

### บทที่ 3

#### วิธีการดำเนินงานวิจัย



การศึกษาวิจัยใช้กากมันสำปะหลังหมักทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ในอาหารเปิดเทศแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาการเพิ่มโปรตีนในกากมันสำปะหลังหมักด้วยเชื้อรา *Aspergillus niger* ร่วมกับเชื้อรา *Rhizopus oligosporus* ด้วยวิธีหมักแบบแห้ง (solid state fermentation) การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้กากมันสำปะหลังหมักระดับต่างๆ ในสูตรอาหารเปิดเทศต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพซาก และการทดลองที่ 3 ศึกษาการใช้ประโยชน์ได้ของเปิดเทศที่ได้รับกากมันสำปะหลังหมักที่ระดับต่างๆ ในสูตรอาหาร ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาสถานะที่เหมาะสมต่อการเพิ่มระดับโปรตีนในกากมันสำปะหลังหมักที่หมักด้วยเชื้อรา *Aspergillus niger* ร่วมกับเชื้อรา *Rhizopus oligosporus* ด้วยวิธีการหมักแบบแห้ง

##### 3.1.1 เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการวิจัย

*Aspergillus niger* และ *Rhizopus oligosporus* ได้จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

##### 3.1.2 การเตรียมกล้าเชื้อ *Aspergillus niger* และ *Rhizopus oligosporus*

เพาะเลี้ยงรา *A. niger* และ *R.s oligosporus* บนอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) ในจานเพาะเชื้อ บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จนราสร้างสปอร์เต็มจานเพาะใช้เวลาประมาณ 7 วัน จากนั้นใช้ปิเปตต์ดูดสารละลาย Tween 80 0.05% ที่นิ่งมาแล้วที่ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตร.นิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ลงในจานเพาะเชื้อ 2 มล. จากนั้นนำหลอดเชื้อเพื่อลอกสปอร์ของราออกจากอาหาร PDA เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

3.1.3 การศึกษาสถานะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของรา *Aspergillus niger* และ *Rhizopus oligosporus* บนกากมันสำปะหลังระดับ flask 250 ml

##### 1) การแปรผันระดับของกากมันสำปะหลัง

เพาะเลี้ยงเชื้อ *A. niger* และ *R. oligosporus* บนกากมันต่อราที่ระดับ 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 เปอร์เซ็นต์ ทำการเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 168 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างที่ชั่วโมงการเพาะเลี้ยงที่ 0, 72, 168 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

โดยวิธี Kjeldahl method ทำการคัดเลือกระดับของกากมันที่ให้ปริมาณโปรตีนสูงสุดเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารในการทดลองต่อไป

## 2) การแปรผันความเข้มข้นของสปอร์ร่วมกับการแปรผันระดับของอุณหภูมิ

เพาะเลี้ยงเชื้อ *A. niger* และ *R. oligosporus* ในสูตรอาหารที่คัดเลือกจากข้อที่

1) ในอาหารที่ผันแปรความเข้มข้นของสปอร์ที่ระดับ  $1 \times 10^6$ ,  $1 \times 10^7$ ,  $1 \times 10^8$  สปอร์/ml ร่วมกับการแปรผันระดับของอุณหภูมิที่ 30, 35, 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างที่ 0, 72 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl method ทำการคัดเลือกความเข้มข้นของสปอร์ร่วมกับการแปรผันระดับของอุณหภูมิ ที่ให้ปริมาณโปรตีนสูงสุดเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

## 3) การแปรผันชนิดของแหล่งไนโตรเจนต่อความเข้มข้นของแหล่งไนโตรเจน

เพาะเลี้ยงเชื้อ *A.s niger* และ *R. oligosporus* ในสูตรอาหารที่คัดเลือกจากข้อที่

2) ในอาหารที่ผันแปรแหล่งของไนโตรเจนโดยใช้ ammonium nitrat, ammonium sulfat และ urea ที่ระดับ 1.00, 1.25, 1.50, 1.75, 2.0 % ทำการเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างที่ชั่วโมงการเพาะเลี้ยงที่ 0, 72 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl method ทำการคัดเลือกชนิดของแหล่งไนโตรเจนที่ให้ปริมาณโปรตีนสูงสุดเพื่อใช้เป็นแหล่งแหล่งไนโตรเจนในการทดลองต่อไป

