

### บทที่ 3

## อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

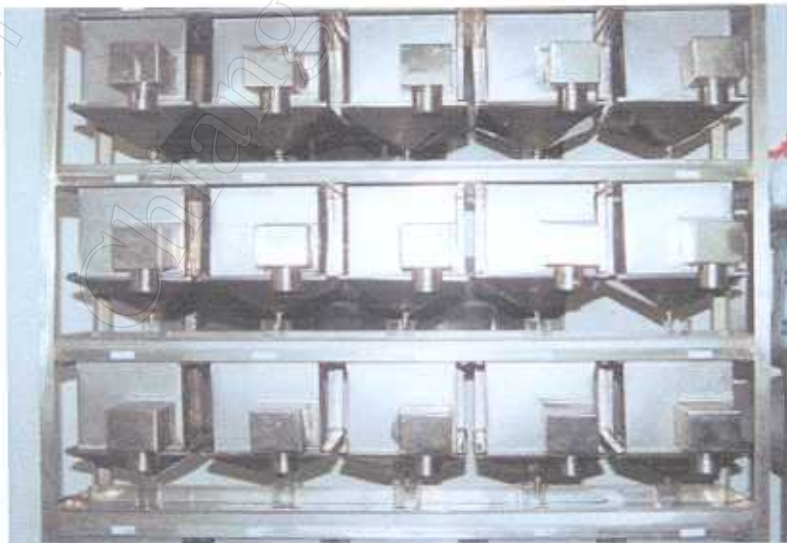
### อุปกรณ์และสัตว์ที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก ใช้เครื่องชั่ง 2 ชนิด คือ
  - 1.1 เครื่องชั่งตัวอย่างอาหารและมูล ใช้ชนิดที่เป็นไฟฟ้า ขนาดชั่งได้ 1,200 กรัม มีความละเอียดอ่านได้ 0.01 กรัม
  - 1.2 เครื่องชั่งอาหารและน้ำหนักตัวของหนู และลูกไก่ ใช้ชนิดที่เป็นไฟฟ้าขนาดชั่งได้สูงสุด 2500 กรัม มีความละเอียดอ่านได้ 0.01 กรัม
2. ตู้แช่แข็งสำหรับเก็บมูลและปัสสาวะของหนูและไก่ โดยนำมูลใส่ถุงพลาสติก ส่วนปัสสาวะใส่ไว้ในขวดพลาสติก นำไปเก็บไว้ในตู้แช่แข็ง ก่อนนำไปอบแห้ง
3. ตู้อบสำหรับอบมูลและตัวอย่างอาหารให้แห้ง เป็นตู้อบไฟฟ้าชนิดลมร้อน ที่สามารถปรับอุณหภูมิได้
4. เครื่อง Adiabatic bomb colorimeter (Model IKA 400 °C) ดังภาพที่ 5
5. เครื่องบดตัวอย่างอาหารและมูลขนาดบดได้ 1 มม.
6. อุปกรณ์ผ่าตัดชุดเล็ก สำหรับผ่าตัดไก่ทำท่อมูลเทียม รายละเอียดของอุปกรณ์และวิธีการผ่าตัดทำท่อมูลเทียมสามารถศึกษาได้ใน สุชน และคณะ (2542)
7. กรงไก่ สำหรับหาคุณภาพโปรตีน ขนาด 50x50x35 ซม. จำนวนทั้งสิ้น 20 กรง มีถาดอะลูมิเนียมรองรับมูล เมื่อต้องการเก็บบันทึกน้ำหนักมูลจะรองด้วยพลาสติก ใส่ไว้ได้กรง (ภาพที่ 1)
8. กรงไก่ชนิดขังเดี่ยว ขนาด 43x36x51 ซม. จำนวนทั้งสิ้น 8 กรง ตั้งบนขาตั้งกรงสูงประมาณ 70 ซม. ใช้สำหรับหาค่าการย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์
9. กรงหนู สำหรับหาคุณภาพโปรตีน ขนาด 30x30x30 ซม. จำนวน 20 กรง ได้กรงมีถาดอะลูมิเนียมรูปทรงกรวย สำหรับรองรับมูลและปัสสาวะสามารถแยกมูลและปัสสาวะออกจากกันได้ เมื่อต้องการเก็บปัสสาวะใช้บี๊กเกอร์ขนาด 100 มล. รองไว้ตรงกันกรวย ส่วนมูลจะตกค้างอยู่บนถาด (ภาพที่ 2)
10. หนูขาวพันธุ์ Sparque dowley เพศผู้หลังหย่านม จำนวน 20 ตัว ใช้สำหรับหาคุณภาพโปรตีน
11. ลูกไก่เนื้อพันธุ์ AA 707 อายุ 1 วัน จำนวน 80 ตัว ใช้สำหรับหาคุณภาพโปรตีน
12. ไก่ทำท่อมูลเทียม จำนวน 4 ตัว และไก่ปกติ 4 ตัว ซึ่งเป็นเพศผู้ อายุโตเต็มวัย ใช้สำหรับหาค่าการย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์

13. เครื่องอัดเม็ดอาหารแบบเกลียวสว่านขนาดเล็ก คัดแปลงจากเครื่องบดหมูตามท้องตลาด ติดมอเตอร์  
ขนาด 1 แรงม้า (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 1 กรงไก่สำหรับหาคุณภาพโปรตีน



ภาพที่ 2 กรงหนูสำหรับหาคุณภาพโปรตีน



ภาพที่ 3 เครื่องขูดเม็ดอาหารสำหรับหา  
คุณภาพโปรตีน



ภาพที่ 4 เครื่องกลั่นไนโตรเจน  
(Buchi)



ภาพที่ 5 เครื่องหาค่าพลังงาน (Adiabatic bomb calorimeter)

การวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ : (รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์สามารถดูได้จากภาคผนวก ก.)

