

การประเมินค่าการย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารสัตว์ โดยวิธี Hohenheim Gas Test (1) พืชอาหารสัตว์

วรรณ อ่างทอง^{1/} รำไพโร นามสีลี^{2/} สุภาพร มนต์ชัยกุล^{1/}

บทคัดย่อ

การประเมินค่าการย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของพืชอาหารสัตว์ ดำเนินการที่กลุ่มวิเคราะห์อาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ และศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น ในช่วงระหว่างเดือนตุลาคม 2541 – กันยายน 2542 โดยเก็บรวบรวมตัวอย่างพืชอาหารสัตว์ จำนวน 58 ชนิด แบ่งเป็นหญ้า 37 ชนิด ถั่ว 20 ชนิดและพืชอื่น 1 ชนิด นำมาประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD) โดยวิธี Hohenheim Gas Test พบว่าหญ้า มีค่าโปรตีนอยู่ในช่วง 4.8–17.8 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.9–2.7 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ NDF 56.2–76.1 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 4.4–17.6 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณแก๊สที่ 24 ชั่วโมงอยู่ในช่วง 21.3–51.0 มิลลิลิตร เมื่อนำไปคำนวณตามสมการร่วมกับค่าโปรตีน ไขมัน และเถ้า ได้ค่า ME และ OMD อยู่ในช่วง 1.4–2.3 Mcal/kg และ 45.6–69.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยหญ้าอายุ 40 วัน เนเปียร์แคะ อายุ 40 วัน และเนเปียร์ยักษ์ อายุ 40 วัน มีค่า ME สูงสุด เท่ากับ 2.3 Mcal/kg ส่วนหญ้าที่มีค่า OMD สูงสุด คือ เนเปียร์ยักษ์ อายุ 40 วัน มีค่าเท่ากับ 69.2 เปอร์เซ็นต์

ถั่วอาหารสัตว์ พบว่ามีปริมาณโปรตีน อยู่ในช่วง 7.1–28.1 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.0–5.2 เปอร์เซ็นต์ NDF 28.7–63.1 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 4.9–24.6 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแก๊สอยู่ในช่วง 18.2–44.2 มิลลิลิตร เมื่อนำไปคำนวณตามสมการร่วมกับค่าโปรตีน ไขมัน และเถ้า ได้ค่า ME 1.4–2.3 Mcal/kg และ OMD 46.3–71.2 เปอร์เซ็นต์ โดยแคบ้าน มีค่า ME และ OMD สูงสุด เท่ากับ 2.3 Mcal/kg และ 71.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนพืชชนิดอื่นคือ ต้นตดหมูตดหมา มีค่า ME และ OMD เท่ากับ 1.7 Mcal/kg และ 62.4 เปอร์เซ็นต์

เลขทะเบียนวิจัย 41 (1/41)–0514-030

^{1/} กลุ่มวิเคราะห์อาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ ต.บางกะดี อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000

^{2/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น ต.ท่าพระ อ. เมือง จ. ขอนแก่น 40260

Determination of Digestibility and Metabolizable Energy of Feedstuffs by Hohenhiem Gas Test (1) Forage Crops

Wanna Angthong^{1/} Ramphrai narmsilee^{2/} Supaporn Montchaikul^{1/}

Abstract

Determination of digestibility and metabolizable energy of forage crops at Feed and Forage Analysis Section and Khon Kaen Animal Nutrition Research and Development Center between October, 1998 to September, 1999. Thirty-seven kinds of grass, twenty kinds of legumes and one sample of *Paederia linearis* were determined for metabolizable energy (ME) and organic matter digestibility (OMD) by Hohenhiem Gas Test. Crude protein, fat, NDF and ash in grass samples were 4.8-17.8%, 0.9-2.7%, 56.2-76.1% and 4.4-17.6% respectively. The amount of gas production from rumen fluid solution incubated samples (24 hr.) was 21.3-51.0 ml. Calculated ME and OMD of grass by equation with gas production and chemical components were 1.4-2.3 Mcal/kg and 45.6-69.2% respectively. Forty days cutting of ruzi, dwarf napier and king napier had the highest of ME (2.3 Mcal/kg) and the highest of OMD was 69.2% in king napier.

In legume samples, the protein, fat, NDF and ash were 7.1-28.1%, 1.0-5.2%, 28.7-63.1% and 4.9-24.6% respectively. The amount of gas production was 18.2-44.2 ml. Calculated ME and OMD of grass by equation with gas production and chemical components were 1.4-2.3 Mcal/kg and OMD were 46.3-71.2%. The highest values of ME and OMD were obtained from *Sesbania grandiflora*, 2.3 Mcal/kg and 71.2% respectively. In *Paederia linearis* sample, the ME and OMD were 1.7 Mcal/kg and 62.4% respectively.

คำนำ

ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable energy, ME) ของวัตถุดิบอาหารสัตว์เป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงการได้ประโยชน์ได้จริงของวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิด และมีความสำคัญในการคำนวณสูตรอาหารสัตว์เพื่อทำนายปริมาณความต้องการพลังงานของสัตว์ ซึ่งการวัดค่า ME นี้มีวิธีการวัดจากตัวสัตว์โดยตรง (*In vivo*) โดยนำตัวสัตว์เข้าไปอยู่ใน Respiration chamber ซึ่งเป็นห้องที่มีการควบคุมปริมาณแก๊สต่าง ๆ จากนั้นจึงวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการหายใจและการสูญเสียทางอื่นๆ ที่ช่วงเวลาต่างๆ แม้จะเป็นวิธีการที่มีความถูกต้องแต่มีความยุ่งยาก ซับซ้อน และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย เนื่องจาก chamber ดังกล่าวมีราคาแพงมาก ส่วนอีกวิธี คือ การทำจำลองในห้องปฏิบัติการ (*In vitro*) เช่น วิธีการของ Menke and Steingass (1988) หรือที่ใช้ชื่อวิธีการตามสถานที่ที่คิดค้น คือ Hohenheim Gas Test ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยาก สะดวก รวดเร็ว และสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้เป็นจำนวนมากในแต่ละครั้ง จากวิธีการนี้จะสามารถประเมินค่า ME และ ค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (Organic matter digestibility, OMD) ได้จากสมการ เนื่องจากค่า ME และ ค่า OMD ของพืชอาหารสัตว์ในประเทศไทยยังมีรายงานอยู่น้อยมาก ดังนั้นการทดลองนี้จึงได้ศึกษาและวิเคราะห์หาค่าดังกล่าวในพืชอาหารสัตว์บางชนิดที่มีการรวบรวมไว้ในประเทศไทย เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับคำนวณสูตรอาหารสัตว์ และการจัดการให้อาหารสัตว์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองประเมินค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ และค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุในพืชอาหารสัตว์ ณ กลุ่มวิเคราะห์อาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ และที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น ระหว่างเดือนตุลาคม 2541 – กันยายน 2542 ดังนี้