## 4) การแปรผันความชื้นร่วมกับการแปรผันความหนาของกากมันสำปะหลัง

เพาะเลี้ยงเชื้อ *A. niger* และ *R. oligosporus* ในสูตรอาหารที่คัดเลือกจากข้อที่

3) ในอาหารที่ผันแปรความชื้นที่ 60, 70, 80 % ร่วมกับความหนาของกากมันสำปะหลังที่ 1, 2, 3 เซนติเมตร ทำการเลี้ยงเชื้อเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างที่ชั่วโมงการเพาะเลี้ยงที่ 0, 72 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl method ทำการคัดเลือกความหนาของกากมันสำปะหลังที่ให้ปริมาณโปรตีนสูงสุด

3.1.4 การศึกษาสถานะที่เหมาะสมต่อการเพิ่มระดับโปรตีนในกากมันสำปะหลังหมักที่หมักด้วยเชื้อรา *Aspergillus niger* ร่วมกับเชื้อรา *Rhizopus oligosporus* ด้วยวิธีการหมักแบบแห้งที่ระดับตู้หมัก

ขั้นตอนที่ 1 นำกากมันสำปะหลังแห้งไปบด ส่วนกากมันสำปะหลังที่มีความชื้นสูงต้องทำให้แห้ง เพื่อป้องกันการเน่าเสีย กากมันสำปะหลังที่ผ่านการทำให้แห้งแล้วจะจับตัวเป็นก้อนแข็งขนาดใหญ่จึงต้องนำมาบดด้วยเครื่องบด เพื่อลดขนาดให้เล็กลงเพื่อใช้ในการหมัก

ขั้นตอนที่ 2 ตู้หมักมีการควบคุมอุณหภูมิภายในด้วยเทอร์โมสแตท ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ด้วยการปั๊มอากาศขึ้นผ่านตัวกรองเชื้อ

เพื่อให้ภายในตู้มีอากาศและความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่างร้อยละ 90-95 ซึ่งเป็นความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของเชื้อรา

ขั้นตอนที่ 3 นำกากมันสำปะหลังที่เตรียมไว้ลงในถาดหมัก ถาดละ 500 กรัม ปรับความชื้นให้ได้ 60 % ด้วยน้ำกลั่น โดยปรับความเข้มข้นของยูเรียเป็น 1.25 % โดยน้ำหนัก จากนั้นนึ่งฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้อากาศดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตร.นิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ปลอ่ยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

ขั้นตอนที่ 4 ถ่ายกล้าเชื้อ *A. niger* ลงไป 25 ml และ *R. oligosporus* ลงไป 25 ml ที่ระดับความเข้มข้น  $1 \times 10^8$  spore/ml แล้วผสมคลุกเคล้ากับกากมันสำปะหลังที่เตรียมไว้โดยเกลี่ยให้มีความหนา 1 เซนติเมตร ทิ้งทิ้งถาดแล้วนำไปหมักในตู้หมักเป็นเวลา 72 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 5 นำกากมันสำปะหลังหมักที่ได้ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบด เพื่อลดขนาดให้เล็กลงพร้อมที่จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ เก็บตัวอย่าง วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl method

### 3.2 การทดลองที่ 2 การใช้กากมันสำปะหลังหมักระดับต่างๆในสูตรอาหารเปิดเทศต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพซาก

3.2.1 สัตว์ทดลอง ลูกเป็ดเทศท่าพระ 2 อายุ 1 วัน เพศผู้ 100 ตัว เพศเมีย 100 ตัว จำนวน 200 ตัว

3.2.2 แผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) แบ่งกลุ่มการทดลอง (treatment) ออกเป็น 5 กลุ่มๆ 4 ซ้ำ (replication) รวมทั้งหมด 20 หน่วยการทดลอง (experimental units)

3.2.3 อาหารทดลอง เป็ดเทศแต่ละกลุ่มการทดลองจะได้รับอาหารที่ใช้กากมันสำปะหลังหมักที่ระดับต่างๆ ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1: สูตรอาหารควบคุม (control)