- 1.1 หาค่าองค์ประกอบทางเคมีอย่างหยาบของกากทานตะวัน กากเรปซีด และกากถั่วเหลือง รวมทั้งสิ่งขับถ่ายโดยวิธี Proximate analysis (A.O.A.C, 1984; อ้างโดย บุญล้อม และ บุญเสริม, 2525) เพื่อหาค่าการย่อยได้
- 1.2 หาค่าพลังงานรวม (Gross energy, GE) ในอาหารและสิ่งขับถ่ายโดยใช้เครื่อง Adiabatic bomb calorimeter เพื่อหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์
- 1.3 หาปริมาณวัตถุแห้ง และไนโตรเจนในสิ่งขับถ่าย และในซากสัตว์ทดลองเพื่อหาคุณภาพโปรตีนของอาหารที่ต้องการทดสอบ คือ กากทานตะวัน และกากเรปซีด เปรียบเทียบกับเคซีน

2. การศึกษาค่าการย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์

2.1 การผ่าตัดทำท่อมูลเทียม

ใช้ไก่เพศผู้โตเต็มที่มีน้ำหนักตัวประมาณ 1.5 กก. นำมาผ่าตัดทำท่อมูลเทียมมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนโดยย่อ ดังนี้

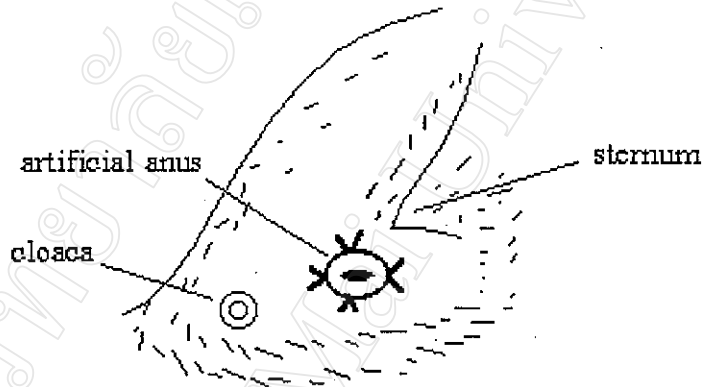
1. ถอนขนบริเวณช่องท้องให้มีความกว้างหรือพื้นที่ประมาณ 20 ตารางเซนติเมตร ใช้น้ำยาฆ่าเชื้อทำความสะอาดบริเวณที่จะทำการผ่า จากนั้นให้มดขาคและปีกของไก่ติดกับโต๊ะผ่าตัด ไก่ที่เตรียมผ่าตัด หากเป็นเพศผู้ให้ทำการผ่าตัดด้านซ้ายของช่องท้อง ซึ่งจะง่ายต่อการค้นหา colon ส่วนเพศเมียให้ผ่าตัดด้านขวาของตัวไก่ เพื่อหลีกเลี่ยงมิให้กระทบถูกท่อนำไขที่อยู่ด้านซ้ายของตัวไก่

2. บริเวณที่จะผ่าควรห่างจาก cloaca ประมาณ 2 ซม. แผลที่ผ่าตัดควรมีความยาว 1-2 ซม. แล้วแต่ขนาดของตัวไก่ การผ่าใกล้ cloaca มากไป จะทำให้ยากต่อการเย็บอุปกรณ์เก็บมูลและบัสสาวะ ในที่นี้จะผ่าเยื้องจากเส้นแบ่งกึ่งกลางจาก sternum ถึง cloaca ทางด้านขวามือของตัวไก่ประมาณ 1.5 ซม. ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงชั้นเนื้อเยื่อที่มีความหนาและไขมันที่มีมากในช่องท้อง

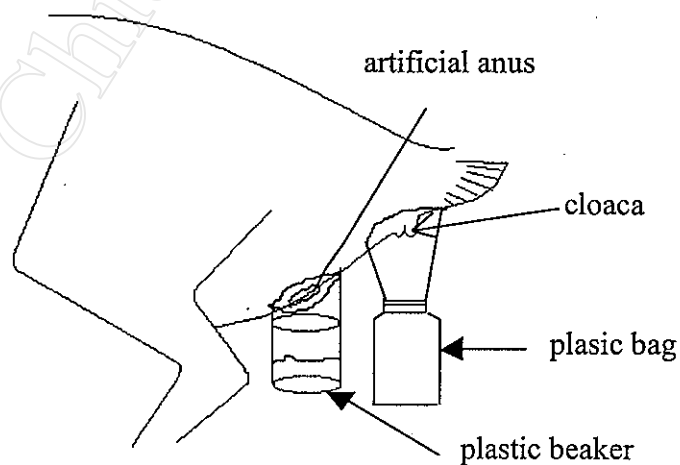
3. ผ่าตัดเปิดบาดแผลให้ผ่านชั้นผิวหนัง ชั้นกล้ามเนื้อ จากนั้นใช้คีมคีบ (forcep) จับชั้นกล้ามเนื้อดึงขึ้น ใช้กรรไกรตัดผ่านไขมัน และผนังช่องท้อง (peritonium) ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อชั้นในสุด ใช้แท่งแก้วกลมสอดผ่านทาง cloaca เข้าไปยัง colon แล้วยกส่วน colon ขึ้น ซึ่งมีสีจางกว่าส่วนอื่นของลำไส้ และอยู่ใต้ duodenum การใช้แท่งแก้วสอดเข้าไปจะช่วยแยกออกได้ง่าย ใช้คีมคีบสอดเข้าได้ลำไส้เพื่อรั้งไว้ จากนั้นใช้เส้นไหมมัดลำไส้ให้ห่างจาก cloaca ประมาณ 1 ซม. ใช้คีมล็อก

