

ปริมาณและอัตราการย่อยโคของแป้งจากข้าวโพดในวัวนม
ที่เลี้ยงด้วยเมล็ดข้าวโพดบด หรือฝักข้าวโพดหมัก

เทอดชัย เวียรศิลป์

SITE AND EXTENT OF MAIZE STARCH DIGESTION IN
LACTATING COWS FED WITH GROUND MAIZE OR EAR-MAIZE SILAGE.

Therdchai Vearasilp

ABSTRACT : The site and extent of maize starch digestion was conducted in a 2x2 cross-over experimental design with 4 lactating cows fitted with a fistula at the rumen, proximal duodenum and terminal ileum. The cows were fed either with ground maize at fully dent stage or ear-maize silage produced from ear with husks at dough stage. Starch content in ground maize and ear-maize silage were 63.3 and 47.7 per cent (based on dry matter) respectively. Hay, soyabean meal and minerals/vitamins mixture were also fed to the animals. Cr-EDTA was used for estimating rumen, small and large intestine digestibility; starch was analysed by an enzymic method.

The lower average rumen starch digestibility was found in ground maize diet (52 per cent) compared with ear-maize silage diet (83 per cent). Considerable amount of starch (1.9 kg/cow/day) escaped rumen fermentation and entered the small intestine in the ground maize diet. The digestibility of this starch (52 per cent) in the small intestine was lower than that (68 per cent) of the ear-maize silage diet, but the amount of the digested starch from the ground maize was higher in this segment (1.0 vs. 0.3

ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50002

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

kg/day/cow respectively). The proportion of starch digested in the hindgut was higher in ground maize diet (15 per cent) than that (13 per cent) of ear-maize silage diet. The total tract starch digestibility was 92 per cent for ground maize diet and 98 per cent for ear-maize silage diet.

บทคัดย่อ : การทดลองนี้กระทำในวันมที่กล่าวถึงในจำนวน 4 ตัว วันมทุกตัวได้รับการผ่าตัดเพื่อใส่ท่อเก็บตัวอย่างที่บริเวณกระเพาะรูเมน (rumen fistula) และบริเวณส่วนต้นและปลายของลำไส้เล็ก (proximal duodenum และ terminal ileum cannulae) อาหารทดลองได้แก่เมล็ดข้าวโพดบดหรือฝักข้าวโพดหมัก แผนการทดลองเป็นแบบ 2×2 cross-over design และวิเคราะห์แบ่งโดย วิธีการเอนไซม์ (enzymic method)

ผลการทดลองพบว่าการย่อยไคของแบ่งในกระเพาะรูเมนของวันมที่เลี้ยงด้วยเมล็ดข้าวโพดบดต่ำกว่าข้าวโพดหมักเฉพาะฝัก (52 และ 83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) เป็นผลทำให้มีปริมาณแบ่งเป็นจำนวนมาก ที่รอดพ้นจากการย่อยในกระเพาะรูเมนเข้าไปถึงลำไส้เล็ก (1.9 กก./ตัว/วัน) ถึงแม้ว่าแบ่งจากเมล็ดข้าวโพดบดจะมีการย่อยไคต่ำ (52 เปอร์เซ็นต์) แต่มีปริมาณแบ่งที่ย่อยไคถึง 1.0 กก./ตัว/วัน ในขณะที่แบ่งจากฝักข้าวโพดหมักมีการย่อยไคสูงกว่า (68 เปอร์เซ็นต์) แต่มีปริมาณแบ่งที่ย่อยไคเพียง 0.3 กก./วัน/ตัว การย่อยไคของแบ่งจากเมล็ดข้าวโพดบดในลำไส้ใหญ่ สูงถึง 15 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณแบ่งที่ย่อยไคทั้งหมดในทุกส่วนของทางเดินอาหาร แต่แบ่งในฝักข้าวโพดหมักมีค่าเพียง 3 เปอร์เซ็นต์

การย่อยไคของแบ่งในทุกส่วนของทางเดินอาหารของวันม ที่เลี้ยงด้วยเมล็ดข้าวโพดบดมีค่า 92 เปอร์เซ็นต์ต่ำกว่าฝักข้าวโพดหมักที่ย่อยไค 98 เปอร์เซ็นต์