1. นำตัวอย่างพืชอาหารสัตว์จากศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ชัยนาท ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น ศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์นครศรีธรรมราช และศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ลำปาง โดยประกอบด้วยตัวอย่างหญ้าอาหารสัตว์ 37 ชนิด โดยมีอายุการตัด 45 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่พืชให้ผลผลิตและมีคุณภาพสูง ถั่วอาหารสัตว์ 20 ชนิด ส่วนใหญ่ไม่ระบุอายุการตัด แบ่งเป็นถั่วลำต้นเถาเลื้อย 10 ชนิด ทรงพุ่ม 4 ชนิด และถั่วยืนต้น 6 ชนิด และตดหมุดตดหมา

2. การเตรียมตัวอย่าง นำตัวอย่างพืชอาหารสัตว์มาทำการอบแห้งและบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เก็บในภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิด ณ อุณหภูมิห้อง

3. เตรียมโคเจาะกระเพาะ เพื่อนำน้ำจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid) มาใช้ในการทดลอง ใช้โคลูกผสมพันธุ์อเมริกันบราห์มัน ซึ่งได้ทำการเจาะกระเพาะรูเมน (rumen fistulated) จำนวน 3 ตัว ให้โค

ทุกตัวกินอาหารหยาบ และอาหารข้นในสัดส่วน 60 : 40 ตามที่ Menke and Steingass (1988) แนะนำ โดยโคทุกตัวได้กินอาหารอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) โดยแบ่งให้วันละ 2 เวลา คือ เข้าประมาณ 8.30 น. และ เย็น ประมาณ 16.00 น. ภายในคอกมีน้ำและแร่ธาตุก้อน ให้โคกินตลอดเวลา

4. การประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ และค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุตามวิธีของ Menke and Steingass (1988) มีขั้นตอน ดังนี้

4.1 เตรียมตัวอย่างอาหารมาตรฐานที่เป็นอาหารข้น 1 ชนิด และอาหารหยาบ 1 ชนิด ที่ทราบปริมาณแก๊สแล้ว ซึ่งตัวอย่างอาหารมาตรฐานนี้ใช้สำหรับตรวจสอบสภาวะความเหมาะสมของ กระเพาะรูเมน และใช้คำนวณค่า factor เพื่อนำไปปรับปริมาณแก๊สที่ 24 ชั่วโมง ตามวิธีการของ Menke and Steingass (1988)

4.2 ซึ่งตัวอย่างอาหารทดลอง และตัวอย่างอาหารมาตรฐาน ตัวอย่างละ 3 ซ้ำๆ ละ 200 มิลลิกรัมของน้ำหนักแห้ง ใส่ในหลอดทดลอง และเตรียมหลอดที่เป็น blank ซึ่งไม่ใส่ตัวอย่าง จำนวน 3 ซ้ำ แล้วนำหลอดทั้งหมดเข้าอุ่นในบ่ม (Incubator) ที่อุณหภูมิ 39°C

4.3 เตรียมสารละลาย medium ซึ่งประกอบไปด้วยสารละลายแร่ธาตุหลัก (main element solution) สารละลายแร่ธาตุรอง (trace element solution) สารละลายบัฟเฟอร์ (buffer solution) จากนั้นเติมสารละลายรีซาชูริน (rezazurin solution) สีม่วงอมชมพู ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารอินดิเคเตอร์ เมื่อทดสอบสารละลายต่าง ๆ รวมกันแล้วได้อากาศออกจากสารละลายด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และอุ่นในอ่างน้ำที่ปรับให้อุณหภูมิเท่ากับ 39°C จากนั้นเติมสารละลายรีดักชัน (reduction solution) ที่เตรียมใหม่ทุกครั้งที่ทดลอง รอจนสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นใสไม่มีสี

4.4 ทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมนในตอนเช้าก่อนให้อาหาร โดยใช้มือล้วงเศษอาหารจากกระเพาะรูเมนออกมาบีบเอาส่วนที่เป็นน้ำผ่านผ้ากรอง 2 ชั้น ซึ่งมีขนาด ช่อง เท่ากับ 0.75 x 0.75 มิลลิเมตร ใส่ลงในขวดที่มีการไล่อากาศออกด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมนประมาณ 2 ลิตร จากโคทั้ง 3 ตัว ในปริมาณที่เท่า ๆ กัน ลงในขวดโดยใส่น้ำรูเมนจนล้นปากขวด เพื่อไม่ให้มีอากาศแทรก ปิดปากขวดให้แน่น นำขวดที่ใส่ของเหลวแช่ลงในกระติกที่มีน้ำอุ่นอุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส

4.5 นำของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ผสมให้เข้ากันดีแล้วตวงใส่ลงในสารละลายที่เตรียมไว้ในข้อ 4.2 โดยใช้สารละลาย medium และ rumen fluid ในอัตราส่วน 2 : 1 คนสารละลายรูเมนด้วย magnetic stirrer นำหลอดตัวอย่างอาหารที่เตรียมไว้มาใส่สารละลายรูเมนหลอดละ 30 มิลลิลิตร ไล่อากาศออกจากหลอดให้หมด บันทึกปริมาตรแก๊สเริ่มต้น (V_0) แล้วนำหลอดที่ใส่สารละลายรูเมนแล้วไปใส่ในช่องของแกนหมุน (rotator) ที่อยู่ภายในตู้บ่มที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 39 °C โดยครั้งแรกจะใส่หลอดที่เป็น blank จำนวน 3 หลอดก่อน จากนั้นจึงใส่หลอดที่มีตัวอย่างมาตรฐานทั้ง 2 ชนิด รวม 6 หลอด และหลอดตัวอย่าง

อาหาร อ่านปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นที่ชั่วโมงที่ 4 8 12 และ 24 นำค่าแก๊สที่เกิดขึ้นที่ 24 ชั่วโมง มาคำนวณหาปริมาณแก๊สสุทธิที่ 24 ชั่วโมง ดังนี้

$$GP \text{ (ml/200 mgDM)} = \frac{V_{24} - V_0 - GP_0 \times (Fh + Fc)/2}{\text{Weight in mg DM}}$$

เมื่อ	GP	คือ ปริมาตรแก๊สสุทธิที่ 24 ชั่วโมง
	V_{24}	คือ ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นที่ 24 ชั่วโมง
	V_0	คือ ปริมาตรแก๊สเริ่มต้น
	GP_0	คือ ปริมาตรแก๊สที่ 24 ชั่วโมงของ blank ที่ได้เฉลี่ยแล้ว
	Fh	คือ ค่า factor ของตัวอย่างอาหารหยาบมาตรฐาน ที่คำนวณจาก ค่าแก๊สสุทธิที่ระบุไว้ / ค่าแก๊สสุทธิที่เกิดขึ้นที่ 24 ชั่วโมง
	Fc	คือ ค่า factor ของตัวอย่างอาหารข้นมาตรฐาน ที่คำนวณจาก ค่าแก๊สสุทธิที่ระบุไว้ / ค่าแก๊สสุทธิที่เกิดขึ้นที่ 24 ชั่วโมง

4.6 วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่าง โดยวิเคราะห์ค่า ความชื้น เถ้า ไขมัน และโปรตีนหยาบ ตามวิธีการของ AOAC (1984) และ เยื่อใย NDF ตามวิธีการของ Goering and Van Soest (1970)

4.7 นำค่าแก๊สสุทธิที่ 24 ชั่วโมง (จากข้อ 4.4) และค่าส่วนประกอบทางเคมี (จากข้อ 4.5) มาคำนวณหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable energy, ME) และค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter Digestibility, OMD) ตามสมการที่ใช้สำหรับพืชอาหารสัตว์ที่เสนอโดย Menke and Steingass (1988) ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ME (MJ/kgDM)} &= 2.20 + 0.1357GP + 0.0057XP + 0.0002859XL^2 \\ \text{OMD (\%)} &= 15.38 + 0.8453GP + 0.0595XP + 0.0675XA \end{aligned}$$

เมื่อ GP = ปริมาตรแก๊สสุทธิที่ 24 ชั่วโมง (ml/200mgDM) ส่วน XP, XL และ XA คือ โปรตีน หยาบ ไขมัน และ เถ้า (g/kg DM) ตามลำดับ
1 แคลลอรี่ (calory, cal) = 1 จูล (Joul, J)

4.8 คำนวณค่าเฉลี่ยของ ME และ OMD และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD)

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการประเมินค่า พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD) ของพืชอาหารสัตว์ โดยวิธี Hohenheim Gas Test ผลการทดลอง มีดังนี้

1. การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

1.1 หญ้าอาหารสัตว์

จากตารางที่ 1 พบว่าหญ้าอาหารสัตว์ที่อายุการตัด 30 วัน มีโปรตีนอยู่ในช่วง 9.6–17.8 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.7–2.7 เปอร์เซ็นต์ NDF 56.2–76.1 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 5.0–14.6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนตัวอย่างหญ้าที่ตัดอายุ 40 วัน มีโปรตีนอยู่ในช่วง 4.8–8.9 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.1–2.0 เปอร์เซ็นต์ NDF 60.0–74.5 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 4.4–13.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาค่าส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าที่อายุต่างกัน พบว่า หญ้าที่อายุ 30 วันมีค่าโปรตีน ไขมัน และเถ้าสูงกว่าหญ้าที่อายุ 40 วัน ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนจะพบมากในส่วนของใบ และเนื้อเยื่อเจริญ ส่วนไขมันจะมีสะสมในใบมากกว่าส่วนลำต้น ดังนั้นเมื่อหญ้าอายุมากขึ้นจะมีส่วนของเนื้อเยื่อเจริญน้อยลง และมีสัดส่วนของใบน้อยกว่าลำต้นจึงมีผลให้โปรตีน และไขมัน ลดลงอีกทั้งพืชได้มีการนำสารอาหารไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตด้วย เมื่อหญ้าอายุมากขึ้น และในขณะเดียวกันปริมาณการสะสมของเถ้า หรือแร่ธาตุในพืช พบว่าจะมีการสะสมที่ส่วนของใบมากกว่าที่ลำต้น ดังนั้นเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น สัดส่วนของใบจะมีน้อยกว่าลำต้น จึงทำให้ปริมาณแร่ธาตุในพืชที่อายุมากขึ้นมีปริมาณลดลง (สายัณห์, 2540) ส่วนปริมาณของ NDF แม้จะมีค่าไม่แตกต่างกันในหญ้าที่อายุ 30 วัน และ 40 วัน แต่เมื่อพิจารณาหญ้าแต่ละชนิดพบว่าหญ้าที่อายุ 40 วัน จะมีค่า NDF สูงกว่า 30 วัน ซึ่งการสะสมของเยื่อใยจะเป็นปฏิกิริยาผูกพันกับปริมาณโปรตีน กล่าวคือในพืชที่มีอายุสูงขึ้นย่อมมีการสะสมของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างหรือส่วนของเยื่อใยเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ในพืชที่มีอายุมากขึ้นจะมีสัดส่วนของใบน้อยกว่าส่วนที่เป็นลำต้น ซึ่งส่วนลำต้น กิ่งก้านจะมีการสะสมเซลลูโลสและลิกนินมากขึ้นโดยเฉพาะในพืชเขตร้อน (Van Soest, 1982; Humphreys, 1991)

