

การประเมินคุณค่าทางโภชนาการวัตถุดิบอาหารหยาบและแหล่งเชื้อใย ที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์ ในหลอดทดลองการผลิตแก๊ส

Nutritive Value Evaluation of Roughages and Non-forage Fiber Sources using *in vitro* Gas Production Technique

พีรพจน์ นิติพจน์ และกฤตพล สมมตย์
Peerapot Nitipot and Kritapon Sommart

Abstract

The objectives of this experiment were to evaluate nutritive values and to compare digestibility, kinetics of gas production, and the value of metabolizable energy between forages and non-forage fiber sources using an *in vitro* gas production technique. The treatments were divided into two groups of feed sources. The first group included nineteen forage fiber sources (FFS) into three sub-group 1.1 Alternative forage (ALT), sub-group 1.2 Grass forage (GRS) and sub-group 1.3 Legume forage (LEG). The second group included thirteen non-forage fiber sources (NFFS). The experimental design was arranged into a randomized complete block design with 4 replications. Three Holstein-Friesian bulls, with an average body weight 200 kilograms, were the sources of stomach fluid, an inoculum. Crude protein of FFS and NFFS was vary among 2.92-13.73% and 1.72-50.32%, respectively, EE was vary among 0.30-3.14% and 0.38-27.11%, respectively and NDF was vary among 44.32-79.98% and 23.25-76.03%, respectively. The value of *in vitro* organic matter digestibility (IVOMD), of the group NFFS was higher than that of FFS and GRS ($P<0.01$), but did not differ from the ALT and LEG. The value of *in vitro* neutral detergent fiber digestibility (IVNDFD) of the NFFS group was higher than that of FFS and ALT ($P<0.01$), but did not differ from GRS and LEG. Kinetics of gas production; potential of gas production (A+B) of NFFS was lower than FFS, ALT and GRS ($P<0.01$), but did not differ from LEG. Rate of gas production (C) of NFFS did not differ from FFS and ALT, but higher than GRS ($P<0.01$) and LEG ($P<0.05$). Metabolizable energy (ME) of NFFS was higher than FFS ($P<0.05$) and GRS ($P<0.01$), but did not differ from ALT and LEG. These results indicated that some NFFS had a high potential to be used as CP and energy sources.

Keywords: Digestibility, gas production, metabolizable energy, non-forage fiber sources

บทคัดย่อ

การทดลองในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ประเมินคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเปรียบเทียบในด้านความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใย จลศาสตร์การผลิตแก๊ส และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) ของแหล่งวัตถุดิบอาหารหยาบและแหล่งเยื่อใยที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์ โดยใช้วิธีศึกษาในหลอดทดลองการผลิตแก๊ส โดยมีชนิดวัตถุดิบเป็นปัจจัยการทดลองที่ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มที่ 1. แหล่งอาหารหยาบ (Forage fiber sources; FFS) 19 ชนิด ประกอบด้วยกลุ่มย่อย 1.1 กลุ่มพืชอาหารสัตว์ทางเลือก (Alternative forage; ALT) 1.2 หญ้าพืชอาหารสัตว์ (Grass forage; GRS) และ 1.3 ถั่วพืชอาหารสัตว์ (Legume forage; LEG) และกลุ่มที่ 2. แหล่งเยื่อใยที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์ (Non-forage fiber sources; NFFS) 13 ชนิด ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design: RCBD) ปัจจัยการทดลองละ 4 ซ้ำ ใช้โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียนเพศผู้จำนวน 3 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 200 กิโลกรัม เป็นแหล่งของของเหลวจากกระเพาะหมัก ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า กลุ่ม FFS และกลุ่ม NFFS มีค่า CP อยู่ในช่วง 2.92-13.73 % และ 1.72-50.32 % ตามลำดับ EE มีค่าอยู่ในช่วง 0.30-3.14 % และ 0.38-27.11 % ตามลำดับ และ NDF มีค่าอยู่ในช่วง 44.32-79.98 % และ 23.25-76.03 % ตามลำดับ ค่าความสามารถในการย่อยได้ พบว่าค่า IVOMD ของกลุ่ม NFFS มีค่าสูงกว่า ($P < 0.01$) กลุ่ม FFS และ GRS แต่ไม่แตกต่าง ($P > 0.05$) จากกลุ่ม ALT และ LEG ส่วนค่า IVNDFD พบว่ากลุ่ม NFFS มีค่าสูงกว่า ($P < 0.01$) กลุ่ม FFS และ ALT แต่ไม่แตกต่าง ($P > 0.05$) จากกลุ่ม GRS และ LEG ค่าจลศาสตร์การผลิตแก๊ส กลุ่ม NFFS มีค่าศักยภาพของการผลิตแก๊สที่ต่ำกว่า ($P < 0.01$) กลุ่ม FFS, ALT และ GRS แต่ไม่มีความแตกต่าง ($P > 0.05$) จากกลุ่ม LEG ค่า C ของกลุ่ม NFFS ไม่แตกต่าง ($P > 0.05$) จากกลุ่ม FFS และ ALT แต่มีค่าที่สูงกว่ากลุ่ม GRS และ LEG และค่า ME พบว่า วัตถุดิบกลุ่ม NFFS มีค่า ME อยู่ในระดับที่สูงกว่า ($P < 0.05$) กลุ่ม FFS และ GRS แต่มีค่าที่ไม่แตกต่าง ($P > 0.05$) จากกลุ่ม ALT และ LEG ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ ชี้ให้เห็นว่า NFFS บางชนิดมีศักยภาพสูงสำหรับการใช้เป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

คำสำคัญ : การย่อยได้ ผลผลิตแก๊ส พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ แหล่งเยื่อใยที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์

บทนำ

ปัจจุบันได้มีปริมาณ และการนำใช้ประโยชน์ วัตถุดิบอาหารสัตว์ จากผลพลอยได้ทางอุตสาหกรรมเกษตรเพิ่มขึ้น หากมีปริมาณเยื่อใยเป็นส่วนประกอบอยู่สูง อาจเรียกว่าแหล่งเยื่อใยที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์ (non-forage fiber source : NFFS) Pereira et al. (2001) ได้ให้คำจำกัดความของ NFFS หมายถึง ผลพลอยได้จากพืชที่ทำการสกัดเอาแป้ง น้ำตาล หรือองค์ประกอบอื่นๆ ที่ไม่ใช่เยื่อใยออกไป โดยผลพลอยได้ดังกล่าว มีองค์ประกอบที่เป็นเยื่อใยที่มีลักษณะแตกต่างออกไปจาก

พืชอาหารสัตว์ทั่วไป วัตถุดิบบางชนิดมีองค์ประกอบที่เป็นเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber; NDF) เหลืออยู่ในปริมาณใกล้เคียงกับพืชอาหารสัตว์ทั่วไป แต่มีขนาดรูปร่าง (particle size) ขนาดเล็กละเอียด หากดูด้วยสายตาจะมีลักษณะคล้ายกับอาหารข้นผสมสำเร็จรูป เนื่องจากผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตรมีปริมาณเยื่อใยอยู่ในปริมาณใกล้เคียงกับพืชอาหารสัตว์แต่มีคุณสมบัติบางประการที่แตกต่างกัน การจะนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงศักยภาพการใช้ประโยชน์ในด้านคุณค่าทางโภชนาการ

