

# สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและการย่อยได้ของวัตถุดิบ

อาหารสัตว์ในสุกร

Studies on Chemical Composition and Digestibility of

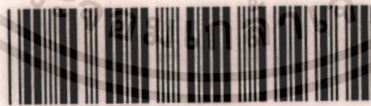
Feedstuffs in Swine

โดย

นางนภาพันธุ์ ไชยวงศ์

นายรณชัย สิทธิไกรพงษ์

นางสาวจรรยา คงฤทธิ



T034398

RCH

SF

396.5

พ.ศ. 2542

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2542

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....**34398**  
วัน, เดือน, ปี.....**1 พ.ย. 2542**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทคัดย่อ

### เรื่อง

การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและการย่อยได้ของวัตถุดิบ

อาหารสัตว์ในสุกร

**Studies on Chemical Composition and Digestibility of**

**Feedstuffs in Swine**

การศึกษานี้ทำการเก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์จำนวน 10 ชนิดแบ่งเป็นวัตถุดิบอาหารแหล่งโปรตีน 5 ชนิดและวัตถุดิบอาหารแหล่งพลังงาน 5 ชนิด ชนิดละ 6 ตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ทำการสุ่มตัวอย่างวัตถุดิบอาหารที่เก็บมาชนิดละ 1 ตัวอย่าง เพื่อใช้หาการย่อยได้โดยใช้สุกรพันธุ์ลาร์จไวท์เพศผู้น้ำหนักประมาณ 30 กิโลกรัม จำนวน 30 ตัว เลี้ยงบนกรงเมตาบอลิก ตัวอย่างวัตถุดิบอาหารละ 3 กรัม ใช้สุกรซ้ำละ 1 ตัว ทำการเก็บตัวอย่างอาหาร มูลและปัสสาวะของสุกรแล้วนำมาวิเคราะห์และคำนวณหาการย่อยได้ของตัวอย่างวัตถุดิบอาหารต่างๆ ได้ผลดังนี้ วัตถุดิบอาหารแหล่งโปรตีน มีค่าทางชีวภาพของโปรตีน ค่าโปรตีนที่ใช้ประโยชน์ได้สุทธิ ค่าพลังงานการย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 81.54 - 96.64 เปอร์เซ็นต์ , 17.93 - 73.48 เปอร์เซ็นต์ , 2367.83 - 2938.04 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และ 2272.89 - 2868.82 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนวัตถุดิบอาหารแหล่งพลังงานมีค่าทางชีวภาพของโปรตีน ค่าโปรตีนที่ใช้ประโยชน์ได้สุทธิ ค่าพลังงานย่อยได้ และ พลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 77.33 - 92.47 เปอร์เซ็นต์ , 34.06 - 50.76 เปอร์เซ็นต์ 2225.18 - 3518.02 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และ 2200.76 - 3494.85 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ

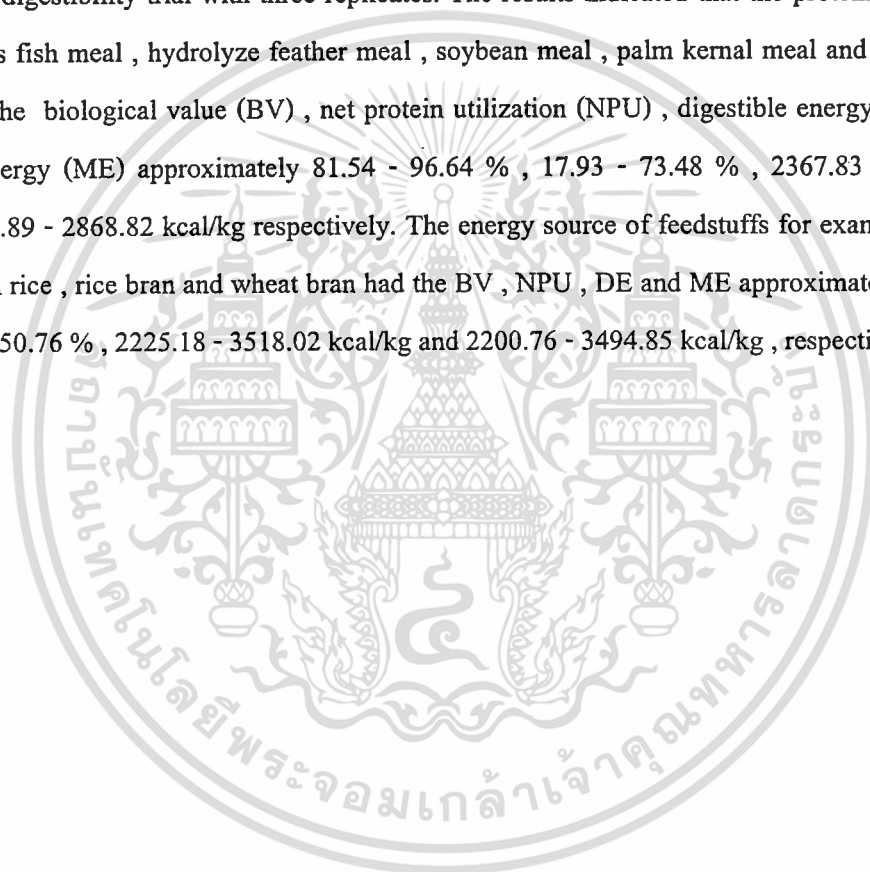
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ABSTRACT

### Studies on Chemical Composition and Digestibility of

### Feedstuffs in Swine

This experiment was carried out to studies on chemical composition and digestibility of some feed ingredients in swine. Ten samples of feed ingredient with six replicates were proximate analysed for chemical compositions. Also the samples of ten ingredients were fed to growing pigs, 30 kilogram of body weight, for digestibility trial with three replicates. The results indicated that the protein source of feedstuffs such as fish meal , hydrolyze feather meal , soybean meal , palm kernal meal and sunflower seed meal , had the biological value (BV) , net protein utilization (NPU) , digestible energy (DE) and metabolizable energy (ME) approximately 81.54 - 96.64 % , 17.93 - 73.48 % , 2367.83 - 2938.04 kcal/kg and 2272.89 - 2868.82 kcal/kg respectively. The energy source of feedstuffs for example corn , sorghum , broken rice , rice bran and wheat bran had the BV , NPU , DE and ME approximately 77.33 - 92.47 % , 34.06 -50.76 % , 2225.18 - 3518.02 kcal/kg and 2200.76 - 3494.85 kcal/kg , respectively.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำนิยม

โครงการวิจัยเรื่องการศึกษาสวนประกอบทางเคมีและการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ในสุกร  
ในครั้งนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทเงินงบประมาณประจำปี 2539 ในการดำเนินการวิจัย  
ทำนี้ขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องที่ช่วยในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นภาพันท์ ไชยวงศ์

สิงหาคม 2542



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	11
ผลการศึกษาและวิจารณ์	15
สรุป	28
เอกสารอ้างอิง	29



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ปริมาณเยื่อใยในดอกหญ้าที่มีอิทธิพลต่อการย่อยได้	9
2. เฟอร์เซ็นของเยื่อใยที่มีอิทธิพลต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ใน สัตว์ต่างชนิดกัน	10
3. แสดงอาหารที่ใช้ทดลองการย่อยได้	13
4. ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างปลาป่น	15
5. ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างขนไก่ป่น	16
6. ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างกากถั่วเหลือง	17
7. ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างกากปาล์ม น้ำมัน	18
8. ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่าง กากเมล็ดทานตะวัน	19
9. ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างข้าวโพด	20
10. ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างข้าวฟ่าง	21
11. ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างปลายข้าว	22
12. ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างรำละเอียด	23
13. ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างรำข้าวสาลี	24
14. การย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารสุกร	25

## การศึกษาส่วนประกอบทางเคมี และการย่อยได้ของวัตถุดิบ

### อาหารสัตว์ในสุกร

#### Studies on Chemical Composition and Digestibility of

#### Feedstuffs in Swine

### คำนำ

อาชีพการเลี้ยงสุกรในประเทศไทย เริ่มประสบปัญหาด้านต้นทุนค่าอาหารสัตว์ที่เพิ่มสูงขึ้นมาก ซึ่งถือเป็นต้นทุนส่วนใหญ่ในการเลี้ยงสุกรประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ของการผลิต สาเหตุสำคัญเนื่องมาจากวัตถุดิบอาหารสัตว์ในประเทศ โดยเฉพาะวัตถุดิบที่มีคุณภาพสูงและ ใช้ในปริมาณมากๆมีราคาแพงขึ้น และมีปริมาณไม่เพียงพอ เช่นข้าวโพด กากถั่วเหลือง และ ปลาป่น เป็นต้น ตลอดจนการขาดข้อมูลพื้นฐานในการนำวัตถุดิบคุณภาพต่ำที่มีราคาถูกมาใช้ให้มากขึ้น การประกอบสูตรอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพสูงแต่ราคาถูกหรือเหมาะสม จำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีที่ทันสมัย เช่นการคำนวณสูตรอาหารราคาถูกด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ รวมทั้งข้อมูลส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารที่เที่ยงตรงและเหมาะสมกับวัตถุดิบที่มีภายในประเทศ เช่น เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ ปริมาณพลังงานที่ย่อยได้และพลังงานที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ นับเป็นสิ่งที่จำเป็นอันจะช่วยลดต้นทุนการผลิตสุกรดังกล่าวได้

