รหัสโครงการ SUT3-303–58-36-06

รายงานการวิจัย

ระดับพลังงาน โปรตีน และกรดอะมิโนที่เหมาะสมสำหรับไก่ลูกผสมพื้นเมือง ระดับสายเลือด 50%

(Proper dietary energy, protein and amino acid levels for crossbred (50%) native chickens)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT3-303–58-36-06

รายงานการวิจัย

ระดับพลังงาน โปรตีน และกรดอะมิโนที่เหมาะสมสำหรับไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50%

(Proper dietary energy, protein and amino acid levels for crossbred (50%) native chickens)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. สุทิศา เข็มผะกา

สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิทธวัช โมฬี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กุมภาพันธ์ 2565

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2560 ขอขอบคุณฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่เพื่อใช้ในงานทดลอง ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณ คุณประพจน์ มลิวัลย์ คุณสุภัตรา โอกระโทก คุณเมริษา ศิริโสภาพงษ์ คุณพชรพล พระศรี และคุณชญาณ์นันท์ ปักกัง ที่ได้ทำหน้าที่ผู้ช่วยวิจัย และจัดทำรายงานฉบับนี้ด้วย

สุทิศา เข็มผะกา

17 กุมภาพันธ์ 2565

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการพลังงาน โปรตีน และกรดอะมิโนไลซีนของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% (ไก่โคราช) ช่วงอายุ 0–12 สัปดาห์ โดยแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาความต้องการพลังงานของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% ช่วงอายุ 0–12 สัปดาห์ โดยแบ่งออกเป็น 4 ระยะการทดลอง คือ ช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ ในแต่ละระยะการทดลองกำหนดให้อาหารมีระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 2,750 2,900 3,050 และ 3,200 kcal/kg ผลการทดลองพบว่าเมื่อระดับพลังงานในอาหารเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ไก่กินอาหารลดลงแต่มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีขึ้น ความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของไก่โคราชที่เหมาะสมต่ออัตราการเปลี่ยนเป็นน้ำหนักตัวดีที่สุดช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ เมื่อประเมินด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบ Broken-line regression คือ 2,978 3,151 3,200 และ 3,200 kcal/kg ตามลำดับ

การทดลองที่ 2 ศึกษาความต้องการโปรตีนของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% ช่วงอายุ 0–12 สัปดาห์ โดยแบ่งออกเป็น 4 ระยะการทดลอง คือ ช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ ในแต่ละระยะการทดลองกำหนดให้มีระดับโปรตีนในอาหารแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 19 20 21 22 และ 23% (ระยะ 0–3 สัปดาห์); 18 19 20 21 และ 22% (ระยะ 3–6 สัปดาห์); 16 17 18 19 และ 20% (ระยะ 6–9 สัปดาห์); 15 16 17 18 และ 19% (ระยะ 9–12 สัปดาห์) อาหารทดลองทั้งหมดคำนวณให้มีระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่ระดับเดียวกัน คือ 2,978 3,151 3,200 และ 3,200 kcal/kg ช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าไก่ทุกช่วงอายุมีน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และปริมาณโปรตีนที่กินได้เพิ่มขึ้นเมื่อระดับโปรตีนในอาหารเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารและการใช้พลังงานของไก่ในช่วงอายุ 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ ในขณะที่ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนลดลงเมื่อระดับโปรตีนในอาหารเพิ่มขึ้นช่วงอายุ 0–3 และ 9–12 สัปดาห์ เมื่อทำการประเมินความต้องการโปรตีนด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบ Broken-line regression พบว่าความต้องการโปรตีนของไก่โคราชที่เหมาะสมต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ คือ 21.26 20.45 18.00 และ 17.94% ตามลำดับ ขณะที่ความต้องการโปรตีนที่เหมาะสมต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นน้ำหนักตัวช่วงอายุ 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ คือ 18.04 และ 18.03% ตามลำดับ

การทดลองที่ 3 ศึกษาความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% ช่วงอายุ 0–12 สัปดาห์ โดยแบ่งออกเป็น 4 ระยะการทดลอง คือ ช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ ในแต่ละระยะการทดลองกำหนดให้มีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0.87, 0.97, 1.07, 1.17 และ 1.27% (ระยะ 0–3 สัปดาห์); 0.80, 0.90, 1.00, 1.10 และ

1.20% (ระยะ 3–6 สัปดาห์); 0.69, 0.79, 0.89, 0.99 และ 1.09% (ระยะ 6–9 สัปดาห์); 0.69, 0.79, 0.89, 0.99 และ 1.09% (ระยะ 9–12 สัปดาห์) ผลการทดลองพบว่าไก่โคราชทุกช่วงอายุมีสมรรถนะการเจริญเติบโต (น้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นน้ำหนักตัว) และการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซากทั้งหมดดีขึ้นเมื่อระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารสูงขึ้น เมื่อประเมินความต้องการกรดอะมิโนไลซีนของไก่โคราชในแต่ละช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ โดยการวิเคราะห์แบบ Broken-line regression พบว่าความต้องการไลซีนที่เหมาะสมต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นน้ำหนักตัวแต่ละช่วงอายุ คือ 1.03, 1.00, 0.93 และ 0.87% ตามลำดับ ในขณะที่ความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ที่เหมาะสมต่อการสะสมกรดอะมิโนไลซีนในซากทั้งหมด คือ 1.10, 1.00, 0.90 และ 0.85% ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the energy, protein and lysine requirements of crossbred (50%) native chickens (Korat chickens) from 0 to 12 weeks of age, which were divided into three experiments.

Experiment I was conducted to evaluate the metabolizable energy (ME) requirement of crossbred (50%) native chickens from 0 to 12 weeks of age, which were divided into four experimental periods: 0–3, 3–6, 6–9 and 9–12 weeks of age. In each experimental period, four dietary ME levels were composed of 2,750, 2,900, 3,050 and 3,200 kcal of ME/kg diet. The results showed that the feed intake of chickens decreased, but the feed conversion ratio (FCR) improved with increasing dietary energy levels in all experimental periods. The ME requirement of Korat chickens for optimal FCR in the periods 0–3, 3–6, 6–9 and 9–12 weeks of age estimated by broken-line regression analysis were 2,978, 3,151, 3,200 and 3,200 kcal/kg, respectively.

Experiment II was conducted to evaluate the protein requirement of crossbred (50%) native chickens from 0 to 12 weeks of age, which were divided into four experimental periods: 0–3, 3–6, 6–9 and 9–12 weeks of age. In each experimental period, five dietary protein levels were composed of 19, 20, 21, 22 and 23% (0–3 weeks of age); 18, 19, 20, 21 and 22% (3–6 weeks of age); 16, 17, 18, 19 and 20% (6–9 weeks of age) and 15, 16, 17, 18 and 19% (9–12 weeks of age). All experimental diets were formulated to contain the same ME content as 2,978, 3,151, 3,200 and 3,200 kcal/kg diet in the experimental periods 0–3, 3–6, 6–9 and 9–12 weeks of age, respectively. The results showed that all test periods, body weight, body weight gain (BWG), average daily gain and protein intake increased with increasing dietary protein levels. In addition, increasing dietary protein in periods 6–9 and 9–12 weeks of age has shown to improve FCR and energy efficiency ratio. Whereas, protein efficiency ratio decreased with increasing dietary protein levels in the periods 0–3 and 9–12 weeks of age. According to the broken-line regression analysis, the protein requirements of Korat chickens for optimal BWG in the periods 0–3, 3–6, 6–9 and 9–12 weeks of age was 21.26, 20.45, 18.00 and 17.94%, respectively. Whereas, the protein requirements of Korat chickens for optimal FCR in the periods 6–9 and 9–12 weeks of age were 18.04 and 18.03%, respectively.

Experiment III was conducted to evaluate the digestible lysine requirement of crossbred (50%) native chickens from 0 to 12 weeks of age, which were divided into four experimental periods: 0–3, 3–6, 6–9 and 9–12 weeks of age. In each experimental period, five digestible lysine levels were composed of 0.87, 0.97, 1.07, 1.17 and 1.27% (0–3 weeks of age); 0.80, 0.90, 1.00, 1.10 and 1.20% (3–6 weeks of age); 0.69, 0.79, 0.89, 0.99 and 1.09% (6–9 weeks of age); 0.69, 0.79, 0.89, 0.99 and 1.09% (9–12 weeks of age). The results showed that growth performances (body weight, BWG and FCR), and protein and lysine depositions in the whole-body of Korat chickens in all experimental periods increased as increasing dietary digestible lysine levels. According to the broken-line regression analysis, the digestible lysine requirements of Korat chickens for optimal FCR in all periods were 1.03, 1.00, 0.93 and 0.87%, respectively. Whereas, the digestible lysine requirements for optimal lysine deposition in whole-body were 1.10, 1.00, 0.90 and 0.85%, respectively.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน และหรือกรอบแนวความคิดของการวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของไก่ลูกผสมพื้นเมือง 4

2.2 ไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% หรือไก่โคราช 6

2.3 ระดับความต้องการพลังงานและโปรตีนในอาหารไก่พื้นเมืองและไก่ลูกผสมพื้นเมือง 10

2.4 พลังงาน 14

2.4.1 ความต้องการพลังงานของสัตว์ปีก 14

2.5 โปรตีนและกรดอะมิโน 17

2.5.1 ความต้องการโปรตีนและกรดอะมิโนของสัตว์ปีก 19

2.5.2 ความต้องการกรดอะมิโนไลซีนในสัตว์ปีก 19

2.6 โมเดลทางสถิติสำหรับใช้ประเมินความต้องการโภชนะในสัตว์ 22

2.6.1 การเปรียบเทียบโมเดลทางสถิติเพื่อประเมินความต้องการโภชนะ 23

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาความต้องการพลังงานของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% 26

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน้า

3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาความต้องการโปรตีนของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% 33
3.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% 39
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง
4.1 ความต้องการพลังงานของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% 52
4.1.1 ผลของระดับพลังงานในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ 52
4.1.2 ผลของระดับพลังงานในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ 54
4.1.3 ผลของระดับพลังงานในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ 55
4.1.4 ผลของระดับพลังงานในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ 57
4.1.5 ผลการวิเคราะห์ Broken-line regression เพื่อประเมินความต้องการของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% 58
4.2 ความต้องการโปรตีนของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% 60
4.2.1 ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ 60
4.2.2 ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ 62
4.2.3 ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ 63
4.2.4 ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ 65
4.2.5 ผลการวิเคราะห์ Broken-line regression เพื่อประเมินความต้องการโปรตีนของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% 66
4.3 ความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% 68

หน้า

4.3.1 ค่ามาตรฐานการย่อยได้ของกรดอะมิโนที่ลำไส้เล็กส่วนปลายของอาหารทดลอง 68
4.3.2 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซากของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ 69
4.3.3 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซากของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ 73
4.3.4 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซากของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ 75
4.3.5 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซากของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ 77
4.3.6 ผลการวิเคราะห์ Broken-line regression เพื่อประเมินความต้องการของกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% 79
บทที่ 5 บทสรุป
5.1 สรุปผลการวิจัย 83
บรรณานุกรม 84
ประวัตินักวิจัย 98

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบลักษณะทางเศรษฐกิจของไก่พื้นเมืองกับไก่ลูกผสมพื้นเมืองภายใต้การจัดการที่ต่างกัน 6

ตารางที่ 2.2 สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุต่าง ๆ 7

ตารางที่ 2.3 สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 1–70 วัน และต้นทุนการผลิตไก่โคราชที่น้ำหนัก 1.3 กิโลกรัม 8

ตารางที่ 2.4 สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่สายพันธุ์ต่าง ๆ (ไก่โคราช, ไก่พื้นเมือง × ไก่ไข่และไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาว) 9

ตารางที่ 2.5 ความต้องการพลังงานและโปรตีนของไก่เนื้อ ไก่พื้นเมือง และไก่ลูกผสมพื้นเมือง 12

ตารางที่ 2.6 การแบ่งประเภทของกรดอะมิโน 18

ตารางที่ 2.7 รูปแบบความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นในไก่เนื้อที่แสดงเป็นสัดส่วนร้อยละกับไลซีน 20

ตารางที่ 2.8 ความต้องการไลซีนที่ย่อยได้ (digestible lysine) ในไก่เนื้อ 21

ตารางที่ 2.9 โมเดลทางสถิติสำหรับกราฟการตอบสนองเพื่อประเมินความต้องการโภชนะ 25

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับพลังงานแตกต่างกันสำหรับไก่โคราช ช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ (การทดลองที่ 1) 29

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับพลังงานแตกต่างกันสำหรับไก่โคราช ช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ (การทดลองที่ 1) 30

ตารางที่ 3.3 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับพลังงานแตกต่างกันสำหรับไก่โคราช ช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ (การทดลองที่ 1) 31

ตารางที่ 3.4 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับพลังงานแตกต่างกันสำหรับไก่โคราช ช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ (การทดลองที่ 1) 32

ตารางที่ 3.5 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันสำหรับไก่โคราช ช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ (การทดลองที่ 2) 35

ตารางที่ 3.6 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันสำหรับไก่โคราช ช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ (การทดลองที่ 2) 36

ตารางที่ 3.7 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันสำหรับไก่โคราช ช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ (การทดลองที่ 2) 37

หน้า

ตารางที่ 3.8 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันสำหรับไก่โคราช ช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ (การทดลองที่ 2) 38
ตารางที่ 3.9 สูตรอาหารที่ไม่มีไนโตรเจน (nitrogen free diet) 43
ตารางที่ 3.10 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้แตกต่างกันสำหรับไก่โคราช ช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ (การทดลองที่ 3) 44
ตารางที่ 3.11 องค์ประกอบทางโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้แตกต่างกันสำหรับไก่โคราชช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ (as-fed basis) 45
ตารางที่ 3.12 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้แตกต่างกันสำหรับไก่โคราช ช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ (การทดลองที่ 3) 46
ตารางที่ 3.13 องค์ประกอบทางโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้แตกต่างกันสำหรับไก่โคราชช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ (as-fed basis) 47
ตารางที่ 3.14 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้แตกต่างกันสำหรับไก่โคราช ช่วงอายุ 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ (การทดลองที่ 3) 48
ตารางที่ 3.15 องค์ประกอบทางโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้แตกต่างกันสำหรับไก่โคราชช่วงอายุ 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ (as-fed basis) 49
ตารางที่ 4.1 ผลของระดับพลังงานในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ 53
ตารางที่ 4.2 ผลของระดับพลังงานในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ 55
ตารางที่ 4.3 ผลของระดับพลังงานในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ 56
ตารางที่ 4.4 ผลของระดับพลังงานในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ 58
ตารางที่ 4.5 ความต้องการพลังงานของไก่โคราชช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์จากการวิเคราะห์ด้วย broken-line regression 59
ตารางที่ 4.6 ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ 61
ตารางที่ 4.7 ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ 63

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน้า

ตารางที่ 4.8 ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ 64
ตารางที่ 4.9 ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ 66
ตารางที่ 4.10 ความต้องการโปรตีนของไก่โคราชช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ จากการวิเคราะห์ด้วย broken-line regression 67
ตารางที่ 4.11 ค่ามาตรฐานการย่อยได้ที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย (standardised ileal digestibility; SID) ของกรดอะมิโนในอาหารทดลองของไก่โคราชช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ 69
ตารางที่ 4.12 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ 72
ตารางที่ 4.13 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซากทั้งหมดของไก่โคราชช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ 72
ตารางที่ 4.14 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ 74
ตารางที่ 4.15 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซากทั้งหมดของไก่โคราชช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ 74
ตารางที่ 4.16 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ 76
ตารางที่ 4.17 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซากทั้งหมดของไก่โคราชช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ 76
ตารางที่ 4.18 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ 77
ตารางที่ 4.19 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซากทั้งหมดของไก่โคราชช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ 78
ตารางที่ 4.20 ความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% ในช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ จากการวิเคราะห์ด้วย broken-line regression 82

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 2.1	แผนผังการใช้พลังงานประเภทต่าง ๆ ในสัตว์ปีก	15
ภาพที่ 2.2	โครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน	18
ภาพที่ 2.3	กราฟแสดงโมเดลทางสถิติสำหรับใช้ประเมินความต้องการทางโภชนะ	24

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ในปัจจุบันความต้องการบริโภคเนื้อไก่พื้นเมืองของคนไทยยังคงมีปริมาณที่สูง แต่การผลิตไก่พื้นเมืองเพื่อป้อนสู่ตลาดยังคงมีปัจจัยที่เป็นข้อจำกัดหลายประการ เช่น มีปริมาณการผลิตน้อย ขนาดและจำนวนไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากไก่พื้นเมืองมีอัตราการเจริญเติบโตและความสามารถในการให้ไข่ต่ำ ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ส่งผลให้เกษตรกรไม่สามารถผลิตไก่พื้นเมืองในเชิงการค้าให้เกิดเป็นอาชีพที่ยั่งยืนได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นที่มาในการผลิต “ไก่ลูกผสมพื้นเมือง” ขึ้น ซึ่งหากมีการส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงและมีการจัดการที่ดี ก็จะสามารถทำเป็นอาชีพหลักได้ เนื่องจากเนื้อไก่ลูกผสมพื้นเมืองมีรสชาติดีใกล้เคียงกับไก่พื้นเมือง เป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภคและสามารถจำหน่ายได้ในราคาที่ใกล้เคียงกับไก่พื้นเมือง อีกทั้งยังมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าไก่พื้นเมือง โดยที่อายุ 8 และ 14 สัปดาห์ มีน้ำหนักตัวเท่ากับ 0.54 กับ 0.22 และ 1.17 กับ 0.59 กิโลกรัม ตามลำดับ (นพวรรณ และคณะ, 2541ก) แต่อย่างไรก็ตามการพัฒนาสายพันธุ์ไก่นั้น จำเป็นต้องมีการพัฒนาองค์ความรู้ในส่วนอื่น ๆ ควบคู่กันไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาด้านอาหารหรือเทคโนโลยีทางด้านอาหาร ตลอดจนการพัฒนาด้านระบบการเลี้ยงและการจัดการที่เหมาะสม เป็นต้น เพื่อจะได้ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการประกอบอาชีพการเลี้ยงไก่ลูกผสมพื้นเมืองเชิงการค้าให้แก่เกษตรกรอย่างยั่งยืนได้

อาหารสัตว์จัดเป็นต้นทุนการผลิตหลักคิดเป็น 60–70% ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด ที่ผ่านมาเกษตรกรผู้ที่เลี้ยงไก่ลูกผสมพื้นเมืองจะใช้อาหารไก่เนื้อหรือไก่ไข่เป็นหลัก ซึ่งโภชนะหรือสารอาหารที่ไก่ได้รับอาจไม่เหมาะสมกับความต้องการ โดยสารอาหารอาจเกินระดับความต้องการของร่างกายหรือมีโภชนะที่ไม่สมดุล (imbalance nutrients) ส่งผลให้เกิดการสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์และทำให้ต้นทุนการผลิตดังกล่าวสูงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความต้องการโภชนะของไก่ลูกผสมพื้นเมืองมีค่อนข้างจำกัด ดังนั้นการสร้างองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับความต้องการโภชนะของไก่ลูกผสมพื้นเมือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของความต้องการพลังงาน โปรตีน และกรดอะมิโนที่จำเป็นบางตัว ได้แก่ ไลซีนและเมทไธโอนีน จึงน่าจะสามารถนำความรู้ดังกล่าวมาใช้ในการประกอบสูตรอาหารที่เหมาะสมตรงกับความต้องการของสัตว์อย่างแท้จริงได้ จึงน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาระบบการเลี้ยงไก่ลูกผสมพื้นเมือง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ซึ่งจะเป็นการเพิ่มปริมาณไก่ลูกผสมพื้นเมืองให้เพียงพอกับความต้องการของตลาด รวมทั้งสามารถใช้อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการรวบรวมเอกสารพบว่าไก่ลูกผสมพื้นเมืองในช่วงอายุ 0–14 สัปดาห์นั้น มีความต้องการพลังงานและโปรตีนอยู่ในช่วง 2,600–3,200 kcal ME/kg และ 15–20% CP ตามลำดับ

แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพันธุกรรมของสัตว์ที่แตกต่างกัน ย่อมส่งผลต่อความต้องการโภชนะต่าง ๆ ที่แตกต่างกันด้วย นอกจากนี้หากสามารถลดระดับโปรตีนในสูตรอาหารลงในระดับที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตร่วมกับการเสริมกรดอะมิโนสังเคราะห์ได้ ก็น่าจะสามารถลดต้นทุนค่าอาหารได้อีกในระดับหนึ่ง อีกทั้งยังเป็นการลดการขับถ่ายไนโตรเจนและกรดยูริกที่จะก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาความต้องการพลังงาน โปรตีน และกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการประกอบสูตรอาหารที่อยู่บนพื้นฐานความต้องการของสัตว์อย่างแท้จริง อีกทั้งเพื่อจะนำองค์ความรู้ดังกล่าวไปประยุกต์ในการประกอบสูตรอาหาร โดยเลือกใช้วัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นได้อย่างหลากหลายและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อให้ทราบถึงระดับความต้องการพลังงานของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50%

1.2.2 เพื่อให้ทราบถึงระดับความต้องการโปรตีนของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50%

1.2.3 เพื่อให้ทราบถึงระดับความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ของไก่ลูกผสมพื้นเมือง ระดับสายเลือด 50%

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาถึงระดับความต้องการพลังงานและโปรตีน ตลอดจนความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ โดยศึกษาผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% ในช่วงอายุ 0–12 สัปดาห์ โดยแบ่งระยะการทดลองออกเป็น 4 ระยะ คือ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน และหรือกรอบแนวความคิดของการวิจัย

พันธุกรรรมของสัตว์ที่เปลี่ยนแปลงไป ย่อมส่งผลต่อความต้องการโภชนะต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังนั้นการประกอบสูตรอาหารที่อยู่บนพื้นฐานของความต้องการโภชนะอย่างแท้จริง น่าจะทำให้ไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% สามารถแสดงศักยภาพของพันธุกรรมได้อย่างเต็มความสามารถ ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อให้ทราบถึงระดับความต้องการพลังงาน โปรตีน และกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% ในช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ เพื่อจะได้นำองค์ความรู้ดังกล่าวมาจัดการการให้อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.5.1. ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับความต้องการพลังงาน โปรตีน และกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในไก่พื้นเมืองลูกผสมระดับสายเลือด 50% ช่วงอายุ 0–12 สัปดาห์ (0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์)

1.5.2. นักอาหารสัตว์สามารถประยุกต์ใช้องค์ความรู้นี้ เป็นเครื่องมือในการประกอบสูตรอาหารสำหรับไก่พื้นเมืองลูกผสมที่มีโภชนาการแม่นยำ (precision nutrition) ตรงตามความต้องการมากที่สุด

1.5.3. สามารถใช้องค์ประกอบนี้ เพื่อพัฒนาต่อการในศึกษาความต้องการโภชนะอื่น ๆ สำหรับไก่พื้นเมืองลูกผสมได้ เช่น ความต้องการกรดอะมิโนเมทไธโอนีน ความต้องการแร่ธาตุ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของไก่ลูกผสมพื้นเมือง

การเลี้ยงไก่ให้ได้ผลกำไรต้องอาศัยปัจจัยหลาย ๆ ปัจจัยร่วมกันไม่ว่าจะเป็นการจัดการด้านอาหาร การจัดการเลี้ยงดู การจัดการสภาพแวดล้อม การสุขาภิบาล ตลอดจนการป้องกันและควบคุมโรค เพื่อให้ได้ไก่ที่มีสุขภาพดี และส่งผลดีทั้งในด้านอัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อที่ดี อย่างไรก็ตามอาหารสัตว์จัดเป็นต้นทุนหลักในการผลิตไก่ ดังนั้นการประกอบสูตรอาหารที่อยู่บนพื้นฐานของความต้องการที่แท้จริงของสัตว์นับว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นและสำคัญ และจะเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ความนิยมในการบริโภคเนื้อไก่พื้นเมืองของคนไทยยังคงมีปริมาณที่สูงอย่างต่อเนื่อง เพราะเนื้อไก่พื้นเมืองมีรสชาติอร่อยและเนื้อแน่นกว่าไก่พันธุ์เนื้อโดยทั่วไป จากความต้องการที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวส่งผลให้เกษตรกรหันมาเลี้ยงไก่พื้นเมืองกันมากขึ้น นอกจากนี้ไก่พื้นเมืองยังสามารถจำหน่ายได้ราคาดี แต่อย่างไรก็ตามในการเลี้ยงไก่พื้นเมืองเกษตรกรยังคงประสบกับปัญหาเรื่องอัตราการเจริญเติบโตที่ช้าและให้ผลผลิตต่ำ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเกษตรกรจะขายไก่พื้นเมืองที่อายุ 5–6 เดือน และมีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 1.2–1.5 กิโลกรัม (สวัสดิ์, 2537) อีกทั้งการพัฒนาเรื่องไก่พื้นเมืองเป็นไปอย่างล่าช้าส่งผลให้ผลผลิตที่ได้ไม่เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งกรมปศุสัตว์ได้ดำเนินการในเรื่องของการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ไก่พื้นเมืองขึ้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการพัฒนาการเลี้ยงไก่ลูกผสมพื้นเมืองนั้น ถึงแม้ว่าไก่พื้นเมืองจะมีลักษณะเด่นในด้านการปรับตัวได้ดีในสภาพชนบท สามารถหากินเก่ง ทนทานต่อโรคระบาด และสามารถให้ผลผลิตได้ดีแม้ว่าการจัดการอยู่ในระดับต่ำ แต่มีข้อด้อยคือเจริญเติบโตช้าและอัตราการไข่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับไก่พันธุ์แท้จากต่างประเทศ นักวิจัยจึงได้ศึกษาหาวิธีที่จะเพิ่มผลผลิตไก่พื้นเมือง โดยการผสมข้ามกับไก่พันธุ์แท้ต่าง ๆ เช่น โร้ดไอส์แลนด์เรด (Rhode Island Red: RIR) บาร์พลีมัธร็อค (Bared Phymouth Rock: BPR) เล็กฮอร์นขาว (Single White Leghorn: SWL) เซี่ยงไฮ้ (Shiang Hai: SH) เป็นต้น โดยมีทั้งลูกผสม 2 สายเลือด และ 3 สายเลือด โดยไก่ลูกผสมทั้งสองลักษณะนั้นจะมีพันธุกรรมของไก่พื้นเมือง 75% 50% หรือ 25% ซึ่งปัจจุบันได้มีการผลิตไก่ลูกผสมพื้นเมืองเป็นการค้าในปริมาณค่อนข้างมากและสม่ำเสมอ โดยมีจำนวนประมาณ 0.6% ของจำนวนไก่ที่เลี้ยงเพื่อผลิตเนื้อในประเทศไทย (ไม่รวมไก่ไข่และไก่พ่อแม่พันธุ์) (เกรียงไกรและคณะ, 2543)

ไก่ลูกผสมพื้นเมืองเป็นไก่ที่เกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ ระหว่างพ่อพันธุ์ไก่พื้นเมืองกับแม่พันธุ์ไก่กึ่งเนื้อกึ่งไข่ เพื่อให้ได้ไก่ลูกผสมที่มีลักษณะภายนอก คุณภาพเนื้อใกล้เคียงกับไก่พื้นเมืองมากที่สุด และสามารถ

ผลิตลูกไก่ได้จำนวนมากกว่าการผลิตไก่พื้นเมืองพันธุ์แท้ นอกจากประเทศไทยที่มีการผลิตไก่ลูกผสมพื้นเมืองแล้ว ประเทศในภูมิภาคเอเชีย อาทิ ประเทศจีน ซึ่งผู้บริโภคชอบในรสชาติและความแน่นของเนื้อไก่พื้นเมือง พบว่าไก่ลูกผสมพื้นเมืองของจีนมีส่วนแบ่งในตลาดไก่เนื้อถึง 30% (Tang et al., 2009) สำหรับประเทศไทยนั้นกรมปศุสัตว์ได้เริ่มการผลิตไก่ลูกผสมพื้นเมืองมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2522 โดยใช้พ่อพันธุ์ไก่พื้นเมืองทั่วไปของไทยผสมกับแม่ไก่โรดไอแลนด์เรด โดยแต่ละปีมีกำลังการผลิตกว่าล้านตัว สำหรับสมรรถภาพการผลิตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองนั้น อำนวย และคณะ (2542) ทดลองเลี้ยงด้วยอาหารไก่ไข่ พบว่า ที่อายุ 12 สัปดาห์ ไก่มีน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหาร เท่ากับ 1,395.7 กรัม 16.2 กรัม/วัน และ 3.02 ตามลำดับ ส่วน สมโภชน์ และคณะ (2549) รายงานว่าไก่ลูกผสมพื้นเมือง (ไก่ตะนาวศรี) มีประสิทธิภาพการใช้อาหาร ในช่วงอายุ 0–18 สัปดาห์ อยู่ในช่วง 3.32 ถึง 3.43 และตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 กรมปศุสัตว์ ได้เปลี่ยนสายพ่อพันธุ์จากไก่พื้นเมืองทั่วไปมาใช้ไก่พื้นเมืองพันธุ์แท้ของกรมปศุสัตว์ คือ ไก่ประดู่หางดำ ไก่เหลืองหางขาว ไก่แดง และไก่ชี ซึ่ง มนต์ชัย และคณะ (2550) ได้นำไก่ทั้ง 4 พันธุ์ไปผสมกับไก่แม่พันธุ์ทางการค้า พบว่าไก่ลูกผสมที่เกิดจากพ่อพันธุ์ไก่ประดู่หางดำ ไก่เหลืองหางขาว ไก่แดง และไก่ชี มีน้ำหนักตัวที่ 12 สัปดาห์ ในเพศเมีย เท่ากับ 1,224 1,215 1,209 และ1,202 กรัม ตามลำดับ ส่วนในเพศผู้ เท่ากับ 1,644 1,592 1,578 และ 1,613 ตามลำดับ นอกจากนี้การนำไก่ลูกผสมพื้นเมืองมาเลี้ยงภายใต้การจัดการที่ดี พบว่าไก่ลูกผสมพื้นเมืองที่อายุ 16 สัปดาห์ มีน้ำหนักตัวประมาณ 1.7–1.9 กิโลกรัม และมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 15–17 กรัม/ตัว/วัน (เกรียงไกร และคณะ, 2543)

สำหรับประสิทธิภาพการผลิตของไก่พื้นเมืองและไก่ลูกผสมพื้นเมือง 2 สายเลือด และ 3 สายเลือด ทั้งที่ใช้ไก่พันธุ์พื้นเมืองหรือพันธุ์ต่างประเทศเป็นสายพ่อพันธุ์นั้น พบว่าไก่ลูกผสมพื้นเมืองจะมีการพัฒนาการสืบพันธุ์ อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการไข่ดีกว่าไก่พื้นเมืองถ้าเลี้ยงภายใต้การจัดการที่ดี คือเลี้ยงแบบขัง ได้รับวัคซีนป้องกันโรคและพยาธิครบตามโปรแกรมกำหนด ได้รับอาหารและน้ำอย่างเพียงพอทั้งปริมาณและคุณภาพ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 โดยจากข้อมูลจะเห็นได้ว่าไก่ลูกผสมพื้นเมืองนั้นจะมีประสิทธิภาพการผลิตดีกว่าไก่พื้นเมืองภายใต้การจัดการที่ดีโดยการเลี้ยงขังคอก ซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้ดีตามศักยภาพของพันธุกรรมที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ แต่อย่างไรก็ตามยังต้องมีการพัฒนาด้านอื่น ๆ ควบคู่ไปกับการพัฒนาด้านพันธุ์ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาทางด้านอาหาร การจัดการ และสุขศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาทางด้านอาหารซึ่งการศึกษาถึงความต้องการโภชนะในส่วนของพลังงานและโปรตีน รวมถึงกรดอะมิโนที่จำเป็นบางตัว ได้แก่ เมทไธโอนีนและไลซีน ทั้งนี้เพื่อที่นำผลการวิจัยดังกล่าวมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการประกอบสูตรอาหารสำหรับไก่ลูกผสมพื้นเมืองต่อไป ตลอดจนยังคงต้องมีการศึกษาและวิจัยถึงความต้องการของโภชนะส่วนอื่น ๆ เช่น วิตามินและแร่ธาตุ ต่อไปในอนาคต

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบลักษณะทางเศรษฐกิจของไก่พื้นเมืองกับไก่ลูกผสมพื้นเมืองภายใต้การจัดการที่ต่างกัน

ลักษณะ	ไก่พื้นเมือง			ไก่ลูกผสมพื้นเมือง	
	การจัดการในระบบเดิม	ในฟาร์มเกษตรกร[1]	ในสถานีทดลอง[2]	ในฟาร์มเกษตรกร[1]	ในสถานีทดลอง[2]
1. น้ำหนักไข่ (ก./ฟอง)	40–50	40–50	40–50	50–60	50–60
2. น้ำหนักแรกเกิด (ก./ตัว)	30–35	30–35	30–35	40–45	40–45
3. อัตราการเจริญเติบโต (ก./ตัว/วัน)	7–10	7–10	12–15	7–10	12–18
4. อัตราการเปลี่ยนอาหาร/น้ำหนักตัว	–	–	3.5–4.0	–	2.5–3.2
5. อายุไก่เมื่อไข่ฟองแรก (วัน)	180–210	180–210	150–170	160–180	160–180
6. น้ำหนักตัวเมื่อไข่ฟองแรก (ก.ก.)	1.5–1.8	1.5–1.8	1.4–1.6	1.5–1.7	1.3–1.6
7. อัตราการไข่ (ฟอง/แม่/ปี)	30–50	50–70	90–120	45–60	120–180
8. อัตราการฟักออก (%)	75–85	75–85	80–85	65–75	80–85
9. จำนวนลูกไก่ (ตัว/แม่/ปี)	25–30	44–55	70–90	30–40	100–150
10. อัตราการตาย (%)	50–70	25–30	10–15	30–40	5–15
11. จำนวนไก่น้ำหนักตัว 1.0–1.2 (ก.ก./แม่/ปี)	7–12	32–37	60–75	20–30	90–130
12. เปอร์เซ็นต์ซาก	–	–	78–85	–	80–85

[1] การจัดการดีกว่าการจัดการในระบบเดิม เช่น ให้วัคซีนป้องกันโรคและหรือแยกลูกไก่จากแม่ เมื่อลูกไก่อายุ 1 เดือน เสริมอาหารคุณภาพดีในช่วงอายุต่ำกว่า 1 เดือน ให้แม่ไก่ฟักไข่

[2] เลี้ยงดูภายใต้การจัดการที่ดี ระยะ 0–20 สัปดาห์ จะเลี้ยงขัง ระยะไข่จะเลี้ยงในกรงตับ ใช้ตู้ฟักไข่

ที่มา: เกรียงไกร และคณะ (2543)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2 ไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% หรือไก่โคราช

ไก่โคราช (Korat chicken) เป็นไก่เนื้อลูกผสมสายพันธุ์ใหม่ที่ได้มาจากการพัฒนาพ่อแม่พันธุ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และดำเนินการภายใต้ความร่วมมือของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี กองทุนวิจัยแห่งประเทศไทย (สกว.) กรมปศุสัตว์ และกลุ่มเกษตรกร (เกษตรกรลาดบัวขาว) เพื่อให้เกษตรกรสามารถใช้ไก่โคราชเป็นเครื่องมือในการประกอบอาชีพ สามารถพึ่งพาตนเองได้ และสร้างรายได้แก่ครัวเรือน ปัจจุบันไก่โคราชมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูง มีคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อใกล้เคียงกับไก่พื้นเมือง แต่อย่างไรก็ตามการพัฒนาสายพันธุ์ไก่นั้น จำเป็นต้องมีการพัฒนาองค์ความรู้ในส่วนอื่น ๆ ควบคู่กันไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

การพัฒนาด้านอาหารหรือเทคโนโลยีทางด้านอาหาร ตลอดจนการพัฒนาด้านระบบการเลี้ยงและการจัดการที่เหมาะสม เป็นต้น เพื่อจะได้ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการประกอบอาชีพการเลี้ยงไก่ลูกผสมพื้นเมืองเชิงการค้าให้แก่เกษตรกรอย่างยั่งยืนได้ (Likitdecharote et al., 2012; Molee et al., 2015)

อาหารสัตว์จัดเป็นต้นทุนหลักในการผลิตคิดเป็น 60–70% ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด โดยอาหารนั้นจะต้องมีโภชนะต่าง ๆ ครบถ้วนเพียงพอตามความต้องการ สัตว์สามารถย่อย ดูดซึม และนำโภชนะไปใช้ประโยชน์ได้ดี ไก่โคราชมีน้ำหนักตัวประมาณ 1.36 กิโลกรัม มีน้ำหนักส่งตลาดที่อายุประมาณ 10 สัปดาห์ และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าไก่ลูกผสมพันธุ์อื่น ๆ ที่มีน้ำหนักส่งตลาดที่อายุประมาณ 12 สัปดาห์หรือมากกว่านั้น ต้นทุนการผลิตของไก่โคราชเมื่อทดสอบที่ฟาร์มของมหาวิทยาลัยหรือในฟาร์มของเกษตรกรมีรายได้ประมาณ 54.07 บาทต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม โดยค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นคิดเป็นค่าอาหารประมาณ 61.39% (Likitdecharote et al., 2012) ดังนั้นหากเกษตรกรสามารถใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาประยุตก์ใช้ได้ ก็น่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ได้ จากการรวบรวมข้อมูลสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุต่าง ๆ สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 1–70 วัน และต้นทุนการผลิตไก่โคราชที่น้ำหนัก 1.3 กิโลกรัม และการเปรียบเทียบสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่สายพันธุ์ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.2, 2.3 และ 2.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.2 สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุต่าง ๆ [1]

Items	Periods (weeks of age)			
	0–3	3–6	6–9	9–12
Initial body weight, g/bird	43.15	238.37	667.67	1,144.87
Final body weight, g/bird	238.37	667.67	1,144.87	1,612.94
Body weight gain, g/bird	195.22	429.30	477.20	468.07
Average daily gain, g/bird/d	9.30	20.44	22.72	22.29
Feed intake, g/bird	387.68	870.42	1,347.74	1,605.58
Feed intake, g/bird/d	18.46	41.45	64.18	76.46
Feed conversion ratio	1.99	2.03	2.82	3.43
Feed cost/body weight gain, Baht/kg	35.72	35.69	46.91	50.12

[1] This study was conducted at SUT's poultry farm during March 2013 to June 2013. All chickens were fed commercial broiler and laying hen diets (CPF Public Company Ltd., Nakhon Ratchasima, Thailand), with 21% CP for 0–3 weeks of age, with 19% CP for 3–6 weeks of age, with 17% CP diet during 6–9 weeks of age and then a 15% CP diet during 9–12 weeks of age.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.3 สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่คราชช่วงอายุ 1–70 วัน และต้นทุนการผลิตไก่คราชที่น้ำหนัก 1.3 กิโลกรัม [1]

Items	Korat chickens
Growth performance from 1 to 70 days of age	
Body weight 1-d-old, g/bird	44.88
Body weight 70-d-old, g/bird	1,317.75
Average daily gain, g/bird/d	19.43
Feed intake, g/bird	3,037.00
Feed intake, g/bird/d	43.39
Feed conversion ratio	2.31
Expense (Baht)	
1. Chick at 1-d-old	16.00
2. Feed cost	45.14
3. Vaccine	1.10
4. Housing depreciation	9.48
5. Labor	1.40
6. Utility and other	0.41
Total costs	**73.53**
Market weight, kg	1.36
Cost production of Korat chickens / 1 kg of body weight gain	**54.07**

[1] The experiment was conducted at SUT's poultry farm.