คำนำ

ข้าวโพดเป็นธัญพืชที่ใช้เป็นส่วนผสมของอาหารชนในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งวันมทัวเป็นคองให้อาหารชน เพื่อให้ร่างกายได้รับโภชนะพอเพียงกับความต้องการในการผลิตน้ำนม ส่วนประกอบของโภชนะที่สำคัญหมอยู่ในข้าวโพด ไคแก่ แบ่งซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสำหรับสัตว์

แป้งที่เข้าไปในร่างกายของสัตว์เคี้ยวเอื้อง จะเข้าไปถึงกระเพาะรูเมนก่อน
อื่น และมีเอ็นไซม์ (Enzymes) ที่ผลิตโดยแบคทีเรียและโปรโตซัวหลายชนิดมาย่อยแป้ง
เหล่านั้น ผลผลิตที่ได้เป็นกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acids) ได้แก่ กรดอะ
ซิติก (acetic acid), กรดโพรปิโอนิก (propionic acid) และกรดบิวทีริก
(butyric acid) เป็นส่วนใหญ่ รวมทั้งการบวมไดออกไซด์ (CO_2) และมีเทน (CH_4)
ปริมาณและเปอร์เซ็นต์การย่อยไคของแป้งจะแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดและสายพันธุ์ของ ัญญ
พืช (Waldo 1973) นอกจากกรรมวิธีในการเตรียมวัตถุดิบก่อนจะนำไปเป็นอาหารสัตว์ ทำ
ให้การย่อยแป้งในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้นได้ควย (Armstrong 1974)

แป้งที่เหลือจากการย่อยในกระเพาะรูเมนจะเคลื่อนที่เข้าไปถึงลำไส้เล็กต่อไป
ในบริเวณนี้สัตว์เคี้ยวเอื้องจะผลิตเอ็นไซม์จากตับอ่อน (pancreas และผนังของลำไส้เล็ก
(intestinal mucosa) มาย่อยแป้งแล้วได้ผลผลิตเป็นน้ำตาลกลูโคสซึ่งจะถูกดูดซึมและ
นำไปใช้ประโยชน์โดยตรง อย่างไรก็ตาม ปรากฏว่า การดูดซึมกลูโคสมีขีดจำกัดใน
ปริมาณไม่เกิน 1.6 กก./ตัว/วัน (Kaufmann และ Dirksen 1972) และแป้งส่วนที่
เหลือก็จะถูกจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่นำไปใช้ประโยชน์โดยการหมัก เปอร์เซนต์การย่อยไค
ของแป้งในลำไส้ใหญ่อยู่ในช่วงระหว่าง 70-100 เปอร์เซนต์ ผลผลิตที่ได้จากการย่อยแป้ง
จะคล้ายคลึงกับผลผลิตในกระเพาะรูเมน ต่างกันในแง่ที่ว่าจำนวนประชากรของจุลินทรีย์
ที่เพิ่มขึ้น จะถูกขับถ่ายออกจากร่างกายมาพร้อมกับมูลสัตว์แทนที่จะเป็นแหล่งโปรตีนจากจุ
ลินทรีย์ (microbial protein) สำหรับตัวสัตว์ (Hoover 1978).

จากการใช้เมล็ดข้าวโพดคั่วเป็นอาหารวัวนม มักสังเกตพบควยตาเปล่าได้ว่า
มีการสูญเสียเมล็ดข้าวโพดบางส่วนปนออกมาในมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการใช้เมล็ด
ข้าวโพดในระดับสูง แต่ความต้องการที่จะใช้พลังงานจากเมล็ดข้าวโพดก็ยังคงมีอยู่ จึงได้
ทดลองเปลี่ยนรูปแบบของการนำเมล็ดข้าวโพดมาเป็นอาหารวัวนม โดยทำการเก็บเกี่ยว
เฉพาะฝักข้าวโพด (ear) ที่มเปลือก (husks) หุ้ม ในระยะที่เมล็ดข้าวโพดเป็นแบบผสม