ดังนั้นการศึกษการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ในสุกร ย่อมเป็นแนวทางที่สำคัญในทางปฏิบัติ ช่วยให้ประเมินคุณค่าของวัตถุดิบอาหารสัตว์ในสุกร ได้ดีขึ้นอันจะเป็นผลให้สามารถนำวัตถุดิบอาหารสุกรที่มีคุณค่าต่ำหรือมีความผันแปรสูงซึ่งมักจะถูกละเลยมาใช้เป็นวัตถุดิบในการประกอบสูตรอาหารสุกรได้อย่างเหมาะสมด้วยค่าความปลอดภัยที่เหมาะสมได้มากขึ้น อันเป็นแนวทางในการช่วยลดต้นทุนค่าอาหารสุกรลงได้

### วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาถึงส่วนประกอบทางเคมี และการย่อยได้ของโภชนะในวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดโดยใช้สุกรรุ่นเป็นตัวทดสอบ

## การตรวจเอกสาร

### การย่อยได้ (Digestibility)

การย่อยได้ของอาหาร เป็นการประเมินคุณภาพอาหารวิธีหนึ่ง ซึ่งหมายความว่า เมื่อสัตว์กินอาหารชนิดใดชนิดหนึ่งเข้าไป จะสามารถย่อยโภชนะต่างๆ ในอาหารชนิดนั้นได้เท่าใด วิธีนี้ต้องทดลองกับสัตว์ทดลองนอกจากนั้นต้องอาศัยความรู้ทางการวิเคราะห์อาหารโดยวิธีประมาณควบคู่ไปด้วย เพื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารสัตว์เนื่องจากอาหารหรือ โภชนะแต่ละชนิดจะมีการย่อยได้ที่แตกต่างกันจึงทำให้มีคุณภาพต่างกันด้วย

โดยทั่วไปข้อมูลการย่อยได้ของอาหารนั้นเป็นข้อมูลการย่อยได้ที่ไม่แท้จริง (Apparent Digestibility) เนื่องจากโภชนะต่างๆ ที่เหลืออยู่ในอุจจาระไม่ใช่โภชนะที่มาจากอาหารเพียงอย่างเดียว แต่จะเป็นส่วนของเนื้อเยื่อผิวของลำไส้ แบคทีเรีย ในลำไส้และเอนไซม์จากร่างกายสัตว์รวมอยู่ด้วย สิ่งเหล่านี้จะเป็นโปรตีนที่มาจากร่างกายที่มีผลทำให้ค่าการย่อยได้ของอาหารผิดไปจากความเป็นจริง ส่วนการย่อยได้ที่แท้จริง (True Digestibility) จะต่างจากการย่อยได้ที่ไม่แท้จริง คือ ค่าของโภชนะที่คำนวณได้นั้นจะเป็นโภชนะที่มาจากอาหารเพียงแหล่งเดียว ไม่รวมสิ่งที่ขับออกมาจากร่างกาย (เสาวนิต, 2527)

เสาวนิต (2527) แบ่งสัตว์ที่นำมาทดลองหาการย่อยได้ออกเป็น 2 พวกใหญ่ๆ ดังนี้

1. สัตว์กระเพาะรวม ได้แก่ แกะ แพะ โด สัตว์พวกนี้สามารถสวมถุงเก็บมูลได้ และใช้กรงทดลองการย่อยได้อย่างง่ายๆ โดยด้านล่างของกรงไม่จำเป็นต้องมีภาชนะสำหรับรองมูลแต่อาจมีภาชนะสำหรับรองปัสสาวะ หากจะนำไปวิเคราะห์ด้วย
2. สัตว์กระเพาะเดี่ยว ได้แก่ สุกร จะใช้กรงสำหรับทดลองการย่อยได้ ซึ่งด้านล่างของกรงจะมีภาชนะสำหรับแยกมูล และปัสสาวะออกจากกัน เนื่องจากสุกรมีสรีระที่ไม่เหมาะสมสำหรับสวมถุงเก็บมูล ส่วนสัตว์ปีกจำพวกเป็ด ไก่ มีท่อนำมูลและปัสสาวะเป็นท่อเดียวกันจึงทดลองหาการย่อยได้ยากมาก อาจทำได้โดยการผ่าตัดแยกท่อนำมูลและท่อปัสสาวะออกจากกัน

### วิธีการทดลองหาการย่อยได้

การประเมินคุณภาพอาหารสัตว์ มีหลายวิธี วิธีหนึ่งที่นิยมก็คือการหาค่าการย่อยได้ของอาหาร ซึ่งสัดส่วนโภชนะที่ย่อยได้นี้ปกติจะบ่งบอกในรูปเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง เรียกว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (Digestibility Coefficient)

$$\text{True Digestibility Coefficient} = [I - (F - E) \times 100] / I$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $I$  = ปริมาณโภชนะในอาหารที่กิน (Intake)

$F$  = ปริมาณโภชนะในมูลที่ถ่ายออกมา (Faeces)

$E$  = ปริมาณโภชนะใน Endogeneous faecal substance

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะที่คำนวณได้โดยวิธีนี้ ถือว่าเป็นสัดส่วนของโภชนะที่ไม่ได้ถูกขับออกมาทางมูล เท่ากับส่วนที่ถูกดูดซึมได้นั้นนับว่ายังไม่ถูกต้องเพราะสิ่งที่ขับออกมาในมูลไม่ได้มาจากอาหารทั้งหมด แต่มาจากส่วนของร่างกายสัตว์ด้วย (บุญล้อม, 2527) แต่โดยทั่วไปการย่อยได้ของอาหารนั้นเป็นข้อมูลการย่อยได้ที่ไม่แท้จริง (Apparent Digestibility) เนื่องจากการหาค่าการย่อยได้ที่ไม่แท้จริงของสัตว์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับระบบทางเดินอาหาร และวิธีการให้อาหารที่ต่างกันไปด้วยซึ่งมีวิธีดังนี้

### 1. การหาค่าการย่อยได้โดยตรง (Direct digestibility)

เป็นการให้อาหารทดลองเพียงอย่างเดียว ได้แก่พืชอาหารสัตว์ เช่น พืชสด พืชแห้ง เป็นต้น ชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงชนิดเดียว และการทดลองโดยวิธีนี้สามารถทราบน้ำหนักที่แน่นอนของอาหารที่ทดลองให้กิน อาหารเหลือกิน และจำนวนมูลที่ถ่ายออกมาในแต่ละวัน วิธีนี้ใช้ได้กับสัตว์ทดลองจำพวก แกะ แพะ โด และสัตว์เหล่านี้ต้องมีระบบทางเดินอาหารที่ทำงานได้สมบูรณ์แล้ว

### 2. การหาค่าการย่อยได้โดยอาศัย Indicator (Indicator method)

ในสภาพที่ขาดเครื่องมือที่เหมาะสมในสภาพการทดลองบางชนิดที่ไม่สามารถวัดปริมาณอาหารที่กินหรือมูลที่ขับออกมาได้เช่น กรณีที่เลี้ยงสัตว์เป็นฝูง เราสามารถหาค่าการย่อยได้โดยอาศัย Indicator

Indicator อาจเป็นสิ่งมีอยู่ในอาหารนั้นตามธรรมชาติ (Natural indicator หรือ internal indicator) เช่น ลิกนิน หรืออาจเป็นสารที่เติมลงไปก็ได้ (External indicator) ซึ่งตัวที่นิยมได้แก่ Chromic Oxide ( $Cr_2O_3$ ) Ferric Oxide ( $FeO_2$ )

สารที่ใช้เป็น Indicator ควรจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- ไม่ถูกย่อย ไม่ถูกดูดซึม (Fully recoverable)
- ผ่านทางเดินอาหารสม่ำเสมอ
  - ไม่มีฤทธิ์เป็นยา
  - วิเคราะห์ทางเคมีได้ง่าย

มีหลักการคือ ทำการคัดเลือกสัตว์ทดลองที่มีอายุขนาดและน้ำหนักใกล้เคียงกัน ต้องเป็นสัตว์ที่มีสุขภาพดีไม่ตื่นตกใจง่าย ปกตินิยมใช้สัตว์ตัวผู้เพื่อสะดวกในการเก็บมูลและแยกปัสสาวะไม่ให้ปะปน

กับมูลได้ง่าย จำนวนสัตว์ที่ใช้ในการทดลองควรมากกว่า 1 ตัวเพราะแม้จะอยู่ใน Species อายุและเพศเดียวกันก็มีความสามารถในการย่อยได้ต่างกัน การมีจำนวนซ้ำมากจะทำให้ค่าที่ได้มีความแม่นยำยิ่งขึ้น อาหารที่ให้ควรทำการผสมให้ทั่วและเตรียมไว้ให้เพียงพอก่อนเริ่มการทดลองเพื่อว่าองค์ประกอบจะได้สม่ำเสมอ การให้อาหารควรให้เวลาเดียวกันทุกวันและปริมาณที่ให้กินในแต่ละวันควรจะเท่ากันเพราะถ้าไม่เท่ากัน เช่น มีอสุคท้ายให้มากกว่าปกติมูลที่ขับออกมาอาจยืดเวลาออกไปจนถึงระยะเล็เก็บมูลได้ ทำให้มีอุจจาระที่น้อยกว่าความเป็นจริง เป็นเหตุให้ค่าการย่อยได้สูงเกินไป

การใช้ Indicator ไม่จำเป็นต้องทราบน้ำหนักของอาหารที่กินและมูลที่ขับออกก็ได้ เพราะถ้าเราสามารถทราบความเข้มข้นของ Indicator ในอาหารและในตัวอย่างมูลของสัตว์แต่ละตัว สัดส่วนของความเข้มข้นจะบ่งบอกถึงการย่อยได้เช่น ถ้าความเข้มข้นของ Indicator ในอาหารเท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์อาหารนั้นก็จะถูกย่อยได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ดังสมการ

$$\% \text{ Digestibility of Dry Matter} = \left[ \frac{\% \text{ Indicator ในมูล} - \% \text{ Indicator ในอาหาร}}{\% \text{ Indicator ในมูล}} \right] \times 100$$