1.2 ถั่วอาหารสัตว์ และต้นตดหมุดตดหมา

จากตารางที่ 2 เมื่อแบ่งประเภทของถั่วตามลักษณะของลำต้น (เขาวลิต และธำรงค์ศักดิ์, 2539; กอบแก้ว, 2535) เป็น 3 กลุ่ม คือ ถั่วลำต้นเถาเลื้อย ถั่วทรงพุ่ม และถั่วยืนต้น พบว่าปริมาณโปรตีน ไขมัน NDF และเถ้าของถั่วทั้ง 3 กลุ่มมีค่าดังนี้ (1) ถั่วต้นเถาเลื้อยมีโปรตีนอยู่ในช่วง 7.1–21.0 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.0–2.9 เปอร์เซ็นต์ NDF 40.0–63.1 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 8.6–24.6 เปอร์เซ็นต์ (2) ถั่วทรงพุ่มมีโปรตีนอยู่ในช่วง 13.2–18.4 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.1–1.6 เปอร์เซ็นต์ NDF 45.0–59.5 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 8.2–15.6 เปอร์เซ็นต์ (3) ถั่วยืนต้น มีโปรตีน 15.9–28.1 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 2.0–5.2 เปอร์เซ็นต์ NDF 28.7–54.0 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 4.9–9.4 เปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างของโปรตีน ไขมัน และเยื่อใย อาจมีผลมาจากวิธีการเก็บเกี่ยว โดยถั่วเถาเลื้อย และถั่วทรงพุ่มเก็บเกี่ยวด้วยวิธีการตัดสูงจากพื้นดิน ประมาณ 20 เซนติเมตร

ส่วนถั่วยืนต้นจะเก็บเกี่ยวเฉพาะส่วนของใบ และส่วนยอด ดังนั้นจึงมีส่วนของใบมากกว่า และส่วนที่เป็นกิ่งก้านที่มีความอ่อนนุ่มมากกว่าถั่วอีก 2 กลุ่ม ส่วนปริมาณเถ้าพบสูงในถั่วอาร์เซอร์ (24.6 เปอร์เซ็นต์) และถั่วซีราโตร (23.9 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งปริมาณเถ้าของถั่วซีราโตร มีค่าใกล้เคียงกับที่ วารุณี และวลัยกานต์ (2541) ได้รายงานไว้ คือ 22.4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพืชอื่น คือ ตดหมูตดหมา พบว่ามีส่วนประกอบทางเคมีคล้ายถั่ว คือ มีโปรตีนค่อนข้างสูง (14.0 เปอร์เซ็นต์) มีค่าไขมัน NDF และ เถ้า เท่ากับ 1.7 51.9 และ 20.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาส่วนประกอบทางเคมีระหว่าง หญ้า กับ ถั่ว แต่ละชนิด พบว่าถั่วมีโปรตีน และไขมันสูงกว่าหญ้า แต่มีเยื่อใย NDF ต่ำกว่า ทั้งนี้เนื่องจากหญ้าและถั่วในเขตร้อนมีลักษณะที่แตกต่างกัน ทั้งในด้าน ลักษณะรูปร่าง (morphology) โครงสร้าง (anatomy) รวมทั้งทางกระบวนการทางชีวเคมี (photosynthesis pathway) ซึ่งมีผลทำให้มีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่าง (Humphreys, 1991) ส่วนประกอบทางเคมีของหญ้า และถั่ว ในการทดลองนี้มีค่าอยู่ในช่วงเดียวกับรายงานของ วารุณี และวลัยกานต์ (2541)

2. ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD)

2.1 หญ้าอาหารสัตว์

เมื่อนำปริมาณแก๊ส และส่วนประกอบทางเคมีมาประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD) โดยสมการ พบว่าหญ้าอายุ 30 วัน มีค่า ME อยู่ในช่วง 1.4-2.2 Mcal/kg และที่อายุ 40 วัน มีค่า 1.5-2.3 Mcal/kg ส่วนค่า OMD พบว่าหญ้าที่อายุ 30 วัน มีค่า อยู่ในช่วง 45.6-68.6 เปอร์เซ็นต์ และหญ้าอายุ 40 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 45.9-69.2 เปอร์เซ็นต์ และค่าเหล่านี้มีค่าไม่แตกต่างกันมากนักกับรายงานของ นฤมล (2541) ที่พบว่าหญ้าขน มีค่า ME เท่ากับ 1.61 Mcal/kg รุชี 2.20 Mcal/kg กินนีธรรมดา 2.05 Mcal/kg และเนเปียร์ธรรมดา 1.91 Mcal/kg และค่า OMD หญ้าขน เท่ากับ 52.6 เปอร์เซ็นต์ รุชี 64.6 เปอร์เซ็นต์ กินนีธรรมดา 61.0 เปอร์เซ็นต์ และเนเปียร์ธรรมดา 61.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนรายงานของ บุญล้อม และคณะ (2544) พบว่าหญ้างินนีสีม่วงมีค่า ME 1.83 Mcal/kg และค่า OMD เท่ากับ 56.48 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Krishnamoorthy *et al* (1995) ที่ศึกษาค่า ME หญ้าเนเปียร์ธรรมดามีค่าเท่ากับ 1.70 Mcal/kg

อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณา ถึงค่า ME และ OMD ของหญ้าชนิดเดียวกันที่อายุ 30 วัน และ 40 วัน มีค่าใกล้เคียงกัน แต่มีความแตกต่างกันตามสายพันธุ์ เนื่องจากพืชในแต่ละพันธุ์มีโครงสร้าง และการสะสมที่ต่างกันไป นอกจากนี้ตัวอย่างหญ้าที่ใช้ทดลองและที่มีรายงานไว้ เป็นตัวอย่างที่ได้จากสถานที่ปลูกต่างกัน ดังนั้นอาจมีการจัดการแปลงหญ้าที่ต่างกันจึงมีผลต่อการสะสมอาหารทำให้มีส่วนประกอบทางเคมีแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นที่ 24 ชั่วโมงของหญ้าในกลุ่มที่ตัดอายุ 30 วัน มีปริมาณแก๊สอยู่ในช่วง 21.3-44.6 มิลลิลิตร ซึ่งต่ำกว่าหญ้าอายุ 40 วัน (34.2-51.0 มิลลิลิตร) เนื่องจากหญ้าที่ตัดอายุ 30 วัน มีโปรตีนเฉลี่ยค่อนข้างสูง แต่มีส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย เช่น แป้ง น้ำตาล

ต่ำกว่าหญ้าอายุ 40 วัน จึงทำให้มีการผลิตแก๊สได้น้อย แม้ว่าจะมีส่วนของเยื่อใยน้อยกว่าก็ตาม นอกจากนี้ยังมีรายงานที่พบว่าส่วนของโปรตีนหลังจากการถูกบ่มย่อยแล้วจะแตกตัวได้แอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งส่วนหนึ่งจุลินทรีย์นำไปใช้ในการเจริญเติบโต ทำให้ปริมาณแก๊สที่ได้ต่ำ และอีกสาเหตุหนึ่งที่มีผลทำให้ปริมาณแก๊สที่ได้จากการหมักตัวอย่างโปรตีนไม่สูงเนื่องจากแอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกับ CO_2 ที่ได้จาก carbonate buffer กลายเป็น $(\text{NH}_4)\text{HCO}_3$ จึงมี CO_2 อิสระน้อย มีผลให้ได้ปริมาณแก๊สต่ำลง จึงส่งผลให้การใช้ประโยชน์ได้ และการย่อยได้มีความแตกต่างกัน (Cone และ Van Gelder, 1999; Menke และ Steingass, 1988)

2.2 ถั่วอาหารสัตว์ และต้นตดหมูตดหมา

เมื่อนำปริมาณแก๊ส และส่วนประกอบทางเคมีมาทำนายโดยสมการ พบว่าค่า ME ของถั่วทั้ง 3 กลุ่ม อยู่ในช่วง 1.4–2.3 Mcal/kg โดยถั่วที่มีค่า ME ต่ำสุดคือ ซีราโตร และอาร์เซอร์ เท่ากับ 1.4 Mcal/kg ถั่วที่มีค่าสูงสุด คือ แคบ้าน 2.3 Mcal/kg ส่วนค่า OMD อยู่ในช่วง 46.3–71.2 เปอร์เซ็นต์ โดยถั่วมะแฮะ มีค่าต่ำสุด คือ 46.3 เปอร์เซ็นต์ และแคบ้านมีค่าสูงสุด เท่ากับ 71.2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งระหว่างหญ้า กับถั่ว พบว่าถั่วมีค่า OMD สูงกว่าหญ้าเล็กน้อย (45.6–69.2 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับ 46.3–71.2 เปอร์เซ็นต์) สอดคล้องกับรายงานของ Minson และ Wilson (1980) ที่พบว่าในเขตร้อนค่าการย่อยได้ (Digestibility) เฉลี่ยของถั่วจะสูงกว่าหญ้าคือ มีค่า 0.57 และ 0.55 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ และค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุของถั่วที่ได้จากการทดลองนี้เทียบกับที่มีรายงานไว้พบว่ามีค่าค่อนข้างต่ำกว่า รายงานของ บุญล้อม และคณะ (2544) ที่พบว่า ถั่วควาลเคดมีค่า ME เท่ากับ 2.13 Mcal/kg และกระถิน มีค่า ME 2.24 Mcal/kg และถั่วควาลเคดมีค่า OMD เท่ากับ 65.07 เปอร์เซ็นต์ และกระถินมีค่า OMD 67.96 เปอร์เซ็นต์ และต่ำกว่ารายงานของ Krishnamoorthy และคณะ (1995) ที่พบว่า ถั่วเซนโตร ซีราโตร และกระถิน มีค่า ME เท่ากับ 1.9, 1.7 และ 1.9 Mcal/kg ซึ่งความแตกต่างกันนี้ อาจมีผลจากความแก่อ่อน และสัดส่วนของใบต่อลำต้นของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง เนื่องจากถั่วเมื่อแก่จะมีการหลุดร่วงของใบได้ง่ายทำให้สัดส่วนของใบและลำต้นมีความแตกต่างกันไป จึงมีผลให้ค่าที่ประเมินได้มีความแตกต่างกัน และสำหรับพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่น คือ ตดหมูตดหมา มีค่า ME และ OMD เท่ากับ 1.7 Mcal/kg และ 62.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมี ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) และค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD) ของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด

พืชอาหารสัตว์	อายุ การตัด (วัน)	N	ส่วนประกอบทางเคมี (%ของวัตถุแห้ง)				ปริมาณ แก๊สที่ 24 ชม. (มล/ 200 มก.)	ME (Mcal/ KgDM)	OMD (%)
			CP	EE	NDF	Ash			
1. <i>Andropogon gayanus</i> (หญ้าม้า)	30	2	11.2	1.3	69.8	8.8	29.5	1.6	52.9
		SD	0.8	0.2	1.9	0.1	1.6	0.1	1.9
	40	1	4.8	1.4	74.5	4.4	29.3	1.6	45.9
2. <i>Acroceras macrum</i> (หญ้าไนล์)	30	1	16.9	1.9	62.2	12.2	39.0	2.1	66.6
3. <i>Brachiaria brizantha</i> (ซีกแนลตั้ง)	40	2	13.2	1.2	67.6	10.8	42.9	2.1	66.7
		SD	1.0	0.1	6.5	3.7	5.7	0.2	1.7
4. <i>Brachiaria decumbens</i> (ซีกแนลนอน)	40	4	8.2	1.5	64.5	13.7	43.2	2.1	66.0
		SD	1.9	0.3	2.2	4.8	7.1	0.2	7.5
5. <i>Brachiaria humidicola</i> (ซีกแนลเลื้อย)	40	2	8.2	1.4	71.9	9.7	42.7	2.0	62.8
		SD	0.1	0.1	0.3	0.9	0.5	0.0	0.2
6. <i>Brachiaria milliformis</i> (หญ้าโคโร)	30	1	15.4	1.2	63.1	14.4	35.9	1.9	64.6
7. <i>Brachiaria mutica</i> (หญ้าขน)	40	2	7.9	1.6	66.6	10.6	33.5	1.5	55.5
		SD	0.9	0.1	1.6	1.1	5.7	0.6	4.6
8. <i>Brachiaria ruziziensis</i> (หญ้าวูชี)	40	3	7.5	1.9	60.0	8.6	51.0	2.3	68.7
		SD	1.0	0.0	1.3	0.8	0.7	0.0	0.1
9. <i>Cenchrus ciliaris</i> (บัพเฟล)	30	1	10.0	1.1	65.0	14.1	40.5	2.0	65.1
	40	2	7.6	2.0	66.6	6.5	40.4	2.0	58.4
		SD	2.0	0.1	0.6	0.4	0.6	0.0	2.0
10. <i>Cenchrus ciliaris</i> cv Molopo (โมโลโปบัพเฟล)	30	1	11.5	1.8	67.3	13.9	36.2	1.9	62.2
11. <i>Chloris gayana</i> (หญ้ารอดส์)	30	2	11.9	1.4	70.5	14.6	33.5	1.8	60.6
		SD	1.2	0.1	3.6	5.0	0.1	0.0	4.2
12. <i>Dichanthium aristatum</i> (อาลาบ้งเอกซ์)	30	1	12.0	1.5	68.0	12.3	37.1	1.9	62.2

ตารางที่ 1 (ต่อ)

พืชอาหารสัตว์	อายุ การตัด (วัน)	N	ส่วนประกอบทางเคมี (%ของวัตถุแห้ง)				ปริมาณ	ME	OMD (%)
			CP	EE	NDF	Ash	แก๊สที่ 24 ชม. (มล/ 200 มก.)	(Mcal/ KgDM)	
13. <i>Digitaria eriantha</i> (แพงโกล่า)	30	2	12.6	2.2	62.9	11.8	44.6	2.2	68.6
		SD	1.5	0.1	0.7	1.4	0.3	0.0	1.6
	40	1	5.6	1.4	67.3	7.4	44.7	2.1	61.5
14. <i>Digitaria setivalva</i> (มารดี)	30	3	13.5	1.8	66.5	12.3	34.0	1.8	60.5
		SD	1.0	0.4	2.5	0.5	3.5	0.1	3.2
15. <i>Eragrostis parriflora</i> (วิปปิ้งเลิฟ)	30	1	11.2	1.8	76.1	5.0	23.9	1.5	45.6
16. <i>Eragrostis superba</i> (วิลแมนเลิฟ)	30	1	12.4	1.5	72.1	8.6	42.0	2.1	64.1
17. <i>Hyparrhenia rufa</i> (จากรากัว)	30	1	9.8	1.5	69.9	10.1	36.7	1.9	59.1
18. <i>Milinis minutiflora</i> (หญ้าโมลาส)	30	1	10.9	1.7	68.3	10.0	37.6	1.9	60.4
	40	1	9.7	1.1	74.1	8.3	41.3	2.0	61.6
19. <i>Panicum antidotale</i> (บลูแพนิก)	30	1	11.6	1.5	62.0	12.7	28.5	1.6	55.0
20. <i>Panicum coloratum</i> var. markarikari (มาการิการิ)	30	1	17.8	2.7	65.5	8.5	39.4	2.1	65.0
21. <i>Panicum maximum</i> (กินนีธรรมชาติ)	40	1	5.7	1.3	67.3	8.5	44.4	2.1	62.0
22. <i>Panicum maximum</i> cv. Gatton (แกตตันแพนิก)	30	1	8.7	1.2	66.4	12.1	37.2	1.9	60.1
	40	3	8.0	1.4	67.9	8.9	42.1	2.0	61.8
		SD	1.0	0.2	1.3	1.5	4.2	0.1	4.0
23. <i>Panicum maximum</i> cv. Hamil (แฮมิลกินนี)	30	1	11.3	0.7	68.3	10.9	34.6	1.8	58.7
	40	1	6.1	1.1	69.9	9.5	39.3	1.9	58.7
24. <i>Panicum maximum</i> TD58 (กินนีสีม่วง)	30	1	16.2	1.1	65.6	13.3	38.3	2.0	66.4
	40	1	9.1	1.8	67.4	8.9	42.2	2.0	62.5
25. <i>Panicum maximum</i> var. <i>Trichoglume</i> (กรีนแพนิก)	30	1	8.6	1.3	64.8	12.1	43.4	2.1	65.3
	40	3	6.9	1.4	71.2	8.7	40.0	1.9	59.2
		SD	1.0	0.2	3.3	0.8	5.9	0.2	5.6

ตารางที่ 1 (ต่อ)