(haemostat) ชนิดอ่อนจับลำไส้ไว้ ใช้กรรไกรตัดลำไส้ระหว่างจุดที่มัดกับคีมล็อกให้ขาดออกจากกัน นำส่วนปลายที่ใช้ใหม่มัดไว้แล้ว ไปเย็บติดกับ peritonium ตรงจุดใกล้ ๆ กับ cloaca

4. เย็บส่วนปลายเปิดของลำไส้ (ตรงส่วนคีมล็อก) เข้ากับผนังช่องท้อง โดยเย็บผนังทั้ง 3 ชั้นให้ติดกันด้วยการใช้เข็มเย็บจากผนังช่องท้องขึ้นมา ผ่านชั้นกล้ามเนื้อถึงชั้นผิวหนัง ตามลำดับ ทำการเย็บเช่นนี้ทั้งสองมุม ที่ชั้นของผิวหนังให้เย็บติดกับส่วนปลายสุดของลำไส้พร้อมกับปลิ้นด้านในของลำไส้ออกมาด้วย ซึ่งตรงจุดนี้จะกลายเป็นช่องเปิดใหม่สำหรับถ่ายมูลของไก่



ภาพที่ 6 ตำแหน่งของท่อมูลเทียมที่เปิดออกทางช่องท้องหลังการผ่าตัด



ภาพที่ 7 การติดอุปกรณ์สำหรับเก็บมูลและปัสสาวะ

จากนั้นดูแลไก่ที่ผ่าตัดจนกว่าแผลจะหายเป็นปกติ ให้ไก่ปรับตัวประมาณ 1 เดือน จนเห็นว่าไก่พร้อมที่จะนำมาใช้ทดลองได้ โดยสังเกตจากแผล และลักษณะของมูลที่ขับออกมา มีลักษณะแข็งเป็นแท่ง สีเขียวจนถึงดำคล้ำ

## 2.2 ขั้นตอนการศึกษา

การทดลองใช้ไก่ที่ผ่าตัดทำท่อมูลเทียมดังกล่าวกับไก่ปกติ เพศผู้ โตเต็มวัย จำนวนชนิดละ 4 ตัว เย็บอุปกรณ์สำหรับเก็บมูลและปัสสาวะเข้ากับตัวไก่ทดลองเฉพาะไก่ที่ทำท่อมูลเทียม (ภาพที่ 8) ให้ไก่แต่ละตัวอยู่ในกรงขังเดี่ยวที่ยกสูงจากพื้นประมาณ 70 ซม. ให้ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 16.5% ดังแสดงในตารางภาคผนวก ข.ที่ 3 เป็นเวลา 7 วัน เพื่อปรับตัวให้คุ้นเคยกับสภาพคอก หลังจากนั้นทำการอดอาหารเพื่อให้ไก่ขับถ่ายมูลที่มาจากอาหารเก่าออกให้หมดก่อนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงให้ไก่ 3 ตัว ได้รับอาหารที่มีกากปานตะวัน กากเปปซิด หรือกากถั่วเหลือง ล้วน ๆ จำนวนตัวละ 30 กรัม ด้วยวิธีการกรอกทางปาก (force-feeding, ภาพที่ 9) ตามที่อ้างอิงโดย Sibbald (1977a, b; อ้างโดยบุญล้อม, 2540) ไก่ที่เหลืออีกตัว ให้อดอาหารต่อไปอีก 24 ชั่วโมงเพื่อหาส่วนที่ถูกขับออกจากร่างกาย (endogenous loss) การบันทึกข้อมูลของไก่ทั้งสี่ตัวทำโดยเก็บสิ่งขับถ่ายวันละ 3 ครั้ง ในช่วงเช้า กลางวัน และเย็น เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเริ่มทำการทดลองซ้ำอีกในรอบที่ 2 โดยใช้วิธีการเดียวกันกับรอบแรก เพียงแต่สลับตัวไก่ จนครบ 4 รอบ ดังแผนการทดลองในตารางภาคผนวก ข.ที่ 2 วิธีการดังกล่าวทำเหมือนกันทั้งในไก่ที่ผ่าตัดทำท่อมูลเทียมและไก่ปกติ นำมูลและปัสสาวะที่เก็บได้ มาวิเคราะห์หาค่าทางโภชนะ และพลังงาน แล้วนำมาคำนวณหาค่าการย่อยได้ที่แท้จริง (TD) และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ปรากฏและอย่างแท้จริง (AME และ TME)

