# ความสามารถในการย่อยสลายได้ของสาคูและผลพลอยได้จากสาคูในกระเพาะรูเมนโดยวิธีถุงไนล่อน

# Rumen Degradability of Sago and Sago By products Using Nylon Bag Technique

**สุมาลี เพ็ชรขันธ์*, วันวิศาข์ งามผ่องใส และ ปิ่น จันจุฬา[1]**

**Sumalee Pachkhan, Wanwisa Ngampongsai and Pin Chanjula**

**บทคัดย่อ:** การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความสามารถในการย่อยสลายได้ ในกระเพาะรูเมนของแหล่งอาหาร 7 ชนิด คือ แป้งสาคู เยื่อในลำต้นสาคู กากเยื่อในลำต้นสาคู ใบสาคู ทางสาคู ข้าวโพดบด และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน โดยใช้เทคนิคถุงไนล่อน และเก็บออกที่เวลา 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง หลังการบ่ม ทดลองในโคพื้นเมืองเพศผู้ที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 200+25 กก. จำนวน 3 ตัว ที่ได้รับการเจาะกระเพาะรูเมนแบบถาวรไว้แล้ว

ผลการศึกษาพบว่า ค่าการย่อยสลายได้สูงสุดของวัตถุแห้งของวัตถุดิบอาหารสัตว์เรียงลำดับจากสูงสุดไปต่ำสุด คือ แป้งสาคู ข้าวโพดบด เยื่อในลำต้นสาคู กากเยื่อในลำต้นสาคู กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ใบสาคู และทางสาคู (98.8, 80.4, 80.2, 79.7, 78.4, 61.4 และ 61.2% ตามลำดับ) และค่าประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งเรียงลำดับจากสูงสุดไปต่ำสุด คือ แป้งสาคู เยื่อในลำต้นสาคู ข้าวโพดบด กากเยื่อในลำต้นสาคู กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ใบสาคู และทางสาคู (89.2, 57.9, 57.5, 56.4, 50.4, 40.6 และ 40.2% ตามลำดับ) ส่วนค่าการย่อยสลายได้สูงสุดและค่าประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ของอินทรียวัตถุของวัตถุดิบอาหารสัตว์คล้ายกับค่าความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง ยกเว้นทางสาคูมีค่าการย่อยสลายได้และค่าประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ของอินทรียวัตถุ (62.7% และ 41.5% ตามลำดับ) สูงกว่าใบสาคู (61.8% และ 40.7% ตามลำดับ) ดังนั้น แป้งสาคู เยื่อในลำต้นสาคู และกากเยื่อในลำต้นสาคู อาจจะสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้นสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ ส่วนใบสาคูและทางสาคูก็มีศักยภาพที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง (**คำสำคัญ:** ความสามารถในการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน, สาคู, ผลพลอยได้จากสาคู)

**ABSTRACT:** The objective of this study was to determine the rumen degradability of sago starch (SS), sago palm pith (SPP), reissued sago palm pith (RSPP), sago palm leaves (SPL), sago palm petiole ($SPP_1$), ground corn (GC) and palm kernel cake (PKC) using nylon bag technique. Three ruminally fistulated indigenous cattle with average weight of 200$\pm$25 kg, were used. The feed sources were weighed in nylon bags and incubated ruminally for 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48 and 72 h. The results showed that asymptote (a+b) of DM of feed sources ranked from the highest to the lowest; SS, GC, SPP, RSPP, PKC, SPL, and $SPP_1$ (98.8, 80.4, 80.2, 79.7, 78.4, 61.4 and 61.2%, respectively) and effective degradability (ED) of DM ranked from the highest to the lowest; SS, SPP, GC, RSPP, PKC, SPL and $SPP_1$ (89.2, 57.9, 57.5, 56.4, 50.4, 40.6 and 40.2%, respectively). The OM asymptote (a+b) and ED of feed sources were similar to those for degradation of DM, except for SPL which was lower ($p<0.05$) in degradability of OM (62.7% and 41.5%, respectively) than SPL (61.8% and 40.7%, respectively). It was concluded that SS, SPP and RSPP could be used as energy sources in concentrate for ruminants while SPL and SPP1 had potential as roughage sources for ruminants. (**Keywords:** rumen degradability, sago, sago by-products)