พืชอาหารสัตว์	อายุ การตัด (วัน)	N	ส่วนประกอบทางเคมี (%ของวัตถุแห้ง)				ปริมาณ แก๊สที่ 24 ชม. (มล/ 200 มก.)	ME (Mcal/ KgDM)	OMD (%)
			CP	EE	NDF	Ash			
26. <i>Paspalum atratum</i> (หญ้าอะตราตัม)	30	1	10.5	0.9	65.5	11.5	37.6	1.9	61.2
	40	2	8.3	1.9	66.1	11.1	38.6	1.9	60.4
		SD	2.2	0.6	1.9	0.1	0.5	0.0	0.8
27. <i>Paspalum dilatatum</i> (แดลลิส)	30	1	11.9	2.1	68.5	9.6	35.9	1.9	59.3
28. <i>Paspalum notatum</i> (บาเฮีย)	40	1	8.6	1.6	69.3	9.5	34.2	1.8	55.8
29. <i>Paspalum plicatulum</i> (พลิคเคทูลัม)	30	1	12.6	1.0	67.5	11.1	32.4	1.8	57.8
	40	1	6.4	1.6	73.2	6.9	35.3	1.8	53.7
30. <i>Paspalum vaginatum</i> (มิสกี)	30	1	12.5	1.7	73.9	8.7	21.3	1.4	46.7
31. <i>Penisetum purpureum</i> (เนเปียร์ธรรมดา)	40	3	8.6	1.8	65.1	14.1	37.0	1.9	61.3
		SD	0.7	0.5	0.4	0.0	4.0	0.1	2.9
32. <i>Penisetum purpureum</i> cv. Mott (เนเปียร์แคว)	30	1	10.6	1.6	57.5	17.6	36.6	1.9	64.5
	40	1	7.1	2.0	66.7	10.3	50.3	2.3	69.1
33. <i>Penisetum purpureum</i> cv. Kinggrass (เนเปียร์ยักษ์)	30	1	11.6	1.5	64.7	16.3	37.4	1.9	64.9
	40	1	9.7	1.8	67.2	8.2	50.4	2.3	69.2
34. <i>Setaria sphacelata</i> cv. Nandi (เซทาเรียนันดี)	30	1	10.8	2.2	56.2	15.3	30.1	1.7	57.6
35. <i>Setaria sphacelata</i> cv. Kadzungula (เซทาเรียคัตซังกูรา)	30	1	9.9	1.9	62.0	12.8	26.0	1.5	51.9
36. <i>Tripsacum laxum</i> (กัวเตมาลา)	30	1	13.0	1.3	68.5	10.6	30.8	1.7	56.3
37. <i>Urochloa mosambicensis</i> (ชาบี)	30	1	14.4	1.3	66.7	15.8	34.7	1.9	63.9

N หมายถึง จำนวนตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ และ SD หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมี ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD) ของถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ

พืชอาหารสัตว์	อายุ การตัด (วัน)	N	ส่วนประกอบทางเคมี (%ของวัตถุแห้ง)				ปริมาณ	ME	OMD (%)
							แก๊สที่ 24	(Mcal/	
							ชม. (มล/ 200 มก.)	KgDM)	
			CP	EE	NDF	Ash			
1. ถั่วลำต้นเป็นเถาเลื้อย									
Arachis pintoi cv. Amarillo (ถั่วลิสงเถา)	*	1	15.6	1.3	46.1	9.2	39.9	2.1	64.6
2. Macroptilium longipedunculatum Maldonado (ถั่วมาลโดนาโด)									
	*	1	12.4	2.5	40.0	8.7	38.2	1.9	60.9
3. Desmodium intortum (green leaves desmodium)									
	*	1	7.1	2.9	63.1	10.6	37.8	1.7	58.7
4. Centrosema pascuorum cv. Bundy (ถั่วบันดี้)									
	*	1	21.0	2.1	49.3	8.6	32.0	1.7	60.7
5. Centrosema pascuorum cv. Cavalcade (ถั่วคาวาลเคด)									
	90	3	15.6	2.2	52.5	10.5	33.5	1.9	60
		SD	2.3	0.5	3.5	3.8	5.5	0.2	2.7
6. Lablab purpureus (ถั่วแลปแลป)									
	*	1	18.6	1.3	51.3	19.0	30.3	1.8	64.9
7. Centrosema pubescens (ถั่วเซนโตร หรือ ถั่วลาย)									
	*	2	20.4	1.3	56.3	12.5	24.2	1.6	56.4
		SD	2.3	0.1	4.4	3.5	4.5	0.1	0.0
8. Calopogonium mucunoides (คาโลโป)									
	*	1	16.1	1.2	59.5	16.1	24.9	1.6	56.9
9. Macrotyloma axillare (ถั่วอาร์เซอร์)									
	*	1	15.7	1.4	53.0	24.6	21.0	1.4	59.1
10. Macroptilium atropurpureum (ถั่วซีราโตร)									
	*	1	17.6	1	52	23.9	18.2	1.4	57.4

ตารางที่ 2 (ต่อ)

