# การศึกษาการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบและผลของกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ ต่อสมรรถนะการผลิตและลักษณะซากในไก่กระทง

# Study on Crude Glycerin Digestibility and Its Effect on Productive Performance and Carcass Characteristics in Broiler

**นัสวัล บุญวงศ์**

**Nusawan Boonwong**

**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**
**2557**

**ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์**

**ชื่อวิทยานิพนธ์** การศึกษาการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบและผลของกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ ต่อสมรรถนะการผลิตและลักษณะซากในไก่กระทง

**ผู้เขียน** นางสาวนัสวัล บุญวงศ์

**สาขาวิชา** สัตวศาสตร์

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก**

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยวรรณ วัฒนจันทร์)

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม**

…….....

(รองศาสตราจารย์ สุธา วัฒนสิทธิ์)

**คณะกรรมการสอบ**

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ น.สพ. สุรพล ชลดำรงค์กุล)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ)

.....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.....
(นางสาวนัสวัล บุญวงศ์)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวนัสวัล บุญวงศ์)

นักศึกษา

**ชื่อวิทยานิพนธ์** การศึกษาการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบและผลของกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ ต่อสมรรถนะการผลิตและลักษณะซากในไก่กระทง

**ผู้เขียน** นางสาวนัสวัล บุญวงศ์

**สาขาวิชา** สัตวศาสตร์

**ปีการศึกษา** 2557

## บทคัดย่อ

กลีเซอรีนดิบเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล เป็นผลพลอยได้ที่มีราคาถูกและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน มีการศึกษาการใช้กลีเซอรีนดิบในอาหารสุกร โคเนื้อ โคนม ไก่ไข่ และไก่กระทง อย่างไรก็ตามคุณภาพของกลีเซอรีนดิบที่นำมาผสมในอาหารยังไม่คงที่ขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตไบโอดีเซล วิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาการใช้กลีเซอรีนดิบจากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบเป็นส่วนประกอบในอาหารไก่กระทงโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของกลีเซอรีนดิบจากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่มีขนาดใหญ่ในไก่ ศึกษาผลการเสริมกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ ที่มีผลต่อสมรรถนะการผลิตและลักษณะซากในไก่กระทง และศึกษาต้นทุนการผลิตไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่เสริมกลีเซอรีนดิบเปรียบเทียบกับสูตรอาหารปกติโดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ของกลีเซอรีนดิบในไก่โดยใช้ไก่ไข่เพศผู้ พันธุ์ไฮเซคบราวน์ (Hisex Brown) อายุ 7-8 เดือน จำนวน 10 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 2.45±0.11 กิโลกรัม แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 5 ตัว เลี้ยงในกรง (Metabolic cage) กรงละ 1 ตัว ตามแผนการทดลอง T-test Design ผลการทดลอง พบว่าค่าการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบมีค่าเท่ากับ 77.13±1.03 เปอร์เซ็นต์ ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ และเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน (AME, $AME_n$) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง และเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน (TME, $TME_n$) ของกลีเซอรีนดิบ มีค่าเท่ากับ 3,369.22±281.36, 3,367.85±280.87, 3,462.05±281.30, 3,460.67±280.81 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตและลักษณะซากของไก่กระทงใช้ไก่สายพันธุ์ทางการค้า (Cobb500) เพศผู้ อายุ 1 วัน จำนวน 400 ตัว จากนั้นสุ่มไก่กระทงเข้าทดลองตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomize design: CRD)

โดยแบ่งไก่กระทงออกเป็น 5 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบไปด้วย 4 ซ้ำๆ ละ 20 ตัว ไก่กระทงมีน้ำหนักเฉลี่ย 44.38±0.23 กรัม เลี้ยงในโรงเรือนระบบปิด ไก่กระทงทุกกลุ่มได้รับอาหารเต็มที่ (*ad libitum*) และน้ำสะอาดตลอดเวลา เมื่อไก่กระทงอายุ 21 และ 42 วัน ทำการฆ่าและชำแหละซากไก่กระทงกลุ่มทดลองละ 8 ตัว นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

ผลการเสริมกลีเซอรีนดิบในไก่กระทงช่วงอายุ 1-21 และ 22-42 วัน พบว่า ช่วงอายุ 1-21 วัน ไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบทุกระดับ มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน การเพิ่มของน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ช่วงอายุ 22-42 วัน พบว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ ที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างต่อ ปริมาณการกินได้ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ($P>0.05$)

ผลการศึกษาการเสริมกลีเซอรีนดิบต่อซากที่อายุ 21 วันพบว่า เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักมีชีวิต กล้ามเนื้อรวม หน้าอก สันใน ปีก สะโพก แข้งและเท้า โครงร่าง อวัยวะภายในรวม และไขมันรวม มีผลแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่มีผลกับเปอร์เซ็นต์ซาก น่อง หัวและคอ ตับและม้าม กระเพาะแท้ กระเพาะบด กระเพาะพัก ลำไส้รวม หัวใจ กระดูกรวม ผิวหนังรวม ของไก่กระทงทั้งห้ากลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ที่อายุ 42 วัน พบว่า เปอร์เซ็นต์ หน้าอก สะโพก โครงร่าง กระดูกรวม ผิวหนังรวม มีผลแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่มีผลกับ เปอร์เซ็นต์ซาก กล้ามเนื้อรวม สันใน ปีก แข้งและเท้า น่อง หัวและคอ ตับและม้าม กระเพาะแท้ กระเพาะบด กระเพาะพัก ลำไส้รวม หัวใจ อวัยวะภายในรวม และไขมันรวม ของไก่กระทงทั้งห้ากลุ่ม ($P>0.05$)

การเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่างๆ ที่อายุ 21 และ 42 วันไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ชั่วโมงที่ 0 ($pH_0$) และ 24 ชั่วโมงหลังการฆ่า ($pH_{24}$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และไม่มีผลต่อค่าสีของเนื้อคือค่า L* ค่า a* และค่า b* ของเนื้อหน้าอก การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ ค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารของเนื้อไก่ และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ($P>0.05$)

การศึกษาครั้งนี้ พบว่า ไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารต่อตัว เท่ากับ 101.37, 98.53, 98.54, 93.26 และ 84.87 ตามลำดับ ซึ่งไก่กระทงได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 10 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารต่อตัวต่ำสุด (84.87 บาท) และไก่กระทงกลุ่มควบคุม มีต้นทุนค่าอาหารต่อตัวสูงที่สุด (101.37 บาท) ตามลำดับ

**Thesis** Study on Crude Glycerin Digestibility and Its Effect on Productive Performance and Carcass Characteristics in Broiler

**Author** Miss Nusawan Boonwong

**Major Program** Animal Science

**Academic Year** 2014

## ABSTRACT

Crude glycerin, an inexpensive biodiesel by-product, can be used for many purposes. In terms of animal production, crude glycerin can be substituted to corn as an energy source in many feed formulation such as swine, cattle, goats, layer and broiler feed. However, quality of crude glycerin used in animal feed is not constant because of it is depending on the type and quality of the materials that are used in the biodiesel production. In this study the effects of crude glycerin supplementation from palm oil biodiesel production in broiler diets have been observed to assess growth performance and carcass characteristics. These observations extended to the cost of the feed material by comparing it to the cost of the material in control diets.

In Experiment 1, digestibility and metabolizable energy of crude glycerin were observed. Ten male Hisex Brown birds at 7-8 months old with 2.45±0.11 kg of initial weight, were used in this study. Birds were divided into two groups with five birds each. Each bird was arranged in each metabolic cage according to student t-Test. From the results, the digestibility percentage for crude glycerin were 77.13±1.03 respectively. The apparent metabolizable energy (AME, $AME_n$) of crude glycerin was 3,369.22±281.36 and 3,367.85±280.87 kcal/kg, while the true metabolizable energy (TME, $TME_n$) was 3,462.05±281.30 and 3,460.67±280.81 kcal/kg, respectively.

In Experiment 2, the effects of crude glycerin on growth performance, carcass characteristics and its feeding cost were observed in broiler chickens. Four hundred one day old males Cobb500 with 44.38±23 g of initial weight were allotted to receive five treatment diets according to a completely randomized experimental design (CRD). Each treatment was separated

into four replicate of 20 birds each. Birds were reared in evaporative cooling house for 42 days. They were offered food and water *ad libitum* during the entire experimental period. On the 3rd and 6th week of age, eight birds per treatment were sampled and sacrificed 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 day old, the bird which received all diets with crude glycerin supplementation had significantly lower feed intake, gain weight and ADG than those which received the control group ($P<0.05$). At 22-42 day age, no significant difference was found in feed intake, FCR, ADG and weight gain ($P>0.05$) between birds fed on control diet and birds fed on diets supplemented with crude glycerin.

In terms of carcass characteristics, broilers at three weeks old that received a diet supplemented with all levels of crude glycerin had lower muscle and fat percentages than that of control group ($P>0.05$). They also had lower retail parts (breast, fillet, wing and thigh) than which received a control diet ($P>0.05$). However, those which received either control or crude glycerin supplemented diets had similar carcass and bone percentages ($P>0.05$). In addition, there were no significant difference in organs, whole fat and some retail parts (drumstick, head and neck) percentages ($P>0.05$). At 42 day old, the glycerin supplemented groups was significantly lower in bone, skin and some retail parts (breast and thigh) percentages than those which received a control diet ($P<0.05$). Nevertheless, broilers which received all treatment diets had similar percentages of muscle and some retail parts (fillet, wing, drumstick, head and neck) ($P>0.05$). Considering some physical characteristics of the breast muscle (m. *Pectoralis major*), neither age of broiler in either control or supplemented diets groups showed any significant difference in $pH_0$, $pH_{24}$, CIE color system ($L^*$, $a^*$ and $b^*$), shear force, drip loss and cooking loss values ($P>0.05$).

In terms of feed cost of broiler production, this study indicated that birds fed 0, 2.5, 5, 7.5 and 10% crude glycerin supplementation were 101.37, 98.53, 98.54, 93.26 and 84.87 Baht per bird, respectively. When feed cost per bird was calculated, the bird which received a diet with 10% of crude glycerin supplementation showed the lowest cost (84.87 Baht/bird) while birds which received the control diet (0% of crude glycerin) showed the highest feed cost per bird (101.37 Baht/bird).

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| สารบัญ | (10) |
| รายการตาราง | (12) |
| รายการภาพ | (14) |
| รายการภาพประกอบภาคผนวก | (15) |
| บทที่ | |
| 1.บทนำ | 1 |
| บทนำต้นเรื่อง | 1 |
| วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 2 |
| 2.การตรวจเอกสาร | 3 |
| 3.การทดลองที่ 1 | 20 |
| บทนำ | 20 |
| วัตถุประสงค์ | 20 |
| วัสดุและอุปกรณ์ | 21 |
| วิธีการทดลอง | 22 |
| ผลและวิจารณ์ผลการทดลองที่ 1 | 27 |
| สรุปผลการทดลอง | 29 |
| 4.การทดลองที่ 2 | 30 |
| บทนำ | 30 |
| วัตถุประสงค์ | 30 |
| วัสดุและอุปกรณ์ | 31 |
| วิธีการทดลอง | 32 |
| ผลและวิจารณ์ผลการทดลองที่ 2 | 39 |
| สรุปผลการทดลอง | 53 |
| 5.บทสรุปและข้อเสนอแนะ | 56 |
| สรุป | 56 |
| ข้อเสนอแนะ | 58 |

**สารบัญ (ต่อ)**


| | หน้า |
|---|---|
| เอกสารอ้างอิง | 59 |
| ภาคผนวก | 63 |
| ก | 63 |
| ข | 64 |
| ค | 65 |
| ง | 67 |
| จ | 69 |
| ประวัติผู้เขียน | 70 |

## รายการตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | คุณสมบัติทางเคมีของกลีเซอรีนดิบจากแหล่งที่ต่างกัน | 6 |
| 2 | แสดงส่วนประกอบทางโภชนะและค่าพลังงานรวมของกลีเซอรีนดิบที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบ | 18 |
| 3 | ลักษณะทางเคมี ความหนืด และค่าความเป็นกรด-ด่างของกลีเซอรีนดิบจาก 3 แหล่งการผลิต | 19 |
| 4 | กลีเซอรีนดิบที่ได้มาจากจากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ | 21 |
| 5 | องค์ประกอบทางเคมีของกลีเซอรีนดิบจากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ | 28 |
| 6 | ปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณมูลและปัสสาวะ และการย่อยได้ของวัตถุแห้งที่แท้จริงของไก่ที่ได้รับกลีเซอรีนดิบ | 29 |
| 7 | แสดงค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ (AME, $AME_n$) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง (TME, $TME_n$) ของกลีเซอรีนดิบในไก่ | 29 |
| 8 | กลีเซอรีนดิบจากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ | 31 |
| 9 | สูตรอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 1-21 วัน (as-fed basis) และค่าความต้องการของโภชนะ | 34 |
| 10 | สูตรอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 22-42 วัน (as-fed basis) และค่าความต้องการของโภชนะ | 35 |
| 11 | ผลการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่าง ๆ ต่อน้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทงอายุ 1-21 และ 22-42 วัน | 40 |
| 12 | เปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ (อายุ 21 วัน) | 42 |
| 13 | เปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ (อายุ 42 วัน) | 46 |
| 14 | ลักษณะทางกายภาพของซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ อายุ 21 วัน | 48 |
| 15 | ลักษณะทางกายภาพของซากไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ อายุ 42 วัน | 50 |
| 16 | ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ ในช่วงอายุ 1-21 และ 22-42 วัน | 52 |

# รายการตารางภาคผนวก


| ตารางภาคผนวกที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการประกอบสูตรอาหารไก่กระทง | 69 |

# รายการภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แสดงปฏิกิริยาทรานเอสเตอริฟิเคชั่นในการผลิตไบโอดีเซลแบบเอสเตอร์ | 4 |
| 2 | แสดงโครงสร้างทางเคมีไตรกลีเซอไรด์ที่ประกอบด้วยกลีเซอรีนและกรดไขมันอิสระ 3 สาย | 5 |
| 3 | แสดงลักษณะโดยทั่วไปของกลีเซอรีนบริสุทธิ์และกลีเซอรีนดิบ | 5 |
| 4 | แสดงระบบทางเดินอาหารในไก่ | 8 |
| 5 | แสดงกระบวนการย่อยและดูดซึมกลีเซอรีน | 11 |
| 6 | การใช้กลีเซอรอลเป็นแหล่งพลังงาน | 13 |
| 7 | พลังงานประเภทต่างๆและขั้นตอนการสูญเสียพลังงาน | 14 |
| 8 | อาหารทดลองการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบ | 22 |
| 9 | ระยะเวลาในการป้อนอาหารและเก็บสิ่งขับถ่ายของไก่กระทง | 23 |
| 10 | ตำแหน่งการตัดชิ้นเนื้อหน้าอกไก่กระทง | 38 |

# รายการภาพประกอบภาคผนวก


| ภาพภาคผนวกที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ลักษณะการเตรียมคอก | 63 |
| 2 | ลักษณะการเตรียมคอก | 63 |
| 3 | สภาพการเลี้ยงไก่กระทง | 63 |
| 4 | สภาพการเลี้ยงไก่กระทง | 63 |
| 5 | ลักษณะกลีเซอรีนดิบ | 64 |
| 6 | ลักษณะการผสมอาหาร | 64 |
| 7 | เครื่องอัดเม็ดอาหาร | 64 |
| 8 | ลักษณะอาหารหลังจากอัดเม็ด | 64 |
| 9 | ลักษณะการชั่งน้ำหนักไก่กระทง | 65 |
| 10 | สภาพการปล่อยให้เลือดออกหลังจากฆ่า | 65 |
| 11 | ลักษณะการลวกน้ำร้อน 80 องศาเซลเซียส | 65 |
| 12 | ลักษณะซากหลังจากถอนขน | 65 |
| 13 | ลักษณะซากหลังจากชำแหละ | 66 |
| 14 | ลักษณะการเตรียมชิ้นเนื้อวิเคราะห์ Drip loss และ Cooking loss | 66 |
| 15 | การวิเคราะห์ Cooking loss และ Shear force | 66 |
| 16 | ขนาดชิ้นเนื้อที่ใช้วิเคราะห์ Cooking loss และ Shear force | 66 |
| 17 | เครื่องวัดสี | 67 |
| 18 | อ่างควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า Shaking Water Bath | 67 |
| 19 | เครื่องชั่ง | 67 |
| 20 | เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง | 67 |
| 21 | เครื่องกกลูกไก่ | 68 |
| 22 | Harness | 68 |
| 23 | ถังใส่น้ำ | 68 |
| 24 | ถังใส่อาหาร | 68 |
| 25 | เครื่องปั่นขนไก่ | 68 |
| 26 | ถังใส่น้ำแบบออโตเมติก | 68 |

# บทที่ 1

# บทนำ

## บทนำต้นเรื่อง

ปัจจุบันวัตถุดิบอาหารสัตว์มีราคาสูงขึ้น เนื่องจากมีการเลี้ยงสัตว์เพิ่มมากขึ้นทำให้ความต้องการของวัตถุดิบอาหารสัตว์เพิ่มมากขึ้นด้วย ทำให้วัตถุดิบอาหารขาดแคลนและมีราคาที่สูงขึ้น จึงทำให้มีการศึกษาวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดใหม่ๆ มาทดแทนเพื่อลดต้นทุนการผลิต กลีเซอรีนดิบเป็นตัวอย่างของผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมไบโอดีเซลที่มีปริมาณมากขึ้นอันเป็นผลมาจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมการผลิตพลังงานทางเลือกเพื่อทดแทนพลังงานจากฟอสซิล (Fossil energy) ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล 1 แกลลอน (1 US gallon) จะได้กลีเซอรีนดิบเป็นผลพลอยได้ในปริมาณ 0.35 กิโลกรัม (Thompson and He, 2006) กลีเซอรีนดิบเป็นสารประเภทไตรกลีเซอไรด์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลเป็น $C_3H_5$ สามารถละลายน้ำและแอลกอฮอร์ได้ มีรถหวาน Dozier และคณะ (2008) พบว่ากลีเซอรีนดิบมีพลังงานรวม (gross energy) เท่ากับ 3,625 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม กลีเซอรีนดิบเป็นผลพลอยได้ที่มีราคาถูก และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น นำไปกลั่นเพื่อนำเมทานอลกลับมาใช้ใหม่ นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนก๊าซหุงต้ม นำไปผสมในอาหารสัตว์ (วิภา, 2546) เป็นต้น มีการศึกษาการใช้กลีเซอรีนดิบในอาหารสุกร โคเนื้อ โคนม ปลาดุก ไก่ไข่ และไก่กระทง สำหรับประเทศไทยการผลิตไบโอดีเซลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งการผลิตระดับอุตสาหกรรมและระดับชุมชน สำหรับวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตก็มีหลายแบบ เช่น น้ำมันทอดใช้แล้ว ไขสัตว์ และน้ำมันพืชบริสุทธิ์ เป็นการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมของกลีเซอรีนดิบมีความแปรปรวน Settapong และ Wattanachant (2010) นอกจากนี้ผลการศึกษาส่วนใหญ่ที่ตีพิมพ์ในต่างประเทศส่วนใหญ่ใช้กลีเซอรีนดิบที่ผลิตจากน้ำมันทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด (Topal and Ozdogan, 2013) แต่สำหรับงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการนำเอากลีเซอรีนดิบที่ผลิตจากอุตสาหกรรมไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบมาใช้ผสมอาหารสัตว์ โดยวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของกลีเซอรีนดิบและการนำไปใช้ปรับในอาหารไก่กระทง เพื่อนำผลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการผสมในอาหารไก่กระทงต่อไป