ในกรณีที่ต้องคำนวณค่าการย่อยได้ของโภชนะตัวอื่นนอกเหนือจากวัตถุแห้ง บัญล้อม (2527) แนะนำให้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโภชนะนั้น ทั้งในอาหารและในมูลแล้วคำนวณหาค่าการย่อยได้โดยใช้สูตร

$$\text{การย่อยได้ของโภชนะ} = 100 - 100 \left[ \frac{\% \text{ Indicator ในอาหาร}}{\% \text{ Indicator ในมูล}} \times \frac{\% \text{ โภชนะในมูล}}{\% \text{ โภชนะในอาหาร}} \right]$$

Schiawon *et al.* (1996) ทำการศึกษาการย่อยได้แบบเก็บทั้งหมด (Total collection method) โดยใช้ Chromic Oxide เป็น Indicator โดยเปรียบเทียบ 2 ช่วงคือ ช่วง Adaptation และช่วง Collection periods พบว่าการเก็บทั้งหมดในช่วง Adaptation periods สามารถทำให้การย่อยได้เพิ่มขึ้น

### 3. การย่อยได้โดยวิธีทางอ้อม (Indirect digestibility)

ในการหาการย่อยได้ของอาหารกับสัตว์เคี้ยวเอื้องในบางครั้งเราไม่สามารถให้อาหารอย่างเดียวก่อนแล้วได้ ตัวอย่างเช่น ในการทดลองหาการย่อยได้ของเมล็ดฝ้ายในวัว สัตว์อาจล้มป่วยลงได้เนื่องจากการทำงานของระบบย่อยผิดปกติหรือถ้าหากสัตว์ไม่ป่วยค่าที่ได้ อาจไม่ใช่ค่าการย่อยได้ของเมล็ดฝ้ายที่แท้จริง ฉะนั้นในการทดลองหาการย่อยได้ของอาหารขึ้นกับสัตว์เคี้ยวเอื้องจำเป็นต้องให้อาหารหยาบมา

ก่อน ผลแตกต่างของการย่อยได้ของอาหารชั้น ซึ่งการย่อยได้ของอาหารวิธีนี้เรียกว่า Indirect method (ภาสกร,2529)

บุญล้อม (2527) กล่าวว่า สามารถหาการย่อยได้โดยกระทำการวัดโดยทดลองกับตัวสัตว์อาจใช้วิธีในห้องปฏิบัติการ คือ Conventional ซึ่งหลักการคล้ายกับ Indirect method การทดลองนี้จะต้องทราบปริมาณที่แน่นอนของอาหารที่กินและมูลที่ขับออกซึ่งในระหว่างการทดลองนั้นจะต้องทำการบันทึกอาหารที่กินและมูลที่ขับออกทุกวัน

Cherian *et al.* (1988) กล่าวว่า การหาการย่อยได้โดยวิธี Conventional เป็นวิธีการหาการย่อยได้ที่เสียค่าใช้จ่ายสูง เสียเวลา สิ้นเปลืองอาหารผลที่ได้ก็ไม่แน่นอนไม่เหมาะจะนำมาใช้ อุทัย (2529) กล่าวว่า Indirect digestibility คือ การหาการย่อยได้ของอาหารชั้นในสัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นวิธีทางอ้อมโดยครั้งแรกต้องหาการย่อยได้ทั้งสองครั้งเพื่อนำมาคำนวณหาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอาหารชั้น

นอกจากนี้ยังสามารถหาการย่อยได้โดยระบบ *In vitro* หลักการสำคัญในการวิเคราะห์โดยระบบ *In vitro* คือการลอกเลียนแบบสภาวะภายในทั้งหมดให้เหมือนกับในระบบย่อยได้ของสัตว์จริงๆ การวิเคราะห์แบบ *In vitro* สามารถจัดแบ่งเป็น 2 กลุ่มดังนี้

1. การทดลองเพื่อวัด End-Product หรือ Metabolites ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือที่สลับซับซ้อน
2. การวิเคราะห์การย่อยได้ของตัวอย่างพืชอาหารสัตว์ซึ่งส่วนนี้จะไม่ยุ่งยากสลับซับซ้อนมากนัก

การวิเคราะห์การย่อยได้ในระบบ *In vitro* นี้จะอำนวยความสะดวกให้กับผู้วิเคราะห์ไม่ว่าจะเป็นในด้านเวลา การลงทุน และความสะดวกรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการวิเคราะห์โดยระบบ *In vivo* ซึ่งเป็นการทดลองกับสัตว์โดยตรงและการทดลองแบบ *In vivo* จะมีค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่าเนื่องจากความยุ่งยากหลายอย่างในการทดลองซึ่งจะได้ค่าใกล้เคียงความจริงน้อยกว่าวิธี *In vitro*

*In vitro* ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวจะหาการย่อยได้ได้แต่เฉพาะส่วนของโปรตีน ซึ่งอาจทำได้โดยใช้เอนไซม์เปปซินและกรดเกลือมาย่อยผลที่ได้อาจแตกต่างจากการย่อยได้ในสัตว์จริงบ้าง เพราะการย่อยได้ในสัตว์เกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ Protease หลายชนิดร่วมกัน บุญล้อม (2527) รายงานว่าการใช้เอนไซม์ที่มีขายกันเป็นการค้าคือ Porcine pancreatic Trypsin ; bovine pancreatic chymotrypsin ; porcine intestinal peptidase protease from *Streptomyces griseus* ย่อยอาหารจะทำให้ได้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่ย่อยได้จริงในสัตว์โดยมีค่า Correlation = 0.9 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของโปรตีนจากพืชและอาหารโปรตีนจากพืชกับสัตว์ร่วมกัน

## ยอดโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (Total Digestibility Nutrient, TDN)

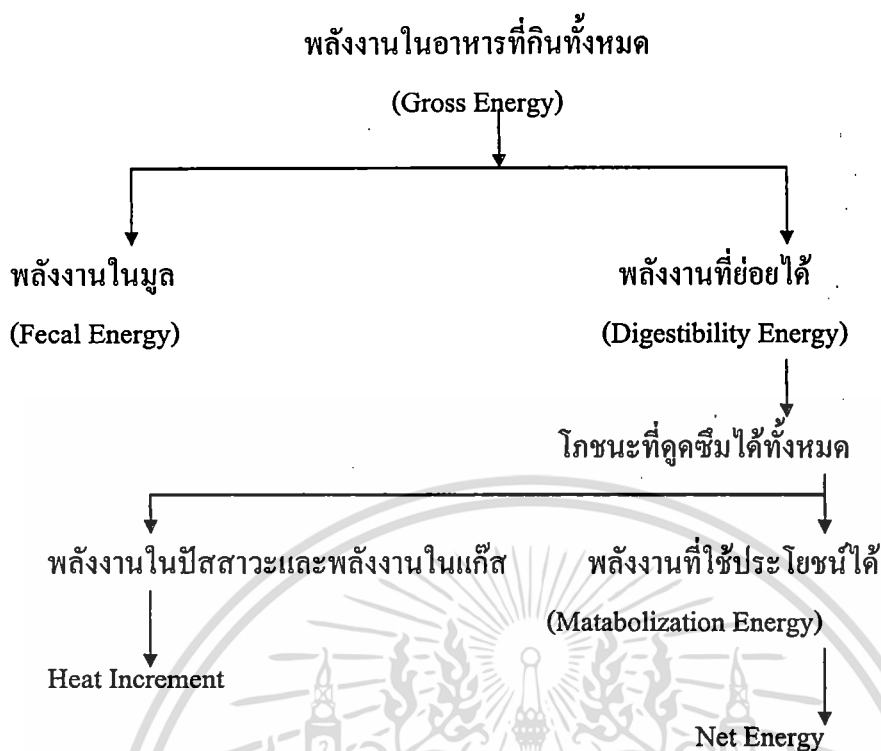
คือจำนวนโภชนะทุกชนิดในอาหาร หาได้โดยการนำ เปอร์เซนต์ความสามารถในการย่อยได้ (%Digestibility) ของโภชนะแต่ละชนิดมารวมกันดังสมการ

$$\%TDN = \%โปรตีนที่ย่อยได้ + \%เยื่อใยที่ย่อยได้ + \%NFE ที่ย่อยได้ + \%ไขมันที่ย่อยได้ \times 2.25$$

ค่าพลังงานของโปรตีนย่อยได้ เยื่อใยย่อยได้ และ NFE ย่อยได้มีค่าใกล้เคียงกันแต่ค่าพลังงานของไขมันย่อยได้มีมากกว่าโภชนะ 3 ชนิดนี้ถึง 2.25 เท่า ดังนั้นในสูตรการคำนวณหายอดโภชนะย่อยได้ทั้งหมดจึงต้องเอา 2.25 คูณด้วยเปอร์เซนต์ไขมันย่อยได้ นอกจากนี้จะใช้ TDN ในการประเมินจำนวนพลังงานอาหารแล้ว เรายังนิยมใช้ค่าพลังงานในรูปแบบอื่นๆด้วยค่าที่นิยมใช้ได้แก่ Gross Energy (GE) Digestibility Energy (DE) Metabolizable Energy (ME) และ Net Energy (NE)

