การประเมินอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส

Evaluation on digestible organic matter and metabolizable energy of oil palm frond silage-based total mixed ration supplemented with different enzyme levels using in vitro gas production technique

เกตวรรณ บุญเทพ[1], วันวิศาข์ งามผ่องใส[1*] และ ไชยวรรณ วัฒนจันทร์[1]

Kettawan Boonthep[1], Wanwisa Ngampongsai[1*] and Chaiyawan Wattanachan[1]

บทคัดย่อ: การใช้เทคนิคผลผลิตแก๊สประเมินอินทรียวัตถุที่ย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ที่ผลิตจากเชื้อราสายพันธุ์ *Aspergillus* spp. BCC 274 ในระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัม/กก. วัตถุแห้ง โดยใช้ของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) พบว่า ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ (a) และอัตราการผลิตแก๊ส (c) ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0, 2, 4 และ 6 กรัม/กก. วัตถุแห้ง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในขณะที่ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายได้ยาก (b) และปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายได้ง่ายและองค์ประกอบที่ละลายได้ยาก (d) ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 2, 4 และ 6 กรัม/กก.วัตถุแห้ง (86.83, 81.67 และ 82.28 มล. ตามลำดับ และ 94.26, 90.93 และ 90.37 มล. ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0 กรัม/กก. วัตถุแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (72.48 และ 79.49 มล. ตามลำดับ, P<0.05) นอกจากนี้อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัม/กก.วัตถุแห้ง มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้และอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (2.72 เมกกะแคลอรี/กก.วัตถุแห้ง และ 74.77% ตามลำดับ) สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัม/กก.วัตถุแห้ง (2.34 เมกกะแคลอรี/กก.วัตถุแห้ง และ 65.23% ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ผลการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่าการเสริมเอนไซม์ในระดับ 2 กรัม/กก.วัตถุแห้ง ทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบสูงขึ้น

คำสำคัญ: เอนไซม์, อาหารผสมสำเร็จ, ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก, แพะ

ABSTRACT: In vitro gas production technique was applied to evaluate digestible organic matter (DOM) and metabolizable energy (ME) of oil palm frond (OPF) silage-based total mixed ration (TMR) supplemented with different levels of fibrolytic enzyme produced by *Aspergillus* spp. BCC 274 using rumen fluid from goats. Four levels of enzyme (0, 2, 4 and 6 g/kg DM of TMR) were tested in a completely randomized design (CRD). The results showed that soluble gas fraction (a) and rate of gas production (c) of OPF silage-based TMR was not significantly different among treatments (P>0.05). The OPF silage-based TMR supplemented with enzyme at 2, 4 and 6 g/kg DM were significantly higher in fermentation of insoluble fraction (b) (86.83, 81.67 and 82.28 ml, respectively, P>0.05) and potential of extent of gas production (d) (94.26, 90.93 and 90.37 ml, respectively, P>0.05) than the OPF

[1] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ.สงขลา 90112
Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, Songkhla 90112

* Corresponding author: wanwisa.n@psu.ac.th

silage-based TMR supplemented with enzyme at 0 g/kg DM (72.48 and 79.79 ml, respectively). In addition, the ME and DOM of OPF silage-based TMR supplemented with enzyme at 2 g/kg DM (2.72 Mcal/kg DM and 74.77%, respectively) were significantly higher (P<0.05) than those of the OPF silage-based TMR supplemented with enzyme at 0 g/kg DM (2.34 Mcal/kg DM and 65.23%, respectively). The results of this research indicated that the beneficial level of enzyme supplementation was at 2 g/kg DM of TMR.
Keywords: enzyme, total mixed ration, oil palm frond silage, goat

บทนำ

In vitro gas production technique หรือเทคนิคผลผลิตแก๊สเป็นเทคนิคหนึ่งที่ช่วยในการประเมินการย่อยได้ของอาหารสัตว์ โดยมีหลักการว่า การหมักอาหารของจุลินทรีย์ในกระเพาะส่วนหน้าทำให้เกิดแก๊สขึ้น ซึ่งปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นสามารถนำมาใช้คำนวณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (digestible organic matter, DOM) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) ในอาหารสัตว์ (Menke et al., 1979; Menke and Steingass, 1988) ซึ่งสัตว์สามารถนำไปใช้สำหรับการดำรงชีพ และสร้างผลผลิต ทั้งนี้เทคนิคผลผลิตแก๊สเป็นวิธีการหนึ่งที่เหมาะสำหรับการจัดลำดับอาหาร (ranking) หรือการคัดเลือกอาหาร (screening test) ให้เหลือน้อยชนิดก่อนที่จะนำไปทดลองกับตัวสัตว์ต่อไป (บุญล้อม, 2541)

ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นผลพลอยได้จากการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมัน ที่สามารถนำมาสับย่อยและนำไปเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ทั้งในสภาพสดสับและสภาพหมัก นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับวัตถุดิบอาหารข้น และส่วนผสมอื่นๆในรูปอาหารผสมสำเร็จ (Total Mixed Ration, TMR) (Ishida and Abu Hassan, 1992 อ้างโดย Abu Hassan and Ishida, 1995; Dahlan et al., 2000) ประกอบกับปัจจุบันได้มีการศึกษาการเสริมเอนไซม์ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งพบว่ามีผลต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ สภาวะภายในกระเพาะรูเมน ชนิดและจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ รวมทั้งการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนในระดับที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของสัตว์ ชนิดของอาหารที่สัตว์ได้รับ อัตราส่วนของอาหารข้นและอาหารหยาบ รูปแบบ ชนิดและวิธีการเสริมเอนไซม์ รวมทั้งระดับของเอนไซม์ที่ใช้ (Beauchemin et al., 1995; 2000; Rode et al., 1999; Giraldo et al., 2008) ทั้งนี้การเสริมเอนไซม์อาจจะเสริมในอาหารโดยตรง โดยวิธีการฉีดพ่น หรือผสมในอาหารหยาบ อาหารข้น และอาหารผสมสำเร็จ ซึ่งการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก อาจช่วยทำให้การย่อยได้และคุณค่าทางโภชนะของอาหารผสมสำเร็จรูปสูงขึ้น ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับการเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส

วิธีการศึกษา

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้แพะลูกผสมบอร์-พื้นเมืองไทย 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ มีน้ำหนักเฉลี่ย 42±0.5 กก. จำนวน 4 ตัว มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ก่อนการทดลองชั่งน้ำหนักแพะทุกตัวและถ่ายพยาธิไอเวอร์เมกติน (ไอเดกติน, IDECTIN®) เพื่อควบคุมพยาธิตัวกลมและพยาธิภายนอก โดยฉีดเข้าใต้ผิวหนังในอัตราส่วน 1 มล./น้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม ให้แพะได้รับหญ้าเนเปียร์สดเต็มที่ เสริมด้วยอาหารข้น ซึ่งประกอบด้วยข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เป็นองค์ประกอบพื้นฐานในปริมาณ 0.5% ของน้ำหนักตัว และมีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา

เอนไซม์ที่ใช้ในการทดลอง

ใช้เอนไซม์ผสมที่ผลิตได้จากเชื้อราสายพันธุ์ *Aspergillus* spp. BCC 274 ซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์ไซแลนเนส (xylanase) เบต้ากลูคาเนส (b-glucanase)

เซลลูเลส (cellulase) แมนนาเนส (mananase) และอะไมเลส (amylase) 1 x 10^7, 9 x 10^6, 2 x 10^6, 1 x 10^6 และ 2 x 10^6 ยูนิต/กก. ตามลำดับ

การเตรียมทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันที่ตัดออกระหว่างการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมัน ณ สถานีวิจัยและฝึกภาคสนามเทพา คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่มีอายุประมาณ 12-15 ปี ตัดส่วนก้าน (petiole) ที่มีหนามออก นำมาสับด้วยเครื่องสับย่อยเพื่อให้มีขนาดประมาณ 1.5-2.0 ซม. แล้วนำมาหมักในถังพลาสติกขนาด 150 ลิตร อัดให้แน่นปิดฝาให้สนิท ใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 1 เดือน และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม และ เถ้า ตามวิธีการของ AOAC (1990) และวิเคราะห์ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน โดยวิธีการ Detergent method ที่ดัดแปลงจาก Van Soest et al. (1991)

การเตรียมอาหารทดลอง

นำเอนไซม์ผสมเติมลงในวัตถุดิบอาหารข้น โดยใช้เอนไซม์ 4 ระดับ คือ 0, 2, 4 และ 6 กรัม/กก.วัตถุแห้ง ก่อนนำมาผสมร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมันหมักในรูปของอาหารผสมสำเร็จ โดยใช้สัดส่วนของทางใบปาล์มน้ำมันหมักต่ออาหารข้น 60:40 และคำนวณให้อาหารผสมสำเร็จมีระดับโปรตีนรวม 15.40% และโภชนะที่ย่อยได้รวม 55.67% สัดส่วนของวัตถุดิบและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสำเร็จแสดงใน Table 1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสำเร็จทั้ง 4 สูตร ตามวิธีการของ AOAC (1990) และวิธีการ Detergent method (Van Soest et al., 1991)

Table 1 Ingredients and composition of total mixed ration used in the experiment (%on DM basis)

Item	g kg^{-1} of DM
OPF silage	600
Broken rice	148
Ground corn	125
Soybean meal	57
Fish meal	50
Urea	10
Dicalcium phosphate	5
Salt	5
Calculated composition[1]	
CP (%)	15.40
TDN (%)	55.67
Price of feed (baht/kg)[2]	3.98

[1]Calculated based on chemical composition of feedstuff from DLD (2004).

[2]Price of feed (baht/kg): oil palm frond silage 0.50, broken rice 11, ground corn 10, soybean meal 16, fish meal 30, urea 9.6, dicalcium phosphate 9, salt 5.

การวางแผนการทดลองและวิธีการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยมีอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ในระดับต่างๆ เป็นปัจจัยในการทดลอง คือ 1. อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ เสริมเอนไซม์ 0 กรัม/กก. วัตถุแห้ง (0 g/kgDM of TMR) 2. อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ เสริมเอนไซม์ 2 กรัม/กก. วัตถุแห้ง (2 g/kgDM of TMR) 3. อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ เสริมเอนไซม์ 4 กรัม/กก. วัตถุแห้ง (4 g/kgDM of TMR) 4. อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ เสริมเอนไซม์ 6 กรัม/กก. วัตถุแห้ง (6 g/kgDM of TMR) แต่ละปัจจัยการทดลองมีจำนวน 18 ซ้ำ ทำการศึกษาจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Menke and Steingass (1988) โดยใช้ของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะทดลองเป็นแหล่งของจุลินทรีย์ โดยมีวิธีการดังนี้

1. ชั่งตัวอย่างอาหารผสมสำเร็จที่อบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. ปริมาณ 0.3 กรัม ใส่ขวดวัคซีนขนาด 50 มล. ปิดด้วยจุกยางให้สนิท

2. เตรียมสารละลายน้ำลายเทียม โดยการเติมน้ำกลั่น 1,200 มล. แร่ธาตุหลัก 600 มล. แร่ธาตุรอง 0.3 มล. สารละลายบัฟเฟอร์ 600 มล. และสารละลายรีซาซูริน (resazurine) 3 มล. ใส่ลงในขวดชมพู่ขนาด 2,500 มล. ที่ต่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อไล่แก๊สออกซิเจนออก แล้วนำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 39° ซ โดยใช้เครื่องกวนแม่เหล็ก (magnetic stirrer) กวนตลอดเวลา จากนั้นเติมสารละลายไล่ออกซิเจน (reducing agent) จนสารละลายน้ำลายเทียมเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีชมพู แสดงว่าสารละลายดังกล่าวอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน

3. เก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะ จำนวน 4 ตัว โดยใช้ stomach tube ร่วมกับ vacuum pump นำของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 4 ตัว มารวมกันและแช่ในน้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิ 39° ซ เพื่อให้อุณหภูมิของเหลวจากกระเพาะรูเมนคงที่ จากนั้นนำเข้าห้องปฏิบัติการ กรองผ่านผ้าขาวบางแล้วนำมาผสมกับสารละลายน้ำลายเทียมในสัดส่วนของสารละลายน้ำลายเทียมต่อตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมนเท่ากับ 2:1

4. ใช้กระบอกฉีดยาพลาสติกขนาด 50 มล. ดูดสารละลายผสมน้ำลายเทียมและของเหลวจากกระเพาะรูเมนปริมาตร 30 มล. ใส่ขวดวัคซีนที่บรรจุอาหารผสมสำเร็จแต่ละทรีทเมนต์ แล้วนำปลายเข็มเหล็กที่ติดกับสายยางบรรจุแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ปักลงในขวดตัวอย่าง จากนั้นนำเข้าบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 39° ซ เพื่อทำการวัดปริมาณแก๊ส

5. วัดและจดบันทึกปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น โดย 12 ชั่วโมงแรก ทำการบันทึกผลทุกๆ 1 ชั่วโมง ต่อมาบันทึกผลทุกๆ 3 ชั่วโมง จนถึงชั่วโมงที่ 24 จากนั้นบันทึกผลทุกๆ 6 ชั่วโมง จนถึงชั่วโมงที่ 78 และสุดท้ายทำการบันทึกผลชั่วโมงที่ 96 นำค่าผลผลิตแก๊สที่ได้มาหาค่าคงที่ a, b และ c โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป fit curve เพื่ออธิบายจลนพลศาสตร์ของการผลิตแก๊สตามแบบจำลองสมการของ Ørskov and McDonald (1979) ดังนี้

$$y = a + b\,[1 - \text{Exp}^{(-ct)}]$$

เมื่อ y = ผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้น ณ เวลา t

a = จุดตัดแกน y ใช้บ่งบอกถึงปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ มีหน่วยเป็น มล.

b = ค่าปริมาณแก๊ส ณ จุดที่เส้นกราฟราบเรียบ เป็นค่าที่บ่งบอกปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายได้ยาก หรือศักยภาพในการย่อยสลายอาหาร ถ้าค่า b สูง ศักยภาพในการย่อยสลายก็สูง มีหน่วยเป็น มล.

c = อัตราการเกิดแก๊ส มีหน่วยเป็น % /ชม.

Exp = exponential

t = เวลาการเกิดแก๊ส

จากนั้นนำค่า a และ b ที่ได้จากสมการนี้ไปประเมินปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายได้ง่ายและองค์ประกอบที่ละลายได้ยาก หรือค่าศักยภาพในการผลิตแก๊ส (d) จากสมการ d = |a| + b (Menke and Steingass, 1988) และประเมินค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ จากผลผลิตแก๊สที่ชั่วโมงที่ 24 ของอาหารผสมสำเร็จแต่ละทรีทเมนต์ ตามสมการทำนายค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของ Close and Menke (1986) ดังนี้

ME (MJ/kg DM) = 1.242 + (0.146 GV) + (0.007 x CP) + (0.0224 x EE)

