

การหาค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุและค่าพลังงานใช้ประโยชน์
ในอาหารโคนม โดยใช้เทคนิคการวัดแก๊สแบบโฮเฮนไฮม์

**The Estimation of Organic Matter Digestibility
and Metabolizable Energy Content of Dairy Cow Rations
by the Hohenheim Gas Test Technique**

นฤมล สุมาลี^{1/} โชค มิเกล็ด^{1/} เทอดชัย เวียร์ศิลป์^{1/} เกรียงศักดิ์ ไชยโรจน์^{1/} และเอกสิทธิ์ สมคุณา^{2/}
Narumon Sumalee^{1/}, Choke Mikled^{1/}, Therdchai Vearasilp^{1/}, Griangsak Chairote^{2/} and Eakkasit Somkuna^{1/}

Abstract: The study was carried out to evaluate OMD, ME and NEL by the Hohenheim gas test technique. For roughages; ruzi, guinea and napier grasses had closely OMD values (64.35, 61.50 and 61.39 %, respectively). But stargrass, jumbo and paragrass had similar OMD values (54.28, 53.92 and 52.43 %, respectively; $P > 0.05$). For feedstuffs, corn and soybean meal had similar OMD values (78.90 and 76.90 %, respectively; $P > 0.05$). Nevertheless, brewer's dried grains produced the lowest OMD (38.98 %). ME and NEL of corn and soybean meal (ME: 12.81 and 11.41, NEL: 8.08 and 6.83 MJ/kgDM, respectively) were significant higher than that of brewer's dried grains, fish meal and leucaena leaf meal ($P < 0.05$). For commercial concentrates, the results showed that there were no significant difference of OMD of the tested concentrates. The ME and NEL values of Supreme, KT,

^{1/} ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{2/} ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

^{2/} Department of Chemistry, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

LEE 795, CP 005-16 and Purepide brands were significantly higher than that of Win-95. However, Supreme and Win-95 showed the highest and the lowest ME and NEL values, respectively.

บทคัดย่อ: การศึกษาการหาค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD, %) ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ (ME ; MJ/kgDM) และค่าพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NEL ; MJ/kgDM) ในอาหารโคนมด้วยเทคนิคการวัดแก๊สไฮโดรเจนในอาหาร พบว่า หญ้าธัญญา และหญ้านาเปียร์มีค่า OMD ใกล้เคียงกัน (64.35, 61.50 และ 61.39 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ; $P > 0.05$) หญ้าตดกราส หญ้าจัมโบ้ และหญ้านาเปียร์มีค่าใกล้เคียงกัน (54.28, 53.92 และ 52.43 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ; $P > 0.05$) ค่า ME และ NEL ในหญ้าธัญญาและหญ้านาเปียร์มีค่าใกล้เคียงกัน (ME : 8.97 และ 8.64, NEL : 5.21 และ 5.01 MJ/kgDM. ตามลำดับ ; $P > 0.05$) หญ้านาเปียร์และหญ้าตดกราส มีค่าใกล้เคียงกัน (ME : 7.95 และ 7.50, NEL : 4.56 และ 4.23 MJ/kgDM. ตามลำดับ ; $P > 0.05$) ส่วนหญ้านาเปียร์ มีค่าต่ำกว่าหญ้าธัญญา (ME : 6.77 และ 8.97, NEL : 3.70 และ 5.21 MJ/kgDM. ตามลำดับ ; $P < 0.05$) ในวัตถุดิบ อาหารสัตว์ ข้าวโพดและกากถั่วเหลืองมีค่า OMD ใกล้เคียงกัน (78.90 และ 76.90 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ; $P > 0.05$) ส่วนกากข้าวหมอลำมีค่าต่ำสุด (38.98 เปอร์เซ็นต์) ค่า ME และ NEL ในข้าวโพดและกากถั่วเหลือง มีค่าใกล้เคียงกัน (ME ; 12.81 และ 11.81, NEL ; 8.08, และ 6.85 MJ/kgDM. ตามลำดับ ; $P > 0.05$) กากข้าวหมอลำ ปลาป่น และใบกระถินป่นมีค่าใกล้เคียงกัน (ME: 7.13, 6.66 และ 5.76, NEL : 3.75, 3.34 และ 2.85 MJ/kgDM. ตามลำดับ ; $P > 0.05$) ในอาหารข้นสำเร็จรูป สำหรับโคนม พบว่าค่า OMD ของอาหารแต่ละสูตรมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ส่วนค่า ME และ NEL ในอาหาร Supreme มีค่าสูงสุด และใกล้เคียงกับ KT, LEE 795, CP 005-16 และ Purepide ($P > 0.05$) ในขณะที่ Win-95 มีค่าต่ำกว่าสูตรอื่น ๆ ($P < 0.05$)