สัตว์เคี้ยวเอื้องมีความสามารถในการใช้ประโยชน์เยื่อใยที่มีอยู่ในอาหารที่แตกต่างไปจากสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง มีบทบาทเพื่อเป็นแหล่งพลังงานและมีบทบาทที่สำคัญต่อกระบวนการเคี้ยวเอื้องและการหลั่งน้ำลาย ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก ความสามารถในการย่อยได้และการทำงานของกระเพาะหมัก ดังนั้นเมื่อจัดการให้อาหาร จึงต้องคำนึงถึงระดับเยื่อใยที่เหมาะสมในสัตว์เคี้ยวเอื้อง NRC (2001) ได้แนะนำระดับของ NDF ที่เหมาะสมในสูตรอาหารโคนมไว้ที่ช่วงค่า 25-33 เปอร์เซ็นต์ และต้องเป็นเยื่อใยที่มาจากพืชอาหารสัตว์ ไม่ต่ำกว่า 15-19 เปอร์เซ็นต์ จึงจะไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของกระเพาะหมัก ส่วนในโคเนื้อ NRC (1996) ได้แนะนำระดับของ NDF ในรูปของเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพ (effective NDF; eNDF) ในการกระตุ้นการเคี้ยวเอื้อง การหลั่งน้ำลาย การเคี้ยวเอื้องและการบีบเคลื่อนตัวของกระเพาะหมัก ซึ่ง eNDF มีความหมายในเชิงที่แตกต่างไป และมีความจำเพาะมากกว่า และเป็นส่วนหนึ่งในปริมาณ NDF ทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหาร โดย NRC (1996) แนะนำระดับค่า eNDF ที่เหมาะสมในสูตรอาหารไว้ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบแห้ง

การวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการในด้าน ความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใย จลศาสตร์การผลิตแก๊ส และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของแหล่งวัตถุดิบอาหารหยาบ และแหล่งเยื่อใยที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์บางชนิดที่มีศักยภาพการใช้ประโยชน์สูง

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. แผนการทดลองและปัจจัยการทดลอง

ออกแบบและวิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design: RCBD) โดยมีชนิดวัตถุดิบอาหารเป็นปัจจัยการทดลอง ใช้ชุดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร ที่บรรจุตัวอย่างอาหารประมาณ

0.5 กรัมเป็นหน่วยทดลอง และมีปัจจัยการทดลองละ 4 ซ้ำ โดยทำการบล็อกหน่วยทดลอง ตามหน่วย (unit) การเตรียมสารละลายของเหลวจากกระเพาะหมักผสม (rumen inoculum) ที่ใช้สำหรับบรรจุในหน่วยทดลองที่แตกต่างกัน จำนวน 4 หน่วย เนื่องจากข้อจำกัดด้านปริมาณความจุของอุปกรณ์ในการเตรียมสาร จึงมีความจำเป็นต้องเตรียมสารละลายของเหลวจากกระเพาะหมักผสมแยกกัน ซึ่งอาจมีความผันแปรระหว่างหน่วยของการเตรียมสารละลาย

ชนิด/แหล่งวัตถุดิบอาหารที่เป็นปัจจัยการทดลอง (treatment) ได้จากการสุ่มจากแหล่งจำหน่ายที่สหกรณ์โคนมน้ำพอง จำกัด ไร่ทดลองภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และตัวอย่างพืชอาหารสัตว์ จากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น ได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1. แหล่งอาหารหยาบ (Forage fiber sources; FFS) 19 ชนิด ที่แบ่งเป็นกลุ่มย่อย ดังนี้

กลุ่มที่ 1.1 กลุ่มพืชอาหารสัตว์ทางเลือก (Alternative forage; ALT) ได้แก่ อ้อยทั้งต้น (*Saccharum officinarum*) และ ข้าวฟ่างหวาน (*Sorghum bicolor*)

กลุ่มที่ 1.2 หญ้าพืชอาหารสัตว์ (Grass forage; GRS) ได้แก่ หญ้าอะตราบัตม์ (*Paspalum atratum*), หญ้าขน (*Panicum maximum*), หญ้ากินนี (*Brachiaria mutica*), หญ้าเนเปียร์แคระ (*Pennisetum purpureum* cv. Mott), หญ้าเนเปียร์ยักษ์ (*Pennisetum purpureum* cv. Kinggrass), หญ้าแพงโกล่า (*Digitaria eriantha*) (2 ตัวอย่าง), หญ้าฟิลิปปินส์ (*Paspalum plicatulum*), หญ้ารูซี่ (*Brachiaria ruziziensis*) (2 ตัวอย่าง), หญ้าไรต์ (*Choris gayana*) และหญ้าชิกนัลเลอ (*Brachiaria humidicola*)

กลุ่มที่ 1.3 ถั่วพืชอาหารสัตว์ (Legume forage; LEG) ได้แก่ ถั่วคาลเคด (*Centrocema pubescens* cv. Cavalcade)(2 ตัวอย่าง), ถั่วยามาต้า (*Stylosanthes hamata* cv. Verano), ถั่วท่าพระสไตโล

(*Stylosanthes guianensis* CIAT 184) และต้นถั่วลิสง (Peanut straw)

กลุ่มที่ 2. แหล่งเยื่อใยที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์ (Non-forage fiber sources; NFFS) 13 ชนิด ได้แก่ กากเบียร์แห้ง (Brewery waste dried) กากเบียร์สด (Brewery waste wet) กากมะพร้าว (Coconut meal) กากมะพร้าวคั้นน้ำกะทิ (Coconut milk residue) เปลือกมันสำปะหลัง (Cassava peel) กากมันสำปะหลัง (Cassava pulp) กากนุ่น (Kapok seed meal) รำถั่วเขียว (Mung bean bran) กากปาล์ม (Palm kernel meal) รำพวย (Rice pollard) ผิวน (เปลือกหุ้มเมล็ด) ถั่วเหลือง (Soybean husk) กากมะเขือเทศ (Tomato pomace) และกากถั่วเหลือง (Soybean meal) ซึ่งปกติแล้วกากถั่วเหลืองจัดเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารชั้น แต่เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใยของวัตถุดิบจึงได้จัดรวมไว้ในกลุ่ม NFFS ซึ่งมักจะถูกนำไปประกอบเป็นสูตรอาหารชั้น เช่นเดียวกันกับกากถั่วเหลือง

2. ขั้นตอนการทดลองและเก็บข้อมูล

2.1 การเตรียมวัตถุดิบอาหารทดลอง นำวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ได้จากการสุ่มเก็บ มาทำการอบร้อนแบบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร และทำการชั่งและจดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน แล้วบรรจุตัวอย่างประมาณ 0.5 กรัม ในขวดขนาด 50 มิลลิตร พร้อมทำการปิดฝาให้สนิทด้วยจุกยางและครอบแน่นด้วยฝาลูมิเนียม แล้วทำการบ่มในตู้อบร้อนแห้งที่ 39 องศาเซลเซียส เพื่อรอการบรรจุสารละลายของเหลวจากกระเพาะหมักผสม นำตัวอย่างไปทำการวิเคราะห์หา เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (Acid detergent fiber; ADF) และ ลิกนิน (Acid detergent lignin; ADL) ตามวิธีของ Van Soest et al. (1991) และ เถ้า (Ash), วัตถุแห้ง (Dry matter; DM), โปรตีนหยาบ (Crude protein; CP) และ ไขมัน (Ether extract; EE) ตามวิธีของ AOAC (1984)

2.2 การเตรียมสารละลายของเหลวจากกระเพาะหมักผสม (rumen inoculum) แหล่งจุลินทรีย์ และของเหลวจากกระเพาะหมักสัตว์ทดลอง (inoculum) ใช้โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียนเพศผู้ 3 ตัว น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 200 กิโลกรัม ที่ได้รับต้นข้าวฟ่างหวาน สับแห้งเป็นอาหารหยาบ เป็นแหล่งของของเหลวจากกระเพาะหมัก เพื่อเตรียมสารละลายผสมของเหลวจากกระเพาะหมัก เพื่อบรรจุลงในขวดย่อยตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ ทำการเตรียมโดยใช้ของเหลวในกระเพาะหมักและสารละลายตามวิธีการของ Markkar et al. (1995) อ้างโดย Sommart et al. (2000) แล้วทำการบรรจุสารละลายของเหลวจากกระเพาะหมักผสมในขวดที่บรรจุวัตถุดิบตัวอย่างและบ่มรอไว้แล้วขวดละ 40 มิลลิลิตร แล้วนำเข้าบ่มในตู้อบร้อนแห้งที่ 39 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวัดปริมาณแก๊สต่อไป