กลุ่มทดลองที่ 2: สูตรอาหารเปิดเทศ ใช้ระดับกากมันสำปะหลังหมักในสูตรอาหารร้อยละ 5

กลุ่มทดลองที่ 3: สูตรอาหารเปิดเทศ ใช้ระดับกากมันสำปะหลังหมักในสูตรอาหารร้อยละ 10

กลุ่มทดลองที่ 4: สูตรอาหารเปิดเทศ ใช้ระดับกากมันสำปะหลังหมักในสูตรอาหารร้อยละ 15

กลุ่มทดลองที่ 5: สูตรอาหารเปิดเทศ ใช้ระดับกากมันสำปะหลังหมักในสูตรอาหารร้อยละ 20

รายละเอียดส่วนประกอบสูตรอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 3-1, 3-2, 3-3

3.2.4 โรงเรือนและอุปกรณ์

โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ทดลอง ลักษณะเป็นโรงเรือนแบบเปิด หลังคาเป็นแบบหน้าจั่ว สองชั้นมุงด้วยกระเบื้อง พื้นโรงเรือนเป็นปูนซีเมนต์ จำนวนที่ใช้ทั้งหมด 20 คอก ขนาด 1.5 x 3 เมตร ใช้เกลบเป็นวัสดุรองพื้นหน้าประมาณ 5 เซนติเมตร

3.2.5 ขั้นตอนการทดลอง

- 1) ชั่งลูกเป็ดรวมกันในแต่ละเพศ เพื่อหาน้ำหนักเฉลี่ยที่จะทำการจัดฟักในแต่ละกลุ่มและทำการชั่งเป็นรายตัว
- 2) แยกน้ำหนักของแต่ละเพศออกเป็น 3 กลุ่มคือ ใหญ่ กลาง เล็ก แล้วนับจำนวนลูกเป็ดในแต่ละกลุ่มเพื่อหาสัดส่วน (Ratio)
- 3) สุ่มเป็ดจากกลุ่มขนาดเล็ก 1 ตัว ขนาดกลาง 2 ตัว ขนาดใหญ่ 2 ตัว เพื่อให้ได้ น้ำหนักที่ใกล้เคียงกันในแต่ละเพศ ซึ่งจะได้เพศผู้จำนวน 5 ตัว เพศเมียจำนวน 5 ตัวให้ได้หน่วยทดลองละ 10 ตัว และนำทั้ง 20 หน่วยการทดลองมาชั่งน้ำหนักรวมทั้งสองเพศของแต่ละหน่วยการทดลองให้มีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด
- 4) สุ่มลูกเป็ดลงหน่วยทดลองทั้ง 20 หน่วยการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 3-1
- 5) จัดการให้น้ำสะอาดผสมวิตามินก่อน 3 ชั่วโมง แล้วค่อยให้อาหาร เป็ดทุกตัวได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ตลอดระยะเวลาการทดลอง
- 6) เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 84 วัน สุ่มเป็ดเพศมาฆ่าหน่วยการทดลองละ 2 ตัว เพื่อกำหนดหาเปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์เนื้ออก เปอร์เซ็นต์ตับ เปอร์เซ็นต์สะโพกรวมน่อง

แผนผังการทดลอง

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| T1R1 | T2R2 | T3R3 | T4R4 | T5R1 | T1R2 | T3R4 | T4R3 | T5R2 | T2R1 |
| T5R4 | T4R1 | T3R2 | T2R3 | T1R4 | T2R4 | T3R1 | T5R3 | T1R3 | T4R2 |

ภาพที่ 3-1 แผนผังการทดลองการใช้กากมันสำปะหลังหมักระดับต่างๆในสูตร อาหารเป็ดเทศต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพซาก

### 3.2.6 การบันทึกข้อมูล

- 1) บันทึกปริมาณอาหารที่กินได้ทุกสัปดาห์
- 2) บันทึกน้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์ และน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณอาหารที่กินทุกสัปดาห์
- 3) บันทึกอัตราการตายตลอดการทดลอง
- 4) บันทึกน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักส่วนต่างๆเพื่อนำไปคำนวณหาสัดส่วนของซาก

