

รายงานวิจัย

เรื่อง

การประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในอาหารสัตว์ปีก

Techniques for Determining the Metabolizable Energy

Content of Poultry Feeds

โดย

ผศ.ดร.สุวิทย์ อุษงอุพพณ์

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(3)
สารบัญตารางผนวก	(5)
สารบัญภาพผนวก	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	13
วิธีการและผลการศึกษา	
1. แผนการศึกษาที่ 1 การศึกษาเทคนิคที่เหมาะสมในการวัดค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในสัตว์ปีก	18
1.1. การศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์จากการใช้ไโคกระเพาะ ชาอุธ สัตว์ปีกและการใช้ไโคในเพศผู้โดยวัดด้วยวิธี Total collection และ Indicator ในอาหารกึ่งบริสุทธิ์ (semi-purified diet)	18
1.2. การศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์จากการใช้ Total collection และ Indicator ในอาหารผสม (conventional diet)	20
1.3. การทดสอบพลังงานใช้ประโยชน์ของแป้งข้าวโพด (corn flour) ที่จะใช้เพื่อเป็นอาหารทดสอบกึ่งบริสุทธิ์ (semi-purified diet)	23
1.4. การศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์จากการใช้ไโคเพศผู้กินอาหาร ทดสอบจำกัดเวลา และให้กินเต็มที่	24
1.4.1. การศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในภาคปาล์ม	24
1.4.2. การศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในรำ	30
1.5. การศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในรำและปลายข้าวจากวิธีการ ทดสอบและการประเมินพลังงานในรูปแบบต่างกัน	33
1.5.1. การศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในรำ	33
1.5.2. การศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในปลายข้าว	33

1.5. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการวัดค่าพลังงานดิบ (Gross energy) ด้วยเครื่อง Adiabatic bomb calorimeter และ Balling bomb calorimeter	37
2. แผนการศึกษาที่ 2 การศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในวัตถุดิบ สำหรับสัตว์ปีก	38
2.1. การประเมินค่าพลังงานของวัตถุดิบแหล่งโปรตีน	38
2.1.1. การประเมินค่าพลังงานของปลาป่น	38
2.1.2. การประเมินค่าพลังงานของกากถั่วเหลือง	40
2.2. การประเมินค่าพลังงานของวัตถุดิบแหล่งพลังงาน	42
2.2.1. การประเมินค่าพลังงานของกากปาล์ม	42
2.2.2. การประเมินค่าพลังงานของรำละเอียด	43
2.3. การประเมินค่าพลังงานของวัตถุดิบบางชนิด	43
3. แผนการศึกษาที่ 3 การศึกษาสมการทำนายค่าพลังงานใช้ประโยชน์ จากส่วนประกอบทางเคมี	44
วิจารณ์ผลการศึกษา	50
สรุป	52
เอกสารอ้างอิง	53
ภาคผนวก	55

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. แสดงการจัดกลุ่มทดสอบ	18
2. แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของอาหารที่ใช้ทดสอบและโคทดสอบ ต่างชนิดกัน	20
3. แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของอาหารทดสอบที่ได้จากการเก็บ ข้อมูลต่างวิธีกัน	20
4. แสดงสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงไก่เนื้อทดสอบ	21
5. แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของอาหารผสมแบบกองกอง (step) เลี้ยงไก่เนื้อ และมีการทดสอบพลังงาน 2 วิธี	22
6. แสดงสูตรอาหารทดสอบ	23
7. ผลของเวลาในการให้อาหารที่มีผลต่อพลังงานใช้ประโยชน์ของกากป่นดัด ในการทดลองที่ 1	27
8. แสดงผลของชนิดกากป่นดัด เวลาในการกินอาหาร และเวลาใน การลดอาหารของไก่ทดลองที่มีผลต่อค่าพลังงานใช้ประโยชน์ ในการทดลองที่ 2	29
9. แสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณอาหารที่กินอาหารทดสอบต่อปริมาณอาหารที่ กินก่อนการทดสอบ	31
10. แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของรำสกัด (Kcal/kg)	32
11. แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในค่าเฉลี่ยจากการประเมิน ด้วยวิธีต่างๆ (Kcal/kg)	35
12. แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในปลายข้าวจากการประเมิน ด้วยวิธีต่างๆ และใช้ปลายข้าว 100 % (Kcal/kg)	36
13. แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในปลายข้าวจากการประเมิน ด้วยวิธีต่างๆ และใช้ปลายข้าว 75 % (Kcal/kg)	36
14. แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในปลายข้าวจากการประเมิน ด้วยวิธีต่างๆ และใช้ปลายข้าว 100 เทียบกับ 75 % (Kcal/kg)	37
15. แสดงส่วนประกอบของอาหารทดสอบสำหรับปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)	39
16. แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของปลาป่น (น้ำหนักแห้ง)	40
17. แสดงส่วนประกอบของอาหารทดสอบสำหรับกากถั่วเหลือง (เปอร์เซ็นต์)	41
18. แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากถั่วเหลือง (น้ำหนักแห้ง)	41

	หน้า
19. แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากปาล์ม (น้ำหนักแห้ง)	42
20. แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของรำละเอียด (น้ำหนักแห้ง)	43
21. แสดงส่วนผสมในอาหารทดสอบ (เปอร์เซ็นต์)	44
22. แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิด (น้ำหนักแห้ง)	44
23. แสดงส่วนประกอบทางเคมีของปลาป่น และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ (น้ำหนักแห้ง)	45
24. แสดงส่วนประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลือง และค่าพลังงาน ใช้ประโยชน์ (น้ำหนักแห้ง)	45
25. แสดงส่วนประกอบทางเคมีของกากปาล์ม และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ (น้ำหนักแห้ง)	46
26. แสดงส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบบางชนิด และค่าพลังงาน ใช้ประโยชน์ (น้ำหนักแห้ง)	47

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. การกระจายของพลังงานในกระบวนการของร่างกายสัตว์ (Energy distribution)	3

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวกที่	หน้า
1. แสดงค่าพลังงานดิบจากภาวะวัดด้วยเครื่องมือต่างชนิดกัน	55
2. แสดงส่วนประกอบทางเคมี และ พลังงานใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบ อาหารสัตว์	59
3. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบและค่าพลังงาน ใช้ประโยชน์ โดยวิธี RSQUARE TEST	60
4. แสดงการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบทางเคมีและพลังงาน ใช้ประโยชน์โดยวิธี STEPWISE PROCEDURE	61

The equations predicting the apparent metabolizable energy value of poultry feeds have shown a R-square value of 0.34 for and the equation was "AME(kcal/kg DMI) = 1010 + 24.2 PROTEIN + 51.5 FIBER" It shown that the factors for AME prediction for some feedstuffs by these studies were based on crude protein and crude fiber.

บทคัดย่อ

การศึกษาดังกล่าวได้ประเมินผลในการประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ปีก ได้มีการเปรียบเทียบโดยให้อาหารทั้งบริสุทธิ์หรืออาหารผสมในไก่เนื้ออายุ 5-8 สัปดาห์ หรือไก่เพศผู้อายุ 6 เดือน ใช้การกับมูลแบบทั้งหมดหรือการใช้โครมิกออกไซด์ พบว่า การใช้ไก่รุ่นเพศผู้ เก็บมูลทั้งหมด 4 วัน เป็นวิธีที่ปฏิบัติได้ง่ายและให้ผลไม่แตกต่างจากการใช้ไก่เนื้ออายุ 5-6 สัปดาห์หรือการใช้โครมิกออกไซด์ ได้ศึกษาวิธีประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของจำพวก และกากปาล์มในสัตว์ปีกใช้เปรียบเทียบวิธีการให้อาหาร 3 วิธีคือให้อาหารทดสอบ 1 ชั่วโมงและ 32 ชั่วโมงหลังจากได้อาหาร 34 ชั่วโมง ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้จากให้จำพวก จากการประเมิน ด้วยการให้อาหาร 1 ชั่วโมง จะให้ค่าพลังงานสูงกว่าการให้กินอาหาร 1 ชั่วโมง ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากปาล์มจากการให้อาหาร 1 ชั่วโมงและ 32 ชั่วโมงให้ผลไม่แตกต่างกัน

ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ที่ประเมินจากการให้อาหารทั้งบริสุทธิ์โดยใช้ไก่รุ่นเพศผู้ ในวัสดุอาหารสัตว์ ได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง ที่เก็บมาจากแหล่งต่างๆมีค่า 1163-2487 และ 2884-3487 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของวัตถุดิบ ตามลำดับ และพบว่ามีความผันแปรพลคล่องกับ ส่วนประกอบทางเคมี นอกจากนี้การนำวิธีหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบดังกล่าวมา ทดสอบกับกากเมล็ดป่าน กากเมล็ดฝ้าย จำพวก กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม กากผลปาล์ม และกากถั่วลิสง ได้ค่าพลังงานเท่ากับ 2186-2726, 3398, 1673-2688, 1519-2517, 1543-2263, และ 3145-3782 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของวัตถุดิบ ตามลำดับ ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของจำพวกและปาล์ม จากการให้วัตถุดิบลำพังมีค่าเท่ากับ 2809-2903 และ 3782-3787 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของวัตถุดิบ ตามลำดับ

จากผลการคำนวณความสัมพันธ์ (correlation) ของส่วนประกอบทางเคมี พบว่า พลังงานใช้ประโยชน์ (AME) มีแนวโน้มของความสัมพันธ์กับ โปรตีน และ เส้นใย มีค่า R^2 เท่ากับ 0.34 และมีสมการทำนายค่า $AME (Kcal/kg, DM) = 1810 + 24.2 \text{ PROTEIN} + 51.6 \text{ FIBER}$

ABSTRACT

Studies on techniques for determining the apparent metabolizable energy (AME) content of poultry feedstuffs were conducted. A comparison between test diet (semi-purified diet VS conventional diet), test animal (5-6 weeks old broiler chicken VS 6 months old rooster), feed and excreta collection (total collection for 4 days VS chromic oxide as indicator) were designed. The result showed that the metabolizable energy values when using rooster and total collection method were not difference from the use of broiler. Moreover, AME determined by total collection trend to be higher than the indicator (chromic oxide) method.

Techniques for determining the metabolizable energy content of solvent extracted rice bran and palm oil meal for poultry was conducted. A study was designed by compare AME of feed from two feeding methods (1 hr and 42 hr feeding after 34 hr fasting). The metabolizable energy values of rice bran when determined by using 1 hr feeding method trend to be higher than 1 hr feeding method. The metabolizable energy values of palm oil meal when determined by using 1 hr feeding method and 42 hr feeding method was also not significant difference.

The metabolizable energy values of fish meal and soybean meal samples determined by using semi-purified diet, rooster and total collection technique were 1163-4487 and 2864-3487 Kcal/kg DM, respectively. Moreover, it was found that the metabolizable energy values of fish meal and soybean meal were related to their chemical compositions. In addition, the metabolizable energy values of kapok seed meal, cotton seed meal, rice bran, palm seed meal, palm meal and peanut meal determined with the same method as before were 2186-2726, 3398, 1673-2568, 1519-2517, 1543-2263 and 3145-3782 Kcal/Kg DM, respectively. The metabolizable energy values of rice bran and broken rice using pure stuff were 2809-2903 and 3752-3787 Kcal/kg DM.

คำนิยม

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย เลขาธิการ
ประเภททุนพัฒนาศักยภาพบุคคล ประจำปี 2538 มีระยะเวลา 3 ปี ซึ่งในการดำเนินการวิจัยได้รับการ
อนุญาตจากภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระ
จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ให้ใช้สถานที่ทำงานวิจัย เครื่องมือและอุปกรณ์ และขอ
ขอบคุณเจ้าหน้าที่โครงการสำนักบริการและพัฒนาในการดำเนินการดำเนินงานปฐมนิเทศและการเปิด
งาน ของศาสตราจารย์ศรีสุภ จารันทรา เป็นที่ปรึกษาโครงการวิจัย คุณเจริญยา คงฤทธิ (นัก
วิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ และคุณนันทน์ กุลเจริญ นักศึกษา
ปริญญาโทที่ทำการนำผู้ช่วยวิจัย จนทำให้งานวิจัยสำเร็จได้ตามวัตถุประสงค์

การประกอบสูตรอาหารสัตว์ เป็นการเลือกวัตถุดิบต่างๆ ที่เหมาะสม นำมาประกอบเป็นสูตรอาหารให้สัตว์กิน เพื่อให้ได้โภชนาการเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ ปัจจัยที่สำคัญมากที่สุดคือ ปริมาณโปรตีนและพลังงานรวม ในการหาหาปริมาณโปรตีนในอาหารสัตว์สามารถทำได้โดยการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณในวัตถุดิบ โดยวิธีทางเคมี ซึ่งกระทำได้ในห้องปฏิบัติการและใช้เวลาภายในไม่กี่ชั่วโมง ส่วนรับค่าพลังงานในอาหารสัตว์แต่ละชนิดจะมีการประเมินแตกต่างกันไปขึ้นกับระบบที่ขบถำของสัตว์นั้นๆ ในสัตว์ปีกการขบถำของเสียจะออกในอุจจาระเพียงอย่างเดียว ค่าพลังงานที่จะแสดงในอาหารสัตว์สำหรับสัตว์ปีกจะให้เป็นค่าพลังงานใช้ประโยชน์ (Fermentable energy) ซึ่งในการจะประมาณค่าพลังงานจะต้องมีการเก็บข้อมูลจากผลการใช้อาหารของสัตว์ปีก ในช่วงเวลาที่เหมาะสม ซึ่งสิ่งนี้เองเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้การศึกษาเพื่อหาพลังงานไม่ได้รับความสนใจจากนักวิจัยในประเทศไทย การคำนวณสูตรอาหารเพื่อให้ได้พลังงานเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ จึงต้องอาศัยข้อมูลจากต่างประเทศ และบางครั้งมาตรฐานในการยึดเป็นบรรทัดฐานก็จะเปรียบเทียบผลการศึกษากับแต่ละกลุ่มของนักวิจัย จึงไม่อาจเปรียบเทียบได้ นอกจากนั้นวัตถุดิบที่ใช้ประกอบสูตรอาหารสัตว์ที่มีในประเทศไทย และต่างประเทศยังมีความแตกต่างกันการจะใช้ค่าพลังงานของต่างประเทศในบางครั้ง จึงไม่เป็นค่าที่ถูกต้อง อีกทั้งได้มีการศึกษาเพื่อใช้ค่าของโภชนาที่เป็นส่วนประกอบในอาหารสัตว์บางตัวเป็นหลักเพื่อแทนค่าในสมการคำนวณเป็นค่าพลังงาน และได้มีการพัฒนามากขึ้นตามลำดับ ดังนั้นการศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในวัตถุดิบอาหารสัตว์ให้ใช้กันทั่วไปเพื่อเลี้ยงสัตว์ปีกในประเทศไทยจะเป็นการสร้างบรรทัดฐานเดียวกันเพื่อการวิจัย และหาแนวทางที่จะใช้สมการที่เหมาะสมนำมาประเมินค่าพลังงานเพื่อความเร็วและประหยัดอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในวัตถุดิบอาหารสัตว์ในประเทศไทยสำหรับสัตว์ปีก
2. หาเทคนิคที่เหมาะสมในสภาพของไทยในการประมาณค่าพลังงานใช้ประโยชน์ตามประเภทของวัตถุดิบ
3. หาสมการประมาณค่าพลังงานใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมสำหรับวัตถุดิบหลักที่ใช้ทั่วไปในสัตว์ปีก

การตรวจเอกสาร

ระบบพลังงานสำหรับสัตว์ปีกและสุกร

ในการเลี้ยงสุกรและไก่ไม่คำนึงถึงปริมาณพลังงานในอาหารเท่ากับในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เหตุผลที่สำคัญคือ สุกรและไก่ย่อยเยื่อได้น้อยมาก ฉะนั้นอาหารที่ใช้มักมีพลังงานต่างกันไม่มาก มีผู้คิดระบบพลังงานสุกรเพื่อประเมินอาหารสุกรและสัตว์ปีกขึ้นแรก ได้ทำการวัดค่า Starch equivalent ในสุกรเป็นจำนวนมากแต่ไม่ค่อยมีผู้นิยมใช้ สำหรับสัตว์ปีก ได้วัดค่าพลังงานสุทธิขึ้นในอเมริกา โดยใช้วิธีวิเคราะห์จากเปรียบเทียบ (Comparative slaughter method) เพื่อวัดค่าพลังงานที่ใกล้เคียงกับในสุกรได้ ค่าที่ได้เรียกว่า Productive energy value เพื่อเน้นว่าเป็นพลังงานที่เติบโต ไม่ใช่เพื่อการดำรงชีพ ค่านี้ไม่ได้รับความนิยม ทั้งนี้เพราะในอาหารสัตว์ปีกกับอาหารสุกร ประสิทธิภาพการใช้พลังงานใช้ประโยชน์จะค่อนข้างคงที่ ฉะนั้นการใช้พลังงานเมตาโบลิซึมจะได้ผลเช่นเดียวกับการใช้พลังงานสุทธิ หรือ Productive energy และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในสัตว์ปีกหาได้สะดวกเนื่องจากมีข้อมูลและปัสสาวะออกพร้อมกัน (บุญล้อม, 2532)

ความรู้เกี่ยวกับระดับพลังงานในอาหาร มีความสำคัญมากต่อการคำนวณสูตรอาหารสัตว์ปีก โดยที่ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ จะเป็นตัวกำหนดปริมาณค่าสุดของกรดอะมิโน แร่ธาตุ และวิตามิน ในสัตว์ปีกค่าพลังงานใช้ประโยชน์สามารถหาได้ 4 ชนิด ดังนี้

1 พลังงานใช้ประโยชน์ปรากฏ (Apparent metabolizable energy, AME)

เป็นค่าที่แสดงถึงความแตกต่างระหว่างพลังงานในอาหารที่สัตว์กินเข้าไปกับพลังงานในมูล(อุจจาระ+ ปัสสาวะ) ดังสมการ

$$AME/\text{กรัม อาหาร} = (F \times GE) - (E \times GE)$$

Fi

Fi = ปริมาณอาหารที่สัตว์กิน (กรัม)