2.3 การเก็บและประมวลผลข้อมูล

2.3.1 ผลผลิตแก๊ส ทำการจดบันทึกปริมาณของแก๊สที่เกิดขึ้น โดยบันทึกผลทุกๆ 1 ชั่วโมง ใน 12 ชั่วโมงแรก ต่อมาบันทึกทุกๆ 3 ชั่วโมง จนถึง ชั่วโมงที่ 24 จากนั้นบันทึกทุกๆ 6 ชั่วโมงจนถึงชั่วโมงที่ 78 และสุดท้ายทำการบันทึกชั่วโมงที่ 96 นำข้อมูลที่ได้มาประมวล และวิเคราะห์ค่าจลศาสตร์การผลผลิตแก๊ส ได้แก่ ค่าคงที่ a, b และ c โดยการใช้แกรม SAS 6.12 (1996) เพื่อการอธิบายจลศาสตร์ของการผลิตแก๊สจากสมการของ Oskov and McDonald (1979) ดังสมการ $y = a + b(1 - e^{-c})$ เมื่อ y = ผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้น ณ เวลา t, a = จุดตัดแกน y, b = ค่าปริมาณแก๊ส ณ จุดที่เส้นกราฟราบเรียบ (asymtote) และ c = ค่าอัตราการผลิตแก๊ส

2.3.2 ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (*in vitro* dry matter digestibility: IVDMD), ความสามารถในการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (*In vitro* organic matter digestibility: IVOMD) และความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใย (*In vitro* neutral detergent fiber digestibility: IVNDFD) ภายหลังการบ่มชั่วโมงที่ 48 ทำการสุ่มขวดย่อยจากทุกปัจจัย

การทดลอง ปักจี้ละ 4 ขวด (ซ้า) แล้วนำเข้าแช่แข็งทันที เพื่อหยุดกิจกรรมของจุลินทรีย์ และทำการวิเคราะห์หาความสามารถในการย่อยได้ในภายหลัง โดยการนำขวดย่อยที่แช่แข็งมาละลายตัว ก่อนทำการกรองเอาของแข็งที่เหลือจากการย่อยนำไปอบที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ค่าวัตถุแห้ง หลังจากนั้นนำกากที่เหลือไปทำการวิเคราะห์หาค่า NDF และเมื่อได้ค่า NDF แล้วนำไปเผาที่ 550 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ค่าเถ้าที่เหลือจากการย่อยไปทำการคำนวณดังสมการ

$$IVDMD (\%) = \frac{[DM \text{ เริ่มต้น (g)} - DM \text{ หลังการบ่มย่อย (g)}] \times 100}{DM \text{ เริ่มต้น (g)}}$$

$$IVOMD (\%) = \frac{[OM \text{ เริ่มต้น (g)} - OM \text{ หลังการบ่มย่อย (g)}] \times 100}{OM \text{ เริ่มต้น (g)}}$$

$$IVNDFD (\%) = \frac{[NDF \text{ เริ่มต้น (g)} - NDF \text{ หลังการบ่มย่อย (g)}] \times 100}{NDF \text{ เริ่มต้น (g)}}$$

2.3.3 ค่าพลังงานที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในตัวสัตว์ (ME)

การคำนวณค่าพลังงาน ME จากสมการทำนายของ Menke et al. (1979) ME (MJ/kg DM) = $2.20 + (0.136 \times Gv) + (0.057 \times CP)$ (สมการ 1; Eq1) และ Menke and Steingass (1988) ME (MJ/kg DM) = $2.20 + (0.1357 \times Gv) + (0.0057 \times CP) + (0.0002859 \times EE^2)$ (สมการ 1; Eq2) โดยอาศัยปริมาณแก๊สที่ 24 ชั่วโมง (Gv, ml) ค่าโปรตีนหยาบของวัตถุดิบ (CP, %) และค่าไขมัน (ether extract; EE) เป็นตัวแปรในการทำนาย

สำหรับปริมาณแก๊สที่ 24 ชั่วโมง ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ เป็นปริมาณแก๊สที่เกิดจากตัวอย่าง ปริมาณ 0.5 กรัมของวัตถุแห้ง ได้ถูกปรับให้เป็นปริมาณแก๊สจากตัวอย่างปริมาณ 0.2 กรัมของวัตถุแห้ง เพื่อนำไปคำนวณค่าพลังงาน ME ตามสมการข้างต้น โดยการคำนวณตามสัดส่วน ดังนี้

$$Gv \text{ จาก } 0.2 \text{ g DM} = \frac{0.2 \times Gv \text{ จาก } 0.5 \text{ g DM}}{0.5}$$

3. การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปักจี้การทดลองโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความมั่นใจ 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มการทดลองโดยวิธี Orthogonal contrast โดยการใช้ Proc GLM ของโปรแกรม SAS 6.12 (1996)

ผลการทดลองและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่มีความสำคัญ ที่บ่งชี้ถึงศักยภาพในการใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์มีความแปรผันตามกลุ่มวัตถุดิบและชนิดของวัตถุดิบ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพืชอาหารสัตว์ (FFS) กับกลุ่มแหล่งเยื่อใยที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์ (NFFS) แล้วพบว่า มี NFFS หลายชนิดที่มีปริมาณโปรตีนหยาบอยู่สูงกว่ากลุ่ม FFS และเมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบที่เป็นเยื่อใยพบว่า กลุ่ม FFS มีปริมาณเยื่อใยอยู่ใกล้เคียงกัน ในขณะที่กลุ่ม NFFS มีปริมาณเยื่อใยที่ผันแปรตามชนิดของวัตถุดิบสูงกว่า ส่วนปริมาณไขมัน (EE) ในกลุ่ม FFS มีค่าที่มีความผันแปรต่ำกว่า แตกต่างจากกลุ่ม NFFS ที่มีค่าที่มีความผันแปรสูงตามชนิดของวัตถุดิบความผันแปรขององค์ประกอบทางเคมีดังกล่าว อาจมีสาเหตุจากความแตกต่างทางด้านพันธุ์ อายุการตัด การจัดการเพาะปลูก กระบวนการผลิตของแต่ละโรงงานแปรรูป

ผลการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกลุ่มพืชอาหารสัตว์แต่ละชนิด ได้ผลดังแสดงรายละเอียดใน Table ที่ 1 พบว่า ค่าวัตถุแห้ง (dry matter; DM) ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ได้ในครั้งนี้ มีค่าที่ค่อนข้างสูงเนื่องจากเป็นค่า DM ที่ได้จากการนำตัวอย่างที่ถูกอบเตรียมแล้วจากห้องปฏิบัติการแล้ว มาทำการประเมินเพื่อเป็นฐานในการคำนวณปริมาณวัตถุแห้งสำหรับการ

ทดลอง ไม่ได้เป็น ค่าที่ได้จากการนำตัวอย่างสดมาทำการประเมิน จึงทำให้ค่า DM ของพืชอาหารสัตว์ที่อายุแตกต่างกันมีค่าที่แตกต่างกัน ไม่มาก และอยู่ในระดับที่สูง

ผลการตรวจวิเคราะห์ค่า CP ของต้นอ้อยมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 2.92 % หากเปรียบเทียบกับงานทดลองที่ผ่านมาที่มีค่าต่ำกว่าอ้อยที่มีอายุ 3 และ 6 เดือน ที่มีค่าอยู่ในช่วง 4.02-7.09 % (Sommart et al., 2005) เมื่อเปรียบเทียบกับพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่นๆ ได้แก่ ข้าวฟ่างหวานที่มีค่าเท่ากับ 8.88 % พืชอาหารสัตว์ในกลุ่มหญ้าและกลุ่มถั่ว ที่มีค่าอยู่ในช่วง 4.32-13.73 % และ 9.94-17.76 % ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับรายงานของ กรมปศุสัตว์ (2547) และวรรณ และคณะ (2548)