1. **Gross Energy (GE)** ค่าพลังงานทั้งหมดของอาหารที่ได้จากการนำอาหารนั้นมาทำการเผา โดยใช้ความร้อนสูงจนเผาไหม้หมดสมบูรณ์ จนกระทั่งได้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยใช้เครื่องมือชื่อ Bomb Calorimeter
2. **Digestibility Energy (DE)** คือจำนวนพลังงานย่อยได้ทั้งหมด หาได้โดยนำค่า GE มาลบด้วยพลังงานที่อยู่ในมูลดังภาพที่ 1
3. **Metabolizable Energy (ME)** คือพลังงานความร้อนที่ได้จาก Digestibility Energy หักลบด้วยพลังงานที่สูญเสียไปในปัสสาวะ และ พลังงานที่สูญเสียไปในมูล คำนวณใช้สูตร (สุวรรณ,2530)  
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ = พลังงานในอาหาร - พลังงานในมูล - พลังงานในปัสสาวะ
4. **Net Energy (NE)** คือ พลังงานใช้ประโยชน์สุทธิ หมายถึงพลังงานความร้อนที่ได้จาก Metabolizable Energy หักลบด้วยพลังงานความร้อนที่เพิ่มขึ้นหลังจากสัตว์กินอาหาร (Heat Increment )  
คำนวณได้จากสูตร (สุวรรณ,2530)

$$NE = ME - HI$$



ภาพที่ 1 การวัดค่าพลังงานในอาหาร (ทวี,2527)

### การวัดคุณภาพของโปรตีน

การวัดคุณภาพของโปรตีนของพืชอาหารสัตว์ หรือ วัดดูคิจะวัดได้ 2 แบบ

1. วัดความเข้มข้นของปริมาณ โปรตีนในอาหารนั้นๆ ซึ่งสามารถหาได้โดยนำเอาปริมาณไนโตรเจนในอาหารคูณด้วย 6.25
2. วัดจากชนิดและจำนวนของกรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบของอาหารสัตว์ ในการให้อาหารสัตว์ถึงแม้ว่าอาหารนั้นจะมีความเข้มข้นของโปรตีน ซึ่งแต่หากมีกรดอะมิโนไม่สมดุลแล้วก็จะเกิดปัญหาการขาดโปรตีนได้ หน่วยที่ใช้สำหรับวัดคุณภาพโปรตีนได้แก่ Biological Value และ Protein replacement Value

### Biological Value (BV)

คือ จำนวนธาตุไนโตรเจนที่สัตว์นำไปใช้สำหรับการเมตาบอลิซึมหาได้โดยการนำจำนวนไนโตรเจนทั้งหมดที่สัตว์กิน (Nitrogen Intake,NI)มาลบด้วยไนโตรเจนทั้งหมดที่อยู่ในมูล (Facal Nitrogen,FN)

และไนโตรเจนที่อยู่ในปัสสาวะ (Urinary Nitrogen, UN) ค่าที่ได้เรียกว่า Apparent Biological Value แสดงในสูตร

$$BV = \frac{NI - [FN + UN] \times 100}{NI}$$

โปรตีนชนิดที่มีค่า BV สูงก็แสดงว่ามีคุณภาพดี สามารถใช้ประโยชน์ได้มาก เพราะถือว่ามีกรดที่ค้างลงมาในรูปมูลและปัสสาวะน้อย (ทวี, 2527)

### Protein replacement Value (PRV)

คือหน่วยวัดคุณค่าทางคุณภาพโปรตีนของวัตถุดิบ โดยต้องทำการวัดเปรียบเทียบกัน 2 ชนิด และให้ชนิดหนึ่งชนิดใดเป็นมาตรฐาน การหาค่าสามารถหาได้ตามสูตรดังนี้ (ทวี, 2527)

$$PRV = \frac{100 - 100 [NB_1 - NB_2]}{NI}$$

NB<sub>1</sub> คือ จำนวนไนโตรเจนในวัตถุดิบชนิดที่ 1 ลบด้วยจำนวนไนโตรเจนในมูลและในปัสสาวะ

NB<sub>2</sub> คือ จำนวนไนโตรเจนในวัตถุดิบชนิดที่ 2 ลบด้วยจำนวนไนโตรเจนในมูลและในปัสสาวะ

NI คือ จำนวนไนโตรเจนที่กินในอาหารแต่ละชนิด

### ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยได้

การย่อยได้ของโภชนะในอาหารสัตว์นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการดังนี้

#### 1. องค์ประกอบทางเคมีของอาหารสัตว์

อาหารจะถูกย่อยได้มากน้อยเท่าใด ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมี อาหารบางอย่าง เช่น ข้าวบาเลย์ ซึ่งมีองค์ประกอบค่อนข้างคงที่ จะมีการย่อยได้ค่อนข้างคงที่ด้วย อาหารจำพวกพืชสด พืชหมัก ซึ่งมีองค์ประกอบแปรปรวนจะมีการย่อยที่แตกต่างกันมาก ปริมาณเชื้อใยในอาหารมีอิทธิพลต่อการย่อยได้มาก ดังจะเห็นได้ในกรณีของหญ้าในระยะต่างๆกัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณเยื่อใยในดอกหญ้าที่มีอิทธิพลต่อการย่อยได้

	เยื่อใย (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์แห้ง)	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)
ดอกตูม	22.8	75
ก่อนดอกบาน	28.4	60
ดอกบาน	32.8	64
หลังดอกบาน	36.3	60
เมล็ดสุก	36.4	61
เมล็ดร่วง	40.7	54

ที่มา : บุญล้อม(2527)

ในอาหารหยาบที่อยู่ภายในเซลล์จะถูกย่อยได้เกือบหมด แต่ผนังเซลล์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสจะถูกย่อยไม่ค่อยได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ามีลิกนินสูง ถ้าพืชอายุมากขบวนการ Lignification จะสูงตามอายุพืช ซึ่งทำให้เอนไซม์ไม่สามารถผ่านลิกนินเข้าไปย่อยเซลลูโลสได้ การย่อยได้จึงต่ำ (ศรีสกุลและรณชัย,2537) อาหารที่มีเยื่อใยสูงมีผลทำให้ค่าการย่อยได้ลดลง เช่นในเปลือกหุ้มเมล็ด (Seed Coat) ผนังเซลล์พืช (Cell Wall) เปลือกของลำต้นหรือกิ่งก้านเป็นต้น องค์ประกอบของสูตรอาหาร

การย่อยได้ของอาหารไม่ได้ถูกกระทบกระเทือนเนื่องจากองค์ประกอบของตัวมันเองเท่านั้น แต่ถูกกระทบกระเทือนเนื่องจากองค์ประกอบของอาหารที่รวมกันด้วย คือ อาหารชนิดหนึ่งอาจมีผลต่อการย่อยได้ของอาหารอีกชนิด (Associative Effect) ในสัตว์กระเพาะเดี่ยว การย่อยส่วนใหญ่เกิดจากเอนไซม์ของตัวมันเอง ส่วนประกอบของอาหาร ยกเว้นเยื่อใยไม่มีผลต่อการย่อยได้ของโภชนาอื่น ชนิดของสัตว์

โดยปกติการย่อยได้มักจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารนั้นมากกว่าตัวผู้บริโภค แต่เราไม่สามารถกล่าวได้ว่า อาหารชนิดเดียวกันเมื่อให้สัตว์ต่างตัวกันกินแล้วจะย่อยได้เท่ากัน อาหารที่มีเยื่อใยต่ำจะถูกย่อยได้ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวและสัตว์เคี้ยวเอื้อง แต่พวกที่มีเยื่อใยสูงนั้นสัตว์เคี้ยวเอื้องจะย่อยได้ดีกว่า (บุญล้อม,2527) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรอร์เซ็นต์ของเยื่อใยที่มีอิทธิพลต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ในสัตว์ต่างชนิดกัน

ชนิดอาหาร	% เยื่อใย	สัมประสิทธิ์การย่อยได้	
		วัว	หมู
ข้าวโพด	2.8	84.8	88.7
ข้าวโอ๊ต	11.8	73.4	67.6

ที่มา : บุญล้อม (2527)

#### 4. ปริมาณสารพิษบางชนิด

ในวัตถุดิบบางชนิดมีสารที่สามารถไปขัดขวางเอนไซม์หรือน้ำย่อยในระบบทางเดินอาหาร เช่น ในเมล็ดถั่วเหลืองดิบ หรือในกากถั่วเหลืองที่ไม่สุกพอจะมีสารตัวยับยั้งทริปซินในระดับค่อนข้างสูง เมื่อสัตว์กินสารเหล่านี้เข้าไป จะมีผลทำให้การย่อยของโปรตีนในอาหารลดลง สารแทนนินที่พบมากในเมล็ดข้าวฟ่างแดงก็มีผลทำให้การย่อยได้ของโปรตีนและพลังงานลดลงเช่นกัน (บุญล้อม,2527)

#### 5. ขนาดชิ้นของวัตถุดิบอาหาร

เมื่อสัตว์กินอาหารระบบทางเดินอาหารจะทำการบดตัว แบบถูกลิ้นตลอดเวลา เพื่อผลักดันให้อาหารเดินไปข้างหน้า อาหารจะถูกย่อยเมื่อเดินผ่านกระเพาะและลำไส้เล็ก เมื่ออาหารผ่านเข้าเขตลำไส้ใหญ่จะไม่มีการย่อย ดังนั้นวัตถุดิบอาหารที่มีขนาดชิ้นใหญ่เกินไป หรือบดไม่ละเอียดเมื่อวัตถุดิบผ่านเข้าลำไส้เล็กอาจย่อยไม่หมด ทำให้เกิดการสูญเสีย จึงควรปรับขนาดชิ้นของวัตถุดิบให้มีขนาดเล็กลง เพื่อให้วัตถุดิบอาหารเมื่อเดินทางผ่านกระเพาะและลำไส้เล็กถูกย่อยหมดพอดีนั่นเอง