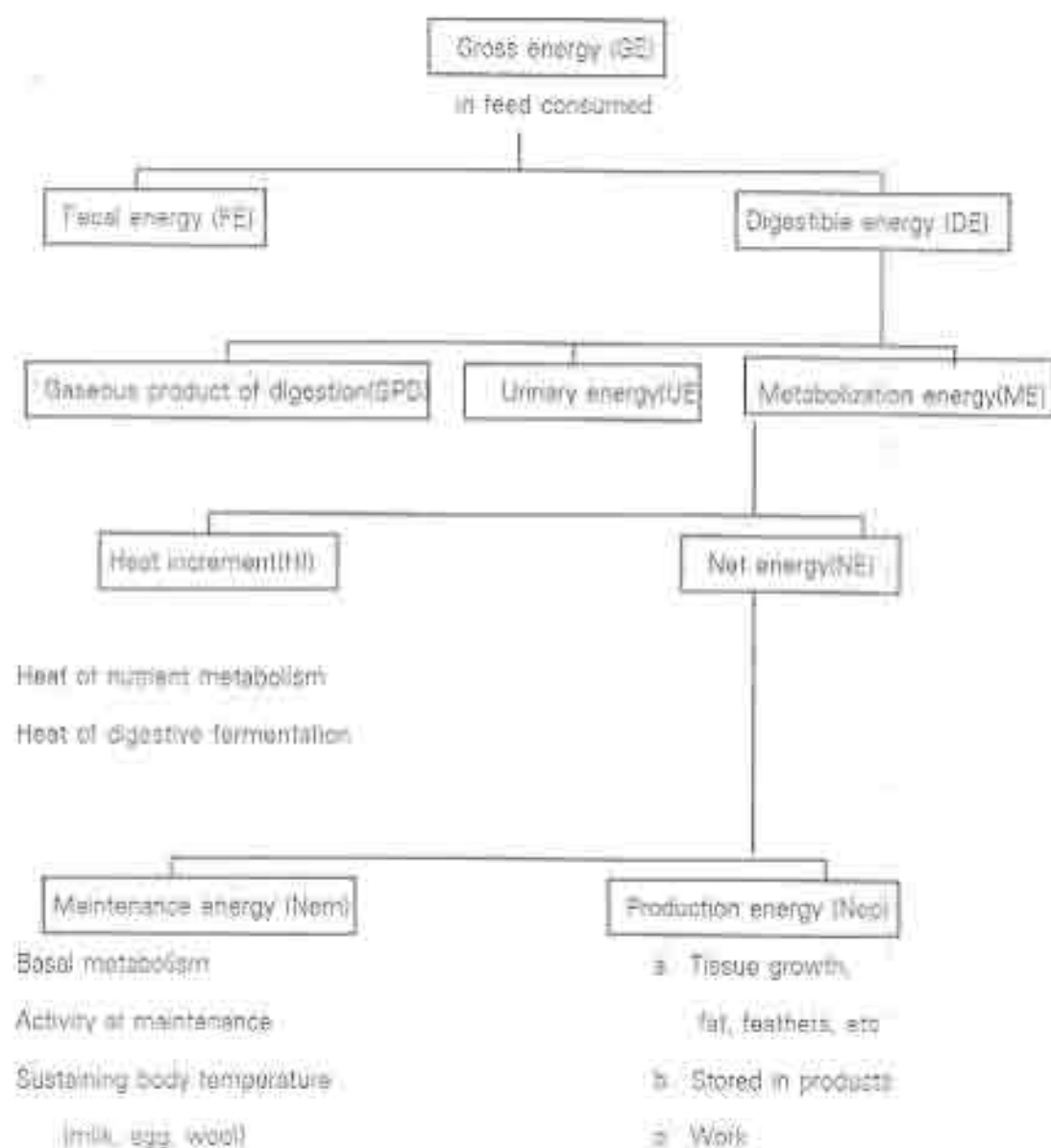
E = ปริมาณมูลที่สัตว์ขับถ่ายออกมา (กรัม)

GE = พลังงานดิบ (Gross energy) ในอาหารต่อกรัม

GEe = พลังงานดิบ ในมูลต่อกรัม

2 พลังงานใช้ประโยชน์ปรากฏ เมื่อปรับสมดุลไนโตรเจนแล้ว (Nitrogen corrected apparent metabolizable energy, AME_N) ค่า AME_N แสดงมาจากค่า AME ลบด้วยค่า AME_N มีการปรับสมดุลของไนโตรเจนในอาหารที่สัตว์กินกับในมูลเพราะไนโตรเจนที่สูญหายไปสัตว์ไม่ได้นำ

ไปใช้ในการสร้างเป็นพลังงาน แต่นำไปใช้ในการซ่อมแซมอวัยวะต่างๆ เช่น ขน เส้น ผิวหนัง เป็นต้น ซึ่ง Sibbald และ Slinger (1963) ได้สร้างสมการที่เกยขึ้นระหว่างค่า AME_n กับ AME_n จากอาหารสัตว์จำนวน 1375 ตัวอย่าง ได้ค่าสมการคือ $AME_n = 0.009 + 0.943 AME$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ 0.995 จากสมการ จะเห็นว่าค่า AME_n จะให้ค่าที่ถูกต้องเพิ่มขึ้นมาอีกเพียงเล็กน้อย แต่เป็นการเพิ่มปริมาณงานขึ้นอีกด้วย



ภาพที่ ๑ : การกระจายของพลังงานในขบวนการของร่างกายสัตว์ (energy distribution)
(ดัดแปลงจาก Crumpton และคณะ 1969)

3. พลังงานใช้ประโยชน์ได้จริง (true metabolizable energy, TME)

เนื่องจากเวลาที่สัตว์ถ่ายจุจาวะ และปัสสาวะ ออกมาจะมีส่วนของน้ำย่อยและเกลือปนมาทำให้สัตว์ออกมาด้วย ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ได้มาจากอาหารโดยตรง ซึ่งค่า TME จึงเป็นการปรับแก้ค่าพลังงานในมูลที่ไม่ได้มาจากอาหารที่กินออกไปเพื่อให้ได้ค่าพลังงานที่แท้จริงโดยต้องมีการศึกษาในสัตว์ที่ให้อาหาร 24 ชั่วโมง เพื่อวัดค่าพลังงานในมูลของสิ่งขับถ่ายที่ไม่ได้มาจากอาหาร ซึ่งจากการศึกษาของ เดชา และคณะ (2537) รายงานว่าค่าพลังงาน TME ของปลาป่น กากถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าวสาลีและโซลัส ในไก่เนื้อสุกผสม เท่ากับ 3460, 3572, 4106, 3330 และ 3532 Kcal/kg (DM) ตามลำดับ

4. พลังงานใช้ประโยชน์ได้จริง เมื่อปรับสมดุลไนโตรเจนแล้ว (nitrogen corrected true metabolizable energy, TME_N)

ค่า TME_N แตกต่างจากค่า TME ตรงที่มีการปรับสมดุลไนโตรเจน เท่านั้นของเดียวกับค่า AME_N และจากการศึกษาของเดชา และคณะ (2537) รายงานว่าค่าพลังงาน TME_N จะต่ำกว่า TME ซึ่งปลาป่น กากถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าวสาลี และโซลัส ในไก่เนื้อสุกผสมเท่ากับ 3006, 2995, 4122, 3320 และ 3030 Kcal/kg (DM) ตามลำดับ ในทางปฏิบัติที่จะคำนวณค่าพลังงานในอาหารสัตว์ จะใช้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ปรากฏ (AME) เท่านั้น เพื่อการคำนวณอาหารสัตว์

หลักการโดยทั่วไปของการทดลองการย่อยได้

1. ทำการคัดเลือกสัตว์ทดลองที่มีอายุ ขนาด และน้ำหนักใกล้เคียงกัน และ ต้องมีสุขภาพที่ดี ไม่ตื่นตกใจง่าย ปฏิบัติตามสัตว์ผู้ใดเค็มที่แฉ่งเพื่อสะดวกในการกินวัสดุ และแยกปัสสาวะไม่ให้ปะปนกับมูลได้ง่าย

2. จำนวนสัตว์ที่ใช้ในการทดลองควรมากกว่า 1 ตัว ทั้งนี้เพราะแม้ว่าจะสัตว์ชนิดเดียวกัน อายุ และเพศเดียวกันก็ตาม แต่มีความสามารถในการย่อยที่แตกต่างกัน การมีจำนวนจำนวนมากจะทำให้ค่าที่ได้มีความแม่นยำยิ่งขึ้น แต่อย่างน้อยไม่ควรต่ำกว่า 4 ตัว สัตว์ที่ทำกรทดลองทุกตัวต้องทำความสะอาด ด้วยพยาธิ และชั่งน้ำหนักก่อนการทดลองและชั่งอีกครั้งหลังการทดลอง นำสัตว์ขึ้นกรง Metabolic cage หรือ Digestive cage และรองจุจาวะและปัสสาวะที่ออกมาด้วยตะแกรงในสัตว์ปีกการหาการย่อยได้เป็นที่ยากในการที่จะต้องแยกมูลและปัสสาวะออกจากกัน จึงต้องอาศัยวิธีการวิเคราะห์โดยอาศัยหลักการที่ว่า ไนโตรเจนในปัสสาวะส่วนใหญ่อยู่ในรูปของกรดยูริก ส่วนไนโตรเจนในมูลส่วนใหญ่อยู่ในรูป Total protein หรืออาจทำได้โดยการผาคัดแยกหอยปัสสาวะออกจากกัน

3.อาหารใช้ในการทดลอง ควรทำการผสมให้ทั่วและเตรียมไว้ให้เพียงพอก่อนเริ่มทำการทดลองเพื่อว่าองค์ประกอบจะได้สม่ำเสมอ อาหารนี้จะต้องใช้อย่างน้อย 1 สัปดาห์ก่อนที่จะทำการเก็บจุลจากระ เพื่อที่ว่าสัตว์จะได้ชินกับอาหารนั้นและในทางเดินอาหารจะได้ไม่มีอาหารเก่าตกค้างอยู่ ระยะนี้เรียกว่า ระยะก่อนการทดลอง จากนั้นจะถึงระยะทดลองจริง ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละช่วงมักเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของสัตว์เช่น ในสุกร และสัตว์ปีก ควรใช้เวลาในแต่ละช่วงนาน 4-7 วัน ส่วนในสัตว์เคี้ยวเอื้องควรใช้เวลา 10-14 วัน

4.การใช้อาหารควรจะใช้เวลาเดียวกันทุกวัน และปริมาณที่ให้สัตว์กินในแต่ละวัน ควรจะให้เหมือนกัน เช่น เมื่อสุดท้ายให้นมากกว่าปกติ มูลที่ขับออกมาอาจมีเวลาออกไปจนถึงระยะเล็กเก็บมูลได้ ทำให้ปริมาณของจุลจากระที่ได้มีน้อยกว่าความเป็นจริง ทำให้ค่าการย่อยได้สูงเกินไป ปริมาณอาหารที่ให้สัตว์กินควรพอดีที่สัตว์จะกินได้หมดเพื่อที่สัตว์จะได้ไม่เลือกกิน

5.การจดบันทึกข้อมูลต่างๆ เช่น อาหารที่กินและมูลที่ขับออกมาทุกวันในระยะการทดลองจริงโดยเฉพาะการทดลองการย่อยได้โดยวิธี Conventional method จำเป็นต้องทราบปริมาณที่แน่นอนของอาหารที่กิน และมูลที่ขับออก

6.มูลที่ได้หลังจากการชั่งน้ำหนักแล้วจะต้องคลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วเก็บไว้เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป ในกรณีของสัตว์ทดลองขนาดเล็ก เช่น หนู หรือไก่ ปริมาณมูลที่ออกมามีน้อยจึงควรเก็บมูลทั้งหมด ส่วนในสัตว์ทดลองระดับกลาง เช่น สุกร แพะ และ วัว เก็บมูลอย่างใดครั้งละ 10 เปอร์เซ็นต์ของมูลที่ขับออกมา สำหรับสัตว์ใหญ่เช่น วัว ควาย อาจเก็บเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ได้ มูลที่เก็บอาจเก็บไว้ในที่เย็นจัด หรือแช่แข็ง เพื่อว่าจะได้ไม่เกิดการสูญเสียของไนโตรเจนโดยการทำปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บ

7.การใช้ Marker เพื่อการเก็บมูล ในการเก็บมูลที่ถ่ายออกมาเนื่องจากทางเดินอาหารที่ต้องการทดสอบในปริมาณที่คงที่นั้น วิธีที่ช่วยในการเก็บมูลให้ง่ายและสะดวกขึ้น ได้แก่ การเติม Marker ครั้งแรกและสิ้นสุดการเก็บมูลเมื่อเห็น Marker ครั้งสุดท้าย Marker ที่นิยมใช้ได้แก่ Carmine, ferric oxide, chromic oxide, dysprosium, radio cerium และ barium sulfate วิธีการเลี้ยงสัตว์ด้วยอาหารผสม Marker นี้จะต้องอาศัยการวัดปริมาณของอาหารที่กินและมูลที่ถ่ายออกมาอย่างถูกต้อง

คุณสมบัติของ Marker มีดังนี้

- 1.ไม่เข้าไปเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาต่างๆของร่างกาย
- 2.ไม่มีส่วนของไอนระของอาหารที่ต้องการทดสอบเป็นองค์ประกอบ
- 3.ไม่ควรกระจายในระบบร่างกายสัตว์มาก

การใช้ indicator ในการเก็บมูล เนื่องจากสัตว์เคี้ยวเอื้องซึ่งมีระบบทางเดินอาหารที่ใหญ่และซับซ้อนกว่า จึงไม่ควรใช้ Marker เพราะการวัดปริมาณมูลที่ถ่ายออกมาให้แน่นอนทำได้ยาก ควรใช้ indicator แทน indicator ที่นิยมใช้ได้แก่ chromic oxide, lignin, silica, chromogum, acid insoluble ฯลฯ และ magnesium ferrite เป็นต้น การหาการย่อยได้ของอาหารโดยการใช้วิธี indicator ไม่จำเป็นต้องวัดปริมาณที่แน่นอนของอาหารที่กินและมูลที่ถ่ายออกมา แต่อาศัยการหาสัดส่วนของความเข้มข้นของสาร indicator ที่มีอยู่ในอาหารที่กินกับที่มีอยู่ในมูลที่ขับถ่ายออกมา คุณสมบัติของ indicator ที่ดีควรมีดังนี้

1. เป็นสารที่สัตว์ย่อยและดูดซึมไม่ได้
2. ไม่มีฤทธิ์หรือผลทำให้ระบบทางเดินอาหารเปลี่ยนแปลง
3. เป็นสารที่เคลื่อนตัวผ่านทางเดินอาหารโดยอัตราเร็วสม่ำเสมอ
4. สามารถวิเคราะห์หาได้โดยวิธีทางเคมี
5. ควรเป็นสารที่เป็นองค์ประกอบตามธรรมชาติ ของอาหารที่ต้องการทดสอบ

ขั้นตอนในการทดสอบการย่อยได้

1. วิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีของอาหารสัตว์ที่ต้องการทดสอบโดยใช้วิธีการวิเคราะห์โดยประมาณ
2. นำอาหารที่ต้องการทดสอบไปเลี้ยงสัตว์ทดลอง โดยให้ในปริมาณที่คงที่และรู้จำนวนที่แน่นอน ดังนั้นจึงต้องมีการบันทึกปริมาณอาหารที่ให้ และปริมาณอาหารที่เหลือเพื่อหาปริมาณอาหารที่กิน
3. เก็บมูลสัตว์ในระยะเวลาที่ให้กินอาหารในปริมาณที่คงที่
4. วิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีของมูลสัตว์ที่เก็บได้โดยใช้วิธีการวิเคราะห์โดยประมาณ (proximate analysis) เช่นกัน
5. ผลต่างระหว่างโภชนาของอาหารที่กินและมูลที่ถ่ายออกมา คือโภชนาที่ย่อยได้

ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยได้

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารนั้น อาหารจะถูกย่อยมาจากเอนไซม์เพียงใด ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมี อาหารบางอย่าง เช่น ข้าวบาเลย์ ซึ่งมีองค์ประกอบค่อนข้างคงที่จะมีการย่อยได้ค่อนข้างคงที่ด้วย อาหารจำพวกพืชสดและพืชหมัก ซึ่งมีองค์ประกอบแปรปรวนจะมีค่าการย่อยได้ต่างกันมาก ปริมาณเยื่อใยในอาหารมีอิทธิพลต่อการย่อยได้มาก โดยเฉพาะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ในอาหารหมักสิ่งที่อยู่ในกรดจะถูกย่อยได้เกือบหมด แต่ผนังเซลล์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสจะถูกย่อยไม่ค่อยได้

2 องค์ประกอบของสูตรอาหาร การย่อยได้ของอาหารไม่ได้ถูกกระทบกระเทือนเนื่องจากองค์ประกอบของตัวมันเองเท่านั้น แต่ยังถูกกระทบกระเทือนเนื่องจากองค์ประกอบของอาหารที่ให้อาหารด้วย คือ อาหารชนิดหนึ่งอาจมีผลต่อการย่อยได้ของอาหารอีกชนิดหนึ่ง (association effect) ในกรณีเฉพาะเดียวการย่อยส่วนใหญ่เกิดจากเอนไซม์ของตัวมันเอง จุลินทรีย์มีส่วนเกี่ยวข้องน้อย ส่วนประกอบของอาหารยกเว้นเยื่อใย ไม่มีผลต่อการย่อยได้ของโภชนาอื่น

3 การเตรียมอาหาร การให้อาหารที่เป็นเม็ดอัดขึ้น เช่น ข้าวโพด ควรทำให้แตกเป็นเสี่ยงๆ เสียก่อนจึงจะย่อยได้ดีขึ้น การทรีต (treat) อาหารด้วยสารเคมีอาจช่วยให้การเกาะกัน (bond) ของ ลิกนินที่หุ้มเซลล์ลูไลสอยู่แตกออกทำให้โภชนาถูกย่อยได้ดีขึ้น เช่น การเอาฟางมาแช่ในด่าง 2-5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1-2 วัน แล้วล้างเพื่อชำระล้างออก การผ่านความร้อน เช่น ต้ม นึ่ง มีผลทำให้การย่อยได้ดีขึ้นเล็กน้อย ยกเว้นโปรตีนจากพืชบางอย่างจำเป็นต้องผ่านความร้อนจึงทำให้การย่อยได้ดีขึ้น เช่น ถั่วเหลือง เป็นต้น ทั้งนี้เพราะความร้อนไปทำลายตัวยับยั้งการย่อยได้ เช่น trypsin inhibitor ที่มีอยู่ในอาหารนั้นอย่างใดก็ตามถ้าความร้อนมากเกินไป อาจทำให้ -amino group ของโปรตีนไปทำปฏิกิริยากับ carboxyl group ของน้ำตาล ทำให้ย่อยไม่ได้

4 ชนิดของสัตว์ โดยปกติการย่อยได้มักจะขึ้นกับคุณสมบัติของสัตว์นั้นมากกว่าตัวผู้บริโภคนั้นแต่เราไม่สามารถกล่าวได้ว่าอาหารชนิดเดียวกัน เมื่อให้สัตว์ต่างชนิดกันกินเข้าไปแล้วจะย่อยได้เท่ากัน บ้างก็จากสัตว์ที่สำคัญที่สุดคือ species อาหารที่มีเยื่อใยต่ำจะถูกย่อยได้ดีทั้งในสัตว์กระเพาะเดี่ยวและสัตว์เคี้ยวเอื้อง แต่พวกที่มีเยื่อใยสูงนั้น สัตว์เคี้ยวเอื้องจะย่อยได้ดีกว่า (ศรีสกุล, 2537) ในข้าวโพดมีอัตราค่าการย่อยได้เฉลี่ยของโปรตีนสูงสุดในโกสิด 81 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งมีค่าต่ำสุดในสัตว์เคี้ยวเอื้องคือ 74 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราค่าการย่อยได้เฉลี่ยของไขมันสูงสุดในสัตว์เคี้ยวเอื้องคือ 83 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งต่ำสุดในสุกรคือ 64 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารเยื่อใยนั้นในโกสิดและสุกร ไม่มีผลกระทบหลายส่วนเหมือนสัตว์เคี้ยวเอื้อง และไม่มีแบคทีเรียในการช่วยย่อยสารเยื่อใย ดังนั้นสัตว์เคี้ยวเอื้องจึงมีประสิทธิภาพในการย่อยอาหารที่มีสารเยื่อใยสูงได้มากกว่าโกสิดและสุกร เช่น สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถย่อยเยื่อใยได้ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสัตว์เคี้ยวเอื้องย่อยสารเยื่อใยได้ถึง 65-80 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีแบคทีเรียที่ช่วยย่อยอาหารเยื่อใย เป็นการเสริมจากการย่อยด้วยน้ำย่อยแล้วก็ตาม แต่ยังมีสารเยื่อใยเหลือตกค้างจากการย่อยอยู่มากในระบบทางเดินอาหาร