สำหรับวัตถุดิบอาหารประเภท NFFS จำแนกได้เป็นสามกลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 มี CP ระดับสูง (CP > 20 %) กลุ่มที่ 2 มี CP อยู่ในระดับปานกลาง (11.38-16.49 % CP) และ กลุ่มที่ 3 ที่มี CP อยู่ในระดับต่ำ (1.72-7.43 % CP) โดยพบว่า กลุ่มที่ 1 กากถั่วเหลืองมีระดับของ CP สูงที่สุด เท่ากับ 50.32 % และค่าที่สูงรองลงมา ได้แก่ กากเบียร์สด กากเบียร์แห้ง กากเมล็ดนุ่น และกากมะเขือเทศ (32.58, 31.95, 30.73 และ 21.03 % ตามลำดับ) กลุ่มที่ 2 มี CP อยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ กากมะพร้าว กากปาล์มรำถั่วเขียว และผิวหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง มี CP เท่ากับ 16.49, 15.21, 13.07 และ 11.38 % ตามลำดับ โดยค่าที่ได้เหล่านี้มีความใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Songsak (2006) และสามารถสังเกตเห็นได้ว่าค่า CP ในกลุ่มที่ 2 มีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพดี ซึ่งความแตกต่างจากกลุ่มที่ 3 ที่มี CP อยู่ต่ำ ได้แก่ รำหยาบ กากมะพร้าวคั้นกะทิ เปลือกมันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลัง (7.43, 6.59, 4.15 และ 1.72 % ตามลำดับ) สำหรับเปลือกมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังมีค่าที่ใกล้เคียงกับการศึกษาของ พิรพจน์ และกฤตพล (2546) จากข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดในกลุ่ม NFFS ที่มี CP สูงสามารถที่จะใช้เป็นแหล่ง CP ได้พร้อมกับการเป็นแหล่งของเยื่อใย อาจใช้ประโยชน์เพื่อทดแทน

แหล่ง CP ราคาแพงและขาดแคลนภายในประเทศ เช่น กากถั่วเหลือง อย่างไรก็ตามสำหรับกลุ่ม NFFS ที่มี CP ต่ำยังมีความจำเป็นในการที่ต้องใช้แหล่ง CP อื่นเข้ามาช่วยเสริมในการใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าไขมันของพืชอาหารสัตว์มีค่าค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.30-3.14 % ตรงกันข้ามกับกลุ่ม NFFS ที่มีค่าปริมาณไขมันค่อนข้างผันแปร ตั้งแต่ระดับที่ต่ำ ได้แก่ กากมันสำปะหลัง ผิวเมล็ดถั่วเหลือง กากมะเขือเทศ กากถั่วเหลือง เปลือกมันสำปะหลัง รำหยาบ และ รำถั่วเขียว (0.38, 0.47, 0.97, 1.13, 1.40, 1.79 และ 1.84 % ตามลำดับ) และกลุ่มที่มีค่าไขมันค่อนข้างสูงถึงระดับสูง ได้แก่ กากปาล์ม กากเมล็ดนุ่น กากเบียร์แห้ง กากมะพร้าว กากเบียร์สด และกากมะพร้าวคั้นกะทิ (6.26, 7.36, 7.70, 9.28, 12.29 และ 27.11% ตามลำดับ)

สำหรับค่าองค์ประกอบเยื่อใยในกลุ่มพืชอาหารสัตว์ พบว่า ค่า NDF ของอ้อยมีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 44.32 % เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวฟ่างหวานที่มีค่าเท่ากับ 59.56 % พืชอาหารสัตว์ในกลุ่มหญ้าและกลุ่มถั่ว ที่มีค่าอยู่ในช่วง 57.34-79.98 % และ 46.66-69.24 % ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกลุ่มพืชอาหารสัตว์กับกลุ่ม NFFS พบว่า NFFS ส่วนมากมีค่า NDF อยู่ในระดับค่อนข้างใกล้เคียงกันหรือสูงกว่ากลุ่ม FFS ได้แก่ กากมะพร้าว กากมะเขือเทศกากเบียร์แห้ง กากมะพร้าวคั้นกะทิ รำหยาบ กากเบียร์สด กากปาล์ม และผิวหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 61.90-76.03% และวัตถุดิบบางชนิดมีค่าอยู่ในระดับที่ต่ำกว่ากลุ่ม FFS ได้แก่ กากมันสำปะหลัง เปลือกมันสำปะหลัง รำถั่วเขียว และกากเมล็ดนุ่น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 23.25-39.97% และมีค่าต่ำที่สุดสำหรับกากถั่วเหลือง เท่ากับ 13.51%

ส่วนค่า ADF พบว่า ถั่วคาวาลเคดที่อายุการตัด 30 วันมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 28.16 % ซึ่งต่ำกว่าอ้อยที่มีค่าเท่ากับ 32.20 % โดยค่า ADF อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าข้าวฟ่างหวานที่มีค่าเท่ากับ 38.07 % และพืชอาหารสัตว์ในกลุ่มหญ้าและกลุ่มถั่วชนิดอื่นๆ ที่มีค่าอยู่ในช่วง 39.74-46.10 % และ 39.08-49.44 % ตามลำดับ

Table1 Chemical composition of forage fiber sources (FFS) and agro-industrial by-products.

Feedstuff	Cutting Age, d	Chemical composition						
		DM ¹ , %	CP	EE	Ash	NDF	ADF	ADL
	-----% of DM-----							
Group 1. Forage fiber sources (FFS)								
Sub-group 1.1 Alternative forage (ALT)								
Saccharum officinarum	1 year	91.08	2.92	1.01	7.88	44.32	32.20	5.99
Sorghum bicolor	84	90.40	8.88	1.13	7.19	59.56	38.07	4.93
Sub-group 1.2 Grass forage (GRS)								
Paspalum atratum	30	91.00	6.22	1.21	8.18	73.23	46.16	5.49
Panicum maximum	30	93.77	12.93	2.26	14.45	72.40	42.65	3.40
Brachiaria mutica	30	95.80	12.23	2.31	11.81	66.91	39.74	4.19
Pennisetum purpureum cv. Mott	30	96.28	8.28	2.72	12.29	57.34	39.78	2.99
Pennisetum purpureum cv. Kinggrass	30	91.34	10.50	0.30	10.00	74.39	42.24	4.64
Digitaria eriantha (1)	45	90.45	10.47	2.63	6.50	79.98	43.22	5.16
Digitaria eriantha (2)	-	93.60	4.32	1.90	7.67	66.83	41.76	5.10
Paspalum plicatulum	30	92.73	11.14	1.99	8.95	71.97	43.64	5.99
Brachiaria ruziziensis (1)	30	94.69	7.05	1.42	7.60	79.79	46.10	4.84
Brachiaria ruziziensis (2)	-	90.14	6.05	0.90	6.24	64.97	44.10	6.96
Choris gayana	30	95.94	6.15	1.72	7.99	70.91	42.95	4.54
Brachiaria humidicola	30	92.77	13.73	3.14	8.04	73.99	40.07	4.49
Sub-group 1.3 Legume forage (LEG)								
Centrocema pubescens cv. Cavalcade (1)	30	90.33	17.41	2.61	8.64	46.66	28.16	6.70
Centrocema pubescens cv. Cavalcade (2)	-	91.74	9.94	1.41	4.79	61.21	39.08	9.35
Stylosanthes hamata cv. Verano	-	93.68	17.76	1.46	7.58	69.24	49.44	10.97
Stylosanthes guianensis CIAT 184	-	91.89	17.68	1.43	8.84	55.13	39.60	7.79
Peanut straw	-	89.28	10.98	1.07	11.78	46.81	43.84	8.46
Group 2. Agro-industrial by-product (NFFS)								
Brewery waste (dried)	-	92.71	31.95	7.70	4.38	64.24	24.27	3.49
Brewery waste (wet)	-	95.89	32.58	12.29	2.49	73.78	22.95	3.63
Coconut meal	-	91.73	16.49	9.28	5.49	61.90	33.15	6.83
Coconut milk residue	-	91.95	6.59	27.11	0.96	69.72	40.81	6.90
Cassava peel	-	93.97	4.15	1.40	6.83	30.50	26.97	12.59
Cassava pulp	-	91.24	1.72	0.38	6.47	23.15	18.94	5.55
Kapok seed meal	-	91.55	30.73	7.36	8.06	39.97	34.25	20.89
Mung bean bran	-	94.23	13.07	1.84	30.13	36.25	29.50	8.42
Palm kernel meal	-	92.43	15.21	6.26	4.05	74.47	44.00	13.74
Rice pollard	-	89.10	7.43	1.79	18.38	72.72	59.44	23.25
Soybean meal	-	92.81	50.32	1.13	4.30	13.51	10.05	0.06
Soybean husk	-	90.12	11.38	0.47	5.06	76.03	55.82	1.46
Tomato pomace	-	93.40	21.01	0.97	4.49	62.98	44.95	21.11