ส่วนกรณีของไก่ที่ทำท่อมูลเทียม จากข้อมูลผลการวิเคราะห์ที่ได้ยังสามารถนำมาหาค่าพลังงานย่อยได้ที่ปรากฏ และแท้จริง (ADE และ TDE)





ภาพที่ 8 การเย็บอุปกรณ์เก็บสิ่งขับถ่าย(มูลและปัสสาวะ)ของไก่ที่ทำท่อมูลเทียม  
สำหรับหาค่าการย่อยได้และ ME



ภาพที่ 9 วิธีการกรอกอาหารทางปาก (force-feeding)

การคำนวณหาค่าการย่อยได้ที่แท้จริง (TD) ใช้สูตรดังนี้

$$TD (\%) = \frac{(F_i \times \%NU_i) - [(E_r \times \%NU_r) - (E_r \times \%NU_r)]}{F_i \times \%NU_i} \times 100$$

เมื่อ  $F_i$  = ปริมาณอาหารที่กินเข้าไป (g. DM)

$NU_i$  = ความเข้มข้นของโภชนะในอาหารที่กิน (% DM basis)

$E_r$  = ปริมาณมูลของไก่อ้วที่ให้อาหาร (g. DM)

$NU_r$  = ความเข้มข้นของโภชนะในมูลของไก่อ้วที่ให้อาหาร (% DM basis)

$E_r$  = ปริมาณมูลของไก่อ้วที่อดอาหาร (g. DM basis)

$NU_r$  = ความเข้มข้นของโภชนะในมูลของไก่อ้วที่อดอาหาร (% DM basis)

การคำนวณพลังงานย่อยได้ที่แท้จริง (TDE) และพลังงานใช้ประโยชน์ที่แท้จริง (TME) ใช้สูตรดังนี้

$$TDE = \frac{(GE_i \times F_i) - [(GE_r \times E_r) - (GE_r \times E_r)]}{F_i}$$

$$TME = \frac{(GE_i \times F_i) - [(GE_r \times E_r) - (GE_r \times E_r)] - [(GE_u \times E_u) - (GE_u \times E_u)]}{F_i}$$

เมื่อ  $GE_i$  = พลังงานรวมของอาหารที่กิน (kcal/g. DM)

$GE_r$  = พลังงานรวมของมูลไก่อ้วที่ให้อาหาร (kcal/g. DM)

$GE_u$  = พลังงานรวมของบัสสาวะไก่อ้วที่ให้อาหาร (kcal/g. DM)

$GE_r$  = พลังงานรวมของมูลไก่อ้วอดอาหาร (kcal/g. DM)

$GE_u$  = พลังงานรวมของบัสสาวะไก่อ้วอดอาหาร (kcal/g. DM)

$F_i$  = ปริมาณอาหารที่กินเข้าไป (g. DM)

$E_r$  = ปริมาณมูลของไก่อ้วที่ให้อาหาร (g. DM)

$E_u$  = ปริมาณบัสสาวะของไก่อ้วที่ให้อาหาร (g. DM)

$E_r$  = ปริมาณมูลจากไก่อ้วที่อดอาหาร (g. DM)

$E_u$  = ปริมาณบัสสาวะของไก่อ้วที่อดอาหาร (g. DM)



### 3. การประเมินคุณภาพโปรตีนของกากทานตะวันและกากเรปซีด

สูตรอาหารที่ใช้เป็นอาหารกึ่งบริสุทธิ์ (Semi-purified diet) จำนวน 4 สูตร สูตรแรกไม่มีโปรตีน (N-free) สูตรที่ 2, 3 และ 4 ใช้เคซีน กากทานตะวัน และกากเรปซีด ตามลำดับ เป็นแหล่งโปรตีนหลัก ให้มีโปรตีน 10% ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้และองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารเหล่านี้ดัดแปลงจากรายงานของ Green and Kiener (1989) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 7 นำอาหารที่ผสมแล้วไปอัดเม็ดด้วยเครื่องอัดแบบเกลียวสว่านขนาดเล็ก ซึ่งดัดแปลงจากเครื่องบดหมูตามท้องตลาด ติดมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ก่อนอัดเม็ดต้องผสมน้ำลงไปให้อาหารพอควร โดยปริมาณน้ำที่ใช้จะผันแปรไปตามส่วนผสมของวัตถุดิบในสูตรอาหาร จากการทดลอง พบว่า สูตร N-free เคซีน กากทานตะวัน และกากเรปซีดใช้น้ำ 42.5, 50.0, 30.0 และ 31.0% ตามลำดับ คลุกน้ำและอาหารให้ทั่วถึงในระหว่างอัดเม็ด ควรใช้ไม้ไผ่บาง ๆ ตัดอาหารที่กำลังถูกอัดออกจากเครื่องเป็นท่อน ๆ ขนาดความยาว 1-2 ซม. จากนั้นนำไปตากแดดจนกว่าจะแห้ง หรืออบที่อุณหภูมิ  $60^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

#### 3.1 การศึกษาในหนู

ใช้หนูขาวพันธุ์ Sparque dowley จำนวน 20 ตัว เป็นเพศผู้ หลังหย่านม อายุ 3 สัปดาห์ เลี้ยงในห้องที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่  $23^{\circ}\text{C}$  แบ่งหนูออกด้วยสุ่มเป็น 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มแบ่งเป็น 5 ซ้ำ (กรง) ซ้ำละ 1 ตัว เพื่อให้ได้รับอาหารทดลอง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 7 ก่อนการบันทึกข้อมูล ให้หนูได้ปรับสภาพเข้ากับกรงและอาหารก่อนเป็นเวลา 5 วัน ซึ่งจัดเป็นช่วง pre-liminary period

