การประเมินอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ เสริมเอนไซม์ระดับต่าง ๆ 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

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) สำหรับศักยภาพในการย่อยสลายของอาหาร (b) และศักยภาพในการผลิตแก๊สของอาหาร (d) พบว่า อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 2, 4 และ 6 กรัม/กก.วัตถุแห้ง มีศักยภาพในการย่อยสลายของอาหาร (86.83, 81.67 และ 82.28 มล. ตามลำดับ) และศักยภาพในการผลิตแก๊สของอาหาร (94.26, 90.93 และ 90.37 มล. ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ) (P>0.05) และสูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0 กรัม/กก. วัตถุแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (72.48 และ 79.49 มล. ตามลำดับ, P<0.05) นอกจากนี้อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัม/กก.วัตถุแห้ง มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้และอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (2.66 เมกกะแคลอรี/กก.วัตถุแห้ง และ 75.53 % ตามลำดับ) สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัม/กก.วัตถุแห้ง (2.14 เมกกะแคลอรี/กก.วัตถุแห้ง และ 68.45 % ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ผลการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่าการเสริมเอนไซม์ในระดับ 2 กรัม/กก.วัตถุแห้ง ทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบสูงขึ้น

คำสำคัญ: เอนไซม์ย่อยเยื่อใย, อาหารผสมสำเร็จ, ทางใบปาล์มน้ำมัน, แพะ

ข้อคิดเห็น**[u1]:** ใช้คำอูกหรือไม่ เพราค่าที่แสดงหน่วยเป็นมิลลิลิตร

ข้อคิดเห็น**[u2]:** ค่าที่ได่ค่อนข้างสูง

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 by using rumen fluid from goats. Four levels of enzyme (0, 2, 4 and 6 g/kgDM of TMR) were tested in a Completely Randomized Design (CRD). The results showed that a 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/kgDM 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 silage based TMR supplemented with enzyme at 0 g/kgDM (72.48, and 79.79 ml, respectively). In addition, the ME and DOM of OPF silage based TMR supplemented with enzyme at 2 g/kgDM (2.66 Mcal/kgDM and 75.53 %, respectively) was significantly higher (P<0.05) than the OPF silage based TMR supplemented with enzyme at 0 g/kgDM (2.14 Mcal/kgDM and 68.45 %, respectively). The outcome of this research indicated that the beneficial level of enzyme supplementation was 2 g/kgDM of the TMR.

ข้อคิดเห็น**[u3]:** result

Keywords: fibrolytic 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 ทั้งนี้ เทคนิคผลผลิตแก๊สเหมาะสำหรับการจัดลำดับอาหารหรือการคัดเลือกอาหารเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์

ข้อคิดเห็น**[u4]:** ไม่น่าถูกต้องควรปรับปรุงประโยค

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 ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้ 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 ซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์ ไซแลนเนส (xylanase) เบต้ากลูคาเนส (β-glucanase) เซลลูเลส (cellulase) แมนนาเนส (mananase) และอะไมเลส (amylase) 1×10^7, 9×10^6, 2×10^6, 1×10^6 และ 2×10^6 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 อัดให้แน่น ปิดฝาให้สนิท 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
Nutrient[1]	
CP (%)	15.40
TDN (%)	55.67
Price of feed (baht/kg)[2]	3.98

ข้อคิดเห็น**[u5]:** Calculated composition

[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) โดยมีอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ เสริมเอนไซม์ในระดับต่างๆ 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

ข้อคิดเห็น**[u6]:** ทำไมจำนวนซ้ำมากขนาดนั้น ตรวจสอบด้วยว่า แต่ละกลุ่มอาหารทดลองมีกี่ซ้ำแน่