¹DM = dry matter, CP = crude protein, EE = ether extract, NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber, ADL = acid detergent lignin

เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มพืชอาหารสัตว์ทั้งหมด กับกลุ่ม NFFS ส่วนใหญ่แล้ว พบว่ามีค่า ADF อยู่ใน ช่วงที่ใกล้เคียงกัน (29.50-59.44%) ยกเว้นกากถั่วเหลือง

กากมันสำปะหลัง กากเบียร์สด กากเบียร์แห้ง และ เปลือก มันสำปะหลัง ที่มีค่าค่อนข้างต่ำกว่า โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 10.50-18.94% และในส่วนของค่า ADL พบว่าอ้อย

ข้าวฟ่างหวาน และพืชอาหารสัตว์กลุ่มหญ้า มีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.99 - 5.99% ยกเว้น หญ้ารุชี่หมายเลข (2) ที่มีค่าที่สูงกว่า เท่ากับ 6.96% ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับพืชอาหารสัตว์ในกลุ่มกลุ่มถั่ว ที่มีค่าอยู่ในช่วง 6.70-10.97% เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม NFFS ส่วนใหญ่แล้ว พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน (3.49-13.74%) ยกเว้นกากถั่วเหลือง และผิวหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง มีค่าที่ต่ำกว่า (0.06 และ 1.46 % ตามลำดับ) และ มีบางส่วนที่มีค่าค่อนข้างสูงกว่าเป็นอย่างมาก คือ กากเมล็ดถั่วเหลือง กากมะเขือเทศ และ รำหยาบ (20.89, 21.11 และ 23.25 ตามลำดับ)

จากองค์ประกอบทางเคมี เมื่อเปรียบเทียบกับค่าในตารางคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2547) พบว่ามีทั้งค่าที่ใกล้เคียงกัน และค่อนข้างแตกต่างกันในบางวัตถุดิบ อาจเนื่องมาจากการจัดการแปลงพืชอาหารสัตว์และแหล่งที่แตกต่างกันหรือแหล่งผลิตที่ต่างกันในกรณีของผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม

ความสามารถในการย่อยได้ในหลอดทดลอง (*In vitro* digestibility)

การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหารสัตว์ นอกเหนือจากการพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีในเบื้องต้นแล้ว การประเมินความสามารถในการย่อยได้เป็นตัวชี้วัดหนึ่งที่เกี่ยวข้องการใช้ประโยชน์ได้จริงของวัตถุดิบอาหารสัตว์เมื่อสัตว์ได้กินอาหารเหล่านั้นเข้าไป การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการประเมินในหลอดทดลอง จำลองสภาวะการย่อยของอาหารในกระเพาะหมัก พบว่าค่าตัวชี้วัด IVDMD กับ IVOMD หลังการหมักย่อยที่ 48 ชั่วโมง มีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยบางวัตถุดิบในกลุ่ม NFFS มีค่า IVDMD และ IVOMD มีค่าสูงที่สุด แต่อย่างไรก็ตามพบว่าค่าที่ได้มีความผันแปรตามกลุ่มและชนิดของวัตถุดิบภายในกลุ่ม และค่า IVNDFD ก็มีความผันแปรในลักษณะเช่นเดียวกัน และพบข้อสังเกตว่า แม้ว่าวัตถุดิบแต่ละชนิดที่มีปริมาณ NDF ใกล้เคียงกัน แต่กลับมีค่า IVNDFD ที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งชี้ให้เห็นถึงคุณสมบัติ

ที่แตกต่างกันของเยื่อใยในแต่ละวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้งในกลุ่ม FFS และ NFFS

ผลจากการทดลองครั้งนี้ (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างค่าตัวชี้วัด IVDMD กับ IVOMD หลังการหมักย่อยที่ 48 ชั่วโมง พบว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาเฉพาะค่า IVOMD เปรียบเทียบรายตัว ระหว่างชนิดวัตถุดิบภายในแต่ละกลุ่ม สำหรับกลุ่มพืชอาหารสัตว์ พบว่าถั่วคาวาลเคดที่อายุการตัด 30 วัน มีค่า IVOMD สูงที่สุดเท่ากับ 63.25 % และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากที่อ้อยและถั่วท่าพระสไตโล แต่ระหว่างอ้อยและถั่วท่าพระสไตโลไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ที่มีค่า IVOMD เท่ากับ 50.49 และ 48.93 % ตามลำดับ ที่มีค่าสูงรองลงมาเป็นพืชอาหารสัตว์กลุ่มถั่วและพืชอาหารสัตว์กลุ่มหญ้าสองชนิด ได้แก่ ต้นถั่วลิสง หญ้าเนเปียร์แคระ ถั่วคาวาลเคดหมายเลข (2) หญ้ารุชี่หมายเลข (2) และ ถั่วฮามาต้า มีค่า IVOMD เท่ากับ 46.23, 45.87, 45.33, 45.29 และ 44.35% ตามลำดับ ในกลุ่มดังกล่าวนี้ไม่มีความแตกต่างกัน

ส่วนหญ้าชนิดอื่นที่เหลือมีค่าต่ำลงมาอยู่ในช่วง 25.72-40.64 % โดยที่หญ้าฟลิแคทูลัมมีค่า IVOMD ต่ำที่สุด ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากการที่มีปริมาณของ ADF และ ADL อยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง สำหรับกลุ่ม NFFS พบว่า ค่า IVOMD ของ กากถั่วเหลืองมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ กากมันสำปะหลัง และ เปลือกมันสำปะหลัง ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันกับกากมะพร้าว (83.30, 79.01, 68.49 และ 67.03% ตามลำดับ) และพบว่ารำหยาบมีค่า IVOMD ที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 15.74 % และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มวัตถุดิบแล้ว พบว่าค่า IVOMD ของกลุ่ม NFFS มีค่าที่สูงกว่า กลุ่ม FFS และ GRS อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ในขณะที่เปรียบเทียบกับกลุ่ม ALT และ LEG แล้วไม่มีความแตกต่างกัน

ค่าความสามารถในการย่อยได้ ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (IVNDFD) ของพืชอาหารสัตว์ที่นำมาประเมินครั้งนี้ พบว่า ค่า IVNDFD ของข้าวฟ่างหวานมีค่าที่ต่ำที่สุดและไม่แตกต่างจากอ้อย

มีค่าเท่ากับ 4.66 และ 6.28 % ตามลำดับ ในทางตรงกันข้ามพบว่าพบว่า IVNDFD ของถั่วคาวาลเคดที่อายุการตัด 30 วัน มีค่าสูงสุด เท่ากับ 41.14 % ความแตกต่างดังกล่าวอาจเนื่องมาจากปริมาณเซลลูโลสและโปรตีนที่แตกต่างกัน โดยเซลลูโลส (คำนวณได้จากผลต่างระหว่างค่า NDF กับ ADF) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างที่จับยึดกันกับเฮโมเซลลูโลสและลิกนิน รวมกันเป็นส่วนของผนังเซลล์พืช (Hall, 2000) โดยเซลลูโลสเป็นเยื่อใยที่จุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์ได้ง่ายกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเฮโมเซลลูโลสและลิกนิน ในส่วนของโปรตีนที่เป็นแหล่งของไนโตรเจนซึ่งมีบทบาทต่อการใช้ประโยชน์ในการเพิ่มประชากรจุลินทรีย์ จากการที่ข้าวฟ่างหวานและอ้อยมีสัดส่วนเซลลูโลสอยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่า ซึ่งอาจเป็นส่วนที่ยึดจับแน่นอยู่กับเฮโมเซลลูโลสและลิกนิน รวมทั้งการมีปริมาณของโปรตีนที่ค่อนข้างต่ำกว่า สองปัจจัยดังกล่าวนี้จึงอาจส่งผลทำให้ค่า IVNDFD ของข้าวฟ่างหวานและอ้อยมีค่าที่ต่ำกว่า

แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากการเปรียบเทียบค่า IVNDFD พบว่ามีความผันแปรที่ค่อนข้างสูง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 11.09-45.87 % และ 16.61-41.14 % สำหรับพืชอาหารสัตว์กลุ่มหญ้าและถั่วตามลำดับ แม้ว่าพืชอาหารสัตว์บางชนิดจากทั้งสองกลุ่มจะมีปริมาณของเซลลูโลสและโปรตีนใกล้เคียงกันก็ตาม จึงควรที่จะได้มีการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อค่า IVNDFD เพิ่มเติมต่อไป

ค่า IVNDFD ของกลุ่ม NFFS เมื่อพิจารณาเป็นรายวัตถุดิบภายในกลุ่มพบว่ากากมะพร้าวมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ กากถั่วเหลือง โดยมีค่าเท่ากับ 64.99 และ 59.45 % ตามลำดับ และพบว่า กากมะพร้าวคั้นกะทิ กากเมล็ดถั่ว และ รำข้าวมีค่าต่ำที่สุด ส่วนที่เหลือมีความผันแปรอยู่ระหว่าง 13.45-47.29 % และเมื่อพิจารณาระหว่างกลุ่มวัตถุดิบแล้ว พบว่า ค่า IVNDFD ของกลุ่ม NFFS มีค่าที่สูงกว่า กลุ่ม FFS และ ALT อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ในขณะที่ไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม GRS และ LEG

ค่าจลศาสตร์การผลิตแก๊ส

(Kinetics of gas production)

ค่าจลศาสตร์การผลิตแก๊สเป็นตัวชี้วัดที่สามารถประเมินการใช้ประโยชน์ของแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ (Menke et al., 1979, Menke and Steingass, 1988 และ Sommart et al., 2000) โดยผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ค่าศักยภาพการผลิตแก๊สและค่าอัตราการผลิตแก๊สมีความผันแปรตามกลุ่มและชนิดของวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยกลุ่มหญ้าพืชอาหารสัตว์ส่วนมากมีค่าศักยภาพการผลิตแก๊สที่สูงกว่ากลุ่มถั่วพืชอาหารสัตว์ และเมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างกลุ่ม FFS กับ NFFS แล้ว พบว่า วัตถุดิบบางชนิดในกลุ่ม NFFS มีศักยภาพการผลิตแก๊สและค่าอัตราการผลิตแก๊สที่สูงกว่ากลุ่ม FFS ซึ่งให้เห็นถึงศักยภาพในการที่จะนำมาเป็นแหล่งอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องทดแทนแหล่งพืชอาหารสัตว์ได้

จากผลการทดลอง (Table 2) เมื่อพิจารณา ค่า A+B ซึ่งเป็นตัวชี้วัดถึงศักยภาพความสามารถของการหมักย่อยอาหารของจุลินทรีย์โดยการวัดจากปริมาณการผลิตแก๊ส เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มพืชอาหารสัตว์พบว่า หญ้าที่อายุ 30 วัน หญ้าเนเปียร์แคะ และหญ้าอะตาดัม มีค่าสูงเป็น 3 อันดับแรก (192.40, 179.83 และ 170.70 ml ตามลำดับ)

ส่วนกลุ่มถั่วพืชอาหารสัตว์มีค่าที่ต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้ากลุ่มพืชอาหารสัตว์และกลุ่มพืชอาหาร สัตว์ทางเลือก ในส่วนของกลุ่ม NFFS พบว่า ผิวหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง กากมันสำปะหลัง และเปลือกมันสำปะหลัง มีค่าสูงเป็น 3 อันดับแรก (233.56, 189.44 และ 168.31 ml ตามลำดับ) จะเห็นได้ว่ามีค่าอยู่ในระดับที่สูงกว่าหรือใกล้เคียงกับกลุ่มพืชอาหารสัตว์ แต่หากเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มของวัตถุดิบแล้ว พบว่า กลุ่ม NFFS มีค่าศักยภาพของการผลิตแก๊สที่ต่ำกว่ากลุ่ม FFS, ALT และ GRS แต่ไม่มีความแตกต่าง ($P > 0.05$) จากกลุ่ม LEG

ในส่วนของค่าอัตราการผลิตแก๊ส (C) ซึ่งอธิบายอัตราเร็วในการย่อยสลายของวัตถุดิบ เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มพืชอาหารสัตว์ พบว่า อ้อย ถั่วคาวาลเคดที่อายุ

30 วัน และ ถั่วคาวาลเคดที่หมายเลข (2) และต้นถั่วลิสงไม่มีความแตกต่างกัน มีค่าสูงเป็น 3 อันดับแรก (0.077, 0.057, 0.046 และ 0.045 %/hr ตามลำดับ) ส่วนกลุ่มพืชอาหารสัตว์ที่เหลือ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.014-0.040 %/hr เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในกลุ่ม NFFS พบว่า กากมะพร้าวมีค่า C สูงที่สุด เท่ากับ 0.112 %/hr รองลงมา คือ เปลือกมันสำปะหลัง เท่ากับ 0.082 %/hr และพบว่า รำหยาบและ ผิวหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีค่าที่ต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มวัตถุดิบแล้ว พบว่าค่า C ของกลุ่ม NFFS ไม่แตกต่างจากกลุ่ม FFS และ ALT แต่มีค่าที่สูงกว่ากลุ่ม GRS และ LEG

ค่าพลังงานที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในตัวสัตว์ (Metabolizable energy; ME)

ค่าพลังงานที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในตัวสัตว์ (ME) ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยปกติสามารถประเมินค่าที่แท้จริงได้จากการทดลองในตัวสัตว์ แต่มีข้อจำกัดที่ต้องใช้เครื่องมือและวิธีการที่ซับซ้อน (McLaen and Tobin, 1987) และมีค่าใช้จ่ายที่สูง อย่างไรก็ตาม ค่า ME สามารถทำการประเมินได้โดยการใช้สมการทำนายจากองค์ประกอบทางเคมี และค่าผลผลิตแก๊สจากเทคนิคหลอดทดลอง ซึ่งจากการทดลองนี้สามารถทำการประเมินค่า ME ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ ซึ่งพบว่า ค่า ME มีความผันแปรไปตามกลุ่มและชนิดของวัตถุดิบ แต่ก็มีข้อสังเกตว่า วัตถุดิบในกลุ่ม NFFS บางชนิด ที่มีคุณสมบัติเป็นแหล่งของเยื่อใยเช่นเดียวกันกับพืชอาหารสัตว์ แต่สามารถให้พลังงานในระดับที่เท่ากันหรือสูงกว่าพืชอาหารสัตว์

ในการทดลองนี้ได้ทำการประเมินจากสมการทำนายจำนวน 2 สมการ (Menke et al., 1979; Eq1 และ Menke and Steingass, 1988; Eq2) ผลจากการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า เมื่อใช้ตัวแปรที่เป็นค่าองค์ประกอบที่เป็นไขมันเข้ามาร่วมในการคำนวณตามสมการ Eq 2 ทำให้ได้ค่า ME ที่คำนวณได้ต่ำกว่าค่าที่ได้จาก Eq 1 ที่มีการใช้ตัวแปรที่เป็นค่าผลผลิตแก๊สที่ 24 ชั่วโมง และองค์ประกอบที่เป็นโปรตีนหยาบ แต่อย่างไร