[1] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 90112

Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112

* Corresponding author: s4842057@psu.ac.th

## บทนำ

สาคู (Sago palm) เป็นพืชในตระกูลปาล์ม ซึ่งจัดเป็นพืชในท้องถิ่นชนิดหนึ่งที่มีอยู่ทั่วไปในเขตภาคใต้ตอนล่าง ได้แก่ จังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส ต้นสาคูประกอบด้วยเปลือกลำต้น 32 % และเยื่อในลำต้น (sago palm pith) 68 % (FAO, 1983) เยื่อในลำต้นสาคูมีความชื้น 50 % ประกอบด้วยส่วนของแป้ง 29 %ของน้ำหนักสด ซึ่งใกล้เคียงกับมันสำปะหลังซึ่งประกอบด้วยส่วนของแป้ง 23-25 % (Brough et al., 1995) และสารอื่นๆ 21 % เยื่อในลำต้นสาคูเมื่อนำไปบดและทำให้แห้ง สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารไก่ เป็ด และสุกรได้ดี เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนะโดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรตที่ละลาย-ในน้ำได้สูงถึง 87.6 % (สมศักดิ์ และสุธน, 2531) รวมทั้งแป้งจากเยื่อในลำต้นสาคู คือ แป้งสาคู ซึ่งนำไปทำขนมนั้น อาจใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์ได้ด้วย เนื่องจากแป้งถูกย่อยได้เกือบสมบูรณ์ตลอดทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (กรมปศุสัตว์, 2549) นอกจากนี้ ผลพลอยได้อื่นๆ จากต้นสาคู ได้แก่ ใบและทางสาคู และกากเยื่อในลำต้นสาคูซึ่งเป็นเศษเหลือหลังจากสกัดแป้งออกจากเยื่อในลำต้นสาคู ผลพลอยได้เหล่านี้มีเยื่อใยค่อนข้างสูง (ปิ่น, 2542) จึงใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาการนำสาคูและผลพลอยได้จากสาคูมาใช้ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทยยังมีข้อมูลน้อยมาก งานวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการประเมินการย่อยสลายได้ของสาคูและผลพลอยได้จากสาคูในกระเพาะรูเมน โดยใช้เทคนิคถุงไนล่อน (nylon bag technique) เปรียบเทียบกับวัตถุดิบอื่นๆ ที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น ข้าวโพดบดและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เพื่อประเมินศักยภาพในการใช้ประโยชน์จากสาคูและผลพลอยได้จากสาคูในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

## วิธีการศึกษา

### การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้โคพื้นเมืองเพศผู้อายุประมาณ 2 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 200±25 กก. จำนวน 3 ตัว ที่ได้รับการผ่าตัดใส่ท่ออาหารถาวรที่กระเพาะรูเมน ก่อนการทดลองทำวัคซีนป้องกันโรคปากและเท้าเปื่อย และโรคคอบวม กำจัดพยาธิภายในโดยใช้ยาถ่ายพยาธิอัลเบนดาโซล และฉีดไวตามินเอดีอี ($AD_3E$) ให้โคได้รับหญ้ารูซี่แห้งอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) เสริมด้วยอาหารข้นที่มีโปรตีนรวม 12.83 % ในระดับ 1 %ของน้ำหนักตัว วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 08.00 น. และ 15.00 น. และได้รับน้ำและแร่ธาตุก้อน (mineral block) อย่างอิสระ เป็นระยะ 14 วัน ก่อนทำการศึกษาการย่อยสลายของวัตถุดิบอาหารสัตว์ในกระเพาะรูเมน

### การเตรียมอาหารทดลอง

วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย

2.1 เยื่อในลำต้นสาคู กากเยื่อในลำต้นสาคู และแป้งสาคู ซื้อจากเกษตรกร ตำบลตะลุงเปอะ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี

2.2 ใบสาคูและทางสาคู สุ่มเก็บจากต้นสาคูที่โตเต็มที่ อายุประมาณ 6-8 ปี บริเวณตำบลควนลัง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา นำมาสับด้วยเครื่องสับขนาด 1 นิ้ว หลังจากนั้นใช้กรรไกรตัดอีกครั้งให้ได้ขนาดประมาณ 1 ซม.