โดย Gv = ปริมาณแก๊สสุทธิที่เกิดขึ้นใน 24 ชม. (มล./น้ำหนักอาหารผสมสำเร็จ) คำนวณจากสมการดังนี้

$$Gv\ (ml) = \frac{(V24-V0-GPo) \times 200 \times [(Fh + Fc)/2]}{W}$$

เมื่อ Vo = ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นก่อนบ่ม

V24 = ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นที่ชั่วโมงที่ 24

GPo = ค่าเฉลี่ยของแก๊สที่เกิดขึ้นในหลอด blank ที่ชั่วโมงที่ 24

Fh = 44.16/(GPh – GPo) ; roughage correction factor

Fc = 62.6/(GPc – GPo) ; concentrate correction factor

GPh = ค่าคงที่ของอาหารหยาบมีค่าเท่ากับ 47

GPc = ค่าคงที่ของอาหารข้นมีค่าเท่ากับ 68

W = น้ำหนักตัวอย่าง (มก.วัตถุแห้ง)

CP = โปรตีนรวมของอาหารผสมสำเร็จ (กรัมต่อกก.วัตถุแห้ง)

EE = ไขมันรวมของอาหารผสมสำเร็จ (กรัมต่อกก.วัตถุแห้ง)

ประเมินเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของอาหารผสมสำเร็จในแต่ละทรีทเมนต์ ตามสมการของ Close and Menke (1986) ดังนี้

DOM (%) = 14.88 + (0.889 x Gv) + (0.045 x CP) + (0.065 x Ash)

โดย Gv = ปริมาณแก๊สสุทธิที่เกิดขึ้นใน 24 ชั่วโมง (มล./น้ำหนักอาหารผสมสำเร็จ)

CP = โปรตีนรวมของอาหารผสมสำเร็จ (กรัมต่อกก.วัตถุแห้ง)

Ash = เถ้าของอาหารผสมสำเร็จ (กรัมต่อกก.วัตถุแห้ง)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำค่าจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊ส เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ในแต่ละทรีทเมนต์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักและอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัม/กก. วัตถุแห้ง แสดงดัง **Table 2** พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักในสภาพสดและสภาพแห้งมีความชื้นประกอบด้วยวัตถุแห้ง 41.22 และ 93.67% ตามลำดับ และเมื่อคิดองค์ประกอบทางเคมีบนฐานวัตถุแห้ง พบว่า ประกอบด้วยอินทรียวัตถุ 87.7% เถ้า 12.3% โปรตีนรวม 4.12% ไขมันรวม 1.63% เยื่อใยรวม 41.01% ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 40.94% ผนังเซลล์ 76.19% ลิกโนเซลลูโลส 58.40% ลิกนิน 22.47% เฮมิเซลลูโลส 17.79% และเซลลูโลส 35.57% ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซ็นต์โปรตีนรวม และไขมันรวมของทางใบปาล์มน้ำมันหมักในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าต่ำกว่าการศึกษาของประดิษฐ์ และคณะ (2551) และณัฐฐา (2552) ที่รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีโปรตีนรวม 7.25 และ 7.86% ตามลำดับ และไขมันรวม 3.85 และ 2.97% ตามลำดับ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์

และลิกโนเซลลูโลสของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ มีค่าสูงกว่ารายงานการศึกษาทั้ง 2 การศึกษาข้างต้น โดยประดิษฐ์ และคณะ (2551) รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ประกอบด้วยผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส 59.23 และ 49.12% วัตถุแห้ง ตามลำดับ และณัฐฐา (2552) รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักประกอบด้วยผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส 66.99 และ 55.56% วัตถุแห้ง ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันขึ้นอยู่กับพันธุ์ และอายุของปาล์มน้ำมัน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการจัดการใส่ปุ๋ย เป็นต้น (ธีระ และคณะ, 2545)

อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ ประกอบด้วยวัตถุแห้ง 95.85-96.21% และเมื่อคิดองค์ประกอบทางเคมีบนฐานวัตถุแห้ง พบว่า ประกอบด้วยอินทรียวัตถุ 92.07-92.85% โปรตีนรวม 14.76-14.89% ไขมันรวม 1.72-1.93% เถ้า 7.15-7.93% เยื่อใยรวม 22.46-23.09% ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 52.81-53.51%ผนังเซลล์ 51.81-59.95% ลิกโนเซลลูโลส 35.48-36.62% ลิกนิน 10.60 -11.68% เฮมิเซลลูโลส 15.96-23.33% และเซลลูโลส 24.40-25.97% ตามลำดับ (**Table 2**) จะเห็นได้ว่าอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ในการศึกษามีระดับโปรตีนรวมต่ำกว่าระดับโปรตีนรวมที่คำนวณไว้ (15.40%) เล็กน้อย แต่อยู่ในระดับที่เพียงพอที่ทำให้แพะที่มีน้ำหนักตัว 13-14 กิโลกรัม และเลี้ยงแบบขังคอก (มีกิจกรรมเล็กน้อย) มีอัตราการเจริญเติบโต 50 กรัม/วัน ตามรายงานของสุนทร (2555) ในขณะที่ระดับลิกนินในอาหารผสมสำเร็จมีค่าค่อนข้างสูง อาจเนื่องจากทางใบปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการศึกษาได้จากต้นปาล์มน้ำมันที่เจริญเติบโตเต็มที่ (อายุ 12-15 ปี) จึงมีผลทำให้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารผสมสำเร็จ มีโปรตีนรวมเพียง 4.12% และมีลิกนินสูงถึง 22.47%

เมื่อพิจารณาผลการเสริมเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จต่อองค์ประกอบทางเคมีของอาหารจะเห็นได้ว่าการเสริมเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จมีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ในอาหารลดลง สอดคล้องกับ Krause et al. (1998) ที่รายงานว่า การเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย (Pro-Mote, Biovance Technut. Inc, Omaha, NE) ในอาหารผสมสำเร็จที่ประกอบด้วยต้นข้าวบาร์เลย์หมัก และอาหารข้นที่ใช้เมล็ดข้าวบาร์เลย์เป็นส่วนประกอบพื้นฐานมีผลทำให้เยื่อใยในอาหารผสมสำเร็จลดลง ทั้งนี้ Krause et al. (1998) อธิบายว่า เอนไซม์ที่เสริมอาจมีผลทำให้อนุภาคของอาหารถูกย่อยด้วยสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกลาง (neutral detergent solution) ได้ง่ายขึ้นในระหว่างกระบวนการวิเคราะห์ผนังเซลล์ ในขณะที่ Hristov et al. (1998) รายงานว่า การลดลงของเปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ของอาหารผสมสำเร็จที่ประกอบด้วยเมล็ดข้าวบาร์เลย์ กากถั่วเหลือง และข้าวโพดหมัก เสริมเอนไซม์ย่อยโพลีแซคคาไรด์ (FinFeeds International Ltd, Malboraugh, UK) เป็นเพราะเอนไซม์อาจมีผลไฮโดรไลซ์ (hydrolyze) เยื่อใยในอาหาร อย่างไรก็ตาม การศึกษาผลการเสริมเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จหลายๆ การศึกษา (Beauchemin et al., 2000; Kung et al., 2000, 2002) พบว่า เอนไซม์ที่เสริมไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

Table 2 Chemical composition of OPF silage and total mixed ration supplemented with different levels of enzyme (% on DM basis)

Composition	OPF silage	TMR			
		Levels of enzyme (g/kg DM of TMR)			
		0	2	4	6
Dry matter	93.67 (41.22)[1/]	95.85	95.92	96.07	96.21
Organic matter	87.70	92.07	92.66	92.55	92.85
Ash	12.30	7.93	7.34	7.45	7.15
Crude protein	4.12	14.76	14.79	14.89	14.84
Crude fat	1.63	1.72	1.90	1.93	1.92
Crude fiber	41.01	22.78	22.46	22.82	23.09
Nitrogen free extract [2/]	40.94	52.81	53.51	52.91	53.00
NDF	76.19	59.95	51.81	53.01	52.04
ADF	58.40	36.62	35.48	36.21	36.08
Lignin	22.47	10.65	10.60	10.62	11.68
Hemicellulose [3/]	17.79	23.33	16.33	16.80	15.96
Cellulose [4/]	35.57	25.97	24.88	25.59	24.40

NDF = Neutral detergent fiber

ADF = Acid detergent fiber

[1/] DM of fresh OPF silage

[2/] Nitrogen free extract = 100-(%crude protein + %crude fiber + %crude fat + ash)

[3/] Hemicellulose = NDF – ADF

[4/] Cellulose = ADF – lignin

Figure 1 แสดงปริมาณผลผลิตแก๊สของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัม/กก. วัตถุแห้ง พบว่า อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัม/กก.วัตถุแห้ง มีปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้สูงที่สุด รองลงมาคือ อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 6 กรัม/กก.วัตถุแห้ง อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 4 กรัม/กก.วัตถุแห้ง และอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัม/กก.วัตถุแห้ง Sallam et al. (2007) รายงานว่า ปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้มีความสัมพันธ์ในเชิงลบ กับเปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ในอาหาร โดยเปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ในอาหารอาจทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีต่อการย่อยได้ลดลง จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า การเสริมเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จมีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ในอาหารลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0 กรัม/กก.วัตถุแห้ง จึงส่งผลให้ปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้ตลอดระยะเวลาการบ่มของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 2, 4 และ 6 กรัม/กก.วัตถุแห้งสูงกว่า อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0 กรัม/กก.วัตถุ

