

การย่อยได้ของแป้งจากมันสำปะหลังเส้น ข้าวเปลือกเจ้าบด และปลายข้าวเจ้า ในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของวัวนม

เกรียงศักดิ์ สถาปนศิริ¹, เทอดชัย เวียรศิลป์² และ ชานวิต วาชรพุทท์¹

DIGESTIBILITY OF STARCH FROM CHOPPED CASSAVA,
GROUND PADDY RICE AND
BROKEN RICE AT DIFFERENT SEGMENTS OF DIGESTIVE TRACT
IN DAIRY COWS

Kriengsak Sathapanasiri, Therdchai Vearasilp and Chanvit Vajarabukka

ABSTRACT : Digestibility of starch from chopped cassava, ground paddy rice or broken rice 42.9% DM in the experimental diets was conducted in a 3 x 3 latin square design with 3 experimental cows. Each cow was fitted with a rumen fistula and cannulae at the proximal duodenum and terminal ileum.

Starch was analysed by enzymic method and showed that ground paddy rice contained less starch than chopped cassava and broken rice (69.86%, 78.75% and 87.78% respectively) which resulted in higher amount of starch from broken rice entered small intestine than those of chopped cassava and ground paddy rice (750, 135 and 107 g/day/cow respectively). Starch digestibility in the small intestine was not statistical different for all of the experimental diets but the amount of starch entered large intestine was higher in cow fed ground paddy rice than those of the others. Again, digestibility coefficient of starch was not statistical different for all diets. The total tract starch digestibility was 95% for ground paddy rice, 99% for broken rice and 100% for chopped cassava but these different were not statistical different.

Ruminal pH of cow fed chopped cassava was lower than those of the others but was not in the dangerous level for ruminal acidosis.

¹ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10903.

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10903.

² ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50002.

Department of Animal Husbandry, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50002.

บทคัดย่อ : ทำการศึกษาการย่อยได้ของแป้งในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของวัวนม จากอาหารที่ประกอบด้วย แป้งจากมันสำปะหลังเส้น ข้าวเปลือกเจ้าบด และปลายข้าวเจ้า จำนวน 42.9% (วัตถุดิบ) ของอาหารทั้งหมดที่วัวนมได้รับ โดยใช้วัวนมที่ผ่านการผ่าตัดใส่ท่อเก็บตัวอย่างอาหารที่บริเวณกระเพาะรูเมน (Rumen fistula) บริเวณส่วนต้นของลำไส้เล็ก (Proximal duodenum) และส่วนปลายของลำไส้เล็ก (Terminal ileum) จำนวน 3 ตัว ทำการทดลองแบบ 3 × 3 Latin square design และใช้วิธีการวิเคราะห์แป้งแบบ Enzymic method

ผลการทดลองปรากฏว่า ข้าวเปลือกเจ้าบดมีแป้งน้อยกว่าปลายข้าวเจ้า และมันสำปะหลังเส้นซึ่งมีแป้งใกล้เคียงกัน (89.86%, 87.75% และ 87.78% ตามลำดับ) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของแป้งภายในกระเพาะรูเมนของวัวนมที่ได้รับ แป้งจากปลายข้าวเจ้าต่ำกว่า ($P < 0.01$) วัวนมพวกที่ได้รับแป้งจากข้าวเปลือกเจ้าบดและมันสำปะหลังเส้น (0.63, 0.92 และ 0.94 ตามลำดับ) เป็นผลทำให้มีแป้งเข้าไปในลำไส้เล็กของวัวนมที่ได้รับอาหารแป้งจากปลายข้าวเจ้ามากกว่า มันสำปะหลังเส้น และข้าวเปลือกเจ้าบด (750, 135 และ 107 กรัม/วัน/ตัว ตามลำดับ) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของแป้งภายในลำไส้เล็กแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เนื่องจากมีแป้งจากปลายข้าวเจ้าเข้าไปในลำไส้เล็กเป็นจำนวนมากกว่าแป้งจากมันสำปะหลังเส้นและข้าวเปลือกเจ้าบด จึงทำให้มีแป้งเหลือเข้าไปในลำไส้ใหญ่มากกว่าแป้งจากอาหารอื่นๆ ด้วย และปรากฏว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของแป้งในลำไส้ใหญ่ของอาหารทุกชนิดแตกต่างกัน แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของแป้งในทุกส่วนของทางเดินอาหาร มีค่า 0.95, 0.99 และ 1.00 สำหรับปลายข้าวเจ้า, ข้าวเปลือกเจ้าบดและมันสำปะหลังเส้น ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ระดับของ pH ภายในกระเพาะรูเมนของโคนมที่ได้รับแป้งจากมันสำปะหลังเส้นต่ำกว่าอาหารชนิดอื่นๆ แต่ไม่อยู่ในระดับที่จะทำให้เกิด Rumen Acidosis ได้อย่างใด

กานำ

ในกิจการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีวัตถุประสงค์ให้ได้ผลผลิตสูงๆ เช่น การขุนโคเนื้อ โคนม การขุนแกะ หรือแพะนม จำเป็นต้องให้สัตว์เหล่านั้นได้รับอาหารที่มีโภชนาที่จำเป็นต่อความต้องการของร่างกายอย่างเพียงพอและครบถ้วน โภชนาที่สำคัญมากชนิดหนึ่ง ได้แก่ แป้ง ที่เป็นแหล่งของพลังงาน สำหรับใช้ในการสร้างผลผลิตต่างๆ และภายใต้สถานการณ์ปัจจุบันที่มีการขยายตัวด้านความต้องการผลิตผลดังกล่าวจากสัตว์เคี้ยวเอื้อง จึงได้มีการนำเอาธัญพืช เช่น ข้าว และพืชหัว ได้แก่ มันสำปะหลังมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องมากขึ้น

แต่เนื่องจากสัตว์เคี้ยวเอื้องมีสรีรวิทยาการย่อยอาหารที่ซับซ้อน ทำให้ขอบวนการย่อยแป้งในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารแตกต่างกัน และจะมีผลที่แตกต่างกันต่อตัวสัตว์ด้วย ในการนี้ วิธีการศึกษาที่ดีที่สุดที่จะได้ข้อมูลที่ต้องการและชัดเจน สามารถกระทำได้โดยการใช้สัตว์ทดลองที่ได้รับการผ่าตัดใส่ท่อเก็บตัวอย่างอาหาร (เวียร์คิลป์ และอภิชาติสร้างกรู, 2531) ที่บริเวณกระเพาะรูเมน (อภิชาติสร้างกรู และเวียร์คิลป์, 2530) และบริเวณลำไส้เล็กส่วนต้นและส่วนปลาย (อภิชาติสร้างกรู และ เวียร์คิลป์, 2532) โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาถึงการย่อยได้ของแป้งจากวัตถุดิบหลักที่เป็นแหล่งพลังงาน ได้แก่ ข้าวเปลือก ปลายข้าวเจ้า และมันสำปะหลังเส้น โดยใช้วัวนมเป็นสัตว์ทดลอง

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัวนมที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นวัวนมลูกผสมพันธุ์พื้นเมือง X โฮลสไตน์ฟรีเซียน ขนาดน้ำหนักประมาณ 250 ก.ก. จำนวน 3 ตัว วัวนมทดลองทุกตัวได้รับการผ่าตัดใส่ท่อเก็บตัวอย่างอาหารที่ทำจากซิลิโคน (เวียร์คิลป์ และอภิชาติสรางกูร, 2531) ที่บริเวณกระเพาะรูเมน ลำไส้เล็กส่วนต้น (Proximal duodenum) และลำไส้เล็กส่วนปลาย (Terminal ileum) ด้วยวิธีการของอภิชาติสรางกูร และเวียร์คิลป์ (2530) และ อภิชาติสรางกูร และเวียร์คิลป์ (2532) ตามลำดับ

อาหารทดลองที่ใช้เป็นแหล่งของแป้งได้แก่ ข้าวเปลือกเจ้าบด ปลายข้าวเจ้า และมันสำปะหลังเส้น โดยมีกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีนในการปรับปริมาณของโปรตีนให้พอเพียงกับความต้องการของวัวนมทดลองตาม NRC (1978) และมีแร่ธาตุรวมที่มี TiO_2 ผสมอยู่ด้วยเพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ (Marker) ในการคำนวณปริมาณอาหารที่เดินทางผ่านส่วนต่าง ๆ ของทางเดินอาหาร (Brandt *et al.*, 1983) ส่วนอาหารหยากที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้แก่ หญ้าแห้ง รายละเอียดส่วนประกอบของอาหารทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 1

Table 1. Composition of the experimental diets (% DM).

