

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

- 1.1 เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้า ความละเอียดอ่านได้ 10 มก.
- 1.2 ตู้แช่แข็งสำหรับเก็บมูล และกระดุกแช่ไก่
- 1.3 ตู้อบสำหรับอบแห้งตัวอย่างอาหาร มูล และกระดุกแช่ไก่
- 1.4 เครื่องบดอาหาร รูตะแกรงมีขนาด 1 มม.
- 1.5 เตาเผา (Heraeus type MR 200 E) สำหรับเผาแก้ตัวอย่างอาหาร มูล และกระดุกแช่ไก่
- 1.6 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Perkin Elmer : Model 3100) สำหรับหาปริมาณ Ca
- 1.7 เครื่อง Spectrophotometer UV – VIS (Beckman : Model DU 7500) สำหรับหาปริมาณ P

2. การศึกษาในฟาร์มทดลอง

2.1 การทดลองไก่เนื้อ

- 2.1.1 เครื่องชั่งน้ำหนักตัวไก่และอาหาร แบบจานสปริงชนิดชั่งได้สูงสุด 60 กก. ความละเอียดอ่านได้ 100 ก.
- 2.1.2 คอกทดลองขนาด 1.0 x 2.5 ตารางเมตร จำนวน 42 คอก ในการทดลองที่ 1 และจำนวน 40 คอก ในการทดลองที่ 2 และ 3 คอกทดลองทั้งหมดอยู่ภายในโรงเรือนเดียวกัน
- 2.1.3 ภาชนะใส่น้ำขนาด 5 ลิตร และถังใส่อาหารแบบแขวน สำหรับให้ไก่กิน มีชนิดละ 1 ใบ/คอก
- 2.1.4 หลอดไฟฟ้าชนิดไส้ทังสเตน (Tungsten) ขนาด 100 วัตต์ สำหรับให้ความอบอุ่นแก่ลูกไก่ มีจำนวนคอกละ 1 หลอด

2.2 การทดลองไก่ไข่

- 2.2.1 เครื่องชั่งน้ำหนักไข่ ใช้เครื่องชั่งแบบจานสปริงชนิดชั่งได้สูงสุด 1 กก. มีความละเอียดอ่านได้ 10 ก. ส่วนน้ำหนักตัวไก่ ใช้เครื่องชั่งแบบสปริงเช่นกัน แต่ดัดแปลงตรงจานรองเป็นรูปกรวยสำหรับสอดตัวไก่แต่ละตัวลงไปบนเครื่องชั่ง ขนาดชั่งน้ำหนักได้สูงสุด 3 กก. มีความละเอียดอ่านได้ 10 ก. กรณีน้ำหนักอาหารใช้เครื่องชั่งชนิดไฮโดรลิก ขนาดชั่งได้สูงสุด 150 กก. มีความละเอียดอ่านได้ 50 ก.
- 2.2.2 กรงตับแบบขังเดี่ยว ขนาด 24 x 40 x 36 ลูกบาศก์เซนติเมตร ๑ ไก่ช่องละตัว จำนวนทั้งหมด 432 กรง ซึ่งอยู่ภายในโรงเรือนไก่ไข่เดียวกัน
- 2.2.3 รางน้ำและรางอาหาร มีลักษณะเป็นรางยาวตลอดแถว สำหรับรางอาหารจะมีแผ่นไม้กั้นแยกจากกันในแต่ละขั้ว เพื่อกันมิให้ไก่ข้ามไปกินอาหารของกลุ่มอื่น ส่วนรางน้ำอยู่ตรงกลางด้านบนของกรงตับ เพื่อใช้ร่วมกัน 2 แถว ซึ่งหันด้านหลังเข้าหากัน
- 2.2.4 พัดเทียบสีไข่แดงชนิด Hoffman La-Roche Yolk Colour Fan มีระดับความเข้มสีตั้งแต่เบอร์ 1 ถึง 15 ตามความเข้มของสีไข่แดงที่เพิ่มขึ้น
- 2.2.5 เครื่องวัดความหนาเปลือกไข่ แบบ TelCock มีความละเอียดอ่านได้ 0.001 มม. วัดความหนาเปลือกไข่จากตรงกลางของฟองไข่จำนวน 2 จุด โดยลอกเยื่อหุ้มเปลือกไข่ออกก่อนที่จะทำการวัด
- 2.2.6 เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดแขวนที่ดัดแปลงไว้สำหรับชั่งน้ำหนักไข่ในน้ำ เพื่อหาความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) ของฟองไข่ โดยซึ่งเป็นรายฟอง สูตรที่ใช้คำนวณ ดังนี้

$$\text{ถ.พ.} = \frac{\text{น้ำหนักไข่ที่ชั่งในอากาศ}}{\text{น้ำหนักไข่ชั่งในอากาศ} - \text{น้ำหนักไข่ชั่งในน้ำ}}$$