แห้ง สำหรับจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สของอาหารผสมสำเร็จทั้ง 4 ทรีตเมนต์ แสดงใน Table 3 พบว่าปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายขององค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ (a) และอัตราการผลิตแก๊ส (c) ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0, 2, 4 และ 6 กรัม/กก. วัตถุแห้ง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับ Yang et al. (2000) ซึ่งศึกษาการเสริมเอนไซม์ผสมที่ประกอบด้วย เอนไซม์ไซแลนเนส และเซลลูเลสในอาหารผสมสำเร็จ และรายงานว่า ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายขององค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ และอัตราการผลิตแก๊ส ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างอาหารที่เสริมเอนไซม์และอาหารที่ไม่เสริมเอนไซม์ นอกจากนี้ Kung et al. (2002) รายงานว่า การเสริมเอนไซม์ไซแลนเนส และเอนไซม์เซลลูเลสในข้าวโพดหมักและหญ้าอัลฟัลฟาแห้งซึ่งใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารผสมสำเร็จ ไม่มีผลทำให้ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายขององค์ประกอบที่ละลายน้ำ และอัตราการผลิตแก๊สแตกต่างกับอาหารควบคุมที่ไม่เสริมเอนไซม์ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณา ปริมาณแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายได้ยาก (b) และปริมาณแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายได้ง่ายและองค์ประกอบที่ละลายได้ยาก (d) พบว่า อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 2, 4 และ 6 กรัม/กก.วัตถุแห้ง มีปริมาณแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายได้ยาก (86.83, 81.67 และ 82.28 มล. ตามลำดับ) และปริมาณแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายได้ง่ายและองค์ประกอบที่ละลายได้ยาก (94.26, 90.93 และ 90.37 มล. ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และสูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0 กรัม/กก.วัตถุแห้ง (72.48 และ 79.79 มล. ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แสดงให้เห็นว่าเอนไซม์ที่เสริมมีบทบาทเพิ่มอัตราการหมักย่อยอาหาร และการสลายของอาหารในกระเพาะรูเมน (Feng et al., 1996; Wallac et al., 2002; Kung et al., 2002; Tang et al., 2008) ทั้งนี้ระดับเอนไซม์ที่สูงกว่า 2 กรัม/กก.วัตถุแห้ง ไม่มีผลทำให้อัตราการหมักย่อยของอาหารในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Yang et al. (1999) ที่รายงานว่า เอนไซม์ระดับต่ำอาจมีผลต่อการจัดเรียงตัวของอนุภาคอาหาร เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าทำปฏิกิริยาของเอนไซม์จากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ในขณะที่การเสริมเอนไซม์ระดับสูงเอนไซม์อาจไปแย่งพื้นที่บนอนุภาคอาหาร ทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนไม่สามารถเข้ายึดเกาะและย่อยสลายอาหารได้ (Nsereko et al., 2002)

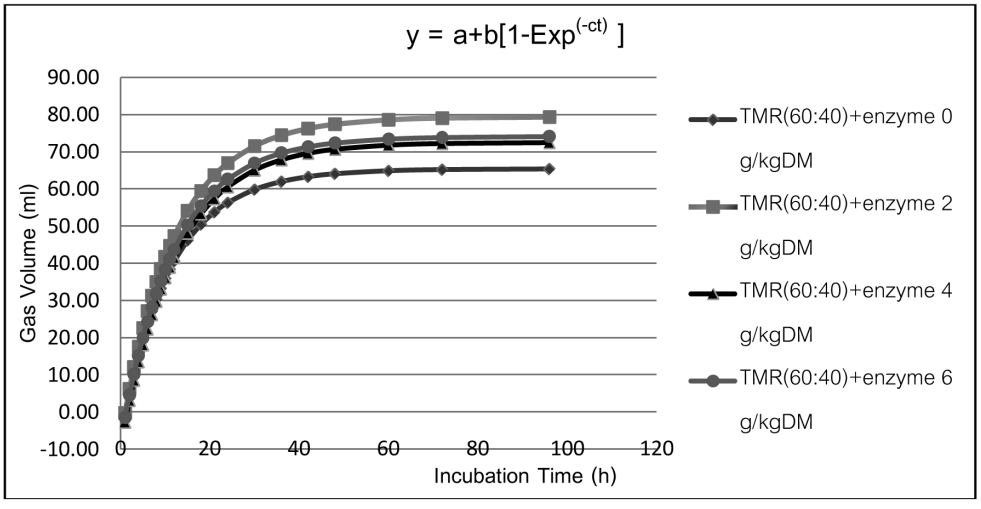

Figure 1 Accumulative gas production for OPF-based TMR supplemented with different enzyme levels incubated *in vitro*

พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ ซึ่งคำนวณโดยใช้ปริมาณผลผลิตแก๊สที่ชั่วโมงที่ 24 ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร (Menke et al., 1979) พบว่า อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัม/กก.วัตถุแห้ง มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (2.72 เมกกะแคลอรี/กก.วัตถุแห้ง) สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัม/กก. วัตถุแห้ง (2.34 เมกกะแคลอรี/กก.วัตถุแห้ง) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 4 และ 6 กรัม/กก. วัตถุแห้ง (2.49 และ 2.57 เมกกะแคลอรี/ กก.วัตถุแห้ง ตามลำดับ) ซึ่งพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2, 4 และ 6 กรัม/กก. วัตถุแห้ง (2.72, 2.49 และ 2.51 เมกกะแคลอรี/กก. วัตถุแห้ง) เพียงพอกับความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของแพะน้ำหนัก 30 กก. เลี้ยงแบบประณีตและมีอัตราการเจริญเติบโต 100 กรัม/วัน (2.34 เมกกะแคลอรี/กก.วัตถุแห้ง) ที่แนะนำโดย NRC (1981)

Table 3 Gas production characteristic, gas production volume, metabolizable energy and digestible organic matter of OPF-based TMR supplemented with different enzyme levels

Parameter	Level of enzyme (g/kg DM of TMR)				SEM
	0	2	4	6	
Kinetics of gas production					
a, ml	-7.16	-7.43	-9.26	-8.09	1.33
b, ml	72.48^{b}	86.83^{a}	81.67^{a}	82.28^{a}	5.76
c, %/h	0.10	0.09	0.08	0.08	0.01
d, ml	79.79^{b}	94.26^{a}	90.93^{a}	90.37^{a}	5.67
Gas production volume (ml/0.3gDM)					
24 h	52.21^{b}	66.94^{a}	60.45^{ab}	62.57^{ab}	4.71
48 h	64.00^{b}	77.38^{a}	70.57^{ab}	72.34^{a}	5.89
96 h	65.29^{b}	79.34^{a}	72.36^{ab}	72.34^{a}	6.11
ME, (MJ/kgDM) [1/]	9.79^{c}	11.38^{a}	10.42^{ab}	10.75^{ab}	3.21
ME, (Mcal/kgDM)[2/]	2.34^{b}	2.72^{a}	2.49^{ab}	2.57^{ab}	0.16
Digestible organic matter, DOM (%)[3/]	65.25^{b}	74.77^{a}	69.00^{ab}	70.57^{ab}	4.07

^{ab} Means with different superscripts in row are significantly different (P<0.05).

[1/] ME (MJ/kg DM) = 1.242 + (0.146xGv) + (0.007xCP) + (0.0224xEE)

[2/] ME (Mcal/kgDM) = ME(MJ/kgDM)/4.184

[3/] DOM (%) = 14.88 + (0.889 x Gv) + (0.045 x CP) + (0.065 x Ash)

SEM = ค่าความเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

สำหรับอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ พบว่า อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัม/กก.วัตถุแห้ง มีอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (74.77%) สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัม/กก.วัตถุแห้ง (65.23%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้ การเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 4 และ 6 กรัม/กก.วัตถุแห้ง มีแนวโน้มทำให้อินทรียวัตถุที่ย่อยได้เพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างกัน

ทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัม/กก.วัตถุแห้ง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 2, 4 และ 6 กรัม/กก.วัตถุแห้ง สอดคล้องกับศักยภาพในการย่อยสลายของอาหาร และศักยภาพในการผลิตแก๊สของอาหาร และแสดงให้เห็นว่า เอนไซม์ที่เสริมมีบทบาทเพิ่มอัตราการหมักย่อยและการสลายของอาหารในกระเพาะรูเมน

สรุป

จากการประเมินอินทรียวัตถุที่ย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส พบว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2, 4 และ 6 กรัม/กก.วัตถุแห้ง มีศักยภาพในการย่อยสลายของอาหาร และศักยภาพในการผลิตแก๊ส สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัม/กก.วัตถุแห้ง นอกจากนี้อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัม/กก.วัตถุแห้ง มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ และอินทรียวัตถุที่ย่อยได้สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัม/กก.วัตถุแห้ง ดังนั้นการเสริมเอนไซม์ในระดับ 2 กรัม/กก.วัตถุแห้ง ทำให้การใช้ประโยชน์ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบสูงขึ้น

คำขอบคุณ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติที่สนับสนุนเอนไซม์ที่ใช้ในการวิจัย และขอขอบคุณสถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่สนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก สถานีวิจัยและฝึกภาคสนามเทพา และภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติที่สนับสนุนวัสดุ อุปกรณ์ สัตว์ทดลอง และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ณัฐฐา รัตนโกศล. 2552. การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลเป็นอาหารหยาบสำหรับแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรานิยม, ประกิจ ทอง และวรรณา เลี้ยววาริน. 2545. คู่มือปาล์มน้ำมัน และการจัดการสวน. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. โภชนศาสตร์สัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ประดิษฐ์ อาจชมพู, ศิริศักดิ์ บริรักษ์ธนกุล, เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ, สมจิตร ถนอมวงศ์วัฒนะ และสมพร จันทระ. 2551. การพัฒนาทางใบปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับแพะ. น.57-66. ใน: เอกสารประกอบสัมมนาวิชาการ การพัฒนาอาชีพการเลี้ยงแพะอย่างยั่งยืน งานแพะแห่งชาติครั้งที่ 5 23 เมษายน 2551. สวนสมเด็จพระศรีนครินทร์นครศรีธรรมราช, นครศรีธรรมราช.

สุนทร รอดด้วง, ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ และวันวิศาข์ งามผ่องใส. 2553. ผลของระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักและอาหารข้นในอาหารผสมสำเร็จต่อปริมาณการกินได้ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะเพศผู้. น. 134-137. ใน:การประชุมวิชาการเกษตรครั้งที่ 11 25-26 มกราคม 2553. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association Official Analytical Chemists, Washington, D.C.