5 ขนาดของอนุภาค ขนาดการเตรียมอาหารขนาดและสภาพการรับมีอิทธิพลต่อการย่อยได้ของโภชนา ขบวนการดังกล่าวเช่น การบด การแช่น้ำ การแช่ค้าง เป็นต้น ซึ่งล้วนแต่มีผลต่อการย่อยได้ทั้งสิ้น ขนาดของอนุภาคจึงมีอิทธิพลต่อการย่อยได้ของสัตว์ สัตว์เคี้ยวเอื้องไม่ได้เคี้ยวอาหารได้ละเอียดเล็กลงไป ดังนั้นพวกเมล็ดพืชที่บดแล้วย่อมถูกย่อยได้เร็วกว่าธัญพืชทั้งเมล็ด เพราะเมล็ดธัญพืชมีเปลือกหุ้มเมล็ดค่อนข้างแข็งและมีเยื่อใยสูง เช่น เมล็ดข้าวฟ่าง ข้าวโพด

ข้าว เป็นสิ้น การบดเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของอาหาร ช่วยให้น้ำย่อยแทรกซึมเข้าไปได้ง่ายทั้งอาหารจึงย่อยได้เพิ่มขึ้น

๖.ระดับอาหาร การที่สัตว์กินอาหารเพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการผ่านไปในทางเดินอาหารเร็วขึ้น อาหารจะมีโอกาสสัมผัสกับน้ำย่อยเป็นเวลาสั้นลง ทำให้มันถูกย่อยได้น้อยลง แม้ว่าเมื่ออาหารถูกขับออกในอัตราเร็วขึ้น จะทำให้สูญเสีย metabolic faecal substance คือหน่วยอาหารลดลงก็ตาม แต่การสูญเสียนี้ยังน้อยกว่าการย่อยได้ที่ลดลง เนื่องจากอาหารผ่านทางเดินอาหารเร็วขึ้น ผลอันนี้ไม่เด่นชัดในสัตว์กระเพาะเดี่ยว แต่จะเห็นชัดเจนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

๗.ความสามารถของอาหารเมื่อให้สัตว์กิน อาหารแบบเต็มที่มีค่าแปรผันจาก 69.2 เปอร์เซ็นต์ ไปจนถึง 78.3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อให้สัตว์กินอาหารแบบจำกัดในสัตว์เคี้ยวเอื้อง อาหารที่สัตว์กินส่วนมากถูกนำไปใช้เพื่อการดำรงชีวิตเสียก่อน ส่วนที่เหลือจะถูกนำไปใช้ในการสร้างผลผลิต ดังนั้นการให้อาหารแบบกินเต็มที่ หรือเกือบเต็มที่ จะมีประสิทธิภาพ หรือเหมาะสมมากกว่า การให้อาหารแบบกินจำกัด จะทำให้อาหารมีการย่อยได้ดีกว่าก็ตาม แต่อาจทำให้ได้รับสารอาหารไม่เพียงพอที่จะนำไปสร้างผลผลิต (ศรีสกุล, 2537)

๘.สภาพหรือสภาวะของสัตว์แต่ละตัว ในไก่ที่กำลังให้ไข่มีอัตราการย่อยได้ของอาหารที่รวดเร็วกว่าไก่ไม่ให้ไข่ หรือไก่ที่กกไข่จะมีอัตราการย่อยได้ของอาหารช้ากว่าไก่ที่ไม่ได้กกไข่

การประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในสัตว์ปีก

วิธีการนำค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์มาหาค่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ปีกโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้มาจากรายงานของ Farrell และ Amundson (1985) มีขั้นตอนดังนี้

การฝึกไก่

วิธีการนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการฝึกไก่โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แยกเล็องเดียวในกรณีรับหาวพลังงาน เช่น มีที่ให้น้ำและอาหาร สำหรับการเก็บค่าปริมาณอาหารที่กิน และการเก็บมูลอย่างสมบูรณ์ อุณหภูมิห้องทดลองประมาณ 20 องศาเซลเซียส ใช้ไก่ลูกผสม White leghorn X Australorp ได้เต็มวัย น้ำหนัก 2.0-2.5 กิโลกรัม ได้แนะนำว่า ปริมาณอาหารที่กินจะสัมพันธ์กับไก่โดยจะต้องปรับให้สอดคล้องกับพันธุ์ และน้ำหนักในตัวไก่ชนิด (พันธุ์) อื่นๆ ในการเตรียมไก่ทดลองไก่จะต้องถูกอดช่วงเวลาในการกินอาหาร ใน 1-2 สัปดาห์ การทดลองใช้เวลา 4 ชั่วโมงทุกๆ 3-4 วัน เมื่อการให้น้ำในแต่ละวันลดลงถึงระดับจำกัด คือ 4 ชั่วโมง ก็จะได้ค่าปริมาณอาหารที่กิน ที่แท้จริง เมื่อไก่กินอาหารได้ 70-100 กรัม ในเวลา 4 ชั่วโมง ก็จะปรับให้ได้อีก 3 ชั่วโมง เมื่อไก่ตัวใดไม่สามารถกินได้ 70-100 กรัม ก็จะคัดออกจะต้องทำการปรับจนกระทั่งใช้เวลาในการกิน 1 ชั่วโมง ซึ่งต้องใช้เวลานานหลายสัปดาห์

วิธีการทดสอบวัตถุดิบ

1. ใช้อาหารมาตรฐานที่มีไขมันต่ำ 99 เปอร์เซ็นต์ และ กระดูกใน 1 เปอร์เซ็นต์ และมีวิตามิน แมกนีเซียม ควรจัดเตรียมอาหารจะใช้วัตถุดิบอื่นแทนในอาหารทดสอบหลัก (control diets) ได้ โดยการปรับเปลี่ยนให้กลายเป็นอาหารที่ง่าย ๆ มีเนื้อไขมันต่ำมีอัตราการเคลื่อนไหวผ่านระบบทางเดินอาหารเร็วให้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมงที่จะทำให้ทางเดินอาหารปราศจากวัตถุดิบเดิม
2. ไบโกลิงค์ได้รับอาหารมาตรฐานอยู่เมื่อต้องการทดสอบต้องอดอาหาร 32 ชั่วโมงก่อน ซึ่งนำหนักอาหารก่อนให้และรองแผ่นพลาสติกเก็บมูลไว้ใต้กรงได้ได้รับอาหารในปริมาณที่คงที่ คือ 65-100 กรัม ซึ่งปริมาณนี้จะเหมาะสมกับความจุปกติแต่ถ้าไม่ได้ทำการทดลองควรให้มากกว่า คือ ประมาณ 120 กรัม
3. การเก็บมูลใช้เวลา 42 ชั่วโมง ซึ่งในการทดลองเวลานี้จะมากพอสำหรับวัตถุดิบถึง 99 เปอร์เซ็นต์ อาหารที่มีเนื้อไขมันสูง เช่น Mucome อาจใช้เวลานานกว่า 48 ชั่วโมง ในการเก็บมูล
4. ถ้าเก็บมูลซึ่งมีการร่งน้ำหนักแผ่นพลาสติกก่อนแล้วจะถูกย้ายตำแหน่งหลังจากให้อาหาร และให้ตรวจสอบการสำรอกของอาหาร 2 ครั้ง ระหว่าง 42 ชั่วโมง ค่อยๆนั้น และเมื่อมีขนและสิ่งปนเปื้อนที่นำออกไปแล้ว ในตอนสุดท้ายของช่วง ถ้าจะถูกถ่ายออก และไก่จะได้รับอาหารทดสอบชิ้นทันที หรือ กลับไปกินอาหารมาตรฐานเหมือนเดิม
5. มูลที่เก็บได้จากแผ่นพลาสติก จะต้องตรวจสอบเอาสิ่งปนเปื้อนออก และอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส โดยปกติเมื่อเอาแผ่นพลาสติกออกจากกรง จะแผ่อยู่บนตะแกรงลวด ถ้ามูลเปียกมากแผ่นพลาสติกจะถูกใส่ไว้ในตู้อบ ทำการไล่ความชื้นออกจากมูล ปกติ 24 ชั่วโมงในเตาอบ แต่ถ้ามูลเปียกมาก อาจใช้เวลา 48 ชั่วโมง แต่ถ้ามีการสำรอกอาหารออกมา มูลนี้ก็จะไม่ใช่คือถูกทิ้งไป
6. ขยายมูลแห้ง และแผ่นพลาสติกออกจากเตาอบ และปล่อยให้ปรับสมดุลความชื้นกับสภาพแวดล้อม ซึ่งปกติใช้เวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งอาจขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศด้วย แล้วจึงนำหนักมูล และแผ่นพลาสติก น้ำหนักของมูลจะถูกนำมาคำนวณ ผลรวม และเก็บมูลไว้สำหรับหาค่าพลังงาน
7. ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของอาหารมาตรฐานจะถูกตรวจวัดอย่างน้อย 2 ครั้ง เมื่อมีการผสมอาหารครั้งใหม่ ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ครั้งหลังสุดของอาหารมาตรฐาน จะถูกใช้ในหลายๆการคำนวณ แต่ถ้าหากค่าที่ได้ไม่ใกล้เคียงกับค่าก่อนหน้านี้ของอาหารนั้นๆ
8. การหาค่าพลังงานทั้งในอาหาร และในมูลจะทำ 2 ครั้ง (ครั้ง) แต่ถ้าหากต้องการผลการตรวจสอบรวดเร็ว ตัวอย่างมูลอาจเผาทดสอบเพียงครั้งเดียวได้ แต่ถ้าหากค่าที่ได้ไม่ใกล้เคียง กับค่าของมูลอื่นๆก็ทำซ้ำอีก 1 ครั้ง เพราะว่าค่าวัตถุแห้งของวัตถุดิบที่ทดสอบอาหารมาตรฐานและ

อาหารผสมนั้นทราบแล้วการหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ที่วัดได้ทั้ง และที่ขณะให้ (ละ ๒) สามารถทำได้ตามปกติ

การเตรียมอาหารทดสอบ

1. ตัวอย่างของวัตถุดิบอาหารทดสอบ อาหารมาตรฐาน และอาหารทดสอบขั้นสุดท้ายถูกทำให้แห้งที่ 70 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง วิธีการนี้ส่วนที่ผสมจริง (เปอร์เซ็นต์) ของอาหารขั้นสุดท้ายที่ได้ในลักษณะธรรมชาติของวัตถุดิบ (as fed) จะใช้ในการคำนวณค่าพลังงานของวัตถุดิบทดสอบ และแสดงข้อมูลในลักษณะของวัตถุดิบแห้ง และอาจจำเป็นต้องเติมน้ำลงไปเล็กน้อยในส่วนผสมก่อนการอัดเม็ด

2. วัตถุดิบพวกบดแล้ว (milled) ที่นำมาทดสอบต้องผสมกับอาหารมาตรฐานในปริมาณเท่ากัน (วัตถุดิบแห้ง) แล้วอัดเม็ด สารที่แท้จริงไม่สามารถคิดค้นได้จนกว่าวัตถุดิบแห้งจะถูกวัดค่ากับวัตถุดิบทดสอบและอาหารมาตรฐาน สัดส่วนที่แท้จริงจะใช้ในการคำนวณค่าพลังงานของ 2 ส่วนอาหารผสมถูกอัดเม็ดให้เหมือนกับกับอาหารไก่ไข่ ยกเว้น คือ พวกอาหารธัญพืช เช่น ข้าวสาลี เพราะมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ต่ำ พวกนี้จะถูกบด และให้ได้ทั้ง 100 เปอร์เซ็นต์ หรืออาหารทดสอบ จำเป็นต้องหาค่าโคเออร์เรเลชันของธัญพืช วัตถุดิบบางชนิด เช่น เลือดปลา ก็ไม่เป็นที่ยอมรับนัก และมีวิธีการอย่างหนึ่งสำหรับวัตถุดิบเหล่านี้คือ ใช้วัตถุดิบนี้รวมไป ๕0 เปอร์เซ็นต์ หรือร้อยละกว่าในอาหารทดสอบ ใช้โคเออร์เรเลชันที่มากกว่าปกติคือมากกว่า 6 ตัวต่อ 1 percent

วิธีการหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์

สัตว์ปีกทดลอง

การหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์จากกฎ (AME) ดำเนินสัตว์ปีกนิยมใช้ไปเมื่อเป็นตัวแทนของสัตว์ปีกทั่วไป โดยจากรายงานของ Mollah และคณะ (1983) ซึ่งได้ใช้เป็นวิธีการมาตรฐานของภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยซิดนีย์ ประเทศออสเตรเลีย จะใช้ไก่เนื้ออายุตั้งแต่ 3 สัปดาห์ขึ้นไป ในขณะที่ Fairrell (1978, 1980) ได้ใช้ไก่ตัวผู้พันธุ์ไฮโดเคมวีย์ น้ำหนักระหว่าง 2-2.5 กิโลกรัม เป็นสัตว์ตัวแทน โดยมีจุดประสงค์จะลดค่าใช้จ่ายในภาคลี้ยงไก่ทดแทน เพราะไก่ตัวผู้พันธุ์ไฮโดเคมวีย์แล้ว จะมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวได้ช้า จึงสามารถใช้ในการศึกษาได้หลายครั้ง โดยที่จำนวนไก่ที่จะใช้จะจัดไว้ ๖-10 ตัวต่อซ้ำ และจะมีการจัดไก่เป็น 4 ซ้ำ ในแต่ละวัตถุดิบที่จะศึกษา

อาหารทดลอง

อาหารที่จะใช้ในการทดลองโดยทั่วไปจะต้องใช้วัตถุดิบที่บริสุทธิ์ และรู้ค่าโภชนาณโดยเฉพาะโปรตีน และพลังงานที่แน่นอน เมื่อประกอบเป็นสูตรอาหารแล้วจะต้องมีโภชนาณเพียงพอแก่ความต้องการของสัตว์ในระยะนั้นๆ ด้วย ดังตัวอย่างของสูตรอาหาร ที่ใช้ในงานของภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยศรีนครินทร ซึ่งได้เสนอโดย A.P.J.A. (1986) ดังต่อไปนี้

	กรัม/กิโลกรัม
แป้งข้าวโพด (Ground maize)	800
เคซีน (Casein, HCl-treated globular)	133
โคเลสเตอรอลฟอสเฟต	26
แคลเซียมคาร์บอเนต	11
ซีโลต์ (Celito)	20
วิตามิน/แร่ธาตุ	10
รวม	1,000 กรัม

จะเห็นได้ว่าแป้งข้าวโพด จะใช้เป็นแหล่งให้พลังงาน และเคซีนเป็นแหล่งให้โปรตีน ถ้าต้องการที่จะศึกษาค่าพลังงานให้ประโยชน์ของวัตถุดิบใดๆ ก็ตามให้แทนที่ในส่วนของข้าวโพด ดังเช่นตัวอย่างการแทนที่ของวัตถุดิบที่มีโปรตีนปริมาณต่างๆ กัน

1. วัตถุดิบที่มีโปรตีนต่ำ (มีโปรตีนระหว่าง 30-55%)

ใช้วัตถุดิบ	400 กรัม/กิโลกรัม
ใช้แป้งข้าวโพด	633 กรัม/กิโลกรัม

2. วัตถุดิบที่มีโปรตีนปานกลาง (มีโปรตีน 55-70%)

ใช้วัตถุดิบ	300 กรัม/กิโลกรัม
ใช้แป้งข้าวโพด	633 กรัม/กิโลกรัม

3. วัตถุดิบที่มีโปรตีนสูง (มีโปรตีนมากกว่า 70%)

ใช้วัตถุดิบ	250 กรัม/กิโลกรัม
ใช้แป้งข้าวโพด	633 กรัม/กิโลกรัม

โดยที่เคซีนจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่มีการลดส่วนของแคลเซียมและฟอสฟอรัสให้เท่ากับ 1.67 อาหารผสมควรจะผ่านการอัดเม็ด เพื่อให้การให้ประโยชน์ของอาหารดีขึ้น

การเก็บข้อมูล

เลี้ยงไก่ด้วยอาหารที่ควบคุมอย่างน้อย 4 วัน ก่อนที่จะทำการเก็บข้อมูล โดยการเก็บทั้งหมด (Total collection) เป็นเวลา 3 วัน โดยจะเก็บมูลทุกวัน และอบ 24 ชั่วโมง ในตู้อบอุณหภูมิ 80 °C นำมูลที่แห้งไปผึ่งอากาศอย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อปรับความชื้น แล้วนำไปบดในตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร ทำนองเดียวกับกับอาหาร จากนั้นจึงทำการหาพลังงานดิบ (GE) ในอาหาร และมูลด้วย bomb calorimeter มีสารเบนโซอิก เป็นตัวเทียบมาตรฐานค่าพลังงานดิบที่วัดได้ และปริมาณน้ำหมักมูล และอาหารที่เก็บได้จะนำไปแทนค่าในสูตรต่อไป

การประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ปรากฏโดยสมการรีเกรซชัน

สมการทำนายค่า AME ในอาหารสัตว์ปีกได้มีการพัฒนาให้มีความแม่นยำเพิ่มขึ้นมากกว่าครึ่งศตวรรษแล้ว โดยจะใช้สมการรีเกรซชันมาคำนวณจากส่วนประกอบต่างๆ ที่วิเคราะห์ได้จากห้องปฏิบัติการของวัตถุดิบนั้นๆ ประกอบด้วยไขมัน โปรตีน เวย์ น้ำตาล ดังตัวอย่างสมการทำนายค่า AME ในข้าวสาลี โดย Fisher (1969) ดังนี้

$$AME = 5.699 + 35.3 \text{ ไขมัน} + 13.8 \text{ โปรตีน} + 10.7 \text{ เวย์} + 30.8 \text{ น้ำตาล}$$

แต่จากการศึกษาพบว่า ไม่มีสมการใดที่สามารถเป็นตัวแทนของวัตถุดิบทุกชนิดได้ แต่จะใกล้เคียงกับกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง ถ้าได้มีการศึกษาเพื่อจัดกลุ่มวัตถุดิบ และสมการสำหรับกลุ่มนั้นๆ อาจจะสะดวกกว่าการใช้สูตรทดลอง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสัตว์ทดสอบ

1. ไก่อุณโณเพศผู้ มีอายุเมื่อเริ่มทดสอบประมาณ 6 เดือน น้ำหนักตัวประมาณ 2.0-2.5 กิโลกรัม เลี้ยงด้วยอาหารผสม มีโปรตีนประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ ให้กินเต็มที่มีกินตลอดเวลา เลี้ยงไม่ทอดสอบกระทั่ง 1 ตัว ใช้ไก่ 8-10 ตัว ต่อวัดดูดิบแต่ละชุด

2. ไก่เนื้อ มีอายุ 6-8 สัปดาห์ เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ ให้กินเต็มที่มีกินตลอดเวลา เลี้ยงไม่ทอดสอบกระทั่ง 1 ตัว ใช้ไก่ 8-10 ตัว ต่อวัดดูดิบแต่ละชุด

ในการเลี้ยงดูจะให้อาหารกินเต็มที่ ยกเว้นไก่ที่จำกัดอาหาร 1 ชั่วโมง ซึ่งจะให้กินตามเวลาที่กำหนด แหล่งสว่างจะให้ตลอดในเวลากลางคืน

ทรงไก่ทดสอบจะมีภาชนะในอาหารด้านหน้ากรงและวางให้น้ำด้านหลังกรง รอบกรงกรุด้วยอะลูมิเนียมแผ่นสูง 30 เซนติเมตรเพื่อป้องกัน การกระจ่ายของมูล ด้านล่างกรงมีภาชนะแบบเลต ขอบสูง 1.5 นิ้ว วางต่ำจากพื้นกรง 15 เซนติเมตร เพาะแต่ละกรง เพื่อรองรับมูล แสดงในภาพผนวก