2.2.7 บรรทัดสำหรับวัดคุณภาพไข่ (Egg quality slide rules) ใช้วัดความสูงของไข่ขาวบริเวณกึ่งกลางระหว่างขั้วไข่ทั้งสองข้าง จากนั้นคำนวณค่า Haugh unit ตามสูตรที่ปรากฏใน Slide rules

วิธีวิจัย

แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

1.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ (กากถั่วเหลือง กากทานตะวัน กากเรปซีด ปลาป่น และข้าวโพด) แบบ Proximate analysis (A.O.A.C., 1990) โดยนำตัวอย่างวัตถุดิบที่ได้จากการสุ่มเก็บมาบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. และวิเคราะห์หาปริมาณ Ca ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอฟซอบชั่น และ P โดยวิธีโมลิบดีนัมเดทด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ก่อนที่จะนำไปคำนวณในสูตรอาหาร

1.2 ศึกษาหาค่าการใช้ประโยชน์ได้ ของ Ca และ P ในอาหารสูตรต่างๆ ที่ใช้เลี้ยงไก่เนื้อในการทดลองที่ 1 และ 3 โดยสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารและรวบรวมสิ่งขับถ่ายของไก่ ซึ่งประกอบด้วยมูลและปัสสาวะที่ขับออกมารวมกันจากไก่ที่เลี้ยงแบบขังเดี่ยวบนกรงเมตาบอลิซึม (metabolic cages) ตามที่บรรยายไว้ใน การทดลองไก่เนื้อที่ 1 และ 3 นำออกจากตู้แช่แข็ง ทิ้งไว้ให้ละลายแล้วชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้ง นำออกจากตู้อบทิ้งไว้ให้เย็นในสภาพห้อง แล้วบันทึกน้ำหนักสิ่งขับถ่ายหลังอบ (air dry; AD) บดคลุกเคล้าสิ่งขับถ่ายของไก่แต่ละตัวผ่านรูตะแกรงขนาด 1 มม. จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ Ca และ P คำนวณหาค่าการใช้ประโยชน์ได้โดยใช้สูตร

$$\text{การใช้ประโยชน์ได้ (\%)} = \frac{\text{ปริมาณ Ca หรือ P ในอาหาร} - \text{ปริมาณ Ca หรือ P ในสิ่งขับถ่าย}}{\text{ปริมาณ Ca หรือ P ในอาหาร}} \times 100$$

1.3 วิเคราะห์ปริมาณ Ca และ P ในกระดูกส่วนแข้ง (tibia) ของไก่ โดยแยกส่วนเนื้อและกระดูกอ่อนที่ข้อไก่ออก บันทึกน้ำหนักกระดูกแข้ง นำมาตัดแบ่งออกเป็น 3 ท่อน อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้งทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น บันทึกน้ำหนักหลังอบ แล้วคำนวณหาค่าร้อยละของวัตถุแห้ง (dry matter, DM) จากนั้นนำไปเผา

ในเตาเผาที่อุณหภูมิ 470 °ซ (Lantzsch, 1961) ซึ่งน้ำหนักแล้วนำเข้ากระดูกที่ได้ไปละลายด้วยกรดเพื่อเตรียมเป็นสารละลายตัวอย่าง และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ Ca และ P ที่สะสมในกระดูกแข็ง

2. การศึกษาในฟาร์มทดลอง

2.1 การศึกษาในไก่เนื้อ แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 : ใช้ไก่เนื้อพันธุ์ฮับบาร์ด (Hubbard) คณะเพศ อายุ 1 วัน จำนวน 924 ตัว ในสัปดาห์แรก ลูกไก่เลี้ยงรวมกัน ให้ได้รับอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดที่มีโปรตีน (crude protein; CP) 21% เหมือนกันหมด จากนั้นแบ่งไก่โดยสุ่มออกเป็น 7 กลุ่มๆ ละ 6 ซ้ำ (22 ตัว/ซ้ำ) แต่ละซ้ำเลี้ยงในคอกย่อยแบบปล่อยพื้นขนาด 2.5 ตารางเมตร แผนการทดลองใช้แบบสุ่มตลอด (Completely randomized design, CRD) อาหารทดลองที่ใช้เป็นอาหารผสมเอง แบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะไก่อายุ 2-3, 4-6 และ 7 สัปดาห์ แต่ละระยะมี CP ระดับปกติ คือ 22, 20 และ 18% ตามลำดับ และ CP ระดับต่ำกว่าปกติ 1.5% ในช่วงไก่อายุ 4-7 สัปดาห์ อาหารทดลองแต่ละระดับ CP กำหนดให้มี aP 2 ระดับ คือ ระดับปกติ (100%) ตามคำแนะนำของ NRC (1994) และระดับต่ำ (50% ของ NRC, 1994) ในแต่ละระดับของ aP เสริมด้วยไฟเตสระดับ 0 และ 120 ก./ตัน (หรือเทียบเท่ากับ 600 FTU/กก.) ยกเว้นกลุ่มควบคุม ไม่มีการเสริมไฟเตส