ที่มา: ดัดแปลงจาก Likitdecharote et al. (2012)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.4 สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่สายพันธุ์ต่าง ๆ (ไก่โคราช, ไก่พื้นเมือง × ไก่ไข่ และไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาว)[1]

Items	Korat chickens	Indigenous × Commercial layers	Indigenous chickens (Leung Hang Khoa)
Initial body weight, g	44.88 ± 3.67	39.93 ± 0.45	29.87 ± 0.14
Period 0–4 wk of age			
Body weight, g	400.11 ± 58.97	331.02 ± 2.28	245.02 ± 3.24
Average daily gain, g/d	12.69 ± 2.11	10.40 ± 0.08	7.68
Feed conversion ratio	1.66	1.82 ± 0.01	2.17 ± 0.05
Period 0–6 wk of age			
Body weight, g	696.96 ± 104.15	581.45 ± 6.79	458.53 ± 5.98
Average daily gain, g/d	15.53 ± 2.48	12.90 ± 0.16	10.20
Feed conversion ratio	1.88	2.15 ± 0.03	2.05 ± 0.05
Period 0–8 wk of age			
Body weight, g	1,045.57 ± 175.41	883.01 ± 12.99	652.08 ± 9.18
Average daily gain, g/d	17.87 ± 3.58	15.06 ± 0.23	11.11
Feed conversion ratio	2.04	2.31 ± 0.05	2.38 ± 0.07
Period 0–9 wk of age			
Body weight, g	1,240.61 ± 206.77	959.59 ± 11.54	–
Average daily gain, g/d	18.98 ± 3.28	–	–
Feed conversion ratio	2.13	2.66 ± 0.07	–
Period 0–10 wk of age			
Body weight, g	1,404.93 ± 242.15	1,092.93 ± 17.00	863.89 ± 12.62
Average daily gain, g/d	19.43 ± 3.46	15.40 ± 0.24	11.94
Feed conversion ratio	2.31	2.79 ± 0.05	3.95 ± 0.12

[1] The experiment was conducted at SUT's poultry farm.

ที่มา: ดัดแปลงจาก Likitdecharote et al. (2012)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ไก่โคราชเป็นไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% ที่สามารถส่งออกสู่ตลาดได้ภายใน 10–12 สัปดาห์ และคุณภาพเนื้อไก่นั้นยังคงใกล้เคียงกับไก่พื้นเมือง (Likitdecharote et al., 2012; Molee et al., 2015; Maliwan et al., 2017) โดยทั่วไปไก่โคราชเป็นที่รู้จักกันดีในเรื่องรสชาติที่ยอดเยี่ยม รสชาติที่เป็นเอกลักษณ์เนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น (โดยเฉพาะหลังการปรุงอาหาร) มีไขมันน้อยและมีปริมาณคอลลาเจนที่สูง (Pongjanla et al., 2014; Sangsawad et al., 2016; Maliwan et al., 2017) เป็นผลให้ราคาขายเนื้อไก่โคราชสูงกว่าเนื้อไก่เนื้อ ในประเทศไทยคิดเป็น 1.5–2.0 เท่าของไก่เนื้อ เนื่องจากเนื้อของไก่โคราชมีรสชาติที่ดีและปลอดภัยกว่าไก่เนื้อ (Pongjanla et al., 2014) สิ่งนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของความพึงพอใจของผู้บริโภค ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความแตกต่างของส่วนแบ่งการตลาดในประเทศไทย และประเทศเพื่อนบ้านในแถบเอเชียเมื่อเทียบกับประเทศแถบตะวันตกซึ่งส่วนใหญ่บริโภคไก่เนื้อ (Cheng et al., 2008)

2.3 ระดับความต้องการพลังงานและโปรตีนในอาหารไก่พื้นเมืองและไก่ลูกผสมพื้นเมือง

จากการรวบรวมข้อมูลผลการศึกษาระดับความต้องการพลังงานและโปรตีนในอาหารไก่พื้นเมือง และไก่ลูกผสมพื้นเมืองได้มีผู้ทำการศึกษาและแนะนำถึงระดับพลังงานและโปรตีนไว้ดังแสดงในตารางที่ 2.5 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลด้านระดับความต้องการพลังงานและโปรตีนในไก่ลูกผสมพื้นเมืองนั้น มีค่อนข้างน้อย และยังคงขาดข้อมูลด้านระดับความต้องการของกรดอะมิโน อีกทั้งส่วนใหญ่มักจะระบุความต้องการสารอาหารในช่วงอายุที่ค่อนข้างกว้าง ซึ่งอาจจะเป็นระดับของโภชนะที่ไม่ตรงความต้องการของตัวสัตว์ในช่วงอายุดังกล่าว

นอกจากนี้ นพวรรณ และคณะ (2541ข) ได้ทำการศึกษาผลของการให้อาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและลักษณะซากของไก่ลูกผสมพื้นเมือง 4 สายพันธุ์ (พื้นเมือง × เซี่ยงไฮ้ × โร้ด × บาร์; NSRB) และลูกผสม 5 สายพันธุ์ (พื้นเมือง × ไก่เนื้อ × เซี่ยงไฮ้ × โร้ด × บาร์; NASRB) โดยใช้ลูกไก่ NSRB และ NASRB อายุแรกเกิดคละเพศ จำนวนพันธุ์ละ 160 ตัว วางแผนการทดลองแบบ 2 × 4 factorial in CRD โดยมีปัจจัยที่ 1 คือ พันธุ์ไก่ 2 สายพันธุ์ คือ NSRB และ NASRB และปัจจัยที่ 2 คือ ระดับโปรตีน 4 ระดับ คือ 20, 18, 16 และ 14% ซึ่งสูตรอาหารทุกสูตรมีระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 3,000 kcal ME/kg ทำการทดลองตั้งแต่อายุแรกเกิดจนถึงขายส่งตลาด (ไก่มีน้ำหนักเฉลี่ย 1.5 กิโลกรัม) จากการทดลองพบว่าไก่ลูกผสมพื้นเมืองทั้ง 2 สายพันธุ์ สามารถให้อาหารที่มีโปรตีนตั้งแต่ระดับ 16–20% โดยไม่ทำให้ไก่มีการเจริญเติบโตและต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มแตกต่างกัน แต่ถ้าต้องการใช้เวลาในการเลี้ยงดูน้อยลงควรเลือกให้อาหารที่มีโปรตีน 20% โดยเฉพาะไก่ลูกผสม NASRB จะตอบสนองต่ออาหารที่มีโปรตีนสูงได้เป็นอย่างดี โดยไก่ลูกผสมพื้นเมือง 5 สายพันธุ์ (NASRB) ซึ่งได้รับการปรับปรุงพันธุ์ส่งผลให้เจริญเติบโตเร็วใช้เวลาในการเลี้ยงประมาณ 78–79 วัน สามารถทำน้ำหนักตัวได้ถึง 1.5 กิโลกรัม ในขณะที่ไก่ลูกผสม NSRB ต้องใช้เวลาเลี้ยงดูนานถึง 94–95 วัน

อย่างไรก็ตามไก่พื้นเมืองลูกผสมที่มีการพัฒนาสายพันธุ์ขึ้นในประเทศไทยนั้นมีหลายสายพันธุ์ด้วยกัน ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการโภชนะของไก่เหล่านี้มีค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลด้านความต้องการกรดอะมิโน ถึงแม้จะมีนักวิจัยจากหลายหน่วยงานที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความต้องการโภชนะ แต่ส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาถึงเพียงระดับพลังงานและโปรตีนเท่านั้น ไม่ได้เจาะลึกถึงระดับกรดอะมิโน โดยความต้องการพลังงานและโปรตีนของไก่แต่ละสายพันธุ์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.5 อีกทั้งหากพิจารณาจากข้อมูลความต้องการโภชนะของไก่เนื้อเชิงการค้าในปัจจุบันที่มีการตีพิมพ์เผยแพร่ทั่วไป จะเห็นได้ว่าความต้องการโภชนะต่าง ๆ ของไก่เหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างเป็นพลวัตตามพันธุกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปหรือได้มีการพัฒนาปรับปรุงสายพันธุ์นั่นเอง นอกจากนี้ยังต้องคำนึงสภาพแวดล้อมที่เกิดการเปลี่ยนแปลงไปอีกด้วย นอกจากนี้เป็นที่ทราบกันดีว่า ระดับโปรตีนในสูตรอาหารสามารถลดลงได้หากมีการเสริมกรดอะมิโนสังเคราะห์ เช่น เมทไธโอนีนและไลซีน เพื่อปรับสมดุลของกรดอะมิโนในสูตรอาหารให้ดีขึ้น (Hurwitz et al., 1998; Lesson, 2008; Dozier III et al., 2008) เช่นเดียวกับไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% หากได้ผลการศึกษาถึงความต้องการโภชนะทั้งระดับพลังงาน โปรตีน และได้ศึกษาเจาะลึกถึงระดับความต้องการกรดอะมิโน ก็น่าจะสามารถลดระดับโปรตีนในสูตรอาหารลงได้เช่นเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการที่จะลดต้นทุนค่าอาหารลง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.5 ความต้องการพลังงานและโปรตีนของไก่เนื้อ ไก่พื้นเมือง และไก่ลูกผสมพื้นเมือง

Reference	Chicken type	Age (week)	Energy and protein requirements
NRC (1994)	Broiler	0–3	3,200 kcal ME/kg, 23% CP
		3–6	3,200 kcal ME/kg, 20% CP
		6–8	3,200 kcal ME/kg, 18% CP
Leeson and Summers (2005)	Broiler	0–18 days	3,050 kcal ME/kg, 22% CP (starter)
		19–30 days	3,100 kcal ME/kg, 20% CP (grower)
		31–41days	3,150 kcal ME/kg, 18% CP (finisher)
		42 days + Withdrawal	3,200 kcal ME/kg, 16% CP
Daghir (2008)	Broiler	0–3	3,000 kcal ME/kg, 22% CP (starter)
		3–6	3,050 kcal ME/kg, 20% CP (grower)
		6-market	3,100 kcal ME/kg, 18% CP (finisher)
Arbor Acres (2009)	Arbor Acres	0–10 days	3,025 kcal ME/kg, 22–25% CP
		11–24 days	3,150 kcal ME/kg, 21–23% CP
		25–42 days	3,200 kcal ME/kg, 19–20% CP
		43 days-market	3,225 kcal ME/kg, 17–21% CP
นพวรรณ และคณะ (2534)	พื้นเมือง	0–4	2,800 kcal ME/kg, 20% CP
		4–8	2,800 kcal ME/kg, 18% CP
		8–12	2,800 kcal ME/kg, 16% CP
ไพโชค (2542)	พื้นเมือง	0–6	2,700 kcal ME/kg, 16% CP
		7–12	2,700 kcal ME/kg, 15% CP
		3–18	2,700 kcal ME/kg, 10–12% CP
Chaiyanukulkitti (1992)	Native chicken	0–4	2,800 kcal ME/kg, 20% CP
		4–8	2,800 kcal ME/kg, 18% CP
		8–12	2,800 kcal ME/kg, 16% CP
ปรัชญา และคณะ (2537)	ลูกผสมพื้นเมือง - เซี่ยงไฮ้	0–6	2,800 kcal ME/kg, 20% CP
		7–12	2,800 kcal ME/kg, 18% CP

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.5 ความต้องการพลังงานและโปรตีนของไก่เนื้อ ไก่พื้นเมือง และไก่ลูกผสมพื้นเมือง (ต่อ)

Reference	Chicken type	Age (week)	Energy and protein requirements
ศรีสกุล และ อาวุธ (2539)	ลูกผสมพื้นเมือง (NSRB)	0–6	3,000 kcal ME/kg, 20% CP
		6–12	3,000 kcal ME/kg, 18% CP
	พันธุ์สุวรรณ 6 (NSR)	12–16	3,000 kcal ME/kg, 16% CP
นพวรรณ และ คณะ (2541ก)	ลูกผสมพื้นเมือง (NSRB)	0–14	3,000 kcal ME/kg, 18.0% CP
นพวรรณ และ คณะ (2541ข)	ลูกผสมพื้นเมือง (NSRB)	0–14	2,600–3,000 kcal ME/kg, 17.4–19.8% CP
สุชน และคณะ (2543)	ลูกผสมพื้นเมือง (NRB)	0–5	2,900 kcal ME/kg, 21% CP
		6–10	2,900 kcal ME/kg, 17% CP
		11–13	2,600 kcal ME/kg, 15% CP
รุ่งรัตน์ และ คณะ (2544)	ลูกผสมพื้นเมือง (NRB)	6–10	2,900 kcal ME/kg, 17% CP - เพศผู้ 2,600 kcal ME/kg, 17% CP - เพศเมีย
บุญญวดี และ คณะ (2544)	ลูกผสมพื้นเมือง (NRB)	11–13	2,600 kcal ME/kg, 15% CP
มาโนช (2544)	ลูกผสมพื้นเมือง (NSRB)	0–8	2,800 kcal ME/kg, 18% CP
		8–16	2,800 kcal ME/kg, 18% CP
		16–22	3,100 kcal ME/kg, 12% CP
Chomchai et al. (2003)	Cross Bred (NASRB)	0–12	3,000 kcal ME/kg, 16.0–20.0% CP
Nguyen and Bunchasak (2005)	Betong	0–6	3,000–3,200 kcal ME/kg, 19.0% CP
Nguyen et al. (2010)	Betong	6–12	3,000 kcal ME/kg, 19% CP

หมายเหตุ: N = Native chicken; S = Shanghai chicken; R = Rhode Island Red chicken; B = Barred Plymouth Rock chicken; A = Arbor Acres chicken.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.4 พลังงาน

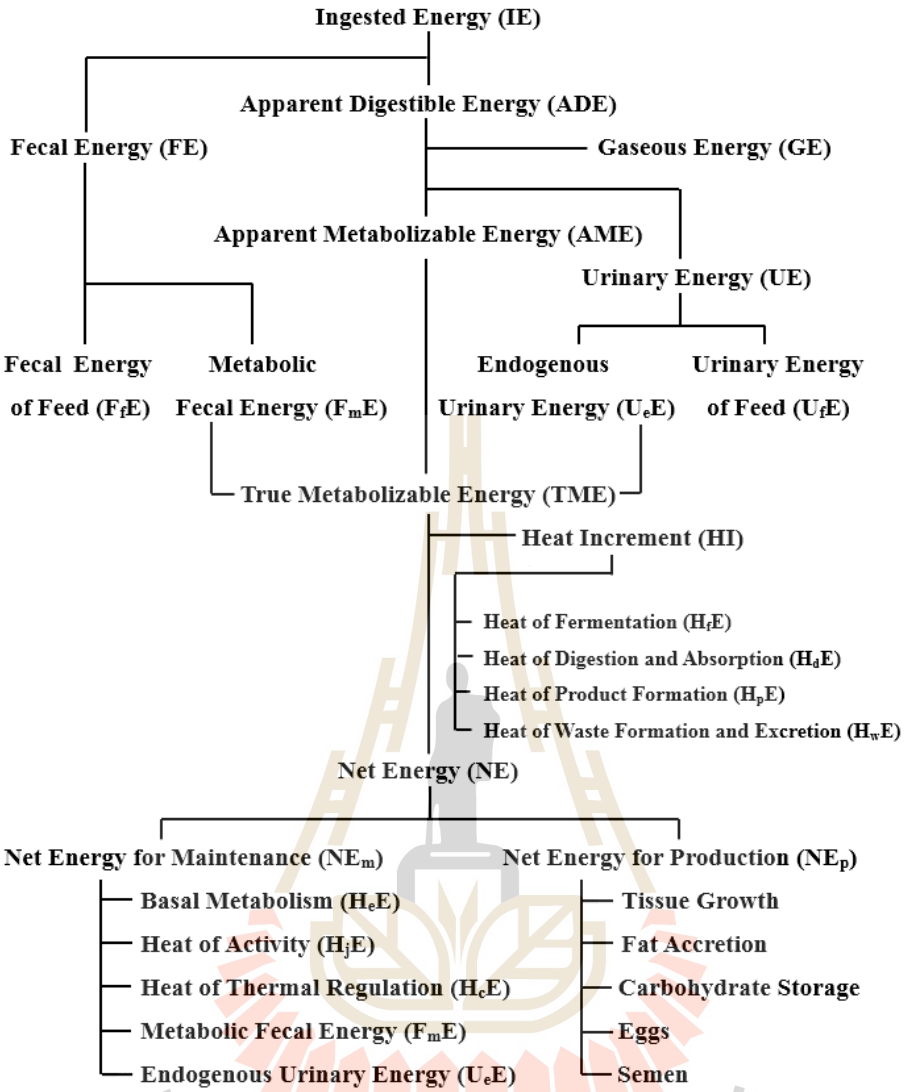
พลังงาน (energy) ไม่ใช่โภชนะแต่เป็นผลที่ได้จากกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน โดยคาร์โบไฮเดรตให้พลังงานประมาณ 4.2 kcal/g โปรตีน 5.6 kcal/g และไขมัน 9.4 kcal/g ในอาหารสัตว์แหล่งพลังงานหลักจะมาจากคาร์โบไฮเดรต พลังงานมีบทบาทสำคัญในการควบคุมปริมาณการกินอาหารของสัตว์ โดยสัตว์จะกินอาหารตามระดับพลังงานที่ต้องการ ซึ่งได้จากวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทธัญพืชต่าง ๆ เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง รำละเอียด มันสำปะหลัง ฯลฯ

โภชนะที่มีอยู่ในอาหารสัตว์ เมื่อสัตว์กินเข้าไปแล้วสัตว์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด แต่จะมีการสูญเสียในแต่ละขั้นตอนดังภาพที่ 2.1 การสูญเสียมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถในการย่อย ดูดซึม และนำไปใช้ประโยชน์ได้ของสัตว์ ดังนั้นปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้องขึ้นอยู่กับตัวสัตว์และคุณภาพของอาหาร (สุทิศา, 2552) การแบ่งส่วนพลังงานในอาหารสัตว์ประกอบด้วยพลังงานรวม (gross energy: GE) พลังงานย่อยได้ (digestible energy: DE) พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy: ME) และพลังงานสุทธิ (net energy: NE) สำหรับในสัตว์ปีกการประเมินพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้นั้นสามารถทำได้ง่ายกว่าพลังงานที่ย่อยได้ เนื่องจากสัตว์ปีกมีการขับถ่ายมูลและปัสสาวะรวมอยู่ด้วยกัน ดังนั้นค่าพลังงานที่ได้จากการคำนวณสูตรอาหารสำหรับสัตว์ปีกส่วนใหญ่จึงคิดจากฐานของค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (NRC, 1994; MacLeod, 2002; McDonald et al., 2011) แผนผังอธิบายการนำพลังงานไปใช้ในร่างกายไก่ ดังแสดงในภาพที่ 2.1

พลังงานในทางโภชนศาสตร์สัตว์นิยมใช้หน่วยวัดความร้อนที่เรียกว่า แคลอรี (cal) ซึ่งเทียบเท่ากับปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำจำนวน 1 กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 °C โดย 1 แคลอรี เท่ากับ 4.184 จูล (NRC, 1994; Scott et al., 1982; McDonald et al., 2011) ในปัจจุบันได้หันมาใช้หน่วยจูล (joule, J) แทนหน่วยแคลอรีเนื่องจากให้ค่าที่แน่นอนมากกว่าเพราะจูลจะใช้ความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระแสไฟฟ้า ในขณะที่แคลอรีบางครั้งอาจมีความแตกต่างกันได้ โดยเฉพาะหากวัดที่ระดับสูงจากน้ำทะเลไม่เท่ากัน แต่ทั้งนี้ทั้งแคลอรีและจูลสามารถคำนวณกลับกันได้แล้วแต่ผู้ใช้จะเลือกใช้ โดยที่ 1 จูล เท่ากับ 0.233 แคลอรี

2.4.1 ความต้องการพลังงานของสัตว์ปีก

สัตว์ปีกต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพและการให้ผลผลิต พลังงานในอาหารสัตว์ปีกจะแสดงในรูปของ kcal ME/kg diet โดยปกติสัตว์ปีกจะสามารถกินอาหารได้ในอัตราร้อยละ 10 ของน้ำหนักตัว (น้ำหนักแห้ง, dry matter basis) และสามารถปรับปริมาณการกินอาหารได้เพื่อให้ได้พลังงานที่เพียงพอต่อความต้องการ แต่อาหารต้องมีความเข้มข้นของระดับพลังงานในช่วง 2,700–3,300 kcal ME/kg นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีผลต่อความต้องการพลังงานของสัตว์ปีกด้วย ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาพแล้วล้อมที่สัตว์ปีกได้รับ (Scott et al., 1982; NRC, 1994; Lopez and Leeson, 2008)



ภาพที่ 2.1 แผนผังการใช้พลังงานประเภทต่าง ๆ ในสัตว์ปีก

ที่มา: Sibbald (1982)

พลังงานสุทธิที่ใช้ในการดำรงชีพ (NE_m) เป็นปริมาณพลังงานขั้นต่ำสุดที่สัตว์ต้องการเพื่อให้ร่างกายอยู่ในสภาพไม่สูญเสียและไม่ได้รับพลังงานเพิ่ม (energy equilibrium) ประกอบด้วยพลังงานพื้นฐาน (basal metabolism) เป็นปริมาณพลังงานที่ร่างกายต้องการขั้นต่ำสุดเพื่อดำรงสภาพการมีชีวิตอยู่ เพื่อช่วยให้เกิดปฏิกิริยาพื้นฐานภายในเซลล์ เช่น การหมุนเวียนของเลือด การหายใจ เป็นต้น การวัดอัตราการใช้พลังงานพื้นฐาน (basal metabolic rate; BMR) จะต้องวัดเมื่อสัตว์มีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรง ไม่เจ็บป่วย อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่สบายอุณหภูมิประมาณ 25 °C พักผ่อนแต่ไม่นอนหลับ และกินอาหารมื้อสุดท้าย

มาแล้วไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมง ซึ่งพลังงานสุทธิสำหรับการดำรงชีพในไก่ไข่โตเต็มวัยสามารถได้ตามสมการข้างล่าง (Scott et al., 1982; Latshaw and Bishop, 2004; Lopez and Lesson, 2005)

$$NE_m = 83 \times BW\ (kg)^{0.75} \qquad \text{(kcal/bird/day)}$$

โดยทั่วไปความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้จะสูงกว่าความต้องการพลังงานสุทธิประมาณ 18% ดังนั้นพลังงานสุทธิสำหรับการดำรงชีพ (NEm) จะอยู่ที่ประมาณ 82% ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ โดยมีสมการดังต่อไปนี้ (Scott et al., 1982)

$$NE_m = 0.82 \times ME_m \qquad \text{(kcal/bird/day)}$$

$$\text{และ } ME_m = \frac{NE_m}{0.82} \qquad \text{(kcal/bird/day)}$$

พลังงานสำหรับกิจกรรมที่จำเป็น ($ME_{activity}$) เป็นพลังงานที่สัตว์ใช้ในกิจกรรมที่จำเป็นสำหรับดำรงชีพ เช่น ลุกขึ้นยืน ล้มลงนอน กินอาหารและน้ำ ยืนพัก เป็นต้น ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับกิจกรรมของสัตว์ภายใต้สภาวะการเลี้ยงแบบปกติพลังงานในส่วนนี้ประมาณ 50% ของพลังงานพื้นฐาน (basal metabolism) (Scott et al., 1982; Lopez and Leeson, 2008) ซึ่งหากเลี้ยงสัตว์ปีกบนกรงพลังงานส่วนนี้จะลดลงเหลือประมาณ 30% แต่ถ้าหากเลี้ยงบนพื้นจะมีค่าประมาณ 50% (MacLeod et al., 1982; Boshouwers and Nicaise, 1985)

$$ME_{activity} = 0.50 \times ME_m \qquad \text{(kcal/bird/day)}$$

ความต้องการพลังงานเพื่อสร้างผลผลิตเป็นพลังงานที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต การสร้างผลผลิตไข่ และการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้ (Scott et al., 1982; Shyam Sunder et al., 2007)

$$ME_{egg} = 86 \times \frac{\text{Egg production}}{100} \qquad \text{(kcal/bird/day)}$$

ส่วนน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (BWG, g/d) ประกอบด้วยโปรตีน 18% (โปรตีน 1 กรัมเท่ากับ 4.0 kcal) และไขมัน 15% (ไขมัน 1 กรัมเท่ากับ 9.0 kcal)

$$ME_{growth} = (0.18 \times BWG \times 4) + (0.15 \times BWG \times 9) \qquad \text{(kcal/bird/day)}$$

ดังนั้น ความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมดของไก่ไข่ (การให้ผลผลิตไข่) คำนวณโดย

$$= MEm + ME_{activity} + ME_{egg} + ME_{growth} \qquad \text{(kcal/bird/day)}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมดของไก่เนื้อ (น้ำหนักตัว) คำนวณโดย

$$= ME_m + ME_{activity} + ME_{growth} \quad \text{(kcal/bird/day)}$$

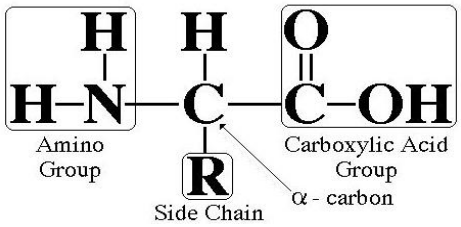
จากสมการข้างต้นปริมาณความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมดในอาหาร สามารถคำนวณได้โดย ปริมาณอาหารที่ไก่กินหรือปริมาณอาหารที่กินได้เฉลี่ยต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน) คำนวณดังนี้

$$= \frac{\text{Total ME requirements} \times 1{,}000}{\text{Average daily feed intake}}$$

2.5 โปรตีนและกรดอะมิโน

โปรตีน (protein) เป็นสารชีวโมเลกุลประเภทสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นพอลิเมอร์สายยาวของกรดอะมิโน ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) และไนโตรเจน (N) เป็นองค์ประกอบสำคัญ นอกจากนั้นยังมีธาตุอื่น ๆ เช่น ซัลเฟอร์ (S) ฟอสฟอรัส (P) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของโปรตีน (Pond et al., 2005; McDonald et al., 2011) โปรตีนพบในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดและมีบทบาทเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ในร่างกาย เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์และโพรโทพลาสซึมของเซลล์ เป็นโครงสร้างของผิวหนัง และขน โปรตีนช่วยในการเจริญเติบโต ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ช่วยในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถเคลื่อนไหวได้ เป็นสารสำคัญของร่างกาย เช่น ทำหน้าที่ในการลำเลียงออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ สร้างภูมิต้านทานให้แก่ร่างกาย รวมถึงช่วยกระตุ้นปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ให้กับร่างกาย (Pond et al., 2005; Kellems and Church, 2010)

กรดอะมิโน (amino acid) เป็นหน่วยย่อยของโปรตีน โครงสร้างของกรดอะมิโนมีองค์ประกอบหลักคือ หมู่คาร์บอกซิล (–COOH) และหมู่อะมิโน ($–NH_2$) ซึ่งจะอยู่ติดกับคาร์บอนอะตอมเดียวกัน เรียกว่า α-amino group (Pond et al., 2005; Wu, 2009; McDonald et al., 2011) โครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโนดังแสดงในภาพที่ 2.2 กรดอะมิโนที่พบเป็นองค์ประกอบของโปรตีนมี 20 ชนิด จำแนกตามความจำเป็นแก่ร่างกายแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acids) เป็นกลุ่มกรดอะมิโนที่สัตว์ปีกไม่สามารถสังเคราะห์ได้ หรือสังเคราะห์ได้แต่มีปริมาณไม่เพียงพอจำเป็นต้องได้รับจากอาหาร และ 2) กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (nonessential amino acids) ซึ่งเป็นกลุ่มกรดอะมิโนที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้จากกรดอะมิโนจำเป็น ดังนั้นการมีกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นอย่างเพียงพอในอาหาร จะช่วยลดการสังเคราะห์กรดอะมิโนกลุ่มดังกล่าวจากกรดอะมิโนจำเป็นได้อีกทางหนึ่ง (NRC, 1994) (ตารางที่ 2.6)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน

ตารางที่ 2.6 การแบ่งประเภทของกรดอะมิโน

Essential amino acids : EAA (indispensable amino acids)	**Non-essential amino acids : NEAA (dispensable amino acids)**
Arginine (Arg)	Alanine (Ala)
Histidine (His)	Aspartate or Aspartic acid (Asp)
Isoleucine (Ile)	Asparagine (Asn)
Leucine (Leu)	Glutamate or Glutamic acid (Glu)
Lysine (Lys)	Glutamine (Gln)
Methionine (Met)	Hydroxyproline
Phenylalanine (Phe)	Hydroxylysine[1]
Threonine (Thr)	Cystine[1] (Cys)
Tryptophan (Trp)	Cysteine (Cys)
Valine (Val)	Taurine (Tau)
	Tyrosine[1] (Tyr)
	Glycine[2] (Gly)
	Serine[2] (Ser)
	Proline[3] (Pro)

[1] Hydroxylysine, cystine and tyrosine are synthesized from lysine, methionine and phenyl-alanine, respectively.

[2] Amino acids required in addition to the essential amino acids by a chick for optimal or more rapid growth because of this synthesis may not be sufficient.

[3] When diets composed of crystalline amino acids are used, proline may be necessary to achieve maximum growth.

ที่มา: ดัดแปลงจาก Wu (2009)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.5.1 ความต้องการโปรตีนและกรดอะมิโนของสัตว์ปีก

ความต้องการโปรตีนในสัตว์ปีกโดยแท้จริงแล้วเป็นความต้องการกรดอะมิโน ซึ่งเป็นองค์ประกอบอยู่ในอาหารโปรตีน กรดอะมิโนมีบทบาทสำคัญหลายประการในร่างกายสัตว์เนื่องจากโปรตีนในร่างกายของสัตว์อยู่ในสภาวะแบบไดนามิกที่มีการสังเคราะห์และการย่อยสลายอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการได้รับกรดอะมิโนจากอาหารอย่างเพียงพอเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง หากร่างกายได้รับกรดอะมิโนไม่เพียงพอจะส่งผลให้สัตว์มีการเจริญเติบโตลดลง และมีการย่อยสลายโปรตีนจากเนื้อเยื่อที่มีความสำคัญน้อยกว่าไปรักษาเนื้อเยื่อของร่างกายที่มีความสำคัญกว่า (NRC, 1994) กรดอะมิโนจำเป็นสำหรับสัตว์ปีก คือ เมทไธโอนีน ไลซีน ทรีโอนีน อาร์จีนีน วาลีน ไอโซลิวซีน ทริปโตเฟน ฮีสติดีน ลิวซีน และฟีนิลอะลานีน (D'Mello, 2003) ดังนั้นการประกอบสูตรอาหารสำหรับสัตว์ปีกในปัจจุบันจึงควรคำนึงถึงสัดส่วนของโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นเพื่อให้เพียงพอต่อการสร้างกล้ามเนื้อ และการเจริญเติบโต ทั้งนี้อัตราส่วนที่เหมาะสำหรับกรดอะมิโนจำเป็นและกรดอะมิโนไม่จำเป็นคือ 55 : 45 (Bedford and Summers, 1985) ซึ่งสอดคล้องกับ Heger (2003) ที่แนะนำว่าสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับกรดอะมิโนจำเป็นต่อ กรดอะมิโนรวมควรอยู่ในช่วง 55–60

2.5.2 ความต้องการกรดอะมิโนไลซีนในสัตว์ปีก

ความต้องการกรดอะมิโนในอาหารของสัตว์ปีกขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อาหาร (ระดับโปรตีนและพลังงาน และปริมาณอาหารที่กิน) ปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม (โรค ความหนาแน่น พื้นที่ให้น้ำและอาหาร และความเครียดจากความร้อน) และปัจจัยจากตัวสัตว์ (อัตราการสร้างเนื้อหรือการสะสมไขมัน) อย่างไรก็ตามการประกอบสูตรอาหารโดยคำนึงถึงโปรตีนในอุดมคติ (ideal protein) จะช่วยลดผลกระทบที่เกิดจากความแปรปรวนของปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นได้ เหตุผลหลัก ๆ ในการเลือกศึกษาความต้องการกรดอะมิโนไลซีนซึ่งถือว่าเป็นกรดอะมิโนจำเป็นอันดับที่ 2 (second limiting amino acid) ในไก่พื้นเมืองก่อน คือ 1) ไลซีนไม่เหมือนกรดอะมิโนอื่น ๆ (เช่น เมทไธโอนีน ซีสตีน และทริปโตเฟน) เพราะไลซีนที่ดูดซึม (aborbed lysine) เข้าสู่ร่างกายได้จะนำไปใช้เพื่อการสะสมโปรตีนเท่านั้น 2) การวิเคราะห์ไลซีนในวัตถุดิบอาหารสัตว์หรือตัวอย่างทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก หรือต้องทำหลายขั้นตอนเหมือนกับทริปโตเฟนและกรดอะมิโนซัลเฟอร์ และ 3) มีข้อมูลจำนวนมากที่ได้ศึกษาความต้องการของไลซีนที่ย่อยได้ในสัตว์ปีก (Baker and Han, 1994) ด้วยเหตุผลดังกล่าวไลซีนจึงถูกคัดเลือกให้เป็นกรดอะมิโนอ้างอิง (reference amino acid) ตามหลักการของโปรตีนในอุดมคติ หรือ ideal protein ซึ่งมีการกำหนดความเข้มข้นของกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ ในอาหารในอัตราส่วนคงที่ต่อไลซีน โดยที่เมื่ออาหารมีความเข้มข้นของไลซีนที่เปลี่ยนไปกรดอะมิโนชนิดอื่น ๆ ในอาหารก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

งานวิจัยโดยส่วนใหญ่ที่ผ่านมา ทำการศึกษาความต้องการไลซีนโดยใช้เกณฑ์จากน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (NRC, 1994) อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าความต้องการไลซีนเพื่อเพิ่มน้ำหนักเนื้ออก (breast meat

yield) สูงกว่าความต้องการไลซีนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร และการเพิ่มน้ำหนักตัว (Han and Baker, 1993; Leclercq, 1998; Bernal et al., 2014) นอกจากนี้ Siqueira et al. (2013) ได้ศึกษาความต้องการไลซีนโดยดูจากการสะสมโปรตีนและไขมัน โดยเปรียบเทียบจากน้ำหนักเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งข้อมูลความต้องการกรดอะมิโนไลซีนเทียบกับความต้องการกรดอะมิโนชนิดอื่น ๆ ตามหลักการของ ideal protein ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.7 ส่วนความต้องการไลซีนของไก่เนื้อได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.8 อย่างไรก็ตามการศึกษาความต้องการไลซีนในไก่พื้นเมืองยังมีข้อมูลที่ศึกษาค่อนข้างน้อยอยู่ ส่วนความต้องการไลซีนที่รายงานโดย NRC (1994) ยังเป็นข้อมูลที่แสดงในรูปของความต้องการไลซีนทั้งหมด (total lysine) และเป็นการทดลองที่เกิดขึ้นมานานกว่า 20 ปี

ตารางที่ 2.7 รูปแบบความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นในไก่เนื้อที่แสดงเป็นสัดส่วนร้อยละกับไลซีน

Amino acid	NRC (1984)[1]	NRC (1994)[1]	Baker and Han (1994)[2]	Baker et al. (2002)[2]
Lys	100	100	100	100
Met	42	46	36	
Cys	36	36	36	
Met+Cys	78	82	72	
Thr	67	73	67	55.7
Arg	120	114	105	
Val	68	82	77	77.5
Ile	67	73	67	61.4
Try	19	18	16	16.6
His	29	32	37	
Phe	60	66	55	
Leu	113	109	111	
Tyr	52	56	50	
Pro	44	55	44	
Gly+Ser	124	114	65	

[1] Based on total amino acid; [2] Based on digestible amino acid

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.8 ความต้องการไลซีนที่ย่อยได้ (digestible lysine) ในไก่เนื้อ

Strain of chicken	Sexes	Age Period	Digestible Lys level (%)	Reference
Ross 708	Female	1–7 d	1.35	Dozier III and Payne (2012)
Hubbard x Cobb 500	Female	1–7 d	1.27	Dozier III and Payne (2012)
Ross x Ross	Female	0–14 d	1.27	Dozier III and Payne (2012)
Hubbard x Cobb 500	Female	0–14 d	1.18	Dozier III and Payne (2012)
Cobb 500	Male	0–21 d	0.95–1.01	Garcia et al. (2005)
Cobb 500	Male	0–21 d	1.19	Siqueira et al. (2013)
New Hampshire x Columbian	Male	8–21 d	1.21	Han and Baker (1991)
Hubbard x Hubbard	Male	8–21 d	1.21	Han and Baker (1991)
Cobb 500	Male	10–21 d	1.22	Bernal et al. (2014)
Cobb 500	Female	10–21 d	1.24	Bernal et al. (2014)
Ross x Ross TP16	Male	14–28 d	1.09	Dozier III et al. (2009)
Ross x Ross TP16	Female	14–28 d	0.98	Dozier III et al. (2009)
Cobb 500	Mixed	22–35 d	1.16	Bernal et al. (2014)
Ross × Ross	Male	22–43 d	0.85	Han et al. (1994)
Ross × Ross	Female	22–43 d	0.78	Han et al. (1994)
Ross × Ross TP16	Male	28–42 d	0.99	Dozier III et al. 2010
Cobb × Cobb 700	Male	28–42 d	0.97	Dozier III et al. 2010
Ross×Ross 308	Male	42–56 d	0.85	Corzo et al. (2006)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.6 โมเดลทางสถิติสำหรับใช้ประเมินความต้องการโภชนะในสัตว์

ในการทดสอบทางด้านโภชนศาสตร์สัตว์ พบว่าสัตว์มีการตอบสนองต่ออาหารที่ได้รับหลากหลายแบบ ลักษณะของกราฟที่เกิดจากตอบสนองของสัตว์ต่ออาหารได้สรุปไว้ในภาพที่ 2.3 การคัดเลือกกราฟเส้นโค้งให้เหมาะสมที่สุดสำหรับชุดข้อมูลที่ได้จากการทดลองแต่ละครั้งนั้นค่อนข้างยาก เนื่องมาจากความแปรปรวนของสัตว์แต่ละตัว พื้นที่เลี้ยง (กรง) และการให้อาหาร ลักษณะชุดข้อมูลที่ได้อาจกระจัดกระจายหรือเกาะกลุ่มกัน เพิ่มขึ้นจากน้อยไปมาก รวมถึงโภชนะที่ทำการศึกษาอาจมีผลไปจำกัดในการตอบสนองบางอย่างของสัตว์ เช่น สมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อสัตว์ได้รับสารอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการ พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาจะมีความเสถียรและคงที่ ซึ่งการตอบสนองต่าง ๆ ของสัตว์จะเกิดขึ้นสูงสุดหรือต่ำสุดเมื่อใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา นอกจากนี้หากมีการให้สารอาหารบางชนิดในระดับสูงเกินความต้องการ อาจส่งผลให้อาหารขาดความสมดุล หรืออาจก่อให้เกิดพิษ ส่งผลทำให้สมรรถนะการเจริญเติบโตลดลง (Gous, 1986; Pesti et al., 2009; Lamberson and Firman, 2002) ในขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์ข้อมูลการตอบสนองทางโภชนะที่ง่ายที่สุดนั้น อาจเป็นเพียงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ ด้วยวิธีการแบบ paired t-tests, Duncan's new multiple range tests (DMRT) หรือการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยทรีตเมนต์ด้วยวิธี orthogonal contrasts อย่างไรก็ตามวิธีการข้างต้นอาจไม่สามารถสรุประดับที่เหมาะสมได้อย่างแม่นยำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีระดับที่ทำการทดสอบอาจมี 2 ระดับหรือมากกว่าที่ไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำให้การสรุปผลส่วนใหญ่มักสรุปออกมาเป็นช่วงเท่านั้น (Pesti et al., 2009) นอกจากนี้วิธีง่าย ๆ อีกวิธีหนึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลการตอบสนองของสัตว์ต่อโภชนะที่ทำการศึกษา คือ การใช้โมเดลโพลีโนเมียล (polynomial model) ซึ่งส่วนใหญ่มักจะเป็นกำลังสองกับข้อมูล (quadratic) (Pesti et al., 2009)

ตามปกติเมื่อได้ข้อมูลจากการศึกษาแล้วจะต้องนำชุดข้อมูลเหล่านั้นมาทำการทดสอบเพื่อดูการตอบสนองของชุดข้อมูลต่อพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา และทำการคัดเลือกโมเดลที่เหมาะสม โดยทั่วไปแล้วโมเดลมี 2 ประเภท คือ สมการถดถอยแบบเส้นตรง และสมการถดถอยที่ไม่เชิงเส้น (Pesti et al., 2009; Ajinomoto, 2012)

1. โมเดลการถดถอยแบบเส้นตรง (linear regression) ใช้เพื่ออธิบายความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างสองตัวแปร เช่น เมื่อความเข้มข้นของโภชนะในอาหารเพิ่มขึ้น สมการเชิงเส้นในส่วนของสมรรถนะการเจริญเติบโตก็จะเพิ่มขึ้นตามบริบทที่ควรจะเป็น (ตารางที่ 2.9) ซึ่งความต้องการโภชนะสามารถประเมินได้โดยใช้ฟังก์ชันกำลังสอง (ซึ่งเป็นแบบจำลองเชิงเส้นเช่นเดียวกัน) แต่แบบจำลองนี้อาจไม่เหมาะสมถ้าหากพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาไม่ตอบสนองต่อโภชนะในระดับสูง (Robbins et al., 2006; Pesti et al., 2009; Ajinomoto, 2012)

2. โมเดลการถดถอยแบบไม่เป็นเส้นตรง (Non-linear regression models) มีหลากหลายโมเดล (ตารางที่ 2.9) เช่น quadratic polynomial (QP), broken-line linear (BLL) หรือ linear-plateau (LP), broken-line quadratic (BLQ) หรือ curvilinear-plateau (CLP), saturation kinetics model หรือ asymptotic model (ASY), compartmental model และ logistic model ซึ่งโมเดลเหล่านี้มักมีการนำมาใช้ในการประเมินความต้องการโภชนะ (Robbins et al., 2006; Vedenov and Pesti, 2008; Pesti et al., 2009; Ajinomoto, 2012)

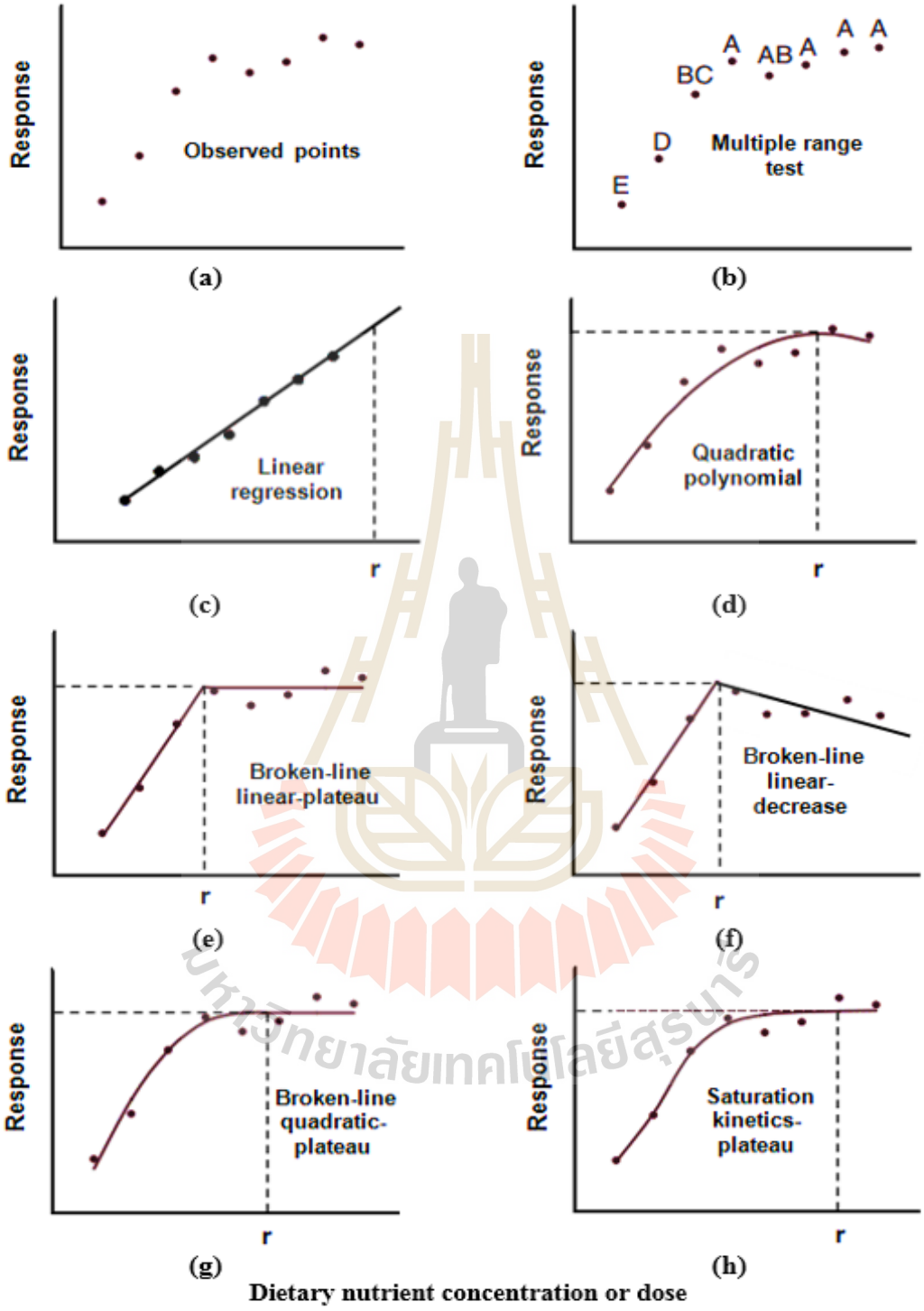
2.6.1 การเปรียบเทียบโมเดลทางสถิติเพื่อประเมินความต้องการโภชนะ

การเลือกโมเดลทางสถิติเพื่อประเมินความต้องการโภชนะเป็นส่วนที่มีความสำคัญ โมเดลที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้เพื่อประเมินความต้องการโภชนะ ควรมีผลรวมกำลังสองความคาดเคลื่อน (sum of squared error: SSE) น้อยที่สุดหรือต่ำสุด หรือมีค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (root mean square error, RMSE) ต่ำสุด และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination statistics, R^2) ที่สูง (Robbins et al., 2006; Vedenov and Pesti, 2008; Pesti et al., 2009; Ajinomoto, 2012; Patra, 2013)

$$R^2 = \frac{SST - SSE}{SST} \quad \text{หรือ} = \quad 1 - \left[\frac{SSE}{SST}\right]$$

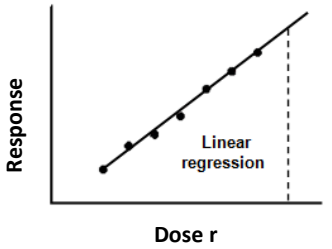
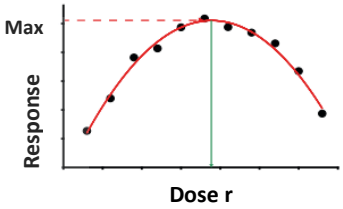
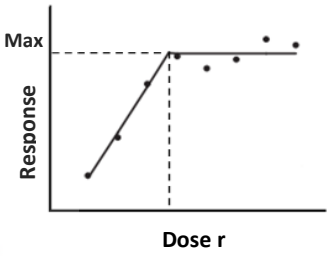
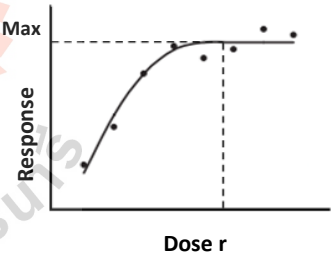
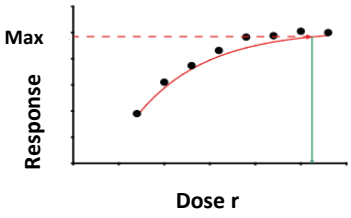
เมื่อ; SST = sum of squared total

อย่างไรก็ตามสมการถดถอย (regression) ที่มีการนำมาใช้เพื่อประเมินความต้องการโภชนะของสัตว์ปีก เช่น broken-line, quadratic และ quadratic broken-line regression models สำหรับใช้ศึกษาความต้องการพลังงาน โปรตีน กรดอะมิโน และวิตามินของสัตว์ปีก นอกจากนี้มีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาความต้องการโภชนะของสัตว์ปีกโดยใช้ broken-line model เมื่อความชันมีค่าเท่ากับ 0 (Robbins et al., 1979; Labadan et al., 2001; Lamberson and Firman, 2002; Sterling et al., 2002; Fan et al., 2008; Dozier III et al., 2008; 2009; 2010; Pesti et al., 2009; Xie et al., 2010; Strathe et al., 2011; Saki et al., 2012; Wang et al., 2013; Wen et al., 2014; Wickramasuriya et al., 2015) แต่อย่างไรก็ตามในการเลือกโมเดลที่เหมาะสมควรพิจารณาร่วมกับการได้มาซึ่งสมรรถนะการเจริญเติบโตหรือผลกำไรสูงสุด



ภาพที่ 2.3 กราฟแสดงโมเดลทางสถิติสำหรับใช้ประเมินความต้องการทางโภชนะ
ที่มา: ดัดแปลงจาก Pesti et al. (2009) และ Ajinomoto (2012)

ตารางที่ 2.9 โมเดลทางสถิติสำหรับกราฟการตอบสนองเพื่อประเมินความต้องการโภชนะ

Shape of the response	Type of model	Type of model
1. Increases linearly	Linear model : linear function $y = a + bx$	
2. Increases, then decreases after reaching a maximum response	Linear model : quadratic function $y = a + bx + cx^2$ $r = -b/2a$	
3. Increases and is stable after	Non-linear model : 1. Linear-plateau (LP) $y = l + u \times (r - x)$ for $x < r$ $y = l$ for $x \geq r$ (Broken-line linear)	
	2. Curvilinear-plateau (CLP) $y = l + u \times (r - x) \times (r - x)$ for $x < r$ $y = l$ for $x \geq r$ (Broken-line quadratic)	
	3. Asymptotic $y = l - a \times \exp^{(-bx)}$	

y represents the response, l = the maximum response, x = the dose;

r represents the requirement, a, b, c and u = parameters of the models to be estimated.

ที่มา: ดัดแปลงจาก Robbins et al. (2006) และ Ajinomoto (2012)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาความต้องการพลังงานของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50%

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการพลังงานของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% ในช่วงอายุ 0–12 สัปดาห์ ใช้ไก่โคราชเป็นตัวแทนในการศึกษา โดยแบ่งไก่ออกเป็น 4 ระยะคือ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์

3.1.1 สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่โคราช คละเพศ อายุ 1 วัน จำนวน 2,640 ตัว จากโรงฟักของฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วงอายุ ไก่ทุกตัวได้รับวัคซีนป้องกันโรคมาเร็กซ์ที่อายุ 1 วัน วัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิลและโรคหลอดลมอักเสบติดต่อที่อายุ 7 และ 21 วัน วัคซีนป้องกันโรคกัมโบโรที่อายุ 14 วัน และวัคซีนป้องกันโรคฝีดาษที่อายุ 35 วัน สำหรับไก่ที่ใช้ในการทดลองช่วงอายุ 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ จะทำการเลี้ยงไก่แต่ละช่วงจนถึงอายุ 21, 42 และ 63 วัน ตามลำดับ โดยใช้อาหารทางการค้าที่มีโปรตีน 21, 19, และ 17% สำหรับไก่ที่อายุ 0–3, 3–6 และ 6–9 สัปดาห์ ตามลำดับ ทำการเลี้ยงไก่ในโรงเรือนเปิดที่มีการระบายอากาศตามธรรมชาติ ใช้แกลบเป็นวัสดุรองพื้น มีน้ำและอาหารให้กินเต็มที่

ในการศึกษาแต่ละช่วงอายุจะทำการสุ่มไก่ทดลองแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 6 ซ้ำ เมื่อเข้าการทดลอง ใช้ไก่อายุ 1 วัน (720 ตัว, น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 38.99 กรัม), อายุ 21 วัน (720 ตัว, น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 277.88 กรัม), อายุ 42 วัน (624 ตัว, น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 795.51 กรัม) และ อายุ 63 วัน (576 ตัว, น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 1,264.77 กรัม) สำหรับช่วงอายุที่ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ ตามลำดับ มีไก่จำนวน 30, 30, 26 และ 24 ตัวต่อซ้ำ ตามลำดับ โดยเลี้ยงไก่ทดลองในคอกขนาด 1.75 x 2.40 เมตร ในแต่ละคอกมีถาดให้อาหารและมีระบบการให้น้ำอัตโนมัติแบบหัวหยด (nipple) ไก่ทุกตัวได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) ตลอดการทดลอง ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ในทุกช่วงการทดลอง

3.1.2 อาหารทดลอง

อาหารทดลองแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ซึ่งมีระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 2,750 2,900 3,050 และ 3,200 kcal ME/kg ส่วนโภชนะอื่น ๆ ในสูตรอาหาร ทำการคำนวณตามคำแนะนำของ NRC (1994) ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองในแต่ละช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.1, 3.2, 3.3 และ 3.4 ตามลำดับ โดยสูตรอาหารทดลองในแต่ละระยะการเจริญเติบโตมีรายละเอียดดังนี้

ช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ : พลังงาน 2,750 2,900 3,050 และ 3,200 kcal ME/kg

ช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ : พลังงาน 2,750 2,900 3,050 และ 3,200 kcal ME/kg

ช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ : พลังงาน 2,750 2,900 3,050 และ 3,200 kcal ME/kg

ช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ : พลังงาน 2,750 2,900 3,050 และ 3,200 kcal ME/kg

3.1.3 การบันทึกข้อมูลและลักษณะต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษา

1. บันทึกน้ำหนักตัว (body weight; BW) และปริมาณอาหารที่กิน (feed intake; FI) เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลองในแต่ละระยะการเจริญเติบโต (ที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 สัปดาห์) และบันทึกอัตราการตายทุกครั้งที่มีไก่ตายตลอดการทดลอง ข้อมูลที่ได้ใช้สำหรับการคำนวณน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (body weight gain; BWG) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (feed conversion ratio; FCR) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average dairy gain; ADG) ปริมาณพลังงานที่กิน (ME intake) ปริมาณโปรตีนที่กิน (protein intake) ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (energy efficiency ratio; EER) และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (feed cost per kg of BWG)

น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น = น้ำหนักตัวสิ้นสุด – น้ำหนักตัวเริ่มต้น (ในการทดลองแต่ละช่วงอายุ)

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น}}$$

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน} = \frac{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม)} \times 100}{\text{ปริมาณพลังงานที่กิน}}$$

ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน} \times \text{ราคาอาหาร}}{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่โคราช}}$$ หรือ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร × ราคาอาหาร

3.1.4 การวิเคราะห์ทางเคมี

1. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในวัตถุดิบอาหารสัตว์ ได้แก่ ความชื้น ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม ฟอสฟอรัส ตามวิธีการของ AOAC (1990) วิเคราะห์ไนโตรเจนด้วยวิธี Dumas combustion technique ตามวิธีของ AOAC (2006) โดยใช้เครื่อง rapid MAX N exceed, N/protein analyzer (Elementar Analysensysteme GmbH, Hanau, Germany) ใช้กรดแอสพาร์ติก (L-aspartic acid, Sigma-

Aldrich, St Louis, MO, USA) เป็นตัวเปรียบเทียบมาตรฐาน และคำนวณหาปริมาณโปรตีน (ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด × 6.25)

2. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ความชื้น ไขมัน เยื่อใยเถ้า แคลเซียม ฟอสฟอรัส (AOAC, 1990) วิเคราะห์ไนโตรเจนด้วยวิธี Dumas combustion technique (AOAC, 2006) และคำนวณหาปริมาณโปรตีน และวิเคราะห์พลังงานรวมตามวิธีของ AOAC (1990) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ค่าพลังงาน (bomb calorimeter, IKA รุ่น C6000, GmbH, Germany)

3.1.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ซึ่งมี 4 ระยะ (0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Tukey's post hoc test โดยใช้โปรแกรมสถิติ SAS (SAS Institute, 1996) และวิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละกลุ่มทดลองที่ $P<0.05$ นอกจากนี้ใช้ broken-line regression เพื่อประเมินความต้องการพลังงานของไก่โคราชโดยคำนวณตามวิธีของ Robbins et al. (2006) ตามสมการดังนี้

$$y = l + u\,(r - x)$$

เมื่อ; y = dietary energy level (kcal ME/kg)

r = requirement of dietary energy

l = the response at x = r

u = steepness of the curve

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับพลังงานแตกต่างกันสำหรับไก่โคราช ช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ (การทดลองที่ 1)

Items	Level of ME (kcal ME/kg)			
	2,750	2,900	3,050	3,200
Ingredient				
Corn	36.74	37.10	37.59	38.60
Soybean meal, 44% CP	31.20	32.25	33.30	34.43
Extracted rice bran	13.99	10.58	7.08	3.09
Rice bran oil	2.11	4.10	6.07	7.92
Full-fat soybean	4.00	4.00	4.00	4.00
Cassava pulp	3.00	3.00	3.00	3.00
Meat meal, 60% CP	6.00	6.00	6.00	6.00
Calcium carbonate, $CaCO_3$	0.80	0.80	0.80	0.80
Monocalcium phosphate, $Ca(H_2PO_4)_2$	0.85	0.85	0.85	0.85
DL-methionine	0.30	0.31	0.31	0.31
L-threonine	0.06	0.06	0.05	0.05
Salt	0.45	0.45	0.45	0.45
Premix[1]	0.50	0.50	0.50	0.50
Calculated composition, %				
Metabolizable energy, kcal ME/kg	2,750	2,900	3,050	3,200
Crude protein	23.00	23.00	23.00	23.00
Calcium	1.00	1.00	1.00	1.00
Available phosphorus	0.52	0.52	0.52	0.53
Digestible lysine	1.15	1.16	1.17	1.18
Digestible methionine	0.62	0.63	0.63	0.63
Digestible methionine + cystine	0.90	0.90	0.90	0.90
Digestible threonine	0.80	0.80	0.80	0.80
Digestible tryptophan	0.27	0.28	0.28	0.28
Analyzed composition, %				
Dry matter	91.43	91.55	91.15	91.09
Crude protein	23.99	23.97	23.82	23.96
Crude fiber	5.29	4.92	4.55	4.13
Ether extract	5.38	7.25	8.81	10.64
Ash	8.62	8.23	7.65	7.12
Nitrogen free extract	48.15	47.18	46.32	45.24
Price, Baht/kg	15.68	16.30	16.89	17.47

[1] Premix (0.5%) provided the following (per kg of diet) : vitamin A, 15,000 IU; vitamin D_3, 3,000 IU; vitamin E, 25 IU; vitamin K_3, 5 mg; vitamin B_1, 2 mg; vitamin B_2, 7 mg; vitamin B_6, 4 mg; vitamin B_{12}, 25 mg; pantothenic acid, 11.04 mg; nicotinic acid, 35 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 15 µg; choline chloride, 250 mg; Cu, 1.6 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับพลังงานแตกต่างกันสำหรับไก่โคราช ช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ (การทดลองที่ 1)

Items	Level of ME (kcal ME/kg)			
	2,750	2,900	3,050	3,200
Ingredient				
Corn	43.22	43.60	44.05	44.50
Soybean meal, 44% CP	23.49	24.52	25.57	26.62
Extracted rice bran	17.46	14.09	10.63	7.18
Rice bran oil	1.34	3.33	5.30	7.27
Full-fat soybean	2.00	2.00	2.00	2.00
Cassava pulp	4.00	4.00	4.00	4.00
Meat meal, 60% CP	6.00	6.00	6.00	6.00
Calcium carbonate, $CaCO_3$	0.71	0.71	0.71	0.71
Monocalcium phosphate, $Ca(H_2PO_4)_2$	0.60	0.60	0.60	0.60
DL-methionine	0.19	0.19	0.19	0.19
L-lysine	0.06	0.04	0.03	0.01
L-threonine	0.11	0.10	0.10	0.10
Salt	0.32	0.32	0.32	0.32
Premix[1]	0.50	0.50	0.50	0.50
Calculated composition, %				
Metabolizable energy, kcal ME/kg	2,750	2,900	3,050	3,200
Crude protein	20.00	20.00	20.00	20.00
Calcium	0.90	0.90	0.90	0.90
Available phosphorus	0.44	0.45	0.45	0.45
Digestible lysine	1.01	1.01	1.00	1.00
Digestible methionine	0.48	0.48	0.48	0.48
Digestible methionine + cystine	0.72	0.72	0.72	0.72
Digestible threonine	0.74	0.74	0.74	0.74
Digestible tryptophan	0.22	0.22	0.23	0.23
Analyzed composition, %				
Dry matter	91.53	91.34	90.94	90.83
Crude protein	20.91	20.83	20.90	20.72
Crude fiber	5.38	5.01	4.65	4.28
Ether extract	4.39	6.29	8.40	10.29
Ash	7.53	7.14	6.82	6.64
Nitrogen free extract	53.32	52.07	50.17	48.90
Price, Baht/kg	14.16	14.74	15.32	15.90

[1] Premix (0.5%) provided the following (per kg of diet) : vitamin A, 15,000 IU; vitamin D_3, 3,000 IU; vitamin E, 25 IU; vitamin K_3, 5 mg; vitamin B_1, 2 mg; vitamin B_2, 7 mg; vitamin B_6, 4 mg; vitamin B_{12}, 25 mg; pantothenic acid, 11.04 mg; nicotinic acid, 35 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 15 µg; choline chloride, 250 mg; Cu, 1.6 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.3 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับพลังงานแตกต่างกันสำหรับไก่โคราช ช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ (การทดลองที่ 1)

Items	Level of ME (kcal ME/kg)			
	2,750	2,900	3,050	3,200
Ingredient				
Corn	50.22	50.60	51.08	51.50
Soybean meal, 44% CP	18.41	19.44	20.50	21.56
Extracted rice bran	17.19	13.82	10.31	6.84
Rice bran oil	0.13	2.11	4.08	6.06
Full-fat soybean	1.00	1.00	1.00	1.00
Cassava pulp	5.00	5.00	5.00	5.00
Meat meal, 60% CP	6.00	6.00	6.00	6.00
Calcium carbonate, $CaCO_3$	0.55	0.55	0.55	0.55
Monocalcium phosphate, $Ca(H_2PO_4)_2$	0.48	0.48	0.48	0.48
DL-methionine	0.11	0.11	0.11	0.12
L-lysine	0.01	0.00	0.00	0.00
L-threonine	0.12	0.11	0.11	0.11
Salt	0.28	0.28	0.28	0.28
Premix[1]	0.50	0.50	0.50	0.50
Calculated composition, %				
Metabolizable energy, kcal ME/kg	2,750	2,900	3,050	3,200
Crude protein	18.00	18.00	18.00	18.00
Calcium	0.80	0.80	0.80	0.80
Available phosphorus	0.41	0.41	0.41	0.42
Digestible lysine	0.85	0.85	0.86	0.87
Digestible methionine	0.38	0.38	0.38	0.39
Digestible methionine + cystine	0.60	0.60	0.60	0.60
Digestible threonine	0.68	0.68	0.68	0.68
Digestible tryptophan	0.19	0.19	0.19	0.20
Analyzed composition, %				
Dry matter	90.70	90.66	91.04	90.80
Crude protein	18.83	18.82	18.89	18.92
Crude fiber	5.22	4.86	4.48	4.11
Ether extract	3.17	5.07	6.90	8.90
Ash	7.11	6.17	6.08	5.82
Nitrogen free extract	56.37	55.74	54.69	53.05
Price, Baht/kg	13.00	13.59	14.21	14.84

[1] Premix (0.5%) provided the following (per kg of diet) : vitamin A, 15,000 IU; vitamin D_3, 3,000 IU; vitamin E, 25 IU; vitamin K_3, 5 mg; vitamin B_1, 2 mg; vitamin B_2, 7 mg; vitamin B_6, 4 mg; vitamin B_{12}, 25 mg; pantothenic acid, 11.04 mg; nicotinic acid, 35 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 15 µg; choline chloride, 250 mg; Cu, 1.6 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.4 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับพลังงานแตกต่างกันสำหรับไก่โคราช ช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ (การทดลองที่ 1)

Items	Level of ME (kcal ME/kg)			
	2,750	2,900	3,050	3,200
Ingredient				
Corn	52.63	55.61	56.06	56.50
Soybean meal, 44% CP	13.27	14.58	15.63	16.66
Extracted rice bran	19.65	13.97	10.50	7.08
Rice bran oil	0.09	1.50	3.48	5.45
Cassava pulp	6.00	6.00	6.00	6.00
Meat meal, 60% CP	6.00	6.00	6.00	6.00
Calcium carbonate, $CaCO_3$	0.58	0.58	0.58	0.58
Monocalcium phosphate, $Ca(H_2PO_4)_2$	0.50	0.50	0.50	0.50
DL-methionine	0.16	0.16	0.16	0.16
L-lysine	0.16	0.15	0.14	0.13
L-threonine	0.19	0.18	0.18	0.17
Salt	0.27	0.27	0.27	0.27
Premix[1]	0.50	0.50	0.50	0.50
Calculated composition, %				
Metabolizable energy, kcal ME/kg	2,750	2,900	3,050	3,200
Crude protein	16.00	16.00	16.00	16.00
Calcium	0.80	0.80	0.80	0.80
Available phosphorus	0.40	0.40	0.41	0.41
Digestible lysine	0.85	0.85	0.85	0.85
Digestible methionine	0.41	0.41	0.41	0.41
Digestible methionine + cystine	0.60	0.60	0.60	0.60
Digestible threonine	0.68	0.68	0.68	0.68
Digestible tryptophan	0.16	0.16	0.16	0.17
Analyzed composition, %				
Dry matter	90.98	90.75	90.47	90.48
Crude protein	16.85	16.80	16.83	16.87
Crude fiber	5.32	4.73	4.36	3.99
Ether extract	2.62	3.97	6.31	8.04
Ash	7.17	6.33	6.22	5.94
Nitrogen free extract	59.02	58.92	56.75	55.64
Price, Baht/kg	12.47	13.01	13.61	14.20

[1] Premix (0.5%) provided the following (per kg of diet) : vitamin A, 15,000 IU; vitamin D_3, 3,000 IU; vitamin E, 25 IU; vitamin K_3, 5 mg; vitamin B_1, 2 mg; vitamin B_2, 7 mg; vitamin B_6, 4 mg; vitamin B_{12}, 25 mg; pantothenic acid, 11.04 mg; nicotinic acid, 35 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 15 µg; choline chloride, 250 mg; Cu, 1.6 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาความต้องการโปรตีนของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50%

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการโปรตีนของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% ใช้ไก่โคราชเป็นตัวแทนในการศึกษา โดยแบ่งไก่ออกเป็น 4 ช่วงอายุ คือ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ หลังจากนั้นทำการคัดเลือกระดับโปรตีนที่เหมาะสมที่สุด สำหรับไก่ลูกผสมพื้นเมืองดังกล่าวในแต่ละระยะของการเจริญเติบโต เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาในการทดลองที่ 3 ต่อไป

3.2.1 สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่โคราช คละเพศ อายุ 1 วัน จำนวน 3,300 ตัว จากโรงฟักของฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำหรับการจัดการไก่ทดลองในแต่ละช่วงอายุและการทำโปรแกรมวัคซีนมีวิธีการดำเนินงานเช่นเดียวกันกับหัวข้อที่ 3.1.1

ในการศึกษาแต่ละช่วงอายุจะทำการสุ่มไก่ทดลองแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 6 ซ้ำ เมื่อเข้าการทดลอง ใช้ไก่อายุ 1 วัน (900 ตัว, น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 43.34 กรัม), อายุ 21 วัน (900 ตัว, น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 275.59 กรัม), อายุ 42 วัน (780 ตัว, น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 748.90 กรัม) และอายุ 63 วัน (720 ตัว, น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 1,076.65 กรัม) สำหรับช่วงอายุที่ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ ตามลำดับ มีไก่จำนวน 30, 30, 26 และ 24 ตัวต่อซ้ำ ตามลำดับ โดยเลี้ยงไก่ทดลองในคอกขนาด 1.75 × 2.40 เมตร ในแต่ละคอกมีถาดให้อาหารและมีระบบการให้น้ำอัตโนมัติแบบหัวหยด ไก่ทุกตัวได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ตลอดการทดลอง ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในทุกช่วงการทดลอง

3.2.2 อาหารทดลอง

อาหารทั้งหมดมีการคำนวณองค์ประกอบของโภชนะให้เพียงพอตามความต้องการของสัตว์ ตามคำแนะนำของ NRC (1994) ยกเว้นระดับพลังงานของสูตรอาหารในแต่ละระยะอ้างอิงจากผลการทดลองที่ 1 คือ ในช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ มีระดับพลังงานให้ประโยชน์ได้เท่ากับ 2,978 3,151 3,200 และ 3,200 kcal ME/kg ตามลำดับ และคำนวณโดยใช้ค่าการย่อยได้ของกรดอะมิโน (ไลซีน เมทไธโอนีน ทรีโอนีน และทริพโตเฟน) (NRC, 1994; Ajinomoto, 1998) นอกจากนี้อาหารทดลองคำนวณให้มีสัดส่วนของกรดอะมิโนจำเป็นต่อโปรตีนเหมือนกันระหว่างอาหารแต่ละสูตร (Baéza et al., 2012) โดยใช้กรดอะมิโนสังเคราะห์ (ไลซีน เมทไธโอนีน และทรีโอนีน) ปรับเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการ ส่วนประกอบของอาหารทดลองดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.5, 3.6, 3.7 และ 3.8 โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ในแต่ละช่วงอายุตามสูตรอาหารที่กำหนดให้มีระดับโปรตีนที่แตกต่างกัน ดังนี้

ช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ สูตรอาหารมีระดับโปรตีน 19, 20, 21, 22, และ 23%

ช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ สูตรอาหารมีระดับโปรตีน 18, 19, 20, 21, และ 22%

ช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ สูตรอาหารมีระดับโปรตีน 16, 17, 18, 19, และ 20%

ช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ สูตรอาหารมีระดับโปรตีน 15, 16, 17, 18, และ 19%

3.2.3 การบันทึกข้อมูลและลักษณะต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษา

1. บันทึกน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลองในแต่ละระยะการเจริญเติบโต (ที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 สัปดาห์) และบันทึกอัตราการตายทุกครั้งที่มีไก่ตายตลอดการทดลอง ข้อมูลที่ได้ใช้สำหรับการคำนวณน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณพลังงานที่กิน ปริมาณโปรตีนที่กิน ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (protein efficiency ratio; PER) และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน} = \frac{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}{\text{ปริมาณโปรตีนที่กิน (กรัม)}}$$

2. เมื่อสิ้นสุดในแต่ละระยะการเจริญเติบโต (ที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 สัปดาห์) ทำการสุ่มเจาะเลือดไก่คอกละ 2 ตัว หลังการให้อาหาร 2 ชั่วโมง (Donsbough et al., 2010) โดยทำการเจาะเลือดบริเวณเส้นเลือด jugular vein หรือ wing vein ปริมาตร 3–5 มิลลิลิตร เก็บใส่ในหลอด clotted blood และเก็บไว้ในกล่องน้ำแข็ง นำหลอดตัวอย่างเลือดมาปั่นเหวี่ยงที่ 3,000xg เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นแยกเก็บซีรัมนำไปวิเคราะห์ blood urea nitrogen (BUN) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตอบสนองของไก่ต่อระดับโปรตีนที่เปลี่ยนแปลงไป และการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนของสูตรอาหารในแต่ละระยะการเจริญเติบโต

3.2.4 การวิเคราะห์ทางเคมี

1. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารทดลอง ได้แก่ ความชื้น ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม ฟอสฟอรัส ตามวิธีการของ AOAC (1990) วิเคราะห์ไนโตรเจนด้วยวิธี Dumas combustion technique ตามวิธีของ AOAC (2006) โดยใช้เครื่อง rapid MAX N exceed, N/protein analyzer (Elementar Analysensysteme GmbH, Hanau, Germany) ใช้กรดแอสพาร์ติก (L-aspartic acid, Sigma-Aldrich, St Louis, MO, USA) เป็นตัวเปรียบเทียบมาตรฐาน และคำนวณหาปริมาณโปรตีน (ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด × 6.25) และวิเคราะห์พลังงานรวมตามวิธีของ AOAC (1990) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ค่าพลังงาน (bomb calorimeter, IKA รุ่น C6000, GmbH, Germany)

2. วิเคราะห์ปริมาณ blood urea nitrogen ดัดแปลงจากวิธีการของ Mathies (1964)

ตารางที่ 3.5 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันสำหรับไก่โคราช ช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ (การทดลองที่ 2)

Items	Level of crude protein				
	19%	20%	21%	22%	23%
Ingredient					
Corn	53.79	50.25	46.63	43.02	39.45
Soybean meal, 44% CP	20.93	23.93	26.95	29.95	32.97
Rice bran oil	2.26	2.84	3.45	4.05	4.64
Extracted rice bran	7.08	7.08	7.08	7.08	7.08
Full-fat soybean	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Cassava pulp	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Meat meal, 60% CP	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Calcium carbonate, $CaCO_3$	0.92	0.92	0.90	0.90	0.88
Monocalcium phosphate, $Ca(H_2PO_4)_2$	0.75	0.70	0.70	0.68	0.66
DL-methionine	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31
L-lysine	0.06	0.04	0.03	0.02	0.00
L-threonine	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06
Salt	0.43	0.43	0.43	0.45	0.45
Premix[1]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Calculated composition, %					
Metabolizable energy, kcal ME/kg	2,978	2,978	2,978	2,978	2,978
Crude protein	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Calcium	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Available phosphorus	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
Digestible lysine	0.96	1.02	1.07	1.12	1.17
Digestible methionine	0.52	0.54	0.57	0.60	0.63
Digestible methionine + cystine	0.75	0.79	0.83	0.87	0.90
Digestible threonine	0.66	0.70	0.74	0.77	0.81
Digestible tryptophan	0.21	0.23	0.24	0.26	0.28
Analyzed composition, %					
Dry matter	90.70	90.63	90.49	90.15	90.22
Crude protein	19.46	20.48	21.42	22.41	23.48
Crude fiber	4.04	4.17	4.30	4.43	4.56
Ether extract	5.82	6.21	6.85	7.13	7.85
Ash	6.84	6.58	7.04	7.75	7.73
Nitrogen free extract	54.54	53.19	50.88	48.43	46.60
Price, Baht/kg	15.43	15.86	16.31	16.75	17.19

[1] Premix (0.5%) provided the following (per kg of diet) : vitamin A, 15,000 IU; vitamin D3, 3,000 IU; vitamin E, 25 IU; vitamin K3, 5 mg; vitamin B1, 2 mg; vitamin B2, 7 mg; vitamin B6, 4 mg; vitamin B12, 25 mg; pantothenic acid, 11.04 mg; nicotinic acid, 35 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 15 µg; choline chloride, 250 mg; Cu, 1.6 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.6 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันสำหรับไก่โคราช ช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ (การทดลองที่ 2)

Items	Level of crude protein				
	18%	19%	20%	21%	22%
Ingredient					
Corn	54.46	50.87	47.28	43.72	40.12
Soybean meal, 44% CP	19.35	22.35	25.37	28.37	31.38
Extracted rice bran	6.98	6.98	6.98	6.98	6.98
Rice bran oil	4.74	5.34	5.93	6.52	7.12
Full-fat soybean	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Cassava pulp	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Meat meal, 60% CP	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Calcium carbonate, $CaCO_3$	0.74	0.73	0.71	0.71	0.70
Monocalcium phosphate, $Ca(H_2PO_4)_2$	0.62	0.60	0.60	0.57	0.55
DL-methionine	0.16	0.17	0.19	0.20	0.22
L-lysine	0.05	0.04	0.02	0.01	0.00
L-threonine	0.09	0.10	0.10	0.10	0.11
Salt	0.31	0.32	0.32	0.32	0.32
Premix[1]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Calculated composition, %					
Metabolizable energy, kcal ME/kg	3,151	3,151	3,151	3,151	3,151
Crude protein	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00
Calcium	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Available phosphorus	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Digestible lysine	0.90	0.95	1.00	1.05	1.11
Digestible methionine	0.43	0.45	0.48	0.50	0.53
Digestible methionine + cystine	0.65	0.68	0.72	0.75	0.79
Digestible threonine	0.67	0.70	0.74	0.78	0.82
Digestible tryptophan	0.20	0.21	0.23	0.25	0.26
Analyzed composition, %					
Dry matter	90.51	90.53	90.66	90.46	90.46
Crude protein	18.49	19.75	20.58	21.53	22.69
Crude fiber	3.92	4.05	4.18	4.31	4.45
Ether extract	6.06	6.58	7.02	7.35	8.00
Ash	6.82	6.54	6.63	6.77	6.95
Nitrogen free extract	55.22	53.61	52.25	50.50	48.37
Price, Baht/kg	15.51	15.94	16.38	16.81	17.26

[1] Premix (0.5%) provided the following (per kg of diet) : vitamin A, 15,000 IU; vitamin D3, 3,000 IU; vitamin E, 25 IU; vitamin K3, 5 mg; vitamin B1, 2 mg; vitamin B2, 7 mg; vitamin B6, 4 mg; vitamin B12, 25 mg; pantothenic acid, 11.04 mg; nicotinic acid, 35 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 15 µg; choline chloride, 250 mg; Cu, 1.6 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.7 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันสำหรับไก่โคราช ช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ (การทดลองที่ 2)

Items	Level of crude protein				
	16%	17%	18%	19%	20%
Ingredient					
Corn	60.11	56.48	52.92	49.33	45.80
Soybean meal, 44% CP	15.28	18.30	21.30	24.31	27.32
Rice bran oil	4.65	5.26	5.85	6.44	7.02
Extracted rice bran	6.96	6.96	6.96	6.96	6.96
Full-fat soybean	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cassava pulp	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Meat meal, 60% CP	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Calcium carbonate, $CaCO_3$	0.62	0.60	0.60	0.60	0.58
Monocalcium phosphate, $Ca(H_2PO_4)_2$	0.38	0.38	0.35	0.33	0.30
DL-methionine	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14
L-lysine	0.06	0.05	0.03	0.02	0.00
L-threonine	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11
Salt	0.25	0.27	0.27	0.27	0.27
Premix[1]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Calculated composition, %					
Metabolizable energy, kcal ME/kg	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200
Crude protein	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
Calcium	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Available phosphorus	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
Digestible lysine	0.79	0.84	0.89	0.94	0.99
Digestible methionine	0.34	0.36	0.38	0.41	0.43
Digestible methionine + cystine	0.53	0.57	0.60	0.63	0.67
Digestible threonine	0.60	0.64	0.68	0.72	0.76
Digestible tryptophan	0.16	0.18	0.20	0.21	0.23
Analyzed composition, %					
Dry matter	90.54	90.61	90.61	90.55	90.67
Crude protein	16.64	17.70	18.77	19.73	20.79
Crude fiber	3.74	3.87	4.00	4.13	4.27
Ether extract	7.48	8.16	8.64	9.10	9.61
Ash	5.78	5.87	6.27	5.77	5.74
Nitrogen free extract	56.90	55.01	52.93	51.82	50.26
Price, Baht/kg	14.81	15.23	15.65	16.07	16.49

[1] Premix (0.5%) provided the following (per kg of diet) : vitamin A, 15,000 IU; vitamin D3, 3,000 IU; vitamin E, 25 IU; vitamin K3, 5 mg; vitamin B1, 2 mg; vitamin B2, 7 mg; vitamin B6, 4 mg; vitamin B12, 25 mg; pantothenic acid, 11.04 mg; nicotinic acid, 35 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 15 µg; choline chloride, 250 mg; Cu, 1.6 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.8 ส่วนประกอบของวัตถุดิบและโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันสำหรับไก่โคราช ช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ (การทดลองที่ 2)

Items	Level of crude protein				
	15%	16%	17%	18%	19%
Ingredient					
Corn	62.55	59.01	55.39	51.91	48.31
Soybean meal, 44% CP	12.54	15.54	18.56	21.54	24.56
Rice bran oil	4.20	4.78	5.39	5.95	6.55
Extracted rice bran	6.65	6.65	6.65	6.65	6.65
Full-fat soybean	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cassava pulp	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Meat meal, 60% CP	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Calcium carbonate, $CaCO_3$	0.64	0.62	0.62	0.60	0.60
Monocalcium phosphate, $Ca(H_2PO_4)_2$	0.42	0.40	0.38	0.34	0.32
DL-methionine	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13
L-lysine	0.07	0.05	0.03	0.02	0.00
L-threonine	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11
Salt	0.26	0.26	0.27	0.27	0.27
Premix[1]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Calculated composition, %					
Metabolizable energy, kcal ME/kg	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200
Crude protein	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00
Calcium	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Available phosphorus	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
Digestible lysine	0.73	0.78	0.83	0.88	0.93
Digestible methionine	0.31	0.34	0.36	0.38	0.41
Digestible methionine + cystine	0.50	0.53	0.57	0.60	0.63
Digestible threonine	0.57	0.60	0.64	0.68	0.72
Digestible tryptophan	0.15	0.16	0.18	0.20	0.21
Analyzed composition, %					
Dry matter	90.50	90.39	90.57	90.92	91.25
Crude protein	15.50	16.72	17.65	18.74	19.65
Crude fiber	3.70	3.83	3.96	4.09	4.23
Ether extract	7.62	8.25	8.50	8.85	9.39
Ash	7.13	6.31	5.80	5.80	5.88
Nitrogen free extract	56.55	55.28	54.66	53.44	52.10
Price, Baht/kg	14.53	14.94	15.35	15.75	16.16

[1] Premix (0.5%) provided the following (per kg of diet) : vitamin A, 15,000 IU; vitamin D3, 3,000 IU; vitamin E, 25 IU; vitamin K3, 5 mg; vitamin B1, 2 mg; vitamin B2, 7 mg; vitamin B6, 4 mg; vitamin B12, 25 mg; pantothenic acid, 11.04 mg; nicotinic acid, 35 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 15 µg; choline chloride, 250 mg; Cu, 1.6 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ซึ่งมี 4 ระยะ (0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Tukey's post hoc test โดยใช้โปรแกรมสถิติ SAS (SAS Institute, 1996) และวิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละกลุ่มทดลองที่ $P<0.05$ นอกจากนี้ยังใช้ broken-line regression เพื่อประเมินความต้องการพลังงานของไก่โคราชโดยคำนวณตามวิธีของ Robbins et al. (2006) ตามสมการดังนี้

$$y = l + u\,(r - x)$$

เมื่อ; y = BWG or FCR as dependent variable

x = dietary protein level (%) as independent variable

r = requirement of dietary protein

l = the response at x = r

u = the steepness of the curve

ในการศึกษานี้ y = l เมื่อ x > r

3.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50%

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาระดับความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% ใช้ไก่โคราชเป็นตัวแทนในการศึกษา แบ่งไก่ออกเป็น 4 ช่วงอายุ คือ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ ศึกษาผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ปริมาณกรดยูริกในเลือด และปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนที่สะสมในซากทั้งหมด (whole-body carcass)

3.3.1 สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่โคราช คละเพศ อายุ 1 วัน จำนวน 2,250 ตัว จากโรงฟักของฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำหรับการจัดการไก่ทดลองในแต่ละช่วงอายุและการทำโปรแกรมวัคซีนมีวิธีการดำเนินงานเช่นเดียวกันกับหัวข้อที่ 3.1.1 การศึกษาหาระดับความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ใช้ไก่โคราชจำนวน 2,046 ตัว โดยก่อนเริ่มการทดลองในแต่ละช่วงอายุได้ทำเก็บตัวอย่างไก่ จำนวน 18 ตัว ที่อายุ 1 วัน และจำนวน 16 ตัว ที่อายุ 21, 42 และ 63 วัน เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนที่สะสมในซาก (nitrogen and amino acids deposition in the whole-body) เมื่อเริ่มต้นก่อนการทดลอง และ

การศึกษาค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของกรดอะมิโน (true amino acid digestibility) ในอาหารทดลอง โดยใช้ไก่โคราชจำนวน 204 ตัว

การศึกษาหาระดับความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ของไก่โคราช ในช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ ใช้ไก่อายุ 1 วัน ทำการสุ่มไก่แบ่งเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 6 ซ้ำ ๆ ละ 18 ตัว (540 ตัว, น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 45.59 กรัม) สำหรับช่วงอายุที่ 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ ทำการสุ่มไก่แบ่งเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 6 ซ้ำ ๆ ละ 16 ตัว ใช้ไก่อายุ 21 วัน (480 ตัว, น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 275.59 กรัม) อายุ 42 วัน (480 ตัว, น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 748.90 กรัม) และอายุ 63 วัน (480 ตัว, น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 1,076.65 กรัม) ตามลำดับ โดยเลี้ยงไก่ทดลองในคอกขนาด 1.75 x 2.40 เมตร ในแต่ละคอกมีถาดให้อาหารและมีระบบการให้น้ำอัตโนมัติแบบหัวหยด ไก่ทุกตัวได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ตลอดการทดลอง ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในทุกช่วงการทดลอง

การศึกษาค่ามาตรฐานการย่อยได้ที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย (standardized ileal digestibility, SID) ของอาหารทดลอง โดยทำการสุ่มไก่ที่มีน้ำหนักตัวใกล้เคียงกันขึ้นเลี้ยงบนกรงย่อยได้ (metabolic cage) ทำการปรับไก่ตัวบนกรง 3 วัน ในระหว่างนี้ให้อาหารสูตรพื้นฐานสำหรับไก่ในแต่ละช่วงอายุหลังจากนั้นให้อาหารที่ไม่มีไนโตรเจน (nitrogen free diet) และอาหารที่มีกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในระดับต่ำสุด (0.87, 0.80, 0.69 และ 0.69%) ของแต่ละช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ ตามลำดับ มีระยะเวลาทดลอง 10 วัน (ในแต่ละช่วงอายุ) โดยใช้ไก่โคราชที่อายุ 12, 32, 54, และ 75 วัน จำนวน 96, 36, 48 และ 24 ตัว ตามช่วงระยะเวลาของการเจริญเติบโตที่ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ ตามลำดับ

3.3.2 อาหารทดลอง

อาหารทดลองทั้งหมดมีการคำนวณระดับพลังงานและโปรตีนในแต่ละระยะอ้างอิงจากผลการทดลองที่ 1 และ 2 คือ ช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 2,980, 3,150, 3,200 และ 3,200 kcal ME/kg ตามลำดับ และมีระดับโปรตีนเท่ากับ 21.26, 20.45, 18.00 และ 18.00% ตามลำดับ ส่วนโภชนะอื่น ๆ มีการคำนวณและปรับให้เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ตามคำแนะนำของ NRC (1994) สำหรับกรดอะมิโนมีการคำนวณให้ได้ปริมาณเป็นไปตาม ideal amino acid ที่แนะนำโดย NRC (1994) เพื่อจะได้มั่นใจว่ากรดอะมิโนจำเป็นทุกตัวเพียงพอ ยกเว้นระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ โดยในแต่ละช่วงอายุกำหนดให้มีระดับกรดอะมิโนไลซีนแตกต่างกัน แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

ช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ สูตรอาหารมีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ 0.87, 0.97, 1.07, 1.17 และ 1.27%

ช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ สูตรอาหารมีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ 0.80, 0.90, 1.00, 1.10 และ 1.20%

ช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ สูตรอาหารมีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ 0.69, 0.79, 0.89, 0.99 และ 1.09%

ช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ สูตรอาหารมีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ 0.69, 0.79, 0.89, 0.99 และ 1.09%

โดยค่ากรดอะมิโนที่ย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง เช่น ข้าวโพด กากถั่วเหลือง กากข้าวโพด (corn DDGS) และกลูเทนข้าวโพด (corn gluten meal) ฯลฯ พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์

การย่อยได้ (digestible coefficients) ของกรดอะมิโนตามการรายงานของ Ajinomoto Heartland LLC (2009) ส่วนประกอบของสูตรอาหารที่ไม่มีไนโตรเจนเพื่อใช้วัดค่าการสูญเสียกรดอะมิโนในร่างกาย (endogenous losses of amino acid) แสดงไว้ในตารางที่ 3.9

ส่วนประกอบของอาหารทดลองและองค์ประกอบทางโภชนะแสดงไว้ในตารางที่ 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14 และ 3.15 ซึ่งสูตรอาหารทดลองมีการใช้กรดอะมิโนกลูตามิก (L-glutamic acid) ปรับปริมาณไนโตรเจนของอาหารแต่ละสูตรให้เท่ากันในแต่ละช่วงอายุที่ทำการศึกษา

3.3.3 การบันทึกข้อมูลและลักษณะต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษา

1. บันทึกน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลองในแต่ละระยะการเจริญเติบโต (ที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 สัปดาห์) และบันทึกอัตราการตายทุกครั้งที่มีไก่ตายตลอดการทดลอง ข้อมูลที่ได้ใช้สำหรับการคำนวณน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว

2. เมื่อสิ้นสุดในแต่ละระยะการเจริญเติบโต (ที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 สัปดาห์) ทำการอดอาหารไก่เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นให้ไก่ได้กินอาหารอีกครั้งเป็นเวลา 20 นาที และหลังจากนั้น 2 ชั่วโมง จึงทำการสุ่มเจาะเลือดไก่คอกละ 4 ตัว (Wilson and Miles, 1988; Donsbough et al., 2010) โดยทำการเจาะเลือดบริเวณเส้นเลือด jugular vein หรือ wing vein ปริมาณ 3–5 มิลลิลิตร เก็บใส่ในหลอด lithium heparin และเก็บไว้ในกล่องน้ำแข็ง นำหลอดตัวอย่างเลือดมาปั่นเหวี่ยงที่ 1,734xg เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นแยกเก็บพลาสมาเพื่อนำไปวิเคราะห์กรดยูริกต่อไป

3. การเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนที่สะสมในซาก โดยทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี comparative slaughter คือการเปรียบเทียบซากเมื่อเริ่มและสิ้นสุดการทดลองในแต่ละระยะการเจริญเติบโต (Wolynetz and Sibbald, 1987) เมื่อสิ้นสุดในแต่ละระยะการเจริญเติบโต (ที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 สัปดาห์) ทำการสุ่มไก่จำนวน 4 ตัว (เพศผู้ 2 ตัว และเมีย 2 ตัว) ในแต่ละซ้ำ (คอก) โดยมีน้ำหนัก ± 5% จากค่าเฉลี่ยของแต่ละกรง ทำการอดอาหารเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อไม่ให้มีอาหารตกค้างในลำไส้ จากนั้นสลบไก่โดยการรมคลอโรฟอร์มและนำซากทั้งหมดไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 ℃ เพื่อรอวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป ไก่ที่ทำการแช่แข็ง (frozen chickens) ซึ่งเป็นไก่ทั้งตัวที่ประกอบด้วยขน เลือด หนัง กล้ามเนื้อ กระดูก และอวัยวะภายในทั้งหมด นำมารวมกันและสับให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อที่มีหัวบดขนาด 6.0 มิลลิเมตร โดยทำการบด 2 ครั้ง และนำตัวอย่างทั้งหมดมาผ่านการบดด้วยเครื่องบดเนื้อที่มีหัวบดขนาด 3.0 มิลลิเมตร อีก 1 ครั้ง เพื่อทำให้ซากไก่ทั้งตัวละเอียดและผสมเข้ากันได้ดี ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างประมาณ 350 กรัม นำไปแช่ไว้ที่อุณหภูมิ -40 ℃ เป็นเวลาข้ามคืน จากนั้นทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งด้วยเครื่อง Freeze Dryer (Gamma 2-16 LSC, Christ, UK) และวิเคราะห์หาน้ำหนักแห้ง นำตัวอย่างที่แห้งแล้วไปบดให้ละเอียดขนาด 1.0 มิลลิเมตร และเก็บรักษาไว้ที่ -20 ℃ เพื่อรอการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

ปริมาณไนโตรเจนและกรดอะมิโนในซากทั้งตัวทำการคำนวณดังสมการ:

Nitrogen deposition (g) = body nitrogen content of the end time – body nitrogen content of the beginning time

Amino acid deposition (g) = the whole-body amino acid content of the end of each experimental period – the whole-body amino acid content of the onset of each experimental period

4. ค่ามาตรฐานการย่อยได้ที่ลำไส้เล็กส่วนปลายของกรดอะมิโนในอาหารทดลองของไก่โคราช กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ต่ำที่สุดในแต่ละช่วงอายุ (0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์) ได้แก่ 0.87, 0.80, 0.69 และ 0.69% ตามลำดับ และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ไม่มีไนโตรเจน (ตารางที่ 3.9) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ไก่อายุ 20, 41, 62 และ 83 วัน) ทำการสลบไก่โดยใช้ Zoletil 100 (Virbac, Netherlands) จากนั้นเชือดและเปิดช่องท้องเพื่อเก็บสิ่งย่อยจากลำไส้เล็กส่วนปลาย (ileum digesta) ตำแหน่งของสิ่งย่อยที่เก็บจากลำไส้เล็กส่วนปลายตั้งแต่ Meckel's diverticulum จนก่อนถึงบริเวณ ileo-cecal junction 3 เซนติเมตร โดยดัดแปลงตามวิธีการของ Kim et al. (2011) ทำการเก็บตัวอย่างตั้งแต่ไก่ตายให้แล้วเสร็จภายในเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งด้วยเครื่อง Freeze Dryer (Gamma 2-16 LSC, Christ, UK) บดให้มีขนาดประมาณ 0.5 มิลลิเมตร และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °C เพื่อรอวิเคราะห์ทางเคมี และคำนวณตามสมการดังนี้

Apparent ileal digestibility (AID), %

= [1 – (titanium in diet / titanium in digesta) × (AA in digesta / AA in diet)] × 100

Basal ileal endogenous amino acid (EAA)

= AA concentration in ileal digesta × [titanium in diet / titanium in digesta]

Standardized ileal amino acid digestibility, %

= AID + [Basal EAA (g/kg DMI) / AA in the diet (g/kg DM)] × 100

เมื่อ; AID = Apparent ileal digestibility of the AA

Basal EAA = Basal endogenous AA loss

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.9 สูตรอาหารที่ไม่มีไนโตรเจน (nitrogen free diet)

Ingredient	Nitrogen free diet
Cornstarch	18.08
Dextrose	64.00
Cellulose	5.00
Soybean oil	5.00
Premix[1]	0.50
Sodium chloride	0.20
Choline chloride (69%)	0.12
Calcium carbonate	1.50
Monocalcium phosphate	1.90
Sodium Bicarbonate	2.00
Potassium chloride	1.20
Magnesium oxide	0.20
Titanium dioxide	0.30
Calculated composition, %	
Metabolizable energy, kcal ME/kg	3,150
Crude protein	0.00

[1] Premix (0.5%) provided the following (per kg of diet): vitamin A, 15,000 IU; vitamin D_3, 3,000 IU; vitamin E, 25 IU; vitamin K_3, 5 mg; vitamin B_1, 2 mg; vitamin B_2, 7 mg; vitamin B_6, 4 mg; vitamin B_{12}, 25 mg; pantothenic acid, 11.04 mg; nicotinic acid, 35 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 15 µg; choline chloride, 250 mg; Cu, 1.6 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg.

ตารางที่ 3.10 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้แตกต่างกันสำหรับไก่โคราชช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ (การทดลองที่ 3)

Item	Digestible lysine level				
	0.87%	**0.97%**	**1.07%**	**1.17%**	**1.27%**
Ingredient					
Corn	56.81	56.81	56.81	56.81	56.81
Soybean meal, 48% CP	25.01	25.01	25.01	25.01	25.01
Corn DDGS	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Rice bran oil	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24
Calcium carbonate	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79
Monocalcium phosphate	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54
Sodium chloride	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
Premix[1]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Glutamic acid, purity 99%	1.41	1.21	1.01	0.81	0.61
Corn starch	1.61	1.68	1.76	1.83	1.91
DL-Met, purity 99%	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
L-Lys HCl, purity 78%	0.00	0.13	0.25	0.38	0.50
L-Thr, purity98.5%	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
L-Arg, purity 99%	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
L-Ile, purity 99%	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
L-Val, purity 99%	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
L-Trp, purity 98.5%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Total	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**100.00**

[1] Premix contained the following nutrients (units are expressed per kg of diet): vitamin A, 15,000 IU; vitamin D3, 3,000 IU; vitamin E, 25 IU; vitamin K3, 5 mg; vitamin B1, 2 mg; vitamin B2, 7 mg; vitamin B6, 4 mg; vitamin B12, 25 mg; pantothenic acid, 11.04 mg; nicotinic acid, 35 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 15 µg; choline chloride, 250 mg; Cu, 1.6 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg.

DDGS = dried distiller's grains with solubles.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.11 องค์ประกอบทางโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้แตกต่างกันสำหรับไก่โคราชช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ (as-fed basis)

Item	Digestible lysine level				
	0.87%	**0.97%**	**1.07%**	**1.17%**	**1.27%**
Calculated composition[1], %					
Metabolizable energy, kcal ME/kg	2,980	2,980	2,982	2,980	2,984
Crude protein	21.26	21.26	21.26	21.26	21.26
Digestible Lys	0.87	0.97	1.07	1.17	1.27
Digestible Met	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
Digestible Met + Cys	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
Digestible Thr	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
Digestible Arg	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
Digestible Ile	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
Digestible Val	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
Digestible Leu	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62
Digestible His	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
Digestible Phe	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
Digestible Trp	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Calcium	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
Available phosphorus	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
Analyzed composition, %					
Dry matter	89.85	89.88	89.83	89.76	89.65
Crude protein	20.74	20.65	20.85	21.20	21.19
Crude fiber	2.89	2.95	2.94	2.90	2.93
Ether extract	4.18	4.27	4.20	4.23	4.13
Ash	5.28	5.29	5.25	5.24	5.25
Nitrogen free extract	56.76	56.72	56.59	56.19	56.15

[1] The values are calculated according to the values of feedstuffs (NRC 1994) except for crude protein and amino acids; CP is calculated from analyzed CP contents of feedstuffs; digestible amino acids are calculated by digestible coefficients (Ajinomoto Heartland LLC, 2009) and analyzed amino acid contents of the ingredients plus the values of synthetic amino acids (digestible coefficients = 100%).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.12 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้แตกต่างกันสำหรับไก่โคราชช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ (การทดลองที่ 3)

Item	Digestible lysine level				
	0.80%	**0.90%**	**1.00%**	**1.10%**	**1.20%**
Ingredient					
Corn	60.98	60.98	60.98	60.98	60.98
Soybean meal, 48% CP	22.90	22.90	22.90	22.90	22.90
Corn gluten meal, 60% CP	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Rice bran oil	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17
Calcium carbonate	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68
Monocalcium phosphate	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
Sodium chloride	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
Premix[1]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Glutamic acid, purity 99%	1.79	1.59	1.39	1.18	0.98
Cornstarch	3.55	3.62	3.70	3.78	3.85
DL-Met, purity 99%	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
L-Lys HCl, purity 78%	0.00	0.13	0.25	0.38	0.51
L-Thr, purity 98.5%	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
L-Arg, purity 99%	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
L-Ile, purity 99%	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
L-Val, purity 99%	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
L-Trp, purity 98.5%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Total	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**100.00**

[1] Premix contained the following nutrients (units are expressed per kg of diet): vitamin A, 15,000 IU; vitamin D3, 3,000 IU; vitamin E, 25 IU; vitamin K3, 5 mg; vitamin B1, 2 mg; vitamin B2, 7 mg; vitamin B6, 4 mg; vitamin B12, 25 mg; pantothenic acid, 11.04 mg; nicotinic acid, 35 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 15 µg; choline chloride, 250 mg; Cu, 1.6 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.13 องค์ประกอบทางโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้แตกต่างกันสำหรับไก่โคราชช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ (as-fed basis)

Item	Digestible lysine level				
	0.80%	0.90%	1.00%	1.10%	1.20%
Caculated composition[1], %					
Metabolizable energy, kcal ME/kg	3,150	3,152	3,153	3,154	3,155
Crude protein	20.45	20.45	20.45	20.45	20.45
Digestible Lys	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20
Digestible Met	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
Digestible Met + Cys	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
Digestible Thr	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
Digestible Arg	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
Digestible Ile	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
Digestible Val	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Digestible Leu	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68
Digestible His	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Digestible Phe	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
Digestible Trp	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
Calcium	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Available phosphorus	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Analyzed composition, %					
Dry matter	91.11	91.24	91.32	91.44	91.24
Crude protein	20.39	20.27	20.34	20.30	20.40
Crude fiber	2.09	2.17	2.12	2.01	2.06
Ether extract	4.86	4.89	4.86	4.86	4.80
Ash	5.25	5.22	5.27	5.29	5.28
Nitrogen free extract	58.52	58.69	58.73	58.98	58.70

[1] The values are calculated according to the values of feedstuffs (NRC 1994) except for crude protein and amino acids; CP is calculated from analyzed CP contents of feedstuffs; digestible amino acids are calculated by digestible coefficients (Ajinomoto Heartland LLC, 2009) and analyzed amino acid contents of the ingredients plus the values of synthetic amino acids (digestible coefficients = 100%).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.14 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้แตกต่างกันสำหรับไก่โคราชช่วงอายุ 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ (การทดลองที่ 3)

Item	Digestible lysine level				
	0.69%	**0.79%**	**0.89%**	**0.99%**	**1.09%**
Ingredient					
Corn	62.07	62.07	62.07	62.07	62.07
Soybean meal, 48% CP	20.40	20.40	20.40	20.40	20.40
Corn gluten meal, 60% CP	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
Rice bran oil	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51
Calcium carbonate	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
Monocalcium phosphate	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
Sodium chloride	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
Premix[1]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Glutamic acid, purity 99%	0.80	0.60	0.40	0.20	0.00
Cornstarch	6.07	6.14	6.22	6.29	6.37
DL-Met, purity 99%	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
L-Lys HCl, purity 78%	0.00	0.13	0.25	0.38	0.50
L-Thr, purity 98.5%	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
L-Arg, purity 99%	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
L-Ile, purity 99%	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
L-Val, purity 99%	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
L-Trp, purity98.5%	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Total	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**100.00**

[1] Premix contained the following nutrients (units are expressed per kg of diet): vitamin A, 15,000 IU; vitamin D3, 3,000 IU; vitamin E, 25 IU; vitamin K3, 5 mg; vitamin B1, 2 mg; vitamin B2, 7 mg; vitamin B6, 4 mg; vitamin B12, 25 mg; pantothenic acid, 11.04 mg; nicotinic acid, 35 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 15 µg; choline chloride, 250 mg; Cu, 1.6 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.15 องค์ประกอบทางโภชนะของสูตรอาหารทดลองที่มีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้แตกต่างกันสำหรับไก่โคราชช่วงอายุ 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ (as-fed basis)

Item	Digestible lysine level				
	0.69%	0.79%	0.89%	0.99%	1.09%
Calculated composition[1], %					
Metabolizable energy, kcal ME/kg	3,200	3,201	3,202	3,203	3,204
Crude protein	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Digestible Lys	0.69	0.79	0.89	0.99	1.09
Digestible Met	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
Digestible Met + Cys	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
Digestible Thr	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
Digestible Arg	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28
Digestible Ile	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Digestible Val	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Digestible Leu	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
Digestible His	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
Digestible Phe	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
Digestible His	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Calcium	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Available phosphorus	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Analyzed composition, %					
Dry matter	91.38	91.52	91.52	91.51	91.53
Crude protein	18.19	18.00	18.20	18.17	17.97
Crude fiber	1.96	2.02	1.98	2.05	1.93
Ether extract	5.19	5.09	5.12	5.11	5.07
Ash	4.96	5.02	4.93	5.06	4.93
Nitrogen free extract	61.08	61.39	61.29	61.12	61.63

[1] The values are calculated according to the values of feedstuffs (NRC 1994) except for crude protein and amino acids; CP is calculated from analyzed CP contents of feedstuffs; digestible amino acids are calculated by digestible coefficients (Ajinomoto Heartland LLC, 2009) and analyzed amino acid contents of the ingredients plus the values of synthetic amino acids (digestible coefficients = 100%).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3.4 การวิเคราะห์ทางเคมี

1. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารทดลอง ได้แก่ ความชื้น ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม ฟอสฟอรัส ตามวิธีการของ AOAC (1990) วิเคราะห์ไนโตรเจนด้วยวิธี Dumas combustion technique ตามวิธีของ AOAC (2006) โดยใช้เครื่อง rapid MAX N exceed, N/protein analyzer (Elementar Analysensysteme GmbH, Hanau, Germany) ใช้กรดแอสพาร์ติก (L-aspartic acid, Sigma-Aldrich, St Louis, MO, USA) เป็นตัวเปรียบเทียบมาตรฐาน และคำนวณหาปริมาณโปรตีน (ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด × 6.25) และวิเคราะห์พลังงานรวมตามวิธีของ AOAC (1990) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ค่าพลังงาน (bomb calorimeter, IKA รุ่น C6000, GmbH, Germany)

2. วิเคราะห์กรดอะมิโนในวัตถุดิบอาหารสัตว์ อาหารทดลอง ซากไก่ทั้งตัว และสิ่งย่อยจากลำไส้เล็กส่วนปลาย ดัดแปลงจากวิธีการของ AOAC (2000) (method No. 994.12) การเตรียมตัวอย่างโดยมีขั้นตอนการย่อย (hydrolysis) โดยใช้สารละลายกรดเข้มข้น (6 M HCl–phenol solution) ด้วยเครื่องไมโครเวฟ (Multiwave 3000, Anton Paar GmbH, London, UK) ภายใต้สภาวะก๊าซไนโตรเจน ที่อุณหภูมิ 150 °C เป็นเวลา 30 นาที มีการใช้ Norleucine (Sigma-Aldrich, St Louis, MO) เพื่อเป็นสารมาตรฐานภายใน (internal standard) และใช้ Oxidised hydrolysate standard, 2.5 mM, 23 amino acids (Biochrom 30, Biochrom Ltd., Cambridge Science Park, England) เป็นสารเปรียบเทียบมาตรฐาน ซึ่งประกอบด้วย L-Cysteic acid, Taurine, DL-Methionine sulfoxide, L-Methionine sulfone, L-Aspartic acid, L-Threonine, L-Serine, L-Glutamic acid, L-Proline, Glycine, L-Cystine, L-Valine, L-Methionine, L-Isoleucine, L-Tyrosine, L-Phenylalanine, L-Histidine, L-Ornithine, L-Lysine, Ammonia และ L-Arginine (Biochrom 30+, Cambridge, UK) การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคลิควิดโครมาโตกราฟีแบบแลกเปลี่ยนประจุ และเทคนิคการตรวจวัดสีของสารอนุพันธ์กรดอะมิโนกับนินไฮดริน (ninhydrin) ด้วยเครื่องวิเคราะห์กรดอะมิโน (Biochrom 30+ amino acid analyzer, Biochrom Ltd., Cambridge Science Park, England)

3. วิเคราะห์ไทเทเนียมออกไซด์ (titanium dioxide analysis) ทำการวิเคราะห์ปริมาณไทเทเนียมออกไซด์ในสูตรอาหารทดลองและในสิ่งย่อยจากลำไส้เล็กส่วนปลาย ตามวิธีการของ Short et al. (1996)

4. วิเคราะห์กรดยูริกในพลาสมาตามวิธีการของ Fossati et al. (1980)

3.3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ซึ่งมี 4 ระยะ (0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองโดยวิธี Tukey's post hoc test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(SAS Institute, 1996) และวิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละกลุ่มทดลองที่ $P<0.05$ นอกจากนี้ยังใช้ Broken-line methodology ประเมินความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ตามวิธีการของ Robbins et al. (2006) ดังสมการ

$$y = l + u (r - x)$$

เมื่อ; y = the dependent variable

x = dietary Lys level (%) as independent variable

r = requirement of dietary Lys

l = the response at x = r

u = the steepness of the curve

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ความต้องการพลังงานของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50%

4.1.1 ผลของระดับพลังงานในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์

ผลของระดับพลังงานในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% ซึ่งใช้ไก่โคราชเป็นโมเดลในการศึกษา ช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 โดยพบว่าระดับพลังงานในอาหารที่แตกต่างกัน (2,750 2,900 3,050 และ 3,200 kcal ME/kg) มีผลในการเปลี่ยนแปลงปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และปริมาณโปรตีนที่กินได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่ระดับพลังงานในอาหารไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณพลังงานที่กินได้ ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ($P>0.05$) ซึ่งปริมาณการกินอาหารลดลงตามระดับพลังงานในอาหารที่เพิ่มขึ้นจาก 2,750 ถึง 3,200 kcal ME/kg ($P<0.05$) โดยในไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงาน 2,750 kcal ME/kg มีการกินได้มากกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงาน 3,050 และ 3,200 kcal ME/kg ประมาณ 9.94 และ 13.98% ตามลำดับ แต่ปริมาณการกินได้ที่สูงขึ้นไม่มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว โดยปกติไก่สามารถปรับปริมาณการกินได้ตามความต้องการพลังงานของร่างกาย (Morris, 1968; Golian and Maurice, 1992; Leeson et al., 1993) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณพลังงานที่กินได้ในไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำและอาหารพลังงานสูง (2,750 vs. 3,200 kcal ME/kg) พบว่ามีค่าประมาณ 24 kcal (2.10%) โดยความแตกต่างดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ($P>0.05$) จากการศึกษาของ Leeson and Summers (2005) รายงานว่าไก่สามารถควบคุมปริมาณการกินอาหารได้เมื่ออาหารมีระดับพลังงานอยู่ในช่วง 2,700 ถึง 3,300 kcal ME/kg สอดคล้องกับการศึกษาของ Leeson et al. (1996) รายงานว่าสัตว์ปีกสามารถปรับปริมาณการกินอาหารได้ตามความเข้มข้นของระดับพลังงานในอาหารที่เปลี่ยนแปลงไป ถึงแม้ว่าระดับพลังงานในอาหารจะมีบทบาทสำคัญในการควบคุมการกินอาหาร (MacLeod, 2002) แต่ก็ยังมีปัจจัยอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องเช่นกัน เช่น ขนาดและอายุ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม แสงแดด กิจกรรม ระยะการเจริญเติบโตหรือให้ผลผลิต ความน่ากินของอาหาร ความเป็นพิษของอาหาร และปริมาณน้ำดื่ม (Ferket and Gernat, 2006; Duke, 1986) รวมถึงความแตกต่างของสายพันธุ์ (Richards and Proszkowiec-Weglarz, 2007)

จากการศึกษาระดับพลังงานในอาหารที่เพิ่มขึ้นจาก 2,750 เป็น 3,200 kcal ME/kg พบว่ามีผลทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น 13.41% แต่ไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (P=0.3981) จากที่กล่าวไว้ข้างต้นไก่สามารถปรับปริมาณการกินอาหารได้ตามความต้องการพลังงาน แต่อย่างไรก็ตามสารอาหารอื่น ๆ เช่น โปรตีนอาจจะได้รับมากเกินไปโดยเฉพาะในไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำ อาจส่งผลกระทบทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง ผลการศึกษาในครั้งนี้ให้ผลคล้ายคลึงกันกับการศึกษาในไก่เนื้อ เป็ดพื้นเมือง (Pekin ducks) นกกระทาญี่ปุ่น เป็ดพื้นเมืองของเกาหลี (Korean native ducklings) และไก่ลูกผสมพื้นเมือง (Nahashon et al., 2005; Ghaffari et al., 2007; Fan et al., 2008; Mosaad and Iben, 2009; Xie et al., 2010; Dozier III et al., 2011; Gheisari et al., 2011; Engku Azahan et al., 2011; Wickramasuriya et al., 2015) ถึงแม้ว่าในงานทดลองนี้ได้มีการปรับระดับพลังงานโดยใช้รำสกัดน้ำมัน ซึ่งมีความแตกต่างของปริมาณเยื่อใยประมาณ 1.12% แต่อย่างไรก็ตามปริมาณเยื่อใยในสูตรอาหารทดลองซึ่งอยู่ในช่วง 3.99–5.38% เป็นระดับที่ยังอยู่ในช่วงแนะนำสำหรับสัตว์ปีก โดย Latshaw (2008) รายงานว่าระดับเยื่อใยในอาหารที่เพิ่มขึ้นจาก 5.88 เป็น 9.78% ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินอาหารและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นระดับเยื่อใยในสูตรอาหารทดลองอาจไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่ขัดขวางการตอบสนองของไก่โคราชต่อระดับพลังงานที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.1 ผลของระดับพลังงานในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์

Items	Level of ME (kcal ME/kg)				SEM	P-value
	2,750	2,900	3,050	3,200		
FI, g/bird	415.7[a]	395.3[ab]	378.1[bc]	364.7[c]	7.02	0.0003
BW 1-d-old, g/bird	38.8	39.1	39.1	39.0	0.18	0.5696
BW 3-wk-old, g/bird	271.1	279.4	278.6	274.2	2.60	0.1155
BWG, g/bird	232.3	240.3	239.5	235.2	2.59	0.1313
ADG, g/bird/day	11.1	11.4	11.4	11.2	0.12	0.1344
FCR, g of feed/g of BWG	1.79[a]	1.64[b]	1.58[b]	1.55[b]	0.03	0.0001
ME intake, kcal/bird	1,143	1,146	1,153	1,167	21.04	0.8569
Protein intake, g/bird	99.7[a]	94.7[b]	90.1[bc]	87.4[c]	1.68	0.0002
EER, %	20.35	20.98	20.79	20.19	0.36	0.3981
Feed cost/BWG, Baht/kg	28.08	26.80	26.69	27.10	0.50	0.2174

หมายเหตุ: ME = metabolizable energy; EER = energy efficiency ratio

[a, b, c] Means within each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.1.2 ผลของระดับพลังงานในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์

ผลของระดับพลังงานในอาหาร ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% (ไก่โคราช) ในช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 โดยพบว่าระดับพลังงานในอาหารที่แตกต่างกัน (2,750 2,900 3,050 และ 3,200 kcal ME/kg) มีผลในการเปลี่ยนแปลงปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ปริมาณโปรตีนและพลังงานที่กินได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่ระดับพลังงานในอาหารไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ($P>0.05$) จากการศึกษาระดับพลังงานในอาหารไก่โคราชช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ แสดงให้เห็นว่าในไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำ (2,750 kcal ME/kg) มีปริมาณการกินอาหารสูงที่สุด ($P<0.05$) โดยที่ปริมาณการกินอาหารลดลงตามระดับพลังงานในอาหารที่เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามปริมาณการกินอาหารที่ต่างกันนี้ไม่มีผลกระทบต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ซึ่งให้ผลเหมือนกับการทดลองในช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อระดับพลังงานในอาหารเพิ่มขึ้นจาก 2,750 ถึง 3,200 kcal ME/kg ส่งผลให้มีการปรับปรุงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีขึ้น (ประมาณ 12.39%) เนื่องจากไก่มีการกินอาหารลดลง อย่างไรก็ตามในไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำไก่มีการปรับตัวโดยเพิ่มปริมาณการกินอาหาร ส่งผลทำให้ได้รับโปรตีนที่สูงขึ้นตามไปด้วย และอาจเป็นผลให้ไก่กลุ่มนี้มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวต่ำลง เนื่องจากการกินโปรตีนที่มากเกินไปก่อให้เกิดโปรตีนส่วนเกินหรือกรดอะมิโนที่ไม่สมดุล ซึ่งไก่จะไม่สามารถใช้ประโยชน์จากกรดอะมิโนส่วนเกินนี้ได้ ดังนั้นกรดอะมิโนส่วนเกินเหล่านี้จะถูกกำจัดและขับออกในรูปของกรดยูริก (Kamran et al., 2004) ซึ่งต้องสูญเสียพลังงานเพื่อนำไปใช้ในการเร่งปฏิกิริยาการขับออกของกรดอะมิโนส่วนเกิน (MacLeod, 1997) โดยทั่วไปกระบวนการเมแทบอลิซึมของโปรตีนจะก่อให้เกิดความร้อนสูงกว่าคาร์โบไฮเดรต และไขมัน (Scott et al., 1982; Klasing, 1998) ด้วยเหตุผลนี้จึงเป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่อาจทำให้ไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารพลังงานต่ำ (2,750 kcal ME/kg) มีประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง นอกจากนี้เป็นที่ทราบกันว่าระดับพลังงานและโปรตีนในอาหารที่เหมาะสมจะมีผลทำให้ไก่มีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น ในงานทดลองนี้เมื่อลดพลังงานในสูตรอาหารลงมีผลทำให้สัดส่วนของพลังงานและโปรตีนลดลงด้วย ซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ไก่มีประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง

ตารางที่ 4.2 ผลของระดับพลังงานในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์

Items	Level of ME (kcal ME/kg)				SEM	P-value
	2,750	2,900	3,050	3,200		
FI, g/bird	1,104[a]	1,056[b]	1,021[c]	989[d]	10.52	0.0001
BW 3-wk-old, g/bird	277.0	279.4	277.5	277.6	2.07	0.8432
BW 6-wk-old, g/bird	783.9	791.8	791.6	794.3	4.42	0.3925
BWG, g/bird	506.9	512.4	514.1	516.7	3.12	0.1883
ADG, g/bird/day	24.1	24.4	24.5	24.6	0.15	0.1843
FCR, g of feed/g of BWG	2.18[a]	2.06[b]	1.99[c]	1.91[d]	0.02	0.0001
ME intake, kcal/bird	3,036[b]	3,062[b]	3,113[ab]	3,166[a]	30.91	0.0356
Protein intake, g/bird	230.9[a]	219.9[b]	213.4[c]	205.0[d]	2.19	0.0001
EER, %	16.71	16.74	16.52	16.33	0.14	0.1659
Feed cost/BWG, Baht/kg	30.84	30.37	30.41	30.44	0.28	0.5493

หมายเหตุ: ME = metabolizable energy; EER = energy efficiency ratio

[a, b, c, d] Means within each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

4.1.3 ผลของระดับพลังงานในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์

ผลของระดับพลังงานในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% (ไก่โคราช) ในช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 โดยพบว่าระดับพลังงานในอาหารที่ต่างกันมีผลในการเปลี่ยนแปลงปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (P<0.05) แต่ไม่พบความแตกต่างดังกล่าวต่อน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณการกินได้ของโปรตีนและพลังงาน ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (P>0.05)

ปริมาณอาหารที่กินของไก่โคราชช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ ลดลงตามระดับพลังงานที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (2,750 ถึง 3,200 kcal ME/kg) โดยไก่โคราชที่ได้รับอาหารพลังงาน 2,750 kcal ME/kg มีปริมาณการกินอาหารสูงกว่าไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารพลังงาน 3,200 kcal ME/kg ประมาณ 8.15% แต่ไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณการกินได้ของโปรตีนและพลังงาน และประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ถึงแม้ไก่ที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำจะมีการปรับปริมาณการกินได้ให้สูงขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย แต่ด้วยลักษณะทางกายภาพหรือความจุของทางระบบเดินอาหารอาจ

ทำให้ไก่ไม่สามารถเพิ่มปริมาณการกินได้จนทำให้ได้รับพลังงานที่เพียงพอต่อความต้องการ (Griffiths et al., 1977; Hidalgo et al., 2004; Ferket and Gernat, 2006; Kamran et al., 2008a, b)

นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อระดับพลังงานในอาหารเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณการกินได้ของโปรตีนมีแนวโน้มลดลง (P=0.0526) ในขณะที่ปริมาณการกินได้ของพลังงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (P=0.0781) แต่ในทางกลับกันปริมาณการกินได้ของพลังงานในแต่ละวันของไก่โคราชที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานต่ำอาจยังไม่เพียงพอ ส่งผลทำให้น้ำหนักตัวมีแนวโน้มที่ลดลง (P=0.2052) ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวให้ผลเช่นเดียวกับการทดลองในช่วงอายุ 0–3 และ 3–6 สัปดาห์ ทั้งนี้เนื่องจากอาหารทดลองมีระดับโปรตีนเท่ากันทุกสูตร ดังนั้นในไก่กลุ่มที่มีปริมาณการกินอาหารได้สูงจึงส่งผลให้มีการกินได้ของโปรตีนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้การได้รับโปรตีนที่สูงเกินความต้องการของร่างกาย โดยเฉพาะในไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำอาจทำให้ไก่ต้องใช้พลังงานในกระบวนการเมแทบอลิซึมมากขึ้นเพื่อกำจัดโปรตีนหรือกรดอะมิโนส่วนเกิน และทำให้มีพลังงานเหลือน้อยลงสำหรับการเจริญเติบโต (Chen et al., 1999) โดยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในไก่กลุ่มที่รับอาหารพลังงานสูง (3,200 kcal ME/kg) ดีขึ้นประมาณ 14.29% อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการใช้พลังงานนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามระดับพลังงานในอาหารที่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากทั้งปริมาณพลังงานที่กินได้ และการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวในไก่ทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.3 ผลของระดับพลังงานในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์

Items	Level of ME (kcal ME/kg)				SEM	P-value
	2,750	2,900	3,050	3,200		
FI, g/bird	1,486[a]	1,476[a]	1,424[ab]	1,374[b]	27.63	0.0340
BW 6-wk-old, g/bird	799.3	794.6	797.4	790.7	5.06	0.6571
BW 9-wk-old, g/bird	1,283	1,302	1,308	1,312	15.02	0.5289
BWG, g/bird	483.3	507.6	511.0	521.2	12.44	0.2052
ADG, g/bird/day	23.0	24.2	24.3	24.8	0.59	0.2052
FCR, g of feed/g of BWG	3.08[a]	2.91[b]	2.79[c]	2.64[d]	0.03	0.0001
ME intake, kcal/bird	4,087	4,281	4,343	4,397	83.31	0.0781
Protein intake, g/bird	279.8	277.8	269.1	260.0	5.21	0.0526
EER, %	11.82	11.85	11.76	11.85	0.10	0.9111
Feed cost/BWG, Baht/kg	40.02	39.56	39.63	39.15	0.34	0.3731

หมายเหตุ: ME = metabolizable energy; EER = energy efficiency ratio

[a, b, c, d] Means within each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.1.4 ผลของระดับพลังงานในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์

ผลของระดับพลังงานในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% (ไก่โคราช) ในช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 โดยพบว่าระดับพลังงานในอาหาร (2,750 2,900 3,050 และ 3,200 kcal ME/kg) มีผลในการเปลี่ยนแปลงปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และการกินได้ของโปรตีนและพลังงาน ($P<0.05$) แต่ระดับพลังงานที่แตกต่างกันไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับพลังงานในอาหารที่เพิ่มขึ้น ($P=0.0501$) สำหรับไก่โคราชในกลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำมีน้ำหนักตัวที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มที่รับอาหารพลังงานสูง อาจเป็นเพราะไก่ได้รับพลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ถึงแม้ว่าไก่กลุ่มนี้มีการปรับปริมาณการกินอาหารให้สูงขึ้นก็ตาม แต่เนื่องจากข้อกำจัดลักษณะทางกายภาพของระบบทางเดินอาหาร อาจทำให้ไม่สามารถเพิ่มปริมาณการกินจนได้รับสารอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการ (Griffiths et al., 1977; Hidalgo et al., 2004) นอกจากนี้อาจเป็นเพราะปริมาณการกินได้ของโปรตีนที่มากเกินไปทำให้ไก่ต้องการพลังงานในกระบวนการเมแทบอลิซึมมากขึ้นเพื่อกำจัดโปรตีนหรือกรดอะมิโนส่วนเกินดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ส่งผลทำให้มีพลังงานเหลือน้อยลงสำหรับใช้เพื่อการเจริญเติบโต (Chen et al., 1999)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีขึ้นตามระดับพลังงานในอาหารที่เพิ่มขึ้น โดยไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงานสูง (3200 kcal ME/kg) มีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีที่สุดซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับไก่โคราชช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ โดยปริมาณพลังงานที่กินได้เพิ่มขึ้น ($P=0.0016$) และมีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้ที่ลดลง โดยพบว่าพลังงานที่กินได้เพิ่มขึ้นประมาณ 8.72% เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของพลังงานจาก 2,750 kcal ME/kg ไปเป็น 3,200 kcal ME/kg แต่อย่างไรก็ตามการลดปริมาณการกินอาหารของไก่โคราชในระยะนี้ก็ยังไม่สามารถชดเชยระดับพลังงานในอาหารที่เพิ่มขึ้นได้อย่างสมบูรณ์

ตารางที่ 4.4 ผลของระดับพลังงานในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์

Items	Level of ME (kcal ME/kg)				SEM	P-value
	2,750	2,900	3,050	3,200		
FI, g/bird	1,752[a]	1,663[b]	1,639[b]	1,637[b]	24.26	0.0098
BW 9-wk-old, g/bird	1,262	1,260	1,275	1,263	8.57	0.6176
BW 12-wk-old, g/bird	1,703	1,701	1,727	1,740	13.17	0.1462
BWG, g/bird	441.5	441.9	452.6	476.2	9.25	0.0501
ADG, g/bird/day	21.0	21.0	21.6	22.7	0.44	0.0502
FCR, g of feed/g of BWG	3.97[a]	3.77[b]	3.63[c]	3.44[d]	0.03	0.0001
ME intake, kcal/bird	4,817[b]	4,822[b]	4,999[b]	5,237[a]	72.53	0.0016
Protein intake, g/bird	295.2[a]	279.3[b]	275.8[b]	276.1[b]	4.08	0.0091
EER, %	9.16	9.16	9.05	9.09	0.09	0.7195
Feed cost/BWG, Baht/kg	49.52	48.95	49.32	48.86	0.46	0.7191

หมายเหตุ: ME = metabolizable energy; EER = energy efficiency ratio

[a, b, c, d] Means within each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

4.1.5 ผลการวิเคราะห์ Broken-line regression เพื่อประเมินความต้องการของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50%

ผลของการประเมินความต้องการพลังงานจากการวิเคราะห์ Broken-line regression ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% (ไก่โคราช) ในช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.5 จากผลการประเมินความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการใช้อาหาร พบว่าไก่โคราชในช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ มีความต้องการพลังงาน 2,978 kcal/kg หรือ 59 kcal/bird/d โดยมีสมการถดถอย คือ $y = 1.5658 + 0.00099 \times (2{,}978 - x)$ ไก่โคราชในช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ มีความต้องการพลังงาน 3,151 kcal/kg หรือ 152 kcal/bird/d โดยมีสมการถดถอย คือ $y = 1.9150 + 0.00064 \times (3{,}151 - x)$ สำหรับไก่โคราชในช่วงอายุ 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ มีความต้องการพลังงานสำหรับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เหมาะสม คือ 3,200 kcal/kg หรือมีความต้องการพลังงานในแต่ละวันเท่ากับ 209 และ 249 kcal/bird/d ตามลำดับ โดยมีสมการถดถอยที่ทำนายความต้องการพลังงาน คือ $y = 2.6367 + 0.00097 \times (3{,}200 - x)$ และ $y = 3.4400 + 0.00116 \times (3{,}200 - x)$ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 ความต้องการพลังงานของไก่โคราชช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ จากการวิเคราะห์ด้วย broken-line regression

Items	Regression equations[1]	Estimated Requirement[1]	SE	P-value	R^2
0–3 wk					
FCR	y = 1.5658 + 0.00099 × (2,978 – x)	2,978	52.70	0.0001	0.65
3–6 wk					
FCR	y = 1.9150 + 0.00064 × (3,151 – x)	3,151	45.78	0.0001	0.85
6–9 wk					
FCR	y = 2.6367 + 0.00097 × (3,200 – x)	3,200	47.38	0.0001	0.89
9–12 wk					
FCR	y = 3.4400 + 0.00116 × (3,200 – x)	3,200	54.18	0.0001	0.86

[1] The linear broken-line model is y = l + u × (r – x), where y = FCR; x = dietary ME level (kcal ME/kg); r = Requirement of dietary ME; l = the response at x = r; and u = the steepness of the curve. In this model, y = l when x > r.

FCR = feed conversion ratio

จากผลการศึกษาพบว่าไก่โคราชในแต่ละช่วงอายุมีความต้องการพลังงานสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไก่ลูกผสมพื้นเมืองสายพันธุ์อื่น ๆ ตามการรายงานของ Tangtaweewipat et al. (2000); Pingmuang et al. (2001); Polsiri (2001) และ Nguyen et al. (2010) โดยมีความต้องการพลังงานอยู่ในช่วง 2,800–2,900 kcal ME/kg สำหรับไก่อายุ 0–3 และ 3–6 สัปดาห์ และ 2,800–3,000 kcal ME/kg สำหรับไก่อายุ 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ ในขณะที่ไก่โคราชในช่วงอายุ 0–3 และ 3–6 สัปดาห์ มีความต้องการพลังงานต่ำกว่าไก่เนื้อ แต่ไก่โคราชช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ มีความต้องการพลังงานเท่ากับไก่เนื้อ (3,200 kcal ME/kg of diet) (NRC, 1994; Leeson and Summers, 2005) โดยไก่เนื้อมีความต้องการพลังงานในแต่ละวันสูงกว่าไก่โคราชประมาณ 2.28 ถึง 2.83 เท่าในทุกช่วงอายุ (134 vs. 59, 395 vs. 152 และ 592 vs. 209 kcal/bird/d ช่วงอายุ 0–3, 3–6 และ 6–9 สัปดาห์ ตามลำดับ) โดยปกติแล้วไก่เนื้อมีปริมาณการกินอาหารสูงกว่าไก่โคราชประมาณ 2–3 เท่า เพื่อให้ได้ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตเนื้อสูงสุด ซึ่งความต้องการพลังงานของไก่โคราชต่อกรัมของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ คือ 5.15, 6.20, 8.44 และ 11.00 kcal/g of BWG ตามลำดับ ในขณะที่ความต้องการพลังงานของไก่เนื้อที่ช่วงอายุ 0–3, 3–6 และ 6–9 สัปดาห์ คือ 4.61, 6.57 และ 9.70 kcal/g of BWG ตามลำดับ (NRC, 1994)

จากการศึกษาของ Lopez and Leeson (2005) รายงานว่าความต้องการพลังงานของไก่เนื้อที่อายุ 2, 4 และ 6 สัปดาห์ คือ 5, 7 และ 7 kcal/g of BWG ตามลำดับ

นอกจากนี้พันธุกรรมก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ไก่แต่ละสายพันธุ์มีความต้องการพลังงานแตกต่างกัน โดยไก่มีความต้องการพลังงานในแต่ละวันเพื่อดำรงชีพและการเจริญเติบโต ในปัจจุบันไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้ามีความต้องการพลังงานที่สูงเพื่อตอบสนองการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว (Pym, 1990; NRC, 1994; Klasing, 1998; Zhao et al., 2009) สอดคล้องกับ Emmans and Fisher (1986) ที่รายงานว่าอัตราการเจริญเติบโตของไก่ขึ้นอยู่กับศักยภาพทางพันธุกรรม นอกจากนี้ไก่มีความต้องการพลังงานสูงขึ้น ตามอายุที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากไก่ที่อายุมากมีความต้องการพลังงานสูงเพื่อใช้ในการดำรงชีพ กระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกาย การสร้างความอบอุ่น การระบายความร้อน และกิจกรรมต่าง ๆ ที่จำเป็น เป็นต้น (NRC, 1994; Sales and Du Preez, 1997)

4.2 ความต้องการโปรตีนของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50%

4.2.1 ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์

การศึกษาความต้องการโปรตีนของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% (ไก่โคราช) ช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ พบว่าไก่โคราชมีน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และปริมาณโปรตีนที่กินได้เพิ่มขึ้น แต่ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนลดลงตามระดับการเพิ่มขึ้นของโปรตีนในอาหาร ($P<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างในส่วนของปริมาณอาหารและพลังงานที่กินได้ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และปริมาณยูเรียในเลือด (BUN) ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.6 โดยพบว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 21, 22 และ 23% มีน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 19 และ 20% ($P<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากอาหารที่มีโปรตีนต่ำอาจมีกรดอะมิโนไม่เพียงพอต่อการสังเคราะห์โปรตีนของกล้ามเนื้อ จึงส่งผลให้ไก่มีอัตราการเจริญเติบโตลดลง (Baéza et al., 2012; Gheorghe et al., 2013; Malomo et al., 2013) ถึงแม้ว่าการเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารจาก 19% ไปเป็น 23% จะสามารถเพิ่มน้ำหนักตัวไก่ได้ประมาณ 5% แต่ไม่พบความแตกต่างดังกล่าวในอาหารโปรตีน 21, 22 และ 23% ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่าอาหารที่มีระดับโปรตีน 21% เพียงพอสำหรับไก่โคราชเพื่อนำไปใช้ในการสร้างการเจริญเติบโต

ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนในไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีนต่ำดีกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีนสูง (22 และ 23%) ถึงแม้ว่ากลไกดังกล่าวยังไม่แน่ชัดแต่อาจเนื่องมาจากอาหารทดลองในทุกกลุ่มการทดลองมีการคำนวณให้มีสัดส่วนของกรดอะมิโนต่อปริมาณโปรตีนที่เท่ากัน นอกจากนี้อาหารทุกสูตรยังมีสัดส่วนของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดในสัดส่วนที่เหมาะสม คือ 0.58, 0.59, 0.59, 0.59 และ

0.60 ในอาหารที่มีโปรตีน 19, 20, 21, 22 และ 23% ตามลำดับ ซึ่งสัดส่วนดังกล่าวอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ระหว่าง 0.55–0.60 ต่อการเจริญเติบโตตามคำแนะนำของ Heger (2003) ถึงแม้ว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีนต่ำจะมีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงแต่ไก่กลุ่มดังกล่าวก็มีน้ำหนักตัวที่ต่ำ อาจเนื่องมาจากในสูตรอาหารดังกล่าวมีปริมาณกรดอะมิโนไม่เพียงพอต่อความต้องการเพื่อการเจริญเติบโตสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับ Cheng et al. (1997) และ Nguyen and Bunchasak (2005) ที่รายงานว่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อระดับโปรตีนในสูตรอาหารเพิ่มขึ้นจาก 16–24 % และ 17–23% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาพารามิเตอร์อื่น ๆ ได้แก่ น้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพการใช้พลังงาน จากการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าสูตรอาหารที่มีระดับโปรตีน 21% ส่งผลดีต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชมากที่สุด

ตารางที่ 4.6 ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์

Items	Level of CP (%)					SEM	P-value
	19	20	21	22	23		
FI, g/bird	411.7	414.2	427.5	426.0	422.5	10.19	0.7488
BW 1-d-old, g/bird	43.3	43.4	43.3	43.5	43.3	0.13	0.8582
BW 3-wk-old, g/bird	260.9^{b}	263.2^{b}	272.0^{a}	272.7^{a}	272.1^{a}	2.17	0.0008
BWG, g/bird	217.6^{b}	219.8^{b}	228.7^{a}	229.3^{a}	228.8^{a}	2.20	0.0009
ADG, g/bird/day	10.4^{b}	10.5^{b}	10.9^{a}	10.9^{a}	10.9^{a}	0.10	0.0010
FCR, g of feed/g of BWG	1.89	1.88	1.87	1.87	1.85	0.04	0.9295
ME intake, kcal/bird	1,226	1,234	1,273	1,269	1,258	30.33	0.7489
EER, %	17.76	17.91	18.00	18.13	18.20	0.38	0.9296
Protein intake, g/bird	80.1^{c}	84.8^{c}	91.6^{b}	95.5^{ab}	99.2^{a}	2.16	0.0001
PER, g/g	2.72^{a}	2.61^{ab}	2.50^{bc}	2.41^{cd}	2.31^{d}	0.05	0.0001
BUN, mg/dL	1.26	1.25	1.35	1.44	1.54	0.15	0.5870
Feed cost/BWG, Baht/kg	29.20	29.87	30.50	31.12	31.74	0.64	0.0730

หมายเหตุ: ME = metabolizable energy; EER = energy efficiency ratio; PER = protein efficiency ratio; BUN = blood urea nitrogen

$^{a, b, c, d}$ Means within each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

4.2.2 ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์

ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% (ไก่โคราช) ช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.7 โดยพบว่าน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และปริมาณโปรตีนที่กินเพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนในอาหารจาก 18% ถึง 22% ในขณะที่ไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลงปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณพลังงานที่กิน ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและพลังงานและปริมาณยูเรียในเลือด ($P>0.05$) ซึ่งปริมาณอาหารและพลังงานที่กินไม่มีความแตกต่างกันในทุกกลุ่มการทดลอง ($P>0.05$) เช่นเดียวกันกับไก่โคราชระยะแรก (อายุ 0–3 สัปดาห์) เนื่องจากอาหารมีพลังงานเท่ากันในทุกกลุ่มการทดลอง (3,151 kcal ME/kg) นอกจากนี้อัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นน้ำหนักตัวมีแนวโน้มลดลง ($P=0.0785$) ตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันของไก่โคราชที่ได้รับอาหารโปรตีนสูง (20, 21 และ 22%) จะดีกว่าไก่กลุ่มที่รับอาหารโปรตีนระดับต่ำ (18% CP) ($P<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างดังกล่าวระหว่างไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีน 20–22% เมื่อเพิ่มโปรตีนในอาหารจาก 18% ถึง 22% ส่งผลให้ไก่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นประมาณ 5.16 และ 8.20% ตามลำดับ

ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนในอาหารที่ลดลง ($P=0.0803$) เช่นเดียวกับผลการทดลองช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ เนื่องจากอาหารทดลองทั้งหมดมีการคำนวณสัดส่วนของกรดอะมิโนต่อโปรตีนให้เท่ากันและมีสัดส่วนของกรดอะมิจำเป็นต่อกรดอะมิโนทั้งหมดเท่ากับ 0.58, 0.59, 0.59, 0.59 และ 0.60 ในอาหารที่มีระดับโปรตีน 18, 19, 20, 21 และ 22% ตามลำดับ ซึ่งสัดส่วนดังกล่าวอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต (0.55–0.60) ตามคำแนะนำของ Heger (2003) เมื่อพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น น้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและประสิทธิภาพการใช้พลังงาน สรุปได้ว่าระดับโปรตีนในอาหารที่เหมาะสมสำหรับไก่โคราชในระยะนี้คือ 20%

ตารางที่ 4.7 ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์

Items	Level of CP (%)					SEM	P-value
	18	19	20	21	22		
FI, g/bird	1,044	1,031	1,039	1,059	1,008	28.32	0.7823
BW 3-wk-old, g/bird	275.6	274.5	275.0	277.2	275.6	1.30	0.6632
BW 6-wk-old, g/bird	742.3^{c}	756.0^{b}	773.7^{a}	783.3^{a}	780.6^{a}	4.50	0.0001
BWG, g/bird	466.7^{c}	481.5^{b}	498.7^{a}	506.2^{a}	504.9^{a}	3.98	0.0001
ADG, g/bird/day	22.2^{c}	22.9^{b}	23.8^{a}	24.1^{a}	24.1^{a}	0.19	0.0001
FCR, g of feed/g of BWG	2.24	2.14	2.09	2.09	2.00	0.06	0.0785
ME intake, kcal/bird	3,290	3,250	3,274	3,337	3,177	89.23	0.7823
EER, %	14.28	14.85	15.25	15.23	15.95	0.39	0.0724
Protein intake, g/bird	193.0^{c}	203.7^{bc}	213.8^{ab}	228.0^{a}	228.8^{a}	5.75	0.0005
PER, g/g	2.43	2.37	2.34	2.23	2.22	0.06	0.0803
BUN, mg/dL	1.43	1.43	1.47	1.49	1.55	0.27	0.9979
Feed cost/BWG, Baht/kg	34.69	34.13	34.14	35.17	34.48	1.50	0.9265

หมายเหตุ: ME = metabolizable energy; EER = energy efficiency ratio; PER = protein efficiency ratio; BUN = blood urea nitrogen

$^{a, b, c}$ Means within each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

4.2.3 ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์

ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% (ไก่โคราช) ช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 4.8 พบว่าน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ปริมาณโปรตีนที่กิน และประสิทธิภาพการใช้อาหารและพลังงานเพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนในอาหารที่เพิ่มขึ้นจาก 16% ถึง 20% (P<0.05) แต่ไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลงปริมาณอาหารและพลังงานที่กิน (P>0.05) เช่นเดียวกับช่วงอายุ 0–3 และ 3–6 สัปดาห์ นอกจากนี้ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและปริมาณยูเรียในเลือดก็ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลอง (P>0.05) ซึ่งโดยภาพรวมพบว่าไก่โคราชมีการตอบสนองต่อระดับโปรตีนในอาหารที่ 18% ดีที่สุด

ตารางที่ 4.8 ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์

Items	Level of CP (%)					SEM	P-value
	16	17	18	19	20		
FI, g/bird	1,459	1,478	1,467	1,441	1,447	30.68	0.9147
BW 6-wk-old, g/bird	742.4	750.0	751.5	754.7	745.8	3.87	0.2155
BW 9-wk-old, g/bird	1,235^{b}	1,268^{b}	1,319^{a}	1,304^{a}	1,310^{a}	11.42	0.0001
BWG, g/bird	492.3^{b}	517.8^{b}	567.4^{a}	549.1^{a}	563.9^{a}	10.64	0.0001
ADG, g/bird/day	23.4^{b}	24.7^{b}	27.0^{a}	26.2^{a}	26.9^{a}	0.51	0.0001
FCR, g of feed/g of BWG	2.97^{a}	2.86^{a}	2.59^{b}	2.63^{b}	2.58^{b}	0.07	0.0008
ME intake, kcal/bird	4,668	4,731	4,693	4,612	4,631	98.17	0.9147
EER, %	10.6^{b}	11.0^{b}	12.1^{a}	11.9^{a}	12.2^{a}	0.28	0.0008
Protein intake, g/bird	242.8^{d}	261.6^{c}	275.3^{bc}	284.4^{ab}	301.0^{a}	5.80	0.0001
PER, g/g	2.03	1.99	2.06	1.93	1.88	0.05	0.0713
BUN, mg/dL	1.68	1.75	1.78	1.81	1.81	0.15	0.9735
Feed cost/BWG, Baht/kg	43.88	43.55	40.46	42.25	42.50	1.07	0.2103

หมายเหตุ: ME = metabolizable energy; EER = energy efficiency ratio; PER = protein efficiency ratio; BUN = blood urea nitrogen

$^{a, b, c, d}$ Means within each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารจาก 16% ถึง 20% สามารถเพิ่มน้ำหนักตัวไก่โคราชได้ประมาณ 14.54% โดยอาหารทดลองทุกกลุ่มมีสัดส่วนกรดอะมิโนจำเป็นต่อกรดอะมิโนทั้งหมดเท่ากับ 0.57, 0.58, 0.58, 0.59 และ 0.59 ในอาหารที่มีโปรตีน 16, 17, 18, 19 และ 20% ตามลำดับ ซึ่งสัดส่วนดังกล่าวอยู่ในช่วงตามที่ Heger (2003) แนะนำไว้โดยไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 18, 19 และ 20% มีน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวเพิ่ม และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันสูงกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนต่ำ (16–17%) (P<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างไก่ที่ได้รับอาหารโปรตีนที่ระดับ 18–20%

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีขึ้นตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร เนื่องจากไก่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นโดยที่ไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลงปริมาณการกินอาหาร สอดคล้องกับผลการทดลองอื่น ๆ (Zaman et al. 2008; Baéza et al. 2012; Gheorghe et al. 2013; Malomo et al. 2013) โดยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีน 18% ดีกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับโปรตีน 16% แต่ไม่

พบความแตกต่างดังกล่าวในไก่ที่ได้รับอาหารโปรตีนสูง (19–20%) นอกจากนี้การเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารยังมีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ($P<0.05$) และการตอบสนองดังกล่าวยังให้ผลคล้ายคลึงกับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว

4.2.4 ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์

ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% (ไก่โคราช) ช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 4.9 ซึ่งผลการทดลองมีแนวโน้มเช่นเดียวกับช่วงอายุ 0–3, 3–6 และ 6–9 สัปดาห์ โดยน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณโปรตีนที่กินได้ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น แต่ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนลดลงตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในอาหารจาก 15% ถึง 19% โดยภาพรวมพบว่าไก่โคราชมีการตอบสนองต่อระดับโปรตีนในอาหารที่ 18% ดีที่สุด

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในอาหาร ($P<0.05$) เนื่องจากไก่มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการกินได้ ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวให้ผลเช่นเดียวกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Sterling et al., 2002; Kingori et al., 2003; Zaman et al., 2008; Niu et al., 2009; Baéza et al., 2012; Gheorghe et al., 2013; Malomo et al., 2013) นอกจากนี้การเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ($P<0.05$) อาจเนื่องมาจากอาหารที่มีระดับโปรตีนสูง (18–19%) มีสัดส่วนของกรดอะมิโนที่เพียงพอต่อความต้องการของไก่สำหรับใช้ในการเจริญเติบโตและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้สูงสุด (Niu et al., 2009) โดยอาหารทดลองทั้งหมดมีสัดส่วนของกรดอะมิโนและโปรตีนที่เหมือนกัน และมีสัดส่วนของกรดอะมิโนจำเป็นต่อกรดอะมิโนทั้งหมดอยู่ในช่วงที่เหมาะสม คือ 0.57, 0.58, 0.58, 0.58 และ 0.59 ในอาหารที่มีระดับโปรตีน 15, 16, 17, 18 และ 19% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีนต่ำมีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีนสูงซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับ 0–3 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.6) และงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Cheng et al., 1997; Aletor et al., 2000; Nguyen and Bunchasak, 2005; Widyaratne and Drew, 2011; Gheorghe et al., 2013)

ตารางที่ 4.9 ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์

Items	Level of CP (%)					SEM	P-value
	15	16	17	18	19		
FI, g/bird	1,574	1,613	1,582	1,572	1,509	23.48	0.0604
BW 9-wk-old, g/bird	1,077	1,076	1,088	1,074	1,068	5.21	0.1332
BW 12-wk-old, g/bird	1,527^{b}	1,550^{ab}	1,575^{a}	1,583^{a}	1,551^{ab}	13.30	0.0472
BWG, g/bird	450.3^{b}	474.1^{ab}	479.2^{ab}	508.8^{a}	483.3^{ab}	11.79	0.0313
ADG, g/bird/day	21.4^{b}	22.6^{ab}	22.8^{ab}	24.2^{a}	23.0^{ab}	0.56	0.0313
FCR, g of feed/g of BWG	3.51^{a}	3.41^{a}	3.31^{ab}	3.10^{b}	3.13^{b}	0.08	0.0028
ME intake, kcal/bird	5,037	5,162	5,061	5,029	4,829	75.12	0.0604
EER, %	8.94^{b}	9.19^{b}	9.46^{ab}	10.12^{a}	10.04^{a}	0.22	0.0025
Protein intake, g/bird	244.1^{c}	269.7^{b}	279.2^{b}	294.5^{a}	296.6^{a}	4.22	0.0001
PER, g/g	1.84^{a}	1.76^{ab}	1.71^{b}	1.73^{ab}	1.64^{b}	0.04	0.0187
BUN, mg/dL	2.05	2.06	2.07	2.11	2.14	0.25	0.9986
Feed cost/BWG, Baht/kg	50.95	50.96	50.80	48.76	50.52	1.16	0.6381

หมายเหตุ: ME = metabolizable energy; EER = energy efficiency ratio; PER = protein efficiency ratio; BUN = blood urea nitrogen

$^{a, b, c}$ Means within each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

4.2.5 ผลการวิเคราะห์ Broken-line regression เพื่อประเมินความต้องการโปรตีนของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50%

เมื่อทำการประเมินความต้องการโปรตีนด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบ Broken-line regression ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% (ไก่โคราช) ช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.10 จากผลการประเมินความต้องการโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวพบว่าไก่โคราชช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ มีความต้องการโปรตีน 21.26% โดยมีสมการถดถอย คือ y = 229.00 – 5.5508 × (21.26 – x) ไก่โคราชช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ มีความต้องการโปรตีน 20.45% โดยมีสมการถดถอย คือ y = 505.50 – 15.994 × (20.45 – x) อย่างไรก็ตามค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในไก่ทั้ง 2 ช่วงอายุ (0–3 และ 3–6 สัปดาห์) ไม่สามารถนำมาหาสมการถดถอยได้เนื่องจากข้อมูลไม่เป็นไปตามแบบจำลองสมการ สำหรับไก่โคราชช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ มีความต้องการโปรตีนสำหรับการเพิ่มน้ำหนักตัวและอัตราการ

เปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว คือ 18.00 และ 18.04% ตามลำดับ โดยมีสมการถดถอยที่ทำนายความต้องการโปรตีน คือ y = 557.70 – 34.844 × (18.00 – x) และ y = 2.6050 + 0.1900 × (18.04 – x) ตามลำดับ ส่วนไก่โคราชในช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ มีความต้องการโปรตีนสำหรับการเพิ่มน้ำหนักตัวและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่เหมาะสม คือ 17.94 และ 18.03% ตามลำดับ โดยมีสมการถดถอยที่ทำนายความต้องการโปรตีน คือ y = 496.00 – 14.489 × (17.94 – x) และ y = 3.1267 + 0.1332 × (18.03 – x) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 ความต้องการโปรตีนของไก่โคราชช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ จากการวิเคราะห์ด้วย broken-line regression

Items	Regression equations[1]	Estimated Requirement[1]	SE	*P*-value	R^2
0–3 wk					
BWG	y = 229.00 – 5.5508 × (21.26 – x)	21.26	0.50	0.0001	0.48
FCR	NE[2]				
3–6 wk					
BWG	y = 505.50 – 15.994 × (20.45 – x)	20.45	0.33	0.0001	0.75
FCR	NE				
6–9 wk					
BWG	y = 557.70 – 34.844 × (18.00 – x)	18.00	0.71	0.0001	0.56
FCR	y = 2.6050 + 0.1900 × (18.04 – x)	18.04	0.41	0.0001	0.50
9–12 wk					
BWG	y = 496.00 – 14.489 × (17.94 – x)	17.94	1.36	0.0165	0.26
FCR	y = 3.1267 + 0.1332 × (18.03 – x)	18.03	0.73	0.0003	0.45

[1] The linear broken-line model is y = l + u × (r – x), where y = BWG or FCR; x = dietary protein level (%); r = Requirement of dietary protein; l = the response at x = r; and u = the steepness of the curve. In this model, y = l when x > r.

[2] NE = Not estimated because data did not conform to the regression model.

BWG = body weight gain; FCR = feed conversion ratio.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ความต้องการโปรตีนต่อวันของไก่โคราชในช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ คือ 4.32, 10.21, 12.59 และ 13.46 กรัม/วัน ตามลำดับ ถึงแม้ว่าค่าสัมประสิทธิ์จากสมการถดถอย หรือ R^2 จากการทดลองนี้ค่อนข้างต่ำโดยเฉพาะในช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ เนื่องมาจากความแปรปรวนระหว่างกลุ่มการทดลองค่อนข้างสูง ซึ่งลักษณะเช่นนี้พบได้บ่อยเมื่อใช้สัตว์เป็นโมเดลในการศึกษา (Baéza et al., 2012) นอกจากนี้ความต้องการโปรตีนในไก่โคราชช่วงอายุ 0–3 และ 3–6 สัปดาห์ อาจสูงกว่าไก่ลูกผสมพื้นเมืองไทยอื่น ๆ ที่ได้มีการรายงานไว้ว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับไก่ช่วงอายุ 0–6 สัปดาห์ ควรอยู่ในช่วง 18–21% (Tangtaweewipat et al. 2000; Pingmuang et al. 2001) เมื่อเปรียบเทียบกับไก่เนื้อพบว่าไก่โคราชช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ต้องการโปรตีนต่ำกว่าไก่เนื้อ (23%, 3,200 kcal ME/kg) ในขณะที่ช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ ต้องการโปรตีนสูงกว่าไก่เนื้อ (20%CP, 3,200 kcal ME/kg) (NRC, 1994) ในขณะที่ความต้องการโปรตีนของไก่โคราชช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ ค่อนข้างใกล้เคียงกับไก่เนื้อ คือ ประมาณ 18% แต่เมื่อเปรียบเทียบกับไก่ลูกผสมพื้นเมืองอื่น ๆ ที่มีช่วงอายุเดียวกัน พบว่าต้องการโปรตีนในช่วง 15–18% (Tangtaweewipat et al. 2000; Pingmuang et al. 2001) โดยที่ไก่เนื้อต้องการโปรตีนสูงกว่าไก่โคราชประมาณ 2.23–2.65 เท่าในทุกช่วงอายุ (9.64 vs. 4.32, 24.70 vs. 10.21, 33.30 vs. 12.59 กรัม/ตัว ช่วงอายุ 0–3, 3–6 และ 6–9 สัปดาห์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าไก่โคราชมีปริมาณการกินอาหารได้น้อยกว่าไก่เนื้อประมาณ 2–3 เท่า ดังนั้นการประกอบสูตรอาหารสำหรับไก่โคราชจะต้องมีการคำนวณอาหารให้มีความเข้มข้นของโภชนะเพียงพอต่อความต้องการ

โดยสรุปความต้องการโปรตีนของไก่โคราชช่วงอายุ 0–3 และ 3–6 สัปดาห์ เพื่อให้มีการเพิ่มน้ำหนักตัวสูงสุด คือ 21.26 และ 20.45% ตามลำดับ ส่วนความต้องการโปรตีนของไก่โคราชเพื่อให้มีการเพิ่มน้ำหนักตัวและอัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นน้ำหนักตัวสูงสุด ช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ คือ 18.00 และ 18.04% ตามลำดับ และช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ คือ 17.94 และ 18.03% ตามลำดับ เมื่ออาหารมีพลังงาน 3,200 kcal ME/kg

4.3 ความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50%

4.3.1 ค่ามาตรฐานการย่อยได้ของกรดอะมิโนที่ลำไส้เล็กส่วนปลายของอาหารทดลอง

ผลการศึกษาค่ามาตรฐานการย่อยได้ของกรดอะมิโนที่ลำไส้เล็กส่วนปลายของอาหารทดลองเมื่อทดสอบโดยใช้ไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% (ไก่โคราช) ช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.11 โดยไก่โคราชที่ได้รับอาหารที่มีกรดอะมิโนไลซีน 0.87, 0.80, 0.69 และ 0.69% ตามลำดับ ช่วงอายุการเจริญเติบโต พบว่ามีค่ามาตรฐานการย่อยได้ที่แท้จริงของกรดอะมิโนจำเป็น (ไลซีน เมทไธโอนีน ซิสทีน ทรีโอนีน อาร์จินีน ไอโซลิวซีน วาลีน ลิวซีน ฮีสติดีน และฟีนิลอะลานีน) ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของกรดอะมิโนไลซีนในวัตถุดิบอาหารสัตว์

(ข้าวโพด กากถั่วเหลือง และข้าวโพดกลูเตน) ที่รายงานโดย Ajinomoto Heartland LLC (2009) นอกจากนี้พบว่าค่าการย่อยได้ของเมทไธโอนีนที่ได้จากการทดสอบในไก่โคราชมีค่าสูงกว่าแต่ซีสทีนมีค่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้ แต่อย่างไรก็ตามค่าการย่อยได้ของเมทไธโอนีน + ซิสทีนระหว่างการทดสอบและการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.11 ค่ามาตรฐานการย่อยได้ที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย (standardized ileal digestibility; SID) ของกรดอะมิโนในอาหารทดลองของไก่โคราชช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์

SID amino acid (%)	0–3 week	3–6 week	6–9 week	9–12 week
Lys	0.86	0.80	0.70	0.70
Met	0.80	0.62	0.52	0.52
Cys	0.25	0.26	0.23	0.23
Thr	0.93	0.94	0.87	0.87
Arg	1.41	1.30	1.22	1.22
Ile	0.89	0.72	0.74	0.74
Val	1.02	0.78	0.76	0.76
Leu	1.55	1.63	1.38	1.38
His	0.58	0.58	0.51	0.51
Phe	0.84	0.86	0.72	0.72

4.3.2 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซากของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์

ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% (ไก่โคราช) ช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.12 โดยพบว่าระดับของกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารที่แตกต่างกัน (0.87, 0.97, 1.07, 1.17 และ 1.27%) ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอาหารที่กิน ($P>0.05$) ในขณะที่ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้จาก 1.07 ถึง 1.27% พบว่ามีน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่ม และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ($P<0.05$) ดีกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีไลซีนต่ำ (0.87%) นอกจากนี้ยังพบว่าระดับไลซีนที่เพิ่มขึ้นในอาหารสามารถลดปริมาณกรดยูริกในเลือดได้ โดยไลซีนในอาหารที่ระดับ 1.27% สามารถลดกรดยูริกในเลือดได้

ต่ำสุด ($P<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างระหว่างไก่ที่ได้รับอาหารที่มีระดับไลซีน 1.07, 1.17 และ 1.27% ($P>0.05$)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระดับไลซีนในอาหารที่แตกต่างกันไม่ส่งผลกระทบต่อการกินอาหารของไก่โคราชช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ เนื่องจากอาหารทุกกลุ่มมีพลังงานที่ใกล้เคียงกัน (2,980–2,984 kcal ME/kg) ซึ่งเป็นที่ทราบกันว่าสัตว์ปีกสามารถปรับปริมาณการกินอาหารให้ได้พลังงานตามความต้องการของร่างกาย (MacLeod, 1997; Leeson and Summers, 2005) สอดคล้องกับผลการทดลองที่ 1 ที่ได้ทำการศึกษาความต้องการพลังงานของไก่โคราช พบว่าเมื่อระดับพลังงานในอาหารเพิ่มขึ้นจาก 2,750 เป็น 3,200 kcal ME/kg ส่งผลทำให้ปริมาณการกินอาหารลดลงเพื่อรักษาระดับพลังงานที่กินให้คงที่ เช่นเดียวกับการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าปริมาณไลซีนในอาหารที่แตกต่างกันไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลงปริมาณอาหารที่กิน (Grisoni et al., 1991; Siqueira et al., 2013) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลกระทบต่อการกินอาหารของไก่ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความหนาแน่นในการเลี้ยง ปริมาณน้ำ และเยื่อใยในอาหาร (Kondra et al., 1974; Ross et al., 1981; Feddes et a., 2002; Lin et al., 2006; Ferket and Gernat, 2006) แต่ปัจจัยดังกล่าวได้มีการควบคุมให้คล้ายกันในทุกกลุ่มการทดลอง ดังนั้นระดับไลซีนที่แตกต่างกันจึงไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินอาหารในการทดลองครั้งนี้ อย่างไรก็ตามมีบางรายงานที่พบว่าในไก่ที่ได้รับอาหารที่มีไลซีนต่ำจะทำให้ปริมาณการกินอาหารลดลง ถึงแม้ว่าในอาหารนั้นจะมีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เท่ากันก็ตาม นอกจากนี้ความสัมพันธ์ของไลซีนและปริมาณการกินอาหารยังขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์อีกด้วย (Tesseraud et al., 1992; Han and Baker, 1994; Fatufe et al., 2004; Dozier III et al., 2010; Dozier III and Payne, 2012; Bernal et al., 2014)

การเพิ่มระดับไลซีนในอาหารที่สูงขึ้น (1.07, 1.17 และ 1.27%) สามารถเพิ่มน้ำหนักตัวของไก่ได้ ในขณะที่ไลซีนระดับต่ำ (0.87%) พบว่ามีปริมาณไม่เพียงพอที่จะไปเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนเพื่อเพิ่มน้ำหนักตัว จึงส่งผลให้ไก่มีอัตราการเจริญเติบโตที่ลดลง ซึ่งการตอบสนองดังกล่าวให้ผลเช่นเดียวกันกับอัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นน้ำหนักตัวที่มีค่าสูงขึ้นเมื่อไก่ได้รับอาหารมีไลซีนในระดับต่ำ (0.87%) และมีค่าลดต่ำลงเมื่อได้รับไลซีนในระดับที่สูงขึ้น (0.97, 1.07, 1.17 และ 1.27%) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการรายงานก่อนหน้านี้ (Han and Baker, 1991; Fatufe et al., 2004; Garcia and Batal, 2005; Dozier III et al., 2009, 2010, 2012; Bernal et al., 2014; Cemin et al., 2017)

นอกจากระดับกรดอะมิโนไลซีนที่เหมาะสมจะส่งผลเชิงบวกต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชแล้วยังช่วยลดปริมาณกรดยูริกในเลือดอีกด้วย โดยกรดยูริกในเลือดสามารถบ่งชี้ถึงความสมดุลของกรดอะมิโนในอาหาร (Miles and Featherston, 1974; Donsbough et al., 2010) เนื่องจากร่างกายของสัตว์ปีกมีกลไกการเผาผลาญไนโตรเจนและขับไนโตรเจนส่วนเกินออกมาอยู่ในรูปของกรดยูริก (Akers and Denbow, 2008) หากร่างกายสัตว์ได้รับโปรตีนหรือกรดอะมิโนที่ไม่สมดุล (มากเกินไปหรือไม่เพียงพอ) จะยิ่ง

ส่งผลให้มีปริมาณกรดยูริกในเลือดสูงขึ้น จากผลการทดลองปริมาณของกรดยูริกในเลือดลดลงอย่างชัดเจนในไก่ที่ได้รับกรดอะมิโนไลซีนในอาหารที่ระดับ 1.07, 1.17 และ 1.27% แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มระดับไลซีนในอาหารช่วยเพิ่มความสมดุลของ กรดอะมิโนในอาหาร เนื่องจากอาหารทุกกลุ่มการทดลองกำหนดให้มีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นทุกตัวเท่ากันยกเว้นกรดอะมิโนไลซีน ดังนั้นประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของกรดอะมิโนจำเป็นเหล่านี้จึงถูกจำกัดเนื่องจากการขาดไลซีนในอาหาร จึงส่งผลให้ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับไลซีนต่ำ (0.87 และ 0.97%) มีปริมาณกรดยูริกในเลือดสูงกว่าไก่ที่ได้รับไลซีนในอาหารอย่างเพียงพอ (1.07, 1.17 และ 1.27%) โดยปกติปริมาณกรดยูริกในเลือดของสัตว์ปีกมีค่าระหว่าง 2–15 mg/dl อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงค่าชีวเคมีในเลือดของสัตว์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น เพศ อายุ รวมถึงอาหารที่สัตว์ได้รับ (Coles, 2007) นอกจากนี้ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณไลซีนในอาหารเพิ่มขึ้นถึงระดับที่เหมาะสมต่อความต้องการของร่างกาย (1.07%) จะมีผลทำให้กรดยูริกในเลือดลดลง และที่ระดับไลซีนเพิ่มขึ้นเกินกว่าความต้องการของร่างกาย (1.17 และ 1.27%) ค่ากรดยูริก และการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวไก่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับไลซีนที่ระดับ 1.07% บ่งชี้ให้เห็นถึงระดับของกรดอะมิโนไลซีนเพิ่มขึ้นจนเกินความต้องการของร่างกาย (Miles and Featherston, 1974; Donsbough et al., 2010)

ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซากทั้งหมดของไก่โคราชช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.13 โดยพบว่าการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นในซากทั้งหมด ได้แก่ ไลซีน เมทไธโอนีน ทรีโอนีน ไอโซลิวซีน วาลีน ลิวซีน ฮีสติดีน และฟีนิลอะลานีน มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในสูตรอาหาร ($P<0.05$) โดยเฉพาะในอาหารที่มีกรดอะมิโนไลซีน 1.07–1.27% ยกเว้นปริมาณการสะสมอาร์จินีนในซากทั้งหมดที่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในสูตรอาหารระดับ 1.07, 1.17 และ 1.27% มีปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนไลซีนในซากทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ในขณะที่กรดอะมิโนไลซีนในอาหารที่ระดับ 0.87% ส่งผลให้ไก่มีการสะสมโปรตีนและไลซีนในซากลดลง ผลดังกล่าวสอดคล้องกับน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและปริมาณกรดยูริกในเลือดที่ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากไก่ที่ได้รับไลซีนระดับปานกลางถึงสูง (1.07, 1.17 และ 1.27%) มีอัตราการสังเคราะห์โปรตีนมากกว่าอัตราการย่อยสลายเมื่อเปรียบเทียบกับไก่ที่ได้รับไลซีนระดับต่ำ (0.87%) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณไลซีนที่มากเกินความต้องการจะส่งผลทำให้การสังเคราะห์หรือการย่อยสลายโปรตีนไม่สมดุล (Salter et al., 1990)

ตารางที่ 4.12 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์

Item	Digestible lysine level (%)					SEM	P-value
	0.87	0.97	1.07	1.17	1.27		
FI, g/bird	442.1	437.1	430.3	428.7	418.4	5.979	0.794
BW 1-d-old, g/bird	45.7	45.7	45.8	45.8	45.9	0.049	0.760
BW 3-wk-old, g/bird	271.3^{b}	301.5^{ab}	313.5^{a}	315.6^{a}	320.0^{a}	5.262	0.013
BWG, g/bird	225.7^{b}	255.7^{ab}	267.7^{a}	269.7^{a}	274.2^{a}	5.263	0.014
FCR, g of feed/g of BWG	1.96^{b}	1.72^{a}	1.62^{a}	1.59^{a}	1.53^{a}	0.035	<0.001
Uric acid, mg%	7.80^{a}	6.25^{ab}	4.94^{bc}	4.95^{bc}	3.52^{c}	0.322	<0.001

$^{a, b, c}$ Means within each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

ตารางที่ 4.13 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซากทั้งหมดของไก่โคราชช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์

Composition (g/ bird)	Digestible lysine level (%)					SEM	P-value
	0.87	0.97	1.07	1.17	1.27		
Protein	40.16^{b}	45.99^{ab}	51.18^{a}	52.99^{a}	52.03^{a}	1.221	0.001
Lys	2.08^{b}	2.46^{ab}	2.62^{a}	2.69^{a}	2.78^{a}	0.070	0.005
Met	0.67^{b}	0.80^{ab}	0.84^{ab}	0.87^{a}	0.88^{a}	0.023	0.011
Thr	1.35^{b}	1.57^{ab}	1.62^{ab}	1.74^{a}	1.75^{a}	0.044	0.016
Arg	2.33	2.47	2.50	2.76	2.73	0.088	0.516
Ile	1.14^{b}	1.42^{ab}	1.28^{ab}	1.51^{ab}	1.62^{a}	0.052	0.017
Val	1.33^{b}	1.62^{ab}	1.58^{ab}	1.73^{a}	1.83^{a}	0.050	0.013
Leu	2.09^{b}	2.44^{ab}	2.65^{a}	2.67^{a}	2.71^{a}	0.066	0.008
His	1.35^{b}	1.56^{ab}	1.83^{a}	1.72^{a}	1.74^{a}	0.045	0.001
Phe	1.35^{b}	1.62^{ab}	1.71^{ab}	1.78^{a}	1.81^{a}	0.049	0.010

$^{a, b}$ Means within each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3.3 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซากของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์

ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหาร ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% (ไก่โคราช) ช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.14 โดยพบว่าระดับของกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารที่แตกต่างกัน (0.80, 0.90, 1.00 และ 1.20%) ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอาหารที่กิน ($P>0.05$) ในขณะที่ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้จาก 1.00 ถึง 1.20% พบว่ามีน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่ม และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีกว่าไก่กลุ่มที่รับอาหารที่ไลซีนต่ำ (0.80%) ($P<0.05$) นอกจากนี้ระดับของกรดอะมิโนไลซีนที่เพิ่มขึ้นในอาหาร (1.10–1.20%) สามารถลดกรดยูริกในเลือดได้ต่ำสุด ($P<0.05$)

ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อปริมาณการสะสมโปรตีน และกรดอะมิโนในซากทั้งหมดของไก่ลูกผสมพื้นเมือง (ไก่โคราช) ช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.15 โดยพบว่าไก่โคราชมีปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็น (ไลซีน เมทไธโอนีน ทรีโอนีน ไอโซลิวซีน วาลีน ลิวซีน ฮีสติดีน และฟีนิลอะลานีน) ในซากทั้งหมด เพิ่มขึ้นตามระดับกรดอะมิโนไลซีนที่เพิ่มขึ้นในอาหาร ($P<0.05$) โดยอาหารที่มีกรดอะมิโนไลซีน 1.20% สามารถเพิ่มปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นทุกตัวยกเว้นกรดอะมิโนอาร์จินีนได้ดีที่สุด

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกรดอะมิโนไลซีนต่ำ (0.80%) กว่าความต้องการของร่างกาย มีสมรรถนะการเจริญเติบโตที่ด้อยกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับไลซีนระดับ 1.0, 1.1 และ 1.20% ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นถึงการขาดกรดอะมิโนไลซีนเพียงชนิดเดียว (ขณะที่ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นชนิดอื่น ๆ ในอาหารทดลองมีค่าเท่ากัน) ก็ก่อให้เกิดผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโต (Kino and Okumura, 1986) และการสร้างกล้ามเนื้อ (Tesseraud et al.,1996) ของไก่ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับปริมาณกรดยูริกในเลือดที่พบว่า ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกรดอะมิโนไลซีนต่ำสุด (0.80%) มีค่ากรดยูริกในเลือดสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกรดอะมิโนไลซีนระดับ 1.10 และ 1.20% ดังนั้นการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนในอาหารจึงถูกจำกัดเนื่องด้วยในอาหารมีปริมาณไลซีนระดับต่ำ ซึ่งไก่ที่ได้รับปริมาณไลซีนไม่เพียงพอจะทำให้มีกรดยูริกในเลือดสูงกว่าไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีไลซีนเพียงพอหรือเกินความต้องการ ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Miles and Featherston (1974) และ Donsbough et al. (2010) นอกจากนี้ไก่ที่ได้รับอาหารไลซีนระดับ 1.00% ส่งผลให้มีการสะสมโปรตีนและไลซีนในซากสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารไลซีน 0.80% อย่างไรก็ตามการเพิ่มระดับไลซีนจาก 1.00% เป็น 1.10 และ 1.20% พบว่าการสะสมโปรตีนและไลซีนในซากไก่ทั้งตัวไม่แตกต่างกัน ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับผลของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่โคราช โดยมีรายงานว่าการเพิ่มปริมาณไลซีนในอาหารจะช่วยเพิ่มการสะสมกรดอะมิโน (Fatufe et al., 2004; Siqueira et al., 2013)

ตารางที่ 4.14 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราช ช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์

Item	Digestible lysine level (%)					SEM	P-value
	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20		
FI, g/bird	1,016.9	995.3	942.0	949.9	961.7	10.49	0.107
BW 3-wk-old, g/bird	255.4	254.9	255.3	255.6	255.0	0.366	0.977
BW 6-wk-old, g/bird	650.7^{b}	672.8^{ab}	688.3^{a}	690.9^{a}	690.5^{a}	3.736	<0.001
BWG, g/bird	395.4^{b}	418.0^{ab}	433.0^{a}	435.3^{a}	435.5^{a}	3.691	<0.001
FCR, g of feed/g of BWG	2.57^{c}	2.38^{bc}	2.18^{a}	2.18^{a}	2.21^{ab}	0.034	<0.001
Uric acid, mg%	5.52^{a}	4.75^{ab}	4.77^{ab}	4.27^{b}	4.07^{b}	0.154	0.018

$^{a, b, c}$ Means within each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

ตารางที่ 4.15 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซากทั้งหมดของไก่โคราชช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์

Composition (g/bird)	Digestible lysine level (%)					SEM	*P*-value
	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20		
Protein	83.43^{b}	92.31^{ab}	98.62^{a}	98.68^{a}	96.34^{a}	1.342	<0.001
Lys	4.01^{b}	4.53^{ab}	5.28^{a}	4.94^{a}	5.03^{a}	0.130	0.005
Met	1.36^{b}	1.64^{ab}	1.71^{ab}	1.72^{ab}	1.76^{a}	0.050	0.040
Thr	2.66^{b}	2.92^{ab}	3.25^{a}	3.17^{ab}	3.34^{a}	0.077	0.013
Arg	4.46	4.84	5.21	5.06	5.31	0.107	0.067
Ile	2.44^{b}	3.01^{ab}	3.17^{a}	3.18^{a}	3.25^{a}	0.095	0.025
Val	2.70^{b}	3.22^{ab}	3.55^{ab}	3.60^{a}	3.73^{a}	0.116	0.016
Leu	6.14^{b}	7.02^{ab}	8.28^{a}	7.56^{ab}	7.66^{ab}	0.217	0.009
His	2.54^{b}	2.75^{b}	3.52^{a}	3.34^{a}	3.52^{a}	0.102	<0.001
Phe	2.82^{b}	3.00^{ab}	3.57^{a}	3.55^{a}	3.65^{a}	0.093	0.007

$^{a, b}$ Means within each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3.4 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซากของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์

ผลการศึกษาระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราชช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.16 โดยพบว่าระดับของกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารที่แตกต่างกัน (0.69, 0.79, 0.89, 0.99 และ 1.09) ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอาหารที่กิน ($P>0.05$) ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้จาก 0.89–1.09% พบว่ามีน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่ม และอัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นน้ำหนักตัวดีขึ้น และปริมาณกรดยูริกในเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อปริมาณการสะสมโปรตีน และกรดอะมิโนในซากทั้งหมดของไก่ลูกผสมพื้นเมือง (ไก่โคราช) ช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.17 โดยพบว่าการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นในซากทั้งหมด ได้แก่ ไลซีน เมทไธโอนีน ทรีโอนีน อาร์จินีน ไอโซลิวซีน วาลีน ลิวซีน ฮีสติดีน และฟีนิลอะลานีน มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระดับการเพิ่มขึ้นของกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหาร ($P<0.05$) โดยเฉพาะในอาหารที่มีกรดอะมิโนไลซีนที่ระดับ 0.89–1.09%

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในสูตรอาหารระดับ 0.89 0.99 และ 1.09% มีปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนไลซีนในซากทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ในขณะที่กรดอะมิโนไลซีนในอาหารที่ระดับ 0.69% ส่งผลให้ไก่มีการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนลดลง ผลดังกล่าวสอดคล้องกับอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และปริมาณกรดยูริกในเลือดที่ลดลง อย่างไรก็ตามระดับไลซีนในอาหารที่แตกต่างกันไม่ส่งผลกระทบต่อการกินอาหารของไก่โคราชช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ เนื่องจากอาหารทุกกลุ่มมีพลังงานที่ใกล้เคียงกัน (3,200–3,204 kcal ME/kg) โดยมีรายงานว่าไก่ที่ได้รับไลซีนในอาหารไม่เพียงพอจะส่งผลกระทบเชิงลบต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Labadan et al., 2001; Corzo et al., 2006; Liebert, 2007; Bernal et al., 2014; Cemin et al., 2017) นอกจากนี้ Fatufe et al. (2004) และ Siqueira et al. (2013) รายงานว่าเมื่อไก่ได้รับอาหารที่มีระดับไลซีนสูงขึ้น จะสามารถเพิ่มปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนได้เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในไก่ที่ได้รับอาหารที่ไลซีนต่ำส่งผลทำให้การเจริญเติบโต การสะสมโปรตีนและไลซีนลดลง อาจเป็นเพราะไก่มีอัตราการสังเคราะห์โปรตีนที่ต่ำลงหรือมีอัตราการย่อยสลายที่สูงขึ้น หรือมีการเปลี่ยนแปลงการหมุนเวียนของโปรตีนในร่างกายทั้ง 2 กลไกพร้อมกัน (Roeder and Broderick, 1981; Muramatsu et al., 1986; Tesseraud et al., 1992, 1996; Urdaneta-Rincon and Leeson, 2004)

ตารางที่ 4.16 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราช ช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์

Item	Digestible lysine levels (%)					SEM	*P*-value
	0.69	0.79	0.89	0.99	1.09		
FI, g/bird	1,460	1,486	1,436	1,436	1,444	11.40	0.631
BW 6-wk-old, g/bird	677.4	678.9	680.3	681.7	675.3	2.718	0.963
BW 9-wk-old, g/bird	1,152^{c}	1,173^{bc}	1,195^{ab}	1,195^{ab}	1,204^{a}	5.277	0.004
BWG, g/bird	474.7^{c}	494.2^{bc}	514.3^{ab}	513.5^{ab}	528.9^{a}	4.795	0.001
FCR, g of feed/g of BWG	3.08^{b}	3.01^{b}	2.79^{a}	2.80^{a}	2.73^{a}	0.033	<0.001
UA, mg%	3.94^{a}	3.82^{ab}	3.12^{ab}	3.40^{ab}	2.90^{b}	0.128	0.022

$^{a, b, c}$ Means within each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

ตารางที่ 4.17 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซากทั้งหมดของไก่โคราชช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์

Composition (g/bird)	Digestible lysine levels (%)					SEM	*P*-value
	0.69	0.79	0.89	0.99	1.09		
Protein	93.47^{c}	101.6^{bc}	108.6^{ab}	108.0^{ab}	112.4^{a}	1.504	<0.001
Lys	5.19^{b}	5.71^{ab}	6.23^{a}	6.27^{a}	6.29^{a}	0.115	<0.001
Met	2.00^{b}	2.21^{ab}	2.42^{ab}	2.46^{a}	2.48^{a}	0.059	0.017
Thr	3.74^{b}	4.11^{ab}	4.35^{a}	4.29^{a}	4.48^{a}	0.077	0.007
Arg	5.36^{c}	5.93^{bc}	6.51^{ab}	6.63^{ab}	6.95^{a}	0.157	0.001
Ile	2.66^{b}	4.04^{ab}	4.30^{a}	4.20^{a}	4.38^{a}	0.068	<0.001
Val	3.35^{b}	3.81^{ab}	4.13^{a}	4.05^{a}	4.22^{a}	0.087	0.001
Leu	5.51^{b}	6.01^{ab}	6.48^{a}	6.50^{a}	6.53^{a}	0.114	0.003
His	2.96^{b}	4.23^{ab}	4.36^{ab}	4.32^{ab}	4.48^{a}	0.059	0.030
Phe	3.65^{b}	3.99^{ab}	4.29^{a}	4.30^{a}	4.39^{a}	0.082	0.007

$^{a, b, c}$ Means within each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3.5 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซากของไก่ลูกผสมพื้นเมืองช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์

ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหาร ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% (ไก่คราช) ช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.18 โดยพบว่าระดับของกรดอะมิโนในอาหารที่แตกต่างกัน (0.69, 0.79, 0.89, 0.99 และ 1.09) ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอาหารที่กิน (P>0.05) ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ 0.89–1.09% พบว่ามีน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่ม และอัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นน้ำหนักตัวดีขึ้น (P<0.05) นอกจากนี้พบว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกรดอะมิโนไลซีนระดับสูง (1.09%) มีปริมาณกรดยูริกในเลือดต่ำสุด (P<0.05) แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างระหว่างไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีไลซีนช่วง 0.79–1.09 สำหรับผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหาร ต่อปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซากทั้งหมด ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.19 พบว่าปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นในซากทั้งหมด ได้แก่ ไลซีน เมทไธโอนีน ทรีโอนีน อาร์จินีน ไอโซลิวซีน วาลีน ลิวซีน ฮีสติดีน และฟีนิลอะลานีน มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระดับการเพิ่มขึ้นของกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหาร (P<0.05) โดยเฉพาะในอาหารที่มีกรดอะมิโนไลซีนที่ระดับ 0.89–1.09%

ตารางที่ 4.18 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่คราช ช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์

Item	Digestible lysine levels (%)					SEM	*P*-value
	0.69	0.79	0.89	0.99	1.09		
FI, g/bird	1,712	1,750	1,745	1,713	1,699	16.23	0.840
BW 9-wk-old, g/bird	1,259	1,259	1,259	1,264	1,262	2.614	0.939
BW 12-wk-old, g/bird	1,753^{b}	1,789^{ab}	1,801^{a}	1,807^{a}	1,802^{a}	5.817	0.011
BWG, g/bird	494.5^{b}	529.8^{ab}	542.6^{a}	542.4^{a}	540.2^{a}	5.077	0.004
FCR, g of feed/g of BWG	3.46^{b}	3.31^{ab}	3.22^{ab}	3.16^{a}	3.15^{a}	0.033	0.006
UA, mg%	5.22^{a}	4.74^{ab}	4.55^{ab}	4.78^{ab}	3.98^{b}	0.126	0.025

$^{a, b, c}$ Means within each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

ตารางที่ 4.19 ผลของระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารต่อปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซากทั้งหมดของไก่โคราชช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์

Composition (g/bird)	Digestible lysine levels (%)					SEM	*P*-value
	0.69	0.79	0.89	0.99	1.09		
Protein	99.57[b]	111.8[a]	118.1[a]	118.5[a]	117.6[a]	1.634	<0.001
Lys	5.41[b]	6.17[ab]	6.70[a]	6.48[a]	6.64[a]	0.139	0.005
Met	2.35[b]	2.49[ab]	2.60[ab]	2.62[ab]	2.69[a]	0.041	0.050
Thr	3.80[b]	4.23[ab]	4.43[a]	4.45[a]	4.51[a]	0.073	0.001
Arg	6.52[b]	7.21[ab]	7.88[a]	7.96[a]	7.98[a]	0.175	0.012
Ile	3.72[b]	4.27[ab]	4.41[ab]	4.50[a]	4.58[a]	0.096	0.015
Val	3.85[ab]	4.32[ab]	4.49[a]	4.52[a]	4.59[a]	0.081	0.010
Leu	5.94[b]	6.48[ab]	6.96[a]	7.01[a]	7.15[a]	0.134	0.008
His	4.06[b]	4.47[ab]	4.85[a]	4.76[a]	4.80[a]	0.088	0.006
Phe	4.79[a]	5.16[ab]	5.42[a]	5.41[a]	5.46[a]	0.077	0.010

[a, b, c] Means within each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

จากผลการศึกษาระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารไก่โคราชช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ พบแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันกับผลการทดลองช่วงอายุ 0–3, 3–6 และ 6–9 สัปดาห์ คือ ระดับของกรดอะมิโนไลซีนที่เพิ่มขึ้นในอาหารมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัว ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และปริมาณกรดยูริกในเลือด ในขณะที่การได้รับไลซีนไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย จะส่งผลกระทบต่อน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหาร เนื่องจากกลไกของร่างกายที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์และการย่อยสลายโปรตีน (Roeder and Broderick, 1981; Muramatsu et al., 1986; Tesseraud et al., 1992, 1996; Urdaneta-Rincon and Leeson, 2004) นอกจากนี้การตอบสนองของไก่โคราชต่อการเพิ่มปริมาณไลซีนในอาหารจาก 0.69% เป็น 0.89–1.09% ยังส่งผลให้มีการสะสมปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปการเพิ่มขึ้นของปริมาณการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนในซาก เนื่องมาจากร่างกายสัตว์มีอัตราการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้น (Salter et al., 1990)

การศึกษาครั้งนี้พบว่าความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ของไก่โคราชจะลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับความต้องการโปรตีนที่ลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน (การทดลองที่ 2) โดยผลการทดลองนี้ให้ผลเช่นเดียวกันกับการศึกษาก่อนหน้านี้ ที่รายงานว่าความต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็นของไก่จะลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น (Graber et al., 1971; NRC, 1994; Labadan et al., 2001; Bernal et al.,

2014; Cemin et al., 2017) ไก่แต่ละช่วงอายุมีความต้องการกรดอะมิโนที่แตกต่างกัน เนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตและความต้องการกรดอะมิโนเพื่อซ่อมแซมและพัฒนาเนื้อเยื่อที่แตกต่างกัน (Mitchell, 1959) โดยอาหารไก่โคราชช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ ที่มีกรดอะมิโนไลซีนระดับ 1.07, 1.00, 0.89 และ 0.89% ตามลำดับ นั้นเพียงพอสำหรับการส่งเสริมสมรรถนะการเจริญเติบโต และการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนไลซีนในซากทั้งตัว

4.3.6 ผลการวิเคราะห์ Broken-line regression เพื่อประเมินความต้องการของกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50%

ผลของการประเมินความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้จากการวิธีการวิเคราะห์แบบ Broken-line regression ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% (ไก่โคราช) ช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.20 พบว่าความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ของไก่โคราชที่เหมาะสมต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น คือ 1.08, 0.97, 0.93 และ 0.82% ตามลำดับ ในขณะที่ความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ที่เหมาะสมต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นน้ำหนักตัว คือ 1.03, 1.00, 0.93 และ 0.87% ตามลำดับ ความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ที่เหมาะสมต่อปริมาณกรดยูริกในเลือดของไก่โคราชในช่วงอายุ 0–3, 3–6 และ 9–12 สัปดาห์ คือ 1.12, 0.95 และ 0.88% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่ากรดยูริกในเลือดของไก่โคราช ช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ ไม่สามารถนำมาหาค่าสมการถดถอยได้ เนื่องจากข้อมูลไม่เป็นไปตามแบบจำลองสมการ นอกจากนี้ความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ที่เหมาะสมต่อการสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนไลซีนในซากทั้งหมด คือ 1.09, 0.96, 0.89 และ 0.84% ตามลำดับ และ 1.10, 1.00, 0.90 และ 0.85% ตามลำดับ