### 3.2.7 ลักษณะของข้อมูลที่ศึกษา

|                                          |   |                                                                                        |
|------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------|
| น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (Weight Gain: WG) | = | น้ำหนักตัวสุดท้าย - น้ำหนักตัวเริ่มต้น                                                 |
| อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)       | = | $\frac{\text{น้ำหนักตัวสุดท้าย} - \text{น้ำหนักตัวเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$ |
| (Average Daily Gain: ADG)                |   |                                                                                        |
| ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)         | = | $\frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$                             |
| (Daily Feed Intake: DFI)                 |   |                                                                                        |
| อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก          | = | $\frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น}}$                       |
| (Feed Conversion Ratio: FCR)             |   |                                                                                        |
| ต้นทุนการผลิตต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว       | = | $\frac{\text{ราคาอาหาร}}{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น}}$                               |
| (Feed Cost per Kilo Gain: FCG)           |   |                                                                                        |
| อัตราการตาย (%)                          | = | $\frac{\text{จำนวนเป็ดที่ตาย} \times 100}{\text{จำนวนเป็ดเริ่มต้น}}$                   |
| (Mortality)                              |   |                                                                                        |
| เปอร์เซ็นต์ซาก                           | = | $\frac{\text{น้ำหนักซาก (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักมีชีวิต (กรัม)}}$             |
| (Dressing percentage)                    |   |                                                                                        |

### 3.2.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design: CRD) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละปัจจัยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test: DMRT โดยโปรแกรม Statistical Analysis System (SAS, 1985)

3.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาการใช้ประโยชน์ได้ของเปิดเทศที่ได้รับกากมันสำปะหลังหมักที่ระดับต่างๆในสูตรอาหาร

3.3.1 สัตว์ทดลอง ลูกเปิดเทศทำพระ2 อายุ 21 วัน เพศผู้ 15 ตัว เพศเมีย 15 ตัว จำนวน 30 ตัว

3.3.2 แผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ใช้เพศเป็นบล็อก (Block) มีกลุ่มการทดลอง (treatment) จำนวน 5 กลุ่มๆ ละ 2 บล็อกๆ ละ 3 ซ้ำ รวม 30 หน่วยการทดลอง โดยแต่ละกลุ่มการทดลองได้รับอาหารเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2

3.3.3 การให้อาหาร ให้อาหารทดลองก่อนทำการเก็บมูล เพื่อปรับสภาพก่อนทำการเก็บมูล โดยให้อาหารวันละ 2 ครั้ง คือ ตอนเช้าเวลา 07.00 น. และตอนบ่ายเวลา 16.00 น.

3.3.4 ขั้นตอนการทดลอง

- 1) ชั่งน้ำหนักเปิดอายุ 21 วัน รายตัว บันทึกข้อมูลและหาน้ำหนักเฉลี่ยที่จะทำการจัดพิคัดในแต่ละกลุ่ม (ใหญ่ กลาง เล็ก) ให้มีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด
- 2) ทำการจัดกลุ่มเปิดเทศออกเป็นเพศผู้จำนวน 3 ตัว เพศเมียจำนวน 3 ตัว รวมหน่วยทดลองละ 6 ตัวต่อกลุ่มการทดลอง รวมทั้งสิ้น 30 ตัว
- 3) สุ่มเปิดขึ้นกรง เพื่อจัดกลุ่มทดลองและจำนวนซ้ำในแต่ละเพศ (บล็อก) ดังภาพที่ 3-2

แผนผังทดลอง

|    |    |    |    |    |    |    |     |    |     |    |     |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|----|----|----|
| T3 | T4 | T2 | T4 | T5 | T1 | T3 | T1  | T2 | T5  | T5 | T1  | T3 | T4 | T2 |
| R2 | R1 | R2 | R3 | R2 | R1 | R3 | R3  | R1 | R 1 | R3 | R2  | R1 | R2 | R3 |
| T2 | T1 | T3 | T5 | T4 | T1 | T3 | T2  | T5 | T4  | T3 | T1  | T5 | T2 | T4 |
| R3 | R2 | R1 | R3 | R1 | R3 | R3 | R 2 | R1 | R3  | R2 | R 1 | R2 | R1 | R2 |

ภาพที่ 3-2 แผนผังการทดลองการย่อยได้ของเปิดเทศที่ได้รับกากมันสำปะหลังหมักระดับต่างๆในสูตรอาหารเปิดเทศ

4) ระยะการเก็บข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ระยะๆ รุ่น (อายุ 29-35 วัน) และระยะขุน (อายุ 50-56 วัน) ใช้อาหารตามระยะของการทดลองที่ 1 ตลอดการทดลองให้อาหารและน้ำอย่างเต็มที่ (ad libitum)