พืชอาหารสัตว์	อายุ	N	ส่วนประกอบทางเคมี				ปริมาณ	ME	OMD
	การตัด (วัน)		(%ของวัตถุแห้ง)				แก๊สที่ 24	(MJ/	
			CP	EE	NDF	Ash	ชม. (มล/ 200 มก.)	KgDM)	
ถั่วทรงพุ่ม									
1. <i>Stylosanthes guianensis</i> cv.Graham (ถั่วแกรมนสไตโล)	40	1	15.6	1.6	45.0	8.2	41.7	2.1	65.5
2. <i>Stylosanthes hamata</i> cv. Verano (ถั่วเวอร์รานอสไตโล)	*	1	18.4	1.4	47.0	12.7	34.4	1.9	64.0
3. <i>Stylosanthes scabra</i> cv.Seca (ถั่วเซ็กกาสไตโล)	*	1	13.2	1.5	59.5	12	29.8	1.7	56.5
4. <i>Stylosanthes guianensis</i> CIAT 184 (ท่าพระสไตโล)	*	1	16.7	1.1	54.5	15.6	27.4	1.7	59.0
ถั่วยืนต้น									
1. <i>Sesbania grandiflora</i> (แคบ้าน)	*	1	28.1	3.1	31.6	8.1	39.8	2.3	71.2
2. <i>Erythina subumbrans</i> (ทองหลาง)	*	1	18.5	3.8	46.5	9.2	44.2	2.2	70.0
3. <i>Gliricidia sepium</i> (แคฝรั่ง)	*	1	24.3	2.7	34.1	9.4	37.9	2.1	68.2
4. <i>Leucaena leucocephala</i> (กระถิน)	*	4 SD	27.2 1.8	3.1 0.9	30.8 2.0	7.7 1.3	27.2 3.2	1.8 0.1	59.7 2.4
5. <i>Cajanus cajan</i> (ถั่วมะแฮะ)	60	1	15.9	5.2	54.0	4.9	21.5	1.6	46.3
6. <i>Desmanthus virgatus</i> (ถั่วไมยรา)	*	1	17.9	2.0	28.7	5.6	21.9	1.5	48.3
พืชอาหารสัตว์อื่นๆ									
<i>Paederia linearis</i> (ตดหมูตดหมา)	30	1	14.0	1.7	51.9	20.3	29.6	1.7	62.4

N หมายถึง จำนวนตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ และ SD หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

* ไม่ระบุอายุการตัด

สรุป

จากการประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ และค่าการย่อยได้ของหญ้าอาหารสัตว์ 37 ชนิด ถั่วอาหารสัตว์ลำต้นเถาเลื้อย 10 ชนิด ถั่วทรงพุ่ม 4 ชนิด ถั่วยืนต้น 6 ชนิด และตัวอย่างพืชอาหารสัตว์อื่น 1 ชนิด พบว่าหญ้าอาหารสัตว์ที่อายุการตัด 30 วันมีค่า ME เท่ากับ 1.4-2.2 Mcal/kg และ OMD เท่ากับ 45.6-68.6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนหญ้าที่อายุ 40 วัน มีค่า ME เท่ากับ 1.5-2.3 Mcal/kg และ OMD เท่ากับ 45.9-69.2 เปอร์เซ็นต์

ถั่วอาหารสัตว์ลำต้นเถาเลื้อย ทรงพุ่ม มีค่า ME 1.4-2.1 Mcal/kg และ OMD 56.4-64.9 เปอร์เซ็นต์ ถั่วทรงพุ่ม มีค่า ME 1.7-2.1 Mcal/kg และ OMD 56.5-65.5 เปอร์เซ็นต์ ถั่วยืนต้น มีค่า ME 1.5-2.3 Mcal/kg และ OMD 46.3-71.2 เปอร์เซ็นต์ และต้นตดหมุดดหามามีค่า ME 1.7 Mcal/kg และ OMD 62.4 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองครั้งนี้ไม่ได้กำหนดแผนการทดลองที่ชัดเจน ทำให้จำนวนตัวอย่างพืชอาหารสัตว์ที่ได้รับมีจำนวนช้าน้อยเกินไปทำให้การนำค่า ME และ OMD ไปใช้ในการคำนวณสูตรอาหารสัตว์อาจไม่ใช่ตัวแทนที่ดี ดังนั้นผลการทดลองที่ได้จากการทดลองนี้จึงเป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นที่ควรมีการทดลองโดยใช้จำนวนตัวอย่างพืชอาหารสัตว์เพิ่มเติม และมีอายุการตัดที่ชัดเจน เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความแม่นยำและถูกต้องมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กอบแก้ว คงตรงสิน. 2535. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 259 หน้า.
- เชาวลิต พานิชัตรา และอำรงค์ดี พลบำรุง. 2539. ถั่วอาหารสัตว์และการผลิตเมล็ดพันธุ์. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 23 หน้า.
- นฤมล สุมาลี. 2541. การหาค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในอาหารโคนม โดยใช้เทคนิคการวัดแก๊สแบบไฮเซนไฮม์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 115 หน้า.

- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล วรรณา อ่างทอง บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และสมคิด พรหมมา. 2544. พลังงานสุทธิของอาหาร 8 ชนิด ที่ประเมินโดยวิธีวัดปริมาณแก๊ส และ pH ในรูเมนเมื่อโคได้รับอาหารต่างชนิดกัน. ใน รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. หน้า 104-112.
- วารุณี พานิชผล และวลัยกานต์ เจียมเจตจรรยา. 2541. ตารางคุณค่าทางอาหารสัตว์. เอกสารวิชาการ กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 27 หน้า.
- สายัณห์ ทัดศรี. 2540. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน การผลิตและการจัดการ. ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 375 หน้า.
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. 14th Ed. Assoc. of Official Analytical Chemists Inc., Virginia, U.S.A. 1141 p.
- Cone, J.W. and A.H. Van Gelder. 1999. Influence of protein fermentation on gas production profiles. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 76 : 251-264.
- Goering, H. K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analysis (Apparatus, Reagent, Procedures and Some Applications). Agriculture Handbook No.379. United State Department of Agriculture, Washington D.C., U.S.A. 20 p.
- Humphreys, L.R. 1991. Tropical Pasture Utilisation. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. 206 p.
- Krishnamoorthy, U., H. Soller, H. Steingass, and K.H. Menke. 1995. Energy and protein evaluation of tropical feedstuffs for whole tract and ruminal digestion by chemical analyses and rumen inoculum studies *in vitro*. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 52 : 177-188.
- Menke, K. H. and H. Stienagass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Devel.* 28: 7-55.
- Minson, D. J. and J. R. Wilson. 1980. Comparative study of tropical and temperate forage—a contrast between grass and legume. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 46: 247-249.
- Van Soet, P.J. 1982. Nutrition Ecology of the Ruminant. Durham and Downey, Comstock Publishing Associates, Ithaca, U.S.A. 373 p.