Index words: อาหารสัตว์ อาหารโคนม หญ้าเลี้ยงสัตว์

Roughage, Dairy cow concentrate

คำนำ

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการประเมินคุณค่าทางอาหารแต่ละชนิด โดยใช้ วิธีการแบบ *In vivo* digestibility และ *In vitro* digestibility แต่เนื่องจากการหาค่าประสิทธิภาพการย่อยได้ โดยทดลองกับตัวสัตว์จริงเป็นงานที่สิ้นเปลืองเวลา แรงงานและค่าใช้จ่ายมาก จึงได้มีการศึกษาการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการแทน โดยเลียนแบบปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในทางเดินอาหารของสัตว์ และได้มีการพัฒนาวิธีการแบบ *In vitro* เรื่อยมา วิธีการหนึ่งคือการหาค่าการย่อยได้โดยอาศัยผลผลิตที่เกิดขึ้น คือ กรดไขมันที่ระเหยได้

(volatile fatty acid , VFA) และแก๊สที่เกิดขึ้นคือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และแก๊สมีเทน (CH_4) โดย Menke *et al.* (1979) และ Menke and Steingass (1988) ซึ่งพัฒนาวิธีการที่เรียกว่า *In vitro* gas production techniques โดยยึดพื้นฐานที่คล้ายคลึงกับวิธีการของ Tilley and Terry (1963) ด้วยวิธีการนี้พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์อย่างสูงกับปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ย่อยได้ (digestible organic matter, DOM) และปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นสามารถใช้ประเมินค่า การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ พลังงานใช้ประโยชน์ (metabolizable energy, ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (net energy for lactation , NEL) ได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การ

ย่อยได้ที่หาได้ด้วยวิธีการนี้นับว่ามีความสะดวก รวดเร็วและเสียค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่าวิธีการอื่น ๆ เพราะสามารถทำได้ครั้งละหลายตัวอย่าง จึงนิยมใช้กันมากในการหาค่าการย่อยได้ในอาหารหยาบ

Khazaal *et al.* (1993) ได้ใช้วิธีการของ Menke *et al.* (1979) ในการวัดค่าการเกิดแก๊สที่เวลา 6, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง และใช้สมการ exponential คือ $P = a + b(1 - e^{-c})$ เพื่อศึกษาจลศาสตร์ ในการหมัก ในกระเพาะส่วนหน้า (kinetic of fermentation) โดยที่

P = โภชนะที่ย่อยสลายตัวไปที่เวลา t

a = ส่วนที่ละลายได้

b = ส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถหมักย่อยได้

c = อัตราการย่อยสลาย

นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อใช้สมการ multiple regression ร่วมด้วย ค่าที่ได้จะมีความแน่นอนสูง สำหรับการทำนายปริมาณการกินได้และค่าความสามารถในการย่อยได้เป็น $R^2 = 0.63$ และ $R^2 = 0.78$ และค่าการย่อยได้จากวิธีการแบบ nylon bag เป็น $R^2 = 0.77$ และ $R^2 = 0.89$ และได้สรุปว่าวิธีการ *in vitro* gas production นี้มีประสิทธิภาพดีซึ่งไม่เพียงแต่จะสามารถใช้ในการทำนายการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในอาหารแล้วยังสามารถใช้ทำนายปริมาณการกินได้ (dry matter intake) เช่นเดียวกับวิธีการแบบ nylon bag และ Blümmel and Ørskov (1993) กล่าวว่าวิธีการแบบ *in vitro* gas production นอกจากจะเป็นวิธีการที่เพิ่มความแน่นอนในการทำนายค่าต่าง ๆ เพิ่มเติมจากค่าที่ได้จากวิธีการแบบ nylon bag แล้วทั้งสองวิธียังสามารถใช้อธิบาย หรือทำนายค่า DDMI (digestible dry matter intake) และอัตราการ