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. ศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของกลีเซอรีนดิบและค่าความบริสุทธิ์ การย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบในไก่กระทง ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของกลีเซอรีนดิบจากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ

2. ศึกษาผลการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่างๆ จากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ ที่มีผลต่อสมรรถนะการผลิตลักษณะซากในไก่กระทง และความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

# บทที่ 2

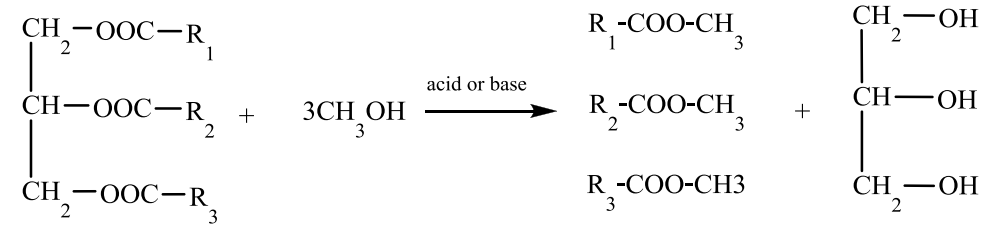
# การตรวจเอกสาร

## กลีเซอรีนดิบ (Crude glycerin)

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

## ไบโอดีเซล (Biodiesel)

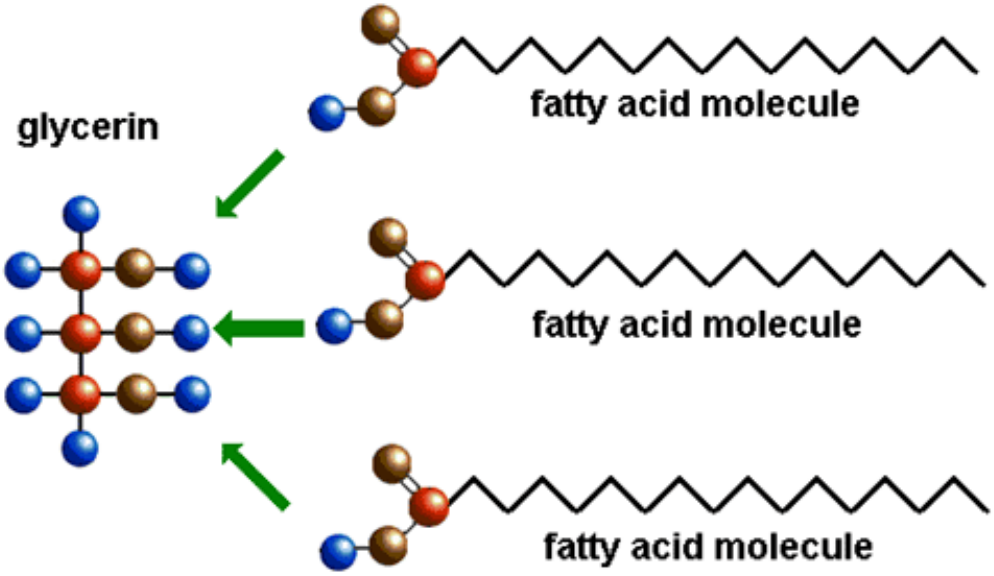
ไบโอดีเซล (Biodiesel) เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันดีเซล เป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากการนำน้ำมันพืช เช่น น้ำมันปาล์ม ไขมันสัตว์ หรือน้ำมันพืชใช้แล้วมาทำปฏิกิริยาทางเคมีทรานส์เอสเตอริฟิเคชั่นได้เป็นสาร เอสเตอร์ ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ปฏิกิริยานี้จะเป็นการทำปฏิกิริยาทางเคมีของไตรกลีเซอไรด์กับสารประเภทแอลกอฮอล์ เช่น เอทานอล ($C_2H_5OH$) หรือเมทานอล ($CH_3OH$) โดยใช้กรดหรือด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี เมื่อไตรกลีเซอไรด์ผ่านปฏิกิริยาทรานเอสเตอริฟิเคชั่น โดยใช้เอทานอลเป็นสารทำปฏิกิริยาจะได้สารผลิตภัณฑ์เป็น เอทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน (Fatty acid ethyl ester) ซึ่งมีสูตรโมเลกุลคือ $C_{20}H_{38}O_2$ แต่ถ้าใช้เมทานอลเป็นสารทำปฏิกิริยา ก็จะได้สารผลิตภัณฑ์เป็น เมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน (Fatty acid methyl ester) ซึ่งมีสูตรโมเลกุลคือ $C_{17}H_{34}O_2$ ทั้งนี้ชนิดของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับประเภทของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตและในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลเอสเตอร์หรือปฏิกิริยาทรานเอสเตอริฟิเคชั่นนี้จะได้กลีเซอรีนดิบเป็นผลผลิตพลอยได้




**ภาพที่ 1.** แสดงปฏิกิริยาทรานเอสเตอริฟิเคชั่นในการผลิตไบโอดีเซลแบบเอสเตอร์
**ที่มา :** Settapong และ Wattanachant (2010)

**ลักษณะทางกายภาพของกลีเซอรีน**

กลีเซอรีนเป็นชื่อเรียกทางการค้าของสารที่มีชื่อทางเคมีว่า 1,2,3–trihydroxypropane, 1,2,3–propanetriol หรือ Glycerol แต่โดยทั่วไปการเรียกชื่อกลีเซอรีนจะเรียกกันตามค่าความบริสุทธิ์ ถ้ากลีเซอรีนมีค่าความบริสุทธิ์มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์จะเรียกว่า “กลีเซอรอล” (Glycerol) แต่ถ้าเป็นกลีเซอรีนที่มีค่าความบริสุทธิ์ต่ำกว่า 95 เปอร์เซ็นต์จะเรียกว่า “กลีเซอรีน” (Glycerin) (SDA, 1990) กลีเซอรีนถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1779 โดยนักวิทยาศาสตร์ด้านเคมีชาวสวีเดนชื่อ K.W. Scheele ในขณะทำการสกัดน้ำมันมะกอกที่มีออกไซด์ของตะกั่วผสม (Lead monoxide) ซึ่งได้เรียกชื่อของกลีเซอรีนที่ถูกค้นพบครั้งนั้นเรียกว่า "Sweet principle of fat " ต่อมาจึงได้เปลี่ยนมาเป็น Glycerin ซึ่งตรงกับคำในภาษากรีกว่า “glykys” ซึ่งแปลว่า “ มีรสหวาน” ต่อมาได้มีการค้นพบว่า กลีเซอรีน สามารถสกัดได้จากน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ที่อยู่ในรูปเอสเตอร์ ที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า กลีเซอไรด์ (Glyceride) กลีเซอรีนเป็นสารที่มีสูตรเคมี $C_3H_5(OH_3)$ กลีเซอรีนที่บริสุทธิ์จะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่มีพิษ มีรสหวาน เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีของกลีเซอรีนมีลักษณะคล้ายกับน้ำตาล กลีเซอรีนมีโครงสร้างเป็นสารประกอบเป็นไฮโดรคาร์บอนที่มีโมเลกุลมีเฉพาะพันธะเดี่ยวหรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าอัลเคน (Alkane) โดยอัลเคนชนิดที่เป็นส่วนประกอบของกลีเซอรีนคือ โพรเพน (Propane) กลีเซอรีนเป็นสารที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) จับกับหมู่แอลคิล 3 หมู่ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า ไตรไฮดรอกซิล ดังนั้นกลีเซอรีนเป็นสารที่จัดอยู่ในประเภทสารที่มีขั้ว ทำให้ กลีเซอรีนสามารถละลายในน้ำและแอลกอฮอล์ได้ดี กลีเซอรีนสามารถละลายได้บ้างในตัวทำละลายบางชนิด ยกเว้นสารไฮโดรคาร์บอน สามารถทำปฏิกิริยาให้สารอนุพันธ์หลายชนิด กลีเซอรีนที่พบในธรรมชาติเป็นกลีเซอรีนที่เป็นส่วนประกอบของกรดไขมันที่มีไฮโดรคาร์บอนต่อเป็นสายยาว 3 เส้น เรียกว่า ไตรกลีเซอไรด์ ดังแสดงในภาพที่ 2




**ภาพที่ 2.** แสดงโครงสร้างทางเคมีไตรกลีเซอไรด์ที่ประกอบด้วยกลีเซอรีนและกรดไขมันอิสระ 3 สาย

**ที่มา :** Anonymous (2011)

กลีเซอรีนบริสุทธิ์

กลีเซอรีนดิบ

**ภาพที่ 3.** แสดงลักษณะโดยทั่วไปของกลีเซอรีนบริสุทธิ์และกลีเซอรีนดิบ
(ภาพโดย นัสวัล, 2557)

จากภาพที่ 3 แสดงลักษะทางกายภาพทั่วไปของกลีเซอรีนบริสุทธิ์ ซึ่งมีลักษณะใสไม่มีสี แตกต่างจากของกลีเซอรีนดิบที่มีสีน้ำตาลขุ่น หนืด และอาจมีกลิ่นของเมทานอลผสมมาด้วย

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติทางเคมีของกลีเซอรีนดิบที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่ใช้วัตถุดิบในการผลิตที่แตกต่างกัน

**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 (2011)

**ระบบย่อยอาหารของสัตว์ปีก**

สัตว์ปีก เช่น ไก่ เป็ด จัดเป็นสัตว์กระเพาะเดี่ยวระบบย่อยอาหารของสัตว์ปีกประกอบด้วย

1. ปาก (Mouth) ปากของสัตว์ปีกแตกต่างจากสัตว์อื่นๆ คือ ไม่มีริมฝีปาก ฟัน แก้ม มีจงอยปากต่อลงไปสู่คอหอย 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 ปกคลุมอยู่ด้วยเยื่อบุผิว ด้านในมีลักษณะเป็นต่อมน้ำเมือกและน้ำเหลืองมากมาย หลอดอาหารขยายออกเป็นถุงทางปลายล่างตรงทางเข้าช่องอก เรียกว่ากระเพาะพัก (Crop)

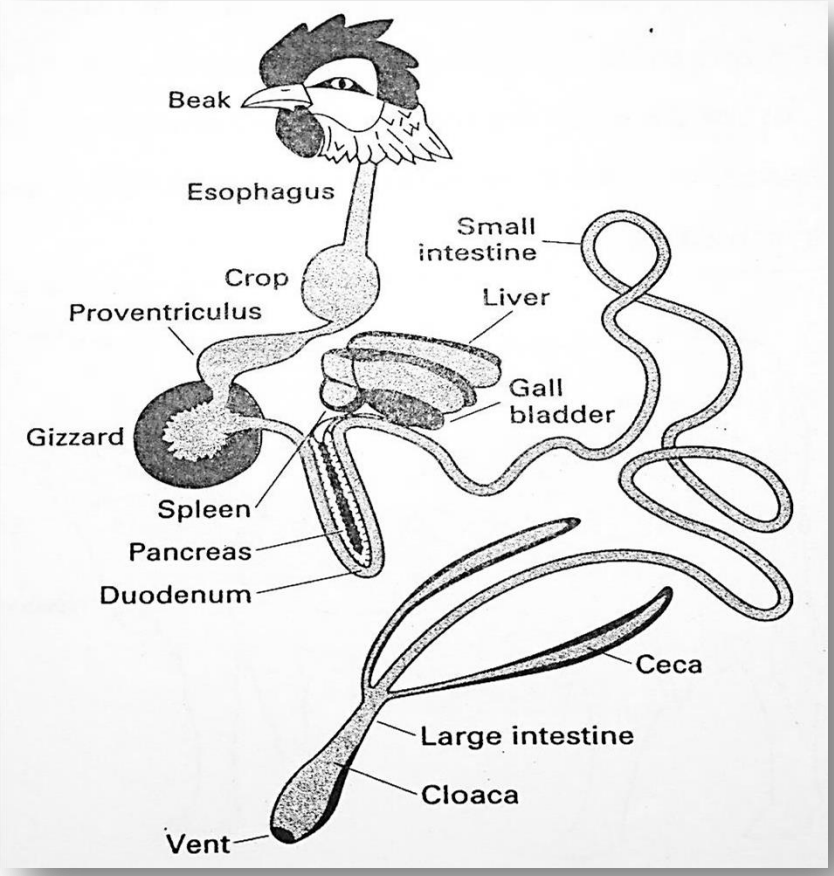
3. กระเพาะอาหาร (Stomach) ต่ออยู่ด้านหลังของกระเพาะพัก แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนหน้าเป็นกระเพาะแท้ (Proventriculus) มีต่อมต่างๆ มากมาย ทำหน้าที่ผลิตน้ำย่อยย่อยอาหาร โดยมีน้ำย่อยจากกระเพาะและกรดเกลือต่อจากกระเพาะส่วนนี้จะเป็นกระเพาะบด (Gizzard) หรือกึ๋น ทำหน้าที่บดย่อยอาหาร

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 ตอนปลายขยายใหญ่ เชื่อมต่อกับท่อทางเดินอาหารบริเวณรอยต่อของลำไส้เล็กกับลำไส้ใหญ่ เป็นส่วนสุดท้ายที่ใช้ย่อยอาหารที่เป็นเยื่อใยและดูดซึมน้ำและเป็นที่หมักย่อยเยื่อใยโดยแบคทีเรีย

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

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




**ภาพที่ 4.** แสดงระบบทางเดินอาหารในไก่
**ที่มา :** บุญล้อม (2542)

**กระบวนการดูดซึมกลีเซอรีน**

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

ส่งผ่านเข้าสู่กระแสเลือดโดยระบบน้ำเหลืองก่อนที่จะผ่านไปยังระบบเลือดเพื่อนำไปสู่ตับและเนื้อเยื่อไขมัน กลีเซอรีนที่ร่างกายได้รับโดยตรงเป็นสารละลายที่สามารถละลายน้ำได้ (Hydrophilic) กลีเซอรีนดูดซึมโดยวิธีการแพร่ผ่านช่องว่างระหว่างเซลล์ โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการพากลีเซอรีนผ่านเซลล์ผนังลำไส้เล็ก แต่จากการศึกษาเมื่อไม่นานมานี้พบว่ากลีเซอรีนสามารถดูดซึมได้ในลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ของหนูโดยอาศัยตัวกลางในการส่งผ่าน โดยใช้โมเลกุลของ $Na^+$ อิสระ และยังพบอีกว่าสารประกอบที่เป็นแอลกอฮอล์และสารที่มีคุณสมบัติคล้ายแอลกอฮอล์สามารถยับยั้งการดูดซึมของกลีเซอรีนที่ลำไส้เล็ก กลีเซอรีนสามารถถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กได้โดยตรง โดยในหนูจะมีค่าการดูดซึมในลำไส้เล็กอยู่ในช่วง 70-90 เปอร์เซ็นต์ และ 97 เปอร์เซ็นต์ในสุกรและไก่ไข่ (Bartlet and Schnieder, 2002)

**ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการย่อยและการดูดซึมอาหาร**

ภรณี (2543) กล่าวว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการย่อยได้และการดูดซึมอาหารได้แก่

**1. ปัจจัยที่เกิดจากตัวสัตว์**

1.1 ชนิดสัตว์ สัตว์แต่ละชนิดสามารถย่อยและดูดซึมอาหารได้ต่างกัน เนื่องจากความแตกต่างทางกายวิภาคและสรีรวิทยาของระบบย่อยอาหาร

1.2 อายุของสัตว์ สัตว์ชนิดเดียวกันที่อยู่ในวัยต่างจะมีความสามารถในการย่อยและการดูดซึมอาหารได้ต่างกัน

1.3 การไหลเวียนของเลือด ถ้าระบบไหลเวียนของเลือดดี การดูดซึมอาหารก็จะดีด้วย

1.4 อัตราความเร็วที่อาหารเดินทางผ่านทางเดินอาหารของสัตว์ อัตราความเร็วในการเดินทางของอาหารผ่านส่วนต่างๆ ของทางเดินอาหารขึ้นอยู่กับขนาดชิ้นส่วนของอาหารวิธีการเตรียมวัตถุดิบอาหารที่จะนำมาเลี้ยงสัตว์และปริมาณอาหารที่กิน อาหารบางชนิดจะเดินทางผ่านทางเดินอาหารอย่างรวดเร็วทำให้ประสิทธิภาพการย่อยได้ต่ำ เพราะอาหารมีเวลาได้สัมผัสกับน้ำย่อยต่างๆไม่เพียงพอ

**2. ปัจจัยที่เกิดจากอาหาร**

2.1 ส่วนประกอบทางโภชนะของอาหาร การย่อยได้ของอาหารจะแตกต่างกันออกไปเมื่อมีส่วนประกอบทางโภชนะต่างกัน เนื่องจากอาหารอาหารชนิดต่างๆ จะมีความแตกต่างกันทั้งในด้านปริมาณและประเภทของเยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตซึ่งมีอิทธิพลต่อการย่อยได้

2.2 คีเลต (Chelates) เป็นสารประกอบที่เกิดจากโมเลกุลของอินทรียสารจับตัวกับไอออนของโลหะ โดยคีเลตที่เกิดขึ้นนี้จะมีคุณสมบัติในการละลายต่างจากไอออนของโลหะที่ยังไม่ได้จับ

ตัวกับโมเลกุลของอินทรียสารดังนั้นส่วนประกอบของอาหารที่จับตัวกับแร่ธาตุเป็นคีเลตจึงทำให้แร่ธาตุเหล่านี้อยู่ในรูปที่พร้อมให้ร่างกายดูดซึมผ่านผนังทางเดินอาหารได้มากขึ้นหรือน้อยลงได้