1. ชั่งตัวอย่างอาหารผสมสำเร็จที่อบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. ปริมาณ 0.3 กรัม ใส่ขวดวัคซีน ขนาด 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 39º 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 39º ซ เพื่อให้อุณหภูมิของเหลวจากกระเพาะรูเมนคงที่ จากนั้นนำเข้าห้องปฏิบัติการ กรองผ่านผ้าขาวบาง แล้วนำมาผสมกับสารละลายน้ำลายเทียมในสัดส่วนของสารละลายน้ำลายเทียมต่อตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมนเท่ากับ 2:1

4. ใช้กระบอกฉีดยาพลาสติกขนาด 50 มล. ดูดสารละลายผสมน้ำลายเทียมและของเหลวจากกระเพาะรูเมนปริมาตร 30 มล. ใส่ขวดวัคซีนที่บรรจุอาหารผสมสำเร็จแต่ละทรีทเมนต์ แล้วนำปลายเข็มเหล็กที่ติดกับสายยางบรรจุแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ปักลงในขวดตัวอย่าง จากนั้นนำเข้าบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 39º 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 เพื่ออธิบายจลนพลศาสตร์ของการผลิตแก๊ส ตามแบบจำลองสมการของ Ørskov and McDonald (1979) ดังนี้

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

เมื่อ y = ผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้น ณ เวลา t

a = จุดตัดแกน y ใช้บ่งบอกถึงปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ มีหน่วยเป็น มล.

b = ค่าปริมาณแก๊ส ณ จุดที่เส้นกราฟราบเรียบ เป็นค่าที่บ่งบอกถึงศักยภาพในการย่อยสลายอาหาร ถ้าค่า b สูง ศักยภาพในการย่อยสลายก็สูง มีหน่วยเป็น มล.

c = อัตราการเกิดแก๊ส มีหน่วยเป็น % /ชม.

Exp = exponential

t = เวลาการเกิดแก๊ส

จากนั้นนำค่า a และ b ที่ได้จากสมการนี้ไปประเมินค่าศักยภาพในการผลิตแก๊ส (d) จากสมการ d = |a| + b (Menke and Steingass, 1988) และประเมินค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ จากผลผลิตแก๊สที่ชั่วโมงที่ 24 ของอาหารผสมสำเร็จแต่ละทรีทเมนต์ ตามสมการทำนายค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของ Menke et al. (1979) ดังนี้

$$ME\ (MJ/kg\ DM) = 1.242 + (0.146\ GV) + (0.007 \times \%CP) + (0.0224 \times \%EE)$$

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

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

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 (%)

EE = ไขมันรวมของอาหารผสมสำเร็จ (%)

ประเมินเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของอาหารผสมสำเร็จในแต่ละทรีทเมนต์ ตามสมการของ Menke et al. (1979) 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 (%)

Ash = เถ้าของอาหารผสมสำเร็จ (%)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

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

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักและอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัม/กก. วัตถุแห้ง แสดงดัง Table 2 พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักประกอบด้วยวัตถุแห้ง 93.67 % และเมื่อคิดองค์ประกอบทางเคมีบนฐานวัตถุแห้ง พบว่า ประกอบด้วยอินทรียวัตถุ 98.77% เถ้า 1.23 % โปรตีนรวม 4.12 % ไขมันรวม 1.63 % เยื่อใยรวม 41.01% ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 52.01 % ผนังเซลล์ 76.19 % ลิกโนเซลลูโลส 58.40 % ลิกนิน 22.47 % เฮมิเซลลูโลส 17.79 % และเซลลูโลส 35.57 % ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซ็นต์โปรตีนรวม ไขมันรวม และเถ้า ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าต่ำกว่าการศึกษาของประดิษฐ์ และคณะ (2551) และณัฐฐา (2552) ที่รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีโปรตีนรวม 7.25 และ 7.86% ตามลำดับ ไขมันรวม 3.85 และ 2.97% ตามลำดับ และเถ้า 8.18 และ 10.73% ตามลำดับ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ มีค่าสูงกว่ารายงานการศึกษาทั้ง 2 การศึกษาข้างต้น โดยประดิษฐ์ และคณะ (2551) รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ประกอบด้วยผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส 59.23 และ 49.12% บนฐานวัตถุแห้ง ตามลำดับ และณัฐฐา (2552) รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักประกอบด้วยผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส 66.99 และ 55.56% บนฐานวัตถุแห้ง ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันขึ้นอยู่กับพันธุ์ และอายุของปาล์มน้ำมัน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการจัดการใส่ปุ๋ย เป็นต้น (ธีระและคณะ, 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 อาจเนื่องจากทางใบปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการศึกษาได้จากต้น