5) ทำการปรับสภาพให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมก่อนทำการเก็บข้อมูล 7 วัน วันที่เก็บข้อมูลจริงให้กินอาหารที่ผสมโครมิกซ์ออกไซด์ (Chromic oxide) 0.3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อถ่ายมูลเป็นสีเขียวแล้วจึงทำการเก็บมูลทั้งหมดนำมาแช่ด้วยกรดซัลฟิวริก ( $H_2SO_4$ ) 10 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มูลที่อบแห้งแล้วนำไปวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาต่อไป

6) บันทึกน้ำหนักตัวเริ่มต้นและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน และบันทึกอัตราการตายตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง

### 3.3.6 การวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์โภชนาอาหารและมูล โดยวิธีประมาณ (Proximate Analysis) อาหารวิเคราะห์หา ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ส่วนการวิเคราะห์หาแคลเซียม ใช้วิธีการตกตะกอนในรูปของออกซาเลต (Oxalate) ฟอสฟอรัสโดยวิธี spectrophotometer และพลังงานรวม (gross energy) โดยวิธี ballistic bomb calorimeter ส่วนมูลวิเคราะห์หา ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และพลังงานรวม (เขวามาลย์, 2523; A.O.A.C., 1984)

### 3.3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละปัจจัยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test: DMRT โดยโปรแกรม Statistical Analysis System (SAS, 1985)

## 3.4 ระยะเวลาในการทดลอง

ระหว่างเดือน มกราคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2552

## 3.5 สถานที่ทำการทดลอง

3.5.1 ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

3.5.2 หมวกสัตว์ปีก หมวกโรงอาหารสัตว์ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตารางที่ 3-1 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลองเปิดเพศ  
ช่วงอายุ 0-21 วัน

| วัตถุดิบอาหารสัตว์                    | ระดับกากมันหมัก(%) |        |        |        |        |
|---------------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|
|                                       | 0                  | 5      | 10     | 15     | 20     |
| กากมันหมัก (19.95 % CP)               | 0.00               | 5.00   | 10.00  | 15.00  | 20.00  |
| ข้าวโพด (8% CP)                       | 40.15              | 36.95  | 33.45  | 30.15  | 26.85  |
| ปลาป่น (55% CP)                       | 3.00               | 3.00   | 3.00   | 3.00   | 3.00   |
| กากถั่วเหลือง (44% CP)                | 35.00              | 33.20  | 31.70  | 30.00  | 28.30  |
| ไคแคลเซียมฟอสเฟต (18 % P)             | 3.00               | 3.00   | 3.00   | 3.00   | 3.00   |
| หินฟูน                                | 0.50               | 0.50   | 0.50   | 0.50   | 0.50   |
| น้ำมันรำ                              | 2.00               | 2.00   | 2.00   | 2.00   | 2.00   |
| รำละเอียด                             | 15.00              | 15.00  | 15.00  | 15.00  | 15.00  |
| แอล-ไลซีน                             | 0.20               | 0.20   | 0.20   | 0.20   | 0.20   |
| ดีแอล-เมทไธโอนีน                      | 0.30               | 0.30   | 0.30   | 0.30   | 0.30   |
| เกลือ                                 | 0.35               | 0.35   | 0.35   | 0.35   | 0.35   |
| พรีมิกซ์ (แร่ธาตุและวิตามิน)          | 0.50               | 0.50   | 0.50   | 0.50   | 0.50   |
| รวม (กิโลกรัม)                        | 100.00             | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| ราคา (บาท/กิโลกรัม)                   | 13.10              | 12.79  | 12.51  | 12.20  | 11.90  |
| ส่วนประกอบทางโภชนาการ (%) โดยการคำนวณ |                    |        |        |        |        |
| พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME kcal/ kg)   | 3,107              | 3,148  | 3,155  | 3,164  | 3,171  |
| โปรตีน (%)                            | 22.06              | 22.01  | 22.01  | 22.01  | 22.08  |
| แคลเซียม (%)                          | 1.26               | 1.25   | 1.24   | 1.23   | 1.22   |
| ฟอสฟอรัสรวมทั้งหมด (%)                | 1.08               | 1.06   | 1.04   | 1.02   | 1.00   |
| ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้ (%)            | 0.58               | 0.58   | 0.57   | 0.56   | 0.55   |
| ไลซีน (%)                             | 1.42               | 1.36   | 1.31   | 1.26   | 1.20   |
| เมทไธโอนีน+ซิสทีน (%)                 | 1.02               | 0.98   | 0.95   | 0.92   | 0.87   |