#### 6. ปริมาณอาหารที่กิน

การให้อาหารสัตว์กินอย่างเต็มที่ สัตว์จะได้รับปริมาณอาหารต่อวันมาก มีแนวโน้มทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยได้ลดลง การให้อาหารสัตว์กินอย่างจำกัด สัตว์ได้รับปริมาณอาหารต่อวันน้อยกว่าปกติทำให้วัตถุดิบอาหารนั้นมีการย่อยได้ดีกว่า (บุญล้อม,2527)

#### 7. การเตรียมอาหาร

การเตรียมวัตถุดิบมีหลายวิธี เช่น ผ่านความร้อนแห้ง หรือ ความร้อนชื้น การอัดเม็ด ฯลฯ มีผลทำให้แป้งในอาหารเปลี่ยนอยู่ในรูปเจลาติน และทำให้การย่อยได้ดีขึ้น (อุทัย,2529)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. อุปกรณ์

1. สุกรพ่นน้ำจืด ไวท์น้ำหนักประมาณ 30 กิโลกรัม จำนวน 30 ตัว
2. ชุดกรงเมตาบอลิก (Metabolic cage)
3. โครมิกออกไซด์ (Chromic oxide)
4. ถังพลาสติกขนาด 6x8 นิ้ว
5. ขวดพลาสติกพร้อมฝาปิดขนาด 100 มล.
6. ตู้เย็น
7. ตู้อบมูลสัตว์
8. ตาชั่งขนาด 3 กก.
9. ถ้วยตวงปริมาตรขนาด 1 ลิตร
10. Aluminium foil
11. ฟอรัมาลิน
12. เครื่องบดอาหารสัตว์
13. โหลดูคความชื้น
14. เครื่องชั่งละเอียดขนาด 3 กิโลกรัม
15. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับหาแคลเซียมและฟอสฟอรัส
16. สารเคมีและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ

### 2. วิธีการเก็บตัวอย่าง

1. นำสุกรน้ำหนักประมาณ 30 กก. ขึ้นกรงเมตาบอลิกซึ่งอาหารให้กินปกติ (80 เปอร์เซ็นต์ของที่กินเต็มที่) โดยให้อาหารเช้า (8.00 น) บ่าย (15.00น) เลี้ยง 2 วัน เพื่อให้สัตว์ได้ปรับตัวเข้ากับกรงเมตาบอลิก
2. เปลี่ยนอาหารเป็นวัตถุดิบอาหารที่ต้องการทราบการย่อยได้ (สูตรเตรียมวัตถุดิบอาหารแสดงในตารางที่3) โดยค่อยๆเปลี่ยนอาหารภายใน 2 วัน เลี้ยงด้วยวัตถุดิบอาหารติดต่อกัน 2 วัน (ซึ่งวัตถุดิบอาหารให้กิน 80 เปอร์เซ็นต์ของอาหารกินเต็มที่แบ่งเป็นเช้าและบ่าย) ทำการชั่งน้ำหนักอาหารเหลือในแต่ละวันที่สุกรกินไม่หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผสมโครมิกออกไซด์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักอาหารลงในอาหารมื้อแรกและมื้อสุดท้ายของการเก็บข้อมูล เพื่อใช้โครมิกออกไซด์เป็นตัวบ่งชี้ ในการที่จะเริ่มเก็บมูลและหยุดเก็บมูลเมื่อใด
4. ทำการเก็บมูลหลังจากพบว่ามูลสุกรมีสีเขียวแล้ว ทำการเก็บมูลและปัสสาวะติดต่อกัน 3 วัน โดยแบ่งเก็บเช้า (7.00 น) บ่าย (14.00 น) ก่อนการให้อาหาร ทำการหยุดเก็บเมื่อพบว่ามูลมีสีเขียวเช่นกัน ในถังพลาสติกที่เก็บปัสสาวะใส่ 25 เปอร์เซ็นต์  $H_2SO_4$  จำนวน 25 มิลลิลิตร ทุกครั้งหลังทำความสะอาดทรงทดลอง
5. ข้อมูลที่ต้องบันทึก
  - 5.1 ปริมาณการกินอาหารของสุกรในแต่ละวัน(ชั่งน้ำหนักอาหารที่ให้และน้ำหนักที่เหลือทุกวัน)
  - 5.2 ปริมาณมูลสุกรที่ถ่ายออกมาทุกวัน (ทำการเก็บมูลและชั่งน้ำหนักมูลวันละ 2 ครั้งก่อนให้อาหารคือ เช้า (7.00น) บ่าย (14.00 น)
  - 5.3 ปริมาตรปัสสาวะที่สุกรขับถ่ายออกมาทุกวัน ทำการเก็บวันละ 2 ครั้งเช่นเดียวกับการเก็บมูล
6. สิ่งที่ต้องทำการเก็บตัวอย่างระหว่างการทดลอง
  - 6.1 อาหารทดลองสุ่มเก็บอาหารทดลองที่ให้สุกรกิน
  - 6.2 ตัวอย่างมูล สุ่มเก็บตัวอย่างมูล 10 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักมูลที่สุกรขับถ่ายใส่ถุงพลาสติก 2 ชั้น ที่มีฟอร์มัลดีน 10 มิลลิลิตรอยู่ด้วย รัศปากถุงให้แน่น แซ้ในตู้แช่แข็ง (เก็บตัวอย่างมูลสีเขียวทั้งช่วงเริ่มและหลังเก็บด้วย)
  - 6.3 ตัวอย่างปัสสาวะ สุ่มเก็บตัวอย่างปัสสาวะ 10 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตรทั้งหมดที่สุกรขับถ่ายใส่ถุงพลาสติก 2 ชั้น รัศปากถุงให้แน่นเก็บในตู้เย็นธรรมดา
7. หลังจากทำการเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะติดต่อกัน 3 วันแล้วเอามูลสุกรในแต่ละตัวที่ได้ (แยกเป็นรายตัว) มาผสมรวมกันแล้วทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมูลประมาณ 100-150 กรัมใส่ถุงพลาสติก 2 ชั้นรัศปากถุงให้แน่น แซ้ในตู้แช่แข็ง เพื่อใช้เป็นตัวอย่างวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ
8. ตัวอย่างปัสสาวะทำเช่นเดียวกันกับตัวอย่างมูลในข้อ 7 เก็บใส่ขวดพลาสติกประมาณ 60-100 มิลลิลิตร ปิดฝาให้แน่นเก็บแช่ในตู้เย็นเพื่อใช้เป็นตัวอย่างวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 3 แสดงอาหารที่ใช้ทดลองการย่อยได้

วัตถุดิบ	สูตร 1	สูตร 2
แป้งข้าวโพด	96.20	0.00
วัตถุดิบอาหารที่ต้องการหาการย่อยได้	-	96.20
ไคแคลเซียม-ฟอสเฟต	3.00	3.00
เกลือ	0.30	0.30
วิตามิน-แร่ธาตุ	0.50	0.50
รวม	100.00	100.00

### 3. การวิเคราะห์ทางเคมี

- 3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณ โภชนะต่างๆ ในวัตถุดิบอาหารสัตว์และอาหารสูตรต่างๆ
- 3.2 วิเคราะห์หาปริมาณ ไนโตรเจนในมูล อาหาร และปัสสาวะ โดยวิธี Kjeldha method
- 3.3 การวิเคราะห์หาพลังงานรวม (Gross energy) ในตัวอย่างอาหาร ปัสสาวะ และมูลโดยใช้ Bomb Calorimeter

### 4. การคำนวณหาการใช้ประโยชน์ในวัตถุดิบอาหารสัตว์

จากข้อมูลการวิเคราะห์ทางเคมีที่ได้สามารถนำมาวิเคราะห์หาการใช้ประโยชน์ในวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ ตามสูตรการคำนวณดังนี้

- 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (Digestibility coefficient of dry matter : Dig Coef of DM)

$$\text{Dig coef of DM (\%)} = \frac{\text{kg (DM)feed intake} - \text{kg (DM)feces}}{\text{kg (DM) feed intake}} \times 100$$

- 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน (Digestibility coefficient of crude protein : Dig Coef of CP)

$$\text{Dig coef of CP(\%)} = \frac{\text{g protein intake} - \text{g protein in feces}}{\text{g protein intake}} \times 100$$

- 4.3 ค่าการย่อยได้ของ โปรตีน (Digestible crude protein : DCP)

$$\text{DCP (\%)} = \frac{\text{Dig Coef of CP (\%)} \times \% \text{ Crude protein in feed}}{100}$$

100

## 4.4 พลังงานที่ย่อยได้ (Digestible energy : DE)

$$DE \text{ (kcal/kg)} = \frac{\text{Total energy intake (kcal)} - \text{Total energy in feed (kcal)}}{\text{Total feed intake (kg)}}$$

## 4.5 พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable energy : ME)

$$ME \text{ (kcal/kg)} = \frac{\text{Total energy intake (kcal)} - \text{Total energy in feces (kcal)} - \text{Total energy in urine (kcal)}}{\text{Total feed intake (kg)}}$$

## 4.6 ค่าชีวภาพของโปรตีน (Biological value : BV)

$$BV(\%) = \left[ \frac{\text{N intake} - (\text{fecal N} - \text{MFN}^1) - (\text{urinary N} - \text{EUN}^2)}{\text{N intake} - (\text{fecal N} - \text{MFN}^1)} \right] \times 100$$