ข้อคิดเห็น[u7]: ตัวเลขนี้น่าจะผิด ถ้าเป็นอาหารหมัก ควรมี DM อยู่ระหว่าง 30-40%

ข้อคิดเห็น[u8]: ตัวเลขนี้ ค่อนข้างต่ำมาก

ข้อคิดเห็น[u9]: หมายถึงผนังเซลล์ หรือ เยื่อใยหยาบ

ข้อคิดเห็น[u10]: ตัดออก

ข้อคิดเห็น[u11]: ตัดออก

182 ปาล์มน้ำมันที่เจริญเติบโตเต็มที่ (อายุ 12-15 ปี) จึงมีผลทำให้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารผสม
183 สำเร็จ มีโปรตีนรวมเพียง 4.12% และมีลิกนินสูงถึง 22.47%

184 เมื่อพิจารณาผลการเสริมเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จต่อองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร จะเห็นได้ว่า การเสริม
185 เอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จมีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ในอาหารลดลง สอดคล้องกับ Krause et al. (1998) ที่
186 รายงานว่า การเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย (Pro-Mote, Biovance Technut. Inc, Omaha, NE) ในอาหารผสมสำเร็จที่
187 ประกอบด้วยต้นข้าวบาร์เลย์หมัก และอาหารข้นที่ใช้เมล็ดข้าวบาร์เลย์เป็นส่วนประกอบพื้นฐานมีผลทำให้เยื่อใยในอาหาร
188 ผสมสำเร็จลดลง ทั้งนี้ Krause et al. (1998) อธิบายว่า เอนไซม์ที่เสริมอาจมีผลทำให้อนุภาคของอาหารถูกย่อยด้วย
189 สารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกลาง (neutral detergent solution) ได้ง่ายขึ้นในระหว่างกระบวนการวิเคราะห์ผนังเซลล์ ในขณะที่
190 Hristov et al. (1998) รายงานว่า การลดลงของเปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ของอาหารผสมสำเร็จที่ประกอบด้วยเมล็ดข้าว
191 บาร์เลย์ กากถั่วเหลือง และข้าวโพดหมัก เสริมเอนไซม์ย่อยโพลีแซคคาไรด์ (FinFeeds International Ltd, Malboraugh,
192 UK) เป็นเพราะเอนไซม์อาจมีผลไฮโดรไลซ์ (hydrolyze) เยื่อใยในอาหาร อย่างไรก็ตาม การศึกษาผลการเสริมเอนไซม์
193 ในอาหารผสมสำเร็จหลายๆ การศึกษา (Beauchemin et al., 2000; Kung et al., 2000: 2002) พบว่า เอนไซม์ที่เสริมไม่มี
194 ผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

195

196 **Table 2** Chemical composition of OPF silage and total mixed ration supplemented with different levels of

197 enzyme (% on DM basis)

Composition	OPF silage	TMR			
		Levels of enzyme (g/kg DM of TMR)			
		0	2	4	6
Dry matter	93.67	95.85	95.92	96.07	96.21
Organic matter	98.77	92.07	92.66	92.55	92.85
Ash	1.23	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 [1/]	52.01	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 [2/]	17.79	23.33	16.33	16.80	15.96
Cellulose [3/]	35.57	25.97	24.88	25.59	24.40