ทำการเก็บตัวอย่างวัตถุดิบแต่ละชนิดโดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 นำมาอบที่อุณหภูมิ 100 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ส่วนที่ 2 นำมาอบที่อุณหภูมิ 65 °ซ เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายของโภชนะโดยใช้เทคนิคถุงไนล่อน

**การเตรียมถุงไนล่อน**

ถุงไนล่อนที่ใช้เป็นชนิดที่ไม่สามารถละลายหรือทำปฏิกิริยาใดๆ ในกระเพาะรูเมน และไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์ มีขนาดรูของถุง (pore) 45 ไมครอน โดยตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมพื้นผ้าขนาด 8x15 ซม. เย็บตะเข็บโดยรอบเว้นเฉพาะส่วนปากเพื่อเติมอาหารทดลอง นำมาซักทำความสะอาดก่อนใช้

**การวางแผนการทดลอง**

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) โดยมีกลุ่มทดลองหรือทรีทเมนต์ (treatment) คือ เยื่อในลำต้นสาคู กากเยื่อในลำต้นสาคู แป้งสาคู แป้งข้าวเกรียบใบสาคู ทางสาคู กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และข้าวโพดบด ในแต่ละทรีทเมนต์ใช้โคพื้นเมืองเพศผู้ที่ได้รับการผ่าตัดใส่ท่ออาหารถาวรที่กระเพาะรูเมน จำนวน 3 ตัว (บล็อก)

**วิธีการทดลอง**

1. ชั่งตัวอย่างเยื่อในลำต้นสาคู กากเยื่อในลำต้นสาคู ใบสาคู ทางสาคู กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และข้าวโพดบด ตัวอย่างละประมาณ 5-6 กรัม ส่วนแป้งสาคูชั่งตัวอย่างละประมาณ 8 กรัม ใส่ถุงไนล่อนซึ่งได้อบที่อุณหภูมิ 70 °ซ นาน 48 ชั่วโมง และบันทึกน้ำหนักไว้ โดยใช้ 2 ถุงต่อ 1 ตัวอย่าง รวมตัวอย่างละ 48 ถุง ผูกปากถุงให้แน่น รวมถุงตัวอย่างให้เป็นพวง ร้อยด้วยเชือกไนล่อน แล้วนำถุงไนล่อนที่ใส่ตัวอย่างแต่ละชนิดตัวอย่างละ 16 ถุง เข้าบ่มในกระเพาะรูเมน และเก็บออกที่เวลา 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมงหลังการบ่ม ทำการล้างถุงไนล่อน จนกระทั่งน้ำใส และนำถุงไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °ซ เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนและทำการจดบันทึกน้ำหนักหลังอบแห้ง แล้วนำเศษอาหารที่เหลือในถุงไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และคำนวณสัมประสิทธิ์การย่อย-สลายได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุที่ระยะเวลาต่างๆ ดังนี้

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (\%)} = \left[ \frac{(\text{น้ำหนักถุงพร้อมเศษเหลือ} - \text{น้ำหนักถุง})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \right] \times 100$$

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (\%)} = \left[ \frac{(\text{เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่เหลืออยู่ในถุง})}{\text{เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุเริ่มต้น}} \right] \times 100$$

จากนั้นนำค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลายของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุตามระยะเวลาที่แช่บ่มในกระเพาะรูเมน มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ตามโมเดลของ Ørskov and McDonald (1979) ดังนี้

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

เมื่อ P = อัตราการย่อยสลายที่เวลา t (%)

a = ส่วนที่สามารถละลายได้ทันที

b = ส่วนที่มีศักยภาพในการย่อยสลายที่เวลา t

c = ค่าคงที่ของอัตราการย่อยสลายได้

t = ช่วงเวลาบ่ม (h)

ส่วนค่าประสิทธิภาพการย่อยได้ (effective rumen degradability, ED) ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ คำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$ED = a+b\ \{c/(c+k)\}$$

เมื่อ k เป็นค่าอัตราการไหลผ่านของอาหารออกจากกระเพาะรูเมน (rumen turn over rate) 0.05 /h