การเตรียมอาหารผสม

การเตรียมอาหารผสมเพื่อทดสอบพลังงานในปลาป่น อาหารผสมที่ใช้เลี้ยงจะมีโปรตีนรวมประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ โดยมีส่วนผสม คือ ปลาป่น, แป้งข้าวโพด, วิตามิน-แร่ธาตุ (Premix) ในสัดส่วนของวัดดูดิบแตกต่างกันเล็กน้อย แต่ตามระดับโปรตีนของปลาป่นที่วิเคราะห์ได้

การเตรียมอาหารผสมเพื่อทดสอบพลังงานในกากถั่วเหลือง ประกอบด้วยกากถั่วเหลือง, เคซีน, แป้งข้าวโพด, ไดแคลเซียมฟอสเฟต (DCP) และวิตามิน-แร่ธาตุ ตามระดับโปรตีนที่วิเคราะห์ได้

การเตรียมอาหารผสมเพื่อทดสอบพลังงานในวัตถุดิบบางชนิด ได้แก่ กากเมล็ดถั่ว, กากเมล็ดถั่วเหลือง, รำสับ และกากถั่วลิสง ประกอบด้วยวัตถุดิบที่จะทดสอบ, แป้งข้าวโพด, หางนมผง, เกลือ, ไดแคลเซียมฟอสเฟต และวิตามิน-แร่ธาตุ

การผสมอาหาร

นำอาหารผสมไปอัดเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ด เครื่องบดเนื้อ แสดงในภาพผนวก ซึ่งจะต้องเติมน้ำสะอาดเพื่อให้อาหารมีความชื้นพอประมาณ อัดเป็นเม็ดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ

3-4 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร ใส่อาหารสัตว์เม็ดในถาดแล้วอบในตู้อบด้วยอุณหภูมิประมาณ 55-65 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง

การทดสอบและการเก็บข้อมูล

ซึ่งอาหารทดสอบแต่ละตัวอย่าง ให้ไก่ตัวละประมาณ 200 กรัม (150-200 กรัม) และบันทึกปริมาณอาหารที่ให้ ในวันต่อมาเวลาเดียวกัน ซึ่งอาหารที่เหลือเพื่อคำนวณปริมาณที่กินแต่ละวัน เมื่อไก่กินอาหารได้เกือบใกล้เคียงกัน หรือคงที่ทุกวัน (3-4 วัน) จะเริ่มใส่ถาดรองรับมูลที่สะอาด เพื่อเก็บข้อมูลแต่ละวัน เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ให้เปลี่ยนถาดรองมูลแล้วนำพาเข้าตู้อบหรือเปลี่ยนถาดใส่ถาดขนาดเล็ก เพื่อประหยัดพื้นที่ในตู้อบ และต้องทำการคัดสิ่งแปลกปลอมคือขน เก็ด็ด ออกจากมูลก่อนอบ อบนาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส จากนั้นเก็บรวบรวมมูล จำนวนอย่างน้อย 3 วัน เมื่อได้รับให้สัมผัสความชื้นแล้วอย่างน้อย 1 คืน ซึ่งนำหมักมูลที่เก็บไว้ แล้วเก็บในห้องเย็นระหว่างการวิเคราะห์ต่อไป

ทางวิเคราะห์พลังงานในมูลและอาหารทดสอบ

การวิเคราะห์หาพลังงานโดยใช้ Ballistic Bomb Calorimeter (แสดงในภาพผนวก)

วิธีวิเคราะห์

1. บุคตัวอย่างน้ำหนักประมาณ 20 mg
2. ซึ่งอาหารใส่ในถ้วย 1 กรัม แล้วอัดให้แน่น
3. วางถ้วยบน support pillar ของฐาน bomb
4. ใช้ firing cotton ยาว 5 ซม. ผูกที่ coil ของ firing wire ให้สัมผัสตรงกลางตัว

อาหาร

5. สกรว scaling ring ก่อนจะนำ bomb body เข้าสวมแล้วหมุนให้แน่น
6. เสียบ Thermocouple wire ตรงจุดบน bomb body
7. มีด pressure release valve แล้วเปิดแก๊สออกซิเจน เข้าเครื่อง bomb โดยหมุน

ปุ่ม control box ประมาณ 1/4 รอบ จนความดันได้ 25 atmosphere ภายในเวลา 20 วินาที จึงปิดปุ่มแก๊สเข้าเครื่อง

8. ปรับเครื่อง galvanometer ให้อยู่ที่ศูนย์นาน 30 วินาที เพื่อให้อุณหภูมิคงที่
9. กด firing button เพื่อเผา, อ่านค่า galvanometer ที่บอกค่าสูงสุด
10. ปิดอยแก๊สที่เหลือจาก bomb body แล้วกด bomb body รุนน้ำเย็น ล้างน้ำ 2-

3 ครั้ง เช็ดให้แห้ง

วิธี standardize เครื่องมือ

เพื่อแก้ความผิดพลาดจากอุณหภูมิที่ได้จาก firing option และ firing current ในการ bomb ด้วยเปล้า ไม่มีตัวอย่างอาหารแล้วอ่านค่า galvanometer

วิธีวิเคราะห์ Standard sample

ทำเหมือนตัวอย่างอาหารแต่ใช้ Benzoic acid แทนใบปริมาณ 0.7 กรัม

การคำนวณค่าพลังงาน

น้ำหนัก Benzoic acid	= W กรัม
Calorific value of Benzoic acid	= 6.32 Kcal/g
ค่า galvanometer ของเปล้า	= G_1
ค่า galvanometer ของ Benzoic acid	= G_2
∴ ค่า Calibration constant (Y)	= $\frac{6.32 \cdot W}{G_2 - G_1}$ Kcal
น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่วิเคราะห์	= Z กรัม
ค่า galvanometer ของตัวอย่าง	= G_3
∴ ค่าพลังงานของตัวอย่าง	= $\frac{(G_3 - G_1) \cdot Y}{Z}$ Kcal/g

การคำนวณค่าพลังงานใช้ประโยชน์

1. คำนวณค่าพลังงานใช้ประโยชน์ด้วยวิธี Total collection

1.1 คำนวณค่าพลังงานใช้ประโยชน์ปรากฏ (AME)

$$\text{AME/กรัม อาหาร} = \frac{(F_i \times GE_e) - (E \times GE_e)}{F_i}$$

F_i = ปริมาณอาหารที่สัตว์กิน (กรัม)

E = ปริมาณมูลที่สัตว์ขับถ่ายออกมา (กรัม)

GE_f = พลังงานดิบ (Gross energy) ในอาหารต่อกรัม

GE_e = พลังงานดิบ ในมูลสัตว์ต่อกรัม

1.2. คำนวณค่าพลังงานใช้ประโยชน์ปรากฏเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน

(AME_n)

$$\text{AME}_n / \text{กรัม อาหาร} = \frac{(\text{Fi} \times \text{GeFi}) - (\text{E} \times \text{GEE}) - (\text{NR} \times k)}{k}$$

$$\text{NR} = (\text{Fi} \times \text{GeFi}) - (\text{E} \times \text{No})$$

NI = ปริมาณไนโตรเจนต่ออาหาร 1 กรัม

Ne = ปริมาณไนโตรเจนต่อมูลสัตว์ 1 กรัม

k = ค่าคงที่ คือ 8.21 Kcal/g ไนโตรเจน

1.3. คำนวณค่าพลังงานใช้ประโยชน์แท้จริง (TME)

$$\text{TME} / \text{กรัม อาหาร} = \frac{(\text{Fi} \times \text{GeFi}) - (\text{E} \times \text{GEE}) + (\text{Fem} + \text{Uee})}{k}$$

Fem + Uee = พลังงานในมูลไก่ที่ออกอาหาร

1.4. คำนวณค่าพลังงานใช้ประโยชน์แท้จริงเมื่อปรับสมดุลไนโตรเจน

(TME_n)

$$\text{TME}_n / \text{กรัม อาหาร} = \frac{(\text{Fi} \times \text{GeFi}) - (\text{E} \times \text{GEE}) - (\text{NR} \times k) + (\text{Fem} + \text{Uee}) - (\text{Nro} \times k)}{k}$$

NR = Nitrogen Retention ในไก่ที่ได้รับอาหาร

Nro = Nitrogen Retention ในไก่ที่ออกอาหาร

2. คำนวณค่าพลังงานใช้ประโยชน์ ด้วยวิธี Indicator

AME = พลังงานดิบในอาหาร : (% $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2$ ในอาหาร X พลังงานดิบในมูล : % $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2$ ในมูล)

การบันทึกข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. การบันทึกข้อมูล บันทึกข้อมูลและแปลงข้อมูลใน spread sheet ของ EXCEL

2. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยโปรแกรม SAS เพื่อทดสอบค่าสหสัมพันธ์

(correlation coefficient) และสร้างสมการทำนายค่าพลังงานใช้ประโยชน์ (equation) และได้ทดสอบ

หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองโดยใช้ Duncan's new multiple range test

วิธีการและผลการศึกษา

1. แผนการศึกษาที่ 1 การศึกษาเทคนิคที่เหมาะสมในการวัดค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในสัตว์ปีก

1.1 การศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์จากการใช้ไก่กระต่ายอายุ 6 สัปดาห์ และ การใช้ไก่รุ่นเพศผู้โตเต็มวัยด้วยวิธี Total collection และ Indicator ในอาหารกึ่งบริสุทธิ์ (semi-purified diet)

ตารางที่ 1 แสดงการจัดกลุ่มทดสอบ

กลุ่มทดลอง	ประเภทไก่	อาหารทดสอบ
T1	ไก่เนื้อ	Skim milk + Dextrose
T2	ไก่เนื้อ	Skim milk + Dextrose + Cr_2O_3
T3	ไก่เนื้อ	Casein + Cornflour
T4	ไก่เนื้อ	Casein + Cornflour + Cr_2O_3
T5	ไก่ตัวผู้	Skim milk + Dextrose
T6	ไก่ตัวผู้	Skim milk + Dextrose + Cr_2O_3
T7	ไก่ตัวผู้	Casein + Cornflour
T8	ไก่ตัวผู้	Casein + Cornflour + Cr_2O_3

ไก่ทดสอบ

ใช้ไก่เนื้อคณะแพศ อายุ 6 สัปดาห์ และไก่เพศผู้โตเต็มวัย 6 ตัวต่อชนิดของอาหารรวมใช้ไก่ทั้งหมด 40 ตัว

สูตรอาหารที่ใช้ทดสอบ

สูตรที่ 1 สำหรับใช้ทดสอบในกลุ่ม T1 และ T5

Dextrose	44.3%
หางนมผง	30.0%
กากถั่วเหลือง (44% CP)	25.0%
วิตามิน-แร่ธาตุ	0.5%

สูตรที่ 2 สำหรับใช้ทดสอบในกลุ่ม T2 และ T8

Dextrose	44.3%
หางแมลง	30.0%
กากถั่วเหลือง (44% CP)	26.0%
วิตามิน-แร่ธาตุ	0.5%
Cr_2O_3	0.3%

หมายเหตุ: สูตรที่ 1 และ 2 คัดแปลงจาก Scott *et al.* (1982)

สูตรที่ 3 สำหรับใช้ทดสอบในกลุ่ม T3 และ T7

เคซีน	13.4%
แป้งข้าวโพด	82.0%
โคแคตเชื่อมฟอสเฟต	3.7%
วิตามิน-แร่ธาตุ	0.5%
เกลือ	0.4%

สูตรที่ 4 สำหรับใช้ทดสอบในกลุ่ม T4 และ T6

เคซีน	13.4%
แป้งข้าวโพด	82.0%
โคแคตเชื่อมฟอสเฟต	3.7%
วิตามิน-แร่ธาตุ	0.5%
เกลือ	0.4%
Cr_2O_3	0.3%

หมายเหตุ: สูตรที่ 3 และ 4 คัดแปลงจาก Molick *et al.* (1983)

การกินบันทึกข้อมูล

กลุ่มทดสอบที่ T1, T3, T5, T7 ใช้เก็บแบบ Total collection โดยบันทึกปริมาณอาหารทั้งหมดที่กิน และปริมาณมูลทั้งหมด

กลุ่มทดสอบที่ T2, T4, T6, T8 ใช้เก็บแบบ Total collection แต่จะวัดสารที่หาปริมาณ Cr_2O_3 เพื่อทดสอบ Indicator เปรียบเทียบกับการใช้ Total collection

ในการที่ใส่โคเคตกับอาหารด้วยวิธีใหม่ ให้พักโคอย่างน้อย 1 สัปดาห์โดยการให้อาหารปกติ

ผลการศึกษา

แสดงผลการศึกษาในตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของอาหารที่ใช้ทดสอบและโกททดสอบต่างชนิดกัน

อาหาร ทดสอบ	ชนิดโก ทดสอบ	พลังงาน (Kcal/kg)	Probability
T1 & T2	โกเนื้อ	3294	0.2152
	โกตัวผู้	3318	
T3 & T4	โกเนื้อ	3510	0.0001
	โกตัวผู้	3364	

ตารางที่ 3 แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของอาหารทดสอบที่ได้จากการเก็บข้อมูล
ต่างวิธีกัน

ชนิดอาหาร ทดสอบ	ชนิดของโก ทดสอบ	วิธีการคำนวณ	พลังงาน (Kcal/Kg)	Probability
T1 & T2	โกเนื้อ	Total collection	3265	0.0001
		Indicator	2945	
T1 & T2	โกตัวผู้	Total collection	3175	0.3834
		Indicator	3117	
T3 & T4	โกเนื้อ	Total collection	3537	0.0038
		Indicator	3360	
T3 & T4	โกตัวผู้	Total collection	3439	0.0007
		Indicator	3181	

1.2. การศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์จากการใช้ Total collection และ Indicator ในอาหารผสม(conventional diet)

โกทดสอบ

ใช้โกเนื้ออายุ 5 สัปดาห์ โดยอาหารที่ใช้ในทุกกลุ่มเป็นอาหารเดียวกัน

เก็บข้อมูลจำนวน 4 วัน และบันทึกข้อมูลและวิเคราะห์ตามวิธีดังกล่าวมาแล้ว

อาหารทดสอบ

ตารางที่ 4 แสดงสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงไก่เนื้อทดสอบ

วัตถุดิบ	ปริมาณ (%)
ข้าวโพด	62.49
ปลายข้าว	10.0
กากถั่วเหลือง	17.01
ปลาป่น	7.0
ไขมันสัตว์	2.0
เปลือกหอย	0.5
เกลือ	0.5
ฟอสฟอรัส	0.5
รวม	100.0

ส่วนประกอบของอาหารผสมจากการคำนวณ

โปรตีน (%)	18.0
พลังงานใช้ประโยชน์ (Kcal/kg)	3198
ไขมัน (%)	5.32
แคลเซียม (%)	0.79
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ (%)	0.37

ผลการศึกษา

ตารางที่ 5 แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของอาหารผสม (conventional diet)เลี้ยงไก่เนื้อและมีการ
ทดสอบพลังงาน 2 วิธี

ไก่ทดสอบ	Total collection	indicator
1	3653	3219
2	3143	3091
3	3091	3118
4	3278	3153
5	3292	3127
6	3689	3028
7	3208	2988
8	3464	3204
9	3188	2980
10	2653	2698
11	3370	3151
12	2929	2866
13	3107	2885
14	3510	3096
15	3274	2933
16	2733	2705
17	3284	2989
18	3229	3020
19	3398	3330
20	3335	3240
21	3134	2868
22	2822	2576
23	2744	2512
24	3262	2616

ผลการเปรียบเทียบค่าพลังงานใช้ประโยชน์จากการประเมินทั้ง 2 วิธี ด้วย P_{adj}-test ได้ผลดังนี้

ประเมินด้วย วิธี Total collection ได้ค่าพลังงาน 3194.7 Cal

ค่าความเบี่ยงเบน 263.6

ประเมินด้วย วิธี Indicator ได้ค่าพลังงาน 2974.1 Cal

ค่าความเบี่ยงเบน 222.5

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากสองวิธีการมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.0001$) โดยที่ค่าพลังงานที่ประเมินจากวิธี Total collection ให้ค่าพลังงานสูงกว่าวิธี Indicator

3.3. การทดสอบพลังงานใช้ประโยชน์ของแป้งข้าวโพด (corn flour) ที่จะใช้เพื่อเป็นอาหารทดสอบกึ่งบริสุทธิ์ (Semi-purified diet)

ไก่ทดสอบ

ใช้ไก่เนื้ออายุ 6 สัปดาห์ เลี้ยงบนบกทดสอบ ให้อาหารกึ่งบริสุทธิ์ ก่อนทดสอบ 5 วัน และระบบเก็บข้อมูล 4 วัน เก็บข้อมูลโดยใช้ Cr_2O_3 เป็น indicator ใช้ไก่ 6 ตัวต่ออาหารทดสอบ

อาหารทดสอบ

ตารางที่ 6 แสดงสูตรอาหารทดสอบ

วัตถุดิบ	ปริมาณ (%)
แป้งข้าวโพด	82.7
เคซีน	13.3
โคเลสเตอรอล	3.2
วิตามินแวกซ์	0.5
Cr_2O_3	0.3

ผลการทดสอบ

ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของแป้งข้าวโพด (Corn flour) ที่ประเมินด้วยวิธี Indicator

มีค่าเท่ากับ 3487 ± 420 Kcal/kg ซึ่งพบว่าได้ค่าต่ำกว่าที่ระบุไว้ในตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการซึ่งได้รายงานไว้เท่ากับ 3560 Kcal/kg

1.4. การศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์จากการให้ไก่เพศผู้กินอาหารทดลอง จำกัดเวลา และให้กินเต็มที่

1.4.1 การศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในกากปาล์ม

การทดลองที่ 1

ใช้แผนการทดลองแบบ Factorial 3×2 in CRD โดยใช้ไก่เพศผู้ 36 ตัว ซึ่งจัดการทดลองได้ดังนี้

ปัจจัย A คือ อาหารทดลอง(กากปาล์ม) 3 แหล่งผลิต ได้แก่

1. กากปาล์มแหล่งที่ 1
2. กากปาล์มแหล่งที่ 2
3. กากปาล์มแหล่งที่ 3

ปัจจัย B คือ วิธีการให้อาหาร 2 วิธี ได้แก่

1. ให้อาหารแบบกินจำกัดเวลา 1 ชั่วโมง
2. ให้อาหารแบบกินเต็มที่ 42 ชั่วโมง

การทดลองที่ 2

ใช้แผนการทดลองแบบ Factorial $2 \times 2 \times 2$ in CRD โดยใช้ไก่เพศผู้ 48 ตัว ซึ่งจัดการทดลองได้ดังนี้

ปัจจัย A คืออาหารทดลอง(กากปาล์ม) 2 แหล่งผลิต ได้แก่

1. กากปาล์มแหล่งที่ 1
2. กากปาล์มแหล่งที่ 2

ปัจจัย B คือ วิธีการให้อาหาร 2 วิธี ได้แก่

1. ให้อาหารแบบกินจำกัดเวลา 1 ชั่วโมง
2. ให้อาหารแบบกินเต็มที่ 42 ชั่วโมง

ปัจจัย C คือ ระยะเวลาในการอดอาหารของไก่ ก่อนให้อาหารทดลอง 2 วิธี ได้แก่

1. อดอาหาร 30 ชั่วโมง
2. อดอาหาร 33 ชั่วโมง

ขั้นตอนการทดลอง

ก่อนการทดลอง มีกโหนดสองกลุ่มที่ให้อาหารแบบกินจำกัดเวลา 1 ชั่วโมง โดยให้อาหารผสมสำเร็จรูป จำนวน 200 กรัม เพื่อให้โหนดสองสามารถปรับพฤติกรรมในการกินได้ ปริมาณอาหารในระดับปกติ โดยลดระยะเวลาการให้อาหารตามวิธีการที่ระบุไว้โดย Fagell และ Anthony (1988) จนได้ปริมาณอาหารที่กินภายใน 1 ชั่วโมง ประมาณ 100 กรัม โดยปรับเป็นการให้อาหารจะให้อาหารวันละ 1 ครั้ง ในตอนเช้า เวลา 7.00 -8.00 น. บันทึกปริมาณอาหารที่กิน ระยะเวลาการฝึกก่อน 1 เดือน