บุงแล้ว (dough stage) มาทำการหมัก เพื่อที่จะให้พลังงานมากกว่าการใช้ต้นข้าวโพดหมัก ซึ่งจะมีเยื่อใยจากลำต้นอยู่ในบริเวณที่มาก จุดประสงค์ของการทดลองครั้งนี้คือ การศึกษาถึงปริมาณและเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของแป้งจากเมล็ดข้าวโพดและข้าวโพดหมักเฉพาะฝัก ในแต่ละส่วนและทุกส่วนของทางเดินอาหาร เพื่อนำข้อมูลมาพิจารณาประกอบในการที่จะใช้ประโยชน์จากแป้งในข้าวโพดให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

สัตว์ทดลอง : วัวนมที่กำลังให้นมพันธุ์ เยอรมัน ฟรีเซียน น้ำหนักประมาณ 600 กก. จำนวน 4 ตัว วัวนมทุกตัวได้รับการผ่าตัดสำหรับใส่ท่อเพื่อเก็บตัวอย่างที่กระเพาะรูเมน (rumen fistula) และบริเวณส่วนต้นและปลายของลำไส้เล็ก (proximal duodenum และ terminal ileum cannulae) ตามวิธีการของ Brandt et al. (1984)

อาหารทดลอง : เมล็ดข้าวโพดบดผานตะแกรง ขนาด 3 มม. และฝักข้าวโพดหมักที่ทำมาจากการนำเอาฝักข้าวโพดหมักเปลือกหุ้มอยู่ด้วยในระยะเวลาที่เมล็ดข้าวโพดเป็นแป้งเรียบร้อยแล้วนำมาสับและหมักในถังหมักทดลอง วัวนมทุกตัวจะได้รับหญ้าแห้งเป็นอาหารหยาบ นอกจากนี้ยังมีการเสริมด้วยกากถั่วเหลืองและวิตามิน/แร่ธาตุ ผสม ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

Table 1 Composition of experimental diets (% dry matter)

	Ground maize	Ear-maize silage
Ground maize	49	-
Ear-maize silage	-	54
Hay	40	35
Soya bean meal	9	9
Minerals/Vitamins mixture	2	2

แผนการทดลอง : เป็นแบบ 2x2 cross-over design สัตว์ทดลองได้รับการเลี้ยงด้วยอาหารผสมส่วนของเมล็ดข้าวโพดคั่ว และผักข้าวโพดหั่นรวมอยู่ด้วย เป็นเวลา 14 วัน เพื่อให้ชินกับชนิดของอาหารทดลอง ก่อนที่จะเลี้ยงด้วยอาหารทดลองเป็นระยะเวลา 14 วัน ในแต่ละช่วงการทดลอง

อาหารทดลองทุกชนิดจะถูกชั่งและเก็บไว้ในถุงพลาสติก ก่อนเริ่มการทดลอง ผักข้าวโพดหั่นจะถูกเก็บไว้ในถุงพลาสติกภายใต้อุณหภูมิ $\pm 8^{\circ}\text{C}$ ในอาหารทดลอง วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 6.30 และ 18.30 น. ทุกวัน โดยให้เมล็ดข้าวโพดคั่วหรือผักข้าวโพดหั่นพร้อมกับกากถั่วเหลืองและวิตามิน/แร่ธาตุผสมก่อนที่จะให้หญ้าแห้ง และน้ำสะอาดเพียงพอตลอดเวลา บันทึกอาหารที่เหลือในแต่ละช่วงเวลาการให้อาหารทุกครั้ง และนำไปอบแห้ง ก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

Cr-EDTA (Cr 1.108 กรัม/ลิตร) ถูกนำไปใช้ในการทดลองครั้งนี้ เพื่อคำนวณการเคลื่อนที่ของโคบอลต์ภายในส่วนต่าง ๆ ของทางเดินอาหาร มีการควบคุมและบันทึกปริมาณการไหลของสารละลาย Cr-EDTA ในท้องทุกวัน และให้เข้าไปในบริเวณกระเพาะรูเมน ผ่านท่อที่ใดเจาะเอาไว้แล้ว