เจริญเติบโต (growth rate , GR) ได้ถูกต้องถึง 90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้สมการ exponential คือ

$$P = a + b(1 - e^{-c})$$

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้ เพื่อหาค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ และค่าพลังงานสุทธิเพื่อการให้น้ำนม ในอาหารหยาบ อาหารข้นสำเร็จรูป และวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่นำมา ประกอบเป็นสูตรอาหารสำหรับโคนม โดยใช้เทคนิคการวัดแก๊สแบบโฮเฮนไฮม์

วิธีการทดลอง

แผนการทดลอง

เพื่อทดสอบคุณค่าทางโภชนาของอาหารโคนมที่ศึกษาด้วยเทคนิคการวัดแก๊สแบบโฮเฮนไฮม์ (Hohenheim Gas Test Technique) โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) (จริญ, 2534)

ตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการทดลอง

อาหารหยาบ 6 ชนิด ที่เกษตรกรนิยมปลูกสำหรับโคนม ได้แก่ หญ้าขน (*Brachiaria mutica*) หญ้ารูซี่ (*Brachiaria ruziziensis*) หญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) หญ้ากีนี (*Panicum maximum*) หญ้าสตาร์กราส (*Cynodon plectostachyus*) หญ้าจัมโบ้ (*Jumbo grass*) ซึ่งเป็นหญ้าข้าวฟ่างลูกผสมที่ผลิตขึ้น เป็นการค้าอาหารข้น ได้แก่ อาหารข้นสำเร็จรูปสำหรับโคนม

ชนิดอัดเม็ดสูตรต่าง ๆ ที่เกษตรกรนิยมเลี้ยงโดยทั่วไป จำนวน 6 สูตร คือ CP005-16, Supreme, LEE-795, KT, Purepide และ Win-95 วัตถุประสงค์อาหารสัตว์ที่นิยมนำมาใช้ประกอบเป็นสูตรอาหาร 7 ชนิด ได้แก่ ข้าวโพดบด รำละเอียด กากถั่วเหลือง กากเมล็ดทานตะวัน กากข้าวมีอัลท์ ใบกระถินป่น และปลาป่น

การเตรียมตัวอย่างอาหารก่อนนำไป incubate

ทำการบดตัวอย่างอาหารผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร (30 mesh) โดยใช้เครื่องบด hammer mill สำหรับตัวอย่างสดหรือพืชอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดสอบนำมาอบที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เช่นเดียวกับตัวอย่างอาหารอื่น ๆ จากนั้นทำการชั่งน้ำหนัก ตัวอย่างอาหารตัวอย่างละประมาณ 230 มิลลิกรัม (air dry หรือคิดเป็นวัตถุแห้งประมาณ 200 mg) ใส่ลงใน หลอดแก้ว (glass syringes) ขนาด 100 มิลลิลิตร ทำเครื่องหมายในแต่ละหลอดอย่างเป็นระบบใช้วาสลินทาแกนคัน (piston) แล้วสอดเข้าไปในหลอดแก้ว โดยก่อนใส่ตัวอย่างอาหารต้องมีการทดสอบหลอดแก้ว และแกนคันแต่ละคู่ ให้มีขนาดพอดีกัน ระวังอย่าให้แน่นหรือหลวมจนเกินไป เพราะจะทำให้เกิดปัญหาเรื่องหลอดฝุดดึงแกนคันออกไม่ได้หรือหากหลอดหลวมเกินไปจะทำให้ของเหลวภายในหลอดไหลซึมออกมา ค่าที่อ่านได้จะผิดไป ใช้ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ (replicates) ทำ 2 ครั้ง โดยแบ่งออกเป็น 2 วันๆ

ละ 3 ซ้ำ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความแปรปรวนน้อยที่สุด อุณหภูมิที่ใส่ตัวอย่างอาหารไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาใช้

การ incubate ตัวอย่างอาหาร

ใช้ของเหลวจากกระเพาะรูเมนจากโคที่ผ่าตัดฝังติดท่อเก็บตัวอย่างอาหาร (rumen fistula) ในการ incubate กับตัวอย่างอาหาร (ตามวิธีการของ Menke *et al.*, 1979) อ่านค่าการเกิดแก๊สที่เวลา 0, 3, 6, 8, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ในอาหารหยาบ ส่วนวัตถุดิบอาหารสัตว์และอาหารข้นอ่านที่เวลา 0, 3, 6, 8, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง การ incubate จะเริ่มในตอนเช้า หลังจาก incubate ไปแล้ว ถ้าแกนหลอดถูกดันออกมาเกิน 60 มิลลิเมตร ให้บันทึกค่านั้นไว้แล้วเปิดคลิพหนีบปลายหลอดออก ไล่อากาศโดยดันแกนหลอดกลับไปที่ตำแหน่ง 30 มิลลิเมตร การอ่านค่าการเกิดแก๊สต้องทำอย่างรวดเร็ว เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหลอดตัวอย่างอาหาร ในการทำการทดสอบทุกครั้งจะต้องมีการทดสอบ standardization ดังนี้ :