โหนดสองกลุ่มให้อาหารแบบกินเต็มที่ การให้อาหารจะให้อาหารวันละ 1 ครั้ง ในตอนเช้า เวลา 7.00 น. โดยให้อาหารผสมสำเร็จรูปจำนวน 200 กรัม บันทึกอาหารที่กิน ในเวลา 7.00 น. ของวันถัดไป โหนดสองทั้ง 2 กลุ่มจะให้อาหารปริมาณเท่าที่เพียงพอและสะอาด

เตรียมอาหารทดลองโดยนำกากปาล์มแฉะชนิด 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมแป้งข้าวโพด 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมน้ำหนวดๆ ทำการฉีดน้ำ นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส นานประมาณ 24 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็น ในสภาพอุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมงแล้ว บรรจุใส่ภาชนะเพื่อนำไปทดลองต่อไป

แนวทางการทดลอง วิธีการทดลองจะแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ

ระยะแรก เป็นระยะอดอาหารโหนดสองจะทำการอดอาหารโหนดสองเป็นเวลา 30 ชั่วโมง ในโหนดสองที่ให้อาหารแรก และอดอาหารโหนดสองเป็นเวลา 33 ชั่วโมงในโหนดสองชุดที่ 2 เพื่อทำให้ระบบทางเดินอาหารของโหนดสองไม่มีมูลจากอาหารชนิดอื่นหลงเหลืออยู่ พร้อมที่จะทำการทดลอง

ระยะที่สอง เป็นระยะให้อาหารทดลอง จะให้อาหารทดลองแต่ละแห่งกับโหนดสองทั้งสองกลุ่ม บันทึกปริมาณอาหารที่กิน วางถาดอาหารเพื่อกับมูลใช้เวลาในการเก็บมูล 42 ชั่วโมง การให้อาหารแบบกินจำกัดเวลา 1 ชั่วโมง จะให้อาหารโหนดสองกินในเวลา 1 ชั่วโมง แล้วจึงวางถาดเก็บมูล 42 ชั่วโมง

โปรแกรมการเลี้ยงโหนดสองกินอาหารจำกัดเวลา 1 ชั่วโมง โดยอดอาหาร 30 ชั่วโมง

ให้อาหารผสมสำเร็จรูป	7.00 น. (อาทิตย์)-8.00 น. (อาทิตย์)	→ 1 ชั่วโมง
อดอาหาร	8.00 น. (อาทิตย์)-14.00 น. (จันทร์)	→ 30 ชั่วโมง
ให้อาหารผสมทดลอง	14.00 น. (จันทร์)-15.00 น. (จันทร์)	→ 1 ชั่วโมง
วางถาดเก็บมูล อดอาหาร	15.00 น. (จันทร์)-8.00 น. (พุธ)	→ 42 ชั่วโมง

โปรแกรมการเลี้ยงไก่แบบกินอาหารจำกัดเวลา 1 ชั่วโมง โดยลดอาหาร 33 ชั่วโมง

ให้อาหารผสมสำเร็จรูป	7.00 น. (อาทิตย์)-8.00 น. (อาทิตย์)	→ 1 ชั่วโมง
ลดอาหาร	8.00 น. (อาทิตย์)-7.00 น. (จันทร์)	→ 33 ชั่วโมง
ให้อาหารผสมทดลอง	17.00 น. (จันทร์)-18.00 น. (จันทร์)	→ 1 ชั่วโมง
วางถาดเก็บมูล ลดอาหาร	18.00 น. (จันทร์)-12.00 น. (พุธ)	→ 42 ชั่วโมง

การให้อาหารแบบกินเต็มที่ ระหว่างถาดเก็บมูลนาน 42 ชั่วโมงโดยวางหลังจากให้อาหารให้ไก่กินอาหารไปแล้ว 3 ชั่วโมง และลดอาหารที่ถาดเก็บมูลออก 3 ชั่วโมง

โปรแกรมการเลี้ยงไก่แบบให้อาหารเต็มที่โดยลดอาหาร 30 ชั่วโมง

ลดอาหาร	7.00 น. (จันทร์)-13.00 น. (อังคาร)	→ 30 ชั่วโมง
ให้อาหารผสมทดลอง	13.00 น. (อังคาร)-7.00 น. (พุธ)	→ 42 ชั่วโมง
วางถาดเก็บมูล	16.00 น. (อังคาร)-10.00 น. (พุธ)	→ 42 ชั่วโมง

โปรแกรมการเลี้ยงไก่แบบให้อาหารเต็มที่ โดยลดอาหาร 33 ชั่วโมง

ลดอาหาร	7.00 น. (จันทร์)-16.00 น. (อังคาร)	→ 33 ชั่วโมง
ให้อาหารผสมทดลอง	16.00 น. (อังคาร)-10.00 น. (พุธ)	→ 42 ชั่วโมง
วางถาดเก็บมูล	19.00 น. (อังคาร)-13.00 น. (พุธ)	→ 42 ชั่วโมง

นำค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของอาหารผสมกากปาล์ม และแป้งข้าวโพด มาคำนวณ เพื่อ
 คำนวณค่าพลังงานของแป้งข้าวโพด สกัดจากกากปาล์มตามสูตร โดยที่แป้งข้าวโพดมีพลังงาน 3660
 Kcal/kg

$$X = (Y/100 - (3660/50)) \times 50$$

X = พลังงานใช้ประโยชน์ของกากปาล์ม

Y = พลังงานใช้ประโยชน์ของอาหารผสมกากปาล์มและแป้งข้าวโพด

ผลการทดลองที่ 1

ผลของการศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากปาล์มในไก่เพศผู้ระหว่าง 2 ปีวิจัย คือ
 ธนิตของกากปาล์ม และระยะเวลาในการกินอาหารของไก่ทดลอง

ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากปาล์มทั้ง 3 ชนิด มีค่าเท่ากับ 1975.3, 1699.4 และ 1728.5 Kcal/kg ตามลำดับ ปรากฏว่า ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากปาล์มทั้ง 3 ชนิด มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ผลของระยะเวลาในการกินอาหารของไก่ทดลองทั้ง 2 กลุ่ม โดยให้อาหารแบบจำกัดเวลา 1 ชั่วโมง และ ให้อาหารแบบเต็มที่ มีค่าเท่ากับ 1455.4 และ 2144.4 Kcal/kg ตามลำดับ ปรากฏว่า ระยะเวลาในการกินอาหารของไก่ทดลอง มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยมีผลร่วมกัน คือค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากปาล์มแต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อระยะเวลาในการกินอาหารของไก่ทดลองแตกต่างกัน

ตารางที่ 7 ผลของเวลาในการให้อาหารที่มีผลต่อพลังงานใช้ประโยชน์ของกากปาล์มในการทดลองที่ 1

เวลาการให้อาหาร	ค่าเฉลี่ยพลังงานใช้ประโยชน์ (Kcal/kg) ^x			ค่าเฉลี่ยของปัจจัย B ^y
	กากปาล์ม 1	กากปาล์ม 2	กากปาล์ม 3	
แบบจำกัดเวลา 1 ชั่วโมง	1433.4 ^a	1067.3 ^a	1868.6 ^b	1455.4 ^a
แบบกินเต็มที่	2517.3 ^a	2327.6 ^{ab}	1588.3 ^a	2144.4 ^b
ค่าเฉลี่ยของปัจจัย A	1975.3	1699.4	1728.5	

หมายเหตุ

x = ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

y = ค่าเฉลี่ยของปัจจัยร่วมกันระหว่าง A และ B ที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากผลการศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของกากปาล์มน้ำมันจะแตกต่างกัน เมื่อระยะเวลาในการกินอาหารแตกต่างกัน และจากผลที่แสดงปริมาณอาหารที่กิน และปริมาณมูลที่ถ่ายออก พบว่า ระยะเวลาในการกินอาหารของไก่ทดลอง โดยการให้อาหารแบบจำกัดเวลาปริมาณมูลที่ถ่ายออกมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักมูล อยู่ในช่วงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป และการให้อาหารแบบเต็มที่จริงจะมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักมูล อยู่ในช่วง 40 เปอร์เซ็นต์ลงมา การที่เปอร์เซ็นต์น้ำหนักมูลใน

การให้อาหารแบบจำกัดเวลามีเปอร์เซ็นต์สูงกว่าแสดงให้เห็นว่าอาหารที่ไก่ทดลองกินสามารถนำไปใช้ประโยชน์มากกว่าการให้อาหารแบบเต็มที่ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์น้ำหมากมูลต่ำกว่าแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการใช้ประโยชน์จากอาหารจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อเวลาในการกินอาหารของไก่ทดลองเพิ่มขึ้น ศรีสกุล (2537) รายงานว่า ค่าการย่อยได้ของอาหารเม็ดให้สัตว์กินอาหารแบบเต็มที่ หรือเกือบจะเต็มที่ จะมีประสิทธิภาพเหมาะสมมากกว่า การให้อาหารแบบกินจำกัด

ผลการทดลองที่ 2

ผลของการศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากปาล์มในไก่เพศผู้ ระหว่างปัจจัย 3 ปัจจัย คือ ชนิดของกากปาล์ม ระยะเวลาในการกินอาหาร และ ระยะเวลาในการลดอาหารของไก่ทดลอง

ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากปาล์มทั้ง 2 ชนิด มีค่าเท่ากับ 1989.8 และ 1997.4 Kcal/kg ตามลำดับ ปรากฏว่า ค่าพลังงานการใช้ประโยชน์ของกากปาล์มทั้ง 2 ชนิด มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ผลของระยะเวลาในการกินอาหารของไก่ทดลองทั้ง 2 กลุ่ม โดยให้อาหารแบบจำกัดเวลา 1 ชั่วโมง และ ให้อาหารแบบเต็มที่ มีค่า 1263.8 และ 2422.4 Kcal/kg ตามลำดับ ปรากฏว่า ระยะเวลาในการกินอาหารของไก่ทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ผลของระยะเวลาในการลดอาหารของไก่ทดลอง โดยลดอาหาร 30 ชั่วโมง และ ลดอาหาร 33 ชั่วโมง มีค่า 1994.4 และ 1991.8 Kcal/kg ตามลำดับ ปรากฏว่า ระยะเวลาในการลดอาหารของไก่ทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยไม่มีผลรวมกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 8 แสดงผลของชนิดกากปาล์ม เวลาในการกินอาหาร และเวลาในการอดอาหาร
ของไก่ทดลองที่มีผลต่อค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในการทดลองที่ 2

		ค่าเฉลี่ยพลังงานใช้ประโยชน์ (Kcal/kg)	ระดับนัยสำคัญ
กากปาล์ม	กากปาล์ม 1	1368.8	$P < 0.05$
	กากปาล์ม 2	1887.4	
เวลาในการกินอาหาร	แบบจำกัด	1763.8	$P < 0.01$
	แบบเต็มที	2422.4	
เวลาในการอดอาหาร	30	1994.4	$P < 0.01$
	33	1691.8	

ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากปาล์ม 2 แหล่งผลิต มีค่าแตกต่างกัน จากตารางบนวันที่ 15 แสดงผลการวิเคราะห์โดยประมาณของกากปาล์ม พบว่า องค์ประกอบทางเคมีมีความแตกต่างกัน ทำให้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ที่ประเมินได้มีค่าแตกต่างกัน โดยที่เปอร์เซ็นต์ไขมันจะสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ค่าพลังงานของกากปาล์ม ในกากปาล์มที่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงจะให้ค่าพลังงานสูงกว่ากากปาล์มที่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง ระยะเวลาในการกินอาหารของไก่ทดลองแตกต่างกันทำให้พลังงานใช้ประโยชน์ของกากปาล์มแตกต่างกัน โดยการกินอาหารแบบเต็มทีจะทำให้พลังงานใช้ประโยชน์ มีความมากกว่าการกินอาหารแบบจำกัด และระยะเวลาในการอดอาหารมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์แตกต่างกัน โดยที่การอดอาหาร 30 ชั่วโมง จะมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์สูงกว่าการอดอาหาร 33 ชั่วโมง ศรีอตุล (2537) รายงานว่า ค่าการย่อยได้ของอาหารเมื่อให้สัตว์กินอาหารแบบเต็มที หรือเกือบจะเต็มทีจะมีประสิทธิภาพพบนะสมมากกว่า การให้อาหารแบบกินจำกัด การให้อาหารแบบจำกัด ทำให้สัตว์กินอาหารอย่างรวดเร็วและ เป็นปริมาณมาก น้ำย่อยไม่สามารถย่อยอาหารได้ทันมีประสิทธิภาพ ก่อนที่ร่างกายสัตว์จะกินอาหารออกมา ค่าพลังงานใช้ประโยชน์จึงต่ำ การให้อาหารกินเต็มที ไก่จะสามารถกินอาหารได้ตลอดเวลาตามความต้องการของร่างกาย ปริมาณอาหารที่ไก่กินมีปริมาณไม่มากเกินไปที่น้ำย่อยจะสามารถทำการย่อยได้อย่างมีประสิทธิภาพก่อนที่อาหารจะถูกขับออกมาจากร่างกายสัตว์ ค่าพลังงานใช้ประโยชน์จึงสูงกว่าการกินอาหารแบบจำกัดเวลา ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง และการอดอาหารสัตว์นานจนเกินไปอาจจะทำให้สัตว์อ่อนเพลียและระบบทางเดินอาหารของสัตว์มีผิดปกติทำให้ระบบย่อยอาหารทำงานได้ไม่เต็มที่

ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ปริมาณอาหารที่กิน ภายนอก ของ เดชา (2537) ค่าพลังงานใช้ประโยชน์จะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับอาหารเพิ่มขึ้น และสูงสุด เมื่อได้กินอาหารเต็มที่ และมีปัจจัยอื่นๆอีก เช่น ระยะเวลาในการเก็บมูล-ถ่ายของไก่ วิธีการเก็บมูล เป็นต้น การทดลองการย่อยได้ของไม้พืชมืดจะมีผลระหว่างในการเก็บมูล โดยเฉพาะการมาถึงแปดปลอก ออก เช่น ขนไก่

สรุป

จากผลการศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากปาล์มในไก่เพศผู้ ให้ผลสรุปดังนี้

1. ระยะเวลาในการกินอาหารของไก่ทดลองมีผลต่อค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากปาล์มในไก่เพศผู้ โดยการให้อาหารกินเต็มที่ จะให้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์สูงกว่าการกินจำกัด 1 ชั่วโมง
2. การลดอาหารก่อนให้อาหารทดลอง 33 ชั่วโมง ให้ค่าพลังงานต่ำกว่า การลดอาหาร 30 ชั่วโมง
3. ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของกากปาล์มน้ำมัน จากการประเมินด้วยการให้กินอาหาร 1 ชั่วโมง มีค่าระหว่าง 1067.3 ถึง 1888.6 Kcal/kg และ จากการประเมินด้วยการกินแบบเต็มที่ มีค่าระหว่าง 1888.3 ถึง 2617.3 Kcal/kg
4. การประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในกากปาล์มด้วย การให้อาหารแบบเต็มที่ จะให้พลังงานใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากกว่าการให้อาหารแบบจำกัดเวลา

1.4.2. การศึกษาพลังงานใช้ประโยชน์ในจ่า

ในการศึกษาพลังงานใช้ประโยชน์ของข้าวสาลี 3 แหล่งผลิต และวิธีให้อาหาร 1 ชั่วโมง และ 32 ชั่วโมง แต่ละกลุ่มมี 5 จ่า แต่ละจ่าใช้ไก่ 1 ตัว ซึ่งการแบ่งไก่แต่ละจ่ากระทำโดยวิธีการสุ่ม การวางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in CRD โดยการทำการทดลอง 1 ตัวอย่างใช้ไก่ทดลองจำนวน 2 กลุ่ม และมีโปรแกรมการเก็บข้อมูลเช่นเดียวกับการศึกษาในกากปาล์มซึ่งลดอาหาร 30 ชั่วโมง

ผลการศึกษา

ปริมาณอาหารที่กิน

ผลของเปอร์เซ็นต์ปริมาณอาหารที่ไก่กินอาหารทดลองต่อปริมาณอาหารที่กินก่อนการทดลองเนื่องจากปัจจัยวัสดุคละของต่างกันพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p > 0.05$) รำสกิดตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 70.6, 72.0 และ 63.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ปัจจัยจากการให้อาหารสัตว์ทดลอง 1 ชั่วโมง กับ 42 ชั่วโมง พบว่าเปอร์เซ็นต์ปริมาณอาหารที่กินต่อปริมาณอาหารที่กินก่อนการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เฉลี่ยเท่ากับ 91.1 และ 46.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับความสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างวิธีการให้อาหารกับตัวอย่างรำสกิดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณอาหารที่กินอาหารทดลองต่อปริมาณอาหารที่กินก่อนการทดลอง

รำสกิด	ให้อาหาร 1 ชม.	ให้อาหาร 42 ชม.	ปัจจัย 3 (รำสกิด)
No. 1	84.2 $\pm$ 19.8	57.0 $\pm$ 2.6	70.6
No. 2	99.3 $\pm$ 10.2	44.7 $\pm$ 10.4	72.0
No. 3	99.7 $\pm$ 11.2	36.9 $\pm$ 4.4	63.3
ปัจจัย 4 (วิธีการให้อาหาร)	91.1 ^a	46.2 ^b	

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าพลังงานใช้ประโยชน์

ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของรำสกิดจากต่างแหล่งผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยรำสกิดตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์เท่ากับ 1,775.7, 2,287.3 และ 2,373.2 Kcal/kg ตามลำดับ ผลจากการให้อาหารสัตว์ทดลอง 1 ชั่วโมง กับ 42 ชั่วโมง พบว่าค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของรำสกิดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางมีค่าเฉลี่ยพลังงานใช้ประโยชน์ 2,031.4 และ 2,258.4 Kcal/kg ตามลำดับ สำหรับความสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างวิธีการให้อาหารกับตัวอย่างรำสกิดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของรำสีกัด (Kcal/kg)

รำสีกัด	ให้อาหาร 1 ชม	ให้อาหาร 42 ชม	ปัจจัย 8 รำสีกัด
No 1	$1,573.3 \pm 106.4$	$1,878.1 \pm 28.1$	$1,776.7^a$
No 2	$2,243.4 \pm 144.9$	$2,332.2 \pm 126.1$	$2,287.3^a$
No 3	$2,178.4 \pm 71.2$	$2,568.0 \pm 77.5$	$2,373.2^b$
ปัจจัย A วิธีการให้อาหาร	2,031.4	2,269.4	

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากผลการทดลองปรากฏว่าค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของรำสีกัดมีผลเนื่องจากแหล่งผลิต และวิธีการให้อาหารซึ่งจากผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของรำสีกัดทางเคมีด้วยวิธี Proximate analysis พบว่ามีความแตกต่างกันในส่วนประกอบทางซึ่งเปอร์เซ็นต์เยื่อใยของรำสีกัดตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 มีค่า 15.9, 10.2 และ 10.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สัตว์สามารถย่อยรำสีกัดตัวอย่างที่ 1 เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้ไม่ดีเท่ากับรำสีกัดอีก 2 ตัวอย่าง และเมื่อพิจารณาประกอบได้จากเปอร์เซ็นต์ปริมาณอาหารที่กินต่อปริมาณอาหารก่อนทำการทดลอง โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์ปริมาณอาหารที่กินต่อปริมาณอาหารก่อนทำการทดลองของรำสีกัดแต่ละตัวอย่างและวิธีการให้อาหารมีความแตกต่างกัน