กรงหนูที่ใช้สามารถแยกมูลกับปัสสาวะออกจากกันได้ การเก็บปัสสาวะใช้ปิเปตขนาด 100 มล. รองไว้ใต้ถาดรองรับมูลซึ่งมีลักษณะเป็นกรวย (ดังภาพที่ 2) ทำการอดอาหารเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักหนูก่อนการทดลองในช่วงเช้า แล้วเริ่มทดลองจริงเป็นเวลา 7 วัน โดยให้กินน้ำและอาหารแบบเต็มที บันทึกอาหารที่ให้ อาหารเหลือ และปริมาณสิ่งขับถ่ายทุกวัน มูลและปัสสาวะเก็บในสภาพกรดเพื่อป้องกันการสูญเสียไนโตรเจน ในที่นี้ใช้กรดกำมะถัน (Sulfuric) ที่ความเข้มข้น 10% ปริมาณ 10 มล. ใส่ในปิเปตที่รองรับปัสสาวะ และฉีดพ่นลงในมูลกับภาชนะเก็บมูล นอกจากนี้ยังใช้กรดซิตริก (Citric) ที่ความเข้มข้น 20% ฉีดพ่นลงบนภาชนะกรวยที่รองรับปัสสาวะและมูล หลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง (ครบ 7 วัน) ทำการอดอาหารหนูในช่วงเช้า เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักหนูเพื่อบันทึกน้ำหนักหลังการทดลอง เมื่อชั่งเสร็จแล้วนำหนูทุกตัวไปฆ่าและบดให้ละเอียด นำซาก มูล และปัสสาวะที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณวัตถุแห้ง และไนโตรเจน นำผลที่ได้จากการบันทึกน้ำหนักตัวของหนู มาคำนวณหาค่า PER และ NPR นำปริมาณไนโตรเจนในสิ่งขับถ่ายไปคำนวณหาค่า BV, TD, NPU และ NPV ส่วนผลที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในซากก็นำไปคำนวณหาค่า NPU และ NPV เช่นกัน

ตารางที่ 7 ส่วนประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของสูตรอาหารกึ่งบริสุทธิ์ของไก่และหนูสำหรับการ  
การศึกษาคุณภาพโปรตีน

	ไม่มีไนโตรเจน	เคซีน	กากทานตะวัน	กากเรปซิด
<b>ชนิดวัตถุดิบ :</b>				
เคซีน	-	105.00	-	-
กากทานตะวัน	-	-	310.00	-
กากเรปซิด	-	-	-	227.17
แป้งมันสำปะหลัง	770.00	662.00	443.33	503.51
น้ำตาลทรายขาว (sucrose)	100.00	100.00	100.00	100.00
เซลลูโลส (cellulose)	50.00	50.00	-	30.00
น้ำมันถั่วเหลือง	40.00	40.00	106.67	99.32
เมทไธโอนีน	-	3.00	-	-
สารผสมลวงหน้า (พรีมิกซ์) <sup>11</sup>	40.00	40.00	40.00	40.00
<b>รวม</b>	<b>1000.00</b>	<b>1000.00</b>	<b>1000.00</b>	<b>1000.00</b>
<b>คุณค่าทางโภชนาการโดยการคำนวณ (% air dry basis):</b>				
โปรตีน	1.92	10.18	10.00	9.85
พลังงานใช้ประโยชน์ (kcal/g)	3.58	3.60	3.55	3.55
เยื่อใย	8.77	8.25	11.31	8.14
ไขมัน	4.54	4.51	12.65	10.72
เมทไธโอนีน	-	0.58	0.15	0.72
ไลซีน	-	0.84	0.30	0.29
<b>คุณค่าทางโภชนาการจากการวิเคราะห์ (% air dry basis):</b>				
วัตถุแห้ง	89.72	89.96	89.59	90.95
โปรตีน	0.40	9.89	9.45	9.50

<sup>11</sup> หน่วย มก/กก. อาหาร (ยกเว้นที่ระบุ); กลุ่มวิตามิน : เอ 0.224 MIU, ดี<sub>3</sub> 0.04 MIU, ซี 240, เค 32, บี<sub>1</sub> 24, บี<sub>2</sub> 64, บี<sub>12</sub> 2.4, กรดแพนโทนิค 160, ไนอะซิน 320, กรดโฟลิก 8, ไบโอดีน 0.64, โคลีนคลอไรด์ 200; กลุ่มแร่ธาตุ: ซีลีเนียม 1.6, เหล็ก 480, แมงกานีส 960, สังกะสี 96, โคบอลต์ 1.6, ไอโอดีน 8; สารถนอมคุณภาพอาหาร 0.1, สารปรุงแต่งอาหาร 400 และสื่อเติมจนครบ 40,000; ผลิตโดยบริษัท BASF (ประเทศไทย) จำกัด.