ก็ตาม ค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาค่า ME จากการคำนวณโดยใช้สมการ Eq 1 เปรียบเทียบกันภายในกลุ่ม FFS แล้ว พบว่า ถั่วลิสงและถั่วคาวาลเคดที่อายุ 30 วัน มีค่า ME สูงที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (7.73 และ 7.66 MJ/kg DM ตามลำดับ) ค่าที่สูงในลำดับรองลงมาคือกลุ่ม LEG ที่เหลือ คือ ถั่วคาวาลเคดที่ไม่ระบุอายุ ถั่วฮามาต้า ถั่วท่าพระสไตโล และต้นถั่วลิสง มีค่าอยู่ระหว่าง 6.35-6.69 MJ/kg DM โดยในกลุ่มดังกล่าวนี้ไม่มีความแตกต่างกัน หย้า 4 ชนิด ได้แก่ หย้ารูซี่ที่ไม่ระบุอายุ หย้าแพงโกล่าอายุ 45 วัน หย้าเนเปียร์แคระ และหย้าซิกแนลเลื่อย มีค่า ME (6.40, 6.19, 6.10 และ 5.95 MJ/kg DM ตามลำดับ) อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับกลุ่ม LEG ส่วนหย้าชนิดอื่นที่เหลือและข้าวฟ่างหวานมีค่า ME อยู่ในระดับที่ต่ำกว่า โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.65-5.42 MJ/kg DM ส่วนกลุ่ม NFFS เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบภายในกลุ่ม พบว่า กากถั่วเหลือง เปลือกมันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลัง มีค่า ME ไม่แตกต่างกัน และสูงที่สุดในกลุ่ม NFFS โดยมีค่าเท่ากับ 9.18, 9.10 และ 9.29 MJ/kg DM ตามลำดับ อันดับรองลงมาได้แก่ กากมะพร้าว และกากปาล์ม (8.09 และ 7.81 MJ/kg DM ตามลำดับ) ส่วนวัตถุดิบที่มีค่า ME ที่ต่ำที่สุด 2 ชนิด คือ กากมะพร้าว คั้นกะทิ และรำหยาบ (3.50 และ 3.13 MJ/kg DM ตามลำดับ) และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มวัตถุดิบแล้ว พบว่า วัตถุดิบกลุ่ม NFFS มีค่า ME อยู่สูงกว่า กลุ่ม FFS และ GRS แต่มีค่าที่ไม่แตกต่างจากกลุ่ม ALT และ LEG ซึ่งชี้ให้เห็นได้ว่า วัตถุดิบกลุ่ม NFFS ที่มีคุณสมบัติเป็นแหล่งของเยื่อใยเช่นเดียวกันกับพืชอาหารสัตว์แต่สามารถให้พลังงานในระดับที่เท่ากันหรือสูงกว่าพืชอาหารสัตว์

สรุป

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม FFS กับกลุ่ม NFFS พบว่า ค่าองค์ประกอบทางเคมีในส่วนของ CP และ NDF ของกลุ่ม NFFS ส่วนมากอยู่ในระดับที่สูงกว่ากลุ่ม

Table 2 *In vitro* digestibility, gas production kinetics and calculated ME of forage fiber sources (FFS) and agro-industrial by-products.

Feedstuff	Digestibility, % ²			Kinetic of gas production				ME ³ (MJ/kg DM)	
	IVDMD	IVOMD	IVNDFD	A+B, ml	B, ml	A, ml	C, %/hr	Eq1	Eq2
Group 1. Forage fiber sources (FFS)									
Sub-group 1.1 Alternative forage (ALT)									
<i>Saccharum officinarum</i>	53.43 ^b	50.49 ^b	6.28 ^{lm}	123.82 ^g	115.37 ^j	8.45 ^a	0.077 ^a	7.73 ^a	7.57 ^a
<i>Sorghum bicolor</i>	35.00 ^{gh}	33.14 ^{gh}	4.66 ⁿ	157.42 ^c	149.93 ^g	-7.50 ^{efg}	0.018 ^{hi}	5.12 ^{ef}	4.66 ^{gh}
Sub-group 1.2 Grass forage (GRS)									
<i>Paspalum atratum</i>	30.02 ⁱ	30.90 ^b	15.94 ^{jk}	170.70 ^c	167.16 ^{bc}	-3.42 ^d	0.0165 ^{ij}	5.05 ^{ef}	4.73 ^{gh}
<i>Panicum maximum</i>	44.28 ^e	40.64 ^c	32.92 ^c	162.09 ^{cde}	151.22 ^{fg}	-10.87 ^b	0.021 ^{gh}	5.42 ^e	4.76 ^{gh}
<i>Brachiaria mutica</i>	39.01 ^f	35.35 ^{fg}	26.25 ^d ^{efgh}	135.37 ^f	128.90 ⁱ	-6.48 ^{ef}	0.022 ^{fg}	5.30 ^e	4.67 ^{gh}
<i>Pennisetum purpureum</i> cv.Mott	48.30 ^{cd}	45.87 ^{cd}	24.26 ^{fgh}	179.83 ^b	170.93 ^b	-8.90 ^{gh}	0.024 ^f	6.10 ^{cd}	5.67 ^{cde}
<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Kinggrass	33.21 ^{hi}	31.04 ^b	21.50 ^{hi}	170.78 ^c	162.86 ^{bcd}	-7.92 ^{efg}	0.015 ^{ij}	4.65 ^f	4.10 ^j
<i>Digitaria eriantha</i> (1)	35.82 ^{gh}	34.87 ^{fg}	34.10 ^{bc}	123.27 ^g	117.39 ^j	-7.60 ^{fg}	0.029 ^e	6.19 ^{cd}	5.65 ^{cde}
<i>Digitaria eriantha</i> (2)	36.97 ^{fg}	36.89 ^f	23.09 ^{gh}	160.76 ^{de}	153.17 ^{efg}	-5.75 ^e	0.022 ^{fg}	4.75 ^f	4.52 ^{hi}
<i>Paspalum plicatulum</i>	25.72 ^j	25.35 ⁱ	11.09 ^{kl}	167.10 ^{cd}	161.35 ^{cde}	-9.07 ^{gh}	0.014 ^j	4.68 ^f	4.11 ⁱ
<i>Brachiaria ruziziensis</i> (1)	38.39 ^{fg}	36.11 ^{fg}	29.14 ^{def}	192.40 ^a	182.50 ^a	-9.89 ^{gh}	0.016 ^{ij}	4.97 ^{ef}	4.60 ^{gh}
<i>Brachiaria ruziziensis</i> (2)	45.30 ^{de}	45.29 ^d	27.32 ^{defg}	143.74 ^f	140.43 ^h	-1.86 ^{cd}	0.030 ^e	6.40 ^{bcd}	6.08 ^c
<i>Choris gayana</i>	38.51 ^{fg}	36.98 ^f	22.62 ^{gh}	167.17 ^{cd}	159.69 ^{cdef}	-7.48 ^{efg}	0.021 ^{gh}	5.35 ^e	5.03 ^{fg}
<i>Brachiaria humidicola</i>	38.41 ^{fg}	37.04 ^f	31.59 ^{cd}	164.40 ^{cde}	155.13 ^{defg}	-9.27 ^{gh}	0.023 ^{fg}	5.95 ^d	5.24 ^{ef}
Sub-group 1.3 Legume forage (LEG)									
<i>Centrocema pubescens</i> cv. Cavalcade (1)	62.88 ^a	63.25 ^a	41.14 ^a	116.96 ^{ghi}	113.81 ^{jk}	-3.15 ^d	0.057 ^b	7.66 ^a	6.76 ^b
<i>Centrocema pubescens</i> cv. Cavalcade (2)	44.22 ^e	45.33 ^d	25.14 ^{efgh}	107.85 ⁱ	106.26 ^{kl}	-0.63 ^c	0.046 ^c	6.59 ^{bc}	6.08 ^c
<i>Stylosanthes hamata</i> cv.Verano	43.68 ^e	44.35 ^d	38.59 ^{ab}	110.04 ^{hi}	101.61 ^l	-8.43 ^{fg}	0.039 ^d	6.35 ^{bcd}	5.43 ^{def}
<i>Stylosanthes guianensis</i> CIAT 184	49.47 ^c	48.93 ^{bc}	30.26 ^{cde}	118.49 ^{gh}	110.09 ^{kl}	-8.40 ^{fg}	0.040 ^d	6.69 ^b	5.76 ^{cd}
Peanut straw	45.20 ^{de}	46.23 ^{cd}	16.61 ^{ij}	114.27 ^{ghi}	105.20 ^{kl}	5.89 ^b	0.045 ^c	6.43 ^{bcd}	5.86 ^{cd}
Group 1 P-value	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
SEM	1.1551	1.336	1.7238	2.9600	2.7879	0.7345	0.0010	0.1541	1.1541
Group 2. Agro-industrial by-product (Non forage fiber sources; NFFS)									
Brewery waste (dried)	33.42 ^g	34.08 ^g	22.19 ^f	75.60 ^f	73.03 ^h	-0.50 ^c	0.034 ^{ef}	5.99 ^{de}	4.36 ^{fg}
Brewery waste (wet)	21.28 ^h	21.65 ^h	21.45 ^f	40.51 ^{gh}	39.91 ^{ij}	-0.19 ^c	0.040 ^e	5.42 ^e	3.79 ^{gh}
Coconut meal	66.80 ^c	67.03 ^c	64.99 ^a	113.22 ^d	107.13 ^e	-6.08 ^c	0.112 ^a	8.09 ^b	7.26 ^b
Coconut milk residue	21.30 ^h	21.83 ^h	6.87 ⁱ	22.73 ⁱ	18.08 ^k	4.65 ^a	0.061 ^{cd}	3.50 ^f	3.37 ^{hi}
Cassava peel	65.10 ^c	68.49 ^c	16.34 ^g	168.31 ^c	158.05 ^c	-10.26 ^f	0.082 ^b	9.10 ^a	8.87 ^a
Cassava pulp	76.53 ^b	79.01 ^b	38.11 ^d	189.44 ^b	180.45 ^b	-9.00 ^f	0.066 ^c	9.29 ^a	9.18 ^a
Kapok seed meal	38.62 ^f	38.95 ^f	7.10 ⁱ	46.44 ^g	44.85 ⁱ	1.59 ^{bc}	0.071 ^c	5.98 ^{de}	4.42 ^{fg}
Mung bean bran	44.93 ^e	46.64 ^e	11.07 ^{hi}	95.51 ^e	92.33 ^f	3.19 ^{gh}	0.032 ^{ef}	5.77 ^{de}	5.10 ^{ef}
Palm kernel meal	50.81 ^d	50.69 ^d	47.29 ^c	115.58 ^d	111.36 ^{de}	-4.22 ^{de}	0.064 ^c	7.81 ^b	6.83 ^{bc}
Rice pollard	19.49 ^h	15.74 ⁱ	13.54 ^{gh}	35.21 ^h	33.40 ^j	-0.28 ^c	0.015 ^g	3.13 ^f	2.75 ^j
Soybean meal	81.65 ^a	83.30 ^a	59.45 ^b	118.96 ^d	117.90 ^d	0.75 ^c	0.059 ^{cd}	9.18 ^a	6.59 ^{bc}
Soybean husk	50.37 ^d	49.70 ^{de}	39.98 ^d	233.56 ^a	219.79 ^a	-13.78 ^g	0.023 ^{fg}	6.81 ^c	6.22 ^{cd}
Tomato pomace	49.10 ^d	49.35 ^{de}	29.11 ^e	87.118 ^e	82.82 ^g	-3.96 ^d	0.051 ^d	6.58 ^{cd}	5.49 ^{de}
Group 2 P-value	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0048	0.0044
SEM	1.0208	0.9945	1.8672	1.2041	1.3101	0.2497	0.0030	0.0006	0.0030
Grouping comparisons (Orthogonal contrast)									
FFS vs NFFS	0.0348	0.0052	0.0040	0.0002	0.0002	0.0001	0.3176	0.0360	0.5647
ALT vs NFFS	0.3029	0.0822	0.0001	0.0287	0.0326	0.1029	0.2672	0.3534	0.8439
GRS vs NFFS	0.0001	0.0001	0.1891	0.0001	0.0001	0.0001	0.0076	0.0001	0.0038
LEG vs NFFS	0.7291	0.7380	0.6417	0.4508	0.4861	0.0403	0.0494	0.9720	0.5639