ตารางที่ 3-2 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลองเปิดเพศ  
ช่วงอายุ 22-49 วัน

| วัตถุดิบอาหารสัตว์                    | ระดับกากมันหมัก (%) |        |        |        |        |
|---------------------------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|
|                                       | 0                   | 5      | 10     | 15     | 20     |
| กากมันหมัก (19.95 % CP)               | 0.00                | 5.00   | 10.00  | 15.00  | 20.00  |
| ข้าวโพด (8% CP)                       | 41.75               | 38.70  | 35.25  | 32.05  | 28.35  |
| ปลาป่น (55% CP)                       | 2.00                | 2.00   | 2.00   | 2.00   | 2.00   |
| กากถั่วเหลือง (44% CP)                | 24.00               | 22.35  | 20.70  | 19.00  | 17.60  |
| ไคแคลเซียมฟอสเฟต (18 % P)             | 2.50                | 2.50   | 2.70   | 2.70   | 2.80   |
| หินฟูลิน                              | 1.00                | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   |
| น้ำมันรำ                              | 2.50                | 2.20   | 2.10   | 2.00   | 2.00   |
| รำละเอียด                             | 25.00               | 25.00  | 25.00  | 25.00  | 25.00  |
| แอล-ไลซีน                             | 0.20                | 0.20   | 0.20   | 0.20   | 0.20   |
| ดีแอล-เมทไธโอนีน                      | 0.20                | 0.20   | 0.20   | 0.20   | 0.20   |
| เกลือ                                 | 0.35                | 0.35   | 0.35   | 0.35   | 0.35   |
| พรีมิกซ์ (แร่ธาตุและวิตามิน)          | 0.50                | 0.50   | 0.50   | 0.50   | 0.50   |
| รวม (กิโลกรัม)                        | 100.00              | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| ราคา (บาท/กิโลกรัม)                   | 11.76               | 11.42  | 11.11  | 10.79  | 10.52  |
| ส่วนประกอบทางโภชนาการ (%) โดยการคำนวณ |                     |        |        |        |        |
| พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME kcal/ kg)   | 3,116               | 3,112  | 3,109  | 3,114  | 3,119  |
| โปรตีน (%)                            | 18.00               | 18.03  | 18.02  | 18.02  | 18.10  |
| แคลเซียม (%)                          | 1.22                | 1.21   | 1.25   | 1.24   | 1.25   |
| ฟอสฟอรัสรวมทั้งหมด (%)                | 0.93                | 0.92   | 0.93   | 0.91   | 0.91   |
| ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้ (%)            | 0.48                | 0.48   | 0.50   | 0.49   | 0.50   |
| ไลซีน (%)                             | 1.14                | 1.08   | 1.03   | 0.98   | 0.95   |
| เมทไธโอนีน+ซิสตีน (%)                 | 0.82                | 0.79   | 0.76   | 0.72   | 0.69   |

ตารางที่ 3-3 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลองเปิดเพศ  
ช่วงอายุ 50-84 วัน