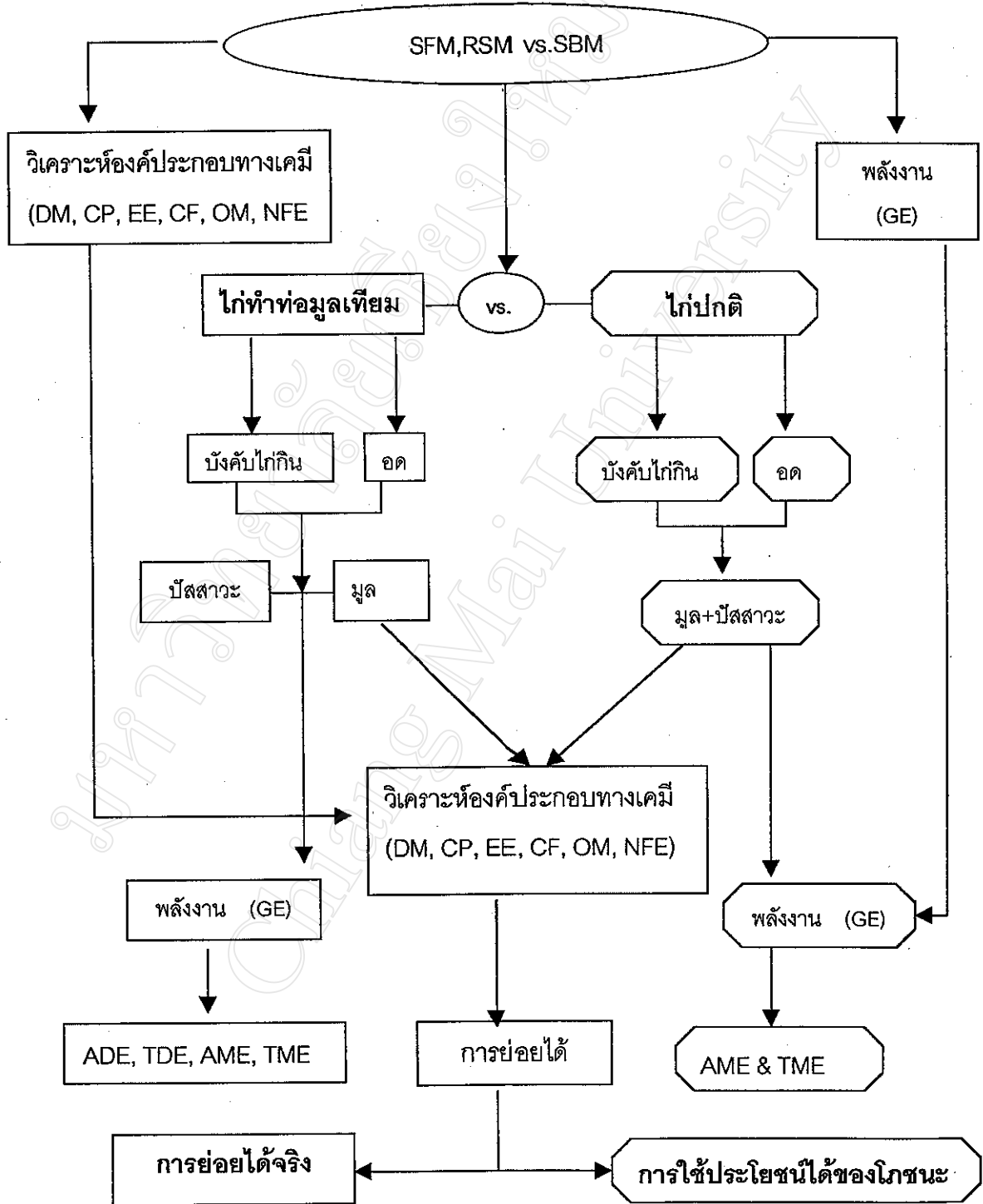
### 3.2 การศึกษาในไก่

ใช้ไก่เนื้อแบบคละเพศ อายุ 1 วัน จำนวน 80 ตัว นำมาเลี้ยงรวมกันให้ได้รับอาหารไก่เนื้อสำเร็จรูปที่มีโปรตีนประมาณ 21% เหมือนกัน ทำการกกลูกไก่จนกระทั่งอายุได้ 7 วัน จากนั้นแบ่งออกโดยสุ่มเป็น 4 กลุ่ม ให้ได้รับอาหารดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 7 โดยแต่ละกลุ่มมี 5 ซ้ำ (คอก) ในแต่ละซ้ำเลี้ยงลูกไก่ 4 ตัว มีที่ให้อาหารและภาชนะรองรับมูลแยกแต่ละซ้ำ (ภาพที่ 1) ก่อนการทดลองทำการอดอาหารไก่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วบันทึกน้ำหนักตัวเริ่มต้น ทดลองเป็นระยะเวลา 9 วัน โดยช่วง 4 วันแรกเป็นระยะ pre-liminary period เพื่อให้ไก่ได้ปรับสภาพเข้ากับกรงและคุ้นเคยกับอาหารทดลองก่อน รวมทั้งมีการบันทึกปริมาณอาหารที่กินตลอดระยะเวลา 4 วันแรกนี้ด้วย ส่วน 5 วันสุดท้ายเป็นช่วงการทดลอง (collection period) ซึ่งจะบันทึกปริมาณอาหารที่กิน มูล และปัสสาวะที่ขับถ่ายออกมาทุกวัน จนครบ 5 วัน โดยในช่วงระยะ 5 วันนี้ มีการบันทึกน้ำหนักตัวไก่เมื่อวันเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลองด้วยการอดอาหารไก่ก่อนซึ่งน้ำหนักเป็นเวลา 12 ชั่วโมง

