดยอดอาหารไก่ (Fasting) 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นให้ไก่กินอาหารที่ต้องการประเมิน 30-40 กรัม เก็บมูลหลังจากผ่านไป 24 ชั่วโมง มูลและปัสสาวะที่ได้จากการทดลองนำไปหาพลังงานโดยคำนวณหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้จากสมการ

3. การประเมินโดยวิธีการของ Hill และ Anderson (1958) ทำได้โดยแบ่งไกออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกจะได้รับอาหารเปรียบเทียบ ซึ่งมีคาร์โบไฮเดรทพวกกลูโคสเป็นส่วนประกอบหลักกลุ่มที่สองได้รับอาหารที่ต้องการประเมินโดยทดแทนระดับของกลูโคสร้อยละ 30-40 ในอาหารทดสอบ อาหารทั้ง 2 กลุ่ม จะใส่โครมิคอ๊อคไซด์ (Cromicoxide, Cr_2O_3) เป็นดรรชนีในการย่อยได้ของอาหารเนื่องจากไม่สามารถย่อยหรือดูดซึมโครมิคอ๊อคไซด์ได้ จึงสามารถนำมาคำนวณ หาปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด และปริมาณอาหารที่เก็บไว้ในร่างกายได้

คุณค่าทางโภชนะของกลีเซอรีนดิบ

Brambilla และ Hill (1966) ศึกษาพลังงานของกลีเซอรีนบริสุทธิ์ พบว่ากลีเซอรีนบริสุทธิ์มีค่าพลังงานรวม (Gross energy) เท่ากับ 4,100 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม Dozier และคณะ (2008) ได้หาค่าพลังงานรวมของกลีเซอรีนดิบจากน้ำมันถั่วเหลือง ที่มีความบริสุทธิ์ 86.95 เปอร์เซ็นต์ พบว่ากลีเซอรีนดิบมีค่าพลังงานรวมโปรตีน และไขมัน เท่ากับ 3,625 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม 0.41 และ 0.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลีเซอรีนบริสุทธิ์มีค่าพลังงานรวมมากกว่ากลีเซอรีนดิบ นอกจากนี้ยังพบว่ากลีเซอรีนดิบที่มีความบริสุทธิ์ 86.95 เปอร์เซ็นต์ มีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (AME_n) เมื่อประเมินในไก่กระทงเท่ากับ 3,434 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่า ประมาณ 92-95 เปอร์เซ็นต์ของกลีเซอรีนบริสุทธิ์ เมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ปรากฏของกลีเซอรีนดิบกับค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ปรากฏของไขมันจากไก่กระทง พบว่ามีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของกลีเซอรีนดิบมีค่าพลังงานอยู่ที่ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ปรากฏที่มาจากไขมันไก่กระทง (Cullen *et al*., 1962) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมัน

ข้าวโพดพบว่ากลีเซอรีนดิบให้พลังงานเท่ากับ 36 เปอร์เซ็นต์ ของค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ปรากฏจากน้ำมันข้าวโพด (NRC, 1994) ดังนั้น Dozier และคณะ (2008) จึงสรุปว่ากลีเซอรีนดิบสามารถทดแทนโภชนะประเภทพลังงานได้เพียงบางส่วน

ตารางที่ 2 แสดงส่วนประกอบทางโภชนะและค่าพลังงานรวมของกลีเซอรีนดิบที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบ

รายการ	ระดับ
Analysis 1[1]	
Total glycerin, %	86.95
Methanol, %	0.028
pH	5.33
Moisture, %	6.63
NaCl, %	3.13
Ash, %	3.19
Total fatty acid, %	0.29
Analysis 2[2]	
Moisture, %	9.22
CP, %	0.41
Crude fat, %	0.12
Ash, %	3.19
Na, %	1.26
Chloride, %	1.86
K, %	<0.005
Color, fat analysis committee color standard	<1
Analysis 3[3]	
Gross energy (kcal/kg)	3,625±26

[1] Values reported by AGP Inc., Sergeant Bluff, IA Lot #GB605-03.

[2] Analysis by University of Missouri-Columbia experiment Station Chemical Laboratories, Columbia, MO.

[3] Analysis by USDA, National Swine Research and Information Center, Ames, IA.

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Dozier และคณะ (2008)

กำลังการผลิตไบโอดีเซล

1. แหล่งผลิตขนาดใหญ่ ตัวอย่างจากโรงงานผลิตไบโอดีเซล บริษัท นิวไบโอดีเซล จำกัด อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีขนาดกำลังการผลิต 160,000 ลิตร/วัน ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ

2. แหล่งผลิตขนาดกลาง ตัวอย่างจากโครงการผลิตไบโอดีเซลจากผลผลิตปาล์มน้ำมัน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา มีขนาดกำลังการผลิต 700 ลิตร/วัน ใช้น้ำมันที่ใช้แล้วเป็นวัตถุดิบ

3. แหล่งผลิตขนาดเล็ก ตัวอย่างจากโครงการผลิตไบโอดีเซลชุมชน สถานีตำรวจภูธรรัตภูมิ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา มีขนาดกำลังการผลิต 150 ลิตร/วันใช้น้ำมันที่ใช้แล้วเป็นวัตถุดิบ

ตารางที่ 3 ลักษณะทางเคมี ความหนืด และค่าความเป็นกรด-ด่างของกลีเซอรีนดิบจาก 3 แหล่งการผลิต

การวิเคราะห์	แหล่งที่มา		
	แหล่งผลิตขนาดเล็ก*	แหล่งผลิตขนาดกลาง**	แหล่งผลิตขนาดใหญ่***
ค่าพลังงาน (gross energy) (kcal/kg)	7,554.61	4,387.45	4,650.22
ไขมันรวม (crude fat) (%)	5.05	0.44	0.22
โปรตีนรวม (crude protein) (%)	0.65	0.85	0.48
น้ำ (moisture) (%)	3.93	13.85	4.27
เถ้า (ash) (%)	10.38	5.62	1.44
ค่าความหนืด (viscosity) (cSt/s)	90.28	12.52	99.20
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	8.99	6.39	6.40

หมายเหตุ : *โครงการผลิตไบโอดีเซลชุมชน สภ.รัตภูมิ จ. สงขลา

**โครงการผลิตไบโอดีเซลจากผลผลิตปาล์มน้ำมัน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

***โรงงานผลิตไบโอดีเซล บริษัท นิวไบโอดีเซล

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Settapong และ Wattanachant (2010)

ผลการใช้กลีเซอรีนดิบในไก่

การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร

หนักตัว

Mclea และคณะ (2011) ศึกษาผลการเสริมกลีเซอรีนดิบจากแหล่งผลิตที่แตกต่างกัน และมีคุณลักษณะทางเคมีที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งผลของระดับการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ 0, 3.3, 6.7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวไก่กระทงและปริมาณการกินได้ ที่อายุ 14, 21 และ 28 วัน รายงานว่าไก่กระทงที่อายุ 14 และ 28 วัน ที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมไม่เสริมกลีเซอรีนดิบและอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่างๆ มีน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งผลการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับรายงานของนัสวัล (2557) รายงานว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ นาน 42 วัน ไม่มีผลทำให้ไก่กระทงมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น ($P>0.05$) ในขณะเดียวกัน Cerrate และคณะ (2006) ศึกษาผลการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ รายงานว่าไก่ที่อายุ 14 วันที่เสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตัวมากกว่าไก่ที่เสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 0 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) ซึ่งใกล้เคียงการศึกษาของ Abd-Elsamee และคณะ (2010) รายงานว่าไก่ที่อายุ 7-14 วัน ที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตัว น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมีค่ามากกว่าไก่ที่ได้รับอาหารที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4 แสดงองค์ประกอบของกลีเซอรีนจากแหล่ง A และ B

Parameter	Source A	Source B	Method
Glycerol	52.3	81.0	BS 5711-3
Glycerol	49.0	85.4	Megazyme assay kit
Methanol	1.6	0.03	Gas chromatography
Water	5.2	12.8	BS 5711-8
Ash	3.7	5.8	BS 5711-6
MONG*	38.8	0.4	BS 5711-9
Free fatty acids	0.74	0.62	BS EN ISO 660
Gross Energy (MJ/kg)	20.70	14.41	bomb calorimeter

Source A: PRS Environmental, Source B: John Thompson and Sons Ltd.

*Matter organic non glycerol,

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Mclea และคณะ (2011)

ปริมาณการกินได้

Mcleaและคณะ (2011) ได้ศึกษาผลการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 3.3, 6.7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ต่อปริมาณการกินได้ของไก่กระทงอายุ 1-28 วัน พบว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบในระดับต่างๆ และแหล่งของกลีเซอรีนดิบไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของอาหาร (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 5 และ 6 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Abd-Elsamee และคณะ (2010) ที่รายงานว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2, 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ของไก่ที่อายุ 7-14, 14-28 และ 28-42 วัน มีปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ขณะที่นัสวัล (2557) รายงานว่า การเสริมกลีเซอรีนดิบในระดับต่างๆ มีผลทำให้ปริมาณการกินได้ของไก่กระทงต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมกลีเซอรีนดิบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วน Cerrate และคณะ (2006) รายงานผลการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ของไก่กระทงที่อายุ 0-14 วัน ที่เสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้มากกว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาของ Dozier และคณะ (2008) รายงานผลการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 เปอร์เซ็นต์ ในไก่กระทงอายุ 24 และ 45 วัน พบว่า การเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 9 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณการกินได้มากกว่ากลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 3, 6 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

จากผลงานวิจัยข้างต้น สรุปได้ว่าการนำกลีเซอรีนดิบมาผสมในอาหารไก่กระทงในปริมาณที่ต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ไม่น่าจะมีผลต่อปริมาณการกินได้ของไก่กระทง

ประสิทธิภาพการใช้อาหาร

Mclea และคณะ (2011) ได้ศึกษาถึงผลการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 3.3, 6.7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารไก่ พบว่าไก่ที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 6.7 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีที่สุด (P<0.05) ดังแสดงในตารางที่ 5 ส่วน Sehu และคณะ (2012) และ Silva และคณะ (2012) พบว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบในสูตรอาหารที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลดีที่สุด (ตารางที่ 7) แต่ Cerrate และคณะ (2006) รายงานถึงผลการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารไก่ว่า ไก่ที่อายุ 14, 35 และ 42 วัน ไก่มีประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ นัสวัล (2557) ที่รายงานว่า ช่วงอายุ 1-42 วัน การเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารไม่มีผลทำให้ไก่กระทงมีประสิทธิภาพการใช้อาหารแตกต่างกัน (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Abd-Elsamee และคณะ (2010) ที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2, 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารไก่กระทง และพบว่าไก่ที่อายุ 7-14, 14-28 และ 28-42 วัน มีประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกัน (P>0.05)

ขณะที่ นัสวัล (2557) รายงานว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ในไก่กระทงที่อายุ 6 สัปดาห์ ไม่ทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารแตกต่างกัน (P>0.05)

ตารางที่ 5 แสดงผลของระดับการเสริมกลีเซอรีนดิบต่อสมรรถนะของไก่กระทง

Parameter	Glycerin level (%)				P-Value
	0	3.3	6.7	10	
7-14 d Liveweight gain (g)	249	250	242	261	NS
14-21 d Liveweight gain (g)	460[a]	513[b]	504b	497[b]	<0.05
21-28 d Liveweight gain (g)	622.1	646.8	670.4	627.8	NS
Total liveweight gain (g)	1332[a]	1395[b]	1423[b]	1390[b]	<0.05
7-14 d DM intake (g)	296	285	263	283	NS
14-21 d DM intake (g)	564	552	555	560	NS
21-28 d DM intake (g)	862	832	828	819	NS
Total DM intake (g)	1723	1668	1642	1658	NS
7-14 d FCR*	1.20[c]	1.14[b]	1.10[a]	1.09[a]	<0.01
14-21 d FCR	1.23[b]	1.14[a]	1.08[a]	1.11[a]	<0.01
21-28 d FCR	1.39[c]	1.30[b]	1.24[a]	1.31[b]	<0.01
Total FCR	1.30[c]	1.20[b]	1.16[a]	1.20[b]	<0.01

[a, b, c] Superscripts indicate significant difference (P <0.05).

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Mclea และคณะ (2011)

ตารางที่ 6 แสดงผลของแหล่งที่มาของกลีเซอรีนดิบต่อสมรรถนะของไก่กระทง

Parameter	Glycerin level (%)		SEM	P value
	Source A	Source B		
7-14 d Liveweight gain (g)	254	249	13.26	NS
14-21 d Liveweight gain (g)	499	508	17.01	NS
21-28 d Liveweight gain (g)	633	664	20.01	NS

Source A: PRS Environmental, Source B: John Thompson and Sons Ltd.

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Mclea และคณะ (2011)

ตารางที่ 6 แสดงผลของแหล่งที่มาของกลีเซอรีนดิบต่อสมรรถนะของไก่กระทง (ต่อ)

Parameter	Glycerin level (%)		SEM	P-Value
	Source A	Source B		
Total liveweight gain (g)	1388	1418	31.88	NS
7-14 d DM intake (g)	277	278	12.85	NS
14-21 d DM intake (g)	548	563	15.60	NS
21-28 d DM intake (g)	804	849	21.45	NS
Total DM intake (g)	1625	1686	38.81	NS
7-14 d FCR*	1.09	1.12	0.024	NS
14-21 d FCR	1.10	1.12	0.026	NS
21-28 d FCR	1.28	1.29	0.031	NS
Total FCR	1.18	1.19	0.016	NS

Source A: PRS Environmental, Source B: John Thompson and Sons Ltd.