Blank โดยการ incubate rumen liquor กับ medium nixture โดยไม่มีตัวอย่างอาหารในหลอด (บันทึกค่าแก๊สที่เกิดขึ้น = GP₀)

หาค่า Standard โดยการ incubate ตัวอย่างอาหารมาตรฐานที่ทราบค่าการเกิดแก๊สแล้วที่ 24 ชั่วโมง ทำอย่างละ 3 หลอด ค่าแก๊สมาตรฐานที่ได้เมื่อครบ 24 ชั่วโมงของตัวอย่างอาหารมาตรฐานเป็นดังนี้ :

	น้ำหนัก	GPมาตรฐาน ที่ 24 ชั่วโมง
Standard Hay	200 mg.DM	44.43 ml (GPh)
Standard Concentrates	200mg.DM	65.18 ml (GPc)

คำนวณปริมาณแก๊สให้ได้เป็น มิลลิลิตร / 200 mg DM พอดี

ตรวจสอบกิจกรรมของจุลินทรีย์และ/หรือ
ความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในการทำการทดลอง
โดยคำนวณ factor ซึ่งจะได้ไม่เกิน 0.9~1.1 ดังนี้ :

$$FH \text{ (Hay Factor)} = 44.43 / (GPh - GPo)$$

$$FC \text{ (Concentrate Factor)} = 65.18 / (GPc - GPo)$$

เมื่อ GP คือ ค่าของแก๊สที่เกิดขึ้นจากการ
วัดตัวอย่างมาตรฐานและ blank จริง ๆ ถ้า factor ที่
ได้ อยู่นอกเหนือจากค่า 0.9~1.1 ต้องทำซ้ำใหม่ การ
มี Standard จะช่วยให้ทราบสาเหตุของความ
แปรปรวน เช่น ถ้าค่า FH สูงเกิน 1.0 หรือ FC อยู่ค่า
กว่า 0.9 แสดงว่ามี cellulolytic activity น้อย จะต้อง
ปรับปรุงโดยเพิ่มสัดส่วนของหญ้าในอาหารสัตว์
เจาะกระเพาะ

Standard Hay ใช้ตรวจสอบกิจกรรมของ
แบคทีเรียพวก Cellulolytic

Standard Concentrates ใช้ตรวจสอบ
กิจกรรมของแบคทีเรียพวก Amylolytic

การคำนวณผล

นำค่าแก๊สที่เกิดขึ้นในหลอด blank (GP_0)
ซึ่งปกติจะได้ประมาณ 6 ~ 12 มิลลิลิตร ใน 24
ชั่วโมงไปหักออกจากค่าแก๊สที่เกิดจากตัวอย่าง
มาตรฐาน และตัวอย่างที่ต้องการศึกษาที่ได้มีการ
ปรับให้มี dry matter 200 mg พอดี จะได้ค่าแก๊ส
สุทธิ (GP) ดังในสูตรคำนวณที่เสนอโดย Menke
and Steingass (1988) ต่อไปนี้ :

$$GP \text{ (ml./200mgDM, 24 h)} = [(V_{24} - V_0 - GP_0) \times 200 \\ \times (FH + FC)] / W$$

เมื่อ V_0 = ปริมาตรของส่วนผสมทั้งหมด
ที่อ่านได้ข้างหลอดก่อน incubate
 V_{24} = ค่าที่อ่านได้เมื่อ incubate ได้ 24
ชั่วโมง

GP_0 = ค่าเฉลี่ยของแก๊สที่เกิดในหลอด
blank อ่านที่ 24 ชั่วโมง

$FH = 44.43 / (GPh - GP_0)$; roughage
correction factor

$FC = 65.18 / (GPc - GP_0)$; concentrate
correction factor

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็นมิลลิกรัม
วัตถุแห้ง (mg.DM)

การวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

นำตัวอย่างอาหารทั้งหมดมาวิเคราะห์หาค่า DM, OM, CP, EE, และ Ash ตามวิธี Proximate analysis (AOAC, 1980) ส่วน NDF และ ADF ตามวิธี Detergent method ของ Van Soest (1994) ในห้องปฏิบัติการ นำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ไปแทนค่าในสมการ เพื่อหาค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และค่าพลังงาน ใช้ประโยชน์

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ(OMD, %) ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ (ME, MJ/kgDM) และค่าพลังงานเพื่อการให้น้ำนม (NEL, MJ/kgDM) จากสมการของ Menke and Steingass (1988) ดังนี้ :

อาหารหยาบ (roughages)

$$\text{OMD} = 15.38 + 0.8453 \text{ GP} + 0.0595 \text{ XP} + 0.0675 \text{ XA}$$

$$\text{ME} = 2.20 + 0.1357 \text{ GP} + 0.0057 \text{ XP} + 0.0002859 \text{ XL}^2$$

$$\text{NEL} = 0.54 + 0.0959 \text{ GP} + 0.0038 \text{ XP} + 0.0001733 \text{ XL}^2$$

อาหารข้น (concentrate)

$$\text{OMD} = 9.00 + 0.9991 \text{ GP} + 0.0595 \text{ XP} + 0.0181 \text{ XA}$$

$$\text{ME} = 1.06 + 0.157 \text{ GP} + 0.0084 \text{ XP} + 0.022 \text{ XL} - 0.0081 \text{ XA}$$

$$\text{NEL} = -0.36 + 0.1149 \text{ GP} + 0.0054 \text{ XP} + 0.0139 \text{ XL} - 0.0054 \text{ XA}$$

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่าง ทางสถิติระหว่างกลุ่ม โดยวิธี Duncan's new multiple range test (จริญ, 2534) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SAS (1985)

ผลการทดลอง

การหาค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD, %) ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ (ME, MJ/kgDM) และค่าพลังงาน สุทธิเพื่อการให้น้ำนม (NEL, MJ/kgDM) ในตัวอย่างอาหารที่ศึกษาด้วยเทคนิคการวัดแก๊สแบบไฮเซนไฮม์ ดังผลการทดลองต่อไปนี้ :

อาหารหยาบ

จากตัวอย่างอาหารหยาบที่ใช้ในการทดลอง พบว่าหญ้าธัญพืช หญ้ากีนีและหญ้าเนเปียร์มีค่า OMD ใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) หญ้าสตาร์กราส หญ้าจัมโบ้ และหญ้าขนมีค่าใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) โดยที่หญ้ากลุ่มแรกมีค่า OMD สูงกว่ากลุ่มที่สองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ในส่วนของคุณค่า ME และ NEL ในหญ้าธัญพืช และหญ้ากีนีมีค่าใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) สำหรับหญ้าเนเปียร์และหญ้าสตาร์กราสมีค่าใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) ส่วนหญ้าจัมโบ้และหญ้าขนมีค่าต่ำสุดและต่ำกว่าหญ้าธัญพืชและหญ้ากีนีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 1)

Table 1 The 24 hours gas production (ml), the nutritive values (g/kg), organic dry matter digestibility (OMD, %), metabolizable energy (ME, MJ/kgDM) and net energy for lactation (NEL, MJ/kgDM) in roughages.

Substrate	GP (ml)	XA	XP (g/kg)	XL	ME (MJ/kgDM)	OMD (%)	NEL (MJ/kgDM)
Guinea	38.97	98.08	124.25	38.33	8.64a	61.50a	5.01a
Paragrass	26.13	131.92	127.67	31.26	6.77d	52.43b	3.70c
Ruzi	39.61	137.53	118.13	49.34	8.97a	64.35a	5.21a
Napier	37.31	155.73	71.55	30.62	7.95b	61.39a	4.56bc
Stargrass	33.34	89.60	87.49	29.94	7.50bc	54.28b	4.23cd
Jumbo	31.38	117.53	77.71	25.09	7.10cd	53.92b	3.96de

Means with different letters in the same column differ significantly ($p < 0.05$)

Table 2 The 24 hours gas production (ml), the nutritive values (g/kg), organic dry matter digestibility (OMD, %), metabolizable energy (ME, MJ/kgDM) and net energy for lactation (NEL, MJ/kgDM) in feedstuffs.