การทดลองที่ 2 : ใช้ไก่เนื้อพันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ (Arbre Acre) 707 คณะเพศ อายุ 1 วัน จำนวน 800 ตัว สัปดาห์แรกลูกไก่เลี้ยงรวมกัน ให้ได้รับอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดที่มี CP 21% เหมือนกัน จากนั้นแบ่งไก่โดยสุ่มออกเป็น 8 กลุ่มๆ ละ 5 ซ้ำ (20 ตัว/ซ้ำ) แต่ละซ้ำเลี้ยงในคอกย่อยแบบปล่อยพื้นขนาด 2.5 ตารางเมตร แผนการทดลองใช้แบบ 2 × 2 × 2 factorial in CRD โดยอาหารทดลองกำหนดให้มี aP 2 ระดับ คือ ระดับปกติ (ตามคำแนะนำของ NRC, 1994) และระดับต่ำ (60% ของ NRC, 1994) ในแต่ละระดับของ aP เสริมด้วยไฟเตสระดับ 0 และ 600 FTU/กก. รวมทั้งไม่มีการใช้ และใช้กากเรปซีด (Rapeseed meal, RSM) ระดับ 5% ของสูตรอาหารในช่วงไก่อายุ 2-3 สัปดาห์ และระดับ 10% ของสูตรอาหารในช่วงไก่อายุ 4-7 สัปดาห์ อาหารทดลองที่ใช้เป็นแบบผสมเอง โดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะไก่อายุ 2-3, 4-6 และ 7 สัปดาห์ แต่ละระยะมีโปรตีนระดับ 21, 19 และ 17% ตามลำดับ และมีพลังงานใช้ประโยชน์ (ME) ระดับ 3.2 Mcal/กก. เท่ากันทุกกลุ่ม

การทดลองที่ 3 : ไข่ไก่เนื้อพันธุ์ Arbre Acre 707 คณะเพศ อายุ 1 วัน จำนวน 800 ตัว มีวิธีการจัดการ และการให้อาหารทดลองเหมือนกับการทดลองที่ 2 ยกเว้นมีการใช้กากทานตะวัน (Sunflower meal, SFM) แทนกากเรปซีด ที่ระดับ 5, 10 และ 15% ของสูตรอาหารในช่วงไก่อายุ 2-3, 4-6 และ 7 สัปดาห์ ตามลำดับ และระดับการเสริมไฟเตสลดลงจาก 600 FTU/กก. เหลือ 500 FTU/กก. (หรือเทียบเท่ากับ 100 ก./ตัน)

การศึกษาในไก่เนื้อ แต่ละการทดลองใช้เวลา 7 สัปดาห์ การบันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโต และปริมาณอาหารที่กิน บันทึกทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับโปรตีนในอาหาร และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง จากนั้นนำมาคำนวณหาอัตราแลกเปลี่ยนน้ำหนักรวมตามสูตรที่จะกล่าวต่อไป อัตราการตายและการคัดทิ้งบันทึกทุกครั้งที่มีไก่ตายหรือคัดทิ้ง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ไก่อายุ 7 สัปดาห์) สุ่มไก่เพศละ 1 ตัว/ซ้ำ มาฆ่าโดยตัดเส้นเลือดดำที่คอ จากนั้นบันทึกเปอร์เซ็นต์ซาก (ตามสูตรด้านล่างนี้) น้ำหนักตับ ตับอ่อน และไขมันในช่องท้อง แล้วคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวเมื่อมีชีวิต (live weight; LW) รวมทั้งเก็บตัวอย่างกระดูกส่วนแข้งของไก่ โดยแยกส่วนเนื้อ กระดูกอ่อนและข้อต่อออก เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ Ca และ P ตามวิธีการที่แนะนำโดย AOAC (1990) รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ แสดงไว้ในภาคผนวก ก.