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Mclea และคณะ (2011)

ตารางที่ 7 ระดับการเสริมกลีเซอรีนในอาหารไก่กระทงที่แนะนำจากงานวิจัยต่างๆ

ระดับการเสริมกลีเซอรีนดิบที่แนะนำ (%)	สายพันธุ์	เพศ	แหล่งที่มา
5	Ross 308	Male	อดิศร (2556)
5-10	Cobb 500	Male	นัสวัล (2557)
6	Arbor Acres	Mixed sex	Abd-Elsamee และคณะ (2010)
5	Cobb 500	Male	Cerrate และคณะ (2006)
9	Ross 708	Mixed sex	Dozier และคณะ(2008)
6.7	Roos 308	Mixed sex	Mclea และคณะ (2011)
5	Roos 308	Male	Sehu และคณะ (2012)
5	Cobb 500	Mixed sex	Silva และคณะ (2012)

ลักษณะและคุณภาพซาก

Cerrate และคณะ (2006) รายงานผลการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่กระทง พบว่าไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตกแต่ง เปอร์เซ็นต์ Water uptake in chill เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนน่อง และน้ำหนักปีก (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของนัสวัล (2557) พบว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ไม่มีความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ซาก (P>0.05) แต่เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนอก น้ำหนักเนื้อส่วนอก และน้ำหนักน่อง ของไก่ที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าน้อยกว่าไก่ที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05) แต่เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนปีกของไก่ที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่าไก่ที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

นัสวัล (2557) รายงานผลการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารไก่กระทง พบว่า เปอร์เซ็นต์ เนื้อหน้าอก กลุ่มควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 10 เปอร์เซ็นต์ (P>0.05) แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 2.5, 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05) สะโพก กลุ่มควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ (P>0.05) แต่มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 2.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05) โครงร่าง กลุ่มควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ (P>0.05) แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 2.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05) กระดูกรวม กลุ่มควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (P>0.05) แต่มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05) ผิวหนังรวม กลุ่มควบคุมมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่การเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลกับ เปอร์เซ็นต์ซาก กล้ามเนื้อรวมสันใน ปีก แข้งและเท้า น่อง หัวและคอ ตับและม้าม กระเพาะแท้ กระเพาะบด กระเพาะพัก ลำไส้รวม หัวใจ อวัยวะภายในรวม และไขมันรวม ของไก่กระทงทั้งห้ากลุ่ม (P>0.05)

บทที่ 3

การทดลองที่ 1

การทดลองเพื่อหาการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของกลีเซอรีนดิบจากน้ำมันปาล์มในไก่

บทนำ

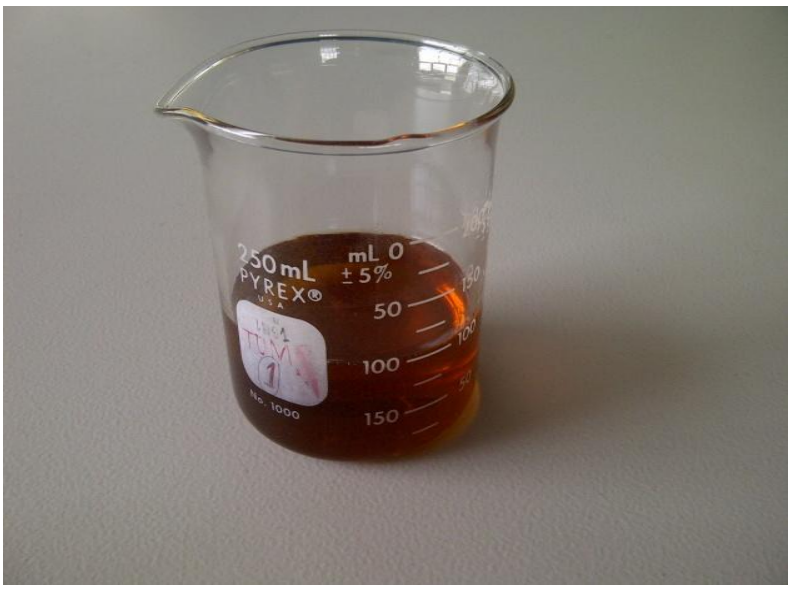
กลีเซอรีนดิบ เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในหลายด้าน รวมทั้งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในทางปศุสัตว์ได้ ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าสามารถนำกลีเซอรีนดิบมาใช้ผสมในอาหารสัตว์เพื่อทดแทนแหล่งพลังงานได้ อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตไบโอดีเซลมีการใช้วัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตแตกต่างกัน เช่น น้ำมันพืช น้ำมันพืชใช้แล้ว ไขมันสัตว์ทำให้กลีเซอรีนดิบที่ได้มีคุณสมบัติทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะ รวมถึงพลังงานใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน โดยการศึกษาในครั้งนี้ใช้กลีเซอรีนดิบที่ผลิตจากอุตสาหกรรมไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ แม้ว่ากลีเซอรีนดิบจะมีพลังงานรวมสูงและใช้ทดแทนแหล่งพลังงาน เช่น ข้าวโพด ในสูตรอาหารสัตว์ได้ อย่างไรก็ตามก่อนจะนำกลีเซอรีนดิบไปผสมในสูตรอาหารได้นั้น ต้องทำการทดสอบคุณภาพของกลีเซอรีนดิบที่ผลิตจากอุตสาหกรรมไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ และค่าการของการย่อยได้และพลังงานที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ของกลีเซอรีนดิบ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของกลีเซอรีนดิบจากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ

แหล่งที่มาของกลีเซอรีนดิบ

โรงงานผลิตไบโอดีเซล บริษัทนิวไบโอดีเซลจำกัด อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีขนาดกำลังการผลิต 160,000 ลิตร/วัน ทำการเก็บตัวอย่างเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ.2556



ภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างกลีเซอรีนดิบที่ได้มาจากโรงงานผลิตไบโอดีเซล บริษัท นิวไบโอดีเซล จำกัด อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี **(**ภาพโดยธรรมธัช, 2560)

ภาพที่ 7 แสดงลักษณะทางกายภาพของกลีเซอรีนดิบ จากโรงงานผลิตไบโอดีเซล บริษัท นิวไบโอดีเซลจำกัด อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทั่วไปกลีเซอรีนดิบมีลักษณะขุ่นข้น สีน้ำตาลเข้ม หรือน้ำตาลอ่อน หนืด มีกลิ่นของแอลกอฮอล์ โดยลักษณะความใส สี หรือกลิ่น ของกลีเซอรีนดิบจะแตกต่างกันตามองค์ประกอบทางเคมี จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันที่นำมาใช้เป็นสารตั้งต้น รวมทั้งชนิดของสารเคมีที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

ตารางที่ 8 แหล่งที่มาของกลีเซอรีน ค่าพลังงานรวม และ องค์ประกอบทางเคมี

แหล่งที่มาของกลีเซอรีนดิบ	**แหล่งผลิตขนาดใหญ่***
ปฏิกิริยาเคมีที่ใช้ในการผลิต	ทรานเอสเตอร์ริฟิเคชั่น
วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต	น้ำมันปาล์ม
สารเคมีที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา	เมทานอล
สารเคมีที่ใช้ในการเร่งปฏิกิริยา	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

ตารางที่ 8 แหล่งที่มาของกลีเซอรีน ค่าพลังงานรวม และ องค์ประกอบทางเคมี (ต่อ)

แหล่งที่มาของกลีเซอรีนดิบ	แหล่งผลิตขนาดใหญ่*
พลังงานรวมและส่วนประกอบทางเคมี (as fed basis)	
ปริมาณกลีเซอรอล	89.83±0.57
ค่าพลังงานรวม (gross energy, kcal/kg)	4309.02
น้ำ (moisture %)	16.45
ไขมันรวม (crude fat %)	0.46
โปรตีนรวม (crude protein %)	0.64
เถ้า (ash %)	1.86
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	6.35

วัสดุ อุปกรณ์ สถานที่ทดลอง และวิธีการทดลอง

วัสดุ อุปกรณ์

1. ไก่ไข่เพศผู้ พันธุ์ไฮเซคบราวน์ (Hisex Brown) อายุ 27 สัปดาห์ จำนวน 8 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 2.79±0.09 กิโลกรัม
2. โรงเรือนเลี้ยงไก่และกรง (Metabolic cage) สำหรับการทดลองหาค่าการย่อยได้
3. วัตถุดิบอาหารสัตว์ ประกอบด้วย แป้งข้าวโพด และกลีเซอรีนดิบ
4. เครื่องชั่งอาหาร
5. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างมูลฮาเน็ส (Harness)
6. สารเคมีและเครื่องมือวิเคราะห์หาค่า ไนโตรเจน พลังงาน
7. ตู้อบ (Hot air oven) บริษัท Binder รุ่น FED 720
8. ถุงพลาสติก

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ และฟาร์มปฏิบัติการสัตวศาสตร์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

วิธีการทดลอง

1. อาหารและการเตรียมอาหารทดลอง

อาหารที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย 2 สูตร โดยเสริมกลีเซอรีนดิบในสูตรอาหารที่ระดับ 0 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ในแป้งข้าวโพด รวมเป็น 40 กรัม ดังแสดงในรูปภาพที่ 8

ภาพที่ 8 อาหารทดลองหาการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบ
(ภาพโดยธรรมธัช, 2560)

2. การเตรียมสัตว์ทดลอง

การทดลองใช้ไก่ไข่เพศผู้พันธุ์ไฮเซคบราวน์ (Hisex Brown) อายุ 27 สัปดาห์ จำนวน 8 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 2.79±0.09 กิโลกรัมแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 4 ตัว เลี้ยงในกรง (Metabolic cage) กรงละ 1 ตัว ขนาดกรงทดลอง กว้าง × ยาว × สูง เท่ากับ 30 × 46 × 50 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยให้ไก่กินอาหารปริมาณ 40 กรัม และน้ำสะอาดแบบเต็มที่ *(ad libitum)*

ตารางที่ 9 ผังการทดลอง

	ไก่ทดลอง							
ตัวที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2

หมายเหตุ : T1 = แป้งข้าวโพด

T2 = แป้งข้าวโพด + กลีเซอรีนดิบจากโรงงานผลิตไบโอดีเซล บริษัท นิวไบโอดีเซล จำกัด อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี

การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของกลีเซอรีนดิบ

1. การประเมินคุณค่าทางโภชนาการโดยการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของกลีเซอรีนดิบ และแป้งข้าวโพด ในห้องปฏิบัติการโดยวิธีประมาณ (proximate analysis) ทำการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ไนโตรเจน ไขมัน เถ้า และวิเคราะห์หาพลังงานรวมตามวิธีของ AOAC (2005)

วิเคราะห์ความชื้น (moisture)

นำขวดเข้าตู้อบเป็นเวลา 40 นาที นำขวดชั่งที่อบแล้วเข้าโถอบแห้ง ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่าง 5 กรัมใส่ลงในขวดชั่ง อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่อบแล้วเข้าโถอบแห้ง เพื่อดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น เอาออกมาชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักไว้ จากนั้นนำเข้าตู้อบอีกครั้ง ทำซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ ซึ่งน้ำหนักที่หายไปจะเป็นน้ำหนักความชื้น

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{a - b}{w} \times 100$$

a = น้ำหนักขวดชั่ง+อาหารก่อนอบ
b = น้ำหนักขวดชั่ง+อาหารหลังอบ
w = น้ำหนักตัวอย่าง

วิเคราะห์ไนโตรเจน (Nitrogen)

วิเคราะห์ไนโตรเจนโดยวิธีของ Kjedahl ใช้ตัวอย่างมูล 0.5 กรัม ใส่ในขวดแก้ววิเคราะห์ไนโตรเจน เติมสารเร่ง 3 กรัม เติมกรดกำมะถันเข้มข้น 15 มิลลิลิตร นำมาต้มบนเครื่องย่อย (Digestion apparatus) รุ่น 2000 Digestion system เครื่องกลั่น (Distillation apparatus) รุ่น 2200 Kjeltec ของบริษัท FOSS ประเทศสวีเดน หลอดย่อยโปรตีน (Digestion tube) บีกเกอร์ ขวดรูปชมพู่ และบิวเรตโดยครั้งแรกให้ความร้อนต่ำจนกระทั่งเดือดแล้วเพิ่มความร้อนให้สูงขึ้น จนกระทั่งสารละลายในขวดใส ปิดไฟทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำไปกลั่นโดยใช้เครื่องกลั่น (Distillation apparatus) รุ่น 2200 Kjeltec ของบริษัท FOSS ประเทศสวีเดน ก๊าซแอมโมเนียที่เกิดขึ้นจากการกลั่นจะถูกจับด้วยกรดบอริค ทำการกลั่นจนกระทั่งไม่มีก๊าซแอมโมเนีย นำสารละลายที่อยู่ในขวดรูปชมพูปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร ไปไตเตรตด้วยกรดเกลือมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น (0.1 นอร์มอล) จนถึงจุดยุติเพื่อหาปริมาณกรดบอริคที่เหลือจากการจับกับก๊าซแอมโมเนีย หากใช้เมทิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ สารละลายจะเปลี่ยนเป็นชมพูอ่อนการคำนวณหาปริมาณโปรตีนโดยใช้สมการ

$$\% \text{ ไนโตรเจน} = \frac{14\left(V_1 - V_2\right)N}{W}$$

V_1 = ปริมาณกรดมาตรฐานที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง

V_2 = ปริมาณกรดมาตรฐานที่ใช้ไตเตรต blank

N = เป็นความเข้มข้นของกรดเกลือเป็นนอร์มอล

W = น้ำหนักตัวอย่างมูล (กรัม)

วิเคราะห์ค่าพลังงานในอาหาร (Gross energy)

การวิเคราะห์ค่าพลังงานในอาหารโดยใช้เครื่อง Bomb calorimeter รุ่น CAB-305 เริ่มจากนำ benzoic ประมาณ 0.98-1.0 กรัม มาอัดเม็ดเพื่อมาสันดาบหาค่า Heat capacity ของเครื่องมือ โดยอ่านค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และวัดลวดที่ใช้ไปเพื่อเข้าสูตรคำนวณต่อไป ซึ่งในการทดลองนี้จะหาค่า Heat capacity 2 ครั้ง ทำครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของแต่ละวันที่ทำการหาค่าพลังงาน

$$\text{Heat capacity} = \frac{(26441.6 \times \text{นน.ของ benzoic}) + \text{พลังงานด้าย} + \text{พลังงานลวดที่ใช้ไป}}{\text{อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น } (^{\circ}C)}$$

$$\text{ค่าพลังงานรวม} = \frac{(\text{Heat capacity} \times \text{อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของตัวอย่าง}) - \text{พลังงานด้าย} - \text{พลังงานลวดที่ใช้ไป}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}}$$

หมายเหตุ : พลังงานด้ายมีค่าเท่ากับ 58.58J/g

Benzoic มีน้ำหนักประมาณ 1 กรัม ค่า heat capacity ที่ได้ประมาณ 9,300- 9,900

ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น จูลต่อกรัมของอาหาร

2. การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของกลีเซอรีนดิบ โดยการประเมินจากตัวสัตว์ โดยตรงตามวิธีการของ Sibblad (1986) ซึ่งแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ระยะ คือ

2.1 ระยะปรับตัว (preliminary period) เป็นระยะทำการฝึกป้อนอาหารให้ไก่กิน เป็นระยะเวลา 5 วัน โดยไก่ทดลองจะได้รับการฝึกป้อนแป้งข้าวโพด และแป้งข้าวโพดผสมกลีเซอรีน

จากทั้ง 2 แหล่งปริมาณ 40 กรัม โดยที่ไก่ทดลองยังคงได้รับน้ำ และอาหารโดยปกติ และไม่มีการเก็บข้อมูล

2.2 ระยะทดลอง (experimental period)

ช่วงที่ 1 เป็นการทดลองเพื่อหา Metabolic fecal energy และ Endogenous urinary energy การทดลองเริ่มต้นด้วยการชั่งน้ำหนักไก่ทดลองทุกตัว จากนั้นทำการอดอาหารไก่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ไก่ขับอาหารที่เหลือในระบบทางเดินอาหารออก การเก็บมูล และปัสสาวะเพื่อนำไปวิเคราะห์จะเก็บ 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 เก็บหลังจากอดอาหารครบ24 ชั่วโมง เก็บมูลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการเปลี่ยนอุปกรณ์เก็บมูลใหม่ และเก็บมูลและปัสสาวะครั้งที่ 2 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง รวมระยะเวลาในการเก็บมูลและปัสสาวะทั้งหมด 48 ชั่วโมง ดังรูปภาพที่ 9