นำน้ำหนักตัวและปริมาณอาหารที่กินตลอด 9 วัน ไปคำนวณหาค่า PER และ NPR การเก็บมูล การวิเคราะห์หาปริมาณวัตถุแห้ง และไนโตรเจนของมูลกับซากไก่ กระทำเช่นเดียวกับการศึกษาในหนู จากนั้นนำไปคำนวณหาค่าต่าง ๆ ที่บ่งบอกถึงคุณภาพโปรตีนของกากทานตะวันและกากเรปซีดเมื่อเทียบกับเคซีน ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงความแตกต่างของหนูและไก่ที่ใช้เป็นสัตว์ทดลองได้ด้วย

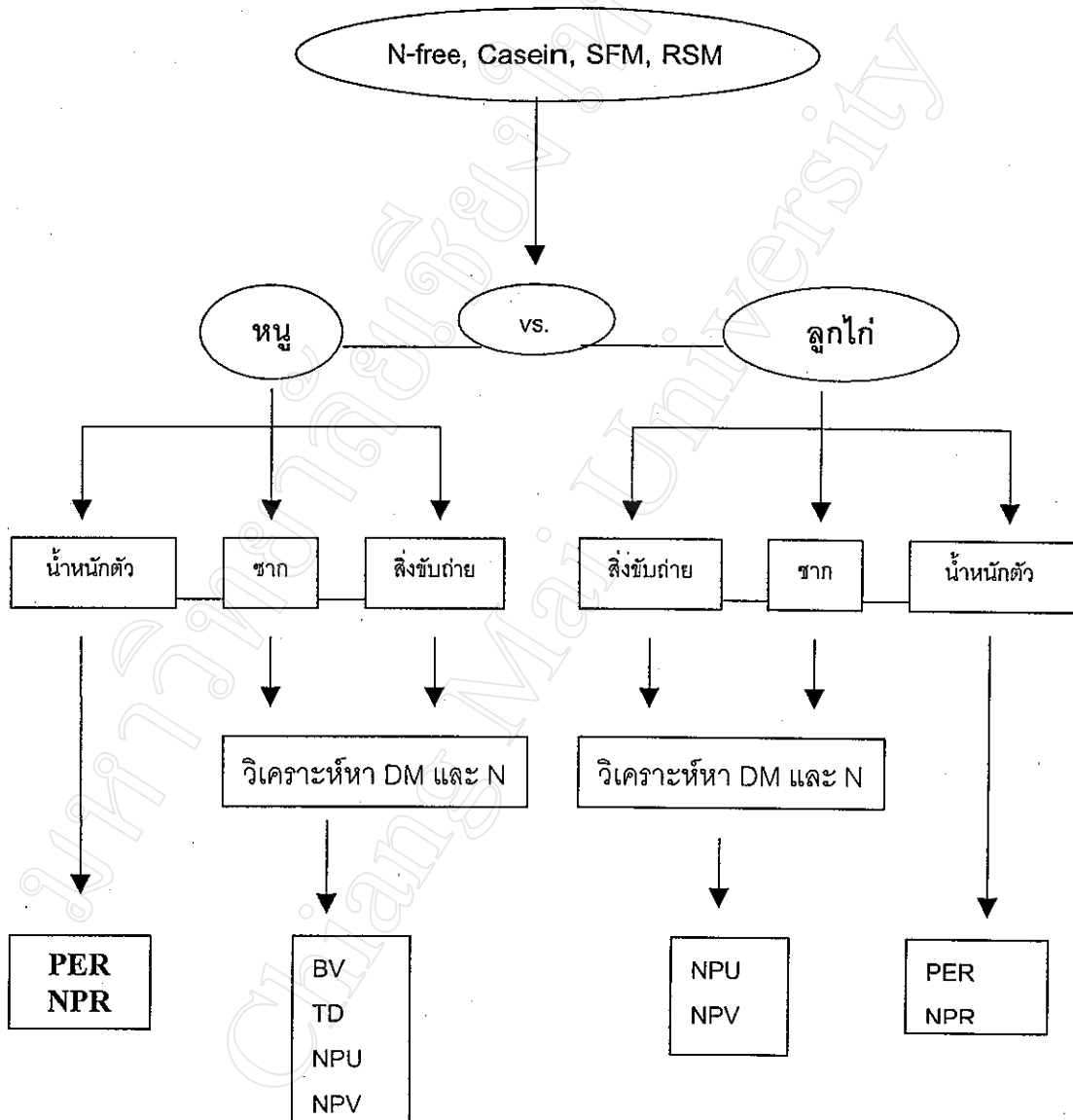
ขั้นตอนในการศึกษาค่าการย่อยได้ พลังงานใช้ประโยชน์ และคุณภาพโปรตีนของกากทานตะวันและกากเรปซีดเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง โดยนำไก่ที่ทำห่อมูลเทียมและไก่ปกติมาศึกษาเปรียบเทียบกัน สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 10 ส่วนการศึกษาค่าคุณภาพโปรตีนของกากทานตะวันและกากเรปซีดเปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน (เคซีน) โดยใช้หนูและลูกไก่เป็นสัตว์ทดลอง สามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังภาพที่ 11

การย่อยได้ พลังงานย่อยได้ (DE) และพลังงานใช้ประโยชน์ (ME)