$$\text{อัตราแลกเปลี่ยนน้ำหนัก} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กก.)}}{\text{น้ำหนักตัวเพิ่ม (กก.)}}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ซาก} = \frac{\text{น้ำหนักซากหลังฆ่าถอนขนเอาเลือดและเครื่องในออก}}{\text{น้ำหนักตัวเมื่อมีชีวิต (ก่อนฆ่า)}} \times 100$$

นอกจากนี้ในการทดลองที่ 1 และ 3 เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่อายุไก่ 7 สัปดาห์ สุ่มไก่เพศผู้ 3 ตัว/กลุ่ม ไปเลี้ยงบนกรงเมตาบอลิซึมแบบขังเดี่ยว เป็นเวลา 7 วัน โดยมีการบันทึกน้ำหนักไก่ก่อนการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณอาหารที่กินและปริมาณสิ่งขับถ่าย ซึ่งประกอบด้วยมูลและปัสสาวะที่ขับออกมารวมกันของไก่แต่ละตัวที่ขับออกในแต่ละวัน โดยในช่วง 3 วันแรก เป็นระยะ preliminary period เพื่อให้ไก่ได้ถ่ายสิ่งขับถ่ายเดิมออกมาให้หมด และเป็นการปรับตัวของไก่ให้เข้ากับสภาพของกรง (สภาพแวดล้อม) ใหม่ ส่วนระยะ 4 วันถัดมา

เป็นระยะทดลองทำการเก็บรวบรวมสิ่งขับถ่ายทั้งหมดวันละ 2 ครั้ง เก็บสะสมไว้ในตู้แช่แข็งที่ -20°C เพื่อรอการวิเคราะห์ทางเคมีและคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ได้ของ Ca และ P ดังที่กล่าวไว้ในวิธีวิจัยส่วนที่ 1 (การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ข้อ 1.2 หน้า 42)

แผนการทดลองและปริมาณโภชนะบางชนิด (CP, ME, Ca และ aP) ของไก่เนื้อทั้ง 3 การทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 19 ส่วนผสมของวัตถุดิบและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลองไก่เนื้อ ช่วงอายุ 2-3, 4-6 และ 7 สัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 20, 21 และ 22 ตามลำดับ

2.2 การศึกษาในไก่ไข่

ใช้ไก่ไข่พันธุ์ฮับบาร์ด (Golden Hubbard Comet) อายุประมาณ 7 เดือน จำนวน 432 ตัว เลี้ยงบนกรงตีแบบขังเดี่ยว แบ่งไก่ออกโดยสุ่มเป็น 12 กลุ่มๆ ละ 36 ตัว ให้ไก่ได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ และให้ได้รับแสงสว่างวันละ 17 ชม. แผนการทดลองใช้แบบ $2 \times 3 \times 2$ factorial arrangement in CRD อาหารทดลองเป็นแบบผสมเอง โดยกำหนดให้มีปริมาณ CP 2 ระดับ คือ ระดับปกติ 16% และระดับต่ำ (14.5%) ในแต่ละระดับ CP กำหนดให้มี aP 3 ระดับ คือ 100, 60 และ 50% ของ NRC (1994) หรือเทียบเท่ากับ 0.35, 0.21 และ 0.18% รวมทั้งไม่เสริม และเสริมไฟเตสระดับ 300 FTU/กก. หรือเท่ากับ 60 ก./ตันอาหาร อาหารทดลองทุกกลุ่มปรับให้มี ME 2.85 Mcal/กก. เหมือนกันหมด

การศึกษาในไก่ไข่ใช้ระยะเวลา 6 ช่วงการทดลอง (period) ช่วงละ 28 วัน รวม 168 วัน การบันทึกน้ำหนักตัวไก่บันทึกเป็นรายตัวเมื่อเริ่มต้น และสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณอาหารที่กินบันทึกในวันสุดท้าย (วันที่ 28) ของแต่ละช่วง โดยบันทึกรวมของแต่ละซ้ำ ส่วนผลผลิตไข่บันทึกเป็นรายตัวทุกวัน ใน 3 วันสุดท้ายของแต่ละช่วง (วันที่ 26, 27 และ 28) บันทึกน้ำหนักไข่ทุกฟอง จากนั้นสุ่มเก็บไข่ จำนวน 2 ฟอง/ซ้ำ มาวัดคุณภาพไข่ อันได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ สีไข่แดง ความหนาเปลือกไข่ และ Haugh unit สำหรับกรณีอัตราการตาย และการคัดทิ้งของแม่ไก่บันทึกทุกครั้งที่แม่ไก่ตายหรือคัดทิ้ง จากนั้นนำไปเฉลี่ยเป็นของของแต่ละกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