ส่วนค่าอัตราการชะล้างโดยน้ำ (washing loss rate) และค่าคงที่ของอัตราการย่อยสลาย (degradability rate constant, C) ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุคำนวณโดยใช้ IFRU fit curve procedure ตามวิธีของ Chen (1996)

2. ทำการเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนในแต่ละระยะเวลาที่บ่มตัวอย่างอาหาร เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิ ในกระเพาะรูเมนในระหว่างการบ่มตัวอย่างอาหาร

**การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์**

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์ คือ วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อ-ใยรวม และเถ้า วิเคราะห์โดยวิธีประมาณ (Proximate analysis) ตามวิธีการของ AOAC (1990) ส่วนการวิเคราะห์ผนัง-เซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน ใช้วิธี Detergent analysis ของ Goering and Van Soest (1970)

**การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ**

นำค่าการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุส่วนที่ละลายได้ทันที ส่วนที่มีศักยภาพในการย่อยสลาย ค่าการย่อยสลายสูงสุด และประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของวัตถุดิบแต่ละชนิด ค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิของของเหลวในกระเพาะรูเมน มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) ตามโมเดลดังนี้

$$Yij = \mu + \delta ij + \tau j + \varepsilon ij$$

เมื่อ Yij = ค่าสังเกตุในช่วงเวลาต่างๆ

$\mu$ = ค่าเฉลี่ย

$\delta ij$ = อิทธิพลของบล็อก

$\tau j$ = วัตถุดิบอาหารที่ใช้ทดลอง

$\varepsilon ij$ = ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบทั้ง 7 ชนิด แสดงใน **Table 1** พบว่า แป้งสาคู เยื่อในลำต้นสาคู กากเยื่อในลำต้นสาคู มีวัตถุแห้งใกล้เคียงกัน (84.36-86.79%) และมีโปรตีนต่ำ (0.31, 1.44 และ 2.14% ตามลำดับ) สอดคล้องกับ Yadav and Mahyuddin (1991) และ Tuen (1992) ที่รายงานว่า แป้งสาคู เยื่อในลำต้นสาคู และกากเยื่อในลำต้นสาคูประกอบด้วยโปรตีนรวม 0.21-3.3% ในขณะที่อินทรียวัตถุ ในวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด มีค่าสูง (95.19-99.79%) ใกล้เคียงกับอินทรียวัตถุในข้าวโพดบดและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (98.50 และ 95.92% ตามลำดับ) สำหรับใบสาคูประกอบด้วยโปรตีนรวม 8.13% ผนังเซลล์ 57.15% และลิกโนเซลลูโลส 42.28% ใกล้เคียงกับระดับโภชนะของพืชอาหารสัตว์ในเขตร้อนบางชนิด เช่น หญ้าขนที่มีอายุการตัด 6 สัปดาห์ ประกอบด้วยโปรตีนรวมและลิกโนเซลลูโลส 8.53 และ 43.89 % ตามลำดับ (ทิศสานติ์, 2544) สำหรับทางสาคูมีคุณค่าทางโภชนะต่ำ โดยประกอบด้วยโปรตีนรวมเพียง 1.49% ผนังเซลล์ 71.01% และลิกโนเซลลูโลส 43.35%