## 4.7 ค่าโปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิ (Net protein utilization : NPU)

$$NPU(\%) = \left[ \frac{\text{N intake} - (\text{fecal N} - \text{MFN}^1) - (\text{Urinary N} - \text{EUN}^2)}{\text{N intake}} \right] \times 100$$

เมื่อ

<sup>1</sup> MFN = metabolic fecal nitrogen หรือ N ที่ได้จากมูลสุกรที่กินสูตรแป้งข้าวโพด<sup>2</sup> EUN = endogenous urinary nitrogen หรือ N ที่ได้จากปัสสาวะสุกรที่กินสูตรแป้งข้าว

โพด

## 5. สถานที่ทดลอง

สถานที่เลี้ยงสุกรคือ ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถานที่วิเคราะห์ทางเคมีคือ ห้องปฏิบัติการโภชนศาสตร์สัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

ตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสุกรที่นำมาศึกษาการย่อยได้จำนวน 10 ชนิด สามารถแบ่งออกเป็น 2 แหล่งใหญ่ๆ ได้ดังนี้

1. วัตถุดิบอาหารแหล่งโปรตีน ได้แก่ ปลาป่น ขนไก่ป่น กากถั่วเหลือง กากปาล์มน้ำมัน และกากเมล็ดทานตะวัน

2. วัตถุดิบอาหารแหล่งพลังงาน ได้แก่ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ปลายข้าว รำละเอียด และรำข้าวสาลี

### ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารแหล่งโปรตีน

จากการเก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหารแหล่งโปรตีนทั้ง 5 ชนิด ๆ ละ 6 ตัวอย่างนำมาวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีแสดงในตารางที่ 4,5,6,7 และ 8 ตามลำดับ

#### ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างปลาป่น

ตัวอย่างที่	ความชื้น	ส่วนประกอบทางเคมี (%)						
		โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
1.	6.93	58.65	5.83	0.38	24.67	3.54	6.40	1.60
2.	5.50	59.52	4.62	0.63	26.62	3.11	6.99	4.92
3.	7.81	55.80	7.44	1.26	25.76	1.94	5.26	5.14
4.	5.86	61.60	5.85	0.58	25.23	0.88	4.76	3.45
5.	7.65	63.22	6.65	1.82	14.62	6.04	3.29	2.21
6.	8.59	62.41	7.57	1.39	19.93	0.11	4.88	5.01
ค่าเฉลี่ย	7.06	60.20	6.33	1.01	22.81	2.60	5.26	3.72
ค่าสูงสุด	8.59	63.22	7.57	1.82	26.62	6.04	6.99	5.14
ค่าต่ำสุด	5.50	55.80	4.62	0.38	14.62	0.11	3.29	1.60

จากตารางที่ 4 จะเห็นว่าปลาป่นที่นำมาวิเคราะห์มีส่วนประกอบของความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรตย่อยง่าย แคลเซียม และ ฟอสฟอรัส เฉลี่ย เท่ากับ 7.06 , 60.20 , 6.33 , 1.01 , 22.81 2.60 , 5.26 และ 3.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าที่ได้สอดคล้องกับรายงานของอุทัย (2529)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างขนไก่อป่น

ตัวอย่างที่	ส่วนประกอบทางเคมี (%)							
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต ที่ย่อยง่าย	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
1.	7.47	84.60	4.91	0.84	1.40	0.78	1.35	0.21
2.	6.83	85.80	3.86	1.52	1.81	0.17	1.00	0.13
3.	8.24	82.74	6.17	0.06	2.52	0.28	0.70	0.19
4.	3.41	85.66	3.69	1.53	2.23	3.47	1.00	0.22
5.	7.48	83.09	4.38	0.22	1.80	3.04	1.12	0.35
6.	10.20	79.44	4.51	0.30	2.56	3.00	0.80	0.36
ค่าเฉลี่ย	7.27	83.56	4.59	0.75	2.05	1.79	1.00	0.24
ค่าสูงสุด	10.20	85.80	6.17	1.53	2.56	3.47	1.35	0.36
ค่าต่ำสุด	3.41	79.44	3.69	0.06	1.40	0.17	0.70	0.13

จากตารางที่ 5 จะเห็นว่าขนไก่อป่นที่นำมาวิเคราะห์มีส่วนประกอบของความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย แคลเซียม และฟอสฟอรัส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.27 , 83.56 , 4.59 , 0.75 , 2.05 , 1.79 , 1.00 และ 0.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างกากถั่วเหลือง

ตัวอย่างที่	ส่วนประกอบทางเคมี (%)							
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต ที่ย่อยง่าย	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
1.	11.05	43.47	2.16	3.50	6.67	33.15	0.33	0.49
2.	8.80	43.83	1.82	4.65	7.76	33.14	0.99	0.32
3.	7.81	45.08	2.37	4.61	6.94	33.18	0.66	0.29
4.	8.52	45.07	1.96	7.22	7.57	29.65	0.74	0.31
5.	8.23	45.74	2.52	3.84	8.43	31.24	1.02	1.01
6.	8.33	42.98	1.90	6.20	6.78	33.81	0.65	0.30
ค่าเฉลี่ย	8.79	44.36	2.12	5.00	7.36	32.36	0.73	0.45
ค่าสูงสุด	11.05	45.74	2.52	7.22	8.43	33.81	1.02	1.01
ค่าต่ำสุด	7.81	42.98	1.82	3.50	6.67	29.65	0.33	0.29

จากตารางที่ 6 จะเห็นว่า ตัวอย่างกากถั่วเหลืองที่นำมาวิเคราะห์มีส่วนประกอบของความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย แคลเซียม และฟอสฟอรัส เฉลี่ยเท่ากับ 8.79 , 44.36 2.12 , 5.00 7.36 , 32.36 , 0.73 , และ 0.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างกากปาล์มน้ำมัน

ตัวอย่างที่	ส่วนประกอบทางเคมี (%)							
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต ที่ย่อยง่าย	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
1.	7.40	6.71	13.58	28.84	5.84	37.63	0.67	0.26
2.	4.99	12.08	10.31	21.05	3.68	47.90	0.59	0.92
3.	6.88	8.01	13.56	20.29	4.85	46.41	0.32	0.11
4.	4.89	10.64	8.77	20.62	4.30	50.77	0.65	0.58
5.	8.52	10.88	9.77	21.58	5.11	44.14	0.67	0.46
6.	10.69	9.21	10.68	21.01	6.19	42.22	0.50	0.69
ค่าเฉลี่ย	7.23	9.59	11.11	22.23	5.00	44.85	0.57	0.50
ค่าสูงสุด	10.69	12.08	13.58	28.84	6.19	50.77	0.67	0.92
ค่าต่ำสุด	4.89	6.71	8.77	20.29	3.68	37.63	0.32	0.11

จากตารางที่ 7 จะเห็นว่าตัวอย่างกากปาล์มน้ำมันที่นำมาวิเคราะห์มีส่วนประกอบของความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย แคลเซียมและฟอสฟอรัสเฉลี่ยเท่ากับ 7.23 , 9.59 11.11 , 22.23 , 5.00 , 44.85 , 0.57 และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความชื้นและโปรตีนต่ำกว่า มีค่าเยื่อใยและไขมันสูงกว่าที่รายงาน โดย อุทัย (2529)

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างกากเมล็ดทานตะวัน

ตัวอย่างที่	ส่วนประกอบทางเคมี (%)							
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต ที่ย่อยง่าย	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
1.	9.86	30.19	3.26	17.76	4.17	34.76	0.15	0.44
2.	7.10	18.73	6.30	19.20	3.41	45.26	0.45	0.21
3.	9.78	33.01	1.32	16.47	7.67	31.75	0.66	0.44
4.	9.90	31.40	8.90	19.20	5.80	24.80	0.53	0.87
5.	7.00	45.50	2.90	11.70	5.67	27.23	0.42	0.94
6.	9.85	37.10	1.50	18.54	7.35	25.66	0.54	0.39
ค่าเฉลี่ย	8.92	32.66	4.03	17.15	5.68	31.58	0.46	0.55
ค่าสูงสุด	9.90	45.50	8.90	19.20	7.67	45.26	0.66	0.94
ค่าต่ำสุด	7.00	18.73	1.32	11.70	3.41	24.80	0.15	0.21

จากตารางที่ 8 จะเห็นว่าตัวอย่างกากเมล็ดทานตะวันที่นำมาวิเคราะห์มีส่วนประกอบของ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย แคลเซียม และฟอสฟอรัส เฉลี่ยเท่ากับ 8.92 , 32.66 , 4.03 17.15 , 5.68 , 31.58 , 0.46 และ 0.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

### ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารแหล่งพลังงาน

จากการเก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหารแหล่งพลังงานทั้ง 5 ชนิดๆ ละ 6 ตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี แสดงในตารางที่ 9,10,11,12 และ 13 ตามลำดับ

#### ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างข้าวโพด

ตัวอย่างที่	ส่วนประกอบทางเคมี (%)							
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต ที่ย่อยง่าย	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
1.	11.05	7.21	2.57	0.86	1.39	76.12	0.26	0.14
2.	13.04	7.66	3.95	1.54	1.59	72.22	0.06	0.15
3.	12.04	7.88	2.80	2.30	1.61	73.82	0.04	0.17
4.	11.72	7.54	4.73	1.91	1.35	72.75	0.08	0.38
5.	10.52	7.75	4.16	1.31	1.91	74.35	0.03	0.18
6.	9.27	7.78	3.96	1.05	1.46	76.48	0.12	0.52
ค่าเฉลี่ย	11.27	7.64	3.70	1.50	1.55	74.29	0.10	0.26
ค่าสูงสุด	13.04	7.88	4.73	2.30	1.91	76.48	0.26	0.52
ค่าต่ำสุด	9.27	7.21	2.57	0.86	1.35	72.22	0.03	0.14