| วัตถุดิบอาหารสัตว์                    | ระดับกากมันหมัก (%) |        |        |        |        |
|---------------------------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|
|                                       | 0                   | 5      | 10     | 15     | 20     |
| กากมันหมัก (19.95 % CP)               | 0.00                | 5.00   | 10.00  | 15.00  | 20.00  |
| ข้าวโพด (8% CP)                       | 46.00               | 42.55  | 39.00  | 35.25  | 31.75  |
| ปลาป่น (55% CP)                       | 1.00                | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   |
| กากถั่วเหลือง (44% CP)                | 20.55               | 19.00  | 17.25  | 16.00  | 14.50  |
| ไคแคลเซียมฟอสเฟต (18 % P)             | 2.20                | 2.20   | 2.50   | 2.50   | 2.50   |
| หินฟูลิน                              | 1.00                | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   |
| น้ำมันรำ                              | 3.00                | 3.00   | 3.00   | 3.00   | 3.00   |
| รำละเอียด                             | 25.00               | 25.00  | 25.00  | 25.00  | 25.00  |
| แอล-ไลซีน                             | 0.20                | 0.20   | 0.20   | 0.20   | 0.20   |
| ดีแอล-เมทไธโอนีน                      | 0.20                | 0.20   | 0.20   | 0.20   | 0.20   |
| เกลือ                                 | 0.35                | 0.35   | 0.35   | 0.35   | 0.35   |
| พรีมิกซ์ (แร่ธาตุและวิตามิน)          | 0.50                | 0.50   | 0.50   | 0.50   | 0.50   |
| รวม (กิโลกรัม)                        | 100.00              | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| ราคา (บาท/กิโลกรัม)                   | 11.20               | 10.91  | 10.614 | 10.35  | 10.06  |
| ส่วนประกอบทางโภชนาการ (%) โดยการคำนวณ |                     |        |        |        |        |
| พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME kcal/ kg)   | 3,148               | 3,133  | 3,1301 | 3,140  | 3,148  |
| โปรตีน (%)                            | 16.19               | 16.23  | 16.17  | 16.32  | 16.38  |
| แคลเซียม (%)                          | 1.06                | 1.06   | 1.11   | 1.11   | 1.09   |
| ฟอสฟอรัสรวมทั้งหมด (%)                | 0.83                | 0.81   | 0.84   | 0.83   | 0.82   |
| ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้ (%)            | 0.43                | 0.42   | 0.46   | 0.45   | 0.44   |
| ไลซีน (%)                             | 1.01                | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 0.94   |
| เมทไธโอนีน+ซิสตีน (%)                 | 0.77                | 0.73   | 0.70   | 0.67   | 0.64   |

ตารางที่ 3-4 ส่วนประกอบของพรีมิกซ์ที่ใช้ในอาหารเปิดเพศช่วงอายุ 0-84 วัน

| ส่วนประกอบ                                                  | ปริมาณ<br>(กรัมต่อ 100 กิโลกรัมอาหาร) |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>แร่ธาตุ</b>                                              |                                       |
| แมงกานีส ( $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) 61 % | 24.12                                 |
| เหล็ก ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )         | 32.43                                 |
| ทองแดง ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )        | 1.96                                  |
| สังกะสี ( $\text{ZnO}$ )                                    | 4.10                                  |
| ซีลีเนียม ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ )                     | 3.27                                  |
| ไอโอดีน ( $\text{KI}$ )                                     | 0.05                                  |
| <b>วิตามิน</b>                                              |                                       |
| วิตามินเอดี (AD3 500/100)                                   | 1.84                                  |
| วิตามินอี (E 50%)                                           | 1.20                                  |
| วิตามินเค (K3 51%)                                          | 0.43                                  |
| วิตามินบี1 (Thiamine 98.5%)                                 | 0.20                                  |
| วิตามินบี2 (Riboflavin)                                     | 0.66                                  |
| วิตามินบี3 (Niacine)                                        | 5.50                                  |
| วิตามินบี5 (D-Ca pantothenic acid)                          | 0.66                                  |
| วิตามินบี6 (Pyridoxine)                                     | 0.31                                  |
| วิตามินบี12 (Cyanocobalamin 1 %)                            | 0.08                                  |
| โฟลิกแอซิด (Folic acid 100 %)                               | 0.03                                  |
| ไบโอติน (Biotin 2%)                                         | 0.60                                  |
| โคลีนคลอไรด์ (Choline chloride 60 %)                        | 66.00                                 |
| สือ (รำละเอียด)                                             | 356.56                                |
| รวม                                                         | 500.00                                |

ตารางที่ 3-5 ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการประกอบสูตรอาหาร ระยะเวลากการทดลองระหว่าง  
เดือน มกราคม พ.ศ.2552 – ตุลาคม พ.ศ. 2552

| วัตถุดิบอาหารสัตว์            | ราคา (บาทต่อกิโลกรัม) |
|-------------------------------|-----------------------|
| กากมันหมัก (19.95 % CP)       | 5                     |
| ข้าวโพด ( 8% CP)              | 8                     |
| ปลาป่น (55 % CP)              | 33                    |
| กากถั่วเหลือง (44 % CP)       | 17                    |
| ไคแคลเซียมฟอสเฟต (18 % P)     | 11                    |
| หินฟูน                        | 1.4                   |
| น้ำมันรำ                      | 23                    |
| รำละเอียด                     | 7.5                   |
| แอล-ไลซีน                     | 90                    |
| ดีแอล-เมทไธโอนีน              | 150                   |
| เกลือ                         | 4                     |
| พรีมิกซ์ ( แร่ธาตุและวิตามิน) | 90                    |