จากผลการศึกษาการย่อยสลายของวัตถุดิบในกระเพาะรูเมนดังแสดงใน **Figure 1** พบว่า การย่อยสลายได้ของวัตถุ-แห้ง และอินทรียวัตถุของวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 7 ชนิด เพิ่มขึ้นตามช่วงเวลาที่ใช้บ่มในกระเพาะรูเมน (0 ถึง 72 ชม.) โดยการย่อยสลายของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของแป้งสาคูมีค่าสูงสุดทุกช่วงเวลาที่บ่มตัวอย่าง ในขณะที่ใบสาคูและทางสาคูมีค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุต่ำสุด โดยเมื่อเรียงลำดับค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งที่ 72 ชั่วโมง หลังการบ่มในกระเพาะรูเมน พบว่า แป้งสาคู (99.53%) > ข้าวโพดบด (82.96%) > เยื่อในลำต้นสาคู (82.92%) > กาก-เยื่อในลำต้นสาคู (81.74%) > กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (77.67%) > ใบสาคู (62.19%) > ทางสาคู (61.72%) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถใช้ประโยชน์จากแป้งสาคูได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่วัตถุแห้งของข้าวโพดบด เยื่อในลำต้นสาคู กากเยื่อในลำต้นสาคู กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ใบสาคู และทางสาคูที่ไม่ถูกย่อยในกระเพาะรูเมนอาจไหลผ่านการหมักในกระเพาะรูเมนและถูกย่อยในทางเดินอาหารส่วนล่างต่อไป ส่วนค่าการย่อยสลายของอินทรียวัตถุที่ 72 ชั่วโมงหลังการบ่มในกระเพาะรูเมนคล้ายกับค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง ยกเว้นทางสาคูมีค่าการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ (63.40%) สูงกว่า ใบสาคู (62.40%) จากค่าการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของวัตถุดิบทั้ง 7 ชนิด

Table 1 Chemical composition of sago, sago by-products, ground corn and palm kernel cake (% DM basis).

| Chemical composition /Feed sources[1/] | SS | SPP | RSPP | SPL | $SPP_1$ | GC | PKC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dry matter | 84.36 | 86.08 | 86.79 | 95.62[2/] | 95.03[2/] | 88.50 | 91.29 |
| Organic matter | 99.79 | 96.17 | 95.19 | 94.65 | 96.17 | 98.50 | 95.92 |
| Crude protein | 0.31 | 1.44 | 2.14 | 8.13 | 1.49 | 7.89 | 17.14 |
| Ether extract | 0.47 | 0.12 | 1.15 | 1.62 | 0.63 | 4.97 | 8.24 |
| Ash | 0.21 | 3.83 | 4.81 | 5.35 | 3.83 | 1.50 | 4.08 |
| Crude fiber | 0.12 | 7.09 | 7.62 | 40.59 | 43.35 | 4.38 | 13.57 |
| Nitrogen free extract[3/] | 83.25 | 73.60 | 71.07 | 34.91 | 34.85 | 69.76 | 48.26 |
| Neutral detergent fiber | 0.10 | 19.51 | 20.01 | 57.15 | 71.01 | 16.78 | 72.99 |
| Acid detergent fiber | ND[6/] | 12.88 | 14.98 | 42.28 | 54.23 | 4.52 | 45.30 |
| Acid detergent lignin | ND[6/] | 2.26 | 2.59 | 26.75 | 16.28 | 0.05 | 14.09 |
| Hemicellulose[4/] | ND[6/] | 6.62 | 12.39 | 15.53 | 27.07 | 4.47 | 31.21 |
| Cellulose[5/] | ND[6/] | 10.62 | 5.03 | 14.87 | 27.66 | 12.26 | 27.70 |

[1/]sago starch (SS); sago palm pith (SPP); residued sago palm pith (RSPP); sago palm leaves (SPL); sago palm petiole ($SPP_1$); ground corn (GC); palm kernel cake (PKC)
[2/]Dry matter of SPL and $SPP_1$ on fresh basis was 50.84 and 31.55 %, respectively.
[3/]nitrogen free extract = % dry matter - (%crude protein +% crude fiber +% ether extract +%ash)
[4/]hemicellulose = neutral detergent fiber - acid detergent fiber
[5/]cellulose = acid detergent fiber – acid detergent lignin
[6/]ND = not determined