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

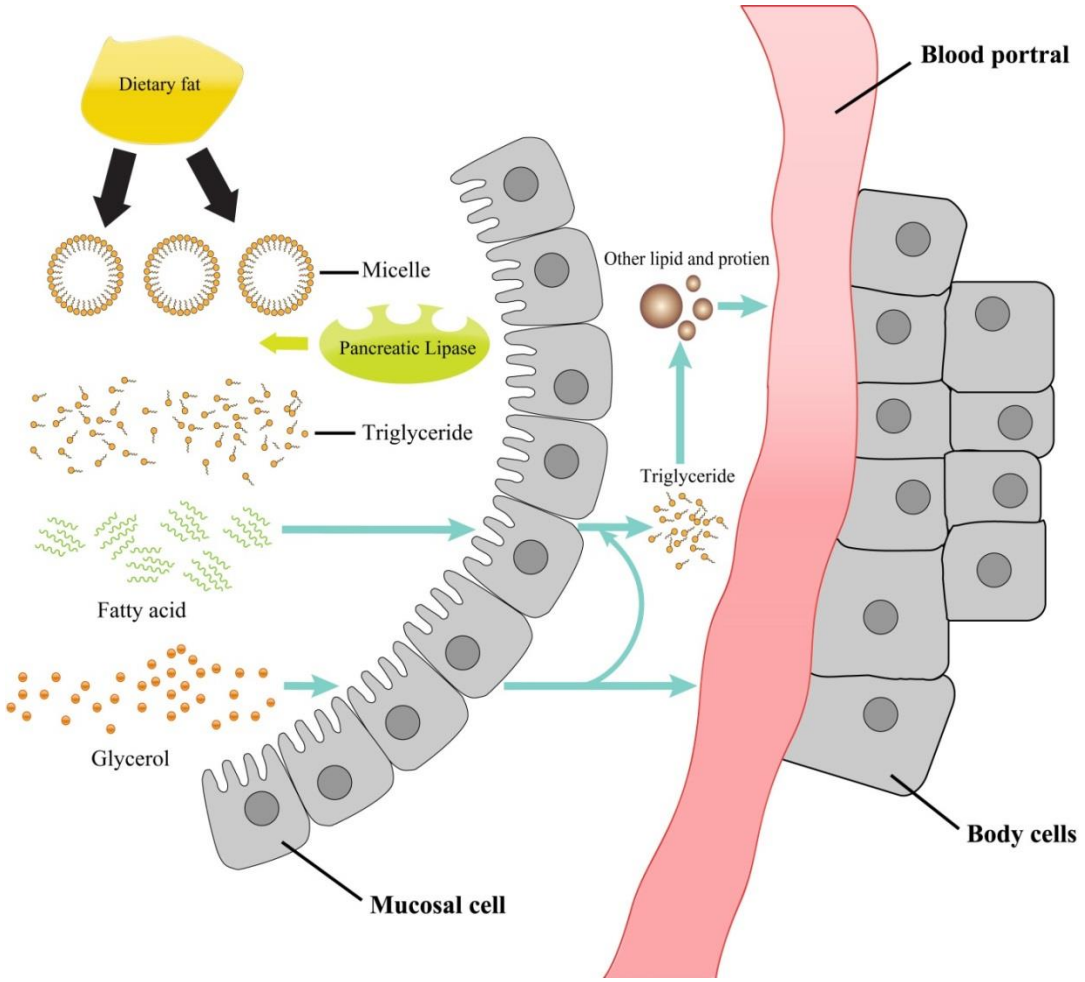
2.4 ออกซาเลต (Oxalates) กรดออกซาลิก (Oxalic acid) ซึ่งมีอยู่ในใบพืชบางชนิดอาจมีผลทำให้แคลเซียมในอาหารถูกดูดซึมได้น้อยลง

2.5 การผ่านการแปรรูป การนำอาหารสัตว์ไปผ่านการแปรรูปด้วยวิธีการต่างๆ ก่อนที่จะนำไปใช้เลี้ยงสัตว์เพื่อปรับปรุงคุณลักษณะของอาหารให้สัตว์สามารถย่อยและดูดซึมได้มากขึ้นนั้นอาจทำได้หลายวิธี ดังนี้ การบด การทำให้สุกด้วยความร้อน การอัดเม็ด

**กระบวนการเมแทบอลิซึมกลีเซอรีน**

กลีเซอรีนที่เกิดจากการย่อยสลายไตรกลีเซอไรด์ หลังจากกระบวนการดูดซึมผ่านผนังเส้นเลือดฝอยก็จะถูกนำมายังตับเพื่อนำเข้าสู่กระบวนการเมแทบอลิซึม แต่มีกลีเซอรีนบางส่วนได้ถูกนำมายังเนื้อเยื่อไขมันและกล้ามเนื้อลายเพื่อเปลี่ยนกลับไปเป็น ไตรกลีเซอไรด์ โดยใช้ปฏิกิริยา de-esterification กลีเซอรีนที่ถูกส่งมายังตับก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็นกลูโคสโดยกระบวนการกลูโคนีโอเจเนซิส (Gluconeogenesis) หรือเปลี่ยนไปเป็นพลังงานโดยกระบวนการไกลโคไลซิส (glycolysis) และ วัฏจักรเครบ (Krebs' cycle) (Rosebrough *et al*., 1980) ร่างกายสามารถนำกลีเซอรีนไปใช้ประโยชน์ได้จริงประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ (Robergs and Griffin, 1998) ของกลีเซอรีนที่ได้รับทั้งหมด อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของกลีเซอรีนพบเป็นสภาวะปกติกลีเซอรีนจะถูกนำมาใช้ในกระบวนการกลูโคนีโอเจเนซิสเพียง 5 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น แต่หากร่างกายอยู่ในสภาวะขาดอาหารในระยะเวลา 2-3 วัน กลีเซอรีนจะถูกนำมาใช้ในกระบวนการกลูโคนีโอเจเนซิสในปริมาณสูงถึง 80เปอร์เซนต์ในตับ และ 38 เปอร์เซนต์ในกล้ามเนื้อ การเพิ่มขึ้นของกระบวนการกลูโคนีโอเจเนซิสเมื่อร่างกายอยู่ในสภาวะอดอาหารจะส่งผลให้เกิดกระบวนไลโปซิสเพิ่มขึ้นและในขณะเดียวกันก็จะกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ Glycerol Kinase และ Glycerol-3-Phosphate Dehydrogenase ให้เพิ่มมากขึ้นด้วย (Hagopian *et al*., 2008) ในกระบวนการกลูโคนีโอเจเนซิสแล้วสลายตัวให้พลังงานจะได้พลังงาน 21 ATP ต่อกลีเซอรีน 1 โมล (บุญล้อม, 2542) โดยส่วนใหญ่แล้วกระบวนการเมแทบอลิซึมของกลีเซอรีนจะเกิดขึ้นที่ตับและไต เมื่อคำนวณค่าพลังงานที่ได้ทั้งหมดเมื่อร่างกายได้รับจากกลีเซอรีนเมื่อเข้าสู่กระบวนการไกลโคไลซิสจะได้ค่าพลังงาน เท่ากับ 22 ATP ต่อกลีเซอรีน 1 โมล แต่ถ้าเปลี่ยนกลับไปเป็นกลูโคสซึ่งกระบวนการ

เมแทบอลิซึมจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณกลีเซอรีนที่ได้รับ หรือระยะต่างๆของกระบวนการเมแทบอลิซึมที่เกิดหลังจากได้รับกลีเซอรีน (Kerr *et al*., 2007)




**ภาพที่ 5.** แสดงกระบวนการย่อยและดูดซึมกลีเซอรีน
(ภาพโดย นัสวัล, 2557)

จากข้อมูลที่กล่าวมานี้แสดงให้เห็นว่ากลีเซอรีนสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งโภชนะประเภทพลังงานในสัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น ไก่กระทง (Dozier *et al*., 2008) และสุกร (Lammer *et al*., 2008) เนื่องจากพลังงานในทางอาหารสัตว์เป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก เพราะร่างกายต้องการพลังงานในปริมาณมากเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ ทั้งเพื่อการดำรงชีพและให้ผลผลิต ในการประกอบสูตรอาหารจำเป็นต้องคำนึงถึงพลังงานเป็นอันดับแรกเพราะความเข้มข้นของโภชนะต่างๆ ที่จำเป็นต้องมีในสูตรอาหารเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของสัตว์จะผันแปรตามระดับพลังงานในสูตรอาหาร (บุญล้อม, 2541)

**ขั้นตอนการใช้พลังงานในสัตว์**

อาหารที่สัตว์กินเข้าไป จะผ่านกระบวนการต่างๆ ก่อนที่สัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น การย่อยการดูดซึม และการเมแทบอไลซ์ เป็นต้น ในการนี้จะมีพลังงานที่สัตว์กินเข้าไปบางส่วนสูญเสียไปในรูปของมูล ปัสสาวะ ก๊าซจากการหมักย่อย (ในกรณีของสัตว์เคี้ยวเอื้อง) และความร้อน พลังงานที่เหลือเรียกว่าพลังงานสุทธิ ซึ่งสัตว์จะนำไปใช้ในการดำรงชีพ และการให้ผลผลิต (บุญล้อม, 2541) ดังแสดงในภาพที่ 7

ในกรณีของสัตว์ปีก Sibbald (1982) อธิบายถึงลำดับขั้นตอนการใช้พลังงานไว้ดังนี้ คือ

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

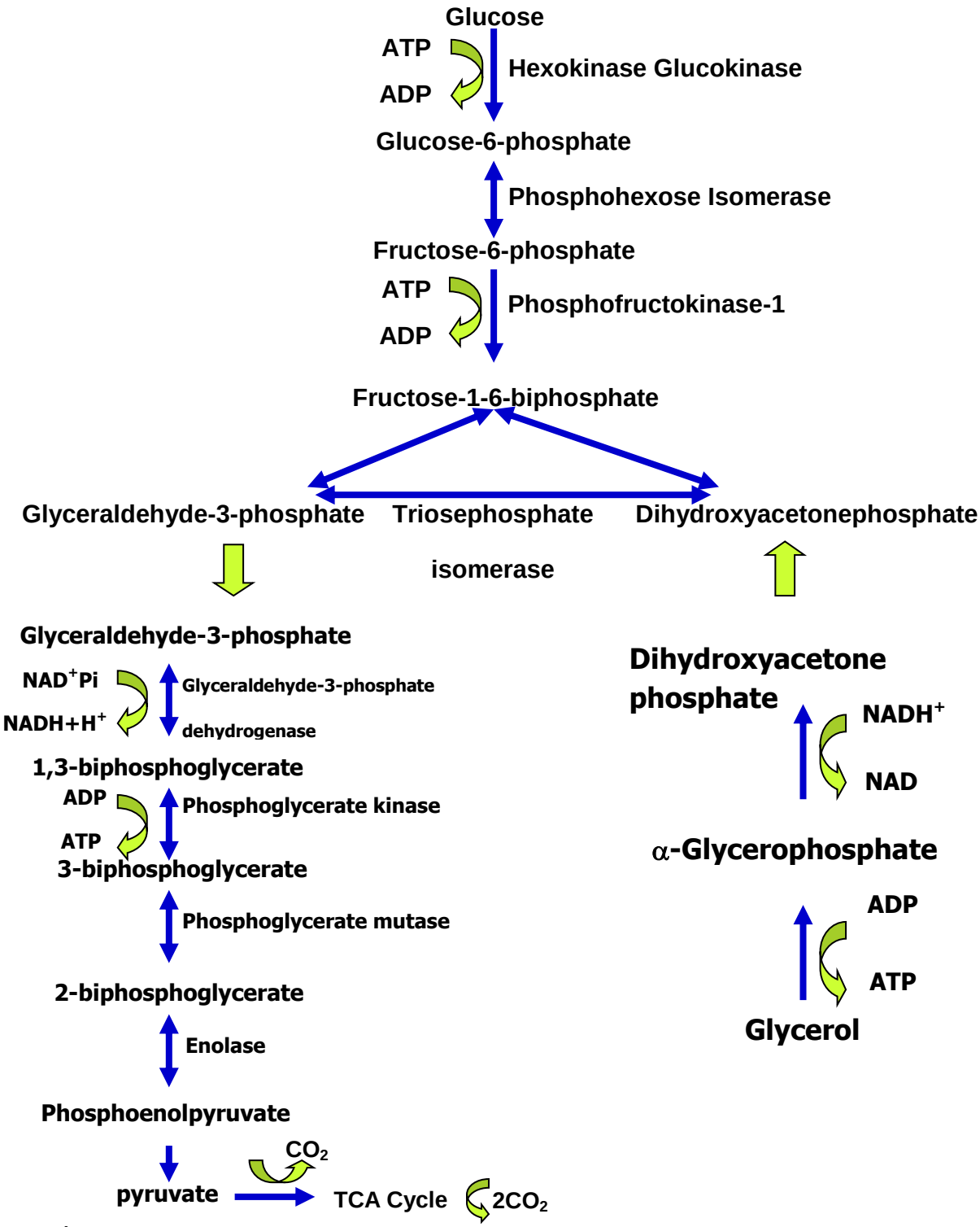
2. พลังงานที่สูญเสียในมูล (Fecal energy ; FE) เป็นพลังงานที่ได้จากการนำมูลไปเผาในแคลอรีมิเตอร์ พลังงานส่วนนี้เป็นพลังงานที่สูญสียไปจากร่างกาย โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ

2.1 พลังงานในอาหารสัตว์ที่สัตว์ย่อยไม่ได้ (Fecal energy of feed)

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

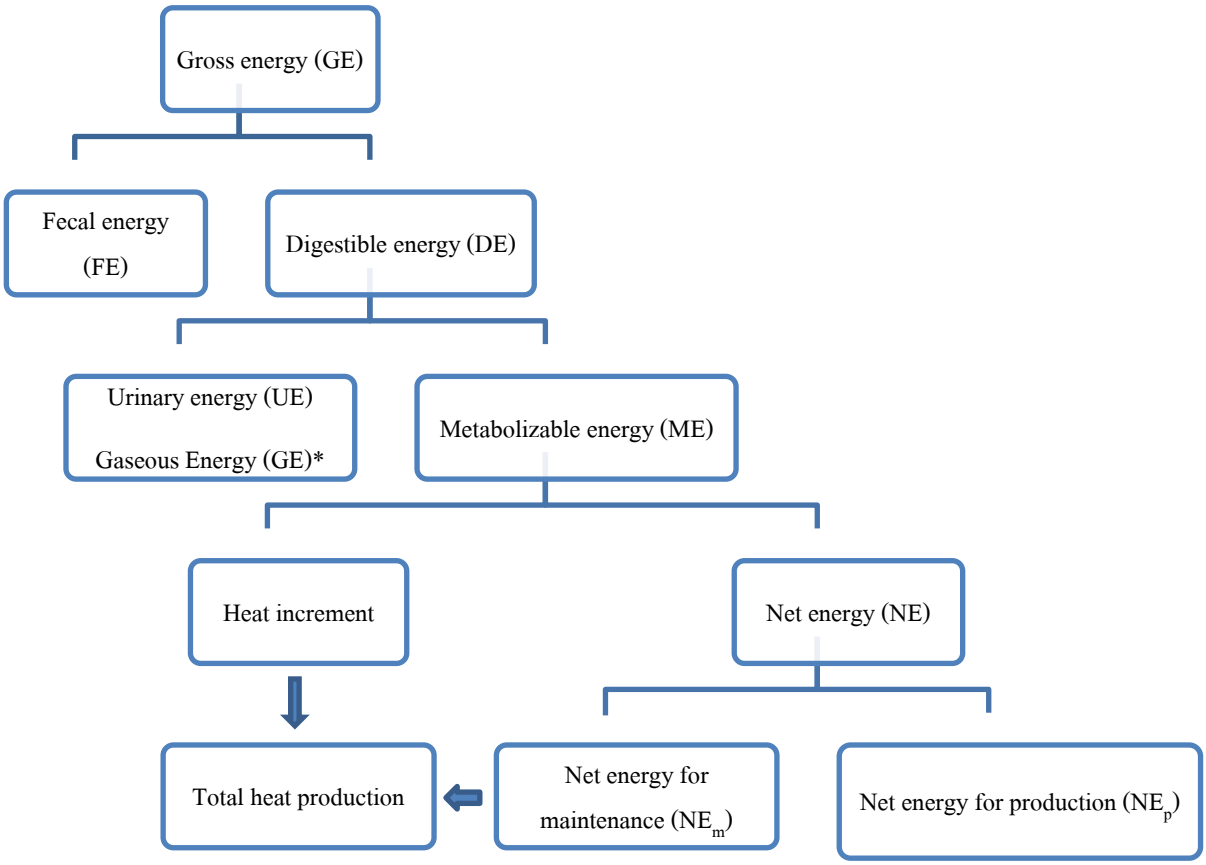
3. พลังงานที่ย่อยได้ (Apparent digestible energy ; ADE) คือพลังงานที่ได้จากอาหารที่ให้สัตว์กินหักออกจากพลังงานที่มีอยู่ในมูล (GE-FE) ซึ่งเป็นส่วนของพลังงานที่ย่อยและถูกดูดซึมได้

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




**ภาพที่ 6.** การใช้กลีเซอรอลเป็นแหล่งพลังงาน

**ที่มา :** ดัดแปลงจาก บุญล้อม (2542)




**ภาพที่ 7.** พลังงานประเภทต่างๆและขั้นตอนการสูญเสียพลังงาน
**ที่มา :** ดัดแปลงจาก บุญล้อม (2541)

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

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

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

6. พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable energy ; ME) ซึ่งแบ่งออกเป็น

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

6.2 พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่แท้จริง (True metabolizable energy ; TME) มีค่าเท่ากับพลังงานในอาหารทั้งหมด ลบด้วยพลังงานในมูลจากส่วนที่ย่อยไม่ได้ ซึ่งมาจากอาหาร และจากภายในร่างกาย และพลังงานที่ได้จากโภชนะส่วนที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ได้ในปัสสาวะ ซึ่งมาจากอาหารและร่างกาย (TME= IF-($F_f$+$U_f$E-$F_m$E-$U_e$E)

7. พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับกระบวนการเผาผลาญในร่างกาย (Heat increment; HI) เป็นปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นหลังจากสัตว์กินอาหารเสร็จแล้วและสัตว์นั้นอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่สบาย ความร้อนส่วนนี้ประกอบด้วย 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 การหมุนเวียนโลหิตการหายใจ 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 ที่ได้จากวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยตรงไม่ได้เกิดจากปัจจัยอื่นๆโดยมีสมการคำนวณดังนี้