จากผลการทดลองที่พบว่าค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของรำสีกัดด้วยวิธีการให้อาหาร 42 ชั่วโมงให้ผลสูงกว่าการให้อาหาร 1 ชั่วโมงอาจเนื่องจากการประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของรำสีกัดในสัตว์ปีกที่ไม่ได้มีการฝึกสัตว์ทดลองให้คุ้นเคยกับอาหารทดลองมากจนถึงขั้นวิธี rapid assay ซึ่งได้รายงานโดย Farrell และ Amanda (1985) และวิธีให้กินรับตัวก่อนเช่นวิธี conventional method ซึ่งได้รายงานไว้โดย Mollah และคณะ (1983) หรือ rapid method ซึ่งรายงานโดย Farrell (1980) ทำให้เมื่อทำการทดลองสัตว์ในพวกที่ให้อาหาร 1 ชั่วโมง ไม่สามารถปรับตัวเพื่อย่อยรำสีกัดนำไปใช้ประโยชน์ได้ไม่ดีเท่ากับพวกที่ให้อาหาร 42 ชั่วโมงที่มีเวลาให้ระบบการย่อยอาหารทำงานได้อย่างสมบูรณ์ซึ่งจะพบว่าโดยค่าพลังงานใช้ประโยชน์ด้วยวิธีการให้อาหาร 1 ชั่วโมง ของรำสีกัดตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยค่าเท่ากับ 89, 95, 96 และ 99 เปอร์เซ็นต์ของค่าพลังงานใช้ประโยชน์ด้วยวิธีการให้อาหาร 42 ชั่วโมง ตามลำดับ

สรุป

1. รำสกัดจำนวน 3 ตัวอย่าง จากโรงงานสกัดน้ำมันต่างแหล่งกัน ให้ผลค่าพลังงานใช้ประโยชน์แตกต่างกัน

2. วิธีการให้อาหารทดสอบ 1 ชั่วโมง ให้ผลค่าพลังงานใช้ประโยชน์ต่ำกว่าวิธีการให้อาหาร 42 ชั่วโมง ซึ่งคิดเป็น 89.9 เปอร์เซ็นต์

3. ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของรำสกัด จากการประเมินด้วยการให้อาหาร 1 ชั่วโมง มีค่าระหว่าง 1.673.3 ถึง 2.242.4 Kcal/kg และจากการประเมินด้วยการกินอาหาร 42 ชั่วโมง มีค่าพลังงานอยู่ระหว่าง 1.878.1 ถึง 2.568.0 Kcal/kg

4. วิธีการประเมินค่าพลังงานของรำสกัดด้วยการกินอาหาร 42 ชั่วโมงดีกว่าให้ค่าพลังงานแม่นยำกว่าการให้อาหาร 1 ชั่วโมง

1.5. การศึกษาพลังงานใช้ประโยชน์ในจำและปลายข้าวจากวิธีการทดสอบและการประเมินพลังงานในรูปแบบต่างๆกัน

1.5.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาพลังงานใช้ประโยชน์ในจำ

ใช้แผนการทดลองแบบ CRD โดยใช้ไก่เพศผู้ 32 ตัว ซึ่งจัดการทดลองได้ดังนี้

วิธีการให้อาหารทดสอบและการเก็บมูล 3 ลักษณะ ได้แก่

1. ให้อาหารทดสอบ 3 วันและเก็บมูล 3 วัน
2. ให้อาหารทดสอบ 1 ชั่วโมงและเก็บมูล 42 ชั่วโมง
3. ให้อาหารทดสอบ 48 ชั่วโมงและเก็บมูล 90 ชั่วโมง

วิธีการประเมินค่าพลังงานใน 4 รูปแบบ ได้แก่

1. พลังงานใช้ประโยชน์ปรากฏ (AME)
2. พลังงานใช้ประโยชน์ปรากฏปรับสมดุลไนโตรเจน (AMEn)
3. พลังงานใช้ประโยชน์แท้จริง (TME)
4. พลังงานใช้ประโยชน์แท้จริงปรับสมดุลไนโตรเจน (TMEn)

1.5.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาพลังงานใช้ประโยชน์ในปลายข้าว

ใช้แผนการทดลองแบบ CRD โดยใช้ไก่เพศผู้ 64 ตัว ซึ่งจัดการทดลองได้ดังนี้

วิธีการให้อาหารทดลองและการเก็บมูล 3 ลักษณะ ได้แก่

1. ให้อาหารทดลอง 3 วันและเก็บมูล 3 วัน
2. ให้อาหารทดลอง 1 ชั่วโมงและเก็บมูล 42 ชั่วโมง
3. ให้อาหารทดลอง 48 ชั่วโมงและเก็บมูล 90 ชั่วโมง

การเตรียมอาหารทดลอง 2 ลักษณะ ได้แก่

1. ปลายข้าว 100 %
2. ปลายข้าว 75 % และแป้งข้าวโพด 25 %

วิธีการประเมินค่าพลังงานใน 4 รูปแบบ ได้แก่

1. พลังงานใช้ประโยชน์ปรากฏ (AME)
2. พลังงานใช้ประโยชน์ปรากฏปรับสมดุลไนโตรเจน (AMEN)
3. พลังงานใช้ประโยชน์แท้จริง (TME)
4. พลังงานใช้ประโยชน์แท้จริงปรับสมดุลไนโตรเจน (TMEN)

ขั้นตอนการทดลอง

ก่อนการทดลอง มีไก่ทดลองกลุ่มที่ให้อาหารแบบกินจำกัดเวลา 1 ชั่วโมง โดยให้อาหารผสมสำเร็จรูป จำนวน 200 กรัม เพื่อให้ไก่ทดลองสามารถปรับพฤติกรรมในการกินได้ ปริมาณอาหารในระดับปกติ โดยอดระยะเวลาการให้อาหารตามวิธีการที่ระบุไว้โดย Farrell และ Amondo (1988) จนได้ปริมาณอาหารที่กินภายใน 1 ชั่วโมง ประมาณ 100 กรัม โดยเป็นการให้อาหารจะให้อาหารวันละ 1 ครั้ง ในตอนเช้า เวลา 7.00-8.00 น. บันทึกปริมาณอาหารที่กิน ระยะเวลาการมีไก่กินนาน 1 เดือน

ไก่ทดลองกลุ่มให้อาหารแบบกินเต็มที่ การให้อาหารจะให้อาหารวันละ 1 ครั้ง ในตอนเช้า เวลา 7.00 น. โดยให้อาหารผสมสำเร็จรูปจำนวน 200 กรัม บันทึกอาหารที่กิน ในเวลา 7.00 น. ของวันถัดไป ไก่ทดลองทั้ง 2 กลุ่มจะให้ปริมาณน้ำที่เพียงพอและสะอาด

เตรียมอาหารทดลองโดยนำรำละเอียดผสมน้ำหมักต่างๆ ทำการอัดเม็ด นำเข้าตู้นึ่งที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส นานประมาณ 24 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็น ในสภาพอุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมงแล้ว บรรจุใส่ภาชนะที่นำไปทดลองคือป้อนปลายข้าว 75 % ผสมแป้งข้าวโพด 25 % ผสมน้ำและอัดเม็ดดังได้กล่าวแล้วข้างต้น

ขณะที่การทดลอง โคทลงจะทำการอดอาหารโคทลงเป็นเวลา 30 ชั่วโมง

ให้อาหารทดลอง บันทึกปริมาณอาหารที่กิน การให้อาหารแบบกินจำกัดเวลา 1 ชั่วโมง จะให้อาหารโคทลงกินในเวลา 1 ชั่วโมง แล้วจึงวางถาดเก็บมูล 42 ชั่วโมง การให้อาหาร 48 ชั่วโมงเก็บมูล 90 ชั่วโมง และมีโคอีก 1 กลุ่มที่ไม่ให้อาหารเพื่อไว้เก็บมูลประมาณค่าพลังงานแบบ TME และ TME_n

ผลการทดลองที่ 1 แสดงผลการศึกษาในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในรายละเอียดจากการประเมินด้วยวิธีต่างๆ

	(Kcal/kg)			
	AME	AMEn	TME	TME _n
ให้อาหาร 3 วัน	2972.4	2990.0	3145.1 ^{กข}	3216.5 ^ข
เก็บมูล 3 วัน				
ให้อาหาร 1 ชม.	2502.7	2740.7	3412.8 ^ก	3796.3 ^ก
เก็บมูล 42 ชม.				
ให้อาหาร 48 ชม.	2557.0	2605.1	2874.5 ^ข	2005.9 ^ข
เก็บมูล 90 ชม.				
P > F	0.2650	0.2492	0.0345	0.0007

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05)

ผลจากการให้อาหารกับโคที่ติดกับที่ตลอดจนแร่และเกลือ (เพียงลำพัง 100%) โคบางส่วนจะไม่ยอมรับอาหารซึ่งจะกินน้อยกว่าปกติและประสบปัญหาทั้งการให้อาหารกินเต็มที่หลายวัน การเพิ่มเวลาเก็บมูลเป็นจาก 42 ชั่วโมงเป็น 90 ชั่วโมงจะได้ค่าพลังงาน AME เพิ่มขึ้น จากการประเมินค่าพลังงานแบบ TME จะได้ค่าพลังงานเพิ่มสูงขึ้นดังเช่นโคที่ให้อาหาร 1 ชั่วโมง แสดงว่าปริมาณอาหารที่กินแตกต่างกันมากกว่าอีก 2 วิธี การเลือกวิธีให้อาหารกับโคที่ติดที่มีข้อจำกัดเช่นนี้ว่าข้าว ซึ่งมีเยื่อสูงอาจจะไม่เหมาะที่จะใช้การให้อาหารชนิดเดียว อาจจะต้องให้อาหารแบบ conventional method และมีวัตถุดิบอื่นมาผสมรวมด้วยเช่นแป้งข้าวโพด

ผลการทดลองที่ 2 แสดงผลการศึกษาในตารางที่ 12-13 และ 14

ตารางที่ 12 แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในปลายข้าวจากการประเมินด้วยวิธีต่างๆ และ
ใช้ปลายข้าว 100 % (Kcal/kg)

	AME	AMEn	TME	TME _n
ให้อาหาร 3 วัน	3554.4	3528.3 ^ก	3621.2 ^ข	3643.0 ^ข
เก็บมูล 3 วัน				
ให้อาหาร 1 ชม	3943.9	3924.8 ^ก	4100.6 ^ก	4165.4 ^ก
เก็บมูล 42 ชม				
ให้อาหาร 48 ชม	3951.9	3951.2 ^{กข}	4070.6 ^ก	4106.5 ^ก
เก็บมูล 90 ชม				
Pr > F	0.0889	0.0611	0.0410	0.0310

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 13 แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในปลายข้าวจากการประเมินด้วยวิธีต่างๆ และ
ใช้ปลายข้าว 75 % (Kcal/kg)

	AME	AMEn	TME	TME _n
ให้อาหาร 3 วัน	3877.8 ^ก	3851.2 ^ก	3984.2	4028.2
เก็บมูล 3 วัน				
ให้อาหาร 1 ชม	3471.0 ^ข	3503.7 ^ข	3833.9	3883.9
เก็บมูล 42 ชม				
ให้อาหาร 48 ชม	3659.3 ^{กข}	3601.8 ^ข	3988.6	4040.3
เก็บมูล 90 ชม				
Pr > F	0.0094	0.0133	0.4528	0.9201

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

ผลการใช้ปลายข้าวให้โคกินล้วนๆ (100%) พบว่าค่าพลังงาน AME จากวิธีให้กิน 3 วันมีค่าต่ำกว่าวิธีอื่นๆ และ มีค่าพลังงานอีก 3 แบบ เพิ่มขึ้นในปริมาณที่ค่อนข้างน้อยกับอีก 3 วิธี แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าการใช้วิธี ให้กิน 1 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง มีค่าพลังงานที่วัดได้สูงกว่าอาจเป็นเพราะว่าปลายข้าวที่ย่อยง่ายจึงได้ปริมาณมูลน้อยมีผลต่อการขับถ่ายและชั่งน้ำหนักได้ ซึ่งถ้าใช้ผสมด้วยแป้งข้าวโพด 25 % จะให้ค่าพลังงาน AME ลดต่ำลง แต่จากการเปรียบเทียบค่าพลังงานทั้ง 4 แบบ

จากภาวะให้ปัสลายข้าวตั้งแต่แสดงในตารางที่ 14 พบว่าไม่แตกต่างกัน จึงควรใช้วิธีนี้ ให้กิน 3 วัน ใน 100 % และ ให้กิน 1 ชั่วโมง ในปัสลายข้าว 75 %

ตารางที่ 14 แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในปัสลายข้าวจากภาวะประณินด้วยวิธีต่างๆและ
ใช้ปัสลายข้าว 100 เทียบกับ 75 % (Kcal/kg)

ก. อิทธิพลของวิธีการกับข้อมูล

	AME	AMEn	TME	TME _n
ให้อาหาร 3 วัน	3735.5	3699.3	3934.1	3852.3
เก็บมูล 3 วัน				
ให้อาหาร 1 ชม	3685.4	3688.9	3818.1	4035.7
เก็บมูล 42 ชม.				
ให้อาหาร 48 ชม.	3787.5	3721.4	3989.6	4035.8
เก็บมูล 90 ชม.				
Pt > F	0.6875	0.9553	0.4071	0.1954

ข. อิทธิพลของการให้ปัสลายข้าว

	AME	AMEn	TME	TME _n
100 %	3816.7	3761.8	3930.8	3973.6
75 %	3664.3	3644.7	3896.6	3975.6
Pt > F	0.1353	0.2036	0.7459	0.9857

1.6. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการวัดค่าพลังงานดิบ (gross energy) ด้วย
เครื่อง Adiabatic bombs calorimeter และ Ballistic bombs
calorimeter

เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าพลังงานดิบที่ได้ดำเนินการอยู่เป็นชนิด Ballistic bombs calorimeter ซึ่งมีความแม่นยำต่ำกว่าการใช้ Adiabatic bombs calorimeter ดังนั้น ในทางปฏิบัติจะต้องใช้จำนวนตัวอย่างมากกว่า (3-5 ซ้ำ) จึงจะได้ค่าที่ยอมรับได้ ดังนั้นเพื่อหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบที่ประณินได้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นค่าที่จะยอมรับได้และเผยแพร่ได้หรือใช้ในการอ้างอิงต่อไป จึงได้นำตัวอย่างอาหารสัตว์และมูลไก่จำนวน 75 ตัวอย่าง วัดค่าพลังงานดิบเพื่อเปรียบเทียบกันเป็นคู่ๆ โดยได้ส่งตัวอย่างไปวัดค่าพลังงานดิบด้วยเครื่อง Adiabatic

bombs calorimeter ที่ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม และวัดค่าสถิติด้วย t-test Paired Two Sample for Means สำหรับข้อมูลดิบแสดงไว้ในตารางผนวก

ผลการเปรียบเทียบค่าพลังงานเฉลี่ยจาก 78 ตัวอย่าง ให้ค่าดังนี้

วัดด้วย Balistic bombs calorimeter ค่าพลังงานดิบ = 3896.3 Cal

ค่า variance = 183239.0

วัดด้วย Adiabatic bombs calorimeter ค่าพลังงานดิบ = 3873.5 Cal

ค่า variance = 1157004.0

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากสองวิธีการไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

2. แผนการศึกษาที่ 2 การศึกษาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในวัตถุดิบสำหรับสัตว์ปีก

ผลการศึกษาเพื่อหาเทคนิคที่เหมาะสมในการวัดค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในสัตว์ปีกสำหรับวัตถุดิบแต่ละชนิด ซึ่งได้ดำเนินการและมีการปรับปรุงเทคนิคทางอย่างเพิ่มเติมให้เหมาะสม ได้นำวิธีการมาใช้ประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ดังนี้

2.1. การประเมินค่าพลังงานของวัตถุดิบแหล่งโปรตีน

2.1.1. การประเมินค่าพลังงานของปลาป่น

การเก็บตัวอย่าง

จากกระสุนเบ็ดตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ แหล่งโปรตีน 2 ชนิด คือ ปลาป่น และ กากถั่วเหลือง จากร้านค้าหรือตัวแทนจำหน่ายอาหารสัตว์ และฟาร์มเพาะชนิดละ 15 ตัวอย่างละ 15-20 กิโลกรัม และสุ่มตัวอย่างวัตถุดิบมาตัวอย่างละ 100 กรัม เพื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีจำแนกตามวิธี proximate analysis ประกอบด้วย ความชื้น (moisture) โปรตีน (protein) ไขมัน (fat) เส้นใย (fiber) เอนไซม์ (enzyme-free extract: NFE) แต่ละตัวอย่างจะทำการวิเคราะห์ 2 ครั้ง (ซ้ำ) ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางดังนี้

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ไก่ที่ใช้ทดสอบ ให้ใช้ลูกผสมเพศผู้ มีอายุเมื่อเริ่มทดสอบประมาณ 6 เดือน น้ำหนักตัวประมาณ 2.0-2.5 กิโลกรัม เลี้ยงด้วยอาหารผสม มีโปรตีนประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ ให้กินเต็มที่กินตลอดเวลา เลี้ยงไก่ทดสอบกบถละ 1 ตัว

การเตรียมอาหารผสมเพื่อทดสอบพลังงานในปลาป่น

อาหารผสมที่ใช้เลี้ยงจะมีโปรตีนรวมประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ โดยมีส่วนผสม คั่ว ปลาป่น, แป้งข้าวโพด (corn flour) ไวตามิน-แร่ธาตุ (vitamin) ในสัดส่วนของวัตถุดิบแตกต่างกันเล็กน้อย แต่ตามระดับโปรตีนของปลาป่นที่วิเคราะห์ได้

ผสมอาหารในปริมาณที่จะพอเพียงสำหรับเลี้ยงไก่ตัวผู้ 8 ตัวต่อสัปดาห์ในระยะเวลา 8 วัน โดยอาหารแต่ละตัวอย่างจะเติม calcium oxide 0.2% เพื่อใช้เป็น catalyst นำอาหารผสมไปอัดเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ด (เครื่องบดเนื้อ) ซึ่งจะต้องเติมน้ำสะอาดเพื่อให้อาหารมีความชื้น อัดเป็นเม็ดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-4 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร ใส่อาหารอัดเม็ดในถาดแล้วอบในตู้อบด้วยอุณหภูมิประมาณ 65-66 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 15 แสดงส่วนผสมของอาหารทดสอบสำหรับปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)

ตัวอย่างปลาป่น	แป้งข้าวโพด	เคซีน	ปลาป่น	วิตามิน-แร่ธาตุ	โปรตีนรวม
FM 01	77.0	7.5	15.0	0.5	16.19
FM 02	74.0	6.5	20.0	0.5	16.31
FM 03	70.5	4.0	25.0	0.5	17.52
FM 04	74.0	6.5	20.0	0.5	17.10
FM 05	74.0	6.5	20.0	0.5	16.60
FM 06	74.0	6.5	20.0	0.5	16.83
FM 07	70.5	4.0	25.0	0.5	17.04
FM 08	74.0	6.5	20.0	0.5	16.66
FM 09	74.0	6.5	20.0	0.5	16.30
FM 10	77.0	7.5	15.0	0.5	16.31
FM 11	70.5	4.0	25.0	0.5	16.73
FM 12	70.5	4.0	25.0	0.5	16.14

การบันทึกข้อมูล

ใช้การเก็บปริมาณอาหารและมูลไก่ วิธี Total collection

ผลการทดสอบ

นำผลการตรวจวัดค่าพลังงานในอาหาร มูล ปริมาณอาหารทดสอบ ปริมาณมูลแห้ง ไปคำนวณค่าพลังงานใช้ประโยชน์ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของปลาป่น น้ำหนักแห้ง