198 NDF = Neutral detergent fiber

ข้อคิดเห็น**[u12]:** ค่าลิกนินของทางใบปาล์มหมักมีค่าสูง แต่ทำไมในอาหารผสมสำเร็จถึงมีค่าต่ำ น่าจะมีค่าไม่ต่ำกว่า 13 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารผสมสำเร็จ

199 ADF = Acid detergent fiber

200 [1/] Nitrogen free extract = 100-(%crude protein + %crude fiber + %crude fat + ash)

201 [2/] Hemicellulose = NDF – ADF

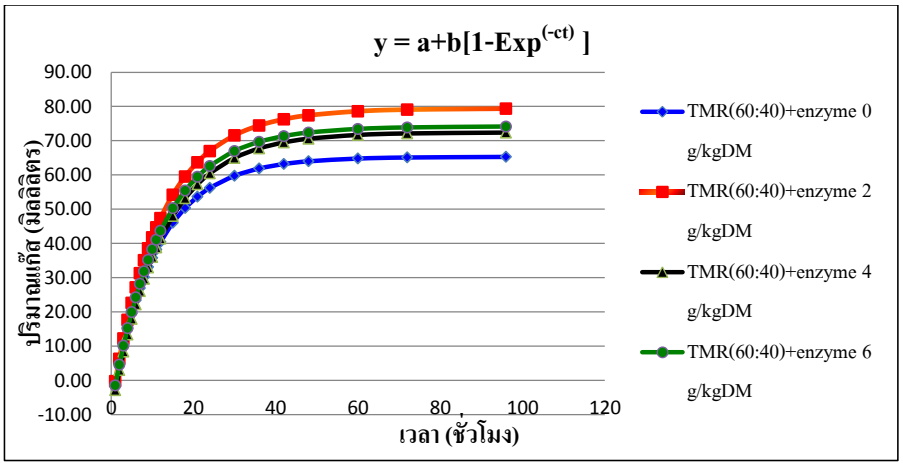
202 [3/] Cellulose = ADF – lignin

203

204 Figure 1 แสดงปริมาณผลผลิตแก๊สของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ
205 เสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัม/กก. วัตถุแห้ง พบว่า อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัม/กก.วัตถุแห้ง มี
206 ปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้สูงที่สุด รองลงมาคือ อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 6 กรัม/กก.วัตถุแห้ง อาหารผสม
207 สำเร็จเสริมเอนไซม์ 4 กรัม/กก.วัตถุแห้ง และอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัม/กก.วัตถุแห้ง Sallam et al.
208 (2007) รายงานว่า ปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้มีความสัมพันธ์ในเชิงลบ กับเปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ในอาหาร โดยเปอร์เซ็นต์
209 ผนังเซลล์ในอาหารอาจทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีต่อการย่อยได้ลดลง จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า การเสริมเอนไซม์
210 ในอาหารผสมสำเร็จมีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ในอาหารลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผสมสำเร็จเสริม
211 เอนไซม์ 0 กรัม/กก.วัตถุแห้ง จึงส่งผลให้ปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้ตลอดระยะเวลาการบ่มของอาหารผสมสำเร็จเสริม
212 เอนไซม์ 2, 4 และ 6 กรัม/กก.วัตถุแห้ง สูงกว่า อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0 กรัม/กก.วัตถุแห้งสำหรับจลนพลศาสตร์
213 การผลิตแก๊สของอาหารผสมสำเร็จทั้ง 4 ทรีตเมนต์ แสดงใน Table 3 พบว่า ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายของ
214 องค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ (a) และอัตราการผลิตแก๊ส (c) ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0, 2, 4 และ 6 กรัม/กก.
215 วัตถุแห้ง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับ Yang et al. (2000) ซึ่งศึกษาการเสริมเอนไซม์ผสมที่
216 ประกอบด้วย เอนไซม์ไซแลนเนส และเซลลูเลสในอาหารผสมสำเร็จ และรายงานว่า ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อย
217 สลายขององค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ และอัตราการผลิตแก๊ส ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างอาหารที่เสริมเอนไซม์และ
218 อาหารที่ไม่เสริมเอนไซม์ นอกจากนี้ Kung et al. (2002) รายงานว่า การเสริมเอนไซม์
219 ไซแลนเนส และเอนไซม์เซลลูเลสในข้าวโพดหมักและหญ้าอัลฟัลฟ่าแห้ง ซึ่งใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารผสมสำเร็จ ไม่มี
220 ผลทำให้ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายขององค์ประกอบที่ละลายน้ำ และอัตราการผลิตแก๊สแตกต่างกับอาหาร
221 ควบคุมที่ไม่เสริมเอนไซม์ สำหรับศักยภาพในการย่อยสลายของอาหาร (b) และศักยภาพในการผลิตแก๊สของอาหาร (d)
222 พบว่า อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 2, 4 และ 6 กรัม/กก.วัตถุแห้ง มีศักยภาพในการย่อยสลายของอาหาร (86.83,