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

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

ค่าพลังงาน AME และ TME ขึ้นอยู่กับความสมดุลของไนโตรเจนในอาหารด้วย คือ ถ้าสัตว์กินอาหารนั้นแล้วมีสมดุลไนโตรเจนเป็นลบแสดงว่า สัตว์ขับไนโตรเจนออกทางมูลและปัสสาวะมากกว่าที่กินเข้าไป ทั้งนี้อาจเนื่องจาก อาหารนั้นมีพลังงานต่ำ ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ทำให้ดึงเอาเนื้อเยื่อในร่างกาย ออกมาเผาผลาญเป็นพลังงาน และมีการเอากลุ่มอะมิโนของโปรตีนในเนื้อเยื่อออกมา นั่นคือปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะมิได้ออกมาจากอาหารทั้งหมด ถ้านำพลังงานในปัสสาวะไปลบออกจากพลังงานย่อยได้ทันทีก็จะได้ค่าพลังงานที่ไม่ถูกต้อง ควรที่จะหักพลังงานในปัสสาวะส่วนที่ไม่ได้จากอาหารออกเสียก่อน ผลที่ได้คือ AME มีค่าน้อยกว่า $AME_n$, TME และ $TME_n$ ในทางตรงกันข้ามถ้าสัตว์กินอาหารนั้นแล้ว มีสมดุลของไนโตรเจนเป็นบวกก็แสดงว่าสัตว์ขับไนโตรเจนออกมาน้อยกว่าที่กินเข้าไป คือไนโตรเจนส่วนหนึ่งจากอาหารจะถูกสะสมไว้ในร่างกายแทนที่จะถูกขับออกมาทำให้พลังงานในปัสสาวะต่ำกว่าความเป็นจริง ผลที่ได้ก็คือ 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) วิธีการประเมินที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมีดังนี้

1. การประเมินโดยวิธี Conventional method เป็นการประเมินโดยให้ไก่กินอาหารทุกวัน โดยแบ่งระยะการทดลองเป็น 2 ระยะ คือ ระยะปรับตัว และระยะการทดลอง

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

3. การประเมินโดยวิธีการของ Hill และ Anderson (1958) ทำได้โดยแบ่งไกออกเป็น2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกจะได้รับอาหารเปรียบเทียบซึ่งมีคาร์โบไฮเดรทพวกกลูโคสเป็นส่วนประกอบหลัก กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารที่ต้องการประเมินโดยทดแทนระดับของกลูโคสร้อยละ 30-40 ในอาหารทดสอบ อาหารทั้ง 2 กลุ่มจะใส่โครมิคอ๊อคไซด์ (Cromicoxide, $Cr_2O_3$) เป็นดรรชนีในการย่อยได้ของอาหารเนื่องจากไม่สามารถย่อยหรือดูดซึมโครมิคอ๊อคไซด์ได้ จึงสามารถนำมาคำนวณหาปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด และปริมาณอาหารที่เก็บไว้ในร่างกายได้

**คุณค่าทางโภชนะของกลีเซอรีนดิบ**

Brambilla และ Hill (1996) ศึกษาพลังงานของกลีเซอรีนบริสุทธิ์พบว่า กลีเซอรีนบริสุทธิ์มีค่าพลังงานรวม (Gross energy) เท่ากับ 4,100 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม Dozier และคณะ (2008) ได้หาค่าพลังงานรวมของกลีเซอรีนดิบจากน้ำมันถั่วเหลือง ที่มีความบริสุทธิ์ 86.95 เปอร์เซ็นต์ พบว่ากลีเซอรีนดิบมีค่าพลังงานรวม โปรตีน และไขมัน เท่ากับ 3,625 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม 0.41 และ 0.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลีเซอรีนบริสุทธิ์มีค่าพลังงานรวมมากกว่ากลีเซอรีนดิบ นอกจากนี้ยังพบว่ากลีเซอรีนดิบที่มีความบริสุทธิ์ 86.95 เปอร์เซ็นต์มีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ($AME_n$) เมื่อประเมินใน ไก่กระทงเท่ากับ 3,434 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ซึ่งมี

ค่าประมาณ 92-95 เปอร์เซ็นต์ของกลีเซอรีนบริสุทธิ์ เมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ปรากฏของกลีเซอรีนดิบกับค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ปรากฏของไขมันจากไก่กระทง พบว่ามีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของกลีเซอรีนดิบมีค่าพลังงานอยู่ที่ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ปรากฏที่มาจากไขมันไก่กระทง(Cullen *et al*., 1962) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันข้าวโพด พบว่ากลีเซอรีนดิบให้พลังงานเท่ากับ 36 เปอร์เซ็นต์ของค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ปรากฏจากน้ำมันข้าวโพด (NRC, 1994) ดังนั้น Dozier และคณะ (2008) จึงสรุปว่ากลีเซอรีนดิบสามารถทดแทนโภชนะประเภทพลังงานได้บางส่วน

**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 บริษัทนิวไบโอดีเซลจำกัด อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีขนาดกำลังการผลิต 160,000 ลิตร/วัน ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ

**2. แหล่งผลิตขนาดกลาง** ตัวอย่างจากโครงการผลิตไบโอดีเซลจากผลผลิตปาล์มน้ำมันมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา มีขนาดกำลังการผลิต 700 ลิตร/วัน ใช้น้ำมันที่ใช้แล้วเป็นวัตถุดิบ

**3. แหล่งผลิตขนาดเล็ก** ตัวอย่างจากโครงการผลิตไบโอดีเซลชุมชนสถานีตำรวจภูธรรัตภูมิ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา มีขนาดกำลังการผลิต 150 ลิตร/วัน ใช้น้ำมันที่ใช้แล้วเป็นวัตถุดิบ

**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

**โครงการผลิตไบโอดีเซลจากผลผลิตปาล์มน้ำมันมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

***โรงงานผลิตไบโอดีเซล บริษัทนิวไบโอดีเซล

**ที่มา :** ดัดแปลงมาจาก Settapong และ Wattanachant (2010)

# บทที่ 3

# การทดลองที่ 1

# การศึกษาการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของกลีเซอรีนดิบจากน้ำมันปาล์มในไก่กระทง

**บทนำ**

ในปัจจุบันวัตถุดิบอาหารสัตว์มีราคาสูงขึ้น เนื่องจากมีการเลี้ยงสัตว์เพิ่มมากขึ้นทำให้ความต้องการของวัตถุดิบอาหารสัตว์เพิ่มมากขึ้นด้วย ทำให้วัตถุดิบอาหารสัตว์ขาดแคลนและมีราคาที่สูงขึ้นส่งผลให้มีการศึกษาวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดใหม่ๆ มาทดแทนเพื่อลดต้นทุนการผลิตให้มีราคาถูกลง ซึ่งการนำวัตถุดิบใหม่ๆ มาทดแทนหรือเสริมในอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ จำเป็นที่จะต้องทดสอบว่าสัตว์สามารถนำวัตถุดิบที่ใช้ทดแทนหรือเสริมในอาหาร สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากน้องเพียงใด จึงทำให้ต้องศึกษาการย่อยได้ของวัถุดิบอาหารสัตว์ก่อนการนำไปผสมในสูตรอาหาร

**วัตถุประสงค์**

1. เพื่อศึกษาการย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของกลีเซอรีนดิบจากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ

**แหล่งที่มาของกลีเซอรีนดิบ**

**ตารางที่ 4** กลีเซอรีนดิบที่ได้มาจากจากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ

| แหล่งการผลิต | ปฏิกิริยาเคมีที่ใช้ในการผลิต | วัตถุดิบ | สารทำปฏิกิริยา | สารเร่งปฏิกิริยา |
|---|---|---|---|---|
| โรงงานที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ[1] | ทรานเอสเตอริฟิเคชัน | น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ | เมทานอล | โซเดียมไฮดรอกไซด์ |

[1] ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ (Glycerin purification) ด้วยกระบวนการกลั่นจนได้กลีเซอรีนดิบที่มีความบริสุทธิ์ 87.65 เปอร์เซ็นต์

**วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง**

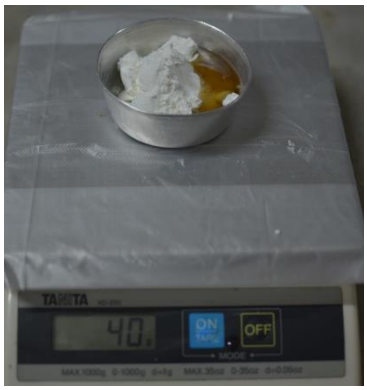
**วัสดุ อุปกรณ์**

1. ไก่ไข่เพศผู้ พันธุ์ไฮเซคบราวน์ (Hisex Brown) อายุประมาณ 7-8 เดือน จำนวน 10 ตัว
2. โรงเรือนเลี้ยงไก่และกรง (Metabolic cage) สำหรับการทดลองหาค่าการย่อยได้
3. วัตถุดิบอาหารสัตว์ ประกอบด้วย แป้งข้าวโพด และกลีเซอรีนดิบ
4. ยาถ่ายพยาธิภายในได้แก่ เบดาโซล ใช้ 30 กรัมต่อน้ำหนักตัว 150-180 กิโลกรัม
5. เครื่องชั่งอาหาร
6. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างมูลฮาเน็ส (Harness)
7. โกร่งบดตัวอย่าง
8. สารเคมีและเครื่องมือวิเคราะห์หาค่า ไนโตรเจน พลังงาน
9. ตู้อบ (Hot air oven) บริษัท Binder รุ่น FED 720
10. ถุงพลาสติก

**วิธีการทดลอง**

**1. อาหารและการเตรียมอาหารทดลอง**

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




**ภาพที่ 8.** อาหารทดลองการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบ
(ภาพโดย นัสวัล, 2557)

**2. การเตรียมสัตว์ทดลอง**

การทดลองใช้ไก่ไข่เพศผู้ พันธุ์ไฮเซคบราวน์ (Hisex Brown) อายุ 7-8 เดือน จำนวน 10 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 2.45±0.11 กิโลกรัม แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 5 ตัว เลี้ยงในกรง (Metabolic cage) กรงละ 1 ตัว ขนาดกรงทดลอง กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 30 x 46 x 50 เซนติเมตร ตามลำดับ ก่อนทำการทดลองได้ทำความสะอาด ฉีดพ่นน้ำยาฆ่าเชื้อกรงทดลอง ตัดขนรอบบริเวณทวารของไก่ทดลองและกำจัดพยาธิภายนอก และสุ่มไก่ทดลองเข้ากรง โดยให้ไก่กินอาหารปริมาณ 40 กรัม และน้ำสะอาดแบบเต็มที่ *(ad libitum)*

**3. วิธีการทดลอง**

1.1 การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

1.1.1 ระยะปรับตัว (Preliminary period) เป็นระยะทำการฝึกป้อนอาหาร ให้ไก่กินเป็น ระยะเวลา 5 วัน โดยไก่ทดลองจะได้รับการฝึกป้อนอาหารผสมที่มีโปรตีนร้อยละ 16 และพลังงาน

2,900 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ซึ่งในแต่ละวันไก่จะได้รับอาหาร 40 กรัม และให้ไก่กินเอง 40 กรัม โดยฝึกป้อนในเวลา 07.00 นาฬิกา

1.1.2 ระยะทดลอง (Experimental period) แบ่งออกเป็น 2 ช่วง

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

ช่วงที่ 2 เป็นการทดลองให้ไก่กินอาหารที่มีกลีเซอรีนดิบเพื่อประเมินการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในกลีเซอรีนดิบ การทดลองระยะนี้ประกอบด้วยช่วงปรับตัว (Preliminary period) หลังจากไก่ได้รับการฝึกแล้วจากนั้นเป็นระยะทดลอง ไก่แต่ละตัวจะได้รับแป้งข้าวโพดผสมกลีเซอรีนดิบจากจากโรงงานที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ โดยนำกลีเซอรีนดิบผสมกับแป้งข้าวโพด ในอัตราส่วนกลีเซอรีนดิบ 4 ส่วน (40 เปอร์เซ็นต์) ต่อแป้งข้าวโพด 6 ส่วน (60 เปอร์เซ็นต์) ป้อนให้ไก่กิน 40 กรัม/วัน ป้อนเป็นเวลา 5 วัน การเก็บมูลเพื่อวิเคราะห์ ทำการเก็บ 2 ครั้ง เช่นเดียวกับการเก็บ Metabolic fecal energy ซึ่งใน Harness ที่ใช้ในการเก็บมูลรวมปัสสาวะมีกรดกำมะถันเข้มข้น 0.05 โมลาร์ จำนวน 15 มิลลิลิตร ใส่ไว้เพื่อป้องกันการเน่าเสียของมูลรวมปัสสาวะ นำมูลของไก่แต่ละตัวที่เก็บได้ในแต่ละครั้ง ไปอบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส แล้วนำมาตั้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาความชื้น ไนโตรเจน และพลังงานรวม สำหรับค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง สมดุลไนโตรเจน และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ คำนวณตามสมการของ Sibbald (1989)

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

**ภาพที่ 9.** ระยะเวลาในการป้อนอาหารและเก็บสิ่งขับถ่ายของไก่กระทง
(ภาพโดย นัสวัล, 2557)

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

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 (kcal/g) + endrogenous urinary energy) = พลังงานที่ถูกขับออกมาเมื่อไก่ไม่ได้รับอาหาร

K (ค่าคงที่) = ค่าพลังงานรวมของไนโตรเจนในกรดยูริค เมื่อมีการสลายไนโตรเจนที่สะสมในร่างกาย 1 กรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.22 (kcal)

NR (Nitrogen retention) = ปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในร่างกาย

= ปริมาณไนโตรเจนที่กิน–ปริมาณไนโตรเจนที่ขับถ่าย

**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 นำสารละลายที่อยู่ในขวดรูปชมพู่ปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร ไปไตเตรตด้วยกรดเกลือมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น (0.1 นอร์มอล) จนถึงจุดยุติเพื่อหาปริมาณกรดบอริคที่เหลือจากการจับกับก๊าซแอมโมเนีย หากใช้เมทิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ สารละลายจะเปลี่ยนเป็นชมพูอ่อนการคำนวณหาปริมาณโปรตีนโดยใช้สมการ

$$\%\text{ไนโตรเจน} = \frac{1.4(V_1-V_2)N}{W}$$

$V_1$ = ปริมาณกรดมาตรฐานที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง

$V_2$ = ปริมาณกรดมาตรฐานที่ใช้ไตเตรต blank

N = เป็นความเข้มข้นของกรดเกลือเป็นนอร์มอล

w = น้ำหนักตัวอย่างมูล (g)

**วิเคราะห์ค่าพลังงานในอาหาร (Gross energy)**

การวิเคราะห์ค่าพลังงานในอาหาร โดยใช้เครื่อง 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

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

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

**หมายเหตุ :** พลังงานด้ายมีค่าเท่ากับ 58.58 J/g

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

ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น J/g ของอาหาร

**การคำนวณค่าการย่อยได้ (Digestibility)**

การคำนวณค่าการย่อยได้ โดยนำค่าปริมาณอาหารที่กิน และปริมาณมูลที่ขับออกมา และส่วนประกอบทางเคมีในอาหารและในมูล คำนวณหาค่าการย่อยได้ ดังสมการ

$$\text{(\%) การย่อยได้ของโภชนะ} = \frac{(\text{ปริมาณอาหารที่กิน} \times \%\text{โภชนะในอาหาร}) - (\text{ปริมาณมูล} \times \%\text{โภชนะในมูล})}{(\text{ปริมาณอาหารที่กิน} \times \%\text{โภชนะในอาหาร})} \times 100$$

**4. การบันทึกข้อมูล**

1.1 บันทึกปริมาณอาหารที่ให้กิน

1.2 บันทึกปริมาณมูลและปัสสาวะ

**5. การวิเคราะห์ทางสถิติ**

นำข้อมูลการย่อยได้และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ และเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน (AME, $AME_n$) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง และเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน (TME, $TME_n$) ของกลีเซอรีนดิบที่ได้ทั้งหมดมาอธิบายโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

**6. สถานที่ทำการวิจัย**

วิจัยที่หมวดสัตว์ปีก ห้องปฏิบัติการคุณภาพอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง**

จากการศึกษาพบว่ากลีเซอรีนดิบจากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ มีค่าพลังงาน 4,650.22 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ความชื้นเท่ากับ 4.27 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 0.48 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 0.20 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 1.44 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 6.34 เมทานอล 0.46 เปอร์เซ็นต์ ค่าความบริสุทธิ์ 87.65 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 723.62 ppm ฟอสฟอรัส 7.99 ppm กำมะถัน 2.39 ppm โซเดียม 172.69 ppm โพแตสเซียม 0.03 ppm คลอไรด์ 0.30 เปอร์เซ็นต์ แมงกานิส 0.20 เปอร์เซ็นต์ และไนโตรเจน 0.13 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5) ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ อดิศร (2556) ที่ศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของ กลีเซอรีนดิบจากแหล่งผลิตขนาดใหญ่ ทั้งนี้เพราะเป็นกลีเซอรีนดิบที่ผลิตจากแหล่งผลิตเดียวกัน แต่แตกต่างกับส่วนประกอบทางเคมีของกลีเซอรีนดิบจากแหล่งผลิตขนาดเล็กและขนาดกลาง ซึ่งเป็นผลมาจากวัตถุดิบที่นำมาผลิตไบโอดีเซลต่างชนิดกัน สารเคมีที่ใช้ทำปฏิกิริยาทรานเอสเตอริฟิเคชันต่างกัน สำหรับค่าการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบและแป้งข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 77.13±1.03 และ 88.80±0.61 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 6 ส่วนค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ และเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน (AME, $AME_n$) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง และเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน (TME, $TME_n$) ของกลีเซอรีนดิบ มีค่าเท่ากับ 3,369.22±281.36, 3,367.85±280.87, 3,462.05±281.30, 3,460.67±280.81 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Dozier และคณะ (2008) โดยค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ (AME) ที่ได้จากกลีเซอรีนดิบจากน้ำมันถั่วเหลืองมีค่าเท่ากับ 3,364 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม แต่แตกต่างกับการศึกษาของ Lammer และคณะ (2008) ที่พบว่าค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน ($AME_n$) ของกลีเซอรีนดิบในไก่ไข่พันธุ์ single- comb white leghorn อายุ 40 สัปดาห์ พบว่าไก่ที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยกลีเซอรีนดิบมีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน ($AME_n$) เท่ากับ 3,805±238 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และจากการศึกษาของ Dozier และคณะ (2008) ได้ศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน ($AME_n$) ของกลีเซอรีนดิบในไก่กระทงสายพันธุ์ทางการค้า (Ross×Ross708) ในไก่กระทง ช่วงอายุ 21-24 วัน มีค่าเท่ากับ 3,331 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และในไก่กระทง ช่วงอายุ 40-45 วัน มีค่าเท่ากับ 3,349 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม แต่แตกต่างกับ Gianfelici และคณะ (2011) ซึ่งได้ศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ เมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน ($AME_n$) มีค่าเท่ากับ 4,890 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ของกลีเซอรีนดิบในไก่กระทงเพศผู้สายพันธุ์ทางการค้า (Ross308) อายุ 35 วัน อาจเนื่องมาจากเพศ พันธุ์ อายุของสัตว์ทดลอง และชนิดของน้ำมันที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตกลีเซอรีนดิบ สำหรับค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้นั้น Sibblald (1982) รายงานว่าถ้าสัตว์มีการ