แผนการทดลองและปริมาณโภชนะบางชนิด (CP และ aP) ในอาหารทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 23 สำหรับส่วนผสมของวัตถุดิบและคุณค่าทางโภชนะของอาหารทดลองไก่ไข่ แสดงไว้ในตารางที่ 24

ตารางที่ 19 แผนการทดลองและปริมาณโภชนะบางชนิดในสูตรอาหารทดลองไก่เนื้อแต่ละช่วงอายุ

แผนการทดลอง:

๑ การทดลองที่ 1 (ใช้ Completely randomized design, CRD)

ระดับของ aP ^{1/}	ปกติ		ต่ำ	
	ปกติ	ต่ำ	ปกติ	ต่ำ
ระดับ CP ^{2/}				
ไม่เสริมไฟเตส	Gr.1	Gr.2	Gr.4	Gr.6
เสริมไฟเตส ^{3/}	-	Gr.3	Gr.5	Gr.7

๒ การทดลองที่ 2 และ 3 (ใช้ 2 X 2 X 2 Factorial in CRD)

ระดับของ aP	ปกติ		ต่ำ	
	ปกติ	ต่ำ	ปกติ	ต่ำ
ระดับ RSM (% , Exp.2) ^{4/}	0	5/10	0	5/10
ระดับ SFM (% , Exp.3) ^{4/}	0	5/10/15	0	5/10/15
ไม่เสริมไฟเตส	Gr.1	Gr.3	Gr.5	Gr.7
เสริมไฟเตส ^{3/}	Gr.2	Gr.4	Gr.6	Gr.8

ปริมาณโภชนะในสูตรอาหารไก่แต่ละช่วงอายุ :

๑ การทดลองที่ 1

อายุไก่ (สัปดาห์)	CP (%) ^{2/}		ME (kcal/g)	Ca (%)	aP (%) ^{1/}	
	ปกติ	ต่ำ			ปกติ	ต่ำ
2 - 3	22	22	3.2	1.0	0.45	0.25
4 - 6	20	18.5	3.2	0.9	0.42	0.21
7	18	16.5	3.2	0.8	0.42	0.21

๒ การทดลองที่ 2 และ 3

อายุไก่ (สัปดาห์)	CP (%)	ME (kcal/g)	Ca (%)	aP (%) ^{1/}		ระดับในสูตรอาหาร (%) ^{4/}	
				ปกติ	ต่ำ	RSM	SFM
2 - 3	21	3.2	1.0	0.45	0.27	5	5
4 - 6	19	3.2	0.9	0.35	0.21	10	10
7	17	3.2	0.8	0.30	0.18	10	15

^{1/} ระดับ aP ปกติใช้ตามคำแนะนำของ NRC (1994) ในขณะที่การใช้ระดับต่ำจะเท่ากับ 60% ของ NRC (1994)

^{2/} CP ต่ำ คือลด CP ลง 1.5% จากระดับปกติในช่วงอายุ 4-7 สัปดาห์

^{3/} เสริมไฟเตส ที่ระดับ 600 หน่วย/กก.อาหาร หรือเท่ากับ 120 ก./ตันอาหาร ยกเว้นการทดลองที่ 3 เสริมระดับ 500 หน่วย/กก. อาหาร หรือเท่ากับ 100 ก./ตันอาหาร

^{4/} ระดับของ RSM (การทดลองที่ 2) ใช้ในช่วงไก่อายุ 2-3 และ 4-7 สัปดาห์ ในขณะที่ระดับของ SFM (การทดลองที่ 3) ใช้ในช่วงไก่ 2-3, 4-6 และ 7 สัปดาห์, ตามลำดับ

ตารางที่ 20 ส่วนผสมและคุณลักษณะของอาหารทดลองไก่เนื้อ ช่วงอายุ 8 – 21 วัน (2 – 3 สัปดาห์)

ระดับ aP (%)	การทดลองที่ 1					การทดลองที่ 2					การทดลองที่ 3				
	0.42	0.25	0.45	0.27	0.27	0.45	0	5	0	5	0.45	0	5	0	5
ระดับ CP หรือการใช้ RSM หรือ SFM (%)	22	22	22	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
ชนิดวัตถุดิบ (%)															
ข้าวโพด	50.74	51.65	53.36	51.49	54.16	52.28	51.86	48.15	52.64	48.94	51.86	48.15	52.64	48.94	51.86
กากถั่วเหลือง (SBM, 44-46% CP)	34.83	34.66	28.12	24.50	27.97	24.35	29.53	27.04	29.38	26.89	29.53	27.04	29.38	26.89	29.53
กากเบปรีด (RSM, 36.5% CP)	-	-	0	5.00	0	5.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
กากทานตะวัน (SFM, 28.5% CP)	-	-	-	-	-	-	0	5.00	0	5.00	-	5.00	0	5.00	-
น้ำมันรำ	7.02	6.71	5.79	6.35	5.52	6.09	5.90	7.08	5.65	6.82	5.90	7.08	5.65	6.82	5.90
เปลือกหอย	1.12	1.80	1.11	1.02	1.71	1.63	1.11	1.09	1.70	1.69	1.11	1.09	1.70	1.69	1.11
ไดแคลเซียมฟอสเฟต (18% P)	1.11	-	0.98	0.99	-	-	0.97	0.98	-	-	0.97	0.98	-	-	-
ดีแอล - เมทไธโอนีน	0.13	0.13	0.14	0.13	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
แอล - ไลซีน	-	-	-	0.02	-	0.02	-	0.03	-	0.03	-	0.03	-	0.03	-
วัตถุดิบคงที่ ¹⁾	5.05	5.05	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50
คุณค่าทางโภชนาการโดยการคำนวณ (% air dry basis) ²⁾															
โปรตีน (CP)	22.00	22.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
ไขมัน	9.60	9.33	9.15	9.79	8.91	9.55	9.24	10.31	9.00	10.07	9.24	10.31	9.00	10.07	9.24
เยื่อใย	3.58	3.59	3.74	4.94	3.75	4.15	3.81	4.76	3.82	4.76	3.81	4.76	3.82	4.76	3.81
ฟอสฟอรัสรวม (TP)	0.68	0.49	0.73	0.74	0.55	0.57	0.73	0.75	0.56	0.58	0.73	0.75	0.56	0.58	0.73
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (aP)	0.45	0.25	0.45	0.45	0.27	0.27	0.45	0.45	0.27	0.27	0.45	0.45	0.27	0.27	0.45

¹⁾ ประกอบด้วย 0, 5.0 และ 5.0; ปลาบีน (59% CP) 4.0, 5.0 และ 5.0; เกลือ 0.25, 0.25 และ 0.25 และโซดาบีน-แร่ธาตุฟอสฟอรัส³⁾ 0.80, 0.25 และ 0.25 ในการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

²⁾ ไบโตามีนและแร่ธาตุ หน่วยเป็น มก./กก. อาหาร (ยกเว้นที่มีหน่วยระบุ) : กลุ่มไบโตามีน: เอ 15,000 IU, ดี₃ 3,500 IU, ซี 45, เค₂ 2.5, บี₁ 2.5, บี₂ 2.5, บี₆ 6.25, บี₁₂ 0.025, ไบโอดิน 0.175, กรดฟอลิก 1.5,

กรดนิโคตินิก 45, กรดแพนโทเทอิก 100, เหล็ก 100, สังกะสี 75, ทองแดง 8, ไอโอดีน 1.2, ซีลีเนียม 0.15 ในการทดลองที่ 1 และเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท BASF (ประเทศไทย)

ในการทดลองที่ 2 และ 3.

³⁾ ME 3.20 kcal/g, Ca 1.00% และเมทไธโอนีน 0.50% ในทั้ง 3 การทดลอง ส่วนได้ขึ้นในการทดลอง 1, 2 และ 3 มีเท่ากับ 1.25, 1.15 และ 1.18% ตามลำดับ

ตารางที่ 21 ส่วนผสมและคุณค่าของโภชนาการของอาหารทดลองไก่เนื้อ ช่วงอายุ 22 - 42 วัน (4 - 6 สัปดาห์)

ระดับ aP (%)	การทดลองที่ 1			การทดลองที่ 2			การทดลองที่ 3				
	0.42	0.21	0.21	0.35	0.21	0.21	0.35	0.10	0.10		
ระดับ CP หรือการใช้ RSM หรือ SFM (%)	18.0	16.5	18.0	16.5	0	10	0	10	10	10	
ชนิดวัตถุดิบ (%):											
ข้าวโพด	52.35	57.60	53.30	58.55	59.28	55.48	59.90	56.10	58.05	50.63	58.66
SBM (44-46% CP)	30.51	26.09	30.33	25.90	25.25	18.01	25.13	17.90	26.42	21.43	26.30
RSM (36.5% CP)	-	-	-	-	-	10.00	-	10.00	-	-	-
SFM (28.5% CP)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.00	-
น้ำมันรำ	6.26	5.36	5.94	5.05	4.90	6.04	4.69	5.83	4.97	7.34	4.77
เปลือกหอย	1.03	1.04	1.75	1.76	1.26	1.10	1.73	1.58	1.26	1.23	1.72
ไดแคลเซียมฟอสเฟต (18% P)	1.17	1.21	-	0.04	0.76	0.78	-	-	0.75	0.78	-
ดีแอส - เมทไธโอนีน	0.04	0.06	0.04	0.06	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05
แอล - ไลซีน	-	-	-	-	-	0.05	-	0.05	-	0.05	-
วัตถุดิบคงที่ ^{1/}	8.64	8.64	8.64	8.64	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50
คุณค่าทางโภชนาการโดยคำนวณ (% air dry basis)^{3/}:											
CP	20.00	18.50	20.00	18.50	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00
ไขมัน	9.38	8.66	9.10	8.37	8.28	9.57	8.09	9.38	8.32	10.47	8.14
เยื่อใย	3.88	3.68	3.88	3.69	3.66	4.47	3.66	4.47	3.72	5.60	3.72
tP	0.70	0.70	0.50	0.50	0.63	0.66	0.49	0.52	0.63	0.68	0.50
aP	0.42	0.42	0.21	0.21	0.35	0.35	0.21	0.21	0.35	0.35	0.21

^{1/} ประกอบด้วย (%): รำละเอียด 5.0, 5.0 และ 5.0; ปลาป่น (59% CP) 2.59, 3.0 และ 3.0; เก็ด 0.25, 0.25 และ 0.25 และไธตามีน-แอสทรีทิกซ์^{2/} 0.80, 0.25 และ 0.25 ในการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

^{2/} เช่นเดียวกับตารางที่ 20

^{3/} ME 3.20 kcal/g, Ca 0.90% และเมทไธโอนีน 0.38% ในทั้ง 3 การทดลอง ส่วนไลซีนในการทดลอง 1, 2 และ 3 มีเท่ากับ 1.00-1.10, 1.00 และ 1.03% ตามลำดับ

ตารางที่ 22 ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลองไก่เนื้อ ช่วงอายุ 43 – 49 วัน (7 สัปดาห์)

ระดับ aP (%)	การทดลองที่ 1			การทดลองที่ 2			การทดลองที่ 3							
	0.42	14.5	16.0	0.21	14.5	16.0	0.30	10	10	10	0.30	15	15	0.18
ระดับ CP หรือการใช้ RSM หรือ SFM (%)	16.0	14.5	16.0	14.5	14.5	16.0	0	10	0	10	0	0	15	0
ชนิดวัตถุดิบ (%):														
ข้าวโพด	60.26	65.63	61.27	66.59	66.00	62.20	66.53	62.75	64.97	62.75	64.97	53.83	65.52	54.40
SBM (44-46% CP)	23.90	19.47	23.72	19.28	20.68	13.45	20.58	13.35	21.64	13.35	21.64	14.16	21.53	14.05
RSM (36.5% CP)	-	-	-	-	-	10.00	-	10.00	-	-	-	-	-	-
SFM (28.5% CP)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.00	-	15.00
น้ำมันรำ	4.77	3.87	4.45	3.55	3.74	4.88	3.56	4.70	3.81	4.70	3.81	7.36	3.63	7.17
เปลือกหอย	0.76	0.77	1.48	1.49	1.21	1.05	1.61	1.45	1.21	1.45	1.21	1.16	1.60	1.58
ไคแคลเซียมฟอสเฟต (18% P)	1.17	1.21	-	0.04	0.65	0.67	-	-	0.64	-	0.64	0.69	-	-
ดีแคล - เมทไธโอนีน	0.04	0.01	0.04	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
แอล - ไลซีน	-	-	-	-	-	0.04	-	0.04	0.01	-	0.04	0.09	-	0.09
วัตถุดิบคงที่ ^{1/}	9.04	9.04	9.04	9.04	7.70	7.70	7.70	7.70	7.70	7.70	7.70	7.70	7.70	7.70
คุณค่าทางโภชนาการโดยการค้ารวม (% air dry basis) ^{3/} :														
CP	18.00	16.50	18.00	16.50	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
ไขมัน	8.18	7.45	7.90	7.16	7.26	8.55	7.10	8.38	7.31	8.38	7.31	10.74	7.15	10.37
เยื่อใย	3.59	3.40	3.60	3.40	3.48	4.29	3.48	4.29	3.53	4.29	3.53	6.36	3.53	6.36
IP	0.70	0.69	0.49	0.48	0.57	0.61	0.46	0.49	0.58	0.49	0.58	0.64	0.46	0.52
aP	0.42	0.42	0.21	0.21	0.30	0.30	0.18	0.18	0.30	0.18	0.30	0.30	0.18	0.18