ข้อคิดเห็น**[u13]:** ประโยคนี้ หมายความว่าอย่างไร

223 81.67 และ 82.28 มล. ตามลำดับ) และศักยภาพในการผลิตแก๊สของอาหาร (94.26, 90.93 และ 90.37 มล. ตามลำดับ)
224 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และสูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0 กรัม/กก.วัตถุแห้ง (72.48 และ 79.79 มล.
225 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แสดงให้เห็นว่าเอนไซม์ที่เสริมมีบทบาทเพิ่มอัตราการหมักย่อยอาหาร
226 และการสลายของอาหารในกระเพาะรูเมน (Feng et al., 1996; Wallac et al., 2002; Kung et al., 2002; Tang et al.,
227 2008)
228



229
230

231 Figure 1 Accumulative gas production for OPF-based TMR supplemented with different enzyme levels
232 incubated *in vitro*
233

234 พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ ซึ่งคำนวณโดยใช้ปริมาณผลผลิตแก๊สที่
235 ชั่วโมงที่ 24 ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร (Menke et al., 1979) พบว่า อาหารผสมสำเร็จ
236 เสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัม/กก.วัตถุแห้ง มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (2.66 เมกกะแคลอรี/กก.วัตถุแห้ง) สูงกว่าอาหารผสม
237 สำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัม/กก. วัตถุแห้ง (2.14 เมกกะแคลอรี/กก.วัตถุแห้ง) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
238 (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 4 และ 6 กรัม/กก. วัตถุแห้ง (2.43 และ 2.51 เมกกะ
239 แคลอรี/ กก.วัตถุแห้ง ตามลำดับ) ซึ่งพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2, 4 และ 6 กรัม/

ข้อคิดเห็น**[u14]:** ควรจะอธิบายด้วยว่า ทำไมการเสริมเอนไซม์ที่มากกว่า 2 กรัม/กก. ไม่ทำให้การย่อยสลายหรือการผลิตแก๊สดีขึ้น

ข้อคิดเห็น**[u15]:** ค่าพลังงานที่ประเมินได้ค่อนข้างสูง อาจมีผลจากปริมาณแก๊สที่ใช้ได้จากการใช้ตัวอย่างที่ 0.3 กรัม ในขณะที่สูตรการประเมินใช้แค่ 0.2 กรัม ตรวจสอบด้วย

240 กก.วัตถุแห้ง (2.66, 2.43 และ 2.51 เมกกะแคลอรี/กก.วัตถุแห้ง) มีค่าใกล้เคียงกับความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้

241 ของแพะรุ่นที่มีอัตราการเจริญเติบโต 50 กรัม/วัน (2.51 กรัม/กก.วัตถุแห้ง ที่แนะนำโดย NRC,1981)