สลายไนโตรเจนที่สะสมในร่างกายมาใช้เป็นแหล่งพลังงานก็จะขับไนโตรเจนส่วนที่เหลือจากกระบวนการผลิตพลังงานออกมาทางปัสสาวะในรูปของกรดยูริค ซึ่งเป็นสารประกอบไนโตรเจนก็มีค่าพลังงานอยู่ด้วย ทำให้มีปริมาณพลังงานที่ขับถ่ายออกมาเพิ่มขึ้น ดังนั้นในทางปฏิบัติการประเมินค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้จึงควรจะต้องมีการปรับค่าสมดุลไนโตรเจน กล่าวคือไม่มีการสะสมหรือสูญเสียไนโตรเจนในร่างกาย ซึ่งเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจนแล้วค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้จะลดลงมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความสามารถในการนำเอาไนโตรเจนจากอาหารมาเปลี่ยนเป็นไนโตรเจนจากร่างกายหรือขึ้นอยู่กับร่างกายของสัตว์มีการสูญเสียไนโตรเจนมากน้อยเพียงใด

**ตารางที่ 5** องค์ประกอบทางเคมีของกลีเซอรีนดิบจากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ

| **รายการวิเคราะห์**[1] | **ปริมาณ** |
|---|---|
| ค่าพลังงาน (gross energy) (kcal/kg) | 4,650.22 |
| ไขมันรวม (crude fat) (%) | 0.20 |
| โปรตีนรวม (crude protein) (%) | 0.48 |
| ความชื้น (moisture) (%) | 4.27 |
| เถ้า (ash) (%) | 1.44 |
| ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) | 6.34 |
| เมทานอล (%) | 0.46 |
| ความบริสุทธิ์ (%) | 87.65 |
| แคลเซียม (ppm) | 723.62 |
| ฟอสฟอรัส (ppm) | 7.99 |
| กำมะถัน (ppm) | 2.39 |
| โซเดียม (ppm) | 172.69 |
| คลอไรด์ (%wt) | 0.30 |
| โพแทสเซียม (%wt) | 0.03 |
| แมกนีเซียม (%wt) | 0.20 |
| ไนโตรเจน (%wt) | 0.13 |

[1]วิเคราะห์ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**ตารางที่ 6** ปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณมูลและปัสสาวะ และการย่อยได้ของวัตถุแห้งที่แท้จริงของไก่ที่ได้รับกลีเซอรีนดิบ

| วัตถุดิบอาหารสัตว์ | ปริมาณที่กิน (กรัมของวัตถุแห้ง) | ปริมาณมูลและปัสสาวะ (กรัมของวัตถุแห้ง) | การย่อยได้ของวัตถุแห้งที่แท้จริง (%) |
|---|---|---|---|
| ไก่ระยะอดอาหาร | - | 4.34±1.17 | - |
| กลีเซอรีนดิบ | 33.42 | 5.33±0.42 | 77.13±1.03 |
| แป้งข้าวโพด | 33.61 | 3.77±0.21 | 88.80±0.61 |

1 : ค่าเฉลี่ย±ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

**ตารางที่ 7** แสดงค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ (AME, $AME_n$) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง (TME, $TME_n$) ของกลีเซอรีนดิบในไก่

| วัตถุดิบ | GE | AME | $AME_n$ | TME | $TME_n$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม) | | | | |
| กลีเซอรีนดิบ | 3,576.51 ±253.95 | 3,369.22 ±281.36 | 3,367.85 ±280.87 | 3,462.05 ±281.30 | 3,460.67 ±280.81 |

1 : ค่าเฉลี่ย±ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

**สรุปผลการทดลองที่ 1**

1. กลีเซอรีนดิบจากโรงงานผลิตไบโอดีเซลขนาดใหญ่มีองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ มีค่าพลังงาน 4,650.22 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ความชื้นเท่ากับ 4.27 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 0.48 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 0.20 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 1.44 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 6.34 เมทานอล 0.46 เปอร์เซ็นต์ ค่าความบริสุทธิ์ 87.65 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 723.62 ppm ฟอสฟอรัส 7.99 ppm กำมะถัน 2.39 ppm โซเดียม 172.69 ppm โพแตสเซียม 0.03 ppm คลอไรด์ 0.30 เปอร์เซ็นต์ แมงกานิส 0.20 เปอร์เซ็นต์ และไนโตรเจน 0.13 เปอร์เซ็นต์

2. กลีเซอรีนดิบจากโรงงานผลิตไบโอดีเซลขนาดใหญ่ มีค่าการย่อยได้ เท่ากับ 77.13±1.03 เปอร์เซ็นต์

3. ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ และเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน (AME, $AME_n$) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง และเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน (TME, $TME_n$) ของกลีเซอรีนดิบ มีค่าเท่ากับ 3,369.22±281.36, 3,367.85±280.87, 3,462.05±281.30, 3,460.67±280.81 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม

# บทที่ 4

# การทดลองที่ 2

# การศึกษาผลของกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ จากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ ต่อการเจริญเติบโตและลักษณะซากของไก่กระทง

## บทนำ

กลีเซอรีนดิบสามารถนำมาใช้ทดแทนวัตถุดิบพลังงาน เช่น ข้าวโพดได้ดังผลการศึกษาของ Dozier และคณะ (2008) และ Cerrate และคณะ (2006) อย่างไรก็ตาม คุณภาพของกลีเซอรีนดิบมีความผันแปรไปตามชนิดของวัตถุดิบที่นำไปทำไบโอดีเซล (Thompson and He, 2006) มีผลกระทบต่อค่าของโภชนะของตัวกลีเซอรีนดิบเอง และมีผลกระทบต่อเนื่องไปถึงปริมาณที่เหมาะสมที่จะนำไปผสมในสูตรอาหาร ในกรณีของกลีเซอรีนดิบที่ได้จากอุตสาหกรรมการผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบจากผลการศึกษาในบทที่ 1 จะเห็นได้ว่ากลีเซอรีนดิบมีพลังงานรวมเท่ากับ 4,650.22 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม มีโปรตีนรวมเท่ากับ 0.48 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณไขมันหยาบเท่ากับ 0.20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทดสอบการย่อยได้ในไก่ไข่เพศผู้พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 77 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียง Simon และคณะ (1996) ที่มีค่าเท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม เพื่อจะทราบว่าจะผสมกลีเซอรีนดิบในสูตรอาหารในระดับเท่าไรจึงจะเป็นประโยชน์ต่อการเลี้ยงไก่กระทง การทดลองที่ 2 จึงนำกลีเซอรีนดิบจากการศึกษาในบทที่ 3 มาผสมในอาหารไก่กระทง 4 ระดับ คือ 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ไก่กระทงเพศผู้สายพันธุ์ทางการค้า (Cobb500) เพศผู้เป็นสัตว์ทดลอง ทำการประเมินหาสมรรถนะการผลิต ได้แก่ ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการใช้อาหาร อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการตาย ลักษณะซากและต้นทุนการผลิตอาหาร

## วัตถุประสงค์

1. ผลการเสริมกลีเซอรีนดิบในระดับต่างๆ จากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ ที่มีผลต่อสมรรถนะการผลิตและลักษณะซากในไก่กระทง
2. ศึกษาต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไก่กระทงที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่เสริมกลีเซอรีนดิบจากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบเปรียบเทียบกับสูตรอาหารปกติ

**แหล่งที่มาของกลีเซอรีนดิบ**

กลีเซอรีนดิบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มาจากบริษัทนิวไบโอดีเซล จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งมีค่าความบริสุทธิ์ประมาณ 87.65 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 8

**ตารางที่ 8** กลีเซอรีนดิบจากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ

| **แหล่งการผลิต** | **ปฏิกิริยาเคมีที่ใช้ในการผลิต** | **วัตถุดิบ** | **สารทำปฏิกิริยา** | **สารเร่งปฏิกิริยา** |
|---|---|---|---|---|
| โรงงานที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ[1] | ทรานเอสเตอริฟิเคชัน | น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ | เมทานอล | โซเดียมไฮดรอกไซด์ |

[1] ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ (Glycerin purification) ด้วยกระบวนการกลั่นจนได้กลีเซอรีนดิบที่มีความบริสุทธิ์ 87.65 เปอร์เซ็นต์

**วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง**

**1. วัสดุ**

1.1 กลีเซอรีนดิบ 200 ลิตร

1.2 สัตว์ทดลอง ใช้ไก่กระทงพันธุ์ทางการค้า (Cobb500) เพศผู้ อายุ 1 วัน จำนวน 400 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 20 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 Toledo AG CH-8630 Schwerzenbach, Switzerland โดยใช้ probe รุ่น METTLER TOLEDO Inlab®413 IP67 และบัฟเฟอร์ pH 4 และ 7

2.4.3 อุปกรณ์วิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ได้แก่ ตู้เย็นอุณหภูมิ 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 และมีดผ่าตัด

**วิธีการทดลอง**

**1 ระบบการเลี้ยงและการให้อาหาร**

ใช้ไก่สายพันธุ์ทางการค้า (Cobb500) เพศผู้ อายุ 1 วัน จำนวน 400 ตัว จากนั้นสุ่มไก่กระทงเข้าทดลองตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomize design: CRD) โดยแบ่งไก่กระทงออกเป็น 5 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบไปด้วย 4 ซ้ำๆ ละ 20 ตัว ไก่กระทงมีน้ำหนักเฉลี่ย 44.38±0.28 กรัม เลี้ยงในโรงเรือนระบบปิด โดยไก่กระทงแต่ละซ้ำเลี้ยงในคอกที่มีขนาดความกว้าง 1.5 เมตร ยาว 3 เมตร ในระยะทดลองไก่กระทงได้รับวัคซีนป้องกันโรคหลอดลมอักเสบ โรคนิวคาสเซิล และโรคกัมโบโร ตามโปรแกรมของฟาร์มสัตว์ปีก ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ไก่กระทงทุกกลุ่มได้รับอาหารเต็มที่ (*ad libitum*) และน้ำสะอาดตลอดเวลา แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ระยะ คือ 1-21 และ 22-42 วัน โดยกำหนดให้มีอาหาร 2 สูตร ดังนี้

ช่วงอายุ 1-21 วัน อาหารสำหรับไก่กระทงช่วงอายุ 1-21 วัน ประกอบด้วย อาหาร 5 สูตร แต่ละสูตรมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) จากการคำนวณเท่ากับ 3,200 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และมีระดับโปรตีนรวมเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ โดยประกอบด้วยอาหารสำหรับไก่กระทงกลุ่มควบคุม

(ไม่ผสมกลีเซอรีนดิบ) อาหารสำหรับไก่กระทงที่ผสมกลีเซอรีนดิบ 5 ระดับ คือ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่วนประกอบสำหรับสูตรอาหารและส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทั้ง 5 สูตร ได้แสดงใน ตารางที่ 9

ช่วงอายุ 22-42 วัน ให้เปลี่ยนสูตรอาหารทดลองเป็นสูตรสำหรับไก่กระทงอายุ 22-42 วัน อาหารสำหรับไก่กระทงช่วงอายุ 22-42 วัน ประกอบด้วยอาหาร 5 สูตร แต่ละสูตรมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) จากการคำนวณเท่ากับ 3,200 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และมีระดับโปรตีนรวมเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยประกอบด้วยอาหารสำหรับไก่กระทงกลุ่มควบคุม (ไม่ผสม กลีเซอรีนดิบ) อาหารสำหรับไก่กระทงที่ผสมกลีเซอรีนดิบ 5 ระดับ คือ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่วนประกอบสำหรับสูตรอาหารและส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทั้ง 5 สูตร ได้ดังแสดงในตารางที่ 10

**2. การเก็บข้อมูลการเลี้ยง**

2.1 บันทึกน้ำหนักไก่กระทง ชั่งน้ำหนักที่อายุ 1 วัน หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักทุก 1 สัปดาห์ จนสิ้นสุดการทดลอง

2.2 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

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

2.3 บันทึกจำนวนไก่กระทงที่ตายในแต่ละวัน เพื่อคำนวณอัตราการตายของไก่กระทงแต่ละสัปดาห์

$$\text{อัตราการตาย (\%)} = \frac{\text{จำนวนไก่ที่ตาย}}{\text{จำนวนไก่เริ่มต้น}} \times 100$$

ต้นทุนอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (Feed cost per gain)

FCG = FCR x ราคาอาหารต่อ 1 กิโลกรัม

**ตารางที่ 9** สูตรอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 1-21 วัน (as-fed basis) และค่าความต้องการของโภชนะ

| วัตถุดิบอาหาร | กลีเซอรีนดิบ (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **0** | **2.5** | **5** | **7.5** | **10** |
| ข้าวโพดบด | 55.25 | 52.21 | 49.17 | 46.14 | 43.10 |
| กากถั่วเหลือง | 29.59 | 30.13 | 30.66 | 31.20 | 31.74 |
| ปลาป่น | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 |
| น้ำมันพืช | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| ไดแคลเซียม ฟอสเฟต | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| เกลือ | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 |
| วิตามินแร่ธาตุพรีมิกซ์[1] | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| ดีแอล-เมทโธโอนีน | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.12 |
| แอล-ไลซีน | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| กลีเซอรีนดิบ | 0.00 | 2.50 | 5.00 | 7.50 | 10.00 |
| แกลบ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| รวม | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| พลังงานใช้ประโยชน์ได้ ME กิโลแคลอรี/กิโลกรัม | 3,200 | 3,200 | 3,200 | 3,200 | 3,200 |
| โปรตีนรวม % | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| แคลเซียม % | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| เมทไธโอนิน % | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| ไลซีน% | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.10 |
| ธรีโอนิน % | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |
| โซเดียม % | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| ราคาอาหาร (บาท/กก.) | 20.78 | 20.67 | 20.55 | 20.43 | 20.32 |

**หมายเหตุ**[1] กิโลกรัมประกอบด้วย วิตามินเอ 2,000,000 หน่วยสากล, วิตามินดี 3 400,000 หน่วยสากล, วิตามินอี 500 มิลลิกรัม, วิตามินเค 3 100 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

**ตารางที่ 10** สูตรอาหารไก่กระทงช่วงอายุ 22-42 วัน (as-fed basis) และค่าความต้องการของโภชนะ

| วัตถุดิบอาหาร | กลีเซอรีนดิบ (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **0** | **2.5** | **5** | **7.5** | **10** |
| ข้าวโพดบด | 62.61 | 59.75 | 56.89 | 53.52 | 50.92 |
| กากถั่วเหลือง | 21.78 | 22.31 | 22.84 | 23.38 | 23.91 |
| ปลาป่น | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 |
| น้ำมันพืช | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| ไดแคลเซียม ฟอสเฟต | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| เกลือ | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 |
| วิตามินแร่ธาตุพรีมิกซ์[1] | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| ดีแอล-เมทโธโอนีน | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.12 |
| แอล-ไลซีน | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| กลีเซอรีนดิบ | 0.00 | 2.50 | 5.00 | 7.50 | 10.00 |
| แกลบ | 0.44 | 0.27 | 0.10 | 0.00 | 0.00 |
| รวม | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| พลังงานใช้ประโยชน์ได้ ME กิโลแคลอรี/กิโลกรัม | 3,200 | 3,200 | 3,200 | 3,200 | 3,200 |
| โปรตีนรวม % | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| แคลเซียม % | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |
| เมทไธโอนิน % | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 |
| ไลซีน% | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| ธรีโอนิน % | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.74 |
| โซเดียม % | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 |
| ราคาอาหาร (บาท/กก.) | 19.86 | 19.77 | 19.67 | 19.51 | 19.46 |

**หมายเหตุ**[1] กิโลกรัมประกอบด้วย วิตามินเอ 2,000,000 หน่วยสากล, วิตามินดี 3 400,000 หน่วยสากล, วิตามินอี 500 มิลลิกรัม, วิตามินเค 3 100 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

**3. การฆ่าและการชำแหละซาก**

เมื่อไก่กระทงอายุ 21 วัน ทำการฆ่าและชำแหละซากไก่กระทงกลุ่มทดลองละ 8 ตัวโดยสุ่มไก่กระทงจากแต่ละซ้ำของกลุ่มทดลอง ซ้ำละ 2 ตัว ก่อนการจับอดอาหารแต่ให้น้ำประมาณ 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 หลังจากนั้นแช่น้ำแข็ง ผ่าซากไก่กระทงเอาเครื่องในออก ชั่งน้ำหนัก และตัดแต่งซาก ตัดแยกเป็นชิ้นส่วนใหญ่ตามรายละเอียดที่อ้างถึงใน ไชยวรรณ 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 5 กลุ่ม สำหรับข้อมูลที่ทำการจดบันทึกและนำมาวิเคราะห์ในด้านต่างๆ มีดังนี้

**3.1 การเก็บข้อมูลทางกายภาพ**

3.1.1 น้ำหนักซากตัดแต่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (Dressing percentage)

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

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

3.1.2 น้ำหนักชิ้นส่วนตัดแต่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (Retail percentage)

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

3.1.3 การหาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ทำการวัดค่า pH ที่ชั่วโมงแรกที่สัตว์ตาย (ไม่เกิน 45 นาที : $pH_0$) และ pH สุดท้าย (Ultimate pH : $pH_{24}$) วัดชั่วโมงที่ 24 หลังการฆ่า โดยวัดตรงส่วนบริเวณเนื้อหน้าอกที่บริเวณกล้ามเนื้อ m. *Pectoralis major* ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่างในเนื้อ

3.1.4 การประเมินค่าสีของเนื้อหน้าอก

ทำการตรวจวัดค่าสีของกล้ามเนื้อ ประเมินค่าเฉลี่ยของสีเนื้อหน้าอก ด้วยเครื่อง HunterLab color meter โดยรายงานค่าที่ประเมินได้ในระบบ CIE (Complete International Commission on Illumination) เป็นค่า L*, a* และ b*

3.1.5 ความสามารถในการอุ้มน้ำ

ทำการศึกษาค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บ (Drip loss) และค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหาร (Cooking loss) โดยดำเนินการตามวิธีที่อ้างถึงในไชยวรรณ และคณะ (2547) ดังนี้