ช่วงที่ 2 เป็นการทดลองให้ไก่กินกลีเซอรีนดิบผสมแป้งข้าวโพดเพื่อประเมินการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในกลีเซอรีนดิบ การทดลองระยะนี้ประกอบด้วย ช่วงปรับตัว (preliminary period) หลังจากไก่ได้รับการฝึกแล้วจากนั้นเป็นระยะทดลอง ไก่แต่ละตัวจะได้รับแป้งข้าวโพดผสมกลีเซอรีนดิบจากแหล่งต่างๆ โดยนำกลีเซอรีนดิบผสมกับแป้งข้าวโพด ในอัตราส่วนกลีเซอรีนดิบ1ส่วน (10 เปอร์เซ็นต์) ต่อแป้งข้าวโพด 9 ส่วน (90 เปอร์เซ็นต์) ป้อนให้ไก่กิน 40 กรัมต่อวัน ป้อนเป็นเวลา 5 วัน การเก็บมูลเพื่อวิเคราะห์ ทำการเก็บ 2 ครั้ง เช่นเดียวกับการเก็บ metabolic fecal energy ใช้ Harness เป็นอุปกรณ์ในการเก็บมูลรวมปัสสาวะมีกรดกำมะถันเข้มข้น 0.05 โมลาร์ จำนวน 15 มิลลิลิตร ใส่ไว้เพื่อจับไนโตรเจนในมูลและป้องกันการเน่าเสียของมูลรวมปัสสาวะ นำมูลของไก่แต่ละตัวที่เก็บได้ในแต่ละครั้ง ไปอบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส แล้วนำมาตั้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาความชื้นไนโตรเจน และพลังงานรวม สำหรับค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสมดุลไนโตรเจน และพลังงานใช้ประโยชน์ได้คำนวณตามสมการของ Sibbald (1986)

อดอาหาร	ใส่อุปกรณ์	เก็บสิ่งขับถ่าย	เก็บสิ่งขับถ่าย
-24 ชั่วโมง	0	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง

ภาพที่ 9 ระยะเวลาในการป้อนอาหารและเก็บสิ่งขับถ่ายของไก่กระทง

$$\text{การย่อยได้ของวัตถุแห้งที่แท้จริง (ร้อยละ)} = \frac{F_i(DM)-E_{feed}(DM)+E_{fast}(DM)}{Fi\ (DM)} \times 100$$

ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ (apparent metabolizable energy; AME)

$$\text{AME (kcal/g)} = \frac{(F_i \times GE_f)-(E \times GE_e)}{\text{Fi (DM)}}$$

ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน (AME_n)

$$AME_n\text{(kcal/g)} = \frac{(F_i \times GE_f)-(E \times GE_e)-(NR \times K)}{Fi}$$

ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่แท้จริง (true metabolizable energy; TME)

$$\text{TME (kcal/g)} = \frac{(F_i \times GE_f)-(E \times GE_e)-(FE_m \times UF_e)}{Fi}$$

ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่แท้จริงเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน (TME_n)

$$TME_n\text{(kcal/g)} = \frac{(F_i \times GE_f)-(E \times GE_e)-(FE_m \times UF_e)+(NR \times K)}{Fi}$$

เมื่อ F_i(feed intake) = ปริมาณอาหารที่กิน (g)

E (excreta) = ปริมาณมูลรวมปัสสาวะ (g)

E_{feed} = ปริมาณมูลรวมปัสสาวะของไก่ที่ได้รับอาหาร (g)

E_{fast} = ปริมาณมูลรวมปัสสาวะของไก่ที่อดอาหาร (g)

GE_f(gross energy of feed) = พลังงานรวมของอาหาร (kcal/g)

GE_e(gross energy of excreta) = พลังงานรวมของมูลรวมปัสสาวะ (kcal/g)

FE_m+UE_e (metabolic fecal energy = พลังงานที่ถูกขับออกมาเมื่อไก่ไม่ได้รับอาหาร (kcal/g)+endrogenous urinary energy)

K (ค่าคงที่) = ค่าพลังงานรวมของไนโตรเจนในกรดยูริค เมื่อมีการสลายไนโตรเจนที่สะสมในร่างกาย 1 กรัม ซึ่งมีค่า เท่ากับ 8.22 (kcal)

NR (Nitrogen retention) = ปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในร่างกาย
= ปริมาณไนโตรเจนที่กิน–ปริมาณไนโตรเจนที่ขับถ่าย

การคำนวณค่าการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบ

$$\%\ \text{การย่อยได้ของแป้งข้าวโพด+กลีเซอรีนดิบ} = \frac{(\%\ \text{การย่อยได้}\ X_1 \times X_1\ \text{ที่ได้รับ}) + (\%\ \text{การย่อยได้}\ X_2 \times X_2\ \text{ที่ได้รับ})}{\text{ปริมาณแป้งข้าวโพด+กลีเซอรีนดิบที่ได้รับ}}$$

เมื่อ X_1 = แป้งข้าวโพด X_2 = กลีเซอรีนดิบ

3. การบันทึกข้อมูล

3.1 บันทึกปริมาณอาหารที่ให้กิน

3.2 บันทึกปริมาณมูลและปัสสาวะ

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลการย่อยได้และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณและเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน (AME, AME_n) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง และเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน (TME, TME_n) ของกลีเซอรีนดิบที่ได้ทั้งหมดมาอธิบายโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยแสดงค่าเฉลี่ย $\pm$ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการประเมินคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบที่นำมาทดลองได้แก่ แป้งข้าวโพด และกลีเซอรีนดิบ โดยการวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการแบบประมาณ (proximate analysis) ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ค่าพลังงานรวมและองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวโพด และกลีเซอรีนดิบ (as fed basis)

การวิเคราะห์	วัตถุดิบ	
	แป้งข้าวโพด	กลีเซอรีนดิบ*
ค่าพลังงานรวม (gross energy, kcal/kg)	3628.32	4309.02
ความชื้น (moisture %)	11.7	16.45
ไขมันรวม (crude fat %)	0.20	0.46
โปรตีนรวม (crude protein %)	0.51	0.64
เถ้า (ash %)	0.15	1.86

หมายเหตุ:*โรงงานผลิตไบโอดีเซล บริษัท นิวไบโอดีเซลจำกัด อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ค่าพลังงานรวม

จากการวิเคราะห์หาค่าพลังงานรวมของแป้งข้าวโพด และกลีเซอรีนดิบ พบว่า ค่าพลังงานรวมของแป้งข้าวโพด และกลีเซอรีนดิบมีค่าเท่ากับ 4,109.08 และ 5,157.42 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งผลดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงค่าพลังงานรวมของแป้งข้าวโพด และกลีเซอรีนดิบจากแหล่งผลิตไบโอดีเซลขนาดใหญ่

วัตถุดิบ	พลังงานรวม (วัตถุแห้ง, kcal/kg)
แป้งข้าวโพด	3,628.32 (4,109.08)
กลีเซอรีนดิบ*	4,309.02 (5,157.42)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บมีค่าเป็น % ของวัตถุแห้ง

*โรงงานผลิตไบโอดีเซล บริษัท นิวไบโอดีเซล อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี

การย่อยได้ของวัตถุแห้ง

การทดลองประเมินคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยการประเมินจากตัวไก่โดยตรง ไก่ที่ได้รับแป้งข้าวโพดอย่างเดียว พบว่ามีปริมาณมูลที่ขับถ่ายออกมามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.92 กรัมต่อตัวต่อ 24 ชั่วโมง ไก่ที่ได้รับแป้งข้าวโพดผสมกลีเซอรีนดิบ พบว่ามีปริมาณมูลที่ขับถ่ายออกมาค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.69 กรัมต่อตัวต่อ 24 ชั่วโมง ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของแป้ง

ข้าวโพด และแป้งข้าวโพดผสมกลีเซอรีนดิบมีค่าการย่อยได้เท่ากับ 86.07 และ 94.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 12

การย่อยได้ของกลีเซอรีน

ค่าการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบสามารถคำนวณโดยวิธีหาค่าความแตกต่าง พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบ มีค่าเท่ากับ 96.19 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 12 โดยสาเหตุที่ค่าการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบสูงกว่าแป้งข้าวโพดนั้น เนื่องมาจากแป้งข้าวโพดซึ่งเป็นสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต เมื่อเข้าสู่กระบวนการย่อยและดูดซึม ร่างกายสัตว์จะต้องย่อยคาร์โบไฮเดรตให้อยู่ในหน่วยย่อยที่เรียกว่ากลูโคสก่อนจึงจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ในขณะที่กลีเซอรีนดิบซึ่งปกติร่างกายสัตว์จะได้จากการย่อยสารประเภทไตรกลีเซอไรด์ เมื่อได้รับกลีเซอรีนดิบโดยตรงทำให้ร่างกายสัตว์สูญเสียพลังงานน้อยกว่าในการย่อยกลีเซอรีนดิบ อีกทั้งความสามารถในการละลายน้ำได้ดีของกลีเซอรีนดิบทำให้สามารถถูกดูดซึมผ่านเซลล์เยื่อบุผนังลำไส้เล็ก (Micosal cell) ได้ดี (พัชรี และคณะ, 2551)

ตารางที่ 12 ปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณมูลและปัสสาวะเฉลี่ยในสภาพวัตถุแห้งและเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้งของแป้งข้าวโพด แป้งข้าวโพดผสมกลีเซอรีนดิบ และกลีเซอรีนดิบ

วัตถุดิบ	ปริมาณอาหารที่กิน	ปริมาณมูล	%การย่อยได้
	% ของวัตถุแห้ง		
แป้งข้าวโพด	35.32	4.92±1.10	86.07±2.73
แป้งข้าวโพด+กลีเซอรีนดิบ*	32.86	1.69±0.76	94.94±3.29
กลีเซอรีนดิบ**			96.19

*โรงงานผลิตไบโอดีเซล บริษัทนิวไบโอดีเซลอำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี

**เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบได้จากการคำนวณหาค่าความแตกต่างของแป้งข้าวโพดและแป้งข้าวโพดผสมกลีเซอรีนดิบ

ค่าสมดุลไนโตรเจน

สมดุลไนโตรเจนของไก่ในระยะอดอาหาร และไก่ที่ได้รับแป้งข้าวโพด และแป้งข้าวโพดผสมกลีเซอรีนดิบ แสดงดังตารางที่ 13 พบว่า ค่าสมดุลไนโตรเจนของไก่ระยะอดอาหารมีค่าเป็นลบ เท่ากับ -0.74 เนื่องจากไก่ไม่ได้รับอาหารตลอด 48 ชั่วโมง ไก่จึงสลายโปรตีนจากร่างกายมากขึ้นแทนการใช้คาร์โบไฮเดรตและไขมันจากอาหารและที่สะสมในร่างกายเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงาน

ไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบของโปรตีนจึงถูกขับออกมากกว่าในสภาพที่ไก่ได้รับอาหาร สำหรับไก่ที่ได้รับแป้งข้าวโพดและแป้งข้าวโพด ผสมกลีเซอรีนดิบมีการขับไนโตรเจนที่น้อยลง เนื่องจากไก่ได้รับพลังงานจากอาหารที่กิน การใช้โปรตีนเพื่อสร้างพลังงานจึงลดลง ทำให้ขับไนโตรเจนน้อยลง

ตารางที่ 13 ปริมาณไนโตรเจนที่กิน ไนโตรเจนที่ขับถ่าย และค่าสมดุลไนโตรเจน

รายการ	**N ที่ได้รับ (กรัม)**	**N ที่ขับถ่าย (กรัม)**	**สมดุล N**
ระยะอดอาหาร	-	0.74±0.15	-0.74
แป้งข้าวโพด	0.08	0.16±0.02	-0.08
แป้งข้าวโพด+กลีเซอรีนดิบ	0.10	0.21±0.02	-0.11

ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้

ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ (AME, AME_n) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง (TME, TME_n) ของแป้งข้าวโพด และกลีเซอรีนดิบ แสดงดังตารางที่ 14 พบว่าค่า AME ของแป้งข้าวโพด และแป้งข้าวโพดผสมกลีเซอรีนดิบ มีค่าเท่ากับ 3,656.41 และ 4,922.50 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ ส่วนค่า AME_n มีค่าเท่ากับ 3,656.40 และ 4,922.48 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ ค่า TME ของแป้งข้าวโพด และแป้งข้าวโพดผสมกลีเซอรีนดิบ มีค่าเท่ากับ 3,686.87 และ 4,957.42 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ ส่วนค่า TME_n มีค่าเท่ากับ 3,686.87 และ 4,957.42 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ

ตารางที่ 14 แสดงค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ (AME, AME_n) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง (TME, TME_n) ของแป้งข้าวโพด และแป้งข้าวโพดผสมกลีเซอรีนดิบ

รายการ	**AME**	**AME_n**	**TME**	**TME_n**
	เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง			
แป้งข้าวโพด	3,656.41 ±108.58	3,656.39 ±108.46	3,686.87 ±106.89	3,686.69 ±106.75
แป้งข้าวโพด+กลีเซอรีนดิบ*	4,922.50 ±294.84	4,922.45 ±294.61	4,957.42 ±285.89	4,957.23 ±285.56

ตารางที่ 14 แสดงค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ (AME, AME_n) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง (TME, TME_n) ของแป้งข้าวโพด และแป้งข้าวโพดผสมกลีเซอรีนดิบ (ต่อ)

รายการ	AME	AME_n	TME	TME_n
	เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง			
ร้อยละของพลังงานรวม (GE, % ของวัตถุแห้ง)				
แป้งข้าวโพด	88.98	88.98	89.72	89.72
แป้งข้าวโพด+กลีเซอรีนดิบ*	95.45	95.44	96.12	96.12

*โรงงานผลิตไบโอดีเซล บริษัทนิวไบโอดีเซล อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของกลีเซอรีน

ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ (AME, AME_n) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง (TME, TME_n) ของกลีเซอรีนดิบคำนวณได้จาก วิธีหาค่าความแตกต่างของร้อยละของพลังงานรวม (% of GE) ของแป้งข้าวโพด+กลีเซอรีนดิบ ผลแสดงดังตารางที่ 15 พบว่า ค่า AME ของกลีเซอรีนดิบ มีค่าร้อยละของพลังงานรวม (% of GE) เท่ากับ 95.45เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคิดเป็น 4,922.50 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ค่า AME_n ของกลีเซอรีนดิบมีค่าร้อยละของพลังงานรวม (% of GE) เท่ากับ 95.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Dozier และคณะ (2011) ที่พบว่า ค่า AME_n ของกลีเซอรีนดิบจากแหล่งต่างๆ ที่นำมาทดลองในไก่กระทงเพศผู้ มีค่าร้อยละของพลังงานรวม (% of GE) เฉลี่ยเท่ากับ 97.4 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ Dozier และคณะ (2008) ทำการศึกษาค่า AME_n ของกลีเซอรีนดิบเพียงแหล่งเดียว พบว่าร้อยละของพลังงานรวม (% of GE) เฉลี่ยเท่ากับ 95เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้กลีเซอรีนดิบจากแหล่งผลิตขนาดใหญ่มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้สูงนั้น เนื่องมาจากมีปริมาณของสิ่งเจือปนน้อย ทำให้มีปริมาณกลีเซอรอลสูง (89.83±0.57 เปอร์เซ็นต์) และพบกรดไขมันอิสระในปริมาณที่น้อยกว่า 0.05 มิลลิลิตรต่อมิลลิกรัม (อดิศร, 2556) ซึ่งปริมาณกรดไขมันอิสระในกลีเซอรีนดิบนั้นเป็นปัจจัยที่มีผลสัมพันธ์ต่อค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของกลีเซอรีนดิบ โดย Dozier และคณะ (2011) รายงานว่า กลีเซอรีนดิบที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ (AME_n) เท่ากับ 97.4 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานรวม ขณะที่กลีเซอรีนดิบจากแหล่งที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระ 25-35 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ (AME_n) เพียง 65.6 เปอร์เซ็นต์