Item	Experimental diets		
	Ground paddy rice	Broken rice	Chopped cassava
Hay	44.7	46.8	40.9
Ground paddy rice	42.9	-	-
Broken rice	-	42.9	-
Chopped cassava	-	-	42.9
Soybean meal	10.4	8.3	14.3
Mixed minerals/ TiO_2 ¹	2.0	2.0	2.0

1 Mixed minerals/ TiO_2 = Ca 11.4%, P 7.125%, NaCl 25.935%, Mg 2.85%, Fe 0.138%, Cu 0.0998%, Mn 0.0665%, Co 0.0028%, I 0.0017%, Se 0.0008% and TiO_2 5%

แผนการทดลองเป็นแบบ 3 × 3 Latin square design แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ช่วงการทดลอง ในแต่ละช่วงการทดลองมีระยะเวลา 20 วัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่ ระยะ Preliminary period จำนวน 14 วัน ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาที่ปล่อยให้วัวนมทดลองและ

จุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมและอาหารทดลอง รวมทั้งขั้วถ่ายอาหารเดิมออกจากร่างกายให้หมดสิ้น ส่วนระยะ Collection period เป็นระยะ 6 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลองจะมีการเก็บตัวอย่างอาหารและข้อมูลจากการทดลองในระยะนี้

อาหารทดลองทุกชนิดจะถูกชั่งและเก็บไว้ในถุงพลาสติกก่อนเริ่มการทดลอง ให้อาหารทดลองวันละ 4 ครั้ง ในเวลา 6.00, 12.00, 18.00 และ 24.00 ของทุกวัน โดยให้วัวนมกินอาหารทดลองที่เป็นแหล่งของแบงก์ แร่ธาตุ/ TiO_2 และกากถั่วเหลืองจนหมดก่อน ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 30 นาที ทั้งนี้เพื่อให้วัวนมทดลองได้รับ TiO_2 ครบตามที่กำหนดไว้ ต่อจากนั้นจึงให้หญ้าแห้งในภายหลัง

ทำการบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และปริมาณอาหารที่เหลือในแต่ละช่วงเวลาของการให้อาหารทุกครั้ง เก็บตัวอย่างอาหารที่เดินทางผ่านทางเดินอาหารที่บริเวณส่วนต้นของลำไส้เล็ก (Proximal duodenum) และส่วนปลายของลำไส้เล็ก (Terminal ileum) ในช่วง 6 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง วันละ 2 ครั้ง เช้า-บ่าย โดยทำการเก็บตัวอย่างอาหารในวันแรกเวลา 6.00 และ 13.00 และเก็บตัวอย่างอาหารในวันถัดไปในเวลาที่เพิ่มไปจากนี้วันละ 1 ชั่วโมง จนถึงวันที่ 6 ด้วยวิธีการนี้จะทำให้การเก็บตัวอย่างทั้งหมดเป็นการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาหลังจากกินอาหารไปแล้ว 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ชั่วโมงตามลำดับ เป็นจำนวนตัวอย่าง 2 ซ้ำ

ในทุกครั้งที่มีการเก็บตัวอย่าง บันทึกปริมาณตัวอย่างอาหารที่เก็บไว้ โดยเก็บตัวอย่างอาหารจากส่วนต้นของลำไส้เล็กประมาณ 600 กรัม/ครั้ง และจากส่วนปลายของลำไส้เล็กประมาณ 400 กรัม/ครั้ง เก็บสะสมตัวอย่างอาหารของแต่ละส่วนไว้ภายใต้อุณหภูมิ -20°C เชลเซียส ทันที เพื่อยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป นอกจากนี้ ทำการบันทึกจำนวนอาหารที่ตกหล่นจากท่อเก็บตัวอย่างอาหารจากลำไส้เล็กทุกครั้ง เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณอาหารที่เดินทางผ่านทางเดินอาหาร

บันทึกน้ำหนักมูลทันทีทุกครั้งที่มีการถ่ายมูล ทำการกวนผสมมูลให้เข้ากันได้ดี (Homogenous) หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างมูลเอาไว้ 10 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักมูลทั้งหมดภายใต้อุณหภูมิ -20°C เชลเซียสเช่นเดียวกันกับตัวอย่างจากลำไส้เล็ก

เก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน (Rumen liquor) เพื่อนำไปหาความเข้มข้นของแอมโมเนีย (Ammonia-N) และวัดความเป็นกรด-ด่าง ด้วยวิธีการวัดโดยตรงภายใน Ventral sac ของกระเพาะรูเมนหลังจากวัวนมกินอาหารไปแล้ว 1, $1\frac{1}{2}$ และ 4 ชั่วโมง ในวันที่ 2 และ 5 ของช่วงเวลากการเก็บตัวอย่าง (Collection period)

ทำการวิเคราะห์โปรตีน เยื่อใย อินทรีย์วัตถุ เถ้า และวัตถุแห้งด้วยวิธีของ AOAC (1980) วิเคราะห์แป้งด้วยวิธี Enzymic method (Brandt *et al.*, 1986) วิเคราะห์ความเข้มข้นของแอมโมเนียด้วยวิธีของ Brandt *et al.* (1986) และวิเคราะห์ TiO_2 ด้วยวิธีของ Brandt *et al.* (1983)

ผลการทดลอง

ผลจากการวิเคราะห์ที่แสดงถึงส่วนประกอบของโภชนะต่าง ๆ ของข้าวเปลือกเจ้าบด ปลายข้าวเจ้า และมันสำปะหลังเส้น ในตารางที่ 2 ชี้ให้เห็นชัดเจนว่า มันสำปะหลังเส้นมีแป้งอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันกับปลายข้าวเจ้า และมากกว่าข้าวเปลือกเจ้าบด (87.78, 87.55 และ 69.86% ตามลำดับ) แต่ข้าวเปลือกเจ้าบดมีเยื่อใยสูงกว่ามันสำปะหลังเส้น และปลายข้าวเจ้า และสังเกตพบว่าข้าวเปลือกเจ้าบดมีเถ้าอยู่สูงกว่ามันสำปะหลังเส้น และปลายข้าวเจ้า เนื่องจากการมีเปลือกข้าวเป็นส่วนประกอบอยู่ เป็นผลทำให้มีอินทรีย์วัตถุน้อยกว่าด้วย

Table 2. Chemical composition of ground paddy rice, broken rice and chopped cassava (% DM).