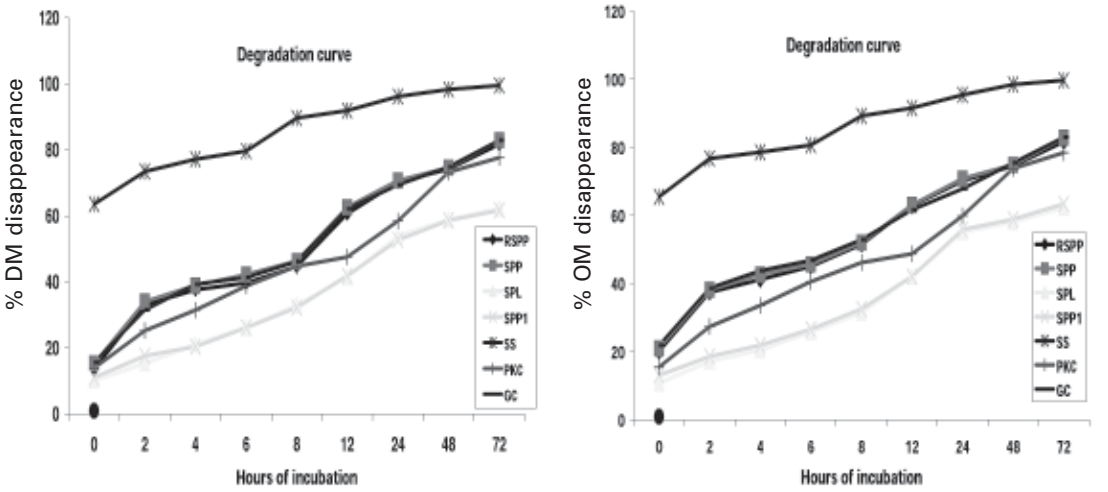


Figure 1 In sacco DM and OM disappearances of feed sources (SS = Sago Strach; SPP = Sago palm pith; RSPP = Residued sago palm pith; SPL = Sago palm leaves; $SPP_1$ = Sago palm petiole; GC = Ground corn; PKC = Palm kernel cake).

ในกระเพาะรูเมนต่ำ (Reed et al., 1982)

เมื่อนำค่าการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของวัตถุดิบที่ระยะเวลาต่างๆไปประมวลผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ตามโมเดลของ Ørskov and McDonal (1979) ผลการศึกษาแสดงดัง Table 2 พบว่า ส่วนที่สลายได้ทันที (a) ค่าคงที่ของอัตราการย่อยสลายได้ (c) ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของแป้งสาคู (63.5, 0.13%; 65.5, 0.01% ตามลำดับ) ในกระเพาะรูเมน สามารถจำแนกวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 7 ชนิด ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ แป้งสาคู ซึ่งย่อยสลายได้รวดเร็ว ในขณะที่ เยื่อในลำต้นสาคู กากเยื่อในลำต้นสาคู ข้าวโพดบด และกากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมัน มีค่าการย่อยสลายปานกลาง ส่วนทางสาคูและใบสาคู มีค่าการย่อยสลายต่ำกว่าวัตถุดิบอื่น อาจเนื่องจากมีส่วนประกอบโปรตีน-แทนนิน (protein-tannin complex) เป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูงจึงทำให้การย่อยสลายได้

Table 2 Disappearance from nylon bags and *in sacco* DM and OM degradation characteristics of sago, sago by-products, ground corn and palm kernel cake in indigenous cattle.

| Parameters | SS | SPP | RSPP | SPL | $SPP_1$ | GC | PKC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DM degradation characteristics (%) | | | | | | | |
| a | 63.5a | 15.3c | 13.5d | 10.2f | 11.1e | 15.5c | 13.8d |
| b | 35.4f | 64.8b | 66.3a | 51.2c | 50.2d | 64.4b | 64.3b |
| c | 0.13a | 0.07b | 0.07b | 0.08b | 0.08b | 0.08b | 0.05b |
| a+b | 98.8a | 80.2b | 79.7b | 61.4e | 61.2e | 80.4b | 78.4c |
| Effective degradability (%)[1] | 89.2a | 57.9c | 56.4d | 40.6f | 40.2f | 57.5cd | 50.4e |
| OM degradation characteristics (%) | | | | | | | |
| a | 65.5a | 21.0d | 20.1e | 10.7h | 13.1g | 21.9c | 15.5f |
| b | 33.5f | 59.1b | 59.0b | 50.8c | 49.7d | 58.8b | 63.5a |
| c | 0.10a | 0.07b | 0.07b | 0.07b | 0.07b | 0.06cb | 0.05c |
| a+b | 99.5a | 80.0c | 79.1d | 61.8g | 62.7f | 80.7b | 79.0d |
| Effective degradability (%) | 89.7a | 60.1c | 59.3d | 40.7g | 41.5f | 59.7cb | 51.9e |

SS = Sago starch; SPP = Sago palm pith; RSPP = Residued sago palm pith; SPL = Sago palm leaves; $SPP_1$ = Sago palm petiole; GC = Ground corn; PKC = Palm kernel cake. [1]Effective degradability at outflow rate in the rumen (0.05/h).