ของพลังงานรวม แสดงให้เห็นว่ากลีเซอรีนดิบจากแหล่งผลิตขนาดใหญ่สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานในไก่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 15 แสดงค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ (AME, AME_n) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง (TME, TME_n) ของกลีเซอรีนดิบ

รายการ	AME	AME_n	TME	TME_n
	เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง			
กลีเซอรีนดิบ*	4,789.18	4,787.63	4,873.25	4,873.25
ร้อยละของพลังงานรวม (GE, % ของวัตถุแห้ง)				
กลีเซอรีนดิบ*	92.86	92.83	94.49	94.49

*โรงงานผลิตไบโอดีเซล บริษัทนิวไบโอดีเซล อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี

สรุปผลการทดลองที่ 1

กลีเซอรีนดิบจากแหล่งผลิตขนาดใหญ่มีปริมาณกลีเซอรอล 89.83 เปอร์เซ็นต์ พลังงานรวม 5,157.42 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง จากการศึกษาค่าการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ (AME, AME_n) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง (TME, TME_n) ของกลีเซอรีนดิบ พบว่า AME ของกลีเซอรีนดิบมีค่าเท่ากับ 4,789.18 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ส่วนค่า AME_n มีค่าเท่ากับ 4,787.63 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง (TME) ของกลีเซอรีนดิบมีค่าเท่ากับ 4,873.25 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง เช่นเดียวกัน ค่า TME_n มีค่าเท่ากับ 4,873.25 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ผลที่ได้จะเห็นได้ว่า กลีเซอรีนดิบที่ผลิตจากอุตสาหกรรมไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบมีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้สูงอย่างไรก็ตามวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตไบโอดีเซลที่ต่างกันจะส่งผลให้องค์ประกอบทางเคมี และค่าพลังงานของกลีเซอรีนดิบที่ได้มีค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันค่อนข้างสูง ซึ่งส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนะเมื่อนำไปผสมในอาหารสัตว์ ดังนั้นก่อนที่จะนำกลีเซอรีนดิบจากแหล่งต่างๆ ไปเป็นส่วนประกอบในอาหารสัตว์ จึงควรวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของกลีเซอรีนดิบที่ได้จากแหล่งที่ได้เสียก่อน ส่วนการศึกษาค่าการย่อยได้ พบว่าค่าการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบมีค่าเท่ากับ 96.19 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 4

การทดลองที่ 2

การศึกษาผลของกลีเซอรีนดิบ และรูปแบบการให้อาหาร ต่อสมรรถนะการผลิต และลักษณะซากของไก่กระทง

บทนำ

กลีเซอรีนดิบเป็นวัตถุดิบที่สามารถนำมาผสมในสูตรอาหารสัตว์เพื่อทดแทนวัตถุดิบแหล่งพลังงานได้ เช่น ข้าวโพด เป็นต้น อย่างไรก็ตามคุณภาพของกลีเซอรีนดิบมีความผันแปรไปตามชนิดของวัตถุดิบที่นำไปทำไบโอดีเซล (Thompson and He, 2006) ส่งผลกระทบต่อค่าของโภชนะของตัวกลีเซอรีนดิบเอง โดยจากการศึกษาของนัสวัล (2557) พบว่าสามารถเสริมกลีเซอรีนดิบได้ถึงระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกับไก่กระทงที่ได้รับอาหารสูตรมาตรฐาน ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่าไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบ มีสมรรถนะการเติบโตต่ำกว่าไก่กระทงกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในช่วงอายุ 1-21 วันแรก แต่มีข้อสังเกตว่าในช่วง 22-42 วันหลัง ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบ มีสมรรถนะการเติบโต ไม่แตกต่างจากไก่กระทงกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) การทดลองที่ 2 จึงนำกลีเซอรีนดิบมาผสมในอาหารไก่กระทงที่ระดับ5 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ไก่กระทงสายพันธุ์ทางการค้า (Cobb500) เป็นสัตว์ทดลอง ทำการศึกษารูปแบบการเสริมกลีเซอรีนดิบตลอดระยะเวลาทดลอง และรูปแบบการเสริมกลีเซอรีนดิบเฉพาะในช่วง 22-42 วันหลัง เพื่อประเมินหาสมรรถนะการผลิต ได้แก่ ปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการใช้อาหาร อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันลักษณะซากและต้นทุนค่าอาหาร

วัตถุประสงค์

1. ผลการเสริมกลีเซอรีนดิบจากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบและรูปแบบการให้อาหารที่มีผลต่อสมรรถนะการผลิตและลักษณะซากในไก่กระทง

2. ศึกษาต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่เสริมกลีเซอรีนดิบจากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบเปรียบเทียบกับสูตรอาหารมาตรฐาน

แหล่งที่มาของกลีเซอรีนดิบ

กลีเซอรีนดิบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มาจากบริษัท นิวไบโอดีเซล จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งมีค่าความบริสุทธิ์ 89.83±0.57 เปอร์เซ็นต์

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

1. วัสดุ

1.1 กลีเซอรีนดิบ 50 ลิตร

1.2 ไก่กระทงพันทางการค้า (Cobb 500) เพศเมียอายุ 1 วัน จำนวน 360 ตัว

1.3 สูตรอาหารเลี้ยงไก่กระทงช่วงอายุ 1-21 วัน (ตารางที่ 9)

1.4 สูตรอาหารเลี้ยงไก่กระทงช่วงอายุ 22-42 วัน (ตารางที่ 10)

2. อุปกรณ์

2.1 อุปกรณ์สำหรับเลี้ยงไก่กระทง

2.1.1 คอกขังรวมสำหรับเลี้ยงไก่กระทง 12 คอก

2.1.2 อุปกรณ์ให้น้ำอัตโนมัติ

2.1.3 อุปกรณ์ให้อาหารแบบถังแขวน

2.2 อุปกรณ์สำหรับเตรียมอาหารทดลอง

2.2.1 เครื่องผสมอาหารชนิดถังนอน

2.2.2 เครื่องอัดเม็ดอาหาร

2.2.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก

2.3 อุปกรณ์สำหรับการฆ่าและชำแหละซากไก่

2.3.1 อุปกรณ์สำหรับการฆ่าและชำแหละซากไก่

2.3.2 ห้องแช่เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.3.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก

2.4 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพเนื้อไก่

2.4.1 เครื่องวัดค่าสี Color Reader CR-13

2.4.2 เครื่องวัดค่าความเป็น กรด-ด่างของเนื้อ (pH) ได้แก่ เครื่อง Mettler ToledoAG CH-8630 Schwerzenbach, Switzerland โดยใช้ probe รุ่น METTLER TOLEDO Inlab® 413 IP67 และบัฟเฟอร์ pH 4 และ 7

2.4.3 อุปกรณ์วิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ได้แก่ ตู้เย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ถุงซิปชนิดทนความร้อน (Poly-bag zipper) เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง

2.4.4 อุปกรณ์วิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ได้แก่ เครื่องวัดแรงตัดผ่านเนื้อ (Texture Analyser) รุ่น TA-XT2i ของบริษัท Stable Micro System ประเทศสหราชอาณาจักร

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้ไก่สายพันธุ์ทางการค้า (Cobb500) เพศเมีย อายุ 1 วัน จำนวน 360 ตัว จากนั้นสุ่มไก่กระทงเข้าทดลองตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomize design: CRD) โดยแบ่งไก่กระทงออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 ไม่เสริมกลีเซอรีนดิบ (กลุ่มควบคุม) (T1)

กลุ่มทดลองที่ 2 เสริมกลีเซอรีนดิบ 5.0 เปอร์เซ็นต์ 1-42 วัน (T2)

กลุ่มทดลองที่ 3 เสริมกลีเซอรีนดิบ5.0 เปอร์เซ็นต์ 22-42 วัน (T3)

แต่ละกลุ่มประกอบไปด้วย 4 ซ้ำๆ ละ 30 ตัว ไก่กระทงมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 43.34±0.28 กรัม

2. การเตรียมอาหารทดลองและการอัดเม็ดอาหารทดลอง

อาหารสำหรับไก่กระทงช่วงอายุ 1-21 วัน ประกอบด้วย อาหาร 2 สูตรแต่ละสูตรมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) จากการคำนวณเท่ากับ 3,200 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และมีระดับโปรตีนรวมเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ โดยประกอบด้วย อาหารสำหรับไก่กระทงกลุ่มควบคุม (ไม่ผสมกลีเซอรีนดิบ) และอาหารสำหรับไก่กระทงที่ผสมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่วนประกอบสำหรับสูตรอาหารและส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทั้ง 2 สูตร ได้แสดงในตารางที่ 18

อาหารสำหรับไก่กระทงช่วงอายุ 22-42 วัน ประกอบด้วย อาหาร 2 สูตร แต่ละสูตรมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) จากการคำนวณเท่ากับ 3,200 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และมีระดับโปรตีนรวมเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยประกอบด้วย อาหารสำหรับไก่กระทงกลุ่มควบคุม (ไม่ผสมกลีเซอรีนดิบ) และอาหารสำหรับไก่กระทงที่ผสมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่วนประกอบสำหรับสูตรอาหารและส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทั้ง 2 สูตรได้ ดังแสดงในตารางที่ 19

หลังจากทำการผสมอาหารตามสูตรอาหารข้างต้นแล้ว นำอาหารที่ได้ไปทำการอัดเม็ดอาหาร ด้วยเครื่องอัดเม็ดอาหาร ก่อนที่จะนำไปเลี้ยงไก่กระทง โดยใช้น้ำมาผสมกับอาหารทดลองเพื่อช่วยในการอัดเม็ดอาหารในอัตราส่วน อาหาร : น้ำ เท่ากับ 4 : 1 หลังจากนั้นนำอาหารทดลองไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเพื่อไล่ความชื้นเป็นระยะเวลา 8-10 ชั่วโมง ก่อนจะนำอาหารอัดเม็ดไปเลี้ยงสัตว์ทดลอง

3. ระบบการเลี้ยงและการให้อาหาร

เลี้ยงในโรงเรือนระบบปิด โดยไก่กระทงแต่ละซ้ำเลี้ยงในคอกที่มีขนาดความกว้าง 1.5 เมตร ยาว 3 เมตร ในระยะทดลองไก่กระทงได้รับวัคซีนป้องกันโรคตามโปรแกรมของหมวดสัตว์ปีกภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ไก่กระทงทุกกลุ่มได้รับอาหารเต็มที่ (*ad libitum*) และน้ำสะอาดตลอดเวลา แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ระยะ คือ 1-21 วัน และ 22-42 วัน

4. การเก็บข้อมูลการเลี้ยง

4.1 บันทึกน้ำหนักไก่กระทง ชั่งน้ำหนักที่อายุ 1 วัน หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักทุก 1 สัปดาห์จนสิ้นสุดการทดลอง

4.2 บันทึกปริมาณอาหารที่ให้ ปริมาณอาหารที่เหลือ ของแต่ละคอกของการทดลอง ทุก 1 สัปดาห์ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักตัวเพิ่ม (Body weight gain, BWG) ปริมาณอาหารที่กิน (Feed intake, FI) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Feed conversion ratio, FCR) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

BWG = น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักตัวเริ่มต้นการทดลอง

FI = ปริมาณอาหารที่ให้ทั้งหมด – ปริมาณอาหารที่เหลือ

$$\text{FCR} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}{\text{น้ำหนักตัวเพิ่ม}}$$

ตารางที่ 16 สูตรอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 1-21 วัน (as-fed basis) และค่าความต้องการของโภชนะ

วัตถุดิบอาหาร	กลีเซอรีนดิบ (%)		
	0	**5**	**5***
ข้าวโพดบด	55.25	49.17	55.25
กากถั่วเหลือง	29.59	30.66	29.59
ปลาป่น	8.00	8.00	8.00
น้ำมันพืช	5.00	5.00	5.00
ไดแคลเซียม ฟอสเฟต	1.00	1.00	1.00
เกลือ	0.30	0.30	0.30
วิตามินแร่ธาตุพรีมิกซ์[1]	0.50	0.50	0.50
ดีแอล-เมทโธโอนีน	0.12	0.12	0.12
แอล-ไลซีน	0.25	0.25	0.25
กลีเซอรีนดิบ	0.00	5.00	0.00
แกลบ	0.00	0.00	0.00
รวม	100.00	100.00	100.00
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ ME กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม	3,200	3,200	3,200
โปรตีนรวม %	23	23	23
แคลเซียม %	1.00	1.00	1.00
เมทไธโอนิน %	0.50	0.50	0.50
ไลซีน %	1.10	1.10	1.10
ธรีโอนิน %	0.80	0.80	0.80
โซเดียม %	0.20	0.20	0.20

[1] กิโลกรัม ประกอบด้วย วิตามินเอ 2,000,000 หน่วยสากล, วิตามินดี 3400,000 หน่วยสากล, วิตามินอี 500 มิลลิกรัม, วิตามินเค 3100 มิลลิกรัม, วิตามินบี 2 400 มิลลิกรัม, วิตามินบี 12 2 มิลลิกรัม, ไบโอติน 5 มิลลิกรัม, โคลีนคลอไรด์ 40 มิลลิกรัม, โคบอลต์ 10 มิลลิกรัม, ทองแดง 88 มิลลิกรัม, ไอโอดีน 120 มิลลิกรัม, แมงกานีส 5.5 กรัม สังกะสี 3 กรัม, เหล็ก 2.3 กรัม, ซีลีเนียม 1.4 กรัม, ดีแอลเมทไธโอนีน 10

* เสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน

ตารางที่ 17 สูตรอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 22-42 วัน (as-fed basis)และค่าความต้องการของโภชนะ

วัตถุดิบอาหาร	กลีเซอรีนดิบ (%)		
	0	**5**	**5***
ข้าวโพดบด	62.61	56.89	56.89
กากถั่วเหลือง	21.78	22.84	22.84
ปลาป่น	8.00	8.00	8.00
น้ำมันพืช	5.00	5.00	5.00
ไดแคลเซียม ฟอสเฟต	1.00	1.00	1.00
เกลือ	0.30	0.30	0.30
วิตามินแร่ธาตุพรีมิกซ์[1]	0.50	0.50	0.50
ดีแอล-เมทโธโอนีน	0.12	0.12	0.12
แอล-ไลซีน	0.25	0.25	0.25
กลีเซอรีนดิบ	0.00	5.00	5.00
แกลบ	0.44	0.10	0.10
รวม	100.00	100.00	100.00
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ ME กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม	3,200	3,200	3,200
โปรตีนรวม %	20	20	20
แคลเซียม %	0.90	0.90	0.90
เมทไธโอนิน %	0.38	0.38	0.38
ไลซีน %	1.00	1.00	1.00
ธรีโอนิน %	0.74	0.74	0.74
โซเดียม %	0.15	0.15	0.15