Item	Ground paddy rice	Broken rice	Chopped cassava
Dry matter	90.73	89.28	89.55
Crude protein	7.15	9.05	3.11
Starch	69.86	87.75	87.78
Crude fibre	10.4	0.35	3.88
Ash	10.44	0.57	2.46
Organic matter	89.56	99.43	97.54

ปริมาณโภชนะต่างๆ ที่วัวนมได้รับจากอาหารทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 3 ปรากฏว่า วัวนมที่เลี้ยงด้วยมันสำปะหลังเส้น และปลายข้าวเจ้า ได้รับแป้งจากอาหารในปริมาณที่ใกล้เคียงกันและมากกว่าข้าวเปลือกเจ้าบด แต่กินหญ้าแห้งได้น้อยกว่าจึงทำให้ได้รับวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ และเยื่อใยน้อยกว่าด้วย

การย่อยได้ของวัตถุแห้งแสดงไว้ในตารางที่ 4 ปรากฏว่า วัวนมที่ได้รับข้าวเปลือกเจ้าบดมีปริมาณวัตถุแห้งที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมนมากกว่าวัวนมที่ได้รับมันสำปะหลังเส้นและปลายข้าวเจ้า ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ภายในกระเพาะรูเมนระหว่างข้าวเปลือกเจ้าบด และมันสำปะหลังเส้นใกล้เคียงกัน แต่สูงกว่าปลายข้าวเจ้า ส่วนการย่อยได้ของวัตถุแห้งในลำไส้เล็กพบว่า วัวนมที่เลี้ยงด้วยปลายข้าวเจ้ามีปริมาณการย่อยได้สูงสุด ตามด้วยมันสำปะหลังเส้น และข้าวเปลือกเจ้าบด ตามลำดับ โดยมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของมันสำปะหลังเส้นและปลาย

Table 3. Mean amount of nutrients consumed by cows fed ground paddy rice, broken rice and chopped cassava (g/cow/day : based on DM).

Item	Ground paddy rice	Broken rice	Chopped cassava
Dry matter	6936	6450	6172
Organic matter	6177	6024	5750
Starch	2296	2807	2806
Crude protein	740	695	719
Crude fibre	1482	1060	954

Table 4. Site and extent of dry matter digestion in dairy cows fed ground paddy rice, broken rice or chopped cassava

Site of digestion	Ground paddy rice			Broken rice			Chopped cassava		
	digested g/cow/day	dig. coeff.	% dig. of total digestion	digested g/cow/day	dig. coeff.	% dig. of total digestion	digested g/cow/day	dig. coeff.	% dig. of total digestion
Rumen	3974 ^b	0.57 ^b	76 ^c	2724 ^a	0.42 ^a	59 ^a	3185 ^b	0.52 ^b	68 ^b
Small intestine	850 ^a	0.28	16 ^a	1498 ^c	0.40	32 ^c	1186 ^b	0.39	25 ^b
Large intestine	410	0.19	8	398	0.18	9	335	0.19	7
Total tract	5230	0.75	100	4620	0.72	100	4706	0.76	100

ข้าวเจ้าใกล้เคียงกัน แต่มีแนวโน้มที่สูงกว่าข้าวเปลือกเจ้าบด แต่ที่บริเวณลำไส้ใหญ่ปรากฏว่า ปริมาณการย่อยได้และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ใกล้เคียงกันทั้งหมด ส่วนปริมาณการย่อยได้ในทุกส่วนของทางเดินอาหารของวัวนมที่เลี้ยงด้วยข้าวเปลือกเจ้าบดมีแนวโน้มว่าสูงกว่ามันสำปะหลังเส้น และปลายข้าวเจ้าซึ่งใกล้เคียงกัน แต่เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของข้าวเปลือกเจ้าบดและมันสำปะหลังเส้นใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มว่าสูงกว่าปลายข้าวเจ้าเล็กน้อย

การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุที่แสดงไว้ในตารางที่ 5 มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับการย่อยได้ของวัตถุแห้งโดยทั่วไป ถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่างระหว่างอาหารทดลองมากกว่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งเล็กน้อยก็ตาม แต่ก็สามารถกล่าวได้ว่าใกล้เคียงกันกับลักษณะการย่อยได้ของวัตถุแห้งเป็นอย่างมาก

การย่อยได้ของเยื่อใยแสดงไว้ในตารางที่ 6 ปรากฏว่า การย่อยของเยื่อใยเกิดขึ้นส่วนใหญ่ภายในกระเพาะรูเมน โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้และสัดส่วนการย่อยได้จากการย่อยได้

การทดลองนี้กระทำที่ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ทดลองของภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ทั้งหมดใกล้เคียงกันสำหรับข้าวเปลือกเจ้าบดปลายข้าวเจ้า และมันสำปะหลังเส้น ตามลำดับ แต่ในลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่มีการย่อยได้เยื่อใยที่น้อย

Table 5. Site and extent of organic matter digestion in dairy cows fed ground paddy rice, broken rice or chopped cassava.

Site of digestion	Ground paddy rice			Broken rice			Chopped cassava		
	digested g/cow/day	dig. coeff.	% dig. of total digestion	digested g/cow/day	dig. coeff.	% dig. of total digestion	digested g/cow/day	dig. coeff.	% dig. of total digestion
Rumen	3721	0.60	78	2825	0.47	63	3369	0.59	75
Small intestine	747	0.30	16	1281	0.40	29	951	0.39	20
Large intestine	260	0.15	6	345	0.18	8	216	0.15	5
Total tract	4729	0.77	100	4451	0.74	100	4536	0.79	100

Table 6. Site and extent of crude fibre digestion in dairy cows fed ground paddy rice, broken rice or chopped cassava.

Site of digestion	Ground paddy rice			Broken rice			Chopped cassava		
	digested g/cow/day	dig. coeff.	% dig. of total digestion	digested g/cow/day	dig. coeff.	% dig. of total digestion	digested g/cow/day	dig. coeff.	% dig. of total digestion
Rumen	825	0.55	89	538	0.51	87	474	0.50	86
Small intestine	27	0.24	3	34	0.60	5	17	0.30	3
Large intestine	75	0.12	9	44	0.10	7	63	0.14	11
Total tract	927	0.62	100	615	0.58	100	554	0.59	100

การย่อยได้ของแป้งแสดงไว้ในตารางที่ 7 ปรากฏว่า การย่อยได้ของแป้งจากมันสำปะหลังเส้นภายในกระเพาะรูเมนสูงกว่าข้าวเปลือกเจ้าบด และปลายข้าวเจ้า ตามลำดับ ถึงแม้ว่าข้าวเปลือกเจ้าบดจะมีแนวโน้มสูงกว่าปลายข้าวเจ้าก็ตาม โดยมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้และสัดส่วนของการย่อยได้จากการย่อยได้ทั้งหมดของแป้งจากมันสำปะหลังเส้นใกล้เคียงกับข้าวเปลือกเจ้าบด แต่สูงกว่าปลายข้าวเจ้า ส่วนการย่อยได้ภายในลำไส้เล็กพบว่า แป้งจากปลายข้าวเจ้ามีปริมาณการย่อยได้และสัดส่วนการย่อยได้จากการย่อยได้ทั้งหมดมากที่สุดอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยสูงกว่าแป้งจากมันสำปะหลังเส้นและข้าวเปลือกเจ้าบดซึ่งใกล้เคียงกันถึงแม้เปอร์เซ็นต์การย่อยได้จะต่ำกว่ามันสำปะหลังเส้นแต่สูงกว่าข้าวเปลือกเจ้าบดก็ตาม ส่วนปริมาณการย่อยได้ของแป้ง และ

สัดส่วนของการย่อยได้จากการย่อยได้ทั้งหมดภายในลำไส้ใหญ่ของแพ้งจากปลายข้าวเจ้าบด พบว่าสูงกว่าข้าวเปลือกเจ้าบดและมันสำปะหลังเช่นอย่างชัดเจนเช่นเดียวกับการย่อยได้ของแพ้งภายในลำไส้เล็ก ถึงแม้ว่าจะมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ที่ต่ำกว่าก็ตาม แต่เมื่อดูผลจากการย่อยได้รวมทั้งหมดภายในร่างกายปรากฏว่า มันสำปะหลังเส้นมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ที่สมบูรณ์ (100%) และใกล้เคียงกับข้าวเปลือกเจ้าบด (99%) ซึ่งอาหารทดลองทั้งสองชนิดนี้สูงกว่าปลายข้าวเจ้า (95%)

Table 7. Site and extent of starch digestion in dairy cows fed ground paddy rice, broken rice or chopped cassava.

Site of digestion	Ground paddy rice			Broken rice			Chopped cassava		
	digested g/cow/day	dig. coeff.	% dig. of total digestion	digested g/cow/day	dig. coeff.	% dig. of total digestion	digested g/cow/day	dig. coeff.	% dig. of total digestion
Rumen	2124 ^a	0.92 ^b	93	1780 ^a	0.63 ^a	66	2643 ^b	0.94 ^b	94
Small intestine	107	0.65	5	750	0.74	29	135	0.83	5
Large intestine	52	0.77	2	134	0.45	5	19	0.71	1
Total tract	2284	0.99	100	2264	0.95	100	2797	1.00	100

ค่าความเป็นกรด-ด่าง แสดงไว้ในภาพที่ 1 จะเห็นว่าค่า pH ในกระเพาะรูเมนของวัวนมที่เลี้ยงด้วยมันสำปะหลังเส้นมีแนวโน้มว่าจะต่ำกว่าข้าวเปลือกเจ้าบดและปลายข้าวเจ้า ตามลำดับตลอดในช่วงทุก ๆ ชั่วโมงหลังให้อาหาร

ความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน แสดงไว้ในภาพที่ 2 จะเห็นว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนค่อนข้างจะคงที่ในระยะเวลา 1-4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร โดยมีแนวโน้มว่าจะลดลงเล็กน้อยในช่วงหลังจากให้อาหารแล้ว 4 ชั่วโมง และระดับของแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนของวัวนมที่ได้รับมันสำปะหลังเส้น มีแนวโน้มว่าจะต่ำกว่าพวกที่ได้รับปลายข้าวเจ้าบด และข้าวเปลือกเจ้าบดอยู่ตลอดทุกชั่วโมง

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์โภชนาต่าง ๆ ในมันสำปะหลังเส้น, ข้าวเปลือกเจ้าบด และปลายข้าวเจ้าแสดงให้เห็นชัดเจนว่า แพ้งจากข้าวเปลือกเจ้าบดมีปริมาณน้อยกว่าแพ้งจากปลายข้าวเจ้าและมันสำปะหลังเส้น ซึ่งมีแป้งใกล้เคียงกัน (68.86%, 87.75% และ 87.87% ตามลำดับ) ซึ่งก็ตรงกับที่คาดคะเนไว้ เนื่องจากข้าวเปลือกเจ้าบดมีเปลือกที่หุ้มเมล็ดข้าวอยู่ด้วย เป็นผลทำให้มีปริมาณเยื่อใยสูงกว่าปลายข้าวเจ้าและมันสำปะหลังเส้น (10.00, 0.35 และ 3.88% ตามลำดับ)

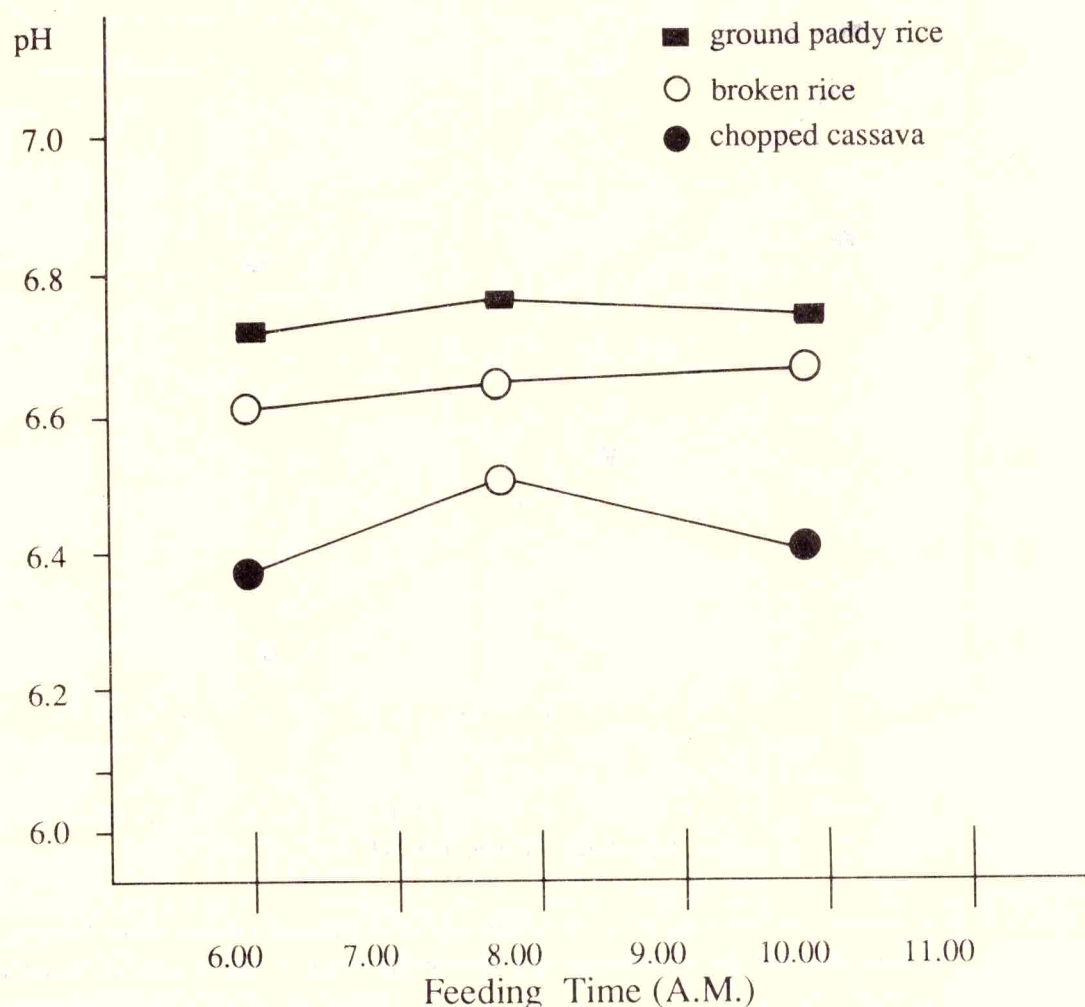


Figure 1. Ruminal pH at different times after feeding in dairy cows fed the ground paddy rice, the broken rice or the chopped cassava diet.

ปริมาณแป้งในมันสำปะหลังเส้นในการทดลองนี้ พบว่า ใกล้เคียงกับที่ Akinrele *et al.* (1962), Muller *et al.* (1974) และ Khajarern *et al.* (1977) รายงานไว้ว่า มันสำปะหลังเส้นมีแป้งและน้ำตาลเฉลี่ยระหว่าง 88-91 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความผันแปรของปริมาณแป้งอาจมีสาเหตุเนื่องมาจากพันธุ์ สถานที่ปลูก และสภาพแวดล้อม (โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, 2519) ซึ่ง Khajarern *et al.* (1977), เลหาะเกษตร (2524) และ Ketiku and Oyenuga (1970) พบว่า ปริมาณแป้งในมันสำปะหลังจะเพิ่มขึ้นตามอายุของมันสำปะหลัง

สำหรับปลายข้าวเจ้านั้นมีปริมาณแป้งที่วิเคราะห์ได้ 87.75% ใกล้เคียงกับ ศรีพงษ์ (2525) รายงานไว้ 87.78% ส่วนปริมาณแป้งของข้าวเปลือกเจ้าในการทดลองนี้ 69.86% ใกล้เคียงกับที่ ศรีพงษ์ (2525) รายงานไว้เช่นกัน (71.36%)

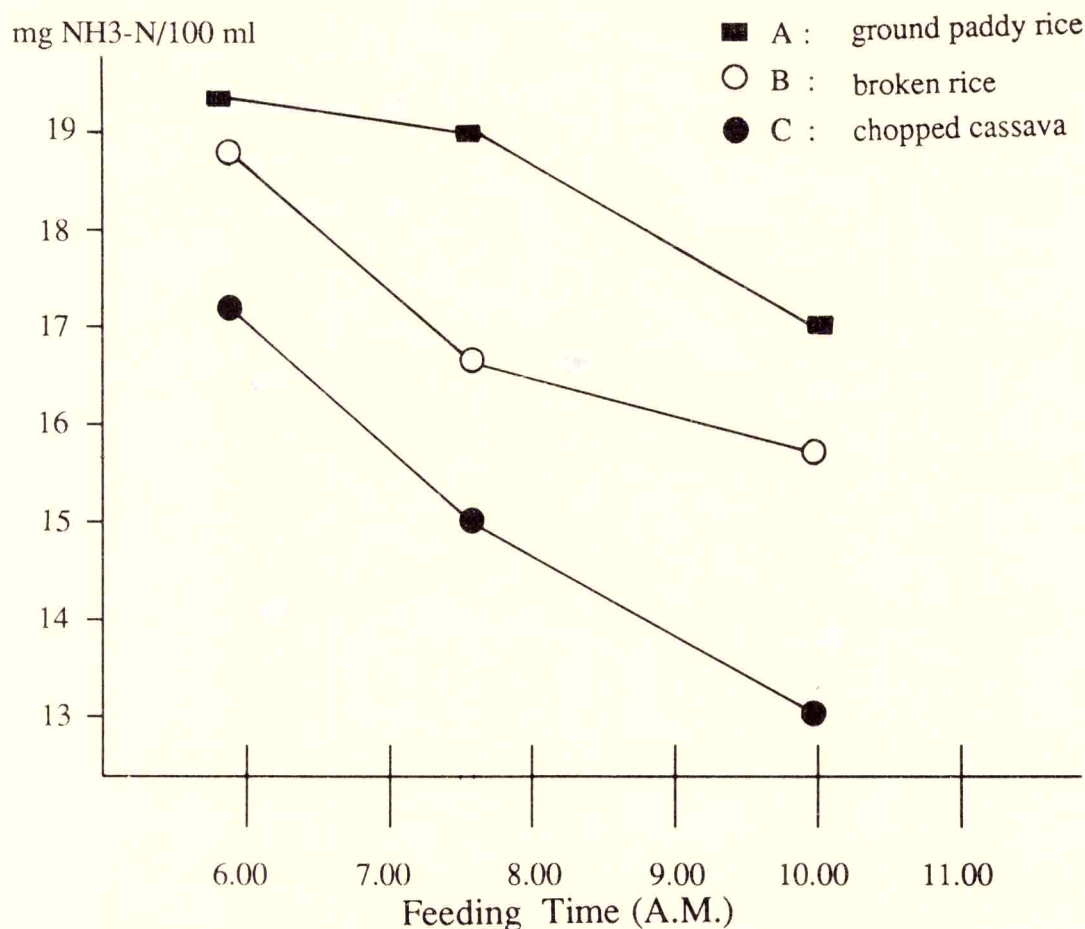


Figure 2. Ammonia-N concentration in rumen liquor at different times after feeding of cows fed the ground paddy rice, the broken rice or the chopped cassava diet.

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของแป้งในกระเพาะรูเมนของวัวนมที่เลี้ยงด้วยมันสำปะหลังเส้น และข้าวเปลือกเจ้าบดมีค่าสูงกว่าปลายข้าวเจ้า (94, 92 และ 63% ของปริมาณแป้งทั้งหมดที่ได้รับ ตามลำดับ) ทำให้มีปริมาณแป้งรอดเหลือมาถึงลำไส้เล็กน้อยมากเมื่อเทียบกับปลายข้าวเจ้า (6, 8 และ 37% ของปริมาณแป้งที่ได้รับทั้งหมด ตามลำดับ)

สาเหตุที่ทำให้เปอร์เซ็นต์การย่อยแป้งในกระเพาะรูเมนแตกต่างกันนั้น Rooney and Pflugfelder (1986), เวียร์คิลป์ (2530 ข) และเวียร์คิลป์ (2530 ก) ได้รายงานไว้สอดคล้องกันว่าอาจมีสาเหตุเนื่องมาจาก แหล่งที่มาของแป้ง, อัตราส่วนของแป้งในสูตรอาหาร, ปริมาณอาหารที่สัตว์ได้รับ, กรรมวิธีการแปรรูป และความแก่อ่อนของธัญพืช

ส่วนการที่ข้าวเปลือกเจ้าบดและปลายข้าวเจ้าซึ่งต่างก็เป็นข้าวเจ้าเหมือนกัน แต่มีการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนแตกต่างกัน สาเหตุหลักที่สำคัญน่าจะได้แก่ ปริมาณแป้งที่วัวนมได้รับจากปลายข้าวเจ้ามากกว่าข้าวเปลือกเจ้าบด (2807 และ 2296 กรัม/วัน/ตัว ตามลำดับ) ซึ่งปริมาณ

แบ่งที่แตกต่างกันนี้จะมีผลต่อการย่อยได้ ดังเช่นที่ปรากฏในธัญพืชชนิดอื่นด้วย เช่น ข้าวโพดบด (Tucker *et al.*, 1968., Karr *et al.*, Thivend and Journet, 1970., Waldo *et al.*, 1971)

ส่วนอีกสาเหตุหนึ่งอาจจะได้แก่ ขนาดอนุภาคของข้าวเปลือกเจ้าบด (Particle size) ที่มีขนาดละเอียดเล็กกว่าของปลายข้าวเจ้าอย่างเห็นได้ชัดเจน ซึ่งขนาดอนุภาคที่เล็กละเอียดนี้ นอกจากจะช่วยให้หน้าย่อยของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนซึมเข้าสู่ภายในของอนุภาคเมล็ดข้าวเปลือกเจ้าบดให้เปียกทั่วถึงได้ง่ายและรวดเร็วแล้ว ยังเป็นการช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวที่เอ็นไซม์จะเข้าสัมผัสและทำปฏิกิริยาย่อยเม็ดแป้ง (Starch granule) อีกด้วย ดังเช่นที่ Rooney and Pflugfelder (1986) รายงานว่า ความแข็งของเมล็ดธัญพืช, ขนาดเมล็ด และอัตราการดูดซึมน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญต่อการย่อยแป้ง ดังนั้นการบดเมล็ดข้าวให้มีขนาดละเอียดจึงช่วยปรับปรุงการย่อยได้ให้ดีขึ้นได้ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกรให้วัวกิน 73.8% (Jaji *et al.*, 1987) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Walker *et al.* (1963) ที่กล่าวว่า ข้าวฟ่างที่บดละเอียดมีการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนดีกว่าพวกที่บดแบบหยาบๆ และ Moe *et al.* (1973) ก็ได้รายงานเช่นเดียวกันว่า การลดขนาดอนุภาคของธัญพืชมีผลปรับปรุงการย่อยได้ของแป้ง และสอดคล้องกับรายงานของ Galyean *et al.* (1979), Turgeon *et al.* (1983) และ Ewing and Johnson (1987)

นอกจากนี้ อาจมีสาเหตุอื่นเนื่องมาจากแหล่งที่มาและพันธุ์ที่แตกต่างกัน เพราะปลายข้าวเจ้าและข้าวเปลือกเจ้าที่นำมาทดลองในครั้งนี้ไม่ได้จะเจงนามาจากแหล่งที่ปลูกและพันธุ์เดียวกัน ซึ่งเวียร์คิลปี (2530 ก) สรุปไว้ว่า ธัญพืชแต่ละชนิดหรือชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์ การย่อยได้ของแป้งจะแตกต่างกันไปด้วย

ส่วนสาเหตุที่มันสำปะหลังเส้นมีเปอร์เซ็นต์การย่อยแป้งในกระเพาะรูเมนอยู่สูง (94%) น่าจะมีสาเหตุมาจาก มันสำปะหลังเส้นมีลักษณะโครงสร้างของแป้งที่ย่อนและดูดซึมน้ำได้อย่างรวดเร็ว ทำให้การกักเคาะทำลายเม็ดแป้งโดยเอ็นไซม์ อมัยเลส (Amylase) เป็นไปได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้เป็นที่น่าสนใจอีกอย่างหนึ่งว่า มันสำปะหลังเส้นมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณที่ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับธัญพืช ซึ่งในธัญพืชโปรตีนจะทำหน้าที่ยึดเชื่อมเม็ดแป้งไว้ด้วยกันในรูปของ Protein matrix ทำให้เกิดโครงสร้างที่ทนต่อการย่อยทำลายของเอ็นไซม์ ยังมี Protein matrix ยึดเม็ดแป้งไว้มากเท่าไร ก็ยิ่งคงทนต่อเอ็นไซม์มากขึ้นเท่านั้น (Rooney and Miller, 1982., Thorne *et al.*, 1983 และ Dreher *et al.*, 1984) ดังนั้น การที่มันสำปะหลังเส้นมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณที่ต่ำ อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โครงสร้างของมันสำปะหลังเส้นไม่แข็งและคงทนต่อการย่อยของเอ็นไซม์อมัยเลสเหมือนธัญพืชบางชนิด อาทิเช่น ข้าวฟ่าง ข้าวโพด และข้าวเจ้า ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ต่ำกว่ามันสำปะหลังเส้น เว้นเสียแต่ว่าจะบดให้ละเอียดเสียก่อน

จากการศึกษาค่า pH ในกระเพาะรูเมนจะเห็นได้ชัดเจนว่า มันสำปะหลังเส้นมีแนวโน้มค่า pH ต่ำกว่าปลายข้าวเจ้า และข้าวเปลือกเจ้าบด ซึ่งอาจจะเป็นการเน้นให้เห็นถึงความแตกต่างในธรรมชาติของแป้งมันสำปะหลังเส้นว่า ตอบสนองต่อการย่อยของเอ็นไซม์ได้ดีกว่าปลายข้าวเจ้า และข้าวเปลือกเจ้าบด แต่ค่า pH ที่ต่ำดังกล่าวนี้ก็ไม่ต่ำจนอยู่ในระดับที่จะก่อ

ให้เกิดอันตรายแก่สัตว์ จากอาการ Rumen acidosis แต่อย่างไร (เวียร์คิลป์, 2530 ข)

ปริมาณแป้งที่ถูกย่อยภายในกระเพาะรูเมน จะมีผลโดยตรงต่อปริมาณพลังงานจากอาหารที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ร่วมกับแหล่งของไนโตรเจน ทำให้จำนวนประชากรของจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น การสังเคราะห์โปรตีนจากจุลินทรีย์ (Microbial protein synthesis) ก็เพิ่มขึ้นมากด้วย และเมื่อจุลินทรีย์เหล่านี้เดินทางเข้าไปถึงลำไส้เล็ก ก็จะเป็นแหล่งโปรตีนของตัวสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้น ๆ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า อาหารแป้งที่ย่อยได้ดีภายในกระเพาะรูเมน ส่วนหนึ่งจะมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนจากจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

ปริมาณแป้งที่รอดพ้นจากการย่อยในกระเพาะรูเมนมายังลำไส้เล็กในวัวนมที่เลี้ยงด้วยปลายข้าวเจ้าสูงกว่ามันสำปะหลังเส้นและข้าวเปลือกเจ้าบด (1, 0.16 และ 0.17 กก./ตัว/วัน ตามลำดับ) แต่ก็อยู่ในช่วงที่วัวสามารถดูดซึมกลูโคสที่เกิดจากการย่อยแป้งไปใช้ได้ดี โดย Kaufmann and Dirksen (1972) รายงานว่า วัวมีข้อจำกัดในการดูดซึมกลูโคสจากลำไส้เล็กไม่เกิน 1.6 กก./ตัว/วัน แต่อย่างไรก็ตาม วัวในการทดลองนี้ที่เลี้ยงด้วยปลายข้าวเจ้า ก็ยังมีข้อจำกัดในการย่อยแป้งในลำไส้เล็ก ทำให้มีแป้งเหลือรอดเดินทางต่อไปยังลำไส้ใหญ่ได้จำนวนหนึ่ง ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากการขาดเอ็นไซม์อัมัยเลส (Karr *et al.*, 1966) หรือขาดเอ็นไซม์มอลเตส (Mayes และ Ørskov, 1974) หรือเอ็นไซม์บางตัวหรือหลายตัวร่วมกัน (Janes *et al.*, 1985) หรือสภาพความเป็นกรด-ด่าง ที่ไม่เหมาะสม (Wheeler and Noller, 1977) ก็ได้

เมื่อพิจารณาสัดส่วนการย่อยได้ของแป้งในลำไส้เล็กแล้ว พบว่า วัวนมที่เลี้ยงด้วยปลายข้าวเจ้ามีส่วนที่สูงกว่ามันสำปะหลังเส้นและข้าวเปลือกเจ้าบด (29, 5 และ 5% ของปริมาณแป้งที่ย่อยได้ทั้งหมด) การที่มีการย่อยแป้งเป็นจำนวนมากในลำไส้เล็กของวัวนมที่เลี้ยงด้วยปลายข้าวเจ้าอาจเป็นผลดีกับสัตว์ โดยทำให้ได้รับกลูโคสโดยตรงจากการย่อยและดูดซึมในลำไส้เล็กโดยไม่ผ่านขบวนการสังเคราะห์กลูโคส (Gluconeogenesis) การดูดซึมกลูโคสที่ลำไส้เล็กนี้นับได้ว่าเป็นแหล่งสำคัญของกลูโคสสำหรับสัตว์ในช่วงระยะเวลาที่ต้องการกลูโคสเพื่อเป็นแหล่งของพลังงาน สำหรับใช้ในการสร้างผลผลิตในระดับสูง เช่น ในวัวนมที่อยู่ในระยะให้น้ำนมสูงสุดหรือที่ให้น้ำนมได้เป็นจำนวนมาก ช่วงปลายของการอุ้มท้อง หรือการขุนวัวในระยะสุดท้ายก่อนส่งตลาด (เวียร์คิลป์, 2530 ก)

นอกจากนี้ Owens *et al.* (1986) กล่าวว่า การย่อยแป้งและดูดซึมในรูปของกลูโคสภายในลำไส้เล็ก จะให้พลังงานได้มากกว่าการย่อยแป้งในกระเพาะรูเมนถึง 42% ดังนั้น ถ้าคำนวณเปรียบเทียบพลังงานที่วัวในการทดลองนี้ได้รับ โดยปรับปริมาณแป้งที่ย่อยได้ในลำไส้เล็กให้เป็นปริมาณของแป้งที่คาดว่าจะถูกย่อยในกระเพาะรูเมน ตามทฤษฎีของ Owens *et al.* (1986) แล้ว พบว่าถ้าทฤษฎีของ Owens *et al.* (1986) เป็นจริงแล้ว ประสิทธิภาพในการให้พลังงานรวมของปลายข้าวเจ้าใกล้เคียงกับมันสำปะหลังเส้นและสูงกว่าข้าวเปลือกเจ้าบด ซึ่งมีแป้งเป็นส่วนประกอบอยู่ในระดับที่น้อยกว่า

แต่อย่างไรก็ตามในวัวนมที่ได้รับปลายข้าวเจ้ายังมีแป้งที่ไม่ถูกย่อยเหลือรอดไปถึงลำไส้ใหญ่ถึง

10% ของปริมาณแป้งที่ได้รับ ในขณะที่มันสำปะหลังเส้นและข้าวเปลือกเจ้าบดเหลือเพียง 1% และ 3% ของแป้งที่ได้รับเท่านั้น สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของแป้งในลำไส้ใหญ่ของมันสำปะหลังเส้น, ข้าวเปลือกเจ้าบด สูงกว่าปลายข้าวเจ้า (0.71, 0.77 และ 0.45 ตามลำดับ) คิดเป็นสัดส่วนการย่อยได้ 1, 2 และ 5% ของปริมาณแป้งที่ย่อยได้ทั้งหมดตามลำดับ

แต่การที่มีแป้งเหลือเข้าไปถึงลำไส้ใหญ่และถูกย่อยในบริเวณนี้ เป็นการสูญเสียประโยชน์ที่ร่างกายควรจะได้รับในรูปของจุลินทรีย์ที่ถูกขับถ่ายไปพร้อมกับอุจจาระ ถึงแม้ว่าจะมีการดูดซึมผลผลิตเช่น กรดไขมันที่ระเหยได้ส่วนหนึ่งในบริเวณนี้ และนำไปใช้เป็นพลังงานในร่างกายของสัตว์ก็ตาม (Hoover, 1978)

นอกจากนี้ในวัวนมที่เลี้ยงด้วยปลายข้าวเจ้า มีการสูญเสียแป้งที่ถูกขับออกมาในมูลสูงถึง 5% และสามารถสังเกตเห็นเมล็ดปลายข้าวเจ้าถูกย่อยไม่หมดในมูลได้ด้วยตาเปล่า ในขณะที่มูลของวัวที่ได้รับมันสำปะหลังเส้นและข้าวเปลือกเจ้าบด แทบจะไม่มีแป้งหลงเหลืออยู่ในมูลเลย (0 และ 1% ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาพร้อมกับเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ในลำไส้ใหญ่ของแป้งที่สัตว์ได้รับแล้ว พบปลายข้าวเจ้ามีการสูญเสียมากกว่ามันสำปะหลังเส้นและข้าวเปลือกเจ้าบด (10, 1 และ 3% ของแป้งที่สัตว์ได้รับตามลำดับ) แต่ถ้าเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวโพดแล้วจะเห็นว่า ข้าวโพดมีการสูญเสียที่ส่วนนี้มากกว่าปลายข้าวเจ้าซึ่งเวียร์คิลปี (2530 ข.) รายงานว่า เมล็ดข้าวโพดมีการสูญเสียถึง 21%

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้รวมทั้งหมดทุกส่วนของทางเดินอาหาร พบว่า พวกที่ได้รับมันสำปะหลังเส้นมีการย่อยได้ของแป้งถึง 100% ข้าวเปลือกเจ้าบด 99% และปลายข้าวเจ้าต่ำสุด 95% ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Ørskov (1986) ที่กล่าวว่า ยังมีการย่อยแป้งในกระเพาะรูเมนสูงขึ้น การย่อยได้ทั้งหมดของแป้งในทุกส่วนของทางเดินอาหาร (Total tract digestibility) ก็สูงขึ้นตามไปด้วย

ผลการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่า แม้ปลายข้าวเจ้าจะเป็นแหล่งที่ดีกว่าในแง่ของการให้กลูโคสโดยตรงแก่สัตว์ที่มีการให้ผลผลิตสูง ๆ แต่ก็มีข้อเสียในด้านการใช้ผลประโยชน์ไม่เต็มที่เท่าที่ควร เนื่องจากมีบางส่วน (10%) ที่เคลื่อนมาถึงลำไส้ใหญ่ การลดขนาดอนุภาคของปลายข้าวเจ้าให้เล็กลง อาจจะช่วยปรับปรุงการย่อยได้ของแป้งให้ดีขึ้น เพราะสังเกตจากข้าวเปลือกเจ้าบดซึ่งมีการย่อยได้ของแป้งสูงมากใกล้เคียงกับมันสำปะหลังเส้น นอกจากนี้ การนำปลายข้าวมาแช่น้ำอาจเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดการสูญเสียดังกล่าวได้ เพราะจะช่วยให้เมล็ดปลายข้าวมีความอ่อนตัวลงก่อนจะนำมาให้สัตว์กิน สำหรับข้าวเปลือกเจ้าบดมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้อยู่ในเกณฑ์ที่สูงมาก นอกจากนี้ ยังเป็นวัตถุดิบที่อยู่ใกล้มือและหาง่ายที่สุด โดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อย แต่มีข้อเสียตรงที่ต้องนำมาบดให้ละเอียดก่อนและเมื่อบดแล้วหากเก็บนานเกิน 2 สัปดาห์อาจจะเหม็นหืนและวัวจะไม่ยอมกิน

มันสำปะหลังเส้นมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงที่สุด และง่ายต่อการนำมาเลี้ยงสัตว์โดยไม่ต้องผ่านกรรมวิธีการแปรรูปเลย นอกจากนี้ยังมีราคาถูกเมื่อเทียบกับวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตาม มันสำปะหลังเส้นก็มีข้อจำกัดที่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำ ดังนั้น หากมีการนำมันสำปะหลัง

เส้นมาปรับใช้ร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นที่มีระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงและมีราคาถูก อาทิเช่น ยูเรีย (Urea) หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ ก็อาจจะสามารถแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าว นี้ของมันสำปะหลังเส้นได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการอาหารสัตว์ไทย-เยอรมัน แห่งภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เงินทุนวิจัย สัตว์ทดลอง และสถานที่ทดลองแก่การทดลองในครั้งนี้จนบรรลุสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, เจริญศักดิ์. (2519). มันสำปะหลัง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 326 น.
- เลาหะเกษตร, ปฐม. (2524.) การใช้มันสำปะหลังเลี้ยงสัตว์. เพื่อนเกษตร. 8(10) : 42-50.
- อภิชาติสร่างกูร, ทศนีย์. และเวียรศิลป์, เทอดชัย. (2530.) การผ่าตัดใส่ท่อ Rumen Fistula ในวัวนมโดยวิธีการผ่าตัดครั้งเดียว (One Stage Operation). เวชสารสัตวแพทย์ 17(4):349-355.
- อภิชาติสร่างกูร ทศนีย์, และเวียรศิลป์, เทอดชัย. (2532.) การผ่าตัดใส่ท่อเก็บตัวอย่างอาหารจากบริเวณส่วนต้น และส่วนปลายของลำไส้เล็กในโค. วารสารเกษตร. 5(1) : 29-36.
- เวียรศิลป์, เทอดชัย. (2530 ก.) การย่อยแบ่งในสัตว์เคี้ยวเอื้อง. เวชสารสัตวแพทย์. 17(2): 78-92.
- เวียรศิลป์, เทอดชัย. (2530 ข.) ปริมาณและอัตราการย่อยได้ของแบ่งจากข้าวโพดในวัวนมที่เลี้ยงด้วยเมล็ดข้าวโพดบดหรือฝักข้าวโพดหมัก. วารสารเกษตร. 3(1) : 1-18.
- เวียรศิลป์, เทอดชัย. และอภิชาติสร่างกูร, ทศนีย์. (2531.) การผลิตท่อเก็บตัวอย่างอาหารจากซีลโคเคนเพื่อใช้ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง. วารสารเกษตร. 4(1) : 8-18.
- ศรีพงษ์, วรพร. (2525.) ข้าวเปลือก. รายงานการศึกษาวเคราะห์ผลงานวิจัยอันดับที่ 7 อาหารสัตว์ปีก พ.ศ. 2517-24. กองวิเคราะห์โครงการและประเมินผล, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน. 55 น.
- Akinrele, I.A., Cook, A.S. and Holgate, R.A. (1962.) The manufacture of gari from cassava in Nigeria, p. 633-654. In Proc. 1st Int. Congress Fd. Technol. London.
- A.O.A.C. (1980.) Official Methods of Analysis. 13 th Ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Bell, C.F., and Lott., K.A.K. (1966.) Modern Approach to Inorganic Chemistry. 2 d. ed., Butter worths, London. 333 p.

- Brandt, M., Poedjwo, G. and Allam, S.W. (1983.) Zur eingang von Tio₂-haltigem Polystyrol als Bezugssubstanz fuer Verdaulichkeits bestimmungen. Zeitchrift fuer Tierphysiologie, Tierernaerung und Futtermittelkunde. 50:10-19.
- Brandt, M., Anke, S., Paivi, M. and Vearasilp, T. (1986.) Staerkebestimmung in Darminhalt und Kot von Kuehen mit thermostabiller Amylase. VOLUFA-Schriftenreihe. Heft. 18:116-117.
- Dreher, M.L., Dreher, C.J. and Berry, J.W. (1984.) Starch digestibility of foods. A nutritional perspective. CRC crit. Rev, Food Sci.Nutr. 20:47-64.
- Ewing, D.L. and Johnson, D.E. (1987.) Corn particle, starch digestion ,passage and size reduction in beef steers : a dynamic model. J. Anim. Sci. 64:1194-1204.
- Galyean, M.L., Wagner, D.G. and Owens, F.N. (1979.) Corn particle size and site and extent of digestion by steers. J. Anim.Sci. 49:204-210.
- Hoover, W.H. (1978.) Digestion and absorbtion in the hindgut of ruminants. J. Anim. Sci. 46:1978-1985.
- Janes, N.N., Wukes, T.E.C. and Armstrong, D.G.(1985).Carbohydases activity in the pancreatic tissue and small intestine mucosa of sheep fed dried grass or ground maize-bases diet. J.Aagric. Sci. Camb. 104:435-444.
- Karr, M.R., Little, C.O. and Mitchell, G.E. Jr. (1966.) Starch disappearance from different segments of the digestive tract of steers. J. Anim. Sci. 25:652-659.
- Kaufmann, W. and Dirksen, G. (1972.) Zur Glukose-Resorption im Duenndarm. Fortschritte in der Tierphysiologie und Tierernaehrung. 1:38-47.
- Ketiku, A.O. and Oyenuga, V.A. (1970.) Preliminary report on the carbohydrate constituents of cassava roots and yam tubers. Niger. J. Sci. 4(1): 25-30.
- Khajareru, J.M., Terapuntuwat, S., Patanakulchai, V. and Khajareru, S. (1977.) Biological titration of Thai cassava root products of verious quality grade with broiler chicks. pp. 35-61.In. Annual Report of KKU-IDRC. Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand.
- Mayes, R.W. and Ørskov, E.R. (1974.) The utilization of gelled maize starch in the small intestine of sheep. Br.J. Nutr. 32:143-150.
- Moe, P.W., Tyrrell, H.F. and Hooven, N.W. (1973.) Physical form and energy value of corn grain. J. Dairy Sci. 56:1298-1304.
- Muller, C., Chou, K.C. and Nah, K.C. (1974.) Paper presented at the Tropical Products Institute. Conference on Animal Feed of Tropical and Sub-tropical Origin. London.
- NRC.(1978.) Nutrient Requirements of Domestic Animals No. 3. Nutrient re – quirement of dairy cattle. Nat. Acad. Sci. Washington. DC. 62 p.
- Owen, F.N., Zinn, R.A. and Kim, Y.K. 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. J. Anim. Sci. 63:1634-1648.
- Ørskov, E.R. (1986.) Starch digestion and utilization in ruminants. J. Anim. Sci. 63: 1624-1633.
- Rooney, L.W. and Miller, F.R. (1982.) Variation in the structure and kernal characteristics of sorghum. pp. 143-161.In Proc. Sorghum Grain Quality Symp. Int. Crops Res. Inst. for the Semi-arid Tropics, Hyderadbad, India.
- Rooney, L.W. and Pflugfelder, R.L. (1986.) Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn, Ani. Sci. 63:1607-1623.

- Taji, K., Kumai, S., Fukumi, R., Horiuchi, E., Kurihara S. and Tsukazawa, K. (1987). Digestibility and excretion rate of undigested starch in ripe rough rice with sheep and beef cattle. *Nutrition Abstracts and Review*. 57:411.
- Thivend, P. and Journet, M. (1970.) Utilization of maize starch by ruminants. *Ann. Biol. Bioch. Brit. Phys.* 10:323-329.
- Thorne, M.J., Thompson, L.U. and Jenkins, D.J.A. (1983.) Factors affecting starch digestibility and the glycemic response with special reference to legumes. *Amer. J. Clin. Nutr.* 38:481-488.
- Tucker, R.E., Mitchell, Jr. G.E. and Little, C.O. (1968.) Ruminant and post ruminant starch digestion in sheep. *J. Agr. Sci., Camb.* 27:824-834.
- Turgeon, O.A., Brink, Jr., D.R. and Britton, R.A. (1983.) Corn particle size mixtures, roughage level and starch utilization in finishing steer diets. *J. Anim. Sci.* 57: 739-749.
- Waldo, D.R. Keys, J.F. and Gordon, C.H. (1971.) Corn starch digestion in the bovine. *J. Anim. Sci.* 33:304-313.
- Walker, G.J. and Hope, Pamela, M. (1963.) The action of some α -amylases on starch granules. *Biochem. J.* 86:452-469.
- Wheeler, W.E. and Noller, C.H. (1977.) Gastrointestinal tract and starch in feces of ruminants. *J. Anim. Sci.* 44:131-146.
-