

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาในห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก ใช้เครื่องชั่ง 2 ชนิด คือ
 - 1.1 ชนิดไฟฟ้าขนาดชั่งได้ 3,110 ก. มีความละเอียดอ่านได้ 0.01 ก. ใช้สำหรับชั่งตัวอย่างอาหารที่กรอกเข้าทางปากของสัตว์ทดลอง (ไก่และเป็ด) และใช้ชั่งมูลสดในการศึกษาค่าการย่อยได้และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ (ME)
 - 1.2 ชนิดไฟฟ้าขนาดชั่งได้ 160 ก. มีความละเอียดอ่านได้ 0.001 ก. ใช้สำหรับชั่งตัวอย่างอาหารและมูล เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี สำหรับคำนวณค่า ME และค่าการย่อยได้
2. ตู้อบสำหรับอบมูลสัตว์ทดลองและตัวอย่างอาหารให้แห้ง
3. เครื่อง Adiabatic bomb calorimeter (Model IKA 400°C) ใช้สำหรับวิเคราะห์หาค่าพลังงานรวม (Gross energy, GE) ของอาหารและมูล
4. เครื่องบดตัวอย่างอาหารและมูลสัตว์ทดลอง ขนาดบดละเอียด 1 มม.
5. ตู้แช่แข็งสำหรับเก็บมูล โดยนำมูลบรรจุใส่กล่องพลาสติกปิดฝา นำไปเก็บไว้ในตู้แช่แข็งเพื่อรอการอบแห้งและวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีต่อไป

การศึกษาในฟาร์มทดลอง

1. การหาค่า ME
 - 1.1 ไก่ไข่เพศผู้โตเต็มวัย จำนวน 4 ตัว น้ำหนักตัวเฉลี่ย 2.5 กก.
 - 1.2 เป็ดไข่เพศผู้โตเต็มวัย จำนวน 4 ตัว น้ำหนักตัวเฉลี่ย 2 กก.
 - 1.3 กรง metabolic cage ขนาด 43x36x51 ซม. จำนวน 4 กรง ได้กรงมีถาดรองรับมูลซึ่งเป็นถาดอลูมิเนียม เมื่อต้องการเก็บรวบรวมมูลจะรองด้วยพลาสติกใสใ้เฉพาะของแต่ละกรง
 - 1.4 กระบอกฉีดยา (Syringe) และสายยางสำหรับใส่กากมะเขือเทศ เพื่อสอดลงไปที่กระเพาะพักของสัตว์ทดลอง

หมายเหตุ : มูลหมายรวมถึงปัสสาวะด้วย เพราะสัตว์ปีกขับมูลและปัสสาวะออกมารวมกัน

1.5 กสองพลาสติกปิดฝาสำหรับใส่มูลเพื่อนำไปเก็บในตู้แช่แข็ง

2. การประเมินสมรรถภาพการผลิตในสัตว์ปีกประเภทไก่เนื้อ ไก่ไข่และเป็ดไข่

2.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก

2.1.1 ชนิดไฮโดรลิก ขนาดชั่งได้ 150 กก. มีความละเอียดอ่านได้ 50 ก. ใช้สำหรับชั่งน้ำหนักอาหารและน้ำหนักตัวสัตว์ทดลอง

2.1.2 ชนิดไฟฟ้าขนาดชั่งได้ 3,110 ก. มีความละเอียดอ่านได้ 0.01 ก. สำหรับชั่งน้ำหนักไข่และวัตถุดิบชนิดที่ใช้ปริมาณน้อยในสูตรอาหาร เช่น สารผสมล่วงหน้าจำพวก ไวตามิน แร่ธาตุ และสารเสริมบางชนิด (premix) เกลือ เปลือกหอย กรดอะมิโนชนิดดีแอล-เมทไธโอนีน และแอล-ไลซีน รวมทั้งชั่งน้ำหนักอวัยวะภายในของไก่เนื้อ

2.1.3 ชนิดสปริงขนาดชั่งได้ 3 กก. มีความละเอียดอ่านได้ 10 ก. ซึ่งดัดแปลงจากรองรับน้ำหนักเป็นภาตรูปกรวย สำหรับให้สัตว์ทดลองแต่ละตัวสอดหัวลงไปได้

2.2 หลอดไฟฟ้าชนิดไส้ทังสเตน (Tungsten) ขนาด 100 วัตต์ สำหรับให้ความอบอุ่นแก่ลูกไก่เนื้อในระยะกก ใช้จำนวนคอกละ 1 หลอด ซึ่งจะเลิกใช้เมื่อไก่เนื้อมีอายุ 4 สัปดาห์

2.3 เครื่องผสมอาหารแบบเกลียววนอน มีความจุ 60 กก. เมื่อผสมเสร็จแต่ละครั้ง จะกวาดอาหารที่ค้างเหลือในเครื่องผสมออกจนหมด

2.4 สัตว์ทดลอง

2.4.1 ไก่เนื้อพันธุ์อาร์เบอร์เอเคอร์ (Arbor Acre) อายุ 1 วัน แบบคละเทศ จำนวน 750 ตัว

2.4.2 ไก่ไข่ลูกผสมพันธุ์อิซาบราวน์ (Isa-brown) อายุ 36 สัปดาห์ จำนวน 252 ตัว

2.4.3 เป็ดไข่พันธุ์ลูกผสมกาก็แคมเบลล์ (Khaki Campbell) อายุ 96 สัปดาห์ จำนวน 252 ตัว

2.5 กรงทดลอง มี 3 ประเภท ตามชนิดของสัตว์ทดลอง ดังนี้

2.5.1 คอกทดลองของไก่เนื้อจำนวน 15 คอกแต่ละคอกมีพื้นที่ 10 ตร.ม. (4 x 2.5 ม.)

2.5.2 กรงดับแบบขังเดี่ยวชั้นเดียวสำหรับใส่ไก่ไข่ ขนาด 24x40x36 ซม. จำนวน 252 ช่อง

2.5.3 คอกชนิดขังรวมแบบปล่อยพื้นสำหรับเปิดไข่ จำนวน 18 คอก แต่ละคอกมีขนาด 24 ตารางเมตร (4 x 6 ม.) มีอ่างน้ำขนาดเล็กอยู่บนส่วนยกพื้น (slat) ซึ่งใช้เนื้อที่เท่ากับ $\frac{1}{4}$ ของพื้นที่คอกทั้งหมด ส่วนอ่างน้ำนี้มีไว้เพื่อให้เปิดได้กิน จุ่มหัว และว่ายน้ำเล่น ทำความสะอาดและเปลี่ยนน้ำใหม่ทุกวัน

2.6 ภาชนะใส่อาหารและน้ำ สำหรับสัตว์ทดลองแต่ละประเภทมีดังนี้

2.6.1 ภาชนะใส่อาหารและน้ำสำหรับไก่ไข่มีลักษณะเป็นแบบรางยาวตลอดแถว โดยรางน้ำอยู่ด้านบนของราง ใช้ร่วมกัน 2 แถว ส่วนรางอาหารอยู่ด้านหน้ามีแผงไม้กั้นระหว่างกลุ่มเพื่อป้องกันมิให้ไก่ข้ามไปกินอาหารของกลุ่มอื่น

2.6.2 รางน้ำและรางอาหารสำหรับไก่ไข่มีลักษณะเป็นแบบรางยาวตลอดแถว โดยรางน้ำอยู่ด้านบนของราง ใช้ร่วมกัน 2 แถว ส่วนรางอาหารอยู่ด้านหน้ามีแผงไม้กั้นระหว่างกลุ่มเพื่อป้องกันมิให้ไก่ข้ามไปกินอาหารของกลุ่มอื่น

2.6.3 เปิดไข่ใช้ภาชนะใส่อาหารชั้นคอกละ 1 ใบ ยกเว้นคอกให้เปิดเลือกกินมะเขือเทศสดจะมี 2 ใบ คือ ใส่อาหารชั้น 1 ใบ และอีกใบใส่มะเขือเทศสด

2.7 อุปกรณ์วัดคุณภาพไข่

2.7.1 พัดเทียบสีของบริษัทโรช (Roche yolk colour fan) มีระดับความเข้มของสีตั้งแต่เบอร์ 1 ถึง 15 ตามความเข้มของสีไข่แดง

2.7.2 เครื่องวัดความหนาเปลือกไข่ชนิดดิจิตอล มีความละเอียดอ่านได้ 0.001 มม. วัดความหนาเปลือกไข่ตรงกึ่งกลางฟองจำนวน 2 จุด (ตำแหน่ง) โดยลอกเยื่อหุ้มเปลือกไข่ออกก่อน จากนั้นเฉลี่ยความหนาของเปลือกไข่จากทั้ง 2 ตำแหน่ง

2.7.3 เครื่องวัดความสูงไข่ขาวยี่ห้อ TSS โดยวัดความสูงไข่ขาวบริเวณกึ่งกลางระหว่างขั้วไข่ทั้งสองและห่างจากไข่แดงประมาณ 1 ซม. เพื่อนำค่าความสูงไข่ขาวและน้ำหนักไข่มาคำนวณเป็นค่า Haugh unit

2.7.4 เครื่องตัดไข่ โดยจะแบ่งออกเป็น 5 เบอร์ (เกรด) เบอร์ 1 มีน้ำหนักมากกว่า 70 ก., เบอร์ 2, 3 และ 4 มีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 66-70, 61-65 และ 56-60 ก. ตามลำดับ และเบอร์ 5 มีน้ำหนักน้อยกว่า 55 ก.

2.7.5 เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดแขวน ดัดแปลงสำหรับชั่งน้ำหนักไข่ในน้ำ เพื่อหาความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ) ของฟองไข่ โดยชั่งเป็นรายฟอง

วิธีการทดลอง

กากมะเขือเทศที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการทำซอสมะเขือเทศของโรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่ กากที่ได้มีความชื้นสูงมาก (81.4%) จึงต้องนำไปทำให้แห้งด้วยการตากแดด ใช้เวลาประมาณ 3 วัน

การหาค่า ME ของกากมะเขือเทศในไก่และเป็ด แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 วิธี

1. วิธีการรอกกากมะเขือเทศทางปาก (force feeding)

ใช้ไก่และเป็ดสายพันธุ์ไขเพศผู้โตเต็มวัย ชนิดละ 4 ตัว เลี้ยงใน metabolic cage แบบขังเดี่ยว มีถาดรองรับมูลใต้กรง ภาชนะให้อาหารและให้น้ำแยกเป็นรายตัว การรอกกากมะเขือเทศทางปาก ดัดแปลงจาก Sibbald (1977a;b) ใช้เวลาศึกษา 2 ช่วงๆ ละ 9 วัน ใน 7 วันแรกของแต่ละช่วง สัตว์ทดลองทุกตัวได้รับอาหารและน้ำดื่มที่เหมือนกันหมด เพื่อให้สัตว์ได้ปรับตัวให้คุ้นเคยกับสภาพแวดล้อม รวมทั้งได้พักฟื้นจากการขนย้าย เมื่อครบกำหนดให้อุดอาหารทุกตัว เป็นเวลา 28 ชั่วโมง เพื่อให้ขับถ่ายอาหารเก่าออกให้หมด จากนั้นแบ่งสัตว์ทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 2 ตัว กลุ่มแรกให้กากมะเขือเทศล้วน สำหรับไก่ให้ตัวละ 60 ก. ส่วนเป็ดให้ตัวละ 30 ก. ส่วนที่เหลืออีกกลุ่มอดอาหารต่อไปอีก 28 ชั่วโมง (รวมเป็น 56 ชั่วโมง) ในช่วง 28 ชั่วโมงหลังนี้ ทำการเก็บและบันทึกสิ่งขับถ่าย (มูลและปัสสาวะ) ของสัตว์ทุกตัว เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีและพลังงานรวมต่อไป สิ่งขับถ่ายจากสัตว์กลุ่มอดอาหารถือว่าเป็นส่วนที่ไม่ได้มาจากอาหาร แต่มาจากร่างกาย (endogenous loss) ซึ่งจะนำไปคำนวณหาค่า ME ที่แท้จริง (True ME, TME) แต่ถ้าไม่นำค่า endogenous loss ไปหักออกจากสิ่งขับถ่าย ค่าที่คำนวณได้จะเป็น ME ปรากฏ (Apparent ME, AME) หลังจากนั้นให้เริ่มทดลองในช่วงที่ 2 โดยใช้วิธีเช่นเดียวกับช่วงที่ 1 แต่สลับตัวสัตว์ จากตัวที่เคยอดอาหาร 56 ชั่วโมง ก็ให้อุดเพียง 28 ชั่วโมง ส่วนที่เคยกรอกอาหาร ช่วงที่ 2 นี้ให้อุดอาหารตลอด 56 ชั่วโมง

2. วิธีแทนที่อาหารฐาน (replace basal diet)

ใช้พันธุ์และจำนวนไก่ทดลอง รวมทั้งวิธีเลี้ยงดูเช่นเดียวกับวิธีการรอกปาก วางแผนการทดลองแบบ 4x4 Latin square โดยใช้กากมะเขือเทศแทนที่อาหารฐาน 4 ระดับ คือ 0, 8, 16 และ 24% สัตว์ทดลองแต่ละตัวเลี้ยงใน metabolic cage เช่นเดียวกับวิธีการรอกปาก แบ่งระยะเวลาทดลองออกเป็น 4 ช่วง ช่วงละ 9 วัน ใน 5 วันแรก เป็นระยะปรับตัว ส่วน 4 วันหลังเป็นระยะเก็บข้อมูล บันทึกปริมาณอาหารที่กิน และสิ่งขับถ่ายทุกวันเป็นเวลา 8.30 และ 15.30 น. เมื่อครบกำหนดแล้ว ให้ศึกษาในช่วงต่อไปโดยสลับตัวสัตว์ให้ได้รับอาหารชนิดถัดไป จนทุกตัวได้รับอาหารครบทุกชนิด ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนาการโดยการคำนวณของอาหารทดลอง แสดงไว้ในตารางภาคผนวก ก. ที่ 1.

สิ่งขับถ่ายจากสัตว์แต่ละตัวที่เก็บรวบรวมได้ในแต่ละวัน บรรจุในภาชนะพลาสติกปิดฝา หลังจากบันทึกน้ำหนักสดแล้ว นำไปแช่แข็งเก็บสะสมไว้จนเสร็จสิ้นการทดลอง เมื่อพร้อมจะวิเคราะห์ นำสิ่งขับถ่ายมาทิ้งไว้ให้ละลายที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60° ซ. เป็นเวลา 2 วันหรือจนกว่าจะแห้ง บันทึกน้ำหนักมูลก่อนและหลังอบ สำหรับสิ่งขับถ่ายของกลุ่มที่อดอาหารในแต่ละช่วง นำมาบดคลุกเคล้าให้เข้ากัน ส่วนสิ่งขับถ่ายของไก่ตัวที่ได้รับกากมะเขือเทศแยกบดเป็นรายตัว โดยบดผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 1 มม. เพื่อวิเคราะห์ค่าพลังงานรวม โดยใช้เครื่อง Adiabatic bomb calorimeter ต่อไป

การคำนวณค่า TME และ AME ใช้สูตร ดังนี้

$$\text{AME (kcal/g. DM)} = \frac{(\text{GE}_i \times F_i) - (\text{GE}_r \times E_r)}{F_i}$$

$$\text{TME (kcal/g. DM)} = \frac{(\text{GE}_i \times F_i) - [(\text{GE}_r \times E_r) - (\text{GE}_e \times E_e)]}{F_i}$$

- เมื่อ
- GE_i = พลังงานรวมของอาหารที่ให้สัตว์ทดลองกิน (kcal/g. DM)
 - GE_r = พลังงานรวมของสิ่งขับถ่ายจากสัตว์ตัวที่ได้รับอาหาร (kcal/g. DM)
 - GE_e = พลังงานรวมของสิ่งขับถ่ายจากสัตว์ตัวที่อดอาหาร (kcal/g. DM)
 - F_i = ปริมาณอาหารที่ให้สัตว์กิน (g. DM)
 - E_r = ปริมาณสิ่งขับถ่ายจากสัตว์ตัวที่ได้รับอาหาร (g. DM)
 - E_e = ปริมาณสิ่งขับถ่ายจากสัตว์ตัวที่อดอาหาร (g. DM)

สำหรับค่า AME ของกากมะเขือเทศเมื่อใช้แทนที่อาหารฐานแต่ละระดับ คำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$\text{AME}_{\text{กากมะเขือเทศ}} = \frac{\text{AME}_{\text{อาหารผสมที่ระดับทดสอบ}} - (\% \text{อาหารฐานที่ระดับทดสอบ} \times \text{AME}_{\text{อาหารฐาน}})}{\% \text{กากมะเขือเทศที่ระดับนั้นๆ}}$$

ข้อมูลปริมาณอาหารที่กิน สิ่งขับถ่ายของไก่และเป็ด แสดงไว้ในตารางภาคผนวก ก. ที่ 2 และ 5 สำหรับวิธีการคำนวณค่า TME และ AME แสดงไว้ในตารางภาคผนวก ก. ที่ 4 และ 6 ตามลำดับ

การประเมินสมรรถภาพการผลิตในสัตว์ปีกประเภทต่าง ๆ

ไก่เนื้อ

ใช้ไก่เนื้อพันธุ์อาร์เบอร์เอเคอร์แบบคละเทศ อายุ 1 วัน จำนวน 750 ตัว ในช่วงไก่อายุ 7 วันแรก นำมาเลี้ยงและกกรวมกัน ให้ได้รับอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ด (21% โปรตีน) ที่ผลิตจากบริษัทเหมือนกัน จากนั้นแบ่งไก่ออกโดยสุ่มเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ (50 ตัว/ซ้ำ) แต่ละซ้ำเลี้ยงในคอกปล่อยพื้นขนาด 6.7 ตร.ม. ไก่ทุกตัวได้กินอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ อาหารทดลองเป็นอาหารผสมเองแบบผง มีส่วนผสมของกากมะเขือเทศในสูตรอาหารระดับ 0, 10, 20 และ 30% หรือเทียบเท่ากับแทนที่กากถั่วเหลืองระดับ 0, 10, 21 และ 31% ในช่วงไก่อายุ 2-3 สัปดาห์; 0, 11, 23 และ 34% ในช่วงอายุ 4-6 สัปดาห์; และ 0, 13, 26 และ 40% ที่ไก่อายุ 7 สัปดาห์ ส่วนอาหารทดลองที่เหลืออีกกลุ่ม ใช้ปลายข้าวเป็นแหล่งพลังงานหลักแทนที่ข้าวโพดโดยไม่มีส่วนผสมของกากมะเขือเทศ อาหารทดลองของไก่เนื้อทุกกลุ่ม แบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ช่วงไก่อายุ 2-3, 4-6 และ 7 สัปดาห์ ในแต่ละช่วงอายุปรับให้มีโปรตีนระดับ 21, 19 และ 17% เท่ากันทุกกลุ่ม และมี ME เท่ากับ 3.0 กิโลแคลอรี/ก. เหมือนกันทุกระยะ ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลองทั้ง 3 ระยะ แสดงไว้ในตารางที่ 8-10

ไก่ไข่

ใช้ไก่ไข่ผสมอิซาบราวน์ จำนวน 252 ตัว อายุเริ่มทดลอง 36 สัปดาห์ หรือไข่มารแล้วประมาณ 14 สัปดาห์ แบ่งไก่ออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ (14 ตัวต่อซ้ำ) เลี้ยงบนกรงตีแบบชั้นเดียว ช่องละตัว มีรางอาหารอยู่ด้านหน้า รางน้ำอยู่ด้านบนของกรง ในแต่ละซ้ำรางอาหารถูกกันแยกออกจากกันด้วยแผงกันเพื่อป้องกันไม่ให้ไก่กลุ่มอื่นเข้ามากินอาหาร ส่วนรางน้ำยาวติดต่อกันตลอดแถว ไก่มีน้ำและอาหารกินตลอดเวลา และได้รับแสงสว่างวันละ 16 ชั่วโมง อาหารทดลองเป็นแบบผสมเอง มีส่วนผสมของกากมะเขือเทศในสูตรอาหารระดับ 0, 10, 20 และ 30% หรือเทียบเท่ากับแทนที่กากถั่วเหลืองระดับ 0, 18, 37 และ 55% ตามลำดับ ส่วนที่เหลืออีก 2 กลุ่ม เป็นกลุ่มเปรียบเทียบที่ใช้ปลายข้าวแทนที่ข้าวโพดทั้งหมดในสูตรอาหาร มีทั้งไม่เสริมและเสริมด้วยสารสกัดจากดอกดาวเรือง (Xanthophyll, 30 ก./กก.) ระดับ 0.1% อาหารทดลองทุกกลุ่มปรับให้มีโปรตีนระดับ 16% และ ME เท่ากับ 2.8 กิโลแคลอรี/ก. เหมือนกัน ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนาการของสูตรอาหารทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 11

เปิดไข่

ใช้เปิดไข่ลูกผสมกาก็แคมป์เบลล์ จำนวน 252 ตัว อายุเริ่มทดลอง 96 สัปดาห์ หรือไขมาแล้วประมาณ 74 สัปดาห์ แบ่งออกโดยสุ่มเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ (14 ตัว/ซ้ำ) เลี้ยงในคอกแบบปล่อย พื้นขนาด 4x6 ตร.ม. มีภาชนะใส่อาหารคอกละใบ และอ่างน้ำซึ่งอยู่บนส่วนยกพื้นของแต่ละคอก อ่างน้ำนี้มีไว้เพื่อให้เปิดได้กินและสำหรับว่ายน้ำเล่นหรือจุ่มหัวทำความสะอาด โดยเปลี่ยนน้ำใหม่ทุกวัน ให้แสงสว่าง 16 ชั่วโมงต่อวัน

อาหารทดลองเป็นแบบผสมเอง มีส่วนผสมของกากมะเขือเทศชนิดตากแห้งในสูตรอาหารระดับ 0, 10, 20 และ 30% หรือเท่ากับแทนที่กากถั่วเหลืองระดับ 0, 22, 44 และ 63% ตามลำดับ เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้กากมะเขือเทศ กลุ่มที่เสริมแซนโทฟิล 0.1% โดยไม่มีกากมะเขือเทศในอาหาร (0%) และกลุ่มที่ให้เปิดได้เลือกกิน (free choice) ระหว่างผลมะเขือเทศตากเกรดหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ กับอาหารผสม อาหารทดลองทุกกลุ่มปรับให้มีโปรตีน 16% และ ME เท่ากับ 2.5 กิโลแคลอรี เหมือนกันทุกกลุ่ม ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 12

อย่างไรก็ดี เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ได้เริ่มทดลองเมื่อเดือนมิถุนายน 2544 ซึ่งเป็นช่วงท้ายของฤดูเก็บเกี่ยว ทำให้มีผลมะเขือเทศออกสู่ท้องตลาดปริมาณน้อย ไม่พอเพียงต่อการนำมาทดลอง จึงจำเป็นต้องยกเลิกกลุ่มทดลองที่ให้เปิดเลือกกินผลมะเขือเทศนี้

งานทดลองกระทำที่ฟาร์มสัตวปีก ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยการศึกษาในไก่เนื้อใช้เวลา 7 สัปดาห์ ช่วงระหว่างเดือนมิถุนายน - กรกฎาคม 2544 ส่วนไก่ไข่และเปิดไข่ใช้เวลา 3 และ 4 ช่วงการทดลองระหว่างเดือนมิถุนายน ถึง พฤศจิกายน 2544 ตามลำดับ ในการทดลองไก่เนื้อ ข้อมูลด้านอัตราการเจริญเติบโตและปริมาณอาหารที่กิน บันทึกทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับโปรตีนในสูตรอาหารและเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ส่วนข้อมูลการผลิตไข่ทั้งในไก่ไข่และเปิดไข่บันทึกทุกวัน แต่ปริมาณอาหารที่กินบันทึกในวันสุดท้ายของแต่ละช่วง คุณภาพไข่อันได้แก่ น้ำหนักไข่และจำนวนไข่แต่ละเบอร์ (เกรด) บันทึกจากไข่ทุกฟองใน 3 วันสุดท้ายของแต่ละช่วง (วันที่ 26, 27 และ 28) ในขณะที่ค่า Haugh unit ความหนาเปลือกไข่ และสีไข่แดง บันทึกจากไข่จำนวน 3 ฟองของแต่ละซ้ำใน 3 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงเช่นกัน การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของไก่ไข่และเปิดไข่ บันทึกเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง ส่วนอัตราการตายและอาการผิดปกติบันทึกทุกครั้งที่เกิดขึ้น แล้วรายงานผลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ในกรณีของไก่เนื้อ เมื่อสิ้นสุดการทดลองได้สุ่มไก่แบบแยกเพศ จำนวนเพศละตัวต่อซ้ำ (6 ตัวต่อกลุ่ม) นำมาฆ่าแบบตัดเส้นเลือดดำที่คอเพื่อศึกษาคุณภาพซาก อันได้แก่ เปอร์เซนต์ซาก น้ำหนัก

อวัยวะภายใน (ตับ ตับอ่อน และไขม้ามในช่องท้อง) ปริมาณเนื้อหน้าอกและนองเทียบเป็นสัดส่วนของน้ำหนักตัวเมื่อมีชีวิต ซึ่งเปอร์เซ็นต์ซากคำนวณจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ซาก} = \frac{\text{น้ำหนักซาก}}{\text{น้ำหนักตัวที่มีชีวิต}} \times 100$$

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ข้อมูล ME ของอาหารทดลองแต่ละสูตรนำมาเข้าสมการสหสัมพันธ์แบบเส้นตรง (linear regression) เพื่อคาดคะเนค่า ME ของกากมะเขือเทศ ส่วนข้อมูลด้านสมรรถภาพการผลิตในไก่เนื้อ ไก่ไข่ และเปิดไขนำไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance) ด้วยแผน Completely randomized design (Steel and Torrie, 1984) และหาลำดับความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยวิธี Duncan's new multiple range test (Duncan, 1995) สำหรับข้อมูลคุณภาพซากและอวัยวะภายในของไก่เนื้อวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้เพศเป็นบล็อก ด้วยแผน Randomized block design และหาลำดับความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยวิธี Duncan's new multiple range test เช่นเดียวกัน

ตารางที่ 8. ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนาของอาหารทดลองไก่เนื้อช่วงอายุ 8-21 วัน.

กากมะเขือเทศในอาหาร (%)	0	0	10	20	30
กากมะเขือเทศแทนที่ SBM (%)	0	0	10	21	31
ชนิดวัตถุดิบ:					
ข้าวโพด	53.70	-	43.65	33.61	23.57
ปลายข้าว	-	47.18	-	-	-
กากถั่วเหลือง (44% CP)	24.14	26.96	21.63	19.11	16.60
กากมะเขือเทศ ^{1/}	-	-	10.00	20.00	30.00
น้ำมันรำ	1.83	5.66	4.42	7.00	9.58
โดแคลเซียมฟอสเฟต (18% P)	0.50	0.67	0.51	0.52	0.53
เปลือกหอย	1.02	0.82	0.99	0.96	0.93
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.14	0.11	0.14	0.15	0.15
แอล-ไลซีน	0.07	-	0.06	0.05	0.04
ส่วนผสมคงที่ ^{2/}	18.25	18.25	18.25	18.25	18.25
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
คุณค่าทางโภชนาโดยการคำนวณ (% สภาพใช้เลี้ยง):					
โปรตีน	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
ME (กิโลแคลอรี/ก.)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
เยื่อใย	5.11	3.93	7.92	10.73	13.54
ไขมัน	5.82	8.11	9.47	13.12	16.78
แคลเซียม	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
ไลซีน	1.10	1.20	1.10	1.10	1.10
เมทไธโอนีน	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
เมทไธโอนีนรวมซีสทีน	0.77	0.80	0.77	0.76	0.76
ทรีโอนีน	0.82	0.88	0.80	0.80	0.76
ทริปโตเฟน	0.22	0.26	0.23	0.23	0.23

^{1/} กากมะเขือเทศมีโปรตีน 19.9%, ไขมัน 14.5%, เยื่อใย 33.63% และ ME 1.73 kcal/g.