[1] กิโลกรัม ประกอบด้วย วิตามินเอ 2,000,000 หน่วยสากล, วิตามินดี 3400,000 หน่วยสากล, วิตามินอี 500 มิลลิกรัม, วิตามินเค 3100 มิลลิกรัม, วิตามินบี 2 400 มิลลิกรัม, วิตามินบี 12 2 มิลลิกรัม, ไบโอติน 5 มิลลิกรัม, โคลีนคลอไรด์ 40 มิลลิกรัม, โคบอลต์ 10 มิลลิกรัม, ทองแดง 88 มิลลิกรัม, ไอโอดีน 120 มิลลิกรัม, แมงกานีส 5.5 กรัม สังกะสี 3 กรัม, เหล็ก 2.3 กรัม, ซีลีเนียม 1.4 กรัม, ดีแอลเมทไธโอนีน 10 กรัม

* เสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน

5. การฆ่าและการชำแหละซาก

เมื่อไก่กระทงอายุ 21 วัน ทำการฆ่าและชำแหละซากไก่กระทงกลุ่มทดลองละ 8 ตัว โดยสุ่มไก่กระทงจากแต่ละซ้ำของกลุ่มทดลอง ซ้ำละ 2 ตัว ทำการอดอาหารแต่ให้น้ำประมาณ 12 ชั่วโมงก่อนฆ่า ทำการฆ่าตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก รัตนา และนิรัตน์ (2542) โดยใช้มีดตัดเส้นเลือดดำใหญ่ (jugular vein) ปล่อยให้เลือดไหลออกจนกระทั่งไก่ตาย (ประมาณ 3-4 นาที) ลวกน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 นาที จากนั้นนำไก่กระทงไปถอนขนด้วยเครื่องถอนขนไก่แบบอัตโนมัติชนิด Rotary drum picker แล้วถอนขนอ่อนด้วยมือ ล้างซาก หลังจากนั้นแช่น้ำแข็งผ่าซากไก่กระทงเอาเครื่องในออก ชั่งน้ำหนัก และตัดแต่งซาก ตัดแยกเป็นชิ้นส่วนใหญ่ตามรายละเอียดที่อ้างถึงในไชยวรรณ และคณะ (2547) ได้แก่ ส่วนอก (Breast) สะโพก (Thigh) น่อง (Drumstick) ปีก (Wing) และโครงร่าง (Skeletal frame) ซึ่งรวมทั้งส่วนปอด ไต หน้าแข้ง และเท้า บันทึกน้ำหนักของชิ้นส่วนซาก จากนั้นชำแหละเนื้อ ไขมัน และกระดูกออกจากกัน

เก็บตัวอย่างเนื้อ โดยเก็บจากเนื้อหน้าอก (m. *Pectoralis major*) จากไก่ทั้ง 3 กลุ่มสำหรับข้อมูลที่ทำการจดบันทึกและนำมาวิเคราะห์ในด้านต่างๆ มีดังนี้

5.1 การเก็บข้อมูลทางกายภาพ

5.1.1 น้ำหนักซากตัดแต่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (Dressing percentage)

$$\text{น้ำหนักซาก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักซากเย็น}^{1}}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}} \times 100$$

หมายเหตุ[1] น้ำหนักซากเย็น (Chilled carcass weight) หมายถึง น้ำหนักของซากหลังจากผ่านการแช่เย็น (Chill) ที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง

5.1.2 น้ำหนักชิ้นส่วนตัดแต่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (Retail percentage)

$$\text{ชิ้นส่วนตัดแต่ง (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของชิ้นส่วนตัดแต่ง}}{\text{น้ำหนักซากเย็น}} \times 100$$

5.1.3 การหาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ทำการวัดค่า pH ที่ชั่วโมงแรกที่สัตว์ตาย (ไม่เกิน 45 นาที : pH_0) และ pH สุดท้าย (Ultimate pH: pH_{24}) วัดชั่วโมงที่ 24 หลังการฆ่า โดยวัดตรงส่วนบริเวณเนื้อหน้าอก

ที่บริเวณกล้ามเนื้อ m. *Pectoralis major* ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่างในเนื้อยี่ห้อ Mettler ToledoAG CH-8630 Schwerzenbach, Switzerland โดยใช้ probe รุ่น METTLER TOLEDO Inlab® 413 IP67 และบัฟเฟอร์ pH 4 และ 7

5.1.4 การประเมินค่าสีของเนื้อหน้าอก

ทำการตรวจวัดค่าสีของกล้ามเนื้อประเมินค่าเฉลี่ยของสีเนื้อหน้าอกด้วยเครื่อง Hunter Lab color meter โดยรายงานค่าที่ประเมินได้ในระบบ CIE (Complete International Commission on Illumination) เป็นค่า L*, a* และ b*โดยเครื่อง Color Reader CR-13

5.1.5 ความสามารถในการอุ้มน้ำ

ทำการศึกษาค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บ (Drip loss) และค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหาร (Cooking loss) โดยดำเนินการตามวิธีที่อ้างถึงในไชยวรรณและคณะ (2547) ดังนี้

5.1.5.1 ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อระหว่างการเก็บ นำเนื้อหน้าอก 8 ตัวอย่างต่อทรีทเมนต์มาซับให้แห้ง จากนั้นนำมาตัดเนื้อให้มีขนาดความกว้าง × ยาว × หนา เท่ากับ 1.5 × 3.0 × 0.5 เซนติเมตร ตำแหน่งที่ตัด คือ บริเวณเนื้อหน้าอกซีกขวาด้านบน โดยตัดชิ้นเนื้อตัวอย่างละ 2 ชิ้น สำหรับการศึกษาการสูญเสียน้ำของเนื้อ ใส่ถุงพลาสติกชนิดทนความร้อน จากนั้นจึงนำไปวางไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อครบ 24 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาค่าการสูญเสียน้ำโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บ} = \frac{(\text{น้ำหนักเนื้อชั่งครั้งที่ 1} - \text{น้ำหนักเนื้อชั่งครั้งที่ 2})}{\text{น้ำหนักเนื้อชั่งครั้งที่ 1}} \times 100$$

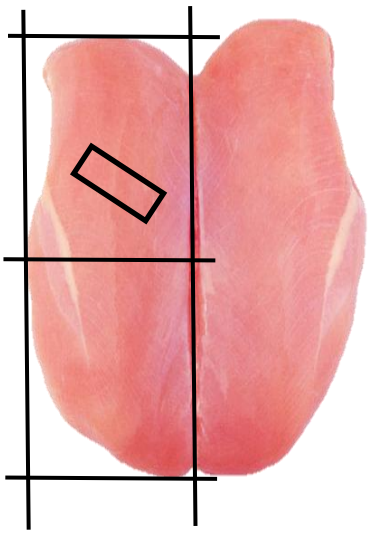
5.1.5.2 ค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหาร นำเนื้อหน้าอก (m. *Pectoralis major*) 8 ตัวอย่างต่อทรีทเมนต์มาซับให้แห้ง จากนั้นนำมาตัดให้มีขนาดความกว้าง × ยาว × หนา เท่ากับ 1.5 × 3.0 × 0.5 เซนติเมตร ตำแหน่งที่ตัด คือ บริเวณเนื้อหน้าอกซีกซ้ายด้านบน โดยตัดชิ้นเนื้อตัวอย่างละ 2 ชิ้น สำหรับการศึกษาการสูญเสียน้ำของเนื้อ เนื่องจากการประกอบอาหาร หลังจากการเก็บที่ 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักของเนื้อ ใส่ถุงพลาสติกชนิดทนความร้อน จากนั้นจึงนำไปวางไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อครบช่วงเวลานำตัวอย่างเนื้อไปต้มให้สุกในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปแช่ในน้ำเย็นจนมีอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำตัวอย่างเนื้อซับด้วยกระดาษกรอง แล้วชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาค่าการสูญเสียน้ำโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\%\ \text{การสูญเสียน้ำของเนื้อเนื่องจากการประกอบอาหาร} = \frac{(\text{น้ำหนักเนื้อชั่งครั้งที่ 1-น้ำหนักเนื้อชั่งครั้งที่ 2})}{\text{น้ำหนักเนื้อชั่งครั้งที่ 1}} \times 100$$

หมายเหตุ ตัวอย่างเนื้อที่เก็บ 1 วันที่ผ่านการชั่งน้ำหนักเพื่อหาการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารจะนำไปวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่อไป

5.1.6 ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Shear force)

นำเนื้อหน้าอก 8 ตัวอย่างต่อทรีทเมนต์มาซับให้แห้ง จากนั้นนำมาตัดเนื้อให้มีขนาดความกว้าง × ยาว × หนา เท่ากับ 1.5 × 3.0 × 0.5 เซนติเมตร ตำแหน่งที่ตัด คือ บริเวณเนื้อหน้าอกซีกซ้ายด้านบน ชั่งน้ำหนักของเนื้อ ใส่ถุงพลาสติกชนิดทนความร้อน นำไปต้มให้สุกในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปแช่ในน้ำเย็นจนมีอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำตัวอย่างเนื้อมาตัดแต่งให้มีขนาดกว้าง × ยาว × หนา ประมาณ 1.0 × 3.0 × 0.5 เซนติเมตร (ภาพที่ 10) แล้วจึงนำไปตรวจวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่อง Texture Analyzer ใช้ใบมีดชนิด Warner Brazler shear blade (WB-blade) โดยมีอัตราการเคลื่อนที่ของใบมีด (Cross head speed) เท่ากับ 2.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ตามวิธีการของ Dawson และคณะ (1991) ซึ่งดัดแปลงโดย Wattanachant และคณะ (2004)



ภาพที่ 10 ตำแหน่งการตัดชิ้นเนื้อหน้าอกไก่กระทง

ที่มา: ดัดแปลงจาก ไชยวรรณ และคณะ (2547)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ตามวิธีการของ Steel and Torrie (1980)

สถานที่ดำเนินการวิจัย

วิจัยที่หมวดสัตว์ปีก ห้องปฏิบัติการคุณภาพอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการเสริมกลีเซอรีนดิบต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่กระทง

ช่วงอายุ 1-21 วัน ไก่กระทงในกลุ่มทดลองที่ 3 (เสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน) ซึ่งได้รับอาหารสูตรมาตรฐานที่ไม่ผสมกลีเซอรีนดิบเช่นเดียวกับไก่กระทงในกลุ่มทดลองที่ 1 (กลุ่มควบคุม) โดยผลการเสริมกลีเซอรีนดิบในไก่กระทงช่วงอายุ 1-21 วัน (ตารางที่ 18) ต่อน้ำหนักตัวเพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการใช้อาหาร พบว่าไก่กระทงในกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีปริมาณการกินได้ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันและประสิทธิภาพการใช้อาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าไก่กระทงในกลุ่มทดลองที่ 2 (เสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ที่ 1-42 วัน) จะมีปริมาณการกินได้ของอาหารสูงกว่าไก่กระทงกลุ่มที่ 1 และ 3 ($P>0.05$) ซึ่งเป็นไปได้ว่าไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบมีการใช้ประโยชน์ได้ของกลีเซอรีนดิบต่ำกว่าไก่กระทงกลุ่มอื่นที่ได้รับอาหารสูตรมาตรฐาน ทำให้ไก่กระทงกินอาหารเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้พลังงานพอเพียง (Hunton, 1995) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Dozier และคณะ (2008) ที่รายงานว่า ไก่กระทงในช่วงอายุ 7-24 วัน จะมีการกินได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้สูงขึ้นตามระดับของกลีเซอรีนดิบในอาหาร

ผลการศึกษาในช่วง 21 วันแรกนี้ สอดคล้องกับผลการทดลองของ อดิศร (2556) ที่ได้ศึกษาไก่กระทงในช่วงอายุ 2-7 สัปดาห์ ที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ได้รายงานว่า ช่วงอายุ 2-3 สัปดาห์ ไก่กระทงกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันและประสิทธิภาพการใช้อาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่แตกต่างจากผลการทดลองของ นัสวัล (2557) ที่พบว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่างๆ ในไก่กระทงพันธุ์ทางการค้า (Cobb500) เพศผู้

มีผลทำให้ปริมาณการกินได้ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 18 ผลการเสริมกลีเซอรีนดิบ ต่อน้ำหนักตัวเพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ของไก่กระทงอายุ 1-21 วัน

	กลีเซอรีนดิบ (%)			SEM	P-Value
	0	5	5*		
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	43.33	43.36	43.35	0.26	0.7590
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	830.63	810.75	826.38	17.75	0.0644
น้ำหนักที่เพิ่ม (กรัม)	787.3	767.39	783.03	17.75	0.0944
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (กรัม)	37.51	36.54	37.31	0.84	0.0939
ปริมาณการกินได้ต่อตัว (กรัม)	1,149.43	1,150.44	1,134.86	19.23	0.3581
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	1.46	1.49	1.45	0.03	0.0574

*เสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน

ในช่วงที่สอง (อายุ 22-42 วัน) ผลการศึกษาซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 19 แสดงให้เห็นว่าภายหลังจากที่ไก่กระทงกลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารที่เสริมกลีเซอรีนดิบแล้วไก่กระทงกลุ่มนี้มีน้ำหนักตัวเมื่อชั่งในวันที่ 42 อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณการกินได้ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่ไก่กระทงกลุ่มที่ 3 ซึ่งได้รับอาหารที่เสริมกลีเซอรีนดิบในช่วงหลังมีน้ำหนักตัวเพิ่มมากที่สุด โดยไม่แตกต่างกับไก่กระทงกลุ่มที่ 1 แต่แตกต่างจากไก่กระทงกลุ่มที่ 2 (P<0.05) ขณะที่ไก่กระทงกลุ่มที่ 1 และ 2 มีน้ำหนักตัวเพิ่มไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ซึ่งในส่วนนี้เป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาของ อดิศร (2556) ที่พบว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ตลอดระยะเวลาการศึกษา และไก่กระทงกลุ่มควบคุม มีปริมาณการกินได้ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการทดลองของนัสวัล (2557) ซึ่งพบว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ ที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 20 แสดงให้เห็นถึงสมรรถภาพการเติบโตของไก่ทดลองทั้งสามกลุ่มที่เลี้ยงเป็นเวลา 42 วัน โดยพบว่าการให้อาหารที่ไม่ผสมหรืออาหารที่ผสมกลีเซอรีนดิบตลอดระยะเวลาการทดลอง (42 วัน) และการให้อาหารที่ผสมกลีเซอรีนดิบเฉพาะช่วงอายุ 22-42 วัน (21 วัน) ไม่มี

ผลทำให้ไก่ทดลองมีปริมาณการกินได้ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันและประสิทธิภาพการใช้อาหารแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ อดิศร (2556) และนัสวัล (2557)

อย่างไรก็ตาม แม้ว่า ผลการศึกษาครั้งนี้จะไม่ปรากฏความแตกต่างที่ชัดเจนที่สามารถประเมินได้โดยใช้สถิติเป็นเครื่องมือเนื่องจากความแปรปรวนในกลุ่มไก่ทดลองที่ค่อนข้างสูง แต่มีแนวโน้มที่ชี้ให้เห็นว่า ไก่ทดลองที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบในช่วง 21 วันหลัง (กลุ่มที่ 3) มีสมรรถภาพการเติบโตดีกว่าไก่กระทงกลุ่มที่ 2 ซึ่งได้รับอาหารที่ผสมกลีเซอรีนดิบมาตลอดระยะเวลา 42 วัน