Substrate	GP (ml)	XA	XP (g/kg)	XL	ME (MJ/kgDM)	OMD (%)	NEL (MJ/kgDM)
Soybean	93.07	40.05	69.35	447.67	11.41a	76.90a	6.83a
Fishmeal	68.16	12.67	318.44	552.08	6.66cd	60.29b	3.34cd
Sunflower	94.20	27.61	57.95	282.86	8.15bc	54.46b	4.57bc
Brewer's Grain	96.68	16.42	33.13	218.12	7.13bcd	38.98c	3.75bcd
Rice bran	89.32	31.15	106.45	159.34	8.69b	51.53b	4.94b
Corn	98.22	64.11	17.81	92.88	12.81a	78.90a	8.08a
Leuceana	90.07	16.36	99.34	217.23	5.76d	40.07c	2.85d

Means with different letters in the same column differ significantly ($p < 0.05$)

วัตถุดิบอาหารสัตว์

การศึกษาในตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ พบว่าข้าวโพดและกากถั่วเหลืองมีค่า OMD ใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) โดยที่ปลาป่น กากทานตะวัน และรำละเอียดมีค่า OMD ต่ำรองลงมา ($P < 0.05$) และในกรณีกับกากข้าวมีค่า OMD ต่ำสุด ($P < 0.05$) สำหรับค่าพลังงานที่วัดในรูปของ ME และ NEL นั้นพบว่า ในข้าวโพดและกากถั่วเหลืองมีค่าใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) และสูงกว่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ รำละเอียด กากทานตะวัน และกากข้าวมีค่าใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) โดยที่ปลาป่นและใบกระถินมีค่าพลังงานที่วัดได้ต่ำสุด ($P < 0.05$) (ตารางที่ 2)

อาหารข้นสำเร็จรูป

จากการศึกษาตัวอย่างอาหารสำเร็จรูปอัดเม็ดสำหรับโคนมที่เกษตรกรนิยมใช้กันทั่ว ๆ ไป 6 สูตร (ตารางที่ 3) พบว่า อาหารสำเร็จรูปแต่ละสูตรมีค่า OMD ใกล้เคียงกันอยู่ที่ประมาณร้อยละ 61-67 ($P > 0.05$) สำหรับค่าพลังงานสำหรับโคนมที่วัดโดยค่า ME และ NEL พบว่า อาหาร Supreme มีค่าสูงสุดและอาหาร KT LEE 795 CP005-16 และ Purepide มีค่ารองลงมาตามลำดับ ($P > 0.05$) โดยมีอาหาร Win-95 มีค่าพลังงานต่ำกว่าอาหารสำเร็จรูปสูตรอื่น ๆ ($P < 0.05$)

Table 3 The 24 hours gas production (ml), the nutritive values (g/kg), organic dry matter digestibility (OMD, %), metabolizable energy (ME, MJ/kgDM) and net energy for lactation (NEL, MJ/kgDM) in commercial concentrates.

Substrate	GP (ml.)	XA	XP	XL	ME (MJ/kgDM)	OMD (%)	NEL (MJ/kgDM)
CP005-16	40.88	93.22	162.81	56.61	9.34ab	61.21a	5.50ab
LEE 795	41.16	79.68	157.72	59.12	9.51a	60.95a	5.62ab
KT	44.16	70.57	169.19	35.57	9.63a	64.46a	5.74ab
Purepide	40.99	87.05	167.12	44.60	9.18ab	61.47a	5.41ab
Win-95	40.79	91.10	173.88	21.28	8.66b	61.75a	5.07b
Supreme	46.11	86.54	182.50	64.08	10.54a	67.50a	6.35a

Means with different superscripts in the same column differ significantly ($p < 0.05$)