Abu Hassan, O., and M. Ishida. 1995. Oil palm fronds (OPF) technology transfer and acceptance, a sustainable in situ utilization for animal feeding. pp. 134-135. In: Proceeding of the 17th Malaysian Society of Animal Production (MSAP) Annual Conference. Penang, Malaysia.

Beauchemin, K. A., L. M. Rode, and V. J. H. Sewalt. 1995. Fibrolytic enzymes increase fiber digestibility and growth rate of steers fed dry forages. J. Anim. Sci. 75: 641-644.

Beauchemin, K. A., L. M. Rode, M. Maekawa, D. P. Morgavi, and R. Kampen. 2000. Evaluation of a non-starchpolysaccharidase feed enzyme in dairy cow diets. J. Dairy Sci. 83: 543–553.

Close, W., and K. H. Menke. 1986. Selected Topics in Animal Nutrition. A Manual prepared for the 3rd Hohenheim Course on Animal Nutrition in the Tropics and Semi-Tropics. 2nd ed. DSE, Feldafing.

Dahlan, I., M. Islam, and A. M. Rajion. 2000. Nutrient intake and digestibility of fresh, ensiled and pelleted oil palm (*Elaeis guineensis*) frond by goats. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13: 1407-1413.

DLD. 2004. Chemical Composition of Feedstuff. Division of Animal Nutrition, Department of Livestock Development, Bangkok.

Feng, P., C. W. Hunt, G. T. Pritchard, and W. E. Julien. 1996. Effect of enzyme preparation on in situ and vitro degradation and in vivo digestive characteristics of mature cool-season grass forage in beef steers. J. Anim. Sci. 74: 1349-1357.

Giraldo, L. A., M. L. Tejido, M. J. Ranilla, S. Ramos, and M. D. Carro. 2008. Influence of direct-fed fibrolytic enzymes on diet digestibility and ruminal activity in sheep fed a grass hay-based diet. J. Anim. Sci. 86: 1617-1623.

Hristov, A.N., T.A. Mcallister, and K.J. Cheng. 1998. Effect of dietary or abomasal supplementation of exogenous polysaccharide-degrading enzymes on rumen fermentation and nutrient digestibility. J. Anim. Sci. 76: 3146-3156.

Krause, M., K. A. Beauchemin, L. M. Rode, B. I. Farr, and P. Norgaard. 1998. Fibrolytic enzyme treatment of barley grain and source of forage in high-grain diets fed to growing cattle. J. Anim. Sci. 76: 2912-2920.

Kung, L. Jr., R. J. Treacher, G. A. Nauman, A. M. Smagala, K. M. Endres, and M. A. Cohen. 2000. The effect of treating forages with fibrolytic enzyme on its nutritive value and lactation performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 83: 115-122.

Kung, L. Jr., M.A. Cohen, L. M. Rode, and R. J. Treacher. 2002. The effect of fibrolytic enzymes sprayed onto forage and fed in a total mixed ration to lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 85: 2396-2402.

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 feedstuffs 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 energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Anim. Res.Dev. 28: 7-55.

Nsereko, V. L., K. A. Beauchemin, D. P. Morgavi, L. M. Rode, A. F. Furtado, T. A. McAllister, A. D. Iwaasa, W. Z. Yang, and Y. Wang. 2002. Effect of a fibrolytic enzyme preparation from *Trichoderma longibranchiatum* on the rumen microbial population of dairy cows. Can. J. Anim. Microbiol. 48: 14-20.

NRC. 1981. Nutrient Requirement of Goat: Angora, Dairy and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries. National Academy Press, Washington, D.C.

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: 499-503.

Rode, L. M., W. Z. Yang, and K. A. Beauchemin. 1999. Fibrolytic enzyme supplements for dairy cows in early lactation. J. Dairy Sci. 82: 2121–2126.

Sallam, S. M. A., M. E. A. Nasser, A. M El-Waziry., I. C. S. Bueno, and A.L. Abdalla. 2007. Use of an *in vitro* rumen gas production technique to evaluate some ruminant feedstuffs. J. Applied Sci. Research. 3: 34-41.

Steel, R. G. D., and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach 2nd ed. McGraw-Hill, New York.

Tang, S. X., G. O. Tayo, Z. L. Tan, Z. H. Sun, L. X. Shen, C. S. Zhou, W. J. Xiao, G. P. Ren, X. F. Han, and S. B. Shen. 2008. Effect of yeast culture and fibrolytic enzyme on in vitro fermentation characteristics of low-quality cereal straws. J. Anim. Sci. 86: 1164-1172.

Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583-3597.

Wallace, R.J., S.J.A. Wallace, N. MaKain, V.L. Nsereko, and G.F. Hartnell, 2002. Influence of supplementary fibrolytic enzymes on the fermentation of corn and grass silages by mixed ruminal microorganisms in vitro. J. Anim. Sci. 79: 1905-1916.

Yang, W. Z., K. A. Beauchemin, and L. M. Rode. 1999. Effects of enzyme feed additives on extent of digestion and milk production of lactating dairy cow. J. Dairy Sci. 82: 391-402.

Yang, W. Z., K. A. Beauchemin, and L. M. Rode. 2000. A comparison of methods of adding fibrolytic enzymes to lactating cow diets. J. Dairy Sci. 82: 2512–2520.