²IVDMD, IVOMD and IVNDFD= *in vitro* DM, organic matter (OM) and NDF digestibility, respectively, ³calculated ME follow equation of Menke et al. (1979) (Eq1) and Menke and Steingass (1988) (Eq2), ^{a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l} means within column with different superscripts differ significantly (P<0.05).

FFS ค่าความสามารถในการย่อยได้ทั้ง IVDMD, IVOMD และ IVNDFD ของกลุ่ม NFFS อยู่ในระดับสูงกว่ากลุ่ม FFS ค่าจุลศาสตร์การผลิตแก๊สของกลุ่ม NFFS มีค่าศักยภาพของการผลิตแก๊สที่ต่ำกว่ากลุ่ม FFS ค่าอัตราการผลิตแก๊ส (C) ของกลุ่ม NFFS ไม่แตกต่างจากกลุ่ม FFS พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในตัวสัตว์ (ME) ของวัตถุดิบกลุ่ม NFFS มีค่าอยู่ในระดับที่สูงกว่ากลุ่ม FFS จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าสามารถนำวัตถุดิบอาหารประเภท NFFS ใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ทั้งเพื่อเป็นแหล่ง CP และ NDF ได้โดยที่วัตถุดิบบางชนิดมีความสามารถในการย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่สูงกว่า FFS วัตถุดิบแต่ละชนิดมีความผันแปรสูงแตกต่างกัน การนำใช้เลี้ยงสัตว์ควรพิจารณารายละเอียดเป็นรายวัตถุดิบ

เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นในหลอดทดลอง จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น และโครงการวิจัยและพัฒนา เพื่อสร้างตารางมาตรฐานโคเนื้อไทย ภายใต้การสนับสนุนทุนวิจัยประเภทอุดหนุนทั่วไป มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2549

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2547. ตารางคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารสัตว์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

พีรพจน์ นิติพจน์ และกฤตพล สมมัตย์. 2546. การประเมินคุณค่าทางโภชนาของอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมแป่งมันสำปะหลัง อาหารพลังงานและอาหารหยาบ ในหลอดทดลอง. การสัมมนา

วิชาการเกษตร ประจำปี 2546 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- วรรณมา อ่างทอง, ราโพร นามสีลี และสุภาพร มนต์ชัยกุล. 2548. การประเมินค่าการย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารสัตว์โดยวิธี Hohenhiem Gas Test (1) พืชอาหารสัตว์. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2548. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 145-159.
- AOAC. 1984. Official method of analysis 15th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington. VA.
- McLean, J. A. and G. Tobin. 1987. Animal and human calorimetry. Cambridge University Press. Cambridge.
- Menke, K. H., L. Laab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz and W. Schneider. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. J. Agric. Sci. 93:217-222.
- NRC. 1996. Nutrient requirements of beef cattle. 7th Revised Ed. National Academy Press, Washington, DC
- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th Revised Ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Ørskov, E.R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. 92: 499-504.
- Pereira, M.N., E.F. Garrett, G.R. Oetzel, and L.E. Armentano. 1999. Partial replacement of forage with nonforage fiber source in

- lactating cow diets. I. Performance and health. *J. Dairy Sci.* 82: 2716-2730.
- Sommart, K., D.S. Parker, M. Wanapat, and P. Rowlinson. 2000. Fermentation characteristics and microbial protein synthesis in an in vitro system using cassava, rice straw and dried ruzi grass as substrates. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 13: 1084-1093.
- Sommart, K., K. Bannakit, and P. Nitipot. 2005. Feed evaluation of whole crop sugarcane varieties and cutting age using an in vitro gas production technique. *Proceedings of International Livestock-crop System to Meet the Challenges of Globalisation. AHAT/BSAS International Conference. Novemner 14-18, 2005, Khon Kaen, Thailand. Volume 2, P17.*
- Songsak, C. 2006. Synchronizing the rate of degradation of dietary energy and nitrogen release in Brahman-native crossbred. A thesis for degree of doctor of philosophy. Khon Kaen University. Khon Kaen.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. 1991. Method for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.