[a-h] Mean within the same column followed by the same letter are significantly different (P<0.05).

สูงกว่าวัตถุดิบอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในทำนองเดียวกัน แป้งสาคูมีค่าการย่อยสลายสูงสุดของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ (a+b) (98.8 และ 99.5 % ตามลำดับ) สูงกว่าวัตถุดิบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้ แป้งสาคูยังมีประสิทธิภาพการย่อยได้ (ED) ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุที่อัตราการการไหลผ่านของอาหารจากกระเพาะรูเมน 0.05/h (85.6 และ 89.7% ตามลำดับ) สูงกว่าวัตถุดิบอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) มีค่าใกล้เคียงกับประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุในกระเพาะรูเมนของมันเทศสีขาว (87.9 และ 89.4% ตามลำดับ) มันเทศสีม่วง (87.8 และ 89.4% ตามลำดับ) และมันเทศสีเหลือง (87.9 และ 89.8% ตามลำดับ) (Chanjula et al., 2003) อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของแป้งสาคูในกระเพาะรูเมนในการศึกษาครั้งนี้ต่ำกว่าประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของมันเส้นซึ่งเท่ากับ 92.5 และ 93.4% ตามลำดับ (Chanjula et al., 2003) อาจเนื่องจากความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีและสัดส่วนของแป้งในวัตถุดิบ โดยเฉพาะสัดส่วนระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพคติน โดย Morton (2006) รายงานว่า แป้งในมันเส้นประกอบด้วยอะไมโลส 17% ในขณะที่แป้งสาคูประกอบด้วยอะไมโลส 26% การย่อยได้ของแป้งจะเพิ่มขึ้นเมื่ออะไมโลส ลดลง (John, 2001) จึงทำให้ประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งของมันเส้นในกระเพาะรูเมนสูงกว่าแป้งสาคู สำหรับประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของเยื่อในลำต้นสาคู และกากเยื่อในลำต้นสาคูพบว่าเยื่อในลำต้นสาคูมีประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ (57.9 และ 60.1% ตามลำดับ) สูงกว่ากากเยื่อในลำต้นสาคู (56.4 และ 59.3% ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิด ไม่แตกต่างจากประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของข้าวโพดบด (57.5 และ 59.7% ตามลำดับ) และสูงกว่าประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (50.4 และ 51.9% ตามลำดับ) ดังนั้นจึงอาจจะสามารถใช้เยื่อในลำต้นสาคู และกากเยื่อในลำต้นสาคูทดแทนข้าวโพดบดและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ ส่วนทางสาคูและใบสาคูมีประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้ง 40.2 และ 40.6% ตามลำดับ และประสิทธิภาพการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ 41.5 และ 40.7% ตามลำดับ สูงกว่า

Table 3 Ruminal pH and temperature (°C) in indigenous cattle during degradability study (means ± standard deviation).

| h post feeding | Temperature | pH |
|---|---|---|
| 0 | 39.0±0.0 | 7.2±0.3 |
| 2 | 39.3±0.6 | 7.1±0.6 |
| 4 | 39.7±0.6 | 6.9±0.6 |
| 6 | 39.0±0.0 | 6.9±0.2 |
| 8 | 38.0±0.0 | 6.9±0.1 |
| 12 | 39.0±0.0 | 6.3±0.7 |
| 24 | 38.7±0.0 | 6.7±0.1 |
| 48 | 38.0±0.6 | 6.9±0.2 |
| 72 | 39.0±0.0 | 7.0±0.2 |
| Overall means | 38.9±0.2 | 6.9±0.3 |

ประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุในกระเพาะรูเมนของทางใบปาล์มน้ำมัน (36.4 และ 39.9% ตามลำดับ) (Pramote et al., 2001) มีการนำมาพัฒนาเป็นอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องในภาคใต้