ภาพที่ 10 การหาค่าการย่อยได้ DE และ ME ในไม้ที่ทำต่อมูลเทียมและไม้ปกติ

คุณภาพโปรตีน



ภาพที่ 11 การประเมินคุณภาพโปรตีนในถั่วและถั่วเขียว

### สูตรที่ใช้คำนวณหาค่าคุณภาพโปรตีน มีดังนี้

#### 1. อาศัยการเจริญเติบโต

$$\text{PER} = \frac{\text{BWg}}{\text{Protein intake (g)}}$$

$$\text{NPR} = \frac{\text{BWg (test diet)} + \text{BWI (N-free diet)}}{\text{Protein intake (g)}}$$

#### 2. อาศัยสมดุลไนโตรเจน

$$\text{TD} = \frac{(F_i \times \%N_d) - [(E_f \times \%N_f) - (E_{fr} \times \%N_{fr})]}{(F_i \times \%N_d)} \times 100$$

$$\text{BV} = \frac{(F_i \times \%N_d) - [(E_f \times \%N_f) - (E_{fr} \times \%N_{fr})] - [(E_u \times \%N_u) - (E_{ur} \times \%N_{ur})]}{(F_i \times \%N_d) - [(E_f \times \%N_f) - (E_{fr} \times \%N_{fr})]} \times 100$$

NPU สามารถคำนวณได้จาก 2 วิธี คือ

##### 1) การคำนวณจากซาก

$$= \frac{\text{Carcass nitrogen (test diet)} - \text{Carcass nitrogen (N-free)}}{\text{Nitrogen intake (test diet - N-free)}} \times 100$$

##### 2) คำนวณจากสิ่งขับถ่าย

$$= \frac{(F_i \times \%N_d) - [(E_f \times \%N_f) - (E_{fr} \times \%N_{fr})] - [(E_u \times \%N_u) - (E_{ur} \times \%N_{ur})]}{(F_i \times \%N_d)} \times 100$$

$$= \frac{\text{TD} \times \text{BV}}{100}$$

$$\text{NPV} = \frac{\text{NPU} \times \text{g N/kg feed DM}}{100}$$

เมื่อ

BWg = น้ำหนักเพิ่มของกลุ่มที่ได้รับโปรตีนกลุ่มอาหารทดสอบ (g)

BWI = น้ำหนักตัวที่ลดลงของกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรตีน (g)

F<sub>i</sub> = ปริมาณอาหารที่กินเข้าไป (mg. DM)

N<sub>d</sub> = ความเข้มข้นของไนโตรเจนของอาหารทดสอบที่กิน (% DM basis)

$E_f$	= ปริมาณมูลของสัตว์ตัวที่ให้อาหารทดสอบ (mg. DM)
$N_f$	= ความเข้มข้นของไนโตรเจนในมูลของสัตว์ตัวที่ให้อาหารทดสอบ (%DM basis)
$E_{fr}$	= ปริมาณมูลของสัตว์ตัวที่กิน N-free (mg. DM basis)
$N_{fr}$	= ความเข้มข้นของไนโตรเจนในมูลของสัตว์ตัวที่กิน N-free (%DM basis)
$E_u$	= ปริมาณปัสสาวะของสัตว์ตัวที่ให้อาหารทดสอบ (mg. DM)
$N_u$	= ความเข้มข้นของไนโตรเจนในปัสสาวะของสัตว์ตัวที่ให้อาหารทดสอบ (%DM basis)
$E_{ur}$	= ปริมาณปัสสาวะของสัตว์ตัวที่กิน N-free (mg. DM basis)
$N_{ur}$	= ความเข้มข้นของไนโตรเจนในปัสสาวะของสัตว์ตัวที่กิน N-free (%DM basis)

### การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ (Analysis of variance) โดยการหาค่าการย่อยได้ และ ME เมื่อเปรียบเทียบระหว่างไก่ที่ทำต่อมูลเทียบกับไก่ปกติ และการประเมินคุณภาพโปรตีน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างหนูกับไก่ ใช้แผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in CRD โดยมีชนิดอาหาร คือ กากทานตะวัน กากเรปซีด และกากถั่วเหลือง (หากการย่อยได้ และ ME) หรือ เคซีน (หากคุณภาพโปรตีน) และประเภทของสัตว์ทดลอง (ไก่ปกติ vs. ไก่ที่ทำต่อมูลเทียบ; หากการย่อยได้ และ ME หรือ ไก่ปกติ vs. หนู; หากคุณภาพโปรตีน) เป็น main factor ส่วนการเปรียบเทียบระหว่างวัตถุดิบ แต่ละชนิดใช้แผนการทดลองแบบ CRD โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Analysis System (SAS) ตามที่แนะนำโดย มนต์ชัย (2537)

### สถานที่ทำการวิจัย

1. การวิเคราะห์ทางเคมี กระทำ ณ ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาสัตวศาสตร์ และห้องปฏิบัติการ กลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. การศึกษาหาค่าการย่อยได้ ME และคุณภาพโปรตีนในไก่ กระทำที่ฟาร์มสัตว์ปีก ภาควิชา สัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3. การศึกษาคุณภาพโปรตีนในหนู กระทำที่ฟาร์มสัตว์ทดลอง ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะ เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

### ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

ดำเนินการวิจัยในช่วงระหว่างมีนาคม 2542 – ธันวาคม 2542