ตัวอย่างปลาป่น	พลังงานใช้ประโยชน์
	(Kcal/g)
FM 01	4667
FM 02	4603
FM 03	1168
FM 04	2404
FM 05	1939
FM 06	1235
FM 07	2903
FM 08	3007
FM 09	3991
FM 10	3064
FM 11	3792
FM 12	2874

2.1.2. การประเมินค่าพลังงานของกากถั่วเหลือง

อาหารผสมที่ใช้เลี้ยงจะมีโปรตีนรวมประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วยกากถั่วเหลือง, เกล็ด, แป้งข้าวโพด, โคลแคลเซียมฟอสเฟต และวิตามินแร่ธาตุ โดยมีสัดส่วนของวัตถุดิบแตกต่างกันเล็กน้อย แบ่งตามระดับโปรตีนของกากถั่วเหลืองที่วิเคราะห์ได้ และจัดเมิดอาหารเช่นเดียวกับการเตรียมอาหารทดสอบปลาป่น และเก็บข้อมูลวิธี Total collection

ตารางที่ 17 แสดงส่วนประกอบของอาหารทดลองสำหรับกากถั่วเหลือง (เปอร์เซ็นต์)

ตัวอย่าง กากถั่วเหลือง	กากถั่วเหลือง	แป้งข้าวโพด	ไขมันพืช หรือเมล็ด	วิตามิน แร่ธาตุ	โมลิบดีนัม
SBM 01	36.5	60.0	3.0	0.5	16.23
SBM 02	36.5	60.0	3.0	0.5	16.27
SBM 03	36.5	60.0	3.0	0.5	16.36
SBM 04	36.5	60.0	3.0	0.5	16.69
SBM 05	36.5	60.0	3.0	0.5	16.66
SBM 06	36.5	60.0	3.0	0.5	16.43
SBM 07	36.5	60.0	3.0	0.5	15.91
SBM 08	36.5	60.0	3.0	0.5	16.94
SBM 09	36.5	60.0	3.0	0.5	16.03
SBM 10	36.5	60.0	3.0	0.5	16.46

ตารางที่ 18 แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากถั่วเหลือง (น้ำหนักแห้ง)

ตัวอย่าง กากถั่วเหลือง	พลังงานใช้ประโยชน์ (Kcal/kg)
SBM 01	2864
SBM 02	2888
SBM 03	3079
SBM 04	2990
SBM 05	3244
SBM 06	3340
SBM 07	3100
SBM 08	3261
SBM 09	3467
SBM 10	2865

2.2. การประเมินค่าพลังงานของวัตถุดิบแหล่งพลังงาน

2.2.1. การประเมินค่าพลังงานของกากปาล์ม

เตรียมอาหารทดลองโดยนำกากปาล์มแต่ละชนิด 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมแป้งข้าวโพด 49.5 เปอร์เซ็นต์ และวิตามินแร่ธาตุ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมน้ำหมักต่างๆ ทำการอัดเม็ด นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส นานประมาณ 24 ชั่วโมง ปลดขี้ให้เย็น ในสภาพอุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง

การเก็บข้อมูล ใช้วิธีการให้อาหาร 42 ชั่วโมง ดังรายละเอียดที่กล่าวในเทคนิคการประเมินค่าพลังงานที่เหมาะสมข้างต้น

ตารางที่ 19 แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากปาล์ม(น้ำหนักแห้ง)

ตัวอย่าง กากปาล์ม	พลังงานใช้ประโยชน์ (Kcal/kg)
ก. กากเนื้อใบมะพร้าว	
PALM 39-17	2506
PALM 39-26	2517
PALM 39-27	2424
PALM 39-28	1519
PALM 39-30	2009
PALM 39-31	2328
ข. กากผลปาล์ม	
PALM 39-18	1540
PALM 39-19	1875
PALM 39-20	1588
PALM 39-21	1543
PALM 39-22	1571
PALM 39-23	1733
PALM 39-24	1920
PALM 39-25	2263

2.2.2. การประเมินค่าพลังงานของรำละเอียด

เตรียมอาหารทดลองโดยนำรำละเอียด 99.5 เปอร์เซ็นต์ และวิตามิน-แร่ธาตุ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมน้ำหมาดๆ ทำการอัดเม็ด นำเข้าสู่อบที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส นานประมาณ 24 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็น ในสภาพอุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง

การเก็บข้อมูล ใช้วิธีการให้อาหาร 1 ชั่วโมง คั่งรายละเอียดที่กล่าวถึงในเทคนิคการประเมินค่าพลังงานทั้งหมดตาม ข้างต้น

ตารางที่ 20 แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของรำละเอียด (น้ำหนักแห้ง)

ตัวอย่าง รำละเอียด	พลังงานใช้ประโยชน์ (Kcal/kg)
RB 40-1	3317
RB 40-2	3441
RB 40-3	3781
RB 40-4	3684
RB 40-5	3658
RB 40-6	3740
RB 40-7	2710

2.3. การประเมินค่าพลังงานของวัสดุดินบางชนิด

การเตรียมอาหารผสมเพื่อทดสอบพลังงานในวัสดุดินบางชนิด ได้แก่กากถั่วลิสง, กากเมล็ดฝ้าย, และกากถั่วลิสง ประกอบด้วยวัสดุคั่วที่จะทดสอบ, แป้งข้าวโพด, หางนมผง, แกล็ก, โคลแคลเรียมฟอสเฟต และวิตามิน-แร่ธาตุ คั่งตัวอย่าง

ตารางที่ 21 แสดงส่วนผสมในอาหารทดสอบ แป้งรีไซเคิล

อาหารทดสอบ	ข้าวขาว	ข้าวโพด	พวงมณี	เกลือ	DCP	วิตามิน- แร่ธาตุ
กากเมล็ดงา	30.0	54.0	13	0.5	2.0	0.5
กากเมล็ดข้าว	30.0	54.0	13	0.5	2.0	0.5
กากถั่วลิสง	30.0	54.0	13	0.5	2.0	0.5

ตารางที่ 22 แสดงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบ
อาหารสัตว์บางชนิด น้ำหนักแห้ง

ตัวอย่าง	พลังงานใช้ประโยชน์ (Kcal/kg)
กากเมล็ดงา 1	2158
กากเมล็ดงา 2	2128
กากเมล็ดข้าว	3388
กากถั่วลิสง 1	3782
กากถั่วลิสง 2	3145
กากถั่วลิสง 3	3151
กากถั่วลิสง 4	3525

3. แผนการศึกษาที่ 3 การศึกษาสมการทำนายค่าพลังงานใช้ประโยชน์ จากส่วนผสมประกอบทางเคมี

สมการทำนายค่าพลังงานใช้ประโยชน์โดยกระเทียบจากส่วนผสมประกอบ
ทางเคมี รวงปลาแป่น กากถั่วเหลือง กากปาล์ม รำละเอียด มีดังนี้

ตารางที่ 23 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของกากป่น และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ (น้ำหนักแห้ง)

ตัวอย่าง	วัตถุ แห้ง	เถ้า	ไขมัน	เยื่อใย	โปรตีน	NFE	AME (Kcal/kg)
FM 01	90.11	23.78	5.02	0.82	68.09	2.28	4467
FM 02	92.53	34.88	12.71	0.82	60.20	2.11	4630
FM 03	91.11	30.02	7.18	0.68	60.86	1.30	1169
FM 04	90.54	25.21	7.13	0.46	65.95	1.29	2404
FM 05	89.36	22.01	5.86	0.40	63.92	1.32	1939
FM 06	92.19	26.50	7.65	0.51	62.18	1.18	1235
FM 07	89.07	31.24	7.48	0.58	59.40	1.30	2903
FM 08	90.75	27.98	6.00	0.44	63.30	2.29	3007
FM 09	88.28	27.52	5.69	0.14	62.66	3.88	3991
FM 10	91.93	17.86	10.95	0.10	67.68	3.40	3084
FM 11	91.20	29.18	8.88	0.71	56.65	4.57	3792
FM 12	87.36	35.63	3.39	1.29	56.44	3.24	2874

ตารางที่ 24 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของกากตัวเหลือง และค่าพลังงาน น้ำหนักแห้ง

ตัวอย่าง	วัตถุ แห้ง	เถ้า	ไขมัน	เยื่อใย	โปรตีน	NFE	AME (Kcal/kg)
SBM 01	88.03	6.03	1.27	4.75	49.78	37.58	2864
SBM 02	88.73	6.39	4.18	4.75	49.51	35.19	2888
SBM 03	88.49	6.04	1.54	4.94	51.72	35.57	3079
SBM 04	89.28	6.70	2.35	3.97	50.49	36.49	2990
SBM 05	89.54	6.72	1.43	4.54	48.40	38.90	3244
SBM 06	89.32	6.20	0.44	5.80	48.67	36.80	3340
SBM 07	87.78	6.66	1.80	5.24	48.90	37.40	3100
SBM 08	90.29	7.51	2.83	4.58	50.67	33.24	3261
SBM 09	88.24	6.92	1.44	5.31	49.02	37.31	3487
SBM 10	88.28	6.34	1.61	5.39	50.30	36.37	2885

ตารางที่ 25 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของกากปาล์ม และค่าพลังงานใช้ประโยชน์
(น้ำหนักแห้ง)

ตัวอย่าง	เถ้า	ไขมัน	เยื่อใย	โปรตีน	NFE	AME (Kcal/kg)
PALM 17	3.20	9.26	3.36	11.22	72.87	2506
PALM 18	7.87	9.88	3.32	7.97	73.96	1640
PALM 19	5.19	13.57	3.27	8.75	71.22	1875
PALM 20	4.64	12.55	3.21	6.85	72.65	1589
PALM 21	4.42	11.55	3.21	6.82	73.70	1543
PALM 22	4.84	8.96	3.34	6.56	76.30	1571
PALM 23	5.34	11.52	3.22	7.37	72.65	1733
PALM 24	4.85	11.71	3.25	7.19	72.89	1320
PALM 25	4.75	13.79	3.43	6.61	71.22	2263
PALM 26	4.58	12.01	3.33	13.62	66.46	2517
PALM 27	5.07	10.99	3.32	13.8	66.82	2424
PALM 28	4.65	7.99	3.29	14.81	69.26	1518
PALM 30	4.58	11.13	3.94	14.11	66.84	2009
PALM 31	4.89	9.89	3.32	14.18	68.71	2328

ตารางที่ 28 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบบางชนิด และค่าพลังงานใช้ประโยชน์
น้ำหนักแห้ง

วัตถุดิบทดสอบ	เถ้า	ไขมัน	เยื่อใย	โปรตีน	NFE	AME (Kcal/kg)
กากเมล็ดป่าน 1	8.50	1.50	14.81	37.62	37.77	2188
กากเมล็ดป่าน 2	8.27	1.68	14.83	33.73	41.39	2726
กากเมล็ดฝ้าย	7.28	3.40	11.28	41.98	36.06	3398
รำสัสด 1	17.11	2.27	11.38	16.08	69.08	3708
รำสัสด 2	10.73	1.09	10.83	16.78	60.48	2688
รำสัสด 3	10.80	1.70	10.19	18.67	60.64	2337
รำสัสด 4	12.57	0.24	15.94	18.63	52.62	1878
กากถั่วลิสง 1	6.29	0.47	10.92	48.73	33.58	3762
กากถั่วลิสง 2	6.98	3.37	8.67	45.35	36.63	3145
กากถั่วลิสง 3	7.05	2.09	9.27	41.43	40.16	3151
กากถั่วลิสง 4	8.81	0.94	8.02	40.71	41.51	3526

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงความสัมพันธ์ (Correlation Analysis) ของส่วนประกอบทาง
เคมีและค่าพลังงานใช้ประโยชน์ ด้วย Pearson Correlation Coefficients/Prob>|R| under Ho;
 $Rho=0 / N = 48$ ดังนี้

	ถั่ว	ไขมัน	เยื่อใย	โปรตีน	NFE	พลังงาน
ถั่ว	1.0000	-0.0327	-0.4594	0.6352	-0.9895	0.1987
	0.0000	0.5308	0.0010	0.0001	0.0001	0.1757
ไขมัน		1.0000	-0.5677	-0.4983	0.3174	-0.4249
		0.0000	0.0001	0.0003	0.0279	0.0026
เยื่อใย			1.0000	-0.2374	0.3697	-0.1134
			0.0000	0.1042	0.0121	0.4430
โปรตีน				1.0000	0.9334	0.6246
				0.0000	0.0001	0.0001
NFE					1.0000	-0.4341
					0.0000	0.0021
พลังงาน						1.0000
						0.0000

แสดงค่าความสัมพันธ์ทางสถิติของโปรตีนและเยื่อใย ซึ่งมีความสัมพันธ์ (R-Square) สูงที่สุด ดังนั้นผลการพิจารณาด้วยวิธี RSQUARE TEST และ STEPWISE PROCEDURE ของโปรแกรม SAS ในภาพผนวก

Parameter Estimates				
Variable	Parameter Estimate	Standard Error	F	Prob> F
Intercept	1810.7	263.8	37.34	0.0001
PROTEIN	24.2	8.2	21.81	0.0001
FIBER	61.5	25.5	4.06	0.0499

Analysis of Variable Table					
Source	D.F	Sum of squares	Mean square	F-ratio	Probability
Regression	2	1029754.9	514877.4	11.34	0.0001
Residual	46	21885967.0	466354.8		
Total	47	22915721.9			

R-square = 0.3351

สมการทำนายตัว

$$AME = 1810 + 24.2 \text{ PROTEIN} + 51.5 \text{ FIBER}$$

จากผลการคำนวณค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ของส่วนประกอบทางเคมี จากจำนวนตัวอย่าง 48 ตัวอย่างพบว่า พลังงานใช้ประโยชน์ (AME) มีแนวโน้มของความสัมพันธ์กับ โปรตีน และ เยื่อใย มากกว่าส่วนประกอบที่เหลืออื่นๆ

วิจารณ์ผลการศึกษา

ไก่ทอดอบอาหาร

การใช้ไก่เนื้ออายุ 5-6 สัปดาห์ และไก่รุ่นเพศผู้โตเต็มวัยน้ำหนักประมาณ 2.0-3.5 กิโลกรัม ให้ผลของค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ไม่แตกต่างกันแต่มีวิธีที่ควรนำมาพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพประเทศไทย เช่น ความสะดวกในการดูแลและความสิ้นเปลืองที่จะต้องเลี้ยงไก่เนื้อให้มีอายุเหมาะสมจะทอดอบได้ คืออายุ อย่างน้อย 4 สัปดาห์และมีปัญหาปอดอักเสบที่ไก่จะช่นแฉะ ซ้ำไม่แข็งแรง หรือทอดได้เพียง 1-2 ครั้งก็จะต้องจำหน่ายออกไปและใช้ไก่ชุดใหม่มาทดแทน เปรียบเทียบกับการใช้ไก่เพศผู้ซึ่งมีขนาดที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอาหารทอดอบ ทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศที่เปลี่ยนแปลง และสามารถทอดอบอาหารได้หลายครั้งโดยที่ไม่ต้องเปลี่ยนชุดใหม่

วิธีการเก็บข้อมูล

การใช้วิธีเก็บแบบทั้งหมด (Total collection) ทั้งอาหารที่กินและมูลที่ถ่ายออกมาจะทำให้ง่ายแต่ต้องทำทรงทอดอบที่ป้องกันการสูญเสีย ผลผลิตของอาหารและมูลได้จึงจะให้ผลที่แม่นยำ แต่มีข้อเสียบ้าง เช่น ต้องกำหนดเวลาการให้อาหารและการเก็บมูลให้ได้ช่วงกันพอดี ป้องกันการมีเวลากินอาหารหรือเวลาถ่ายมูลไม่ตรงเวลาเท่ากันซึ่งจะเกิดปัญหาในกรณีที่ใช้ไก่มากเกินไป และมีแรงงานไม่เพียงพอ สำหรับการวิเคราะห์ เช่น โครมิคอล็อกไซด์ เพื่อแก้ปัญหาการเก็บข้อมูลไม่ทันเวลา และไม่ต้องเก็บปริมาณอาหารหรือ ปริมาณมูลทั้งหมด ซึ่งได้ผลดีถ้าสามารถวิเคราะห์หาปริมาณสารนี้ได้สะดวกในห้องปฏิบัติการ แต่ขั้นตอนจะยุ่งยากบ้าง และถึงพบว่าค่าพลังงานที่ประเมินจากการใช้สารบ่งชี้จะต่ำกว่าค่าที่ได้จากการเก็บทั้งหมด ซึ่งอาจจะเกิดจากข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นได้กับการวิเคราะห์สารปริมาณน้อยแต่เขาออกมาคำนวณได้ค่าพลังงานที่ปริมาณมากกว่าหลายเท่าตัว โดยความเกินแล้วไม่แนะนำให้ใช้ถ้าไม่มีความพร้อม

การเตรียมอาหารทอดอบ

มีการเลือกใช้วิธีการเตรียมอาหารทอดอบ อาทิเช่น การใช้อาหารกึ่งบริสุทธิ์ (semi-purified diet) ซึ่งพบว่ามีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์อาหารสัตว์ที่มีข้อจำกัดในการใช้ เช่น ใช้ในปริมาณมากในอาหารสัตว์ไม่ได้ ดังตัวอย่างของปลาป่นที่มีความเค็ม กากถั่วหรือกากเมล็ดฝ้ายที่มีเยื่อใยสูง และไม่แนะนำให้ลี้ยงโดยไม่มีการให้อาหารประเภทอื่น นอกจากนั้นการใช้วัตถุดิบสัตว์มี การพยายามใช้เพื่อลดค่าใช้จ่ายได้เลือกใช้กับวัตถุดิบที่ไม่มีข้อจำกัดในด้านความยากง่าย ความเป็นพิษ การสะดวกในการจัดเนื้อ ซึ่งพบว่าอาหารประเภทรำและปลายข้าวใช้วิธีการนี้ได้ผลดี

การให้อาหารทดสอบ

การเลือกวิธีให้อาหารเพื่อให้ไก่กินอาหารทดสอบได้เป็นปกติหรือใกล้เคียงกับปริมาณก่อนการทดสอบดังเช่นการเลือกให้การจำกัดเวลาการกินอาหารของไก่เพียง 1 ชั่วโมงซึ่งไก่ต้องมีการฝึกหัดมาก่อน จะได้ผลดีกับอาหารที่คิดว่าไก่ไม่ค่อยชอบกินเพราะไก่ไม่ได้กินอาหารนี้มาก่อน และที่กินอาจจะเพราะความเคยชินของเวลาอาหารที่มีเวลาแน่นอนทุกวัน และยังใช้เวลาการทดสอบเพียง 1 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับการ ที่มีข้อจำกัดบ้างเช่นกัน อาทิเช่น ปริมาณที่กินจะน้อยในบางตัวหรือได้ผลที่ต่างออกมาน้อยไม่พอที่จะวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และบางครั้งพบว่าปริมาณมูลมากกว่าปริมาณอาหารที่กิน นอกจากนั้นได้มีการอดอาหารไก่ก่อนได้รับอาหารทดสอบเพื่อให้ระบบทางเดินอาหารไม่มีอาหารอื่นๆตกค้างอยู่ ซึ่งมีรายงานว่า การอดอาหาร 30-34 ชั่วโมงให้ผลที่ยอมรับได้

ในการให้อาหารแบบจำกัดเวลาเมื่อนำมาใช้กับวัตถุดิบที่ไม่มีข้อจำกัดในการใช้จะให้ผลดี แต่ก็มีปัญหาในเรื่องปริมาณอาหารที่กิน ต้องพิจารณาการเลือกวิธีที่เหมาะสมด้วย และการนำวิธีการประเมินค่าพลังงานที่ปรับสมดุลย์ในโคโรเจน และ พลังงานที่แท้จริงจะสามารถเพิ่มความมั่นใจในการพิจารณาวิธีการด้วย