3.1.5.1 ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อระหว่างการเก็บ นำเนื้อหน้าอก 8 ตัวอย่างต่อทรีทเมนต์มาซับให้แห้ง จากนั้นนำมาตัดเนื้อให้มีขนาดความกว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 1.5 x 3.0 x 0.5 เซนติเมตร ตำแหน่งที่ตัดคือ บริเวณเนื้อหน้าอกซีกขวาด้านบน โดยตัดชิ้นเนื้อตัวอย่างละ 2 ชิ้น สำหรับการศึกษาการสูญเสียน้ำของเนื้อ ใส่ถุงพลาสติกชนิดทนความร้อน จากนั้นจึงนำไปวางไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อครบ 24 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาค่าการสูญเสียน้ำโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

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

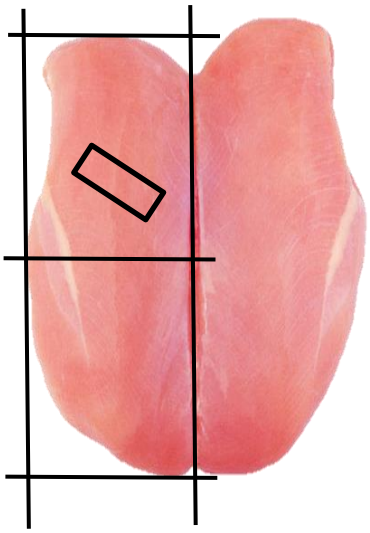
3.1.5.2 ค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหาร นำเนื้อหน้าอก (m. *Pectoralis major*) 8 ตัวอย่างต่อทรีทเมนต์มาซับให้แห้ง จากนั้นนำมาตัดให้มีขนาดความกว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 1.5 x 3.0 x 0.5 เซนติเมตร ตำแหน่งที่ตัดคือ บริเวณเนื้อหน้าอกซีกซ้ายด้านบน โดยตัดชิ้นเนื้อตัวอย่างละ 2 ชิ้น สำหรับการศึกษาการสูญเสียน้ำของเนื้อเนื่องจากการประกอบอาหารหลังจากการเก็บที่ 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักของเนื้อ ใส่ถุงพลาสติกชนิดทนความร้อน จากนั้นจึงนำไปวางไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อครบช่วงเวลานำตัวอย่างเนื้อไปต้มให้สุกในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปแช่ในน้ำเย็นจนมีอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำตัวอย่างเนื้อซับด้วยกระดาษกรองแล้วชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาค่าการสูญเสียน้ำโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

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

**หมายเหตุ** ตัวอย่างเนื้อที่เก็บ 1 วันที่ผ่านการชั่งน้ำหนักเพื่อหาการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารจะนำไปวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่อไป

3.1.6 ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Shear force)

นำเนื้อหน้าอก 8 ตัวอย่างต่อทรีทเมนต์มาซับให้แห้ง จากนั้นนำมาตัดเนื้อให้มีขนาดความกว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 1.5 x 3.0 x 0.5 เซนติเมตร ตำแหน่งที่ตัดคือ บริเวณเนื้อหน้าอกซีกซ้ายด้านบน ชั่งน้ำหนักของเนื้อ ใส่ถุงพลาสติกชนิดทนความร้อน นำไปต้มให้สุกในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปแช่ในน้ำเย็นจนมีอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำตัวอย่างเนื้อมาตัดแต่งให้มีขนาดกว้าง x ยาว x หนา ประมาณ 1.0 x 3.0 x 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 *et al.* (2004)



**ภาพที่ 10.** ตำแหน่งการตัดชิ้นเนื้อหน้าอกไก่กระทง
(ภาพโดย นัสวัล, 2557)

**1. การวิเคราะห์ทางสถิติ**

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

**2. สถานที่ทำการวิจัย**

วิจัยที่หมวดสัตว์ปีก ห้องปฏิบัติการคุณภาพอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

**ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง**

**ผลของการเสริมกลีเซอรีนดิบต่อการเจริญเติบโตของไก่กระทง**

ผลการเสริมกลีเซอรีนดิบในไก่กระทงช่วงอายุ 1-21 และ 22-42 วัน (ตารางที่ 10) พบว่า ช่วงอายุ 1-21 วัน ไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่างๆ มีผลต่อปริมาณการกินได้ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 2.5, 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับกลีเซอรีนดิบ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าปริมาณการกินได้ และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ต่ำกว่าไก่กระทงทุกกลุ่ม ซึ่งแตกต่างกับผลการทดลองของ Sehu และคณะ (2013) พบว่า การเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ในไก่กระทงพันธุ์ทางการค้า (Ross308) เพศผู้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่การเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่างๆ ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ อดิศร (2556) ที่ได้ศึกษาไก่กระทงพันธุ์ทางการค้า (Ross308) เพศผู้ในช่วงอายุ 2-7 สัปดาห์ ที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยเมื่อเริ่มการทดลองที่อายุ 1 วันไก่กระทงมีน้ำหนักตัวใกล้เคียงกัน 44.38±0.23 กรัม และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง แต่ละกลุ่มก็มีน้ำหนักตัวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (2,647±82.58 กรัม; $P>0.05$) สำหรับอัตราการตาย ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า ไก่กระทงแต่ละกลุ่มมีอัตราการตายคิดเป็น 0 เปอร์เซ็นต์ ช่วงอายุ 22-42 วัน พบว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ ที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11) มีปริมาณการกินได้ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แม้ว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์จะมีปริมาณการกินได้ลดลงก็ตาม ซึ่งแตกต่างกับการศึกษาของ อดิศร (2556) ที่พบว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ 10 เปอร์เซ็นต์มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับอัตราการตาย พบว่า ไก่กระทงแต่ละกลุ่มมีอัตราการตายคิดเป็น 0 เปอร์เซ็นต์

**ตารางที่ 11** ผลการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่าง ๆ ต่อน้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการเจริญเติบโตของไก่กระทงอายุ 1-21 และ 22-42 วัน

| ลักษณะที่ศึกษา | กลีเซอรีนดิบ (%) | | | | | SEM | P-value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2.5 | 5 | 7.5 | 10 | | |
| จำนวนไก่ทดลอง | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | - | - |
| น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม) | 44.50 | 44.20 | 44.45 | 44.10 | 44.65 | 0.28 | 0.7518 |
| **ช่วงอายุ 1-21 วัน** | | | | | | | |
| น้ำหนักสุดท้าย (กรัม) | 887.50$^{a}$ | 787.50$^{b}$ | 812.50$^{b}$ | 746.25$^{bc}$ | 717.50$^{c}$ | 22.42 | 0.0008 |
| น้ำหนักตัวเพิ่ม (กรัม) | 842.97$^{a}$ | 742.91$^{b}$ | 768.09$^{b}$ | 702.11$^{bc}$ | 672.90$^{c}$ | 22.33 | 0.0008 |
| อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม) | 40.14$^{a}$ | 35.38$^{c}$ | 36.58$^{b}$ | 33.43$^{bcd}$ | 32.05$^{d}$ | 1.06 | <.0001 |
| ปริมาณการกินได้ต่อตัวต่อวัน (กรัม) | 1,131.30$^{a}$ | 989.63$^{b}$ | 1,003.98$^{b}$ | 934.13$^{bc}$ | 877.05$^{c}$ | 23.48 | <.0001 |
| ประสิทธิภาพการใช้อาหาร | 1.34 | 1.34 | 1.31 | 1.34 | 1.31 | 0.03 | 0.8639 |
| **ช่วงอายุ 22-42 วัน** | | | | | | | |
| น้ำหนักสุดท้าย (กรัม) | 2,730.00 | 2,645.00 | 2,730.00 | 2,570.00 | 2,560.00 | 122.74 | 0.7690 |
| น้ำหนักตัวเพิ่ม (กรัม) | 1,842.50 | 1,857.50 | 1,917.50 | 1823.75 | 1842.50 | 112.43 | 0.9799 |
| อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม) | 87.74 | 88.45 | 91.31 | 86.85 | 87.74 | 5.35 | 0.9799 |
| ปริมาณการกินได้ต่อตัวต่อวัน (กรัม) | 3,920.51 | 3,949.31 | 3,960.83 | 3,802.08 | 3,445.48 | 142.34 | 0.1056 |
| ประสิทธิภาพการใช้อาหาร | 2.15 | 2.16 | 2.07 | 2.09 | 1.89 | 0.11 | 0.5042 |

ตารางที่ 11 (ต่อ)

| ลักษณะที่ศึกษา | กลีเซอรีนดิบ (%) | | | | | SEM | P-value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2.5 | 5 | 7.5 | 10 | | |
| **ช่วงอายุ 1-42 วัน** | | | | | | | |
| น้ำหนักสุดท้าย (กรัม) | 2,730.00 | 2,645.00 | 2,730.00 | 2,570.00 | 2,560.00 | 122.74 | 0.7690 |
| น้ำหนักตัวเพิ่ม (กรัม) | 2,642.68 | 2,558.24 | 2,517.41 | 2,415.77 | 2,404.29 | 142.28 | 0.7403 |
| อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม) | 62.92 | 60.92 | 59.94 | 57.52 | 57.25 | 3.39 | 0.7408 |
| ปริมาณการกินได้ต่อตัวต่อวัน (กรัม) | 5,051.81[a] | 4,938.90[a] | 4,964.80[a] | 4,736.21[ab] | 4,322.53[b] | 147.59 | 0.0225 |
| ประสิทธิภาพการใช้อาหาร | 1.93 | 1.96 | 1.99 | 1.96 | 1.82 | 0.09 | 0.6943 |

[abcd]อักษรในแนวนอนที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ

**ตารางที่ 12** เปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ (อายุ 21 วัน)

| ลักษณะที่ศึกษา | กลีเซอรีนดิบ (%) | | | | | SEM | P-value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2.5 | 5 | 7.5 | 10 | | |
| **อายุ 21 วัน (%)** | | | | | | | |
| น้ำหนักมีชีวิต (กรัม) | 920.75$^{a}$ | 830.50$^{b}$ | 851.75$^{ab}$ | 843.38$^{b}$ | 821.63$^{b}$ | 24.15 | 0.0498 |
| ซากอุ่น | 61.33 | 60.4 | 60.82 | 61.00 | 59.60 | 0.70 | 0.4910 |
| ซากเย็น | 57.83 | 57.28 | 57.14 | 57.64 | 57.52 | 0.67 | 0.9516 |
| หน้าอก | 27.39$^{a}$ | 23.95$^{b}$ | 23.99$^{b}$ | 21.49$^{c}$ | 21.05$^{c}$ | 0.57 | <0.0001 |
| สันใน | 5.00$^{a}$ | 4.80$^{a}$ | 4.05$^{b}$ | 4.05$^{b}$ | 3.89$^{b}$ | 0.15 | <0.0001 |
| น่อง | 15.43 | 14.01 | 13.98 | 14.58 | 13.79 | 0.48 | 0.0918 |
| ปีก | 13.32$^{a}$ | 12.34$^{b}$ | 13.60$^{a}$ | 13.29$^{a}$ | 13.48$^{a}$ | 0.8 | 0.0245 |
| สะโพก | 17.78$^{b}$ | 18.30$^{ab}$ | 19.11$^{a}$ | 17.77$^{b}$ | 18.13$^{b}$ | 0.33 | 0.0457 |
| หัวและคอ | 12.13 | 12.17 | 13.15 | 12.76 | 12.23 | 0.41 | 0.3778 |
| แข้งและเท้า | 6.33$^{b}$ | 6.12$^{b}$ | 6.49$^{b}$ | 6.54$^{b}$ | 7.11$^{a}$ | 0.19 | 0.0112 |
| โครงร่าง | 34.52$^{a}$ | 35.77$^{a}$ | 32.56$^{b}$ | 31.74$^{b}$ | 33.92$^{ab}$ | 0.88 | 0.0256 |
| อวัยวะภายในรวม | 15.07$^{b}$ | 15.41$^{b}$ | 14.4$^{b}$ | 15.29$^{b}$ | 16.55$^{a}$ | 0.37 | 0.0045 |
| ตับและม้าม | 2.97 | 3.04 | 3.07 | 3.08 | 3.16 | 0.12 | 0.8275 |

ตารางที่ 12 (ต่อ)

| ลักษณะที่ศึกษา | กลีเซอรีนดิบ (%) | | | | | SEM | P-value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2.5 | 5 | 7.5 | 10 | | |
| กระเพาะแท้ | 0.76 | 1.00 | 0.79 | 0.76 | 1.00 | 0.09 | 0.1067 |
| กระเพาะบด | 3.33 | 3.32 | 3.34 | 3.27 | 4.00 | 0.22 | 0.1031 |
| กระเพาะพัก | 0.37 | 0.33 | 0.37 | 0.32 | 0.38 | 0.05 | 0.8912 |
| ลำไส้รวม | 7.43 | 7.05 | 6.28 | 7.36 | 7.19 | 0.28 | 0.0533 |
| หัวใจ | 0.65 | 0.62 | 0.61 | 0.67 | 0.69 | 0.04 | 0.4756 |
| กล้ามเนื้อรวม | 47.21$^{a}$ | 45.6$^{a}$ | 42.61$^{b}$ | 41.33$^{b}$ | 43.40$^{ab}$ | 0.93 | 0.0022 |
| กระดูกรวม | 42.03 | 42.03 | 40.57 | 42.8 | 45.14 | 1.63 | 0.4248 |
| ผิวหนังรวม | 14.40 | 13.41 | 14.06 | 14.01 | 12.91 | 0.62 | 0.4581 |
| ไขมันรวม | 6.11$^{a}$ | 4.90$^{b}$ | 7.25$^{a}$ | 3.66$^{c}$ | 4.85$^{b}$ | 0.36 | <.0001 |

$^{abcd}$อักษรในแนวนอนที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อพิจารณาที่ช่วงอายุ 1-42 วัน พบว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลทำให้ไก่กระทง มีค่าน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และประสิทธิภาพการใช้อาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่การเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (ตารางที่ 11) ทั้งนี้ไก่กระทงที่ไม่เสริมและเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าประสิทธิภาพการใช้อาหาร เท่ากับ 2.15, 2.16, 2.07, 2.09 และ 1.89 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Silva และคณะ (2012) แต่แตกต่างกับผลการศึกษาของ Topal และคณะ (2013) ซึ่งพบว่า ประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่กระทงพันธุ์ทางการค้า (Ross308) คละเพศ ที่ได้รับการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 1.67, 1.61 และ 1.61 ตามลำดับ ผลของการเสริมกลีเซอรีนดิบในอาหารที่ระดับต่างๆ ต่อน้ำหนักมีชีวิต และคุณภาพซาก ที่อายุ 1-21 วัน ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่า ไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบทุกระดับ มีน้ำหนักมีชีวิต ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (P<0.05) แต่เปอร์เซ็นต์ซากรวม ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ผลการศึกษาครั้งนี้จึงแตกต่างกับผลการศึกษาของ อดิศร (2556) ที่รายงานว่าระดับของกลีเซอรีนดิบไม่ส่งผลต่อ น้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากรวม น้ำหนักซากอุ่น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (P>0.05) นอกจากนี้ผลการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าไก่กระทงทุกกลุ่มมีเปอร์เซ็นต์ซากน่อง หัวและคอ ตับและม้าม กระเพาะแท้ กระเพาะบด กระเพาะพัก ลำไส้รวม หัวใจ กระดูกรวม ผิวหนังรวม ของไก่กระทงทั้งห้ากลุ่มไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ซึ่งแตกต่างกับผลการศึกษาของ อดิศร (2556) ที่รายงานว่า เปอร์เซ็นต์ ตับและม้าม กระเพาะบด ลำไส้รวม และ หัวใจ ของไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 10 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าไก่กระทงกลุ่มอื่น (P<0.05) และพบว่า เปอร์เซ็นต์ซาก กล้ามเนื้อรวม หน้าอก สันใน ปีก สะโพก แข้งและเท้า โครงร่าง อวัยวะภายในรวม และไขมันรวม ของไก่กระทงกลุ่มควบคุม สูงกว่าไก่ทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบทุกระดับ (P<0.05) ซึ่งแตกต่างจากผลการทดลองของ อดิศร (2556) ที่กล่าวว่า เปอร์เซ็นต์ซาก กล้ามเนื้อรวม ผิวหนังรวม ไขมันรวม หน้าอก สันใน สะโพก น่อง ปีก โครงร่าง หัวและเท้า ไม่แตกต่างกัน (P>0.05)

ผลของการใช้กลีเซอรีนดิบในอาหารที่ระดับต่างๆ ต่อน้ำหนักมีชีวิต และคุณภาพซาก เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่อายุ 42 วัน แสดงไว้ในตารางที่ 13 จากผลการศึกษา พบว่า ไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบและกลุ่มควบคุม มีน้ำหนักมีชีวิต เปอร์เซ็นต์ซาก เนื้อ สันใน น่อง ปีก สะโพก หัวและคอ หัวใจ กระดูกรวม ผิวหนังรวม ไขมันรวม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Cerrate และคณะ (2006) ที่รายงานว่า ไก่กระทงพันธุ์ทางการค้า (Cobb500) เพศผู้ ที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงอายุ 42 วัน มีน้ำหนัก

ซากรวมไม่ต่างกับไก่กระทงกลุ่มควบคุม และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Lessard และคณะ (1993) ที่รายงานว่าไก่กระทงพันธุ์ทางการค้า (Arbor Acers) เพศผู้ ที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีน 5 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ซากรวมไม่ต่างกับไก่กระทงกลุ่มควบคุม (P>0.05) และพบว่าเปอร์เซ็นต์ส่วน หน้าอก แข้งและเท้า โครงร่าง อวัยวะภายในรวม ตับและม้าม กระเพาะบด กระเพาะพัก และลำไส้รวมของไก่กระทงกลุ่มควบคุม สูงกว่าไก่ทดลองที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยแตกต่างกับผลการศึกษาของ Topel และคณะ (2013) ที่รายงานว่า ไก่กระทงพันธุ์ทางการค้า (Ross308) คละเพศ ที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบที่ 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ตับ ไต กระเพาะแท้ กระเพาะบด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยไม่พบความแตกต่างระหว่างไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ กับไก่กระทงในกลุ่มควบคุม (P>0.05) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Cerrate และคณะ (2006) ที่รายงานว่า ไก่กระทงพันธุ์ทางการค้า (Cobb500) เพศผู้ ที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงอายุ 42 วัน มีน้ำหนักซากรวมไม่ต่างกับ ไก่กระทงกลุ่มควบคุม และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Lessard และคณะ (1993) ที่รายงานว่า ไก่กระทงพันธุ์ทางการค้า(Arbor Acers) เพศผู้ ที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีน 5 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ซากรวมไม่ต่างกับไก่กระทงกลุ่มควบคุม (P>0.05) นอกจากนี้พบว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ซากอุ่น น้ำหนักกล้ามเนื้อรวม น้ำหนักกระดูกรวม สะโพก และน่อง ต่ำกว่าไก่กระทงกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) สำหรับชิ้นส่วนหน้าอก พบว่า ไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 10 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ หน้าอกต่ำกว่าไก่กระทงกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่พบว่า เปอร์เซ็นต์ซาก สันในไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Cerrate และคณะ (2006) ที่รายงานว่าไก่กระทงพันธุ์ทางการค้า (Cobb500) เพศผู้ ที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 10 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักหน้าอกน้อยกว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับอวัยวะภายใน พบว่า อวัยวะภายในบางส่วน เช่น ตับและม้าม กระเพาะบด และหัวใจ ของไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 10 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์สูงกว่าไก่กระทงกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) สำหรับไขมันรวม พบว่า ไก่กระทงกลุ่มควบคุม มีเปอร์เซ็นต์ ไขมันรวมสูงที่สุด รองลงมาคือ ไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกับผลการทดลองของ Lessard และคณะ (1993) ที่พบว่าไก่กระทงพันธุ์ทางการค้า (Arbor Acers) เพศผู้ ที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ของไขมันช่องท้องเพิ่มขึ้น