^{2/} รำละเอียด 10.00, ปลายข้าว (57% CP) 8, เกือบ 0.25 และพรีมิกซ์^{3/} 0.35% ตามลำดับ

^{3/} ไวตามินและแร่ธาตุมีหน่วยเป็น ก. (ยกเว้นที่ระบุ): กลุ่มวิตามิน: เอ 1.2 MIU; ดี₃ 0.24 MIU; อี 0.8; เค, 0.20; บี₁ 0.01; บี₂ 0.40; บี₆ 0.30; บี₁₂ 0.001; กรดแพนโททินิก 0.95; ไนอาซิน 1.50; กรดฟอลิก 0.05; โบโรดิน 0.009; กลุ่มแร่ธาตุ: ซีลีเนียม 0.001; เหล็ก 6; แมงกานีส 6; สังกะสี 4; ทองแดง 0.6; ไอโอดีน 0.035; สารปนเปื้อนคุณภาพอาหารสัตว์ 0.625; สารปรุงแต่งอาหารสัตว์ 2.5

ตารางที่ 9. ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนาของอาหารทดลองไก่เนื้อช่วงอายุ 22-42 วัน.

กากมะเขือเทศในอาหาร (%)	0	0	10	20	30
กากมะเขือเทศแทนที่ SBM (%)	0	0	11	23	34
ชนิดวัตถุดิบ:					
ข้าวโพด	59.04	-	49.00	38.95	28.91
ปลายข้าว	-	56.70	-	-	-
กากถั่วเหลือง (44% CP)	22.26	24.54	19.75	17.24	14.73
กากมะเขือเทศ ¹	-	-	10.00	20.00	30.00
น้ำมันรำ	1.26	1.52	3.83	6.42	9.00
ไคแคลเซียมฟอสเฟต (18%P)	0.43	0.62	0.44	0.45	0.46
เปลือกหอย	1.22	0.99	1.19	1.16	1.13
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.07	0.03	0.08	0.08	0.08
แอล-ไลซีน	0.12	-	0.11	0.10	0.09
ส่วนผสมคงที่ ²	15.60	15.60	15.60	15.60	15.60
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
คุณค่าทางโภชนาโดยการคำนวณ (% สภาพใช้เลี้ยง):					
โปรตีน	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00
ME (กิโลแคลอรี/ก.)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
เยื่อใย	5.09	3.77	7.90	10.71	13.52
ไขมัน	5.20	3.81	8.86	12.51	16.16
แคลเซียม	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
ไลซีน	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
เมทไธโอนีน	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
เมทไธโอนีนรวมซีสทีน	0.64	0.67	0.64	0.63	0.63
ทรีโอนีน	0.73	0.80	0.71	0.69	0.67
ทริปโตเฟน	0.20	0.24	0.20	0.20	0.20

^{1/3} เช่นเดียวกับตารางที่ 8.

² รำละเอียด 10.00, ปลาป่น (57% CP) 5, เกลือ 0.25 และพรีเม็กซ์³ 0.35%

ตารางที่ 10. ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนาของอาหารทดลองไก่เนื้อในช่วงอายุ 43-49 วัน.

กากมะเขือเทศในอาหาร (%)	0	0	10	20	30
กากมะเขือเทศแทนที่ SBM (%)	0	0	13	26	40
ชนิดวัตถุดิบ:					
ข้าวโพด	65.13	-	55.09	45.06	35.03
ปลายข้าว	-	62.52	-	-	-
กากถั่วเหลือง (44% CP)	18.99	21.50	16.47	13.97	11.45
กากมะเขือเทศ ^{1/}	-	-	10.00	20.00	30.00
น้ำมันรำ	0.41	0.71	3.00	5.57	8.15
ไดแคลเซียมฟอสเฟต (18%P)	0.50	0.71	0.50	0.51	0.52
เปลือกหอย	1.20	0.95	1.17	1.14	1.11
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.05	0.01	0.06	0.06	0.06
แอล-ไลซีน	0.12	-	0.11	0.09	0.08
ส่วนผสมคงที่ ^{2/}	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
คุณค่าทางโภชนาการโดยการคำนวณ (% สภาพใช้เลี้ยง):					
โปรตีน	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
ME (กิโลแคลอรี/ก.)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
เยื่อใย	5.00	3.54	7.81	10.62	13.43
ไขมัน	4.39	2.87	8.05	11.70	15.35
แคลเซียม	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
ไลซีน	0.85	0.95	0.85	0.85	0.85
เมทไธโอนีน	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
เมทไธโอนีนรวมซีสทีน	0.56	0.60	0.56	0.55	0.55
ทรีโอนีน	0.64	0.72	0.62	0.60	0.58
ทริปโตเฟน	0.17	0.21	0.17	0.17	0.17