สมการทำนายค่าพลังงานโดยประเมินจากส่วนประกอบทางเคมี

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบวัตถุดิบในทางอาหารสัตว์ใช้ proximate analysis เพื่อประมาณค่าพลังงานพบว่าได้สมการที่ไม่กระชับ เทียบกับตัวอย่างวัตถุดิบที่ได้ทดสอบ และมีค่าความแม่นยำเพียง 0.34 ซึ่งต่ำมาก ส่วนหนึ่งเพราะจำนวนตัวอย่างแต่ละวัตถุดิบมีน้อย และค่าพลังงานที่ใช้จะมาจากวิธีการประเมินค่าพลังงานต่างวิธีกัน อาจจะได้ค่าที่แปรปรวน

สรุป

การศึกษาเทคนิคที่เหมาะสมในการประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ปศุสัตว์ได้ผลดังนี้

1. เปรียบเทียบโดยใช้อาหารทั้งปศุสัตว์หรืออาหารผสม ในไก่เนื้ออายุ 6-8 สัปดาห์หรือไก่เพศผู้ อายุ 6 เดือน ให้การเก็บมูลแบบทั้งหมดหรือการใช้โครมิกซ์ออกไซด์ พบว่า การใช้ไก่เพศผู้ เก็บมูลทั้งหมด 4 วัน เป็นวิธีปฏิบัติได้ง่ายและให้ผลไม่แตกต่างจากการใช้ไก่เนื้ออายุ 6-8 สัปดาห์หรือการใช้โครมิกซ์ออกไซด์

2. วิธีประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์โดยใช้อาหารทดสอบ 1 ชั่วโมงและ 42 ชั่วโมงหลังจากได้อาหาร 34 ชั่วโมงให้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ไม่แตกต่างกัน สามารถเลือกใช้ได้ทั้งสองวิธี ขึ้นอยู่กับการจัดเนื้อสัตว์จะใช้วัตถุดิบนั้นอย่างเดียวหรือต้องผสมแบ่งข้าวโพดเพื่อให้สัตว์ได้

3. การศึกษาพลังงานในรูปพลังงานใช้ประโยชน์แท้จริง (TME) สามารถแสดงประสิทธิภาพการประเมินด้วยวิธีการต่างๆ ได้ชัดเจนกว่าการศึกษาเพียงค่าพลังงานใช้ประโยชน์ปรากฏ (AME)

4. ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ที่ประเมินจากการให้อาหารทั้งปศุสัตว์โดยใช้ไก่เพศผู้ ในวัตถุดิบอาหารสัตว์ ได้แก่ ปลาป่น ถาดถั่วเหลือง ที่เก็บมาจากแหล่งต่างๆ มีค่า 1168-4467 และ 2804-2487 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของวัตถุดิบ ตามลำดับ และพบว่ามีความสัมพันธ์สอดคล้องกับส่วนประกอบทางเคมี

5. ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบที่มีข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์ เช่น ถากเมล็ดธัญพืช ถากเมล็ดพืช ขำสกัด และกากถั่วลิสง ได้ค่าพลังงานเท่ากับ 2186-2728, 3385, 3705, และ 3145-3782 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของวัตถุดิบ ตามลำดับ

6. การคำนวณค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ของส่วนประกอบทางเคมี พบว่า พลังงานใช้ประโยชน์ (AME) มีแนวโน้มของความสัมพันธ์กับ โปรตีน และ เยื่อใย มีค่า r -square เท่ากับ 0.34 และมีสมการทำนายค่า AME (Kcal/kg, DM) = $1810 + 24.2 \text{ PROTEIN} + 51.5 \text{ FIBER}$

เอกสารอ้างอิง

- กองการคั้นคว้านและทอดลง. 2510. ปาล์มน้ำมัน. กรมชลประทาน กระทรวงเกษตร, กรุงเทพฯ. 84 น.
- เลขา สาขารัฐ. 2537. การศึกษาคาแฟหลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริงของวัตถุดิบอาหารสัตว์ และธัญอาหารจำเริญรูปเป็นไก่เนื้ออุบลผล. วิทยาลัยเกษตรสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- บุญด้อม ชีวะอิสระกุล. 2522. ปศุศาสตร์สัตว์. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เชียงใหม่. เชียงใหม่. 258 น.
- ประธาน เติมน้ำ. ณ. กรุงเทพฯ. 2535. การผลิตปาล์ม อารมณ์และความสำเร็จในการใช้กากเมล็ด ปาล์มเป็นอาหารอื่นสำหรับโค. วารสารธุรกิจอาหารสัตว์. 4(10): 79-84.
- พูนสุข ประเสริฐ. เสาวลักษณ์ จิตบรรพเจตกุล และ อริย์ พันพงษ์กิตติกุล. 2533. กระบวนการ ผลิต การใช้ประโยชน์วัตถุดิบเหลือทิ้งและคุณลักษณะน้ำทิ้งจากโรงงานปาล์มน้ำมัน. วารสารสงขลานครินทร์. 12(1): 169-178.
- พุทธนา ศิริวิธนาบุญ. 2535. ผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มในอาหารต่อภาวะเจริญเติบโตและ ลักษณะซากของสุกร. วารสารสงขลานครินทร์. 9(4) : 437-443.
- พุทธนา ศิริวิธนาบุญ. 2531. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มเสริมด้วยกรดอะมิโนสังเคราะห์แทน ไขมันในอาหารสุกร การใช้วัตถุดิบใช้เป็นอาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 323 น.
- วินัย ประพนธ์กาญจน์, วรวิทย์ วชิราภิชาติ, ชุตสาห์ จันทร์อำไพ และ บุญธรรม พุฒานันท์. การศึกษาระดับที่เหมาะสมของการปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารไก่กระต๊อ. วารสาร สงขลานครินทร์. 5(4): 331-338.
- วินัย ประพนธ์กาญจน์, เสาวนิต คูประเสริฐ, สุรพล ชลคำรงค์กุล และ สมเกียรติ พงษ์รักข์. 2528. ผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ ในสูตรอาหารสุกรขุน. วารสาร สงขลานครินทร์. 7(2): 137-144.
- ศิริกุล ระจินตรา. 2537. โภชนศาสตร์สัตว์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 141 น.
- เสาวนิต คูประเสริฐ, วินัย ประพนธ์กาญจน์, สุรพล ชลคำรงค์กุล และ สุจิตร์ ชลคำรงค์กุล. 2535. ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพของกากปาล์มน้ำมัน. วารสาร สงขลานครินทร์. 9(2): 163-167.
- อุทัย คัมภีร์. 2529. อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก. ภาควิชาสัตวบาล คณะ เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, นครปฐม. 279 น.

- A.P.I.A. 1985. Procedure for ME determination. Australian Poultry Industries Association, Circular Letter, August, 1985.
- Crampton, S.P. and L.E. Harris. 1969. Applied Animal Nutrition. อ้างอิงโดย ศิริกุล วรจันทร์. เทคโนโลยีอาหารสัตว์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 124 น.
- Farrell, D.J. 1978. Rapid determination of metabolizable energy of foods using cockerels. *Br. Poult. Sci.* 19:303-308.
- Farrell, D.J. 1980. The "Rapid Method" of measuring the metabolizable energy of feedstuffs. *Feedstuffs*, 52(45) 24,26.
- Farrell, D.J. and C. Ayenda. 1985. Rapid method for determining metabolizable energy of poultry feedstuffs using adult cockerels. Department of Biochemistry, Microbiology and Nutrition, University of New England, New South Wales. 4 p.
- Mollah Y., W.L. Bryden, I.R. Wallis, D. Balnava and E.F. Annison. 1983. Studies on low metabolizable energy wheats for poultry using conventional and rapid assay procedures and the effects of processing. *Br. Poult. Sci.* 24:81-89.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 แสดงค่าพลังงานเคมีจากการวัดด้วยเครื่องมือต่างชนิดกัน

ตัวอย่าง	Ballistic Bomb Calori meter	Adiabatic Bomb Calori meter
ข้าวสาลี 1	4168.2	4030.9
ข้าวสาลี 2	4312.9	4082.1
ข้าวสาลี 3	4488.4	4066.7
กากปาล์ม 1	4550.8	4475.7
กากปาล์ม 2	4608.0	4515.0
กากปาล์ม 3	4716.2	4548.9
มูลไก่ 1	3534.0	3516.7
มูลไก่ 2	3492.1	3633.5
มูลไก่ 3	3615.5	3544.3
มูลไก่ 4	3823.1	3611.1
มูลไก่ 5	3416.7	3543.8
มูลไก่ 6	3601.9	3619.4
มูลไก่ 7	3683.4	3546.5
มูลไก่ 8	3730.2	3495.3
มูลไก่ 9	3573.0	3517.8
มูลไก่ 10	3320.8	3346.9
มูลไก่ 11	3503.3	3511.6
มูลไก่ 12	3560.2	3611.7
มูลไก่ 13	3745.8	3645.0
มูลไก่ 14	3721.9	3524.3
มูลไก่ 15	3659.6	3562.7
มูลไก่ 16	3775.4	3685.1
มูลไก่ 17	3618.7	3532.1
มูลไก่ 18	3417.0	3440.2
มูลไก่ 19	3574.8	3558.5

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ) แรดงค่าพลังงานดินจากเกาะวัดด้วยเครื่องมือต่างชนิดกัน

ตัวอย่าง	Ballistic Bomb	Adiabatic Bomb
	Calori meter	Calori meter
มูลไก่ 20	3938.7	3534.8
มูลไก่ 21	3883.3	3588.3
มูลไก่ 22	4025.3	3580.4
มูลไก่ 23	3706.0	3542.8
มูลไก่ 24	3916.3	3638.8
มูลไก่ 25	3559.7	3683.4
มูลไก่ 26	3287.3	3665.1
มูลไก่ 27	3839.8	3702.0
มูลไก่ 28	3111.8	3547.0
มูลไก่ 29	3430.7	3579.1
มูลไก่ 30	3429.4	3632.7
มูลไก่ 31	3729.2	3615.9
มูลไก่ 32	3814.8	3688.2
มูลไก่ 33	3688.5	3557.8
มูลไก่ 34	3746.8	3582.1
มูลไก่ 35	3833.4	3534.4
มูลไก่ 36	3744.5	3583.8
มูลไก่ 37	4130.9	4059.4
มูลไก่ 38	3947.2	3983.8
มูลไก่ 39	4168.7	4207.5
มูลไก่ 40	4104.1	4089.7
มูลไก่ 41	4146.7	4214.3
มูลไก่ 42	3992.9	4051.2
มูลไก่ 43	3863.8	4088.1
มูลไก่ 44	3783.5	3991.1
มูลไก่ 45	4021.7	4092.9

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ) แสดงค่าพลังงานดิบจากการวัดด้วยเครื่องมือต่างชนิดกัน

ตัวอย่าง	Balistic Bomb	Adiabatic Bomb
	Calori meter	Calori meter
มูลไก่ 46	3911.4	4099.4
มูลไก่ 47	4028.8	4167.8
มูลไก่ 48	3982.9	4000.7
มูลไก่ 49	4794.8	4465.9
มูลไก่ 50	4572.3	4400.3
มูลไก่ 51	4806.4	4537.9
มูลไก่ 52	4719.3	4531.2
มูลไก่ 53	4602.6	4295.2
มูลไก่ 54	4374.7	4164.8
มูลไก่ 55	3486.7	3789.9
มูลไก่ 56	3439.2	3776.4
มูลไก่ 57	3683.5	3858.4
มูลไก่ 58	3603.8	4113.6
มูลไก่ 59	3827.3	3820.2
มูลไก่ 60	3714.7	3844.4
มูลไก่ 61	3739.9	3894.3
มูลไก่ 62	3796.7	3780.3
มูลไก่ 63	3768.8	3723.0
มูลไก่ 64	3842.6	3723.0
มูลไก่ 65	3672.0	3725.4
มูลไก่ 66	3808.3	3768.3
มูลไก่ 67	4396.7	4349.1
มูลไก่ 68	4277.0	4415.7
มูลไก่ 69	4684.4	4483.7
มูลไก่ 70	4585.8	4541.9
มูลไก่ 71	4360.1	4236.8
มูลไก่ 72	4556.8	4235.8

ตารางผนวกที่ 2 แสดงส่วนประกอบทางเคมี และ พลังงานใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบอาหารสัตว์

ตัวอย่าง	เถ้า	ไขมัน	เยื่อใย	โปรตีน	NFE	พลังงาน
FM 01	21.43	4.52	0.75	61.36	2.1	4467
FM 02	23.0	11.3	0.57	55.7	2.06	4630
FM 03	27.35	6.57	0.6	54.84	1.78	1168
FM 04	22.83	6.62	0.44	59.65	0.96	2404
FM 05	25.05	5.22	0.26	57.12	1.44	1939
FM 06	27.58	5.22	0.36	57.12	1.06	1235
FM 07	27.83	6.68	0.62	52.91	1.15	2903
FM 08	25.39	5.44	0.4	57.44	1.89	3007
FM 09	24.53	5.06	0.13	55.66	2.33	3991
FM 10	18.53	9.97	0.06	62.22	2.72	3084
FM 11	26.62	8.1	0.65	51.67	4.18	3792
FM 12	31.13	2.96	1.13	49.31	2.79	2674
SBM 01	8.73	1.43	4.54	48.4	38.8	2864
SBM 02	6.86	1.6	5.24	48.9	37.4	2886
SBM 03	7.81	3.9	4.58	50.67	33.24	3079
SBM 04	8.92	1.44	5.31	49.02	37.31	2990
SBM 05	8.34	1.61	5.39	50.3	36.37	3244
SBM 06	6.88	1.75	4.26	50.14	36.96	3340
SBM 07	7.94	2.24	5.81	49.24	34.77	3100
SBM 08	6.78	0.73	4.76	49.75	37.98	3281
SBM 09	8.48	2.25	4.95	51.39	32.85	3487
SBM 10	8.99	1.06	6.42	62.21	32.31	2885
กากหมัก 1	8.5	1.5	14.91	37.62	37.77	2186
กากหมัก 2	8.27	1.68	14.93	33.73	41.39	2726
กากพืช	7.28	3.4	11.28	41.98	36.06	3398
ถั่วลิสง 1	8.29	0.47	10.92	46.73	33.59	3782
ถั่วลิสง 2	6.98	3.37	8.67	46.35	35.63	3145
ถั่วลิสง 3	7.05	2.09	9.27	41.43	40.16	3151

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ) แสดงส่วนประกอบทางเคมี และ พลังงานใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบ
อาหารสัตว์

ตัวอย่าง	เดือ	ไขมัน	เยื่อใย	โปรตีน	NFE	พลังงาน
ตัวอย่าง 4	8.81	0.94	8.02	40.71	41.51	3526
PALM 17	3.2	3.36	3.36	11.22	72.87	2506
PALM 18	4.87	9.88	3.32	7.97	73.96	1640
PALM 19	5.19	13.57	3.27	6.76	71.27	1975
PALM 20	4.64	12.85	3.21	6.66	72.05	1588
PALM 21	4.47	11.85	3.21	6.82	73.7	1453
PALM 22	4.84	9.96	3.34	6.56	78.3	1571
PALM 23	5.34	11.42	3.22	7.37	72.55	1733
PALM 24	4.66	11.71	3.25	7.19	72.99	1920
PALM 25	4.75	13.79	3.43	6.91	71.22	2263
PALM 26	4.58	12.01	3.33	13.62	66.46	2517
PALM 27	6.07	10.99	3.32	13.8	68.82	2424
PALM 28	4.85	7.99	3.29	14.81	69.26	1513
PALM 30	4.56	11.13	3.34	14.11	66.84	2000
PALM 31	4.89	8.89	3.32	14.18	68.71	2328
รำละเอียด	10	2.04	10.24	14.45	63.27	3705
รำสกัด 1	6.66	0.97	9.84	16.1	64.43	2568
รำสกัด 2	6.72	1.53	9.19	15	64.56	2332
รำสกัด 3	11.31	0.22	14.36	16.77	57.35	1878

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบและค่าพลังงาน
ใช้ประโยชน์ โดยวิธี RSQUARE TEST

Number in	R-square	Cpl	Variables in Model
4	0.350	4.052	PROT FAT NFE ASH
4	0.346	4.257	FAT NFE ASH FIBER
4	0.344	4.429	PROT NFE ASH FIBER
4	0.342	4.558	PROT FAT ASH FIBER
4	0.340	4.680	PROT FAT NFE FIBER
5	0.350	5.000	PROT FAT NFE ASH FIBER

ตารางผนวกที่ 4 แสดงการพิจารณาความสัมพันธ์ของส่วนประกอบทางเคมีและพลังงานใช้ประโยชน์
โดยวิธี STEPWISE PROCEDURE

Step 1 Variable PROT Entered R-square = 0.27512195 Cpl = 2.97078682

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	1	9055837.7	9055837.7	17.48	0.0001
Error	46	23850884.3	518493.1		
Total	47	32915721.9			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type III Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEPT	1949.7	209.5	44899844.7	88.56	0.0001
PROTEIN	21.8	5.2	9055837.7	17.48	0.0001

Bounds on condition number: 1. 1.

Step 2 Variable FIBER Entered R-square = 0.33509078 C(p) = 0.99318792

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	2	11029754.9	5514877.4	11.34	0.0001
Error	45	21885967.0	486354.8		
Total	47	32915721.9			

Variable	Parameter	Standard	Type II	F	Prob>F
	Estimate	Error	Sum of Squares		
INTERCEPT	1610.7	263.9	18160206.9	37.34	0.0001
PROTEIN	24.2	5.2	10608814.7	21.81	0.0001
FIBER	61.5	25.6	1973917.2	4.06	0.0499

Bounds on condition number 1.059733, 4.238932



ภาพประกอบที่ 2 แสดงการผสมอาหารด้วยเครื่องผสมอาหาร



ภาพประกอบที่ 1 แสดงการผสมน้ำกับยาฉีดเพื่อทำการฉีดเนื้อ



รูปที่ 2.2 แสดงการผสมอาหารหอยด้วยเครื่องผสมอาหาร



ภาพตอนที่ 3 แสดงการแปรรูปวัสดุธรรมชาติด้วยเครื่องอัดไม้



ภาพผนวกที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณอาหารจืดของจากข้าวสาลี 3 ตัวอย่าง ในการ
การชงแม่ไก่ตัว



ภาพรวมครั้งที่ ๕ แสดงการเปรียบเทียบปริมาณอาหารมาตรฐาน (เม็ดพ่น) กับอาหารที่คอง
(สกราดัง)



ภาพผนวกที่ ๕ แสดงปริมาณอาหารที่ให้อาหารไก่ในระหว่างทดลอง และระหว่างพัก



ภาพผนวกที่ ๖ แสดงลักษณะการกักขังไก่ ในระหว่างการเก็บข้อมูลจากการให้อาหารทดลอง



ภาพหมวดที่ 8 แสดงการเปลี่ยนขนาดของพืชจากต้นกล้าเข้าสู่ต้นกล้า



ภาพหมวดที่ 9 แสดงการจัดปริมาณพืชที่ผ่านการชำเมล็ดแล้ว



ภาพที่ 10 แสดงการประกอบเครื่องวัด



ภาพที่ 11 แสดงการประกอบเครื่องวัดอุณหภูมิ



ภาพหมายเลข 12 แสดงเครื่อง Bomb Calorimeter



ภาพหมายเลข 13 แสดงการจัดเรียงตัว Blank, ถังบรรจุ Beewile solid และเมล็ดพืชเพื่อการหา
Gross Energy