**ตารางที่ 13** เปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ (อายุ 42 วัน)

| ลักษณะที่ศึกษา | กลีเซอรีนดิบ (%) | | | | | SEM | P-value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2.5 | 5 | 7.5 | 10 | | |
| **อายุ 42 วัน (%)** | | | | | | | |
| น้ำหนักมีชีวิต (กรัม) | 2,575.00 | 2,497.50 | 2,476.25 | 2,441.88 | 2,490.00 | 58.21 | 0.5919 |
| ซากอุ่น | 71.54 | 70.79 | 70.44 | 70.67 | 70.59 | 0.49 | 0.5426 |
| ซากเย็น | 70.70 | 69.66 | 69.38 | 69.70 | 69.53 | 0.55 | 0.5516 |
| หน้าอก | 26.10$^{a}$ | 23.34$^{b}$ | 23.75$^{bc}$ | 23.03$^{b}$ | 25.11$^{ac}$ | 0.74 | 0.0291 |
| สันใน | 5.40 | 5.86 | 5.67 | 5.71 | 5.35 | 0.14 | 0.0598 |
| น่อง | 13.50 | 13.23 | 14.09 | 13.85 | 13.65 | 0.35 | 0.996 |
| ปีก | 11.40 | 11.12 | 10.97 | 11.18 | 10.47 | 0.41 | 0.5813 |
| สะโพก | 17.13$^{b}$ | 19.37$^{a}$ | 18.21$^{b}$ | 18.30$^{ab}$ | 18.49$^{a}$ | 0.40 | 0.2030 |
| หัวและคอ | 8.39 | 9.00 | 9.12 | 9.03 | 9.28 | 0.39 | 0.5358 |
| แข้งและเท้า | 4.51 | 4.38 | 4.64 | 4.83 | 4.72 | 0.18 | 0.4204 |
| โครงร่าง | 25.66$^{a}$ | 23.27$^{b}$ | 25.06$^{a}$ | 24.32$^{ab}$ | 21.44$^{c}$ | 0.52 | <.0001 |
| อวัยวะภายในรวม | 10.68 | 10.55 | 10.86 | 10.40 | 10.37 | 0.22 | 0.5577 |
| ตับและม้าม | 1.97 | 1.88 | 1.92 | 1.95 | 1.86 | 0.06 | 0.7181 |

ตารางที่ 13 (ต่อ)

| ลักษณะที่ศึกษา | กลีเซอรีนดิบ (%) | | | | | SEM | P-value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2.5 | 5 | 7.5 | 10 | | |
| กระเพาะแท้ | 0.47 | 0.48 | 0.46 | 0.44 | 0.45 | 0.02 | 0.5635 |
| กระเพาะบด | 1.41 | 1.40 | 1.42 | 1.43 | 1.49 | 0.09 | 0.9551 |
| กระเพาะพัก | 0.34 | 0.34 | 0.36 | 0.33 | 0.32 | 0.04 | 0.9677 |
| ลำไส้รวม | 4.71 | 5.04 | 4.61 | 5.09 | 4.74 | 0.17 | 0.2148 |
| หัวใจ | 0.49 | 0.47 | 0.44 | 0.48 | 0.50 | 0.02 | 0.3428 |
| กล้ามเนื้อรวม | 58.42 | 54.64 | 57.20 | 56.00 | 57.83 | 1.25 | 0.2353 |
| กระดูกรวม | 27.86$^{b}$ | 29.39$^{ab}$ | 29.12$^{ab}$ | 30.55$^{a}$ | 30.23$^{a}$ | 0.63 | 0.0456 |
| ผิวหนังรวม | 8.43$^{c}$ | 11.88$^{a}$ | 10.32$^{b}$ | 11.86$^{a}$ | 10.75$^{ab}$ | 0.43 | <.0001 |
| ไขมันรวม | 8.32 | 8.26 | 8.20 | 7.98 | 7.89 | 0.22 | 0.5127 |

$^{abcd}$อักษรในแนวนอนที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับลักษณะทางกายภาพของเนื้อ (ตารางที่ 14) จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อไก่กระทงที่ได้รับการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่างๆที่อายุ 21 วัน พบว่าเนื้อไก่กระทงทุกกลุ่มมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ชั่วโมงที่ 0 หลังการฆ่า ($pH_0$) ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.09 โดยมีค่าต่ำกว่าค่าปกติซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 6.4-7.0 (ชัยณรงค์, 2529) เล็กน้อย ซึ่งเป็นไปได้ว่าค่า pH เริ่มลดลง พร้อมๆกับการเกิดสภาวะ Rigor mortis ในสัตว์ปีกอาจจะเกิดขึ้นภายในเวลาไม่กี่นาทีหลังจากตายอย่างไรก็ตามการทดลองนี้ได้ควบคุมปัจจัยก่อนการฆ่าที่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ ทั้งในเรื่องของการอดอาหาร การขนส่งรวมถึงขั้นตอนและวิธีการฆ่าเพื่อป้องกันการเกิดภาวะเครียดในไก่ตามคำแนะนำของ สัญชัย (2543) ดังนั้น $pH_0$ จึงมีค่าต่ำกว่าช่วงมาตรฐานไม่มากนัก

**ตารางที่ 14** ลักษณะทางกายภาพของซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ อายุ 21 วัน

| ลักษณะที่ศึกษา | กลีเซอรีนดิบ (%) | | | | | SEM | P-value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2.5 | 5 | 7.5 | 10 | | |
| **45 นาที** | | | | | | | |
| pH | 6.12 | 6.08 | 6.10 | 6.04 | 6.10 | 0.03 | 0.4387 |
| L | 48.11 | 46.94 | 47.47 | 48.09 | 47.07 | 0.80 | 0.7352 |
| a* | 1.63 | 1.67 | 1.65 | 1.63 | 1.70 | 0.12 | 0.9929 |
| b* | 3.33 | 3.47 | 3.35 | 3.64 | 3.49 | 0.13 | 0.4431 |
| **24 ชั่วโมง**[1] | | | | | | | |
| pH | 5.84 | 5.81 | 5.85 | 5.85 | 5.81 | 0.02 | 0.6141 |
| L | 47.58 | 47.77 | 48.98 | 48.67 | 4.29 | 0.71 | 0.3786 |
| a* | 2.70 | 2.73 | 2.71 | 2.63 | 2.81 | 0.09 | 0.6695 |
| b* | 6.58 | 6.24 | 6.35 | 6.88 | 6.31 | 0.26 | 0.4736 |
| ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (กรัม) | 3,790.10 | 3,684.74 | 3,505.10 | 3,638.18 | 3,847.24 | 175.93 | 0.6715 |
| %Drip loss | 4.19 | 4.45 | 4.24 | 4.80 | 4.23 | 0.24 | 0.9345 |
| %Cooking loss | 15.33 | 15.21 | 15.51 | 15.34 | 15.24 | 0.34 | 0.9742 |

[1]ชั่วโมงหลังจากฆ่า (post mortem time)

สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 24 ชั่วโมงหลังการฆ่า ($pH_{24}$) ของเนื้อไก่กระทงแต่ละกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 5.83 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Jaturasitha และคณะ (2002) Wattanachant และคณะ (2004) และ ขวัญใจ (2550) ที่รายงานว่าค่า $pH_{24}$ ของเนื้อหน้าอกของไก่กระทงมีค่าเท่ากับ 5.89, 5.93 และ 5.93 ตามลำดับ จากผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับคำอธิบายของ ชัยณรงค์ (2529) ที่อธิบายว่า ค่า pH ในเนื้อจะลดลงอย่างช้าๆ จากเดิมประมาณ 7.0 เหลือประมาณ 5.6-5.7ในเวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมง หลังสัตว์ตาย แล้วจึงลดลงสู่จุด 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

**1. ค่าสีของเนื้อหน้าอก**

จากการศึกษาผลการเสริมกลีเซอรีนดิบต่อค่าสีของเนื้อหน้าอกหลังจากสัตว์ตาย 45 นาที และที่ 24 ชั่วโมง ที่อายุ 21 และ 42 วัน (ตารางที่ 14 และ 15 ) พบว่า การเสริมกลีเซอรีนดิบไม่มีผลต่อค่าค่า L* ค่า a* และค่า b* ของเนื้อหน้าอก (P>0.05)

**2. ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ**

ผลการศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำเนื้อ ได้แก่ การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ ดังแสดงในตารางที่ 14 และ 15 พบว่า การเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 4.19, 4.45, 4.24, 4.80 และ 4.23 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Jaturasitha และคณะ (2002) ได้รายงานค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บของเนื้อไก่กระทงที่มีอายุการเก็บ 1 วัน โดยพบว่า มีค่าเท่ากับ 4.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่แตกต่างกับผลการศึกษาของ ขวัญใจ (2550) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.98 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องมาจากการเสียสภาพของโปรตีนในเนื้อขณะเก็บ ทำให้โปรตีนสูญเสียความสามารถในการจับน้ำ และเกี่ยวข้องกับการหดตัวของ Myofibrilar lattice ทำให้น้ำจากภายในเซลล์ออกมาอยู่ระหว่างเซลล์ ซึ่งทั้งสองปัจจัยมีผลทำให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำลงเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น (สัญชัย, 2543) ซึ่ง Honikel และ Woltersdorf (1991) กล่าวว่า โดยปกติค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ มีค่าประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองครั้งนี้ และการสูญเสียน้ำ

สำหรับค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารของเนื้อไก่กระทง พบว่า เนื้อไก่กระทงที่ได้รับการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่างๆ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.33 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) แต่แตกต่างกับการศึกษาของ Jaturasitha และคณะ (2002) และ ขวัญใจ (2550)

ซึ่งมีค่าเท่ากับ 23.63 และ 24.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่ง Honikel และ Woltersdorf (1991) กล่าวว่า โดยปกติค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารมีค่าประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์

**3. ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ**

จากตารางที่ 14 และ 15 พบว่า การเสริมกลีเซอรีนดิบไม่มีผลทำให้เนื้อไก่กระทงที่ได้รับอาหารทุกสูตรมีค่าแรงตัดผ่านแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่ง Wattanachant และคณะ (2004) รายงานไว้ว่า เนื้อหน้าอกไก่กระทงมีค่าแรงตัดผ่านเฉลี่ย เท่ากับ 1.78 กิโลกรัม

**ตารางที่ 15** ลักษณะทางกายภาพของซากไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ อายุ 42 วัน

| ลักษณะที่ศึกษา | กลีเซอรีนดิบ (%) | | | | | SEM | P-value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2.5 | 5 | 7.5 | 10 | | |
| **45 นาที** | | | | | | | |
| pH | 6.16 | 6.14 | 6.11 | 6.10 | 6.19 | 0.04 | 0.4693 |
| L | 43.39 | 43.23 | 43.27 | 44.57 | 44.23 | 0.48 | 0.1731 |
| a* | 1.65 | 1.68 | 1.65 | 1.69 | 1.71 | 0.06 | 0.9566 |
| b* | 2.60 | 2.69 | 2.59 | 2.68 | 2.64 | 0.07 | 0.8095 |
| **24 ชั่วโมง**[1] | | | | | | | |
| pH | 5.79 | 5.75 | 5.77 | 5.83 | 5.84 | 0.02 | 0.0625 |
| L | 46.44 | 45.98 | 44.99 | 47.14 | 46.44 | 0.56 | 0.1109 |
| a* | 1.66 | 1.59 | 1.60 | 1.69 | 1.66 | 0.04 | 0.2587 |
| b* | 1.79 | 1.74 | 1.75 | 1.72 | 1.69 | 0.05 | 0.6244 |
| ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (กรัม) | 2,790.88 | 2,762.74 | 2,801.24 | 2,980.81 | 3,038.53 | 170.38 | 0.7215 |
| %Drip loss | 1.45 | 1.48 | 1.57 | 1.67 | 1.71 | 0.10 | 0.2642 |
| %Cooking loss | 18.83 | 17.93 | 18.76 | 18.42 | 17.62 | 0.58 | 0.5898 |

[1]ชั่วโมงหลังจากฆ่า (post mortem time)

**ต้นทุนอาหารในการผลิตไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบในระดับต่างๆ**

เมื่อพิจารณาต้นทุนค่าอาหารในช่วงระยะเวลาการเลี้ยง 1-21 วัน ดังแสดงในตารางที่ 16 พบว่า การผสมกลีเซอรีนดิบในอาหารในระดับที่สูงขึ้นมีผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารในการผลิต

ไก่กระทงต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มต่ำลง โดยต้นทุนค่าอาหารของกลุ่มที่ผสม กลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนคิดเป็น 100, 99.43, 96.66, 98.31 และ 95.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ช่วงอายุที่ 22-42 วัน พบว่า การผสมกลีเซอรีนดิบในอาหารในระดับที่สูงขึ้นมีผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไก่กระทงต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มต่ำลง เช่นเดียวกับไก่กระทงช่วงอายุ 1-21 วัน โดยต้นทุนค่าอาหารของกลุ่มที่ผสมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนคิดเป็น 100, 99.78, 95.36, 95.48 และ 86.09 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จากการคำนวณค่าอาหารดังแสดงในตารางที่ 16 เห็นได้ว่า ไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 10 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มต่ำที่สุด ขณะที่ไก่กระทงกลุ่มควบคุม มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยในเรื่องประสิทธิภาพการใช้อาหารที่พบว่า ไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 10 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงกว่าไก่กระทงกลุ่มอื่น (ตารางที่ 11) นอกจากนี้ การที่ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มของไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 10 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มของไก่กระทงกลุ่มควบคุม เพราะกลีเซอรีนดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมมีราคาถูกกว่าข้าวโพดบด ดังนั้นเมื่อนำกลีเซอรีนดิบมาผสมในระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่มีความแตกต่างกัน ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวเพิ่มของไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ จึงต่ำกว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม

**ตารางที่ 16** ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบระดับต่างๆ ในช่วงอายุ 1-21 และ 22-42 วัน

| ลักษณะที่ศึกษา | สูตรอาหาร | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ช่วงอายุ 1-21 วัน | | | | | ช่วงอายุ 22-42 วัน | | | | |
| | 0 | 2.5 | 5 | 7.5 | 10 | 0 | 2.5 | 5 | 7.5 | 10 |
| ราคาอาหาร (บาท/กก.) | 20.78 | 20.67 | 20.55 | 20.43 | 20.32 | 19.86 | 19.77 | 19.67 | 19.51 | 19.46 |
| ต้นทุนอาหารต่อน้ำหนักเพิ่ม (บาท/กก.) | 27.85 | 27.69 | 26.92 | 27.38 | 26.62 | 42.71 | 42.70 | 40.73 | 40.78 | 36.77 |
| | (100) | (99.43) | (96.66) | (98.31) | (95.58) | (100) | (99.78) | (95.36) | (95.48) | (86.09) |
| ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดที่ใช้ต่อตัว | 23.51 | 20.45 | 20.63 | 19.09 | 17.82 | 77.88 | 78.07 | 77.93 | 74.19 | 67.03 |

**หมายเหตุ** ราคากลีเซอรีนดิบเท่ากับ 7 บาท/กิโลกรัม

() ค่าที่อยู่ในวงเล็บเป็นค่าเปรียบเทียบโดยกำหนดให้กลุ่มควบคุมเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

**สรุปผลการทดลองที่ 2**

**สมรรถภาพการผลิต**

จากการศึกษาผลของการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารไก่กระทงในช่วงอายุ 1-21 และ 22-42 วัน สามารถสรุปผลได้ดังนี้

**ช่วงอายุ 1-21 วัน**

ไก่กระทงที่ได้รับอาหารเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักตัวเพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน ปริมาณการกินได้ต่อตัวต่อวัน ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) แต่ประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

**ช่วงอายุ 22-42 วัน**

การเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ไม่มีผลต่อมีน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักตัวเพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน ปริมาณการกินได้ต่อตัวต่อวัน และประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

**ลักษณะและคุณสมบัติของซาก**

จากการศึกษาผลของการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารไก่กระทงต่อลักษณะซากที่อายุ 21 และ 42 วัน สามารถสรุปผลได้ดังนี้

**ซากที่อายุ 21 วัน**

การเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารไก่กระทงพบว่า น้ำหนักมีชีวิต กลุ่มควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 5 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$) แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 2.5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื้ออกหน้าอก กลุ่มควบคุมมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สันใน กลุ่มควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$) แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ปีก กลุ่มควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$) แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 2.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สะโพก กลุ่มควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริม

กลีเซอรีนดิบที่ 2.5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (P>0.05) แต่มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 5 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05) แข้งและเท้า กลุ่มควบคุม มีค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 2.5, 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ (P>0.05) แต่มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 10 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05) โครงร่าง กลุ่มควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 2.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (P>0.05) แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05) อวัยวะภายในรวม กลุ่มควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 2.5, 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ (P>0.05) แต่มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 10 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05) กล้ามเนื้อรวม กลุ่มควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 2.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (P>0.05) แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05) และไขมันรวม กลุ่มควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 5 เปอร์เซ็นต์ (P>0.05) แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 2.5, 7.5 และ10 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05) แต่การเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลกับเปอร์เซ็นต์ซาก น่อง หัวและคอ ตับและม้าม กระเพาะแท้ กระเพาะบด กระเพาะพัก ลำไส้รวม หัวใจ กระดูกรวม ผิวหนังรวม ของไก่กระทงทั้งห้ากลุ่ม (P>0.05)