^{1/} ประกอบด้วย (%) : รำละเอียด 5.0, 5.0 และ 5.0; ปลาป่น (59% CP) 2.99, 2.20 และ 2.20; เกสลิอ 0.25, 0.25 และ 0.25 และไวตามิน-แร่ธาตุฟิสิกส์^{2/} 0.80, 0.25 และ 0.25 ในการทดลองที่ 1,

2 และ 3 ตามลำดับ

^{2/} เช่นเดียวกับตารางที่ 20

^{3/} ME 3.20 kcal/g และ Ca 0.80% ในทั้ง 3 การทดลอง ส่วนได้ขึ้นมีเท่ากับ 1.00, 0.85 และ 0.85% และเมทไธโอนีน 0.38, 0.32 และ 0.32% ในการทดลอง 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Analysis System (SAS) ตามที่แนะนำโดย มนต์ชัย (2537) สำหรับการหาความแตกต่างระหว่างกลุ่มใช้ Duncan's new multiple range test (Steel and Torrie, 1984)

ระยะเวลาในการทดลอง

การศึกษาในไก่เนื้อ

มีทั้งสิ้น 3 การทดลอง ในแต่ละการทดลองใช้เวลา 7 สัปดาห์

การทดลองที่ 1 : 12 กรกฎาคม – 30 สิงหาคม 2539

การทดลองที่ 2 : 13 พฤษภาคม – 24 มิถุนายน 2540

การทดลองที่ 3 : 23 กันยายน – 12 พฤศจิกายน 2540

การศึกษาในไก่ไข่

ใช้เวลา 6 เดือน คือ ช่วงระหว่าง 16 มกราคม – 2 กรกฎาคม 2541

การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

ใช้เวลา 5 เดือน (กันยายน 2541 – มกราคม 2542)

ตารางที่ 23 แผนการทดลองและปริมาณโภชนาบางชนิดในอาหารทดลองไก่ไข่

ระดับ CP (%) ^{1/}		ปกติ		ต่ำ	
		-	+	-	+
เอนไซม์ไฟเตส ^{2/}		-	+	-	+
ระดับ aP (%)	0.35	Gr. 1	Gr. 4	Gr. 7	Gr. 10
	0.21	Gr. 2	Gr. 5	Gr. 8	Gr. 11
	0.18	Gr. 3	Gr. 6	Gr. 9	Gr. 12

^{1/} ระดับ CP ต่ำ ลดลง 1.5% จาก CP ระดับปกติ คือ เท่ากับ 14.5 และ 16% ตามลำดับ

^{2/} -, + = ไม่เสริมและเสริมเอนไซม์ไฟเตสระดับ 300 FTU/กก.อาหาร (หรือเท่ากับ 60 ก./ตันอาหาร)

สถานที่ทำการทดลอง**การศึกษาในห้องปฏิบัติการ**

1. ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การศึกษาในฟาร์มทดลอง

ฟาร์มสัตว์ปีก ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางที่ 24 ส่วนผสมและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลองไก่ไข่

ระดับ CP	ปกติ (16%)			ต่ำ (14.5%)		
ระดับ aP (%)	0.35	0.21	0.18	0.35	0.21	0.18
ชนิดวัตถุดิบ (%):						
ข้าวโพด	55.49	56.15	56.27	60.60	61.34	61.49
SBM (44% CP)	17.48	17.34	17.32	13.09	12.89	12.85
น้ำมันรำ	2.04	1.81	1.77	1.16	0.92	0.87
โดแคลเซียมฟอสเฟต (18% P)	0.91	0.14	-	0.94	0.17	-
เปลือกหอย	7.77	8.25	8.33	7.78	8.25	8.36
ดีแอล - เมทไธโอนีน	0.10	0.10	0.10	0.12	0.12	0.12
ไลซีน	0.11	0.11	0.11	0.21	0.21	0.21
วัตถุดิบคงที่ ^{1/}	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10
รวม	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
คุณค่าทางโภชนาการโดยการคำนวณ (% air dry basis) :						
CP	16.00	16.00	16.00	14.50	14.50	14.50
ME (kcal/g)	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85
ไขมัน	5.95	5.74	5.71	5.21	4.99	4.94
เยื่อใย	4.78	4.79	4.79	4.60	4.61	4.62
tP	0.68	0.54	0.52	0.67	0.53	0.50
aP	0.35	0.21	0.18	0.35	0.21	0.18
Ca	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40
ไลซีน	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
เมทไธโอนีน	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35

^{1/} ประกอบด้วย (%): รำข้าว 12.00, ปลาป่น (57.6% CP) 3.35, เกลือ 0.25 และวิตามิน-แร่ธาตุพรีเม็กซ์ 0.50^{2/}

^{2/} ผลิตภัณฑ์ของบริษัท BASF (ประเทศไทย)