ตารางที่ 19 ผลการเสริมกลีเซอรีนดิบ ต่อน้ำหนักตัวเพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่กระทงอายุ 22-42 วัน

	กลีเซอรีนดิบ (%)			**SEM**	**P-Value**
	0	**5**	**5***		
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	2,347.50	2,285.00	2,357.50	28.32	0.0512
น้ำหนักที่เพิ่ม (กรัม)	1,516.88[ab]	1,474.25[b]	1,531.13[a]	17.60	0.0464
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (กรัม)	72.23	70.20	72.91	0.84	0.0642
ปริมาณการกินได้ต่อตัว (กรัม)	2,677.52	2,713.49	2,732.42	63.64	0.0596
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	1.77[b]	1.84[a]	1.78[b]	0.05	0.0475

*เสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน

[a, b]อักษรในแนวนอนที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 20 ผลการเสริมกลีเซอรีนดิบ ต่อน้ำหนักตัวเพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่กระทงอายุ 1-42 วัน

	กลีเซอรีนดิบ (%)			SEM	P-Value
	0	5	5*		
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	43.33	43.36	43.35	0.26	0.7590
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	2,347.50	2,285.00	2,357.50	28.32	0.0512
น้ำหนักที่เพิ่ม (กรัม)	2,304.17	2,241.64	2,314.15	28.32	0.1312
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (กรัม)	54.87	53.38	55.10	0.67	0.1318
ปริมาณการกินได้ต่อตัว (กรัม)	3,826.94	3,863.93	3,867.73	70.67	0.6500
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	1.66	1.72	1.67	0.03	0.1400

*เสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน

ตารางที่ 21 ปริมาณส่วนประกอบซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมและไม่เสริมกลีเซอรีนดิบ (อายุ 21 วัน)

	กลีเซอรีนดิบ (%)			SEM	P-Value
	0	5	5*		
น้ำหนักมีชีวิต (กรัม)	830.63[a]	795.00[b]	819.63[ab]	8.84	0.0373
ซากอุ่น (%)	76.63	76.61	75.45	1.53	0.7983
ซากเย็น (%)	63.38	60.51	61.24	1.04	0.1609
ชิ้นส่วนซากและอวัยวะภายใน (%)					
หน้าอก	24.47[a]	25.74[a]	22.00[b]	0.70	0.0015
สันใน	3.83	4.32	4.00	0.65	0.7934
น่อง	14.52	13.92	13.58	0.71	0.6852
ปีก	12.40	11.81	12.33	0.54	0.7146
สะโพก	16.93	17.56	17.70	0.41	0.1680
เครื่องในรวม	20.57	22.81	22.17	0.77	0.1708
ตับและม้าม	4.15	4.82	4.95	0.31	0.5976
กระเพาะแท้	1.03	1.20	1.08	0.09	0.2823
กึ๋น	4.87	5.21	5.14	0.24	0.7432
กระเพาะพัก	0.50	0.58	0.47	0.10	0.6953

ตารางที่ 21 ปริมาณส่วนประกอบซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมและไม่เสริมกลีเซอรีนดิบ (อายุ 21 วัน) (ต่อ)

	กลีเซอรีนดิบ (%)			SEM	P-Value
	0	5	5*		
ลำไส้	8.59	9.29	8.81	0.37	0.2617
หัวใจ	1.13[b]	1.35[a]	1.38[a]	0.08	0.0452
ส่วนประกอบซาก (%)					
เนื้อรวม	44.94	43.88	44.08	1.12	0.7219
กระดูกรวม	34.50	36.46	34.82	0.96	0.2534
หนังรวม	13.05	13.03	13.39	0.94	0.7843
ไขมันรวม	8.78	8.22	9.11	0.63	0.5287

*เสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน

[a, b]อักษรในแนวนอนที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ

ผลการเสริมและไม่เสริมกลีเซอรีนดิบในอาหารต่อคุณภาพซากของไก่กระทง

ผลการเสริมและไม่เสริมกลีเซอรีนดิบในอาหารต่อน้ำหนักมีชีวิต และคุณภาพซากไก่กระทงเมื่ออายุครบ 21 วัน แสดงในตารางที่ 21 พบว่า ไก่กระทงกลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักมีชีวิตต่ำกว่าไก่กระทงในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่เปอร์เซ็นต์ซากอุ่นและซากเย็นของไก่กระทงกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ นัสวัล (2557) รายงานว่าไก่กระทง อายุ 3 สัปดาห์ ที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่างๆ มีน้ำหนักมีชีวิตด้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่เปอร์เซ็นต์ซากรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งแตกต่างกับผลการศึกษาของ อดิศร (2556) ที่รายงานว่าระดับของกลีเซอรีนดิบไม่ส่งผลต่อ น้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากรวม และน้ำหนักซากอุ่น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) นอกจากนี้ผลการศึกษาในครั้งนี้ยังพบว่าไก่กระทงกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีเปอร์เซ็นต์ซากส่วนสันใน น่อง ปีกสะโพก เครื่องในรวม รวมไปถึงส่วนประกอบซาก ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เนื้อ หนัง กระดูก และไขมันรวม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ อดิศร (2556) ที่รายงานว่า เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อหนัง กระดูก และไขมันรวม ในไก่ทดลองทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แตกต่างจากผลการศึกษาของ นัสวัล (2557) รายงานว่า เปอร์เซ็นต์ซากส่วนเนื้อ สันใน ปีก สะโพก เครื่องในรวม

และไขมันรวม ของไก่ทดลองกลุ่มควบคุม สูงกว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ผลการเสริมและไม่เสริมกลีเซอรีนดิบในอาหารต่อน้ำหนักมีชีวิต และคุณภาพซากไก่กระทงเมื่ออายุครบ 42 วัน แสดงในตารางที่ 22 พบว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 1-42 วัน ไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน และไก่กระทงกลุ่มควบคุม มีน้ำหนักมีชีวิต เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนซาก เปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบซาก และเครื่องในรวม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ อดิศร (2556) รายงานว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ และไก่กระทงกลุ่มควบคุม มีน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากรวม น่อง ปีก และเครื่องในรวม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ นัสวัล (2557) รายงานว่า ไก่ทดลองที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบและไก่กระทงกลุ่มควบคุม มีน้ำหนักมีชีวิต เปอร์เซ็นต์ซาก เนื้อ น่อง ปีก สะโพก หัวใจ กระดูก หนัง และไขมันรวม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Cerrate และคณะ (2006) ที่รายงานว่า ไก่เนื้อที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงอายุ 6 สัปดาห์ มีน้ำหนักซากรวมไม่ต่างกับไก่เนื้อกลุ่มควบคุม และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Lessard และคณะ (1993) ที่รายงานว่า ไก่เนื้อที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ซากรวมไม่ต่างจากไก่เนื้อกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามผลการศึกษาครั้งนี้ แตกต่างกับผลการศึกษาของ อดิศร (2556) รายงานว่าไก่ทดลองที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ซากอุ่น น้ำหนักกล้ามเนื้อ น้ำหนักกระดูก สะโพก และน่องด้อยกว่าไก่ทดลองกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษาครั้งนี้ รูปแบบการให้อาหารที่ผสมกลีเซอรีนดิบในช่วงที่สองของการเลี้ยง (22-42 วันหลัง) น่าจะช่วยให้ไก่กระทงมีการเพิ่มน้ำหนักตัวได้ดี (ตารางที่ 19 และ 20) ทำให้มีการสะสมกล้ามเนื้อได้สูงไม่แตกต่างจากไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม แต่ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ผสมกลีเซอรีนดิบจะมีปริมาณไขมันในซากมากกว่าไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Lessard และคณะ (1993) ที่รายงานว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ของไขมันช่องท้องเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากกลีเซอรีนที่ร่างกายสัตว์ได้รับจะไปกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน (esterification) หรือปฏิกิริยาการเกิดไขมันภายในเซลล์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันที่เกิดขึ้นภายในเซลล์จะสร้างพันธะเอสเทอร์ระหว่างกลีเซอรีนและกรดไขมันอิสระที่ได้รับจากอาหารหรือจากภายในร่างกายได้เป็นไตรกลีเซอไรด์ (อดิศร, 2556)

ผลการเสริมและไม่เสริมกลีเซอรีนดิบในอาหารต่อลักษณะทางกายภาพของเนื้อ

ความเป็นกรด-ด่าง

ผลการเสริมและไม่เสริมกลีเซอรีนดิบในอาหารต่อลักษณะทางกายภาพของเนื้อเมื่ออายุครบ 21 วัน แสดงในตารางที่ 23 จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ และไก่กระทงกลุ่มควบคุมที่อายุ 21 วัน พบว่าเนื้อไก่กระทงทุกกลุ่มมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ชั่วโมงที่ 0 หลังการฆ่า (pH_0) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 6.05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของนัสวัล (2557) รายงานว่าเนื้อไก่กระทงที่ได้รับการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่างๆ และเนื้อไก่กระทงกลุ่มควบคุม ที่อายุ 21 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ชั่วโมงที่ 0 หลังการฆ่า (pH_0) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.09 โดยค่าความเป็นกรด-ด่างจากการศึกษาครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าค่าปกติซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 6.4-7.0 (ชัยณรงค์, 2529) เล็กน้อยซึ่งเป็นไปได้ว่าค่า pH เริ่มลดลง พร้อมๆ กับการเกิดสภาวะ Rigor mortis ในสัตว์ปีกอาจจะเกิดขึ้นภายในเวลาไม่กี่นาทีหลังจากตายอย่างไรก็ตามการทดลองนี้ได้ควบคุมปัจจัยก่อนการฆ่าที่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ ทั้งในเรื่องของการอดอาหาร การขนส่งรวมถึงขั้นตอนและวิธีการฆ่าเพื่อป้องกันการเกิดภาวะเครียดในไก่ตามคำแนะนำของ สัญชัย (2543) ดังนั้น pH_0 จึงมีค่าต่ำกว่าช่วงมาตรฐานไม่มากนัก

สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 24 ชั่วโมงหลังการฆ่า (pH_{24}) ของเนื้อไก่กระทงแต่ละกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 5.94 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ นัสวัล (2557) ที่รายงานว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 24 ชั่วโมงหลังการฆ่าของเนื้อไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ และไก่กระทงกลุ่มควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 5.83 และใกล้เคียงกับรายงานของ Jaturasitha และคณะ (2002) รายงานว่าค่า pH_{24} ของเนื้อหน้าอกของไก่กระทงมีค่าเท่ากับ 5.89 และสอดคล้องกับรายงานของ Wattanachant และคณะ (2004) ที่รายงานว่าค่า pH_{24} ของเนื้อหน้าอกของไก่กระทงมีค่าเท่ากับ 5.93 จากผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับคำอธิบายของ ชัยณรงค์ (2529) ที่อธิบายว่า ค่า pH ในเนื้อจะลดลงอย่างช้าๆ จากเดิมประมาณ 7.0 เหลือประมาณ 5.6-5.7 ในเวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมง หลังสัตว์ตายแล้วจึงลดลงสู่จุด pH สุดท้ายระหว่าง 5.3-5.7 ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย นอกจากนี้ Warriss (2000) ยังกล่าวว่า ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อมีผลต่อค่า pH_{24} โดยกล้ามเนื้อหน้าอกไก่มีสัดส่วนของกล้ามเนื้อสีขาว (white muscle) สูง จึงมีการสะสมไกลโคเจนน้อย เมื่อสัตว์ตายจึงผลิตกรดแลคติกจากกระบวนหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนไม่มากนัก จึงมีผลทำให้ค่า pH_{24} ในกล้ามเนื้อชนิดนี้อยู่ในช่วง 5.9-6.0

ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อเมื่ออายุครบ 42 วัน แสดงในตารางที่ 24 พบว่าเนื้อไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 1-42 วัน ไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน และเนื้อไก่กระทงกลุ่มควบคุม มีค่าความเป็น กรด-ด่าง ที่ชั่วโมงที่ 0 หลังการฆ่า (pH_0) และค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 24 ชั่วโมงหลังการฆ่า (pH_{24}) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.24 และ 5.87 ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของนัสวัล (2557) รายงานว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อไก่กระทงอายุ 6 สัปดาห์ที่ชั่วโมงที่ 0 หลังการฆ่า (pH_0)และค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 24 ชั่วโมงหลังการฆ่า (pH_{24}) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 22 ปริมาณส่วนประกอบซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมและไม่เสริมกลีเซอรีนดิบ (อายุ 42 วัน)

	กลีเซอรีนดิบ (%)			SEM	P-Value
	0	5	5*		
น้ำหนักมีชีวิต (กรัม)	2,306.25	2,275.00	2,368.75	35.19	0.1411
ซากอุ่น (%)	69.97	68.03	69.86	1.58	0.5556
ซากเย็น (%)	68.62	67.21	68.85	1.69	0.7035
ชิ้นส่วนซากและอวัยวะภายใน (%)					
หน้าอก	26.13	26.40	28.03	0.74	0.1345
สันใน	6.23	5.53	7.02	0.42	0.0534
น่อง	13.70	13.20	13.08	0.48	0.5585
ปีก	11.27	10.89	10.81	0.24	0.2937
สะโพก	16.17	15.74	14.48	0.70	0.1809
เครื่องในรวม	15.36	16.05	14.80	0.61	0.2983
ตับและม้าม	3.00	2.74	2.99	0.16	0.3402
กระเพาะแท้	0.66	0.65	0.65	0.04	0.9493
กึ๋น	3.18	3.08	3.20	0.47	0.9778
กระเพาะพัก	0.59	0.78	0.58	0.11	0.3158
ลำไส้	6.76	7.09	6.29	0.40	0.3002
หัวใจ	0.84	0.95	0.78	0.11	0.4793

ตารางที่ 22 ปริมาณส่วนประกอบซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมและไม่เสริมกลีเซอรีนดิบ (อายุ 42 วัน) (ต่อ)

	กลีเซอรีนดิบ (%)			SEM	P-Value
	0	5	5*		
ส่วนประกอบซาก (%)					
เนื้อรวม	55.91	55.75	56.19	1.24	0.9578
กระดูกรวม	25.58	25.61	26.65	1.00	0.6261
หนังรวม	12.00	11.82	11.29	0.50	0.5098
ไขมันรวม	8.00	8.49	8.46	1.00	0.9033

*เสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน

ตารางที่ 23 ลักษณะทางกายภาพของซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมและไม่เสริมกลีเซอรีน-ดิบ (อายุ 21 วัน)

	กลีเซอรีนดิบ (%)			SEM	P-Value
	0	5	5*		
45 นาที					
pH	6.09	6.08	5.97	0.06	0.2781
24 ชั่วโมง					
pH	5.96	5.95	5.91	0.04	0.5952
L	48.09	48.54	47.78	1.11	0.8543
a*	4.19	4.11	4.53	0.48	0.7588
b*	10.91	10.68	11.54	0.62	0.5315
ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (กิโลกรัม)	0.86	0.86	0.87	0.01	0.7400
% Drip loss	3.81	2.88	2.76	0.33	0.0595
% Cooking loss	19.41	20.87	17.25	1.64	0.2467

*เสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน

สีของเนื้อหน้าอก

ผลการเสริมและไม่เสริมกลีเซอรีนดิบในอาหารต่อลักษณะทางกายภาพของเนื้อเมื่ออายุครบ 21 วัน แสดงในตารางที่ 23 โดยจากการศึกษาค่าสีของเนื้อหน้าอกหลังจากฆ่าที่ 24 ชั่วโมง พบว่า ค่า L* ค่า a* และค่า b* ของเนื้อหน้าอกไก่กระทงทั้ง 3 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) สอดคล้องกับการศึกษาของ นัสวัล (2557) รายงานว่า ผลการเสริมกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ ต่อค่าสีของเนื้อหน้าอกหลังจากสัตว์ตายที่ 24 ชั่วโมง ที่อายุ 3 สัปดาห์ ไม่มีผลทำให้ค่า L* ค่า a* และค่า b* ของเนื้อหน้าอกแตกต่างกัน (P>0.05)

ค่าสีของเนื้อหน้าอกเมื่ออายุครบ 42 วัน แสดงในตารางที่ 24 พบว่าเนื้อไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 1-42 วัน เนื้อไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน และเนื้อไก่กระทงกลุ่มควบคุม มีค่า L* ค่า a* และค่า b* ของเนื้อหน้าอกหลังจากฆ่า ที่ 24 ชั่วโมงไม่แตกต่างกัน (P>0.05) สอดคล้องกับการศึกษาของ นัสวัล (2557) รายงานว่าผลการเสริมกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ ต่อค่าสีของเนื้อหน้าอกหลังจากสัตว์ตาย 24 ชั่วโมง ที่อายุ 3 สัปดาห์ และ 6 สัปดาห์ ไม่มีผลทำให้ค่า L* ค่า a* และค่า b* ของเนื้อหน้าอกแตกต่างกัน (P>0.05)

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ

ผลการเสริมและไม่เสริมกลีเซอรีนดิบในอาหารต่อลักษณะทางกายภาพของเนื้อเมื่ออายุครบ 21 วัน แสดงในตารางที่ 23 โดยจากการศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำเนื้อ ได้แก่ การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บของเนื้อหน้าอกไก่กระทงที่อายุ 21 วัน ดังแสดงในตารางที่ 23 พบว่าไก่กระทงทั้ง 3 กลุ่ม มีการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Mclea (2014) รายงานผลการศึกษาเนื้อหน้าอกไก่กระทง อายุ 28 วัน ที่ได้รับการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บเท่ากับ 1.48, 1.33 และ 1.43 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เช่นเดียวกับการศึกษาของ นัสวัล (2557) รายงานว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ในไก่กระทง มีค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บเท่ากับ 4.19, 4.45, 4.24, 4.80 และ 4.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บนี้สัมพันธ์กับการเสียสภาพของโปรตีนในเนื้อขณะเก็บ ทำให้โปรตีนสูญเสียความสามารถในการจับน้ำ และเกี่ยวข้องกับการหดตัวของ Myofibrilar lattice ทำให้น้ำจากภายในเซลล์ออกมาอยู่ระหว่างเซลล์ ซึ่งทั้งสองปัจจัยมีผลทำให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำลงเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น (สัญชัย, 2543) ซึ่ง Honikel และ Woltersdorf (1991) กล่าวว่า โดยปกติค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ มีค่าประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองครั้งนี้สำหรับการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บของเนื้อหน้าอกไก่กระทงที่อายุ 42 วัน ดังแสดงในตารางที่ 24 พบว่าเนื้อไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 1-42 วัน เนื้อไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน และเนื้อไก่กระทงกลุ่มควบคุม มีค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.89 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการศึกษาของ นัสวัล (2557) รายงานว่าค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บของเนื้อหน้าอกไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่างๆ ที่อายุ 6 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.58 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 24 ลักษณะทางกายภาพของซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมและไม่เสริมกลีเซอรีนดิบ (อายุ 42 วัน)

	กลีเซอรีนดิบ (%)			SEM	P-Value
	0	5	5*		
45 นาที					
pH	6.22	6.29	6.20	0.08	0.6329
24 ชั่วโมง					
pH	5.86	5.87	5.88	0.05	0.9515
L	45.53	44.55	44.86	0.71	0.5387
a*	4.05	4.64	5.21	0.96	0.6270
b*	8.60	7.23	8.71	0.54	0.0930
ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (กิโลกรัม)	2.07	2.07	2.07	0.02	0.9943
% Drip loss	1.54	2.00	2.15	0.34	0.3565
% Cooking loss	19.04	22.50	20.89	1.09	0.0814

*เสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน

สำหรับค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารของเนื้อไก่กระทงที่อายุ 21 วัน พบว่าเนื้อไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อไก่กระทงกลุ่มควบคุม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยของค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารเท่ากับ 19.17 เปอร์เซ็นต์ เป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาของ นัสวัล (2557) รายงานว่าเนื้อไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่างๆ มีค่าเฉลี่ยของการสูญเสียน้ำ เนื่องจาก

การประกอบอาหารเท่ากับ 15.33 เปอร์เซ็นต์ (P>0.05) แต่มีค่าต่ำกว่าการศึกษาของ Jaturasitha และคณะ (2002) รายงานว่าเนื้อไก่กระทง มีค่าเฉลี่ยของการสูญเสียน้ำ เนื่องจากการประกอบอาหารเท่ากับ 23.63 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง Honikel และ Woltersdorf (1991) กล่าวว่า โดยปกติค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารมีค่าประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารของเนื้อไก่กระทงที่อายุ 42 วันแสดงในตารางที่ 24 พบว่าเนื้อไก่ทดลองทั้ง 3กลุ่ม มีค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารไม่แตกต่างกัน (P>0.05) สอดคล้องกับการศึกษาของ นัสวัล (2557) รายงานว่า ค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารของเนื้อไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.31 เปอร์เซ็นต์

ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ

ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อไก่กระทงที่อายุ 21 วัน และ 42 วัน แสดงในตารางที่ 23 และตารางที่ 24 ตามลำดับ พบว่าเนื้อไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 1-42 วัน เนื้อไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน และเนื้อไก่กระทงกลุ่มควบคุม มีค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สอดคล้องกับการศึกษาของ นัสวัล (2557) รายงานว่าเนื้อไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ ไม่มีผลทำให้ค่าแรงตัดผ่านแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ต้นทุนค่าอาหาร

ต้นทุนค่าอาหารสูตรมาตรฐาน และสูตรอาหารที่เสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ แสดงในตารางที่ 25 พบว่า การเสริมกลีเซอรีนดิบในอาหารที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ในไก่กระทงช่วงอายุ 1-21 วัน มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวเพิ่มสูงกว่าไก่กระทงกลุ่มควบคุม และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรมาตรฐาน โดยมีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวเพิ่ม คิดเป็น 100.66 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มของไก่กระทงกลุ่มควบคุม

ช่วงอายุ 22-42 วัน พบว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ช่วงอายุ 22-42 วัน มีผลทำให้ต้นทุนอาหารต่อน้ำหนักที่เพิ่มต่ำกว่าไก่กระทงกลุ่มควบคุม และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับการเสริมกลีเซอรีนดิบ ช่วงอายุ 1-42 วัน โดยมีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวเพิ่มคิดเป็น 99.29 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มของไก่กระทงกลุ่มควบคุม เห็นได้ว่าไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ 1-42 วัน มีต้นทุนอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มสูงกว่าไก่กระทงกลุ่มอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยในเรื่องของประสิทธิภาพการใช้อาหาร ที่พบว่า ไก่กระทง

กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ช่วง 1-42 วัน มีประสิทธิภาพการใช้อาหารด้อยกว่าไก่กระทงกลุ่มอื่นๆ (ตารางที่ 18 และ 19)

ตารางที่ 25 ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไก่เนื้อที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ ในช่วงอายุ 1-21 วัน และ 22-42 วัน

ลักษณะที่ศึกษา	สูตรอาหาร					
	ช่วงอายุ 1-21 วัน			ช่วงอายุ 22-42 วัน		
	0	5	5*	0	5	5*
ราคาอาหาร (บาทต่อ กก.)**	17.26	16.92	17.26	16.72	16.42	16.42
ต้นทุนอาหารต่อน้ำหนักเพิ่ม	25.20	25.37	25.02	29.51	30.22	29.30
(บาทต่อกก.)	(100)	(100.66)	(99.27)	(100)	(102.40)	(99.29)
ต้นทุนอาหารทั้งหมดต่อตัว (บาท)	19.84	19.47	19.59	44.77	44.56	44.87

*เสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน

**ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ทดลองโดย เฉลี่ยระหว่าง เดือนกุมภาพันธ์2559 ถึงเดือนเมษายน2559 จากร้านขายวัตถุดิบ อาหารสัตว์ใน อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา

( ) ค่าที่อยู่ในวงเล็บเป็นค่าเปรียบเทียบโดยกำหนดให้กลุ่มควบคุมเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการทดลอง

สมรรถภาพการผลิต

ในช่วงอายุ 1-21 วัน ไก่กระทงในกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีปริมาณการกินได้ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในช่วงอายุ 22-42 วัน พบว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบในอาหารระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน มีผลทำให้น้ำหนักที่เพิ่ม และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ดีกว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบในอาหารระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 1-42 วัน ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาภาพรวมในช่วงอายุ 1-42 วัน พบว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในอาหารและรูปแบบการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ 22-42 วัน ไม่มีผลทำให้น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการใช้อาหาร แตกต่างจากไก่กระทงกลุ่มควบคุม ($P>0.05$)

คุณภาพซาก

คุณภาพซากไก่อายุ 21 วัน

ไก่กระทงกลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารเสริม กลีเซอรีนดิบที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักมีชีวิตต่ำกว่าไก่กระทงในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่เปอร์เซ็นต์ซากอุ่นและซากเย็นของไก่กระทงกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และไก่กระทงกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีเปอร์เซ็นต์ซากส่วนสันใน น่อง ปีก สะโพก เครื่องในรวม รวมไปถึงส่วนประกอบซาก ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เนื้อ หนัง กระดูก และไขมันรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อไก่กระทงที่ได้รับการเสริมกลีเซอรีนดิบ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ที่อายุ 21 วัน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ชั่วโมงที่ 0 (pH_0) และที่ 24 ชั่วโมง (pH_{24}) หลังการฆ่า ของเนื้อไก่กระทงทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

สีของเนื้อหน้าอกหลังจากฆ่าที่ 24 ชั่วโมง พบว่า ค่า L* ค่า a* และค่า b* ของเนื้อหน้าอกไก่กระทงทั้ง 3 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$)

การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บของเนื้อหน้าอกไก่กระทงค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารและค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ ของไก่กระทงทั้ง 3 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

คุณภาพซากไก่อายุ 42 วัน

รูปแบบการเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 1-42 วัน และ 22-42 วัน ไม่มีผลทำให้น้ำหนักมีชีวิต เปอร์เซ็นต์ซากอุ่นและซากเย็น เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนซากต่างๆ เปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบซาก ได้แก่ เนื้อ กระดูก หนัง และไขมันรวม แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($P>0.05$)

ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อหน้าอกพบว่า เนื้อไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 1-42 วัน ไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน และเนื้อไก่กระทงกลุ่มควบคุม มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ชั่วโมงที่ 0 หลังการฆ่า (pH_0) และค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 24 ชั่วโมงหลังการฆ่า (pH_{24}) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.24 และ 5.87 ตามลำดับ

การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บของเนื้อหน้าอก พบว่าเนื้อไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 1-42 วัน เนื้อไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีน-ดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน และเนื้อไก่กระทงกลุ่มควบคุม มีค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.89 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารของเนื้อไก่กระทงทั้ง 3 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$)

สีของเนื้อหน้าอก พบว่า เนื้อไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 1-42 วัน เนื้อไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน และเนื้อไก่กระทงกลุ่มควบคุม มีค่า L* ค่า a* และค่า b* ของเนื้อหน้าอกหลังจากฆ่าที่ 24 ชั่วโมงไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) และค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ต้นทุนค่าอาหาร

การศึกษาผลการใช้กลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร และรูปแบบการเสริมกลีเซอรีนดิบต่อต้นทุนการผลิตไก่เนื้อช่วงอายุตั้งแต่ 1-42 วัน สามารถสรุปได้ ดังนี้

การเสริมกลีเซอรีนดิบในอาหารที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ในไก่กระทงช่วงอายุ 1-42 วัน มีต้นทุนการผลิตสูงที่สุด (25.37 บาทต่อกิโลกรัม) ในขณะที่การเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ช่วงอายุ 22-42 วัน มีผลทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าไก่กระทงกลุ่มควบคุม และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับการเสริมกลีเซอรีนดิบ ช่วงอายุ 1-42 วัน (29.30 บาทต่อกิโลกรัม)

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

กลีเซอรีนดิบที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีค่าความบริสุทธิ์ 89.83 เปอร์เซ็นต์ พลังงานรวม 5,157.42 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม โดยกลีเซอรีนดิบมีค่าการย่อยได้เท่ากับ 96.19 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ (AME, AME_n) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง (TME, TME_n) เท่ากับ 4,789.18, 4,787.63, 4,873.25และ 4,873.25 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

สรุปผลการทดลองที่ 2

การศึกษาผลของกลีเซอรีนดิบ และรูปแบบการให้อาหารต่อสมรรถนะการผลิตและลักษณะซากไก่กระทง สามารถสรุปได้ ดังนี้

สมรรถภาพการผลิต

1. ในช่วงอายุ 1-21 วัน ไก่กระทงในกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีปริมาณการกินได้ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

2. ในช่วงอายุ 22-42 วัน พบว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบในอาหารระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 22-42 วัน มีผลทำให้น้ำหนักที่เพิ่ม และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ดีกว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบในอาหารระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 1-42 วัน ($P<0.05$)

3. เมื่อพิจารณาภาพรวมในช่วงอายุ 1-42 วัน พบว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารและรูปแบบการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ 22-42 วัน ไม่มีผลทำให้น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการใช้อาหาร แตกต่างจากไก่กระทงกลุ่มควบคุม ($P>0.05$)

ลักษณะซาก

1. ลักษณะซากไก่กระทงที่อายุ 21 วัน พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากอุ่นและซากเย็นของไก่กระทงกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และไก่กระทงกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีเปอร์เซ็นต์ซากส่วนสันใน น่อง ปีก สะโพก เครื่องในรวม รวมไปถึงส่วนประกอบซาก ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เนื้อ หนัง กระดูก และไขมันรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

2. รูปแบบการเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 1-42 วัน และ 22-42 วัน ไม่มีผลทำให้ไก่ทดลองมีน้ำหนักมีชีวิต เปอร์เซ็นต์ซากอุ่นและซากเย็น เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนซากต่างๆ เปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบซาก ได้แก่ เนื้อ กระดูก หนัง และไขมันรวม แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (P>0.05)

คุณภาพทางกายภาพของเนื้อไก่กระทง

คุณภาพทางกายภาพต่างๆ ของเนื้อไก่กระทงที่ได้รับการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 21 วันและ 42 วัน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ชั่วโมงที่ 0 (pH_0) และที่ 24 ชั่วโมง (pH_{24}) หลังการฆ่า ค่าสีในระบบ CIE (L*, a* และ b*) ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บของเนื้อหน้าอกไก่กระทงค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารและค่าแรงตัดผ่านของเนื้อของเนื้อไก่กระทงทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกัน (P>0.05)

ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ

การเสริมกลีเซอรีนดิบในอาหารที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ในไก่กระทงช่วงอายุ 1-42 วัน มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มสูงที่สุด (25.37 บาทต่อกิโลกรัม) ในขณะที่การเสริมกลีเซอรีนดิบระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ช่วงอายุ 22-42 วัน มีผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มต่ำกว่าไก่กระทงกลุ่มควบคุม และไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับการเสริมกลีเซอรีนดิบ ช่วงอายุ 1-42 วัน (29.30 บาทต่อกิโลกรัม)

ข้อเสนอแนะ

1. ควรวิเคราะห์หาค่าความบริสุทธิ์ องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของกลีเซอรีนดิบที่ได้จากแหล่งที่ได้ก่อนจะนำมาใช้ เพราะกลีเซอรีนดิบจากแต่ละแหล่งมีความแปรปรวนสูง และอาจจะส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนะเมื่อนำไปผสมในอาหารสัตว์

2. ในการนำกลีเซอรีนดิบไปผสมอาหารสัตว์ ควรกำจัดความชื้นออกให้หมดเสียก่อนเนื่องจากองค์ประกอบของกลีเซอรีนดิบมีน้ำปนอยู่ด้วย ดังนั้นหากไม่ไล่ความชื้นออกก็อาจจะทำให้ได้ปริมาณกลีเซอรีนดิบต่ำกว่าความเป็นจริง

3. การนำกลีเซอรีนดิบไปผสมในอาหารสัตว์ ควรที่จะทำการอัดเม็ดอาหาร และนำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8-10 ชั่วโมง เพื่อระเหยเมทานอลที่อาจตกค้างอยู่ในกลีเซอรีนดิบ

4. ในการนำกลีเซอรีนดิบมาผสมในอาหารสัตว์ควรเลือกใช้กลีเซอรีนดิบจากแหล่งผลิตขนาดใหญ่ เพราะมีความบริสุทธิ์สูง มีความแปรปรวนสิ่งปลอมปนต่ำ สามารถควบคุมคุณภาพของอาหารสัตว์หลังผสมได้ดีกว่ากลีเซอรีนดิบที่มาจากแหล่งผลิตขนาดเล็ก

5. ในกรณีของการนำกลีเซอรีนดิบมาผสมในอาหารไก่กระทงควรจะเสริมกลีเซอรีนดิบในปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถเสริมในช่วง 22-42 วัน หลัง เนื่องจากมีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มต่ำกว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบช่วง 1-42 วัน

เอกสารอ้างอิง

กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2554. ไบโอดีเซล. (ออนไลน์) สืบค้นจาก: http://www.dede.go.th/dede/ [เข้าถึงเมื่อ 2 พฤษภาคม 2559]

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช. 274 น.

ไชยวรรณ วัฒนจันทร์, อาภรณ์ ส่งแสง, สุธา วัฒนสิทธ์, พิทยา อดุลธรรม และเสาวคนธ์ วัฒนจันทร์. 2547. คุณภาพซาก องค์ประกอบทางเคมี ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่คอล่อนและไก่พันธุ์พื้นเมือง. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.

นัสวัล บุญวงศ์. 2557. การศึกษาการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบและผลของกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ ต่อสมรรถนะการผลิตและลักษณะซากในไก่กระทง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. โภชนศาสตร์สัตว์. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 170 น.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2542. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รัตนา โชติสังกาศ และนิรัตน์ กองรัตนานันท์. 2542. การเจริญเติบโตและคุณภาพซากไก่พื้นเมืองเลี้ยงภายใต้ชั่วโมงแสงธรรมชาติ และชั่วโมงแสงยาว 23 ชั่วโมงต่อวัน. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ 33: 60-74.

พัชรี บุญศิริ, เปรมใจ อารี จิตรานุสรณ์, อุบล ชาอ่อน และปีติ ธุวจิตต์. 2551. ตำราชีวเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 5. ขอนแก่น: โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา.

พรชุลีย์ นิลวิเศษ, ศิริลักษณ์ วงส์พิเชษฐ และจำเนียร สัตยพันธุ์. 2543. วิทยาศาสตร์สุขภาพสัตว์. นนทบุรี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 316 น.

ภรณี ต่างวิวัฒน์, บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, กษิดิศ อื้อเชี่ยวชาญกิจ, วิบูลย์ ลาภจตุพร, จิตติมา กันตนามัลลกุล, พรชุลีย์ นิลวิเศษ, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และเสาวคนธ์ โรจนสถิตย์. 2543. หลักการโภชนศาสตร์และอาหารสัตว์. นนทบุรี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 516 น.

สุธารักษ์ บุญโชติ. 2544. การทำกลีเซอรีนดิบที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันของน้ำมันพืชให้บริสุทธิ์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2543. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. เชียงใหม่: โรงพิมพ์ธนบรรณการพิมพ์.

อดิศร เศรษฐพงค์. 2556. การใช้กลีเซอรีนดิบเป็นส่วนประกอบในอาหารไก่เนื้อ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

AOAC. 2005. Official Method of Analysis of Official Analysis Chemist 17th ed. Washington, D.C.: Association of Official Analytical Chemist, Inc.

Abd-Elsamee, M. O., A. Zeinab, M. A. EL-Manylawi and I.H. Salim.2010. Use of crude glycerin in broiler. Egypt. Poult. Sci. 30: 281-295.

Bartlet, J. and D. Schneider. 2002. Investigation on the energy value of glycerol in the feeding of poultry and pig. Meat Sci. 81: 15-36.

Brambilla, S. and F. W. Hill. 1966. Comparison of neutral fat and free fatty acids in high lipid low carbohydrates diets for the growing chicken. J. Nutr. 88: 84-92.

Caton, J. S. and B. E. Olson. 2016. Energetics of grazing cattle: Impacts of activity and climate. J. Anim. Sci. 94: 74-83.

Cerrate, S., F. Yan, Z. Wang, C. Cotto, P. Sacakiand P. W. Waldroup. 2006. Evaluation of glycerinefrom biodiesel production as feed ingredient for broiler. Int. J. Poult. Sci. 5: 1001-1007.

Crowley, T. 2011. Digestive System. (Online) Available at: http://www.poultryhub.org/ physiology/ body-systems/digestive-system [accessed on 26 December 2013].

Cullen, M. P., O. G. Rasmussen and O. H. M. Wilder. 1962. Metabolizable energy value and utilization of different types and grade of fat by the chick. Poult. Sci. 41: 360-367.

Dawson, P. L., B. W. Sheldon and J. J. Miles. 1991. Effect of aseptic processing on the texture of chicken meat. Poult. Sci., 70: 2359-2367.

Dozier, W. A., B. J. Kerr, A. Corzo, M. T. Kidd, E. Weber and K. Bregendals. 2008. Apparent metabolismenergy of glycerine for broiler. Poult. Sci. 87: 317-322.

Dozier, W. A., B. J. Kerr, S. L. Branton.2011. Apparent metabolizable energy of crude glycerin originating from different sources in broiler chickens. Poult. Sci. 90: 2528-2534.

Erich, R. 2011. Triglyceride-structure. (Online) Available at: http://abfemo.biz/facts-about-cholesterol/triglyceride-structure [accessed on 26 December 2013].

Hagopian, K., J. J. Ramsey and R. Weindruch. 2008. Enzymes of glycerol and glyceraldehyde metabolism in mouse liver and effects of caloric restriction and age on activities. J. Biosci. 28: 107-115.

Hill, F.W. and D. L. Anderson. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. J. Nutr.64: 587-603.

Honikel, K. O. and W. Woltersdorf. 1991. Feischqualitaetbei Qualitaes and Markenfleisch. Mittlbl. Der Baff Kulmbach Nr. 112: 130-133.

Hunton, P. 1995. Poultry production.World Animal Science 9th. pp. 82-84. Amsterdam: Elsevier.

Jaturasitha, S., V. Leangwunta, A.Leotaragul, A. Phongphaew, T. Apichartsrungkoon, N. Simasathitkul, N. Vearasilp, T. Vearasilp, L. Worachai and U. T. Meulen. 2002. A comparative study of Thai native chicken and broiler on productive performance, carcass and meat quality. Conference on international agricultural research for development "Deutscher Tropentag Witzenhausen" October 9-11, 2002.

Kerr, B. J., W. A. Dozier, and K. Bregendahl. 2007. Nutrition value of crude glycerin for nonruminant. *In*Proceeded proceeding of 23rd annual Carolina swine nutrition, pp. 6-18. North Carolina: Iowa State University Press.

Lammer, P.J., B. J., Kerr, M. S., Honeyman, W. A. Dozier, T. E. Weber, T. E. Kidd and K. Bregendahl. 2008. Nitrogen corrected apparent metabolism energy value of crude glycerol for layer hens. Poult. Sci. 87: 104-107.

Lessard, P. M. R. Lefrancois and J. F. Bernier. 1993. Dietary addition of cellular metabolic intermediates and carcass fat deposition in broilers. Poult. Sci. 72: 535-545.

Mclea, L., M. E. E. Ball, D., Kilpatrick and C., Elliot. 2011. The effect of glycerol inclusion on broiler performance and nutrient digestibility. Br. Poult. Sci. 52: 368-375.

Mclea, L. 2014. The use of glycerol for broilers. Unpublished doctoral thesis, Queens university, Belfast, Northen Ireland.

National Research Council. 1994. Nutrient Research of Poultry. 9th rev. ed. Washington D.C.: National Academy Press.

Robergs, R. A. and S. E. Griffin. 1998. Glycerol: Biochemistry, Pharmacokinetics and Clinical and Practical Applications. Sports Med. 26(3): 145-167.

Rosebrough, R. W., E. Geis, P. James, H. Ota and J. Whitehead. 1980. Effects of dietary energy substitution on reproductive performance feed efficiency and lipogenic enzyme activity on large white turkey hens. Poult. Sci. 59: 1485-1492.

SDA. 1990. Glycerin: an overview. Washington, D.C. The Soap and Detergent Association, Inc.

Sehu, A., S. Kucukersan, B. Coskun, B. H. Koksal, and O. B. Citil. 2012. Effects of dietary glycerol addition on growth performance, carcass traits and fatty acid distribution in cloacal fat in broiler chickens. Revue Méd.Vét.4: 194-200.

Settapong, S. and C. Wattanachant. 2010. Preliminary study on chemical composition of glycerine from various sources. Proceeding of the 7th IMT-GT UNINET and the 3rd joint International PSU-UNS conferences, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla.

Sibbald, I. R. 1982. Measurement of mineral bioavailability: Extension of true metabolizable energy methodology. Poult. Sci. 61: 485-487.

Sibbald, I. R. 1986. The T.M.E. system of feed evaluation: methodology, feed composition data and bibliography. Ontario: Animal Research Centre Contribution 85-19, Research Branch, Agriculture Canada.

Silva, M. L. S., J. S. M. Menten, A. B. Traldi, R. Pereira, K. C. Zavarize and J. Santarosa. 2012. Glycerine Derived from Biodiesel Production as a Feedstuff for Broiler Diets. Braz. J. Poultry. Sci. 14: 193-202.

Steel, R. G. D. and J. H. Torrie.1980. Principles and procedures of statistics (A Biometrics Approach). 2nd ed. McGraw-Hill: New York.

Telner, E. 2011. Digestion and absorption of emulsified fat in the small intestine. (Online) Available at :http://biology-forums.com/index.php[accessed on 26 December 2013].

Thompson, J. C. and B. B. He. 2006. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feed stock. Appl. Eng. Agric. 22: 261-265.

Warriss, P. D. 2000. Meat Science: An Introductory Text. Oxon: CABI.

Wattanachant, S., S.Benjakul and D. A. Ledward. 2004. Composition color and texture of Thai indigenous and broiler chicken muscles. Poult. Sci.: 123-128.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การเตรียมโรงเรือนทดลองและไก่กระทง

ภาพที่ 1 ลักษณะการเตรียมคอก

ภาพที่ 2 ลักษณะคอกไก่กระทง

ภาพที่ 3 สภาพไก่กระทง

ภาพที่ 4 สภาพการเลี้ยงไก่กระทง

ภาคผนวก ข

การเตรียมอาหารทดลอง

ภาพที่ 5 การอัดเม็ดอาหารทดลอง

ภาพที่ 6 สภาพเม็ดอาหารก่อนอบ

ภาพที่ 7 สภาพเม็ดอาหารทดลองหลังอบ

ภาพที่ 8 การอบเม็ดอาหารทดลอง

ภาคผนวก ค

การชำแหละซากและเตรียมตัวอย่างวิเคราะห์

ภาพที่ 9 การชั่งน้ำหนักไก่กระทง

ภาพที่ 10 การชั่งน้ำหนักไก่กระทง

ภาพที่ 11 สภาพการปล่อยให้เลือดออกหลังจากฆ่า

ภาพที่ 12 สภาพการปล่อยให้เลือดออกหลังจากฆ่า

ภาพที่ 13 การเตรียมน้ำร้อน 80 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 14 ลักษณะการลวกน้ำร้อน 80 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 15 ลักษณะการถอนขนไก่ด้วยเครื่องปั่นขนไก่

ภาพที่ 16 ลักษณะการนำซากไก่แช่น้ำเย็น

ภาพที่ 17 ลักษณะไก่หลังถอนขน

ภาพที่ 18 ลักษณะไก่หลังถอนขน

ภาพที่ 19 ลักษณะซากหลังจากชำแหละ

ภาพที่ 20 ชิ้นส่วนซาก

ภาพที่ 21 ลักษณะการเตรียมชิ้นเนื้อวิเคราะห์ Drip loss และ Cooking loss

ภาพที่ 22 ลักษณะการเตรียมชิ้นเนื้อวิเคราะห์ Drip loss และ Cooking loss

ภาคผนวก ง
ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์

ตารางภาคผนวกที่ 1 ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการประกอบสูตรอาหารไก่กระทง

วัตถุดิบอาหารสัตว์	ราคา (บาท/กก.)[1]
ข้าวโพดบด	11.20
กากถั่วเหลือง	17.43
ปลาป่น	33.00
น้ำมันพืช	45.00
ไดแคลเซียม ฟอสเฟต	9.00
เกลือป่น	6.00
วิตามินแร่ธาตุพรีมิกซ์	90.00
ดีแอล-เมทโธโอนีน	160.00
แอล-ไลซีน	110.00
กลีเซอรีนดิบ	3.00[2]

หมายเหตุ

[1] ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ทดลองโดย เฉลี่ยระหว่าง เดือนกุมภาพันธ์ 2559 ถึงเดือนเมษายน2559 จากร้านขายวัตถุดิบอาหารสัตว์ใน อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา

[2] ราคากลีเซอรีนดิบ ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2557

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายธรรมธัช ปราชญาวงศ์

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5510620023

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2554

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

ธรรมธัช ปราชญาวงศ์, สุธา วัฒนสิทธิ์ และไชยวรรณ วัฒนจันทร์. 2557. การศึกษาเปรียบเทียบการย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของกลีเซอรีนดิบจากแหล่งผลิตไบโอดีเซลขนาดใหญ่และขนาดเล็กในไก่เพศผู้. วารสารสัตวศาสตร์แห่งประเทศไทย ปีที่ 1 ฉบับพิเศษ 1 หน้า 105-108.