ทั้งนี้ไก่โคราชมีความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ลดลงตามช่วงอายุที่เพิ่มขึ้น โดยไก่โคราชช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ มีความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้เพื่อใช้สำหรับการเพิ่มน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหารใกล้เคียงกับไก่เนื้อสายพันธุ์ Cobb 500 (อายุ 3 สัปดาห์) คือ 1.01 และ 1.10% ตามลำดับ (Garcia and Batal, 2005) นอกจากนี้ Cemin et al. (2017) รายงานว่าความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่เหมาะสมสำหรับไก่เนื้อ Cobb × Cobb 500 อายุ 1–21 วัน และอายุ 12–28 วัน สำหรับการเพิ่มน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ 1.14 และ 1.12% และ 0.96 และ 1.03% ตามลำดับ สำหรับไก่สายพันธุ์ Hubbard x Hubbard อายุ 8–21 วัน มีความต้องการไลซีนที่ย่อยได้สำหรับการเพิ่มน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ 1.01 และ 1.21% ตามลำดับ (Han and Baker, 1991) ผลการศึกษาความต้องการไลซีนที่เหมาะสมของไก่โคราชครั้งนี้ยังมีระดับที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไก่เนื้อที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูง เช่น สายพันธุ์ Hubbard x Cobb 500 (อายุ 1–15 วัน) ที่มีความต้องการไลซีนที่ย่อยได้ 1.18 และ 1.26% เพื่อเพิ่มน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหาร ตามลำดับ และไก่สายพันธุ์ Cobb 500 (อายุ 8–22 วัน) ที่มีความต้องการไลซีนที่ย่อยได้ 1.19% สำหรับประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Dozier III

and Payne, 2012; Siqueira et al., 2013) นอกจากนี้ Bernal et al. (2014) รายงานว่าไก่สายพันธุ์ Cobb 500 (อายุ 10–21 วัน) มีความต้องการไลซีนที่ย่อยได้ 1.19 และ 1.23% เพื่อเพิ่มน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหาร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับไก่สายพันธุ์โตช้าพบว่าไก่โคราชมีความต้องการไลซีนที่ย่อยได้ใกล้เคียงกับไก่ Lohmann White ที่มีความต้องการไลซีนสำหรับน้ำหนักตัวที่เพิ่ม ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และการสะสมโปรตีนในซาก เท่ากับ 1.01, 1.11, และ 1.04% ตามลำดับ (Fatufe et al., 2004) สำหรับไก่ New Hampshire x Columbian ต้องการไลซีน 1.01 และ 1.21% เพื่อเพิ่มน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหาร ตามลำดับ (Han and Baker, 1991) จากข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าระดับไลซีนที่ย่อยได้โดยเฉลี่ยที่เหมาะสมสำหรับไก่โคราชมีค่าอยู่ระหว่างความต้องการไลซีนของไก่โตช้าตามการรายงานของ Han and Baker (1991) และ Fatufe et al. (2004) ซึ่งไก่โตช้ามีความต้องการไลซีนที่ย่อยได้เท่ากับ 1.11 และ 1.05% ตามลำดับ เนื่องจากไก่ที่อายุ 21 วัน มีน้ำหนักตัวใกล้เคียงกัน

ไก่โคราชช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ มีความต้องการกรดอะมิโนไลซีน 0.97% สำหรับการเพิ่มน้ำหนักตัว สอดคล้องกับไก่สายพันธุ์ Cobb 500 (เพศผู้ อายุ 28–42) ที่ต้องการไลซีนที่ย่อยได้ 0.97% (Cemin et al., 2017) การศึกษาของ Dozier III et al. (2010) รายงานว่าไก่เนื้อ Ross x Ross TP16 อายุ 28–42 วัน มีความต้องการไลซีนที่ย่อยได้เพื่อเพิ่มน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ 0.99 และ 1.05% ตามลำดับ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับในไก่เนื้อ Cobb × Cobb 700 (เพศผู้ อายุ 28–42 วัน) ที่มีความต้องการไลซีนเพื่อเพิ่มน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ 0.97 และ 1.01% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไก่โคราชในช่วงนี้มีความต้องการไลซีนที่ย่อยได้สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไก่สายพันธุ์ Ross × Ross (อายุ 22–43 วัน) จากการรายงานของ Han and Baker (1994) พบว่าไก่สายพันธุ์ Ross × Ross ในเพศผู้และเพศเมีย (อายุ 22–43 วัน) มีความต้องการไลซีนที่ย่อยได้เพื่อเพิ่มน้ำหนักตัวเท่ากับ 0.85 และ 0.78% และมีความต้องการไลซีนที่ย่อยได้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ 0.89 และ 0.85% ตามลำดับ ในทางตรงกันข้ามพบว่าความต้องการไลซีนที่ย่อยได้ของไก่โคราชในการศึกษานี้ต่ำกว่าผลของ Bernal et al. (2014) ซึ่งรายงานว่าไก่สายพันธุ์ Cobb 500 (อายุ 22–35 วัน) มีความต้องการไลซีนที่ย่อยได้สำหรับการเพิ่มน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ 1.05 และ 1.07% จากข้อมูลที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าความต้องการไลซีนในไก่นั้นมีหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความต้องการ เช่น พันธุกรรม เพศ อายุ ประเภทของอาหาร ระดับของสารอาหารอื่น ๆ สิ่งแวดล้อม เกณฑ์การวัด และแบบจำลองทางสถิติ เป็นต้น (Leclercq, 1998; Rodehutscord and Pack, 1999, Pesti et al., 2009, Cemin et al., 2017)

สำหรับไก่โคราชช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ มีค่าการประเมินความต้องการไลซีนที่ย่อยได้เพื่อเพิ่มน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ 0.93% ซึ่งสูงกว่าความต้องการไลซีนของไก่เนื้อทางการค้าในอายุที่เท่ากัน โดย Labadan et al. (2001) รายงานว่าไก่ Ross เพศผู้ × Avian เพศเมีย อายุ 5–8 สัปดาห์ต้องการไลซีนที่ย่อยได้ 0.75% สำหรับไก่สายพันธุ์ Hubbard Ultra Yield เพศผู้ (อายุ 42–56 วัน) มีความ

ต้องการไลซีนที่ย่อยได้ 0.85% (Corzo et al., 2006) นอกจากนี้มีรายงานว่าไก่สายพันธุ์ Cobb 500 อายุ 50–65 วัน มีความต้องการไลซีนทั้งหมดประมาณ 0.95% (Liebert, 2007) จากผลความต้องการไลซีนที่ย่อยของไก่โคราชที่สูงกว่าไก่เนื้อทางการค้านั้นน่าจะเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมในการเลี้ยง ซึ่งไก่โคราชในการศึกษานี้เลี้ยงภายใต้ระบบโรงเรือนแบบเปิดอาจได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่สูงส่งผลให้ทำให้ปริมาณการกินอาหารลดลง ดังนั้นไก่โคราชช่วงอายุนี้จึงมีความต้องการไลซีนในอาหารในระดับที่สูงขึ้น

นอกจากนี้ความต้องการไลซีนที่ย่อยได้ของไก่โคราชช่วง 9–12 สัปดาห์ มีค่าการประเมินความต้องการไลซีนที่ย่อยได้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร (0.87%) สูงกว่าความต้องการไลซีนที่ย่อยได้เพื่อเพิ่มน้ำหนักตัว (0.82%) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับไก่โคราชในช่วงอายุ 3–6 สัปดาห์ อย่างไรก็ตามระดับกรดอะมิโนไลซีนสำหรับการเพิ่มน้ำหนักตัวนั้นมีค่าใกล้เคียงกับค่าการประมาณความต้องการไลซีนต่อการสะสมโปรตีนในซากทั้งหมดของไก่โคราช ซึ่งผลที่ได้เป็นไปตามการรายงานก่อนหน้านี้ของ Fatufe et al. (2004)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.20 ความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% ในช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ จากการวิเคราะห์ด้วย broken-line regression

Items	Regression equations[1]	Estimated Requirement[1]	P-value	R^2
0–3 wk				
BWG	y = 272.0 – 210.1 × (1.08 – x)	1.08	0.015	0.307
FCR	y = 1.59 + 2.48 × (1.03 – x)	1.03	<0.001	0.565
UA	y = 4.24 + 14.30 × (1.12 – x)	1.12	<0.001	0.649
PD	y = 52.51 – 55.09 × (1.09 – x)	1.09	<0.001	0.437
LD	y = 2.74 – 2.73 × (1.10 – x)	1.10	0.003	0.384
3–6 wk				
BWG	Y = 434.6 – 226.0 × (0.97 – x)	0.97	<0.001	0.483
FCR	Y = 2.19 + 1.90 × (1.00 – x)	1.00	<0.001	0.499
UA	Y = 4.37 + 7.67 × (0.95 – x)	0.95	0.008	0.333
PD	Y = 97.88 – 88.77× (0.96 – x)	0.96	0.002	0.397
LD	Y = 5.07 – 5.27 × (1.00 – x)	1.00	0.044	0.370
6–9 wk				
BWG	Y = 521.2 – 198.0 × (0.925 – x)	0.93	0.0001	0.4899
FCR	Y = 2.765 + 1.425 × (0.926 – x)	0.93	<0.0001	0.5080
UA	NE[2]			
PD	Y = 109.7 – 81.12 × (0.8897 – x)	0.89	<0.0001	0.5967
LD	Y = 6.279 – 5.225 × (0.899 – x)	0.90	<0.0001	0.6051
9–12 wk				
BWG	Y = 541.7 – 353.2 × (0.824 – x)	0.82	0.0003	0.2900
FCR	Y = 3.174 + 1.550 × (0.874 – x)	0.87	0.0008	0.3782
UA	Y = 4.328 + 4.767 × (0.877 – x)	0.88	0.0167	0.3196
PD	Y = 118.1 – 121.9 × (0.842 – x)	0.84	<.0001	0.4754
LD	Y = 6.608 – 7.575 × (0.848 – x)	0.85	0.0005	0.4161

[1] The linear broken-line model (LBL) was fitted as y = l + u × (r – x), where y is the dependent variable; x is the dietary Lys level (%) as independent variable; r is the optimum response of dietary Lys; l is the response at x = r; and u = the steepness of the curve. In this model, y = l when x > r.

[2] NE = Not estimated because data did not conform to the regression model.

BWG = body weight gain, FCR = feed conversion ratio, UA = uric acid, PD = protein deposition, LD = lysine deposition.

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาความต้องการพลังงาน โปรตีน และกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองระดับสายเลือด 50% (ไก่โคราช) ช่วงอายุ 0-12 สัปดาห์ สรุปได้ดังนี้

1. การทดลองเพื่อประเมินความต้องการพลังงาน พบว่าเมื่อระดับพลังงานในอาหารเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ไก่โคราชกินอาหารลดลงแต่มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีขึ้น นอกจากนี้ระดับพลังงานในอาหารช่วง 2,750–3,200 kcal ME/kg ไม่มีผลกระทบต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไก่โคราชสามารถปรับปริมาณการกินอาหารได้ตามความเข้มข้นของพลังงานในอาหารที่เปลี่ยนแปลงไป การศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าไก่โคราชช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ มีความต้องการพลังงานเพื่อให้มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีที่สุด เท่ากับ 2,978, 3,151, 3,200 และ 3,200 kcal ME/kg หรือ 59, 152, 209 และ 249 kcal/ตัว/วัน ตามลำดับ

2. การทดลองเพื่อประเมินความต้องการโปรตีน พบว่าความต้องการโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว ช่วงอายุ 0–3 สัปดาห์ และ 3–6 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 21.26 และ 20.45% หรือ 4.32 และ 10.21 กรัม/ตัว/วัน เมื่อพลังงานในอาหารเท่ากับ 2,978 และ 3,151 kcal ME/kg ตามลำดับ ส่วนความต้องการโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ช่วงอายุ 6–9 สัปดาห์ เท่ากับ 18.00 และ 18.04 % ตามลำดับ หรือประมาณ 12.59 กรัม/ตัว/วัน เมื่อพลังงานในอาหารเท่ากับ 3,200 kcal ME/kg ตามลำดับ และช่วงอายุ 9–12 สัปดาห์ ความต้องการโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว เท่ากับ 17.94 และ 18.03% ตามลำดับ เมื่อพลังงานในอาหารเท่ากับ 3,200 kcal ME/kg

3. การทดลองเพื่อประเมินความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ ช่วงอายุ 0–3, 3–6, 6–9 และ 9–12 สัปดาห์ พบว่าระดับกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ในอาหารที่เพิ่มขึ้นสามารถเพิ่มน้ำหนักตัว อัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นน้ำหนักตัว การสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนไลซีนในซากทั้งหมดทุกช่วงอายุ โดยความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ที่เหมาะสมต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นน้ำหนักตัวแต่ละช่วงอายุ คือ 1.03, 1.00, 0.93 และ 0.87% ตามลำดับ และความต้องการกรดอะมิโนไลซีนที่ย่อยได้ที่เหมาะสมต่อปริมาณการสะสมกรดอะมิโนไลซีนในซากทั้งหมด คือ 1.10, 1.00, 0.90 และ 0.85% ตามลำดับ

บรรณานุกรม

เกรียงไกร โชประการ, วัชรพงษ์ วัฒนกูล, กิตติ วงศ์วิเชษฐ และ วรพงษ์ สุริยจันทราทอง. 2543. ไก่พื้นเมืองและไก่ลูกผสมพื้นเมือง: อดีตและปัจจุบัน. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ. 88 หน้า.

นพวรรณ ชมชัย, สุมน โพธิ์จันทร์ และ วิโรจน์ วนาสิทธชัยวัฒน์. 2541ก. ผลของระดับโปรตีนและระบบการเลี้ยงต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและลักษณะซากของไก่พื้นเมืองลูกผสม. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2541. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 95–114.

นพวรรณ ชมชัย, ไสว นามคุณ, วิทยา สุมามาลย์ และ เสาวคนธ์ โรจนสถิตย์. 2541ข. ผลของระดับโปรตีนและพลังงานต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองลูกผสม. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2541. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 73–94.

นพวรรณ ไชยานุกูลกิตติ, เสาวคนธ์ โรจนสถิตย์, สมุน โพธิ์จันทร์ และ อนันต์ ภู่สิทธิกุล. 2534. ระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสัตว์ปีก 2) ไก่พื้นเมือง (ระยะเจริญเติบโต). รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2534. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 146–166.

บุญญวดี ธนัญชัย, สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2544. ความต้องการพลังงานและโปรตีนของไก่ลูกผสมพื้นเมืองอายุ 11–13 สัปดาห์. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาสัตว์ สัตวแพทยศาสตร์ ประมง 5-7 กุมภาพันธ์ 2544, หน้า 161–168.

ปรัชญา ปรัชญลักษณ์, นพวรรณ ชมชัย และ เถลิงศักดิ์ โนนทนวงศ์. 2537. ระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมสำหรับไก่ลูกผสมพื้นเมือง-เซี่ยงไฮ้. การประชุมวิชาการปศุสัตว์ ครั้งที่ 13 ประจำปี 2537. หน้า 225–236.

ไพโชค ปัญจะ. 2542. การศึกษาระดับโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง ช่วงอายุ 0–6, 7–12 และ 13–18 สัปดาห์. รายงานการประชุมทางวิชาการ. เกษตรภาคเหนือ. ครั้งที่ 2 สาขาสัตวบาล/สัตวศาสตร์/สัตวแพทย์ ณ สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 8-10 ธันวาคม 2542, หน้า 54–71.

มนต์ชัย ดวงจินดา, บัญญัติ เหล่าไพบูลย์, เทวินทร์ วงษ์พระลับ, พิชญ์รัตน์ แสนไชยสุริยา และ เกษม นันทชัย. 2550. การทดสอบสมรรถนะการเจริญเติบโตและความนุ่มเนื้อในไก่ลูกผสมที่ได้จากพ่อพันธุ์พื้นเมืองไทยกับแม่พันธุ์ทางการค้า. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ. 52 หน้า.

มาโนช พลศิริ. 2544. ระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารที่เหมาะสมสำหรับไก่พื้นเมืองในภาคใต้และไก่ลูกผสมพื้นเมือง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

รุ่งรัตน์ ปิงเมือง, สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์, บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ บุญญวดี ธนัญชัย. 2544. ระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมในอาหารไก่ลูกผสมพื้นเมือง อายุ 6–10 สัปดาห์. การประชุมทางวิชาการของ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาสัตว์ สัตวแพทยศาสตร์ ประมง 5-7 กุมภาพันธ์ 2544, หน้า 169–177.

ศรีสกุล วรจันทรา และ อาวุธ ตันโช. 2539. การศึกษาการตอบสนองต่อระดับโปรตีนและพลังงานในไก่ลูกผสมสามสายเลือดพันธุ์สุวรรณ 6. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 34 สาขาสัตว์ สัตวแพทยศาสตร์ 30 มกราคม - 5 กุมภาพันธ์ 2539, หน้า 110–118.

สมโภชน์ ทับเจริญ, อรทัย ไตรวุฒานนท์, สุชาติ สงวนพันธุ์, อรประพันธ์ ส่งเสริม, เกรียงศักดิ์ สะอาดรักษ์, มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, ประนอม เดชวิสิฐสกุล, ธีรวุท ปิ่นทอง และ เสาวลักษณ์ ผ่องลำเจียก. 2549. ผลการใช้กวาวเครือขาวในไก่ลูกผสมพื้นเมือง. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 44. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 79–88.

สวัสดิ์ ธรรมบุตร. 2537. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไก่พื้นเมือง. เอกสารประกอบการบรรยายพิเศษเรื่อง "ลู่ทางเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมือง" วันที่ 6 กันยายน 2537 ณ ห้องประชุมศูนย์ญี่ปุ่น มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 6 หน้า.

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์, บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ รุ่งรัตน์ ปิงเมือง. 2543. ระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมในอาหารไก่ลูกผสมพื้นเมือง ระยะเจริญเติบโต. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาสัตว์ สัตวแพทยศาสตร์ ประมง 1-4 กุมภาพันธ์ 2540, หน้า 100–113.

สุทิศา เข็มผะกา. 2552. เอกสารประกอบการสอน การผลิตสัตว์ปีก. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อำนวย เลี้ยวธารากุล, อรอนงค์ พิมพ์คำไหล และ ศิริพันธ์ โมราถบ. 2542. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสำหรับการเลี้ยงไก่ลูกผสมพื้นเมือง-โรดไอแลนด์เรดด้วยอาหารและระยะเวลาในการเลี้ยงต่างกัน. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 37 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 92.

Ajinomoto Heartland LLC. 2009. True digestibility of essential amino acids for poultry. Ajinomoto Heartl. LLC, Chicago, IL.

Ajinomoto. 1998. True digestibility of essential amino acids for poultry-1998. Tokyo: Ajinomoto Co., Inc.

Ajinomoto. 2012. Estimating amino acid requirements through dose-response experiments in pigs and poultry: Protocol and results interpretation [On-line]. Available: www.ajinomoto-eurolysine.com

Akers, R. M., and D. M. Denbow. 2008. Anatomy and Physiology of Domestic Animals. 1st ed. United States: Blackwell.

Aletor, V. A., I. I. Hamid, E. Nieb, and E. Pfeffer. 2000. Low protein amino acid-supplemented diets in broiler chickens: Effects on performance, carcass characteristics, whole body composition and efficiencies of nutrient utilization. J. Sci. Food Agric. 80: 547–554.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland, USA.

AOAC. 2006. Official Method of Analysis 18th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland, USA.

Arbor Acres. 2009. Arbor Acres plus broiler nutrition specification. An Aviagen Brand, Alabama, USA.

Baéza, E., M. D. Bernadet, and M. Lessire. 2012. Protein requirements for growth, feed efficiency, and meat production in growing mule ducks. J. Appl. Poult. Res. 21: 21–32.

Baker, D. H., and Y. Han. 1994. Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks posthatching. Poult. Sci. 73(9): 1441–1447.

Baker, D., A. Batal, T. Parr, N. Augspurger, and C. Parsons. 2002. Ideal ratio (relative to lysine) of tryptophan, threonine, isoleucine, and valine for chicks during the second and third weeks posthatch. Poult. Sci. 81(4): 485–494.

Bedford, M. R., and J. D. Summers. 1985. Influence of the ratio of essential to non-essential amino acids on performance and carcass composition of the broiler chick. Br. Poult. Sci. 26: 483–491.

Bernal, L. E. P., F. C. Tavernari, H. S. Rostagno, and L. F. T. Albino. 2014. Digestible lysine requirements of broilers. Braz. J. Poult. Sci. 16: 49–55.

Boshouwers, F. M., and E. Nicaise. 1985. Automatic gravimetric calorimeter with simultaneous recording of physical activity for poultry. Br. Poult. Sci. 26: 531–541.

Cemin, H. S., S. L. Vieira, C. Stefanello, M. Kipper, L. Kindlein, and A. Helmbrecht. 2017. Digestible lysine requirements of male broilers from 1 to 42 days of age reassessed. PLOS ONE. 12: e0179665.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Chaiyanukulkitti, N., S. Rojanastid, S. Pojun, and Pusittigul. 1992. Nutrient recommendation for poultry 2) native chicken (growing period). Animal Nutrition Business Journal 9(30): 60–80. (In Thai)

Cheng, F. Y., C. W. Huang, T. C. Wan, Y. T. Liu, L. C. Lin, and C. Y. Lou Chyr. 2008. Effects of free-range farming on carcass and meat qualities of black-feathered Taiwan native chicken. Asian Australas. J. Anim. Sci. 21: 1201–1206.

Cheng, T. K., M. L. Hamre, and C. N. Coon. 1997. Responses of broilers to dietary protein levels and amino acid supplementation to low protein diets at various environmental temperatures. J. Appl. Poult. Res. 6: 18–33.

Chen, H. Y., A. J. Lewis, P. S. Miller, and J. T. Yen. 1999. The effect of excess protein on growth performance and protein metabolism of finishing barrows and gilts. J. Anim. Sci. 77: 3238–3247.

Chomchai, N., W. Sumamal, S. Namkhum, and W. Boonpukdee. 2003. Feed and feeding study for crossbred native chicken 3) effect of dietary protein levels on growth performances and carcass characteristics of four-crossbred native chicken. Research Annual Report 2003. Animal Nutrition Division, Department of Livestock Development, page 241–254. (In Thai)

Coles, B. H. 2007. Essentials of avian medicine and surgery. Blackwell Plublication. Oxford.

Corzo, A., W. A. Dozier III, and M. T. Kidd. 2006. Dietary lysine needs of late-developing heavy broilers. Poult. Sci. 85: 457–461.

Daghir, N. J. 2008. Broiler feeding and management in hot climates. In Daghir, N.J. (Ed.), Poultry production in hot climates, Cromwell Press, Trowbridge, UK, pp. 227–260.

D'Mello, J. F. 2003. Amino acids in animal nutrition (No. Ed. 2). CABI publishing.

Donsbough, A. L., S. Powell, A. Waguespack, T. D. Bidner, and L. L. Southern. 2010. Uric acid, urea, and ammonia concentrations in serum and uric acid concentration in excreta as indicators of amino acid utilization in diets for broilers. Poult. Sci. 89: 287–294.

Dozier III, W. A., A. Corzo, M. T. Kidd, and M. W. Schilling. 2008. Dietary digestible lysine requirements of male and female broilers from forty-nine to sixty-three days of age. Poult. Sci. 87: 1385–1391.

Dozier III, W. A., A. Corzo, M. T. Kidd, P. B. Tillman, and S. L. Branton. 2009. Digestible lysine requirements of male and female broilers from fourteen to twenty-eight days of age. Poult. Sci. 88: 1676–1682.

Dozier III, W. A., A. Corzo, M. T. Kidd, P. B. Tillman, J. P. McMurtry, and S. L. Branton. 2010. Digestible lysine requirements of male broilers from 28 to 42 days of age. Poult. Sci. 89: 2173–2182.

Dozier III, W. A., and R. L. Payne. 2012. Digestible lysine requirements of female broilers from 1 to 15 days of age. J. Appl. Poult. Res. 21: 348–357.

Dozier III, W. A., C. K. Gehring, A. Corzo, and H. A. Olanrewaju. 2011. Apparent metabolizable energy needs of male and female broilers from 36 to 47 days of age. Poult. Sci. 90: 804–814.

Duke, G. E. 1986. Alimentary canal: Anatomy, regulation of feeding, and motility. In P. D. Sturkie (ed.). Avian physiology (4th ed., pp. 269–288). New York: Springer-Verlag.

Emmans, G. C., and C. Fisher. 1986. Problems in nutritional theory. In C. Fisher and K. N. Boorman (eds.). Nutrient requirements of poultry and nutritional research (pp. 9–39). London, UK: Butterworths Emmans & Fisher.

Engku Azahan, E. A., I. A. Azlina Azma, and M. Noraziah. 2011. Growth response of crossbred village (Kampung) chickens to starter diets of differing energy contents. Mal. J. Anim. Sci. 14: 51–55.

Fan, H. P., M. Xie, W. W. Wang, S. S. Hou, and W. Huang. 2008. Effects of Dietary energy on growth performance and carcass quality of White growing Pekin ducks from two to six weeks of age. Poult. Sci. 87: 1162–1164.

Fatufe, A. A., R. Timmler, and M. Rodehutscord. 2004. Response to lysine intake in composition of body weight gain and efficiency of lysine utilization of growing male chickens from two genotypes. Poult. Sci. 83: 1314–1324.

Feddes, J. J. R., E. J. Emmanuel, and M. J. Zuidhof. 2002. Broiler performance, body weight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities. Poult. Sci. 81:774–779.

Ferket, P. R., and A. G. Gernat. 2006. Factors that affect feed intake of meat birds: A review. Int. J. of Poult. Sci. 5(10): 905–911.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Fossati, P., L. Prencipe, and G. Berti. 1980. Use of 3, 5-dichloro-2-hydroxybenzenesulfonic acid/4-aminophenazone chromogenic system in direct enzymic assay of uric acid in serum and urine. Clinic. Chemi. 26(2): 227–231.

Garcia, A., and A. Batal. 2005. Changes in the digestible lysine and sulfur amino acid needs of broiler chicks during the first three weeks posthatching. Poult. Sci. 84: 1350–1355.

Gheisari, A., H. A. Halaji, G. Maghsoudinegad, M. Toghyani, A. Alibemani, and S. E. Saeid. 2011. Effect of different dietary levels of energy and protein on performance of Japanese quails (*Coturnix coturnix Japonica*). In 2nd International Conference on Agricultural and Animal Science (pp 156-159). IACSIT Press, Singapore.

Ghaffari, M., M. Shivazad, M. Zaghari, and R. Taherkhani. 2007. Effects of different levels of metabolizable energy and formulation of diet based on digestible and total amino acid requirements on performance of male broiler. Int. J. Poult. Sci. 6: 276–279.

Gheorghe, A., D. Dragotoiu, G. Ciurescu, N. Lefter, and M. Habeanu. 2013. Effects of dietary protein level on protein deposition in broilers: 1. Productive performance and carcass characteristics. Bulletin UASVM Anim. Sci. Biotech. 70(2): 266–273.

Golian, A., and D. V. Maurice. 1992. Dietary poultry fat and gastrointestinal transit time of feed and fat utilization in broiler chickens. Poult. Sci. 71: 1357–1363.

Gous, R. M. 1986. Measurement of response in nutritional experiments. In C. Fisher and K. N. Boolman (eds.). Nutrient requirements of poultry and nutritional research (pp. 41–58). London: Butterworth Press.

Graber, G., H. M. Scott, and D. H. Baker, 1971. Sulfur amino acid nutrition of the growing chick: Effect of age on the dietary methionine requirement. Poult. Sci. 50: 851–858.

Griffiths, L., S. Leeson, and J. D. Summers. 1977. Influence of energy system and level of various fat sources on performance and carcass composition of broilers. Poult. Sci. 56: 1018–1026.

Grisoni, M. L., G. Uzu, M. Larbier, and P. A. Geraert. 1991. Effect of dietary lysine level on lipogenesis in broilers. Reprod. Nutr. Dev. 31: 683–690.

Han, Y., and D. H. Baker. 1991. Lysine requirements of fast- and slow-growing broiler chicks. Poult. Sci. 70: 2108–2114.

Han, Y., and D. H. Baker. 1993. Effects of sex, heat stress, body weight, and genetic strain on the dietary lysine requirement of broiler chicks. Poult. Sci. 72: 701–708.

Han, Y., and D. H. Baker. 1994. Digestible lysine requirement of male and female broiler chicks during the period three to six weeks posthatching. Poult. Sci. 73: 1737–1745.

Heger, J. 2003. Essential to non-essential amino acid ratios. In J. P. F. D'Mello (ed.). Amino Acid in Animal Nutrition (pp. 47–68). CABI Publishing, Wallingford: UK.

Hidalgo, M. A., W. A. Dozier III, A. J. Davis, and R. W. Gordon. 2004. Live performance and meat yield responses of broilers to progressive concentra-tions of dietary energy maintained at a constant metabolizable energy-to-crude protein ratio. J. Appl. Poult. Res. 13: 319–327.

Hurwitz, S., D. Sklan, H. Talpaz, and I. Plavnik. 1998. The effect of dietary protein Level on the lysine and arginine requirements of growing chickens. Poult. Sci. 77: 689–696.

Kamran, Z., M. A. Mirza, A. U. Haq, and S. Mahmood. 2004. Effect of decreasing dietary protein levels with optimum amino acids profile on the performance of broilers. Pakistan Vet. J. 24: 165–168.

Kamran, Z., M. Sarwar, M. Nisa, M. A. Nadeem, S. Ahmad, T. Mushtaq, T. Ahmad, and M. A. Shahzad. 2008a. Effect of lowering dietary protein with constant energy to protein ratio on growth, body composition and nutrient utilization of broiler chicks. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 21(11): 1629–1634.

Kamran, Z., M. Sarwar, M. Nisa, M. A. Nadeem, S. Mahmood, M. E. Babar, and S. Ahmed. 2008b. Effect of low-protein diets having constant energy-to-protein ratio on performance and carcass characteristics of broiler chickens from one to thirty-five days of age. Poul. Sci. 87: 468–474.

Kellems, R. O., and D. C. Church. 2010. Livestock Feed and Feeding. (6th ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Kim, E. J., P. L Utterback, and C. M. Parsons. 2011. Development of a precision-fed ileal amino acid digestibility assay using 3-week-old broiler chicks. Poult. Sci. 90: 396–401.

Kingori, A. M., J. K. Tuitoek, H. K. Muiruri, and A. M. Wachira. 2003. Protein requirements of growing indigenous chickens during the 14-21 weeks growing period. S. Afr. J. Anim. Sci. 33(2): 78–82.

Kino, K., and J. I. Okumura. 1986. Improvement of Body Weight and Nitrogen Balance of Chicks Fed Histidine-Free or Lysine-Free Diets with Supplementation of Graded Levels of Sulfur-Containing Amino Acids. Poult. Sci. 65: 1736–1740.

Klasing, K. C. 1998. Comparative avian nutrition. New York, USA: CAB International.

Kondra, P. A., J. L. Sell, and W. Guenter. 1974. Response of meat- and egg-type chickens to a high fiber diet. Can. J. Anim. Sci. 54: 651–658.

Labadan, Jr. M. C., K. N. Hsu, and R. E. Austic. 2001. Lysine and arginine requirements of broiler chickens at two to three-week intervals to eight weeks of age. Poult. Sci. 80: 599–606.

Lamberson, W. R., and J. D. Firman. 2002. A comparison of quadratic versus segmented regression procedures for estimating nutrient requirements. Poul. Sci. 81: 481–484.

Latshaw, J. D., and B. L. Bishop. 2004. Energy required for maintenance of broiler chickens and the change due to body fat content. J. Anim. Vet. Adv. 3: 19–23.

Latshaw, J. D. 2008. Daily energy intake of broiler chickens is altered by proximate nutrient content and form of the diet. Poultry Sci. 87: 89–95.

Leclercq, B. 1998. Specific Effects of Lysine on Broiler Production: Comparison with Threonine and Valine. Poult. Sci. 77: 118–123.

Leeson, S. 2008. Predictions for commercial poultry nutrition. J. Appl. Poult. Res. 17:315–322.

Leeson, S., and J. D. Summers. 2005. Commercial Poultry Nutrition. Nottingham University Press, Nottingham, England. 406 p.

Leeson, S., J. D. Summers, and L. Caston. 1993. Growth response of immature brown-egg strain pullet to varying nutrient density and lysine. Poult. Sci. 72: 1349–1358.

Leeson, S., L. Caston, and J. D. Summers. 1996. Broiler response to diet energy. Poul. Sci. 75: 529–535.

Liebert, F. 2007. Lysine requirement of fast growing chickens-Effects of age, sex, level of protein deposition and dietary lysine efficiency. J. Poult. Sci. 44(1): 63–72.

Likitdecharote, B., A. Molee, W. Molee, S. Khempaka, P. Moenkratok, C. Homta, and T. Chormai. 2012. Establishment of “Korat Meat Chicken” strain for small and micro community enterprise (SMCE) production [On-line]. Available: http://elibrary. trf.or.th/project_content. asp?PJID=RDG5320001.

Lin, H., H. C. Jiao, J. Buyse, and E. Decuypere. 2006. Strategies for preventing heat stress in poultry. World's. Poult. Sci. J. 62: 71–85.

Lopez, G., and S. Leeson. 2005. Utilization of metabolizable energy by young broilers and birds of intermediate growth rate. Poul. Sci. 84: 1069–1076.

Lopez, G., and S. Lesson. 2008. Aspects of energy metabolism and energy partitioning in broiler chickens. In J. France and E. Kebreab (eds.). Mathematical modelling in animal nutrition (pp. 339–350). Wallingford, UK: CABI Publishing.

MacLeod, M. G. 1997. Effect of amino acid balance an energy: Protein ratio on energy and nitrogen metabolism in male broiler chickens. Br. Poult. Sci. 38: 405–411

MacLeod, M. G. 2002. Energy utilization: Measurement and prediction. In J. M. McNab and K. N. Boorman (eds.). Poultry feedstuffs: Supply, composition and nutritive value (pp. 191–217). CABI Publishing, Oxfordshire: UK.

MacLeod, M. G., T. R. Jewitt, J. White, M. Verbrugge, and M. A. Mitchell. 1982. The contribution of locomotor activity to energy expenditure in the domestic fowl. Eur. Assoc. Anim. Prod. Publ. 29: 297–300.

Maliwan, P., S. Khempaka, and W. Molee. 2017. Evaluation of various feeding programmes on growth performance, carcass and meat qualities of Thai indigenous crossbred (50%) chickens. S. Afr. J. Anim. Sci. 47(1): 16–25.

Malomo, G. A., S. A. Bolu, and S. G. Olutade. 2013. Effects of dietary crude protein on performance and nitrogen economy of broilers. Sustainable Agric. Res. 2(3): 52–57.

Mathies, J. C. 1964. Adaptation of the Berthelot color reaction for the determination of urea nitrogen in serum and urine to an ultramicro system. Clinical chemistry 10(4): 366–369.

McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, C. A. Morgan, L. A. Sinclair, and R. G. Wilkinson. 2011. Animal nutrition. (7th ed.). London. UK: Prentice Hall.

Miles, R. D., and W. R. Featherston. 1974. Uric Acid Excretion as an Indicator of the Amino Acid Requirement of Chicks. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 145: 686–689.

Mitchell, H. H. 1959. Some species and age differences in amino acid requirements. In Protein and Amino Acid Nutrition, ed. by A. A. Albanese. Chap. 2, Academic Press, New York, pp. 11–43.

Molee, A., W. Molee, B. Likitdecharote, S. Khempaka, J. Yongsawatdigul, P. Moenkratok, C. Homta, and T. Chormai. 2015. Establishment of “Korat Meat Chicken” strain for small and micro community enterprise (SMCE) production, phase 2nd [On-line]. Available: http://elibrary. trf.or.th/project_cont ent.asp?PJID=RDG5620006

Morris, T. R. 1968. The effect of dietary energy level on the voluntary calorie intake of laying hens. Br. Poult. Sci. 9: 285–295.

Mosaad, G. M. M., and C. Iben. 2009. Effect of dietary energy and protein levels on growth performance, carcass yield and some blood constituents of Japanese quails (*Coturnix coturnix Japonica*). Die Bodenkultur. 60(4): 39–46.

Muramatsu, T., M. Kato, I. Tasaki, and J. Okumura. 1986. Enhanced whole-body protein synthesis by methionine and arginine supplementation in protein-starved chicks. Br. J. Nutr. 55: 635–641.

Nahashon, S. N., N. Adefope, A. Amenyenu, and D. Wright. 2005. Effects of dietary metabolizable energy and crude protein concentrations on growth performance and carcass characteristics of French guinea broilers. Poult. Sci. 84: 337–344.

Nguyen, T. V., and C. Bunchasak. 2005. Effects of dietary protein and energy on growth performance and carcass characteristics of Betong chicken at early growth stage. Songklanakarin J. Sci. Technol. 27(6): 1171–1178.

Nguyen, T. V., C. Bunchasak, and S. Chantsavang. 2010. Effects of dietary protein and energy on growth performance and carcass characteristics of betong chickens (Gallus domesticus) during growing period. Int. J. of Poult. Sci. 9(5): 468–472.

Niu, Z., J. Shi, F. Liu, X. Wang, C. Gao, and L. Yao. 2009. Effects of dietary energy and protein on growth performance and carcass quality of broilers during starter phase. Int. J. Poult. Sci. 8(5): 508–511.

NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. (9th ed.). Washington, DC., USA: National Academy Press.

NRC. 1984. The Effect of Genetic Variance on Nutritional Requirements of Animals. Washington, D.C. National Academy Press.

Patra, A. K. 2013. The effect of dietary fats on methane emissions, and its other effects on digestibility, rumen fermentation and lactation performance in cattle: A meta-analysis. Livest. Sci. 155: 244–254.

Pesti, G. M., D. Vedenov, J. A. Cason, and L. Billard. 2009. A comparison of methods to estimate nutritional requirements from experimental data. Br. Poult. Sci. 50(1): 16–32.

Pingmuang, R., S. Tangtaweewipat, B. Cheva-Isarakul, and B. Tananchai. 2001. Proper dietary protein and energy levels for crossbred native chickens during 6-10 weeks of age. In Proceedings of the 39th Kasetsart University Annual Conference (pp 169–177). Kasetsart University, Bangkok: Thailand.

Polsiri, M. 2001. Optimum protein and energy in diet of Southern indigenous and indigenous crossbred chicken. M.S. Thesis. Prince of Songkla University. Songkla.

Pond, W. G., D. C. Church, K. R. Pond, and P. A. Schoknecht. 2005. Basic animal nutrition and feeding. USA: Willey.

Pongjanla, S., T. Suttinon, A. Molee, and J. Yongsawatdigul. 2014. Comparative study on meat quality of Korat chicken and commercial broiler. In Proceedings of the 5th Meat Science and Technology. Subject: Meat Production in the Global Trade Competition (pp 81–89). King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok: Thailand.

Pym, R. A. E. 1990. Nutritional genetics. In R. D. Crawford (ed.). Poultry breeding and genetics (pp. 847–876). Elsevier Publishing Co., New York.

Richards, M. P., and M. Proszkowiec-Weglarz. 2007. Mechanisms regulating feed intake, energy expenditure and body weight in poultry. Poult. Sci. 86: 1478–1490.

Robbins, K. R., A. M. Saxton, and L. L. Southern. 2006. Estimation of nutrient requirements using broken-line regression analysis. J. Anim. Sci. 84: 155–165.

Robbins, K. R., H. W. Norton, and D. H. Baker. 1979. Estimation of nutrient requirements from growth data. J. Nutr. 109: 1710–1714.

Rodehutscord, M., and M. Pack. 1999. Estimates of essential amino acid requirements from dose response studies with rainbow trout and broiler chicken: Effect of mathematical model. Arch. Anim. Nutr. 52: 223–244.

Roeder, R. A., and G. A. Broderick. 1981. Effect of dietary protein quality on fractional rates of muscle protein synthesis and catabolism in the rat. Nutr. Rep. Int. 24: 361–369.

Ross, P. A., J. F. Hurnik, and W. D. Morrison. 1981. Effect of controlled drinking time on feeding behavior and growth of young broiler breeder females. Poult. Sci. 60: 2176–2181.

Saki, A. A., R. Naseri Harsini, M. M. Tabatabaei, P. Zamani, and M. Haghight. 2012. Estimates of methionine and sulfur amino acid requirements for laying hens using different models. Brazilian J. Poul. Sci. 14(3): 209–216.

Sales, J., and J. J. Du Preez. 1997. Protein and energy requirements of the Pearl Gray guinea fowl. Worlds Poult. Sci. J. 53: 382–385.

Salter, D. N., A. I. Montgomery, A. Hutson, D. B. Quelch, and R. J. Elliot. 1990. Lysine requirements and whole-body protein turnover in growing pigs. Br. J. Nutr. 63: 503–513.

Sangsawad, P., R. Kiatsongchai, B. Chitsomboon, and J. Yongsawatdigul. 2016. Chemical and cellular antioxidant activities of chicken breast muscle subjected to various thermal treatments followed by simulated gastrointestinal digestion. J. Food Sci. 81(10): 2431–2438.

SAS Institute. 1996. SAS Procedures Guide, Release 6.3 Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC. 441p.

Scott, M. L., M. C. Nesheim, and R. J. Young. 1982. Nutrition of the Chicken. M. L. Scott & Associates. New York. 562 p.

Short, F. J., P. Gorton, J. Wiseman, and K. N. Boorman. 1996. Determination of titanium dioxide added as an inert marker in chicken digestibility studies. Anim. Feed. Sci. Technol. 59: 215–221.

Shyam Sunder, G., Ch. Vijaya Kumar, A. K. Panda, M. V. L. N. Raju, S. V. Rama Rao, N. C. S. Gopinath, and M. R. Reddy. 2007. Restriction of metabolizable energy in broiler growers and its impact on grower and breeder performance. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 20(8): 1258–1265.

Sibbald, I. R. 1982. Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: A review. Can. J. Anim. Sci. 62: 983–1048.

Siqueira, J. C., N. K. Sakomura, L. R. B. Dourado, J. M. B. Ezequiel, N. A. A. Barbosa, and J. B. K. Fernandes. 2013. Diet formulation techniques and lysine requirements of 1- to 22-day-old broilers. Braz. J. Poult. Sci. 15: 123–134.

Strathe, A., A. Lemme, J. Htoo, and E. Kebreab. 2011. Estimating digestible methionine requirements for laying hens using multivariate non-linear mixed effect models. Poult. Sci. 90: 1496–1507.

Sterling, K. G., E. F. Costa, M. H. Henry, G. M. Pesti, and R. I. Bakalli. 2002. Responses of broiler chickens to cottonseed- and soybean meal-based diets at several protein levels. Poult. Sci. 81: 217–226.

Tang, H., Y. Z. Gong, C. X. Wu, J. Jiang, Y. Wang, and K. Li. 2009. Variation of meat quality traits among five genotypes of chicken. Poult. Sci. 88: 2212–2218.

Tangtaweewipat, S., B. Cheva-Isarakul, and R. Pingmuang. 2000. Proper dietary protein and energy levels for growing crossbred native chickens. In Proceedings of the 38th Kasetsart University Annual Conference (pp 100-113). Kasetsart University, Bangkok: Thailand.

Tesseraud, S., M. Larbier, A. M. Chagneau, and P. A. Geraert. 1992. Effect of dietary lysine on muscle protein turnover in growing chickens. Reprod. Nutr. Dev. 32: 163–175.

Tesseraud, S., R. Peresson, and A. M. Chagneau. 1996. Dietarylysine deficiency greatly affects muscle and liver proteinturnover in growing chickens. Br. J. Nutr. 75:853–865.

Urdaneta-Rincon, M., and S. Leeson. 2004. Muscle (pectoralis major) protein turnover in young broiler chickens fed graded levels of lysine and crude protein. Poult. Sci. 83:1897–1903.

Vedenov, D., and G. M. Pesti. 2008. A comparison of methods of fitting several models to nutritional response data. J. Anim. Sci. 86: 500–507.

Wang, C., M. Xie, W. Huang, J. J. Xie, J. Tang, and S. S. Hou. 2013. Arginine requirements of white Pekin ducks from 1 to 21 days of age. Poul. Sci. 92: 1007–1010.

Wen, Z. G., J. Tang, S. S. Hou, Y. M. Guo, W. Huang, and M. Xie. 2014. Choline requirements of white Pekin ducks from hatch to 21 days of age. Poul. Sci. 93: 3091–3096.

Wickramasuriya, S. S., J. Yoo, J. C. Kim, and J. M. Heo. 2015. The apparent metabolizable energy requirement of male Korean native ducklings from hatch to 21 days of age. Poult. Sci. 95: 77–83.

Widyaratne, G. P., and M. D. Drew. 2011. Effects of protein level and digestibility on the growth and carcass characteristics of broiler chickens. Poult. Sci. 90: 595–603.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Wilson, H., and R. Miles. 1988. Research note: plasma uric acid of broiler breeder and leghorn male chickens: Effect of feeding time. Poult. Sci. 67: 345–347.

Wolynetz, M. S., and I. R. Sibbald. 1987. Need for comparative slaughter experiments in poultry research. Poult. Sci. 66: 1961–1972.

Wu, G. 2009. Amino acids: Metabolism, functions, and nutrition. Amino Acids. 37: 1–17.

Xie, M., J. N. Zhao, S. S. Hou, and W. Huang. 2010. The apparent metabolizable energy requirement of White Pekin ducklings from hatch to 3 weeks of age. Anim. Feed Sci. Technol. 157: 95–98.

Zaman, Q. U., T. Mushtaq, H. Nawaz, M. A. Mirza, S. Mahmood, T. Ahmad, M. E. Babar, and M. M. H. Mushtaq. 2008. Effect of varying dietary energy and protein on broiler performance in hot climate. Anim. Feed Sci. Techno. 146: 302–312.

Zhao, J. P., J. L. Chen, G. P. Zhao, M. Q. Zheng, R. R. Jiang, and J. Wen. 2009. Live performance, carcass composition, and blood metabolite responses to dietary nutrient density in two distinct broiler breeds of male chickens. Poult. Sci. 88: 2575–2584.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ – สกุล: นางสาว สุทิศา เข็มผะกา

Miss Sutisa Khempaka

2. หมายเลขบัตรประชาชน: 3 3201 00126 85 7

3. ตำแหน่งปัจจุบัน: รองศาสตราจารย์

4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมเลขหมายโทรศัพท์ และ E-mail

สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 0-4422-4572 โทรสาร 4150-4422-0
E-mail: khampaka@sut.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ระดับการศึกษา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	คณะ	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา/ปี	ประเทศ
ป. ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1)	เกษตรศาสตร์	เกษตรศาสตร์	ม.อุบลราชธานี, 2541	ไทย
ป. โท	วท.ม. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	เกษตรศาสตร์	สัตวศาสตร์	ม. ขอนแก่น, 2545	ไทย
ป. เอก	Ph.D. (Agricultural Science)	เกษตรศาสตร์	Animal Nutrition and Feed Science	Gifu University, 2006	Japan

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ

6.1 โภชนศาสตร์สัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง (Non-ruminant Nutrition)

6.2 การผลิตสัตว์ปีก (Poultry production)

6.3 การผลิตสุกร (Swine Production)

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง : การศึกษาและปรับปรุงเนื้อเยื่อของไก่ที่ตอบสนองต่อความเครียดจากความร้อนเพื่อเพิ่มความทนทานในการผลิตภายใต้สภาพอากาศที่ท้าทาย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง : การประเมินศักยภาพของวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองเพื่อพัฒนาเป็นสารเสริมสำหรับสัตว์

7.3 หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง : การประเมินคุณสมบัติของ *Lactobacillus* และ *Bifidobacterium* ที่ได้จากท่อทางเดินอาหารของไก่เพื่อใช้เป็นโพรไบโอติคในอาหารไก่เนื้อ

7.4 หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง : การสกัดและการประเมินใยอาหารที่ได้จากกากมันสำปะหลังและกากมันเอทานอลเป็นสารเสริมสำหรับไก่เนื้อและไก่ไข่

7.5 หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง : การใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับส่าเหล้าเป็นวัตถุดิบอาหารสำหรับสุกร

7.6 หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง : ผลของการเสริมกรดอินทรีย์ต่อสุขภาพทางเดินอาหาร และสมรรถนะการผลิตของลูกสุกรหย่านม

7.7 หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง :การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากกากมันสำปะหลังเพื่อเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกสำหรับไก่ไข่

7.8 หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง : การเพิ่มคุณภาพของกากมันสำปะหลังโดยการหมักด้วยเชื้อ *Aspergillus oryzae* เพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสำหรับไก่ไข่

7.9 หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง : การใช้น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ไทย (*Mentha cordifolia* Opiz.) เพื่อทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะในอาหารไก่เนื้อ

7.10 หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง : การใช้กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ในสูตรอาหารสำหรับไก่เนื้อ

7.11 หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง : การปรับปรุงคุณภาพของกากมันสำปะหลังเพื่อเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกใหม่สำหรับไก่เนื้อ

7.12 หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง : ผลของการเสริมกลูตามีนในอาหาร ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การพัฒนาของระบบทางเดินอาหาร และการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของไก่เนื้อ

7.13 หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง : การใช้ไคตินจากเปลือกกุ้งกุลาดำ (Peneaus monodon) เป็นสารเสริมชีวนะในอาหารไก่เนื้อ

7.14 ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง : การทดสอบผลิตภัณฑ์การค้าของส่วนผสมสารสกัดหยาบจากพริกและสารฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในสุกรขุน

7.15 ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง : ผลของระดับน้ำมันปลาทะเลในอาหารและช่วงระยะเวลาการให้อาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและส่วนประกอบของกรดไขมันขนิดโอเมก้า-ในเนื้อไก่พื้นเมือง 3

7.16 ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง : การศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในโรงฆ่าสุกร การขนส่งจากโรงฆ่าไปยังจุดจำหน่าย และแหล่งจำหน่ายเนื้อสุกร ในเขตจังหวัดนครราชสีมาและอุบลราชสีมา

7.17 ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง : การสร้างสายพันธุ์ “ไก่เนื้อโคราช” เพื่อการผลิตเป็นอาชีพวิสาหกิจชุมชน

7.18 ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง : ผลของการเลี้ยงไก่พื้นเมืองแบบกึ่งปล่อยต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ปริมาณคอเลสเตอรอล และองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อ

8. ผลงานวิจัยตีพิมพ์

Khempaka, S., K. Koh, and Y. Karasawa. 2006. Effect of shrimp meal on growth performance and digestibility in growing broilers. J. Poult. Sci. 43: 250–254.

Khempaka, S., M. Mochizuki, K. Koh, and Y. Karasawa. 2006. Effect of chitin in shrimp meal on growth performance and digestibility in growing broilers. J. Poult. Sci. 43: 339–343.

Khempaka, S., W. Molee, and M. Guillaume. 2009. Dried cassava pulp as an alternative feedstuffs for broilers: effect on growth performance, carcass traits, digestive organs and nutrient digestibility. J. Appl. Poult. Res. 18: 487–493.

Thongkratok, R., **S. Khempaka,** and W. Molee. 2010. Protein enrichment of cassava pulp using microorganisms fermentation techniques for use as an alternative animal feedstuff.J. Anim. Vet. Adv. 9(22): 2859–2862.

Khempaka, S., C. Chitsatchapong, and W. Molee. 2011. Evaluation of chitin and protein constituents in shrimp meal on growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbial populations, volatile fatty acids and ammonia production in broilers. J. Appl. Poult. Res. 20: 1–11.

Puttaraksa, P., W. Molee, and **S. Khempaka**. 2012. Meat quality of Thai indigenous chickens raised indoors or with outdoor access. J. Anim. Vet. Adv. 11 (7): 975–978.

Pudpila, U., **S. Khempaka**, W. Molee, and C. Hormta. 2011. Comparison of distillation methods of *Mentha cordifolia* Opiz. essential oil on antibacterial activity for application use in animal feeds. J. Agri. Sci. and Tech A. 1: 1336–1340.

Khempaka, S., U. Pudpila, and W. Molee. 2013. The effect of dried peppermint (*Mentha cordifolia*) on growth performance, nutrient digestibility, carcass traits, antioxidant properties and ammonia production in broilers. J. Appl. Poult. Res. 22(4): 904–912.

Khempaka, S., R. Thongkratok, S. Okrathok, and W. Molee. 2014. An evaluation of cassava pulp feedstuff fermented with *A. oryzae,* on growth performance, nutrient digestibility and carcass quality of broilers. J. Poult. Sci. 50: 71–79.

Tiengtam, N., **S. Khempaka**, P. Paengkoum, and S. Boonanuntanasarn. 2015. Effects of inulin and Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus) as prebiotic ingredients in the diet. Anim. Feed Sci. Technol. 127: 120–129.

Khempaka, S., L. Hokking, and W. Molee. 2016. Potential of dried cassava pulp as an alternative energy source for laying hens. J. Poult. Sci. 00: 1–11.

Maliwan, P., **S. Khempaka,** and W. Molee. 2017. Evaluation of various feeding programmes on growth performance, carcass and meat qualities of Thai indigenous crossbred (50%) chickens. S. Afr. J. Anim. Sci. 47(1): 16–25.

Okrathok, S., P. Pasri, R. Thongkratok, W. Molee, and **S. Khempaka**. 2018. Effects of cassava pulp fermented with *Aspergillus oryzae* as a feed ingredient substitution in laying hen diets. J. Appl. Poult. Res. 27(2): 188–197.

Hang, T.T.T., W. Molee, **S. Khempaka**, and N. Paraksa. 2018. Supplementation with curcuminoids and tuna oil influenced skin yellowness, carcass composition, oxidation status, and meat fatty acids of slow-growing chickens. Poult. Sci. 97: 901–909.

Khempaka, S., P. Maliwan, S. Okrathok, and W. Molee. 2018. Digestibility, productive performance, and egg quality of laying hens as affected by dried cassava pulp replacement with corn and enzyme supplementation. Trop. Anim. Health and Prod. 50(6): 1239–1247.

T. T. T. Hang, W. Molee, and **S. Khempaka**. 2018. Linseed oil or tuna oil supplementation in slow-growing chicken diets: Can their meat reach the threshold of a “high in n-polyunsaturated fatty acids” product? J. Appl. Poult. Res. 0: 1–12.

Maliwan, P., **S. Khempaka,** W. Molee, and J.T. Schonewille. 2018. Effect of energy density of diet on growth performance of Thai indigenous (50% crossbred) Korat chickens from hatch to 42 days of age. Trop Anim Health Prod. 50(8): 1835–1841.

Maliwan, P., W. Molee, and **S. Khempaka**. 2019. Responses of Thai indigenous crossbred chickens to various dietary protein levels at different ages. Trop Anim Health Prod. 51(6): 1427–1439.

Okrathok, S., and S. Khempaka. 2020. Modified-dietary fiber from cassava pulp reduces abdominal fat and meat cholesterol contents without affecting growth performance of broiler chickens. J. Appl. Poult. Res. 29: 229–239.

Tsukagoshi, M., M. Sirisopapong, F. Namai, M. Ishida, S. Okrathok, S. Shigemori, T. Ogita, T. Sato, **S. Khempaka** and T. Shimosato. 2020. *Lactobacillus ingluviei* C37 from chicken inhibits inflammation in LPS-stimulated mouse macrophages. Anim. Sci. J. 91: 1–7.

Tran, D.H., J.Th. Schonewille, C. Pukkung, and **S. Khempaka.** 2021. Growth performance and accretion of selected amino acids in response to three levels of dietary lysine fed to fast and slow growing broilers. Poult. Sci. 100(4): 100998.

Khempaka, S., C. Pukkung, S. Okrathok, S. Chaiyasit, A. Khimkem, M. Sirisopapong, ans P. Pasri. 2022. Mix of cassava pulp, napier grass, and enzymes can be used as low cost alternative feed ingredient for laying hens. Trop Anim Health Prod. 54(1): 1–10.

Maliwan, P., S. Okrathok, C. Pukkung, P. Pasri, and **S. Khempaka**. 2022. Effect of dietary energy concentration on the growth of slow-growing Korat chickens from 43 to 84 days old. South African Journal of Animal Science. 52(1): 17–22.

จรณี จิตสัจจพงศ์ วิทธวัช โมฬี และ**สุทิศา เข็มผะกา**. 2552. ผลของการเสริมเปลือกกุ้งป่นในอาหาร ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และการตอบสนองภูมิคุ้มกันของไก่เนื้อ. วารสารแก่นเกษตร. 37 (4): 331–338.

เอกพล พูนชัย **สุทิศา เข็มผะกา** วิทธวัช โมฬี และจักร์ โนจากุล. 2553. บทบาทของกลูตามีนต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การตอบสนองต่อภูมิคุ้มกัน และการพัฒนาระบบทางเดินอาหารสุกรหย่านม. วารสารแก่นเกษตร. 38 (1): 39–46.

พชรพล พะศรี, สุภัตรา โอกระโทก, เมริษา ศิริโสภาพงษ์, อาภรณ์ คิมเข้ม, วิทธวัช โมฬี, อมรรัตน์ โมฬี, ประพจน์ มลิวัลย์, Nadine Gerard, Pascal Mermillod และ**สุทิศา เข็มผะกา**. 2561. ผลของระดับพลังงาน วิตามินซี วิตามินอี และซีลีเนียมในอาหารแม่ไก่ ต่อสมรรถนะการผลิต ระยะเวลาการมีชีวิตรอดของอสุจิ และการต้านอนุมูลอิสระในของเหลวจากต่อมสร้างเปลือกไข่. วารสารแก่นเกษตร. 46(1): 63–72.

สุภัตรา โอกระโทก เมริษา ศิริโสภาพงษ์ วิทธวัช โมฬี และ**สุทิศา เข็มผะกา**. 2562. ผลของการหมักใยอาหารที่สกัดได้จากกากมันสำปะหลัง และกากมันเอทานอล ในหลอดทดลองต่อประชากรจุลินทรีย์ การผลิตกรดไขมันสายสั้น และกรดแลคติก. วารสารแก่นเกษตร. 47(2): 271–280.

อาภรณ์ คิมเข้ม และ**สุทิศา เข็มผะกา**. 2562. การประเมินคุณสมบัติทางพฤษเคมีของหญ้าขัดมอญใบยาวและผลการเสริมในอาหารต่อความเข้มข้นพิวรีน อนุพันธ์พิวรีน และ กรดยูริกในพลาสมาของไก่โคราช. วารสารแก่นเกษตร. 48(1): 143–152.

สุภัตรา โอกระโทก เมริษา ศิริโสภาพงษ์ เพลิน เมินกระโทก และ**สุทิศา เข็มผะกา**. 2564. ผลของใยอาหารดัดแปลงจากกากมันสำปะหลังต่อลักษณะทางเดินอาหารและลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้ในไก่เนื้อ วารสารแก่นเกษตร. 49(2): 159–163.

9. เสนอในการประชุมวิชาการต่างประเทศ

Khempaka, S., M. Mochizuki, K. Koh, and Y. Karasawa. 2005. Effects of shrimp meal on growth performance, digestibility, nitrogen retention and meat color in growing broilers. Japanese Poultry Science Association, Spring Meeting 2005. Tokyo, Japan.

Khempaka, S., K. Koh, and Y. Karasawa. 2005. Growth performance, digestibility and nitrogen retention in growing broiler given diets containing 4 to 16% of shrimp meal. Japanese Poultry Science Association, Autumn Meeting 2005. Kumamoto, Japan.

Khempaka, S., K. Koh, and Y. Karasawa. 2006. High calcium content in shrimp meal had little effect on growth performance in growing broilers. Japanese Poultry Science Association, Spring Meeting 2006. Fukuoka, Japan.

Khempaka, S., K. Koh, and Y. Karasawa. 2007. The *in vitro* measurement of dry matter and crude protein digestibilities of shrimp meal. First International Conference on Sustainable Animal Agriculture in Developing Countries, Kunming Yunnan, China.

Khempaka, S., W. Molee, R. Thongkratoke, C. Chitsatchapong, and E. Poonchai. 2008. Fermentation of cassava pulp with *Aspergillus oryzae* and *Candida utilis* for improved nutrients as an alternative feedstuff for animals. The 13th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. September 22-26, 2008. Hanoi, Vietnam.

Khempaka, S., and W. Molee. 2008. Effect of cassava pulp on growth performance and digestibility in broilers. The 13th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. September 22-26, 2008. Hanoi, Vietnam.

Molee, W., **S. Khempaka,** and C. Hormta. Effects of dietary tuna oil on performance, egg quality and egg yolk fatty acid composition of laying hens. The 13th Animal Science

congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. September 22-26, 2008. Hanoi, Vietnam.

Khempaka, S., C. Chitsatchapong, and W. Molee. 2009. Measurement of chitin efficiencies on growth performance and ammonia production in broilers. The 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries, November 8-11, 2009. Kuala Lumpur, Malaysia.

Chisatchapong, C., **S. Khempaka**, W. Molee, and C. Homta. 2009. Effect of chitin constituent in shrimp meal on nutrient digestibility, hematology and immune response in broilers. The 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. November 8-11, 2009. Kuala Lumpur, Malaysia.

Thongkratok, R., **S. Khempaka**, W. Molee, and C. Homta. 2009. Evaluation of fermented cassava pulp on growth performance and nutrient digestibility in broilers. 2009. The 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. November 8-11, 2009. Kuala Lumpur, Malaysia.

Poonchai, E., **S. Khempaka**, W. Molee, and J. Nojakul. 2009. Effect of glutamine supplementation on growth performance and intestinal microbial population of weaned pigs. The 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. November 8-11, 2009. Kuala Lumpur, Malaysia.

Khempaka, S., N. Chaiyasit, and W. Molee. 2010. Effect of dietary shrimp meal on microbial populations and ammonia production in broilers administered with *Lactobacillus* spp. and *Bacillus* spp**.** The 14th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. August 23-27, 2010. Pingtung, Taiwan, Republic of China.

Molee, W., **S. Khempaka**, C. Chitsatchapong, and P. Puttaraksa. 2010. Effects of dietary Tuna Oil on growth performance and fatty acid composition of meat in Thai Native Chickens. The 14th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. August 23-27, 2010. Pingtung, Taiwan, Republic of China.

Pudpila, U., **S. Khempaka**, W. Molee, and C. Hormta. 2011. Comparison of distillation methods of *Mentha cordifolia* Opiz. essential oil on antibacterial activity for application use in animal feeds. The 3rd International Conference on Sustainable

Animal Agriculture for Developing Countries. July 26-29, 2011. Nakhon Ratchasima, Thailand.

Suriyawong, T., **S. Khempaka**, W. Molee, and C. Hormta. 2011. The *In Vitro* evaluation of non-starch polysaccharide digestibility of cassava pulp using xylanase enzyme. The 3rd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. July 26-29, 2011. Nakhon Ratchasima, Thailand.

Khempaka, S., and K. Koh. 2011. Effect of covering with acidified sawdust on ammonia volatilization during composting of poultry manure. The 3rd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. July 26-29, 2011. Nakhon Ratchasima, Thailand.

Yingyuen, S., S. Wongsutthavas, C. Yuanklang, K. Vasupen, S. Bureenok, **S. Khempaka,** and A.C. Beynen. 2011. Effect of dried black cumin and tamarin supplementation on egg performance and lipids concentration in egg yolk of layer hens. The 3rd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. July 26-29, 2011. Nakhon Ratchasima, Thailand.

Chaokaur, A., **S. Khempaka**, T. Matsumoto, J. Takahashi, and T. Nishida. 2011. Effect of ruminal dosing of mechanical stimulating brush on methane emission from rumen in dry cows. The 3rd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. July 26-29, 2011. Nakhon Ratchasima, Thailand.

Khempaka, S., S. Okrathok, L. Hokking, B. Thuhanon, and W. Molee. 2011. Influence of supplemental glutamine on nutrient digestibility and utilization, small intestinal morphology and gastrointestinal tract and immune organ developments of broiler chickens. World Academy of Science, Engineering and Technology. August 24-26, 2011. Paris, France.

Molee, W., P. Puttaraksa, S. Pitakwong, and **S. Khempaka.** 2011. Performance, carcass yield, hematological parameters, and feather pecking damage of Thai indigenous chickens raised indoors or with outdoor access. World Academy of Science, Engineering and Technology. August 24-26, 2011. Paris, France.

Khempaka, S., and W. Molee. 2012. An evaluation of glutamine feed supplementation on the immune response, intestinal morphology and growth performance of broilers, at

various stages of development. ADSA®-AMPA-ASAS –CSAS-WSASAS Joint Annual Meeting. July 15-19, 2011, Phoenix, Arizona, USA.

Khempaka, S., E. Poonchai, and W. Molee. 2012. Efficacy of glutamine enriched diet on the growth performance, hematology and blood urea nitrogen of weaned pigs. In APE 2012: International Conference on Animal Production and Environment, 13-14 December 2012. Cantho, Vietnam.

Suriyawong, T., **S. Khempaka,** and W. Molee. 2012. The effects of xylanase enzyme supplementation in diets containing dried cassava pulp on nutrient digestibility and growth performance of broilers. In APE 2012: International Conference on Animal Production and Environment, 13-14 December 2012, Cantho, Vietnam.

Pitagwong, S., W. Molee, **S. Khempaka,** and C. Hormta. 2012. Varying ratios of soybean oil to tuna oil in laying hen diets on productive performance and ratio of omega-6 to omega-3 fatty acids in egg yolk. In APE 2012: International Conference on Animal Production and Environment, 13-14 December 2012, Cantho, Vietnam.

Molee, W., P. Puttaraksa, and **S. Khempaka.** 2012. Effect of rearing systems on fatty acid composition and cholesterol content of Thai indigenous chicken meat. ICABBBE 2012: International Conference on Agricultural, Biosystems, Biotechnology and Biological Engineering, September 26-27, 2012, Rome, Italy.

Okrathok, S., **S. Khempaka,** and W. Molee. 2012. Effects on cassava pulp fermented with *A. oryzae* on nutrient digestibility and ammonia production of laying hens. In APE 2012: International Conference on Animal Production and Environment, 13-14 December 2012, Cantho, Vietnam.

Hokking, L., **S. Khempaka,** and W. Molee. 2012. An evaluation of the metabolizable energy and nutrient digestibility of dried cassava pulp in layers. In *APE 2012*: International Conference on Animal Production and Environment, 13-14 December 2012, Cantho, Vietnam.

Maliwan, P., C. Sripaoraya, P. Nuansritong, and **S. Khempaka.** 2012. Effect of pineapple bran on the growth performance and carcass quality of brolilers. In *APE 2012*: International Conference on Animal Production and Environment, 13-14 December 2012, Cantho, Vietnam.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Molee, W., A. Molee, **S. Khempaka** C. Hormta, P. Mernkrathoke, T. Chormai, and B. Likitdecharote. 2013. The comparison of growth performance, carcass composition, and meat quality between Thai crossbred (Thai indigenous chicken x layer) and male layer chickens. EggMeat Symposia 2013, 15-19 September 2013. Bergamo, Italy.

Khempaka, S., S. Terapuntuwat, W. Wongsrikeao, and P. Pakdee. 2013. Responses of broiler chicks to methionine hydroxyl analog and DL-methionine using fish meal or full fat soybean meal as the sole source of protein. World Academy of Science, Engineering and Technology. January 14-15, 2013. Zurich, Switzerland.

Thukhanon, B., S. Pitagwong, **S. Khempaka,** and W. Molee. 2013. Productive performance and egg quality of laying hens kept under difference rearing systems. 2013 International Conference on Agriculture Science and Environment Engineering (ICASEE 2013), December 19-20, 2013. Beijing, China.

Khempaka, S., T. Suriyawong, and W. Molee. 2014. Xylanase supplementation improve nutrient digestibility in broilers fed dried cassava pulp. In *EAAP 2014* 65th Annual Meeting of European Federation of Animal Science, 25-29 August 2014, Copenhagen, Denmark.

Maliwan, P., **S. Khempaka,** and W. Molee. 2015. Metabolizable energy requirement of Thai indigenous crossbred (50%) chickens (Korat chickens) from 0–3 weeks of age. Khon Kaen Agr. J. 43 Suppl.2: 211 (Abstr.)

Molee, W., **S. Khempaka,** P. Mernkrathoke, and A. Molee. 2014. Effect of free-range raising system on growth performance and carcass traits of "Korat Meat Chickens". XIVth European Poultry Conference (EPC 2014), June 23-27, 2014. Stavanger, Norway.

Maliwan, P., **S. Khempaka,** and W. Molee. 2015. Effects of dietary energy on growth performance of Korat chickens from 3 to 6 weeks of age. In *EAAP 2015* 66th Annual Meeting of European Federation of Animal Science, 31 August – 4 September 2015, Warsaw, Poland.

Khempaka, S., P. Pasri, S. Okrathok, T. Suriyawong, L. Hokking, and W. Molee. 2015. Responses of weaned pigs to organic acids on growth performance and intestinal mucosa morphology. In *EAAP 2015* 66th Annual Meeting of European Federation of Animal Science, 31 August – 4 September 2015, Warsaw, Poland.

Sirisopapong, M., A. Khimkem, P. Pasri, S. Chaiyasit, P. Jaiboonlue, S. Okrathok, and **S. Khempaka**. 2015. Evaluation of nutrient digestibility of mixed cassava pulp and Napier Pakchong grass for use as an alternative feedstuff in laying hens. The 5rd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. October 27-30, 2015. Chonburi, Thailand.

Samdangchai, T., **S. Khempaka,** and W. Molee. 2015. Effect of dietary vitamin E, selenium and omega-3 on fertility and hatchability of SUT female broiler breeders. The 1st International Conference on Native Chicken (ICONC2015), February 23-25, 2015. Khon Kaen, Thailand.

Molee, W., **S. Khempaka,** and A. Molee. 2015. Meat quality of Thai indigenous crossbred chickens kept under free-range raising system. The 66th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP2015), August 31 to September 4, 2015, Warsaw, Poland.

Yaemphet, T., W. Molee, **and S. Khempaka.** 2016. Effect of long-term feeding of n-6 to n-3 fatty acid ratio in laying hen diets on yolk fatty acid accumulation. The 17th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies, August 22 to 25, 2016, Fukuoka, Japan.

Maliwan, P., **S. Khempaka,** and W. Molee. 2016. Protein requirement of Korat chickens from 3-0weeks of age. In EAAP 2016 67th Annual Meeting of European Federation of Animal Science, 29 August - 2 September 2016, Belfast, UK.

Khempaka, S., P. Maliwan, and W. Molee. 2016. Mixed enzymes supplementation in laying hens fed dried cassava pulp. In EAAP 2016 67th Annual Meeting of European Federation of Animal Science, 29 August - 2 September 2016, Belfast, UK.

Molee, W., P. Mernkrathoke, **S. Khempaka,** and A. Molee. 2016. Effect of different management systems on performance and carcass traits of crossbred chickens. In EAAP 2016 67th Annual Meeting of European Federation of Animal Science, 29 August - 2 September 2016, Belfast, UK.

Molee, A., W. Molee, **S. Khempaka,** C. Hormta, P. Mernklatoak, T. Chormai, R. Bunnom, N. Tanpol, and B. Likitdejcharoj, 2016. The establishment of female line of alternative

meat chicken for smallholder farmer's occupation. In EAAP 2016 67th Annual Meeting of European Federation of Animal Science, 29 August - 2 September 2016, Belfast, UK.

Phocharapon. P., **S. Khempaka**, W. Molee, A. Molee, N. Gerard, and P. Mermillod. 2016. Reproductive performance and fertility response of laying hens as affected by dietary energy and antioxidant substance supplementation. In The 1st International Conference on Tropical Animal Science and Production (TASP2016), September 26 to 29, 2016. Bangkok, Thailand.

Hang, T.T.T., W. Molee, and **S. Khempaka**. 2016. Growth performance, meat quality and plasma TBARS of indigenous crossbred chickens fed curcumin removed turmeric oleoresin. In The 1st International Conference on Tropical Animal Science and Production (TASP2016), September 26 to 29, 2016. Bangkok, Thailand.

Yaemphet, T., W. Molee, and **S. Khempaka.** 2016. Effect of different n- 6to n- 3fatty acid ratio in laying hen diets on egg quality, yolk fat and yolk cholesterol. The 1st International Conference on Tropical Animal Science and Production (TASP2016), Bangkok, Thailand, September 26 to 29, 2016.

Molee, W., T. Yaemphet, and **S. Khempaka.** 2016. Productive performance and yolk fatty acid composition of laying hens fed different dietary n-6 to n-3 fatty acid ratios. The International conference on "Agriculture development in the context of international integration: Opportunities and challenges" (ICOAD 2016), December 7 to 8, 2016. Vietnam National University of Agriculture, Hanoi, Vietnam.

Khempaka, S., T. Omura, M. Sirisopapong, A. Khimkem, P. Pasri, S. Chaiyasit, S. Okrathok and W. Molee. 2017. Effects of mixed cassava pulp and Napier Pakchong grass as alternative feedstuff in laying hens diets. In EAAP 2017 68th Annual Meeting of European Federation of Animal Science, 28 August - 2 September 2017, Tallins, Estonia.

Khempaka, S., P. Pasri, S. Okrathok, P. Maliwan, M. Sirisopapong, W. Molee, N. Gerard and P. Mermillod. 2018. Energy, vitamin C, vitamin E and selenium affected antioxidant activity in egg yolk and uterine fluid of laying hens. In EAAP 2018 69th Annual Meeting of European Federation of Animal Science, 27 – 31 August 2018, Dubrovnik, Croatia.

Chaiyasit, S., S. Okrathok, J. Pongsetkul, P. Sangsawad, W. Molee, and **S. Khempaka.** 2019. Effect of low purine diets on uric acid concentration in serum and excreta of Korat chickens. In The 2nd International Conference on Tropical Animal Science and Production (TASP 2019) and The 2nd International Conference on Native Chicken (ICON 2019), July 9 to 12, 2019. Nakhon Ratchasima, Thailand.

Khimkem, A., O. Jantasaeng, J. Pongsetkul, P. Sangsawad, W. Molee and **S. Khempaka**. 2019. Effects of Sida acuta Burm.f. supplementation in diets on serum antioxidant enzyme of Korat chickens. In The 2nd International Conference on Tropical Animal Science and Production (TASP 2019) and The 2nd International Conference on Native Chicken (ICON 2019), July 9 to 12, 2019. Nakhon Ratchasima, Thailand.

Khempaka, S., C. Pukkung, M. Sirisopapong, A. Khimkem, P. Pasri, S. Chaiyasit and S. Okrathok. 2019. Evaluation of mixed cassava pulp and Napier Packing grass for use as feedstuff in laying hen. International Congress on Domestic Animal Breeding Genetics and Husbandry (ICABGEH-2019)", Prague, Czech Republic.

Khempaka, S., S. Okrathok, M. Sirisopapong and S. Chaiyasit. 2019. Chemical characteristics of modified-dietary fiber from cassava by-products. The 7th International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. November 8-11, 2019. Pokhara, Nepal.

Okrathok, S., M. Sirisopapong, P. Pasri, S. Chaiyasit, A. Khimkem, and **S. Khempaka**. 2019. Using modified-dietary fiber from cassava pulp as an insoluble fiber source in broiler diets to enhance gizzard development and nutrient utilization. The 7th International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. November 8-11, 2019. Pokhara, Nepal.