ข้อคิดเห็น**[u16]:** หน่วย กรัม หรือ เมกกะแคลลอรี

ข้อคิดเห็น**[u17]:** ไม่น่าจะถูกต้อง

242 **Table 3** Gas production characteristic, gas production volume, metabolizable energy and digestible organic

243 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/]	8.97^{c}	11.12^{a}	10.18^{ab}	10.49^{ab}	0.61
ME, (Mcal/kgDM)[2/]	2.14^{b}	2.66^{a}	2.43^{ab}	2.51^{ab}	0.16
Digestible organic matter, DOM (%)[3/]	68.45^{b}	75.53^{a}	69.77^{ab}	71.69^{ab}	4.01

[ab] Means with different superscripts in row are significantly different (P<0.05).

[1/] ME (MJ/kg DM) = 1.242 + (0.146xGv) + (0.007x%CP) + (0.0224x%EE)

[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 (75.53 %) สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัม/กก.วัตถุแห้ง (68.45 %) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้ การเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 4 และ 6 กรัม/กก.วัตถุแห้ง มีแนวโน้มทำให้อินทรียวัตถุที่ย่อยได้เพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัม/กก.วัตถุแห้ง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 2, 4 และ 6 กรัม/กก.วัตถุแห้ง สอดคล้องกับศักยภาพในการย่อยสลายของอาหาร และศักยภาพในการผลิตแก๊สของอาหาร และแสดงให้เห็นว่า เอนไซม์ที่เสริมมีบทบาทเพิ่มอัตราการหมักย่อยและการสลายของอาหารในกระเพาะรูเมน

สรุป

จากการประเมินอินทรียวัตถุที่ย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส พบว่า อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2, 4 และ 6 กรัม/กก.วัตถุแห้ง มีศักยภาพในการย่อยสลายของอาหาร และศักยภาพในการผลิตแก๊ส สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัม/กก.วัตถุแห้ง นอกจากนี้อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัม/กก.วัตถุแห้ง มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้และอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัม/กก.วัตถุแห้ง ดังนั้นการเสริมเอนไซม์ในระดับ 2 กรัม/กก.วัตถุแห้ง ทำให้การใช้ประโยชน์ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบสูงขึ้น

ข้อคิดเห็น**[u18]:** ตรวจสอบว่าสมการนี้ใช้สำหรับอาหารผสมสำเร็จ ใช่หรือไม่

ข้อคิดเห็น**[u19]:** ตรวจสอบว่า 0.045 หรือ 0.45

ข้อคิดเห็น**[u20]:** ค่าที่ได้สูงมาก หากดูจากสูตรอาหารผสมสำเร็จ มีอาหารหยาบ:อาหารข้น 60:40 ค่าที่ได้ไม่น่าจะเกิน 65-70% ตรวจสอบสูตรการประเมินและปริมาณแก๊สที่ใช้

เอกสารอ้างอิง

ณัฐฐา รัตนโกศล. 2552. การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลเป็นอาหารหยาบสำหรับแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรานิยม, ประกิจ ทอง และ วรรณาเลี้ยววาริน. 2545. คู่มือปาล์มน้ำมัน และการจัดการสวน. คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

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

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

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th Edition. 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-starch polysaccharidase feed enzyme in dairy cow diets. J. Dairy Sci. 83: 543–553.

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

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

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

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

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

301 Krause, M., K. A. Beauchemin, L. M. Rode, B. I. Farr. and P. Norgaard. 1998. Fibrolytic enzyme treatment of
302 barley grain and source of forage in high-grain diets fed to growing cattle. J. Anim. Sci. 76: 2912-
303 2920.

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

307 Kung, L. Jr., M.A. Cohen, L. M. Rode and R. J. Treacher. 2002. The effect of fibrolytic enzymes sprayed onto
308 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.

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 Edition. 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 fibrilytic 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.

ข้อคิดเห็น**[u21]:** fibrolytic

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

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

335

336