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการหาค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ ค่าพลังงานใช้ประโยชน์และค่าพลังงานสุทธิเพื่อ การให้นม ด้วยเทคนิคการวัดแก๊สแบบไฮเซนไฮม์ ทำให้ทราบว่าในอาหารหยาบที่ศึกษา หญ้ารูซี่เป็น หญ้าอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าทางอาหารที่ดีที่สุด เนื่องจากมีค่า OMD, ME และ NEL สูงกว่าหญ้าชนิดอื่น ๆ ที่ศึกษา ($P < 0.05$) รองลงมาคือ หญ้ากีนี หญ้าเนเปียร์ หญ้าสตาร์กราส หญ้าจัมโบ้ และหญ้าขน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากหญ้าแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ในเรื่องของพันธุ์ สภาพการปลูก สภาพของดิน การให้น้ำและปุ๋ยที่แตกต่างกัน ตลอดจนระยะเวลาในการตัดที่แตกต่างกันด้วยซึ่งจะมีผลต่อปริมาณ โภชนะที่ประกอบอยู่ภายใน ในการศึกษา หญ้ารูซี่และหญ้ากีนีมีปริมาณโภชนะสูงกว่าหญ้าชนิดอื่น ๆ ที่ศึกษา เพราะว่ามีปริมาณของโปรตีนและองค์ประกอบภายในเซลล์สูง แต่มีปริมาณของเฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส ลิกนิน รวมทั้งค่าของ NDF และ ADF ต่ำกว่าหญ้าชนิดอื่น ๆ ซึ่งทำให้จุลินทรีย์ สามารถเข้าย่อยได้ง่ายกว่า หญ้าที่มี เยื่อใยประกอบอยู่สูง

ในวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ศึกษา ข้าวโพดบด จัดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าทางอาหารในแง่ของพลังงานดี เนื่องจาก มีค่า OMD, ME และ NEL สูงกว่าวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ ที่ศึกษา ($P < 0.05$) รองลงมา คือ กากถั่วเหลือง รำละเอียด กากเมล็ดทานตะวัน การข้าวมอลต์ ปลาป่น และใบกระถินป่น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากในข้าวโพดบดและกาก ถั่วเหลือง มีปริมาณของโภชนะที่ให้พลังงานประกอบอยู่สูงกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นๆ ที่ศึกษาทำให้มีค่าต่าง ๆ สูงตามไปด้วย

ในอาหารข้นสำเร็จรูปสำหรับโคนมที่ศึกษาอาหาร Supreme เป็นอาหารข้นที่มีคุณค่าทาง

อาหารดีที่สุด เนื่องจากมีค่า OMD, ME และ NEL สูงกว่าอาหารข้นชนิดอื่น ๆ ที่ศึกษา ($P < 0.05$) รองลงมาคือ KT, LEE 795, CP005-16, Purepide และ Win-95 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการประกอบสูตรอาหารแต่ละสูตรนั้น มีการเลือกใช้ชนิดของวัตถุดิบที่มีคุณภาพและปริมาณที่แตกต่างกันไป ซึ่งอาจส่งผลถึงปริมาณการให้ผลผลิตของน้ำนมโคด้วย ดังนั้นการที่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมจะตัดสินใจซื้ออาหารสำเร็จรูปสูตรใดมาเลี้ยงโคนม นั้น นอกจากจะดูส่วนประกอบวัตถุดิบที่ใช้ในส่วนผสมแล้ว ยังน่าจะต้องพิจารณาถึงคุณค่าทางโภชนะโดยเฉพาะปริมาณโปรตีนและพลังงานของอาหารสำเร็จรูปชนิดนั้น ๆ ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทดลองขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ สพญ.นุชา สิมะสาธิตกุล อาจารย์สุกมิตร เมฆฉาย และคุณปริญา วิไลพันธ์ ในความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในการผ่าตัดโคทดลอง เพื่อฝังติดท่อเก็บตัวอย่างอาหาร (rumen fistula) ทั้ง 4 ตัว

เอกสารอ้างอิง

- จรัญ จันทลักษณ์. 2534. สถิติ : วิเคราะห์และการวางแผนการวิจัย. สำนักพิมพ์โอเด็ลสโตร. กรุงเทพมหานคร. 468 หน้า.
- AOAC, 1980. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, 12th edition, Washington, DC.
- Blümmel, M. and E. R. Ørskov. 1993. Comparison of in vitro gas production and nylon bag degradability of roughage in predicting feed

- intake in cattle. Anim. Feed Sci. and Tech. 40 : 109-119.
- Khazaal, K., M.T. Dentinho, J.M. Ribeiro and E.R. Ørskov. 1993. A comparison of gas production during incubation with rumen contents *in vitro* and nylon bag degradability as predictors of the apparent digestibility *in vitro* and the voluntary intake of hays. Anim. Prod. 57 : 105-112.
- Menke, K.H., L. Raab, L.A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz and W. Schneider. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. J. Agric. Sci., Camb. 93 : 217-222.
- Menke, K.H. and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. Animal Research and Development. 28 : 7-55.
- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. (2 nd. ed) . Cornell University : O & B Books , Inc. 476 pp.
-