^{1/3/} เช่นเดียวกับตารางที่ 8

^{2/} รำละเอียด 3.00, ปลายข้าว (57% CP) 3, เกลือ 0.25 และฟอสฟอรัส^{3/} 0.35%

ตารางที่ 11. ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนาของอาหารทดลองไก่ไข่ในช่วงอายุ 36-48 สัปดาห์.

กากมะเขือเทศในอาหาร (%)	0	0	10	20	30
กากมะเขือเทศแทนที่ SBM (%)	0	0	18	37	55
ชนิดวัตถุดิบ:					
ข้าวโพด	61.67	-	51.67	41.64	31.61
ปลายข้าว	-	59.36	-	-	-
กากถั่วเหลือง (44% CP)	13.66	16.02	11.14	8.63	6.11
กากมะเขือเทศ ^{1/}	-	-	10.00	20.00	30.00
น้ำมันรำ	-	-	2.57	5.14	7.72
โดแคลเซียมฟอสเฟต (18% P)	-	0.20	-	-	-
เปลือกหอย	8.00	7.89	7.96	7.94	7.92
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.07	0.03	0.07	0.07	0.07
แอล-ไลซีน	0.10	-	0.09	0.08	0.06
ส่วนผสมคงที่ ^{2/}	16.50	16.50	16.50	16.50	16.50
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
คุณค่าทางโภชนาการโดยการคำนวณ (% สภาพใช้เลี้ยง):					
โปรตีน	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
ME (กิโลแคลอรี/ก.)	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
เยื่อใย	4.51	3.14	7.32	10.13	12.94
ไขมัน	4.01	2.30	7.66	11.31	14.96
แคลเซียม	3.40	3.45	3.40	3.40	3.40
ฟอสฟอรัสที่เข้าประโยชน์ได้	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
ไลซีน	0.80	0.90	0.80	0.80	0.80
เมทไธโอนีน	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
เมทไธโอนีนรวมซีสทีน	0.56	0.60	0.56	0.55	0.55
ทรีโอนีน	0.61	0.68	0.59	0.57	0.55
ทริปโตเฟน	0.15	0.20	0.15	0.16	0.16

^{1/3/} เช่นเดียวกับตารางที่ 8

^{2/} รำละเอียด 10.00, ปลาป่น (57% CP) 6.00, เกลือ 0.25 และฟอสฟอรัส^{3/} 0.25%

ตารางที่ 12. ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนาของอาหารทดลองเปิดไซในชวงอายุ 96-112 สัปดาห์.

กากมะเขือเทศในอาหาร (%)	0	10	20	30
กากมะเขือเทศแทนที่ SBM (%)	0	22	44	63
ชนิดวัตถุดิบ:				
ปลายข้าว	31.86	35.33	38.80	37.28
รำละเอียด	10.00	10.00	10.00	10.00
รำหยาบ	20.96	13.08	5.19	-
กากถั่วเหลือง (44% CP)	19.81	15.48	11.16	7.40
กากมะเขือเทศ ^{1/3}	-	10.00	20.00	30.00
ปลาปน (57% CP)	5.00	5.00	5.00	5.00
น้ำมันรำ	4.09	2.83	1.58	2.04
ไคแคลเซียมฟอสเฟต (18% P)	0.70	0.69	0.69	0.68
เปลือกหอย	7.08	7.06	7.05	7.04
แอล-ไลซีน	-	0.02	0.04	0.06
เกลือ	0.25	0.25	0.25	0.25
พรีมิกซ์ ^{3/}	0.35	0.35	0.35	0.35
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00
คุณค่าทางโภชนาโดยการคำนวณ (% สภาพให้เลี้ยง):				
โปรตีน	16.00	16.00	16.00	16.00
ME (กิโลแคลอรี/ก.)	2.50	2.50	2.50	2.50
เยื่อใย	11.21	11.23	11.25	12.29
ไขมัน	6.52	6.56	6.60	8.37
แคลเซียม	3.20	3.20	3.20	3.20
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.35	0.35	0.35	0.35
ไลซีน	0.90	0.90	0.90	0.90
เมทไธโอนีน	0.30	0.30	0.30	0.30
เมทไธโอนีนรวมซีสทีน	0.53	0.53	0.53	0.53
ทรีโอนีน	0.68	0.65	0.62	0.59
ทริปโตเฟน	0.20	0.20	0.19	0.18

^{1/3/} เช่นเดียวกับตารางที่ 8