จากตารางที่ 9 จะเห็นว่าตัวอย่างข้าวโพดที่นำมาวิเคราะห์มีส่วนประกอบของความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย แคลเซียม และฟอสฟอรัส เฉลี่ยเท่ากับ 11.27 , 7.64 , 3.70 1.50 , 1.55 74.29 , 0.10 และ 0.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่ารายงานของอุทัย (2529) ในลักษณะของความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย ตามลำดับ

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างข้าวฟ่าง

ตัวอย่างที่	ส่วนประกอบทางเคมี (%)							
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต ที่ย่อยง่าย	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
1.	11.19	9.28	2.29	1.23	1.50	74.51	0.19	0.24
2.	11.41	8.15	2.67	0.94	1.80	75.03	0.25	0.34
3.	13.42	9.98	2.11	1.99	2.39	70.11	0.18	0.15
4.	12.21	8.25	3.68	1.49	1.82	72.55	0.08	0.15
5.	9.64	8.56	3.41	1.91	1.62	74.86	0.10	0.28
6.	10.02	9.76	2.54	2.29	1.52	73.87	0.04	0.18
ค่าเฉลี่ย	11.32	9.00	2.78	1.64	1.78	73.49	0.14	0.22
ค่าสูงสุด	13.42	9.98	3.68	2.29	2.39	75.03	0.25	0.34
ค่าต่ำสุด	9.64	8.15	2.11	0.94	1.50	70.11	0.04	0.15

จากตารางที่ 10 จะเห็นว่าตัวอย่างข้าวฟ่างที่นำมาวิเคราะห์มีส่วนประกอบของความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย แคลเซียม และฟอสฟอรัส เฉลี่ยเท่ากับ 11.32 ,9.00 ,2.78 1.64 , 1.78 73.49 , 0.14 และ 0.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างปลาข้าว

ตัวอย่างที่	ส่วนประกอบทางเคมี (%)							
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต ที่ย่อยง่าย	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
1.	10.21	7.29	1.47	0.08	1.08	79.87	0.34	0.33
2.	12.47	6.32	0.94	0.09	0.65	79.53	0.11	0.21
3.	12.72	6.58	1.33	0.28	1.56	77.53	0.09	0.19
4.	13.73	7.00	1.32	0.02	2.04	75.89	0.19	0.17
5.	11.46	7.41	1.82	0.05	0.49	78.76	0.07	0.16
6.	11.09	7.08	1.13	0.12	0.45	80.12	0.10	0.15
ค่าเฉลี่ย	11.95	6.95	1.34	0.11	1.05	78.62	0.15	0.20
ค่าสูงสุด	13.73	7.41	1.82	0.28	2.04	80.12	0.34	0.33
ค่าต่ำสุด	10.21	6.32	0.94	0.02	0.45	75.89	0.07	0.15

จากตารางที่ 11 ตัวอย่างปลาข้าวที่นำมาวิเคราะห์มีส่วนประกอบของความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย แคลเซียม และฟอสฟอรัส เฉลี่ยเท่ากับ 11.95 , 6.95 , 1.34 , 0.11 , 1.05 , 78.62 , 0.15 และ 0.20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้ต่ำกว่าที่อุทัย (2529) รายงานไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างรำละเอียด

ตัวอย่างที่	ส่วนประกอบทางเคมี (%)							
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต ที่ย่อยง่าย	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
1.	12.08	11.95	15.38	5.06	9.66	45.86	0.10	1.96
2.	10.14	11.46	11.31	5.01	7.63	54.45	0.17	0.99
3.	8.20	12.90	14.64	5.69	8.82	49.76	0.08	1.65
4.	8.95	12.04	16.20	4.18	8.46	50.17	0.17	1.74
5.	10.07	12.13	8.16	1.96	6.39	61.29	0.06	1.26
6.	7.94	12.85	16.59	5.06	10.14	47.42	0.07	1.25
ค่าเฉลี่ย	9.56	12.22	13.71	4.49	8.52	51.49	0.11	1.48
ค่าสูงสุด	12.08	12.90	16.59	5.69	10.14	61.29	0.17	1.96
ค่าต่ำสุด	7.94	11.46	8.59	1.96	6.39	45.86	0.06	0.99

จากตารางที่ 12 ตัวอย่างรำละเอียดที่นำมาวิเคราะห์มีส่วนประกอบของความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย แคลเซียม และ ฟอสฟอรัส เฉลี่ยเท่ากับ 9.56 , 12.22 , 13.71 , 4.49 8.52 , 51.49, 0.11 และ 1.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และ แคลเซียมสูงกว่า มีปริมาณความชื้น เยื่อใย และฟอสฟอรัส ต่ำกว่าที่อุทัย (2529) รายงานไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างรำข้าวสาลี

ตัวอย่างที่	ส่วนประกอบทางเคมี (%)							
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต ที่ย่อยง่าย	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
1.	12.00	14.57	3.95	11.02	4.52	53.94	0.17	0.51
2.	11.00	15.20	3.90	10.00	6.10	53.80	0.11	1.22
3.	12.00	15.50	4.00	10.00	5.50	53.00	0.14	1.17
4.	11.00	15.20	3.90	10.40	6.20	53.40	0.11	1.26
5.	11.30	15.70	4.40	8.60	5.90	54.00	0.14	1.16
6.	14.00	14.00	4.51	7.38	5.98	54.13	0.15	0.85
ค่าเฉลี่ย	11.88	15.03	4.11	9.57	5.70	53.71	0.14	1.03
ค่าสูงสุด	14.00	15.70	4.51	11.02	6.20	54.13	0.17	1.26
ค่าต่ำสุด	11.00	14.00	3.90	7.38	4.52	53.00	0.11	0.51

จากตารางที่ 13 จะเห็นว่าตัวอย่างรำข้าวสาลีมีส่วนประกอบของความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย แคลเซียมและฟอสฟอรัส เฉลี่ยเท่ากับ 11.88 , 15.03 , 4.11 , 9.57 , 5.70 53.71 , 0.14 และ 1.03 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้ใกล้เคียงกับที่รายงาน โดย NRC (1988)

## ผลการศึกษาย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารสุกรทั้ง 10 ชนิด รายงานในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารสุกร

วัตถุดิบอาหาร	DCDM (%)	DCCP (%)	DCP (%)	BV (%)	NPU (%)	DE (kcal/kg)	ME (kcal/kg)
<b>วัตถุดิบแหล่งโปรตีน</b>							
ปลาป่น	11.57	76.03	44.59	96.64	73.48	2704.37	2643.54
ขนไก่ป่น	34.98	70.41	59.57	95.94	67.62	2367.83	2272.89
กากถั่วเหลือง	53.93	71.55	31.10	96.53	69.08	2938.04	2868.82
กากปาล์มน้ำมัน	33.67	21.96	2.33	81.54	17.93	2762.27	2692.09
กากเมล็ดทานตะวัน	47.52	73.08	24.12	96.61	70.63	2846.22	2744.58
<b>วัตถุดิบแหล่งพลังงาน</b>							
ข้าวโพด	67.73	38.07	2.91	89.81	34.06	3377.86	3247.46
ข้าวฟ่าง	74.19	57.69	5.76	77.33	44.65	3272.90	3236.87
ปลายข้าว	77.64	39.96	2.63	90.59	36.30	3518.02	3494.85
รำละเอียด	53.85	54.92	6.30	92.47	50.76	3352.52	3262.38
รำข้าวสาลี	36.86	44.35	6.46	92.36	41.00	2225.18	2200.76

หมายเหตุ DCDM = Digestibility coefficient of the dry matter  
 DCCP = Digestibility coefficient of the crude protein  
 DCP = Digestible crude protein  
 BV = Biological value  
 NPU = Net protein utilization  
 DE = Digestible energy  
 ME = Metabolizable energy

จากตารางที่ 14 จะเห็นว่า

ปลาป่น มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ ค่าสัมประสิทธิ์ของการย่อยโปรตีน การย่อยได้ของโปรตีนในวัตถุดิบ คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีนและโปรตีนที่ใช้ประโยชน์ได้สุทธิเท่ากับ 11.57 76.03 , 44.59 96.64 และ 76.48 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ปลาป่นมีพลังงานย่อยได้ และ พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 2704.37 และ 2643.54 กิโลแคลอรี/กิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งมีค่าพลังงานย่อยได้ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่ารายงานของ NRC(1988:3000-3800 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม) แต่มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ใกล้เคียงกับที่อุทัย (2529) รายงานไว้ที่ 2550 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม

ขนไก่ป่น มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยโปรตีน การย่อยได้ของโปรตีนในวัตถุดิบ คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีนและโปรตีนที่ใช้ประโยชน์ได้สุทธิเท่ากับ 34.98 70.41 59.57 95.94 และ 67.62 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ขนไก่ป่นมีพลังงานย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 2367.83 และ 2272.89 กิโลแคลอรี/กิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งพลังงานย่อยได้มีค่าต่ำกว่าและพลังงานใช้ประโยชน์ได้มีค่าสอดคล้องกับที่ NRC (1988) รายงานไว้กล่าวคือมีค่า 2729 และ 2213 กิโลแคลอรี/กิโลกรัมตามลำดับ