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อไก่กระทงที่ได้รับการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่างๆ (ตารางที่ 14) ที่อายุ 21 วัน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ชั่วโมงที่ 0 ($pH_0$) และที่ 24 ชั่วโมง ($pH_{24}$) หลังการฆ่า ของเนื้อไก่กระทงแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน (P>0.05)

จากการศึกษาผลการเสริมกลีเซอรีนดิบต่อค่าสีของเนื้อหน้าอกหลังจากสัตว์ตาย 45 นาทีและที่ 24 ชั่วโมง ที่อายุ 21 วัน พบว่า การเสริมกลีเซอรีนดิบไม่มีผลต่อค่าค่า L* ค่า a* และค่า b* ของเนื้อหน้าอก (P>0.05)

ผลการศึกษาการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารของเนื้อ และค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

**ซากที่อายุ 42 วัน**

การเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารไก่กระทงพบว่า 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 กลุ่มควบคุมมีค่า

ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบที่ 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 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ) แต่การเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลกับ เปอร์เซ็นต์ซาก กล้ามเนื้อรวม สันใน ปีก แข้งและเท้า น่อง หัวและคอ ตับและม้าม กระเพาะแท้ กระเพาะบด กระเพาะพัก ลำไส้รวม หัวใจ อวัยวะภายในรวม และไขมันรวมของไก่กระทงทั้งห้ากลุ่ม (P>0.05)

จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อไก่กระทงที่ได้รับการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับต่างๆ (ตารางที่ 15) ที่อายุ 42 วัน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ชั่วโมงที่ 0 ($pH_0$) และที่ 24 ชั่วโมง ($pH_{24}$) หลังการฆ่า ของเนื้อไก่กระทง แต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

จากการศึกษาผลการเสริมกลีเซอรีนดิบต่อค่าสีของเนื้อหน้าอกหลังจากสัตว์ตาย 45 นาทีและที่ 24 ชั่วโมง ที่อายุ 42 วัน พบว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบไม่มีผลต่อค่า L* ค่า a* และค่า b* ของเนื้อหน้าอก (P>0.05)

ผลการศึกษาการเสริมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและการสูญเสียน้ำเนื่องจากการประกอบอาหารของเนื้อ และค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

**ต้นทุนการผลิตอาหาร**

ต้นทุนค่าอาหารในช่วงระยะเวลาการเลี้ยง 1-21 และ 22-42 วัน พบว่า อาหารกลุ่มที่ผสมกลีเซอรีนดิบที่ 10 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไก่กระทงต่ำกว่าอาหารกลุ่มอื่นๆ

# บทที่ 5

# สรุปและข้อเสนอแนะ

กลีเซอรีนดิบเป็นผลพลอยได้จากการผลิตไบโอดีเซลที่สามารถนำมาใช้ผสมในอาหารสัตว์ได้ แต่ตัวกลีเซอรีนดิบเองมีความแปรปรวนในแง่คุณภาพตามชนิดของวัตถุดิบที่นำมาผลิตไบโอดีเซล การศึกษาครั้งนี้ได้นำเอากลีเซอรีนดิบที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตไบโอดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มมาทดลองในไก่กระทงเพศผู้ แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง ผลการทดลองมีดังนี้

**การทดลองที่ 1**

การศึกษาการย่อยได้ของกลีเซอรีนดิบและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ของกลีเซอรีนดิบโดยใช้แป้งข้าวโพดเป็นตัวเปรียบเทียบ สรุปว่า กลีเซอรีนดิบมีค่าการย่อยได้เมื่อคิดเป็นวัตถุแห้งเท่ากับ 77.13±1.03 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาคำนวณหาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยประมาณ และเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน (AME, $AME_n$) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริงและเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน (TME, $TME_n$) ของกลีเซอรีนดิบ พบว่ามีค่าเท่ากับ 3,369.22±281.36, 3,367.85±280.87, 3,462.05±281.30, 3,460.67±280.81 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ

**การทดลองที่ 2**

การศึกษาผลของกลีเซอรีนดิบที่ผสมในอาหารในระดับต่างๆ (0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 %) ต่อการเจริญเติบโตและลักษณะซากของไก่กระทงที่ได้รับอาหารทดลองนาน 42 วัน มีผลโดยสรุปได้ดังนี้ คือ

**สมรรถภาพการผลิต**

1. ช่วงอายุ 1-21 วัน ไก่กระทงกลุ่มควบคุมมีน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และปริมาณการกินได้ต่อตัวต่อวัน มีค่าสูงกว่าไก่กระทงที่ได้รับอาหารที่ผสมกลีเซอรีนดิบทุกระดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

2. ช่วงอายุ 22-42 วัน ไก่กระทงทุกกลุ่มมีน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ปริมาณการกินได้ต่อตัวต่อวัน และประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

**ลักษณะซาก**

ลักษณะซากของไก่กระทง ที่อายุ 21 วัน พบว่าการเสริมกลีเซอรีนดิบไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซากอุ่น ซากเย็น สันใน น่อง หัวและคอ (P>0.05) แต่มีผลต่อน้ำหนักมีชีวิต เปอร์เซ็นต์กล้ามเนื้อรวม หน้าอก ปีก สะโพก แข้งและเท้า โครงร่าง อวัยวะภายในรวม และไขมันรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีเปอร์เซ็นต์ต่ำกว่าไก่กระทงกลุ่มอื่น สำหรับซากไก่กระทง ที่อายุ 42 วัน พบว่า ไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบ 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อน้ำหนักมีชีวิต เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น ซากเย็น กล้ามเนื้อรวม สันใน น่อง ปีก หัวและคอ แข้งและเท้า อวัยวะภายในรวม และไขมันรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์หน้าอก สะโพก โครงร่าง กระดูกรวม และผิวหนังรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

**คุณภาพทางกายภาพบางประการของเนื้อไก่กระทง**

จากการศึกษาผลการเสริมกลีเซอรีนดิบต่อค่า pH ของเนื้อหน้าอก (m. *Pectoralis major*) หลังจากสัตว์ตาย 45 นาทีและที่ 24 ชั่วโมง ค่าสีในระบบ CIE (L*, a* และ b*) ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ ความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ พบว่าไม่มีผลทำให้เนื้อหน้าอกมีค่าต่างๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

**ต้นทุนอาหารในการผลิตไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกลีเซอรีนดิบในระดับต่างๆ**

เมื่อพิจารณาต้นทุนค่าอาหารตลอดช่วงระยะเวลาการเลี้ยง (42 วัน) พบว่า การผสมกลีเซอรีนดิบในอาหาร ในระดับที่สูงขึ้นมีผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารลดลง โดยต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดของกลุ่มที่ผสมกลีเซอรีนดิบที่ระดับ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด เท่ากับ 101.37, 98.53, 98.54, 93.26 และ 84.87 บาท ตามลำดับ แสดงว่า การเสริมกลีเซอรีนดิบในสูตรอาหารไก่กระทงที่ 10 เปอร์เซ็นต์ ช่วยลดต้นทุนในการผลิตอาหารได้ 16.50 บาทต่อตัว เมื่อเปรียบเทียบกับราคาอาหารของกลุ่มควบคุม

**ข้อเสนอแนะ**

1. ในการนำกลีเซอรีนดิบไปผสมอาหารสัตว์ ควรไล่ความชื้นออกให้หมดเสียก่อน เนื่องจากองค์ประกอบของกลีเซอรีนดิบมีน้ำปนอยู่ด้วย ซึ่งอาจจะมีผลทำให้ได้ปริมาณกลีเซอรีนดิบต่ำกว่าความเป็นจริง

2. ควรวิเคราะห์หาค่าความบริสุทธิ์ องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของกลีเซอรีนดิบที่ได้จากแหล่งที่ได้ก่อนจะนำมาใช้ เพราะกลีเซอรีนดิบจากแต่ละแหล่งมีความแปรปรวนสูง และอาจจะส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนะเมื่อนำไปผสมในอาหารสัตว์

3. ควรเลือกใช้กลีเซอรีนดิบจากแหล่งผลิตขนาดใหญ่ เพราะมีความบริสุทธิ์สูง มีความแปรปรวน สิ่งปลอมปนต่ำ สามารถควบคุมคุณภาพของอาหารสัตว์หลังผสมได้ดีกว่ากลีเซอรีนดิบที่มาจากแหล่งผลิตขนาดเล็ก

4. จากการทดลองถ้าเลี้ยงไก่กระทงขายที่อายุ 42 วัน ถ้าเสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักสุดท้ายมีค่าใกล้เคียงกับไก่กระทงที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม ต้นทุนการผลิตอาหารที่เสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์จะต่ำกว่าอาหารกลุ่มควบคุม แต่ถ้าเลือกเสริมกลีเซอรีนดิบ 10 เปอร์เซ็นต์ต้นทุนการผลิตอาหารก็จะต่ำกว่า อาหารกลุ่มควบคุม และอาหารที่เสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ แต่น้ำหนักสุดท้ายจะน้อยกว่า ไก่กระทงกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 170 กรัม/ตัว จากการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่า ถ้าเสริมกลีเซอรีนดิบ 5 เปอร์เซ็นต์ ผู้เลี้ยงสามารถจับไก่ได้ที่อายุ 35 วัน แต่ถ้าเสริมกลีเซอรีนดิบ 10 เปอร์เซ็นต์ ผู้เลี้ยงต้องเลี้ยงไก่กระทงจนอายุครบ 42 วันเนื่องจากถ้าจับไก่กระทงที่เสริมกลีเซอรีนดิบ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 35 วัน น้ำหนักสุดท้ายจะมีค่าน้อยกว่าน้ำหนักไก่กระทงที่เลี้ยงอาหารปกติ อาจจะทำให้ขาดทุนได้ ถ้าหากผู้เลี้ยงต้องการเสริมกลีเซอรีนดิบ 10 เปอร์เซ็นต์ และต้องเลี้ยง 42 วัน วงรอบการเลี้ยงก็จะนานกว่าไก่กระทงกลุ่มควบคุม 1 อาทิตย์ ทำให้จำนวนครั้งของการเลี้ยงต่อปีลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงไก่กระทงกลุ่มควบคุม

5. จากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยส่วนใหญ่จะมีการศึกษาในไก่กระทงเพศผู้ ควรมีการศึกษาการใช้กลีเซอรีนดิบในไก่กระทงเพศเมียเพื่อให้มีข้อมูลครบถ้วนมากขึ้น

# เอกสารอ้างอิง


ขวัญใจ ดำสว่าง. 2550. เทคนิคการเตรียมสารสกัดหยาบจากขมิ้นชัน (*Curcuma longa* Linn.) เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตไก่กระทง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

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

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

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2542. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. เชียงใหม่.: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 178 น.

พรชุลีย์ นิลวิเศษ, ศิริลักษณ์ วงส์พิเชษฐ และ จำเนียร สัตยพันธุ์. 2543. วิทยาศาสตร์สุขภาพสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 316 น.

ภรณี ต่างวิวัฒน์, บุญล้อม ชีวะอิสระกุล,กษิดิศ อื้อเชี่ยวชาญกิจ, วิบูลย์ ลาภจตุพร, จิตติมา กันตนามัลลกุล, พรชุลีย์ นิลวิเศษ, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ เสาวคนธ์ โรจนสถิตย์. 2543. หลักการโภชนศาสตร์และอาหารสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 516 น.

วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2546. คุณสมบัติและประโยชน์ของกลีเซอรีน. วารสารอาหาร. เม.ย.-มิ.ย. :87-89.

รัตนา โชติสังกาศ และ นิรัตน์ กองรัตนานันท์. 2542. การเจริญเติบโตและคุณภาพซากของไก่พื้นเมือง เลี้ยงภายใต้ชั่วโมงแสงธรรมชาติ และชั่วโมงแสงยาว 23 ชั่วโมงต่อวัน. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ 33(1) : 60-74.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2543. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. เชียงใหม่ : โรงพิมพ์ธนบรรณการพิมพ์.

อดิศร เศรษฐพงค์. 2556.การใช้กลีเซอรีนดิบเป็นส่วนประกอบในอาหารไก่เนื้อ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Anonymous. 2011. What is glycerin (or glycerine or glycerol). Green planet solar energy.com 2007-2011 build a brighter future (online). Available at http://www.green-planet-solar-energy.com/index.html [accessed on 24 March 2011].

Bartlet, J. and D. Schneider. 2002. Investigation on the energy value of glycerol in the feeding of poultry and pig. Meat Science 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.

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

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. J. Poult. Sci. 41 : 360-367.

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

Gianfelici, M. F., A. M. L. Ribeiro, A. M. Penz Jr, A. M. Kessler, M. M. Vieira and T. Machinsky. 2011 Determination of Apparent metabolizable energy of crude glycerin in broilers chickens. Brazilian J. Poult. Sci. 13 : 255-258.

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. Feischqualitaet bei 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.

Kerr, B. J., G. C. Shurson, L. J. Johnston and W. A. Dozier. 2011. Utilization of crude glycerin in nonruminants. (online) Available: http://www. Intechopen.com/books/biodiesel-quality-emissions-and-by-products/utilization-of-crude-glycerin-in-nonruminants [access on 16 November 2011].

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.

National Research Council. 1994. Nutrient Research of Poultry. 9th rev. ed. Washington D.C. : National Acadamy 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. Glycerine: an overview. Washinton, D.C. The Soap and Detergent Association, Inc.

Settapong, S. and C. Wattanachant. 2010. Preliminary study on chemical composition of glycerine from various sources. In Proceeding of the 7th IMT-GT UNINET and the 3rd joint International PSU-UNS conferences held at Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 70 p.

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

Sibblad, 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.

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

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

Topal, E and M. Ozdogan. 2013 Effects of glycerol on the growth performance, internal organ weights, and drumstick muscle of broilers. Appl. Poult. Res. 22:146-151.

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 ก

## การเตรียมโรงเรือนทดลอง

**ภาพที่ 1** ลักษณะการเตรียมคอก

**ภาพที่ 2** ลักษณะการเตรียมคอก

**ภาพที่ 3** สภาพการเลี้ยงไก่กระทง

**ภาพที่ 4** สภาพการเลี้ยงไก่กระทง

# ภาคผนวก ข

## การเตรียมอาหารทดลอง

**ภาพที่ 5** ลักษณะกลีเซอรีนดิบ

**ภาพที่ 6** ลักษณะการผสมอาหาร

**ภาพที่ 7** เครื่องอัดเม็ดอาหาร

**ภาพที่ 8** ลักษณะอาหารหลังจากอัดเม็ด

## ภาคผนวก ค

**การชำแหละซากและเตรียมตัวอย่างวิเคราะห์**

**ภาพที่ 9** ลักษณะการชั่งน้ำหนักไก่กระทง

**ภาพที่ 10** สภาพการปล่อยให้เลือดออกหลังจากฆ่า

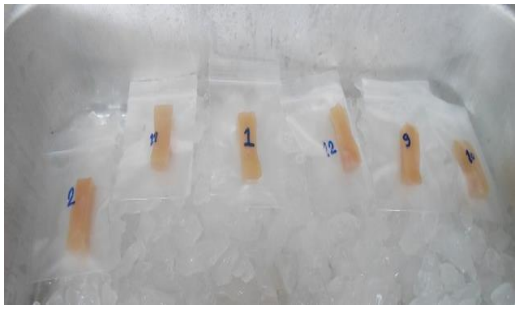
**ภาพที่ 11** ลักษณะการลวกน้ำร้อน 80 องศาเซลเซียส

**ภาพที่ 12** ลักษณะซากหลังจากถอนขน

**ภาพที่ 13** ลักษณะซากหลังจากชำแหละ

**ภาพที่ 14** ลักษณะการเตรียมชิ้นเนื้อวิเคราะห์ Drip loss และ Cooking loss

**ภาพที่ 15** การวิเคราะห์ Cooking loss และ Shear force



**ภาพที่ 16** ขนาดชิ้นเนื้อที่ใช้วิเคราะห์ Cooking loss และ Shear force

# ภาคผนวก ง

## อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

**ภาพที่ 17** เครื่องวัดสี

**ภาพที่ 18** อ่างควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า Shaking Water Bath

**ภาพที่ 19** เครื่องชั่ง

**ภาพที่ 20** เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง

**ภาพที่ 21** เครื่องกกลูกไก่

**ภาพที่ 22** Harness

**ภาพที่ 23** ถังใส่น้ำ

**ภาพที่ 24** ถังใส่อาหาร

**ภาพที่ 25** เครื่องปั่นขนไก่

**ภาพที่ 26** ถังน้ำแบบออโตเมติก

## ภาคผนวก จ

**ตารางภาคผนวกที่ 1** ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการประกอบสูตรอาหารไก่กระทง

| วัตถุดิบอาหารสัตว์ | ราคา (บาท/กก.)[1] |
|---|---|
| ข้าวโพดบด | 14.00 |
| กากถั่วเหลือง | 25.00 |
| ปลาป่น | 35.00 |
| น้ำมันพืช | 37.00 |
| ไดแคลเซียม ฟอสเฟต | 13.00 |
| เกลือป่น | 6.00 |
| วิตามินแร่ธาตุพรีมิกซ์ | 77.00 |
| ดีแอล-เมทโธโอนีน | 180.00 |
| แอล-ไลซีน | 100.00 |
| กลีเซอรีนดิบ | 7.00[2] |

**หมายเหตุ** [1]ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ทดลองโดย เฉลี่ยระหว่าง เดือนกรกฎาคม 2552 ถึง เดือนสิงหาคม 2554 จากร้านขายวัตถุดิบอาหารสัตว์ใน อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา

[2]ราคากลีเซอรีนดิบที่ผ่านกระบวนการปรับสภาพ

# ประวัติผู้เขียน

**ชื่อ สกุล** นางสาวนัสวัล บุญวงศ์

**รหัสประจำตัวนักศึกษา** 5310620027

**วุฒิการศึกษา**

| วุฒิ | ชื่อสถาบัน | ปีที่สำเร็จการศึกษา |
|---|---|---|
| วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ | 2549 |

**การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน**

นัสวัล บุญวงศ์, ชญานี จรัสจรุงเกียรติ, ธีรพงษ์ ชันตะ, สมบุญ ทองประสม และ ไชยวรรณ วัฒนจันทร์. 2556. ผลของการเสริมกลีเซอรีนดิบต่อสมรรถภาพการเติบโตและลักษณะซากไก่กระทง. ว. วิทย. กษ. 44 : 1 (พิเศษ) : 151-154.

นัสวัล บุญวงศ์, สุธา วัฒนสิทธิ์ และ ไชยวรรณ วัฒนจันทร์. 2557. ผลการประเมินค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของกลีเซอรีนดิบในไก่ไข่เพศผู้พันธุ์ไฮเซ็กบราวน์. ว. เทคโนโลยี. 33(5) : 437-444.