ค่าเฉลี่ยของ pH และอุณหภูมิ ภายในกระเพาะรูเมนที่ระยะเวลาต่างๆ ที่บ่มตัวอย่างวัตถุดิบ แสดงใน Table 3 พบว่า ระดับ pH และอุณหภูมิ ในกระเพาะรูเมน มีค่าเฉลี่ย 6.9 และ 38.9 °ซ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันในระหว่างโคทั้ง 3 ตัว ที่ใช้ในการศึกษา และอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน โดย Van Soest (1994) รายงานว่า ระดับ pH และอุณหภูมิที่เหมาะสม สำหรับกระบวนการหมักย่อยอาหารในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 6.0 - 7.0 และ 39 - 40 °ซ ตามลำดับ

## สรุป

สาคูและผลพลอยได้จากสาคู เป็นวัตถุดิบการเกษตรในพื้นที่ภาคใต้ ที่สามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ โดยแป้งสาคู เยื่อในลำต้นสาคู และกากเยื่อในลำต้นสาคู มีประสิทธิภาพการย่อยสลายของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุในกระเพาะ รูเมนสูงจึงอาจจะสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ส่วนใบสาคูและทางสาคูมีศักยภาพที่จะนำมาพัฒนาเพื่อใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง

## คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และ Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS) ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยสำหรับการศึกษาในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2549. "ต้นสาคู" อาหารสัตว์ราคาถูกของภาคใต้. แหล่งข้อมูล : http://www.dld.go.th/nutrition/Nutrition_Knowledge /ARTICLE/Pro40.htm. ค้นเมื่อ 23 เมษายน 2549.

ทิศสานติ์ สังขไพฑูรย์. 2544. ปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะของหญ้าขน (*Brachiaria mutica*) ในแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

ปิ่น จันจุฬา. 2542. ต้นสาคู : พืชท้องถิ่นทางภาคใต้ที่น่าสนใจ. ว. วิชาการเกษตร 17(2) : 213-221.

สมศักดิ์ เหล่าเจริญสุข และสุธน วงษ์ชีรี. 2531. การใช้ลำต้นสาคูเป็นอาหารสำหรับเป็ดเนื้อ. ว. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3(3) : 129-144 .

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

Brough, S.H., R.J. Neale, G. Norton and J.E. Wenham. 1995. The effects of variety, drying procedure, fineness of grinding and dietary inclusion level on the bioavailability of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch. J. Sci. Food Agric. 67 : 71-76.

Chanjula, P., M. Wanapat, C. Wachirapakorn, S. Uriyaponson and P. Rowlinson. 2003. Ruminal degradability of tropical feeds and their potential use in ruminant diets. Asian - Aust. J. Anim. Sci. 16 : 211-216.

Chen, X.B. 1996. An Excel Application Program for Processing Feed Degradability Data. Rowett Research Institute. Aberdeen.

FAO. 1983. Plant Production and Protection Paper 47. Food and Agricultural Organization of the United Nation. Rome.

Goering, H.K. and P.J. Van Soest.1970. Forage Fiber Analysis. Agricultural Handbook. No. 397.USDA. Washington, D.C.

John, L.B. 2001. Quality Feed Grains - Research Highlights and Opportunities. Available: http://www.regional.org.aulay. Accessed July 8, 2006.

Morton, S. 2006. Functional Properties of Starches. Available: http://www.fao.org. /ag/Agsi/starch 41.htm. Accessed Sep. 26, 2006.

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. (Camb) 92 : 499-504.

Pramote, P., J.B. Liang,. M. Basery and Z.A. Jelan. 2001. Ruminal and intestinal digestibilities of oil palm (*Elaeis guineensis*) fronds in cattle. Songklanakarin J. Sci. Technol. 23 : 335-341.

Reed, S.D., R.E. McDowell, P.J. Van Soest and P.J. Horvath. 1982. Condensed tannin : A factor limiting the use of foliage. J. Sci food Agric. 33 : 213-220.

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

Tuen, A.A.1992. Sago by-products for animal feeds: Prospect and potential. Proceedings of the Sixth AAAP Animal Science Congress Vol.III, Bangkok, Thailand, 23-28 November 1992.

Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd ed. Cornell University Press. New York.Yadav, D.P. and M. Mahyuddin. 1991. Nutritive evaluation of sago fiber. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 4 : 177-182.