กากถั่วเหลือง มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้โปรตีน การย่อยได้ของโปรตีนในวัตถุดิบ คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีนและโปรตีนที่ใช้ประโยชน์ได้สุทธิเท่ากับ 53.93 ,71.55 31.10 , 96.53 และ 69.08 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ กากถั่วเหลืองมีพลังงานย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 2938.04 และ 2868.82 กิโลแคลอรี/กิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งค่าพลังงานย่อยได้ต่ำกว่าที่รายงานโดย NRC (1988;3490 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม) แต่มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ใกล้เคียงกับรายงานของอุทัย (2529) ที่ 2825 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม

กากปาล์มน้ำมัน มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้โปรตีน การย่อยได้ของโปรตีนในวัตถุดิบ คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีน และโปรตีนที่ใช้ประโยชน์ได้สุทธิเท่ากับ 33.67 , 21.96 2.33 , 81.54 และ 17.93 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ กากปาล์มน้ำมันมีพลังงานย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 2762.27 และ 2696.09 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้สอดคล้องกับรายงานของอุทัย (2529) ที่ 2620 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม

กากเมล็ดทานตะวัน มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้โปรตีน การย่อยได้ของโปรตีนในวัตถุดิบ คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีน และโปรตีนที่ใช้ประโยชน์ได้สุทธิเท่ากับ 47.52 73.08 , 24.12 , 96.61 และ 70.63 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ กากเมล็ดทานตะวันมีพลังงานย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 2846.22 และ 2744.58 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ NRC (1988) ที่ 2900 และ 2640 กิโลแคลอรี/กิโลกรัมตามลำดับ

ข้าวโพค มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้โปรตีน การย่อยได้ของโปรตีนในวัตถุดิบ คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีน และ โปรตีนที่ใช้ประโยชน์ได้สุทธิเท่ากับ 67.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

38.07 , 2.91 89.81 และ 34.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ข้าวโพดมีพลังงานย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 3377.86 และ 3247.46 กิโลแคลอรี/กิโลกรัมตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของ NRC (1988) ว่าข้าวโพดมีพลังงานย่อยได้ 3330 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และ ที่อุทัย (2529) รายงานว่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของข้าวโพดเท่ากับ 3168 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม

ข้าวฟ่าง มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้โปรตีน การย่อยได้ของโปรตีนในวัตถุดิบ คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีน และ โปรตีนที่ใช้ประโยชน์ได้สุทธิเท่ากับ 74.19 57.69 , 5.76 , 77.33 และ 44.65 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีพลังงานย่อยได้ และ พลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 3272.90 และ 3236.87 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่ารายงานของ NRC (1988;3415 และ 3280 กิโลแคลอรี/กิโลกรัมตามลำดับ

ปลายข้าว มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้โปรตีน การย่อยได้ของโปรตีนในวัตถุดิบ คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีน และ โปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิเท่ากับ 77.64 39.96 , 2.63 , 90.59 และ 36.30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีค่าพลังงานย่อยได้และ พลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 3518.05 และ 3494.85 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ต่ำกว่าที่รายงานโดยอุทัย (2529 ; 3596 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)

รำละเอียด มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยโปรตีน การย่อยได้ของโปรตีนในวัตถุดิบ คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีน และ โปรตีนที่ใช้ประโยชน์ได้สุทธิเท่ากับ 53.85 54.92 , 6.30 , 92.47 และ 50.76 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีค่าพลังงานย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 3352.52 และ 3262.38 กิโลแคลอรี/กิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งค่าพลังงานย่อยได้ต่ำกว่า แต่พลังงานใช้ประโยชน์ได้สอดคล้องที่รายงาน โดย NRC (1988 ; 3505 และ 3290 กิโลแคลอรี/กิโลกรัมตามลำดับ)

รำข้าวสาลี มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยโปรตีน การย่อยได้ของโปรตีนในวัตถุดิบ คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีน และ โปรตีนใช้ประโยชน์ได้สุทธิเท่ากับ 36.86 44.35 , 6.46 , 92.36 และ 41.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าพลังงานย่อยได้ และ พลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 2225.18 และ 2200.76 กิโลแคลอรี/กิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับที่รายงาน โดย NRC (1988 ; 2370 และ 2155 กิโลแคลอรี/กิโลกรัมตามลำดับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุป

จากการศึกษาการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารในสุกร ระยะน้ำหนักประมาณ 30 กิโลกรัม สามารถสรุปผลได้ดังนี้

## 1. วัตถุดิบอาหารแหล่งโปรตีน มีดังนี้

- 1.1 ปลาป่น มีค่าทางชีวภาพของโปรตีน , โปรตีนที่ใช้ประโยชน์ได้สุทธิ , พลังงานย่อยได้ และ พลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 96.64 เปอร์เซ็นต์ , 73.48 เปอร์เซ็นต์ , 2704.37 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และ 2643.54 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ
- 1.2 ขนไก่ป่น มีค่าทางชีวภาพของโปรตีน , โปรตีนที่ใช้ประโยชน์ได้สุทธิ , พลังงานย่อยได้ และ พลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 95.94 เปอร์เซ็นต์ , 67.62 เปอร์เซ็นต์ , 2367.83 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และ 2272.89 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ
- 1.3 กากถั่วเหลือง มีค่า BV , NPU , DE และ ME เท่ากับ 96.53 เปอร์เซ็นต์ , 69.08 เปอร์เซ็นต์ 2938.04 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และ 2692.09 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ
- 1.4 กากปาล์มน้ำมัน มีค่า BV , NPU , DE และ ME เท่ากับ 81.54 เปอร์เซ็นต์ , 17.93 เปอร์เซ็นต์ , 2762.27 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และ 2692.09 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ
- 1.5 กากเมล็ดทานตะวัน มีค่า BV , NPU , DE และ ME เท่ากับ 96.61 เปอร์เซ็นต์ , 70.63 เปอร์เซ็นต์ , 2846.22 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และ 2744.58 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ

## 2. วัตถุดิบอาหารแหล่งพลังงาน มีดังนี้

- 2.1 ข้าวโพด มีค่า BV , NPU , DE และ ME เท่ากับ 89.81 เปอร์เซ็นต์ , 34.06 เปอร์เซ็นต์ , 3377.86 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และ 3247.46 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ
- 2.2 ข้าวฟ่าง มีค่า BV , NPU , DE และ ME เท่ากับ 77.33 เปอร์เซ็นต์ , 44.65 เปอร์เซ็นต์ 3272.90 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และ 3236.87 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ
- 2.3. ปลาขี้ขาว มีค่า BV, NPU, DE และ ME เท่ากับ 90.59 เปอร์เซ็นต์, 36.30 เปอร์เซ็นต์ 3518.02 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และ 3494.85 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ
- 2.4. รำละเอียด มีค่า BV, NPU, DE และ ME เท่ากับ 92.47 เปอร์เซ็นต์ , 50.76 เปอร์เซ็นต์ 3352.52 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และ 3262.38 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ
- 2.5. รำข้าวสาลี มีค่า BV, NPU, DE และ ME เท่ากับ 92.36 เปอร์เซ็นต์ , 41.00 เปอร์เซ็นต์ 2225.18 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และ 2200.76 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ

### เอกสารอ้างอิง

1. ทวี แก้วคง 2527. โภชนศาสตร์สัตว์เบื้องต้นและการใช้อาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพมหานครการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
2. บุญล้อม ชีวะอิสระกุล 2527. โภชนศาสตร์สัตว์. ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่. 258 น.
3. ภาสกร คณานุรักษ์. 2529. อาหารสัตว์เบื้องต้น เล่ม 1. ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
4. ศรีสุกุล วรจันทราและรณชัย สิทธิไกรพงษ์. 2537. โภชนศาสตร์สัตว์. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิต สัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , กรุงเทพฯ. 216 น.
5. สุวรรณ กิจภากรณ์ . 2530. อาหารสัตว์พื้นฐาน. ภาควิชาสัตวบาล, คณะสัตวแพทย์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 111 น.
6. สุวิทย์ ชีร์พินธุ์วัฒน์ . 2532. การย่อยได้ของโปรตีน กรดอะมิโนและพลังงานในสัตว์ปีก ของวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดที่ผลิตในเอเชีย. สุนทรสาส์น. 16(62): 5-14.
7. เสาวนิต กุประเสริฐ. 2527. อาหารสัตว์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา. 106 น.
8. อุทัย คันโร. 2529. อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กำแพงแสน, นครปฐม. 297 น.
9. Cherian, G., W.C. Sauer and P.A. Thacker. 1988. Effect of predigestion factors on the apparent digestibility of protein for swine determined by the mobile nylon bag technique. J. Anim. Sci . 6: 1963 - 1968.
10. N.R.C. 1988. Nutrient Requirement of swine. 9<sup>th</sup> ed., National Academy Press , Washington , D.C. 93 p.
11. Saha , D.C. and R.L. Gibreath. 1993. A modified chromic indicator ratio technique for accurate determination of nutrient digestibility. Can. J. Anim. Sci. 73:1001-1004.
12. PHILSAN. 1990. Feed reference standards 1990. Philippine Society of Animal Nutritionists. 370 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. Pond , W.G. , D.C. Church and K.R.Pond. 1995. Basic Animal Nutrition and Feeding. 4<sup>th</sup> ed., John Wiley & Sons, Inc. New York. 472 p.
14. Schiavon , S.,M. Ramanzin , G. Bittante , L. Bailoni and L. Gallo. 1996. Comparison between total collection and chromic oxide techniques for the evaluation of pig apparent digestibility with different diets and different adaptation and collection periods. *Zootecnica -e- Nutrizione - Animale*. 22:23-32.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้