เก็บตัวอย่างอาหาร (digesta) ในช่วงสุดท้าย 4 วัน ของแต่ละช่วงการทดลอง โดยเก็บตัวอย่างทุก 3 ชม. ที่บริเวณส่วนต้นและปลายของลำไส้เล็กผ่านท่อทำการผ่าตัดไว้แล้ว บันทึกน้ำหนักของอุจจาระทุกครั้งและเก็บตัวอย่างเอาไว้ 10 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมดในทุกๆ ระยะของการเก็บตัวอย่างถูกเก็บไว้ในถุงภายใต้อุณหภูมิ -20°C ทันที เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่อยู่ในตัวอย่างก่อนที่จะนำไปทำให้แห้งแบบใช้ความเย็นจัด (freeze drying) สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

เก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมน ในวันก่อนและหลังช่วงระยะเวลาการเก็บตัวอย่างอาหาร ในเวลา 7.00, 8.00, 9.00, 10.00, 12.00 และ 15.00 เพื่อนำไปวิเคราะห์ความเป็นกรดและด่าง (pH) และปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-N)

ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์โภชนะของเมล็ดข้าวโพดบดและฝักข้าวโพดหมัก พบว่า ในเมล็ดข้าวโพดบดมีแป้งเป็นจำนวนมาก แต่มเยื่อใยในปริมาณน้อยกว่าฝักข้าวโพดหมัก รายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 2

ปริมาณโภชนะที่วัวนมกินได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 และปรากฏว่าในวัวนมที่เลี้ยงด้วยเมล็ดข้าวโพดบดได้รับ วัตถุแห้ง, อินทรีย์วัตถุ, แป้ง และไนโตรเจนมากกว่า ฝักข้าวโพดหมัก

Table 2. Chemical composition and starch content of ground maize and ear-maize silage (% dry matter)

	Ground maize	Ear - maize silage
Dry matter *	92.3	43.3
crude protein	10.7	8.3
Starch	63.3	47.7
Ether extract	4.9	3.8
Crude fibre	5.0	13.9
Ash	1.4	2.0
Organic matter	98.6	98.0

* Fresh weight basis

Table 3. Mean amount of nutrients consumed by cows fed ground maize or ear-maize silage diet (kg/cow /day)

	Ground maize diet	ear-maize silage diet
Dry matter	12.1	10.2
Organic matter	11.1	9.6
Starch	3.9	2.6
Nitrogen (g)	301.8	237.7

การย่อยไคของอินทรีย์วัตถุได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 ปรากฏว่า วัวนมที่เลี้ยงด้วยเมล็ดข้าวโพดคั่ว ได้รับอินทรีย์วัตถุในปริมาณที่มากกว่าพวกที่เลี้ยงด้วยฝักข้าวโพดหมัก มีผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน ลำไส้เล็ก และรวมทุกส่วนของทางเดินอาหาร มากกว่า แต่ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยไคใกล้เคียงกันในกระเพาะรูเมน ในขณะที่วัวนมที่ได้รับเมล็ดข้าวโพดคั่วมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยไคสูงกว่าในลำไส้เล็ก แต่น้อยกว่า ในลำไส้ใหญ่

Table 4 Site and extent of organic matter digestion in cows fed the ground maize diet or the ear-maize silage diet.

	Ground maize diet			Ear-maize silage diet		
	digested	dig.	%dig.	digested	dig.	%dig.
	(kg/cow/ day)	coeff. of	total digestion	(kg/cow/ day)	coeff. of	total digestion
Rumen	3.62	0.32	43	3.22	0.34	47
Small intestine	4.13	0.53	49	2.85	0.43	41
Large intestine	0.75	0.20	9	0.85	0.25	12
Total tract	8.50	0.74	100	6.19	0.72	100

การย่อยไคของแป้งแสดงไว้ในตารางที่ 5 ผลปรากฏว่า มีการย่อยไคของแป้ง ในวันมท เลียงควยฝักขาวโพดหมัก สูงกว่าวันมท เลียงควย เมล็ดขาวโพดบด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระเพาะรูเมน (85 และ 52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และลำไส้เล็ก 68 และ 52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) แต่เนื่องจากว่าวันมท เลียงควย เมล็ดขาวโพดบด กินแป้งจาก ข้าวโพดในปริมาณมากกว่าพวกที่เลี้ยงควยฝักขาวโพดหมัก ดังนั้น ถึงแม้ว่าจะมีเปอร์เซ็นต์การย่อยไคต่ำ แต่ปริมาณแป้งที่ย่อยไคในกระเพาะรูเมนก็ใกล้เคียงกัน ในอาหารทั้งสองชนิด และปริมาณแป้งที่ย่อยไคในลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ของพวกที่เลี้ยงควย เมล็ดขาวโพดบด ก็มากกว่า พวกที่เลี้ยงควยฝักขาวโพดหมัก ถึงแม้ว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยไค จะต่ำกว่าก็ตาม ทั้งนี้เกิดจากปริมาณแป้งเป็นจำนวนมากที่ไม่ได้นิยย่อยในกระเพาะรูเมน ขามาถึงลำไส้เล็ก (เฉลี่ย 1.9 กก./ตัว/วัน) และลำไส้ใหญ่ (เฉลี่ย 858 กรัม/ตัว/วัน) มีผลทำให้ปริมาณการย่อยไคของแป้งในทุกส่วนของทางเดินอาหารของวันมท เลียงควย เมล็ดขาวโพดบดมากกว่าพวกที่เลี้ยงควยฝักขาวโพดหมัก แต่เปอร์เซ็นต์การย่อยไคต่ำกว่า

เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนปริมาณการย่อยไคของแป้ง ในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารจากปริมาณการย่อยไคทั้งหมดในทุกส่วนแล้วจะพบว่า ในวันมท เลียงควย เมล็ดขาวโพดบดจะมีสัดส่วนการย่อยในกระเพาะรูเมนน้อยกว่าพวกที่เลี้ยงควยฝักขาวโพดหมัก แต่มีสัดส่วนการย่อยไคในลำไส้เล็กและใหญ่มากกว่า

ค่าความเป็นกรด-ด่าง และความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน แสดงไว้ในกราฟที่ 1 และ 2 จากกราฟที่ 1 จะเห็นได้ว่า ค่า pH ในกระเพาะรูเมนของ วันมท เลียงควยฝักขาวโพดหมัก มีแนวโน้มที่จะลดต่ำลงกว่าในวันมท เลียงควย เมล็ดขาวโพดบดในระยะเวลาประมาณ 2 ชม. ก่อนที่จะเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง

ความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนของวันมท เลียงควย เมล็ดขาวโพดบดสูงกว่าในพวกที่เลี้ยงควยฝักขาวโพดหมักเล็กน้อย ในช่วงก่อนให้อาหารในระยะสั้น ๆ ก่อนที่ลดน้อยลงหลังจากให้อาหารแล้ว และคงที่อยู่ในระดับที่ต่ำประมาณ 1-5 ช.ม. ก่อนที่จะสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง

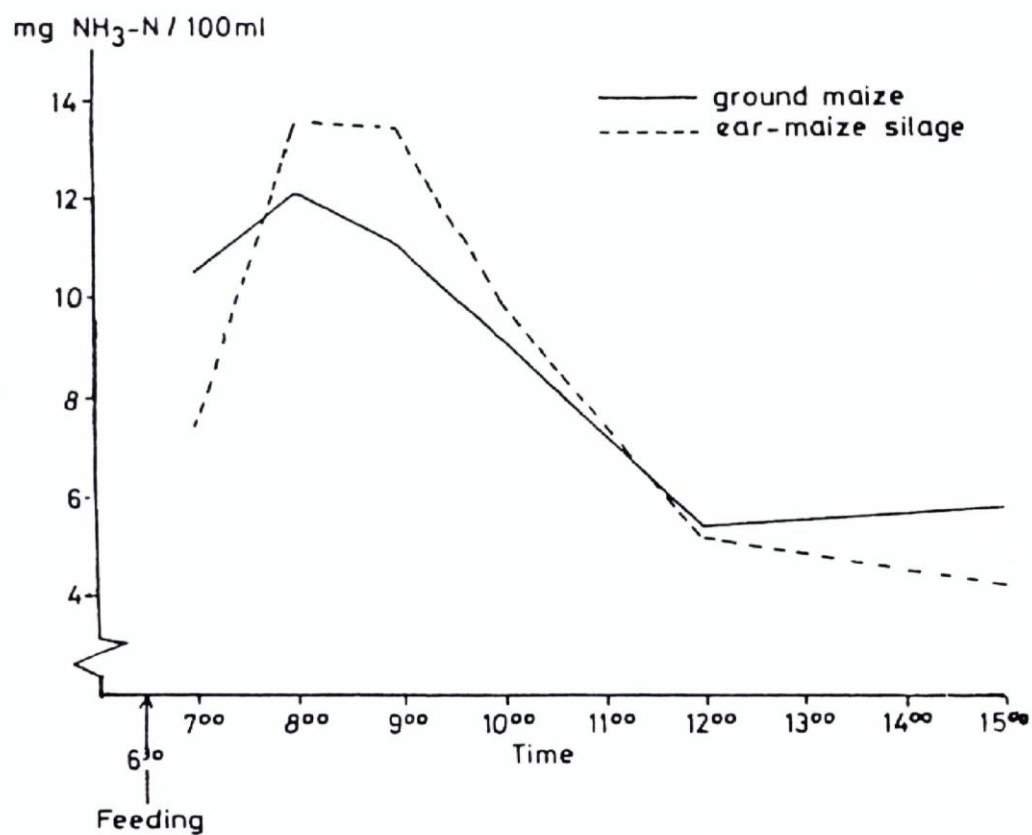


Figure 2 Ammonia - N concentration in rumen liquor at different times after feeding of cows fed the ground maize or the ear-maize silage diet (mg NH₃ - N/100 ml)

Table 5 Site and extent of starch digestion in cows fed the ground maize diet or the ear-maize silage diet

		Ground maize diet			Ear-maize silage diet			
		digested (g/cow/ day)	dig. coeff.	%dig. of total digestion	digested (g/cow/ day)	dig. coeff.	%dig. of total dige- s- tion	%dig. of total intake
Eumen	Small	2006	0.52	56	2140	0.83	85	83
intestine		1039	0.52	29	332	0.68	12	12
Large intestine		529	0.61	15	84	0.64	3	3
Total tract		3573	0.92	100	2556	0.98	100	98

Table 6 pH values of duodenal and ileal digesta in cows fed ground maize or ear - maize silage diet

	Ground maize diet	Ear-maize silage diet
Duodenal digesta	3.7	3.6
Ileal digesta	7.7	8.0

ความเป็นกรด-ด่าง ของตัวอย่างอาหาร (digesta) ที่เก็บจากบริเวณส่วนต้นและส่วนปลายของลำไส้เล็ก แสดงไว้ในตารางที่ 6 ค่า pH ของตัวอย่างอาหารในบริเวณส่วนต้นของลำไส้เล็ก มีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่ค่า pH ของตัวอย่างอาหารในบริเวณส่วนปลายของลำไส้เล็ก (ileal digesta) ในวันมที่เลี้ยงด้วยผักชาวโพดหมักค่อนข้างต่ำกว่าในพวกที่เลี้ยงด้วยเมล็ดชาวโพดบดเล็กน้อย (7.7 และ 8.0 ตามลำดับ)

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์โภชนะต่าง ๆ ในเมล็ดชาวโพดบดและผักชาวโพดหมัก แสดงให้เห็นชัดเจนว่า เมล็ดชาวโพดบดมีปริมาณแ่งมากกว่าผักชาวโพดหมัก (63 และ 48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ซึ่งก็ตรงกับที่คาดคะเนเอาไว้ เนื่องจากผักชาวโพดหมักประกอบไปด้วยเปลือกและแกนของผักชาวโพด นอกเหนือไปจากเมล็ดชาวโพด มีผลทำให้ปริมาณเยื่อใยสูงกว่าเมล็ดชาวโพดบด เป็นที่น่าสังเกตว่า แ่งในเมล็ดชาวโพดบดในการทดลองนั้นน้อยกว่าค่าเฉลี่ยปริมาณแ่งในชาวโพดที่ Davis (1973) รายงานไว้ (70-80 เปอร์เซ็นต์) แต่ก็น้อยอยู่ในช่วงระหว่าง 63.7-78.4 เปอร์เซ็นต์ ที่ Waldo (1973) รายงานไว้ และเสนอแนะว่า การผันแปรของปริมาณแ่งในชาวโพด อาจจะเป็นสาเหตุมาจากชนิดหรือพันธุ์ของชาวโพด และวิธีการวิเคราะห์แ่งก็ได้ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ วิธีการวิเคราะห์แ่งเป็นวิธีแบบเอ็นไซม์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใหม่

เปอร์เซ็นต์การย่อยไคของแ่งชาวโพดในกระเพาะรูเมนของวัวนมที่เลี้ยงด้วยเมล็ดชาวโพดบด ต่ำกว่าพวกที่เลี้ยงด้วยผักชาวโพดหมัก (52 และ 83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) แต่ใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Waldo et al. (1971) และ Turgean et al. (1973) ที่ใช้เมล็ดชาวโพดที่ไม่ได้ผ่านกรรมวิธีต่าง ๆ เป็นอาหารทดลอง Waldo (1973) รายงานผลการทดลองเกี่ยวกับชาวโพดในสัตว์เคี้ยวเอื้อง และรายงานว่าการย่อยไคของแ่งชาวโพดอยู่ระหว่าง 66-75 เปอร์เซ็นต์ โดยที่อาหารมีเมล็ดชาวโพดเป็น

ส่วนผสมในอัตราส่วน 20-80 เปอร์เซ็นต์ และสังเกตว่าอัตราส่วนของเมล็ดข้าวโพดเพิ่มขึ้นจนแนวโน้มจะทำให้เปอร์เซ็นต์การย่อยไคของแป้งลดต่ำลง แต่อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การย่อยไคของแป้งข้าวโพดและอัตราส่วนของเมล็ดข้าวโพดในอาหารก็ไม่เป็นสมการเส้นตรง ในการทดลองครั้งนี้ใช้เมล็ดข้าวโพดเป็นส่วนผสมของอาหาร 49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง Waldo (1973) ได้ประเมินจาก สมการ quadratic regression เอาไว้ว่า ถ้าในอาหารมีเมล็ดข้าวโพดผสมอยู่ 52 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยไคของแป้งข้าวโพดในกระเพาะรูเมนต่ำที่สุด

สาเหตุที่ทำให้เปอร์เซ็นต์การย่อยไคในกระเพาะรูเมนของแป้งข้าวโพด ที่มาจากเมล็ดข้าวโพดต่ำกว่าจากผักข้าวโพดหมัก อาจเกิดจากปริมาณแป้งที่วันมได้รับในแต่ละวัน และความแกลอนของข้าวโพดหรือแป้งข้าวโพด แต่ในการทดลองครั้งนี้พบว่าปริมาณแป้งที่ย่อยไคในกระเพาะรูเมนของวันมที่ได้รับอาหารทดลองทั้งสองชนิดใกล้เคียงกัน (ประมาณ 2 กก./ตัว/วัน) และเนื่องจากว่ากระเพาะรูเมนมีความสามารถที่จะย่อยแป้งข้าวโพดได้มากกว่า 2 กก./ตัว/วัน (Waldo 1973) ดังนั้นจึงสามารถที่จะกล่าวได้ว่าการที่วันมในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยเมล็ดข้าวโพดบด ได้รับแป้งข้าวโพดในปริมาณที่มากกว่ากลุ่มผักข้าวโพดหมักนั้น ไม่มีผลกระทบพอที่จะทำให้เปอร์เซ็นต์การย่อยไคของแป้งในกระเพาะรูเมนต่ำลงแต่อย่างใด

ดังนั้นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การย่อยไคของแป้งข้าวโพดในการทดลองครั้งนี้ กล่าวได้ว่าเกิดจากความแตกต่างในค่านายค่าความแกลอนของข้าวโพดที่ทำให้เกิดความแตกต่างในธรรมชาติของแป้ง เมื่อธัญพืชมีอายุแก่มากขึ้น สัดส่วนของ อมัยโลส (amylose) คออมัยโลเป็คติน (amylpectin) ในเมล็ดจะเพิ่มขึ้น (Greenwood, 1970) การที่อมัยโลสสูงขึ้น อาจจะทำให้ระดับของ crystallinity สูงขึ้น แต่ทั้งนี้ยังไม่เป็นที่ชัดเจนว่า จะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การย่อยไคของแป้งลดลง (Armstrong 1974) นอกจากนั้นการเจริญเติบโตของเอนโดสเปิร์ม (endosperm)

ในขณะที่ชาวโคที่กำลังแกตัว จะทำให้ปริมาณของแป้งที่อยู่ในเอนโดสเปอรึมเพิ่มขึ้น และลดปริมาณของแป้งที่อยู่นอกเอนโดสเปอรึมของเมล็ด (Davis 1973) ซึ่งแป้งหรือ α -linked glucose อยู่นอกเอนโดสเปอรึมอาจจะตอบสนองต่อการย่อยของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนได้เร็วกว่า

เป็นที่น่าสังเกตว่า วัวนมที่ได้รับอาหารทั้งสองชนิด มีการย่อยแป้งในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แต่ pH ในกระเพาะรูเมนของวัวนมที่ได้รับผักชาวโคหมักต่ำกว่าพวกที่ได้รับเมล็ดชาวโคบดอาจจะเป็นการเน้นให้เห็นถึงความแตกต่างในธรรมชาติของแป้งทั้งสองชนิด ในด้านอัตราเร็วของการหมักในกระเพาะรูเมน หรือการตอบสนองของแป้งต่อการย่อยของจุลินทรีย์ แต่อย่างไรก็ตาม ระดับ pH ที่ต่ำของวัวนมที่ได้รับผักชาวโคหมักก็มิอยู่ในขั้นทำให้เกิดอันตราย (rumen acidosis) แต่อย่างใด ส่วนความเข้มข้นของแอมโมเนีย ในวัวนมที่ได้รับอาหารทั้งสองชนิดก็อยู่ในช่วงที่พอเพียงสำหรับการนำไปสร้างโปรตีนจากจุลินทรีย์ (Satter and Slyter, 1979)

ในวัวนมที่เลี้ยงด้วยเมล็ดชาวโคบดจะมีแป้งเป็นจำนวนมากที่ไม่ถูกย่อยในกระเพาะรูเมน และเคลื่อนที่ต่อไปจนถึงลำไส้เล็ก (เฉลี่ย 1.9 กก./ตัว/วัน) แป้งเหล่านี้จะถูกย่อยในปริมาณเฉลี่ย 1.0 กก./ตัว/วัน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับวัวนมที่ได้รับผักชาวโคหมัก ที่มีเปอร์เซ็นต์การย่อยโคต่ำ (52 เปอร์เซ็นต์) แต่ปริมาณแป้งที่ย่อยได้น้อย (0.3 กก./ตัว/วัน) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณแป้งที่เขาไปถึงลำไส้เล็กน้อยเพียง 0.5 กก./ตัว/วัน เท่านั้น

สาเหตุที่ทำให้การย่อยโคของแป้งในลำไส้เล็กของวัวนมที่ได้รับเมล็ดชาวโคบดมีเปอร์เซ็นต์ต่ำ ในการทดลองดังกล่าวพบว่า ส่วนใหญ่เกิดจากปริมาณของแป้งที่เขาไปในลำไส้เล็กเป็นจำนวนมาก และอาจจะเกิดจากธรรมชาติของแป้งที่แตกต่างกันเนื่องจากความแตกต่างของความหนาแน่นของตัวมันเอง ขามาเกี่ยวของด้วย ตามปกติแล้วจะพบว่าลำไส้มีขีดจำกัดในการย่อยแป้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีแป้งที่เขาไปถึงลำไส้เล็กในปริมาณที่มาก สาเหตุส่วน

ใหญ่ เกิดจากเอ็นไซม์มีส่วนร่วมในการย่อยแบ่ง เช่น Karr et al. (1966) และ Russell et al. (1981) รายงานว่าเกิดจาก ตับอ่อนผลิตเอ็นไซม์ อมัยเลส ได้ไม่พอ เพียงกับปริมาณแบ่ง แต่ Mayes and Ørskov (1974) รายงานว่าสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการขาดเอ็นไซม์ มอลเตส แต่เร็ว ๆ นี้ Janes et al. (1985) กล่าวว่าอาจจะเกิดจากเอ็นไซม์บางตัวหรือรวมกันก็ได้ นอกจากนี้ Wheeler และ Noller (1977) พบว่าการหลั่งน้ำย่อย มีสภาพความเป็นกรด-ด่าง ที่ไม่เหมาะสมกับการทำงานของเอ็นไซม์ หรือ Sutton (1971) รายงานว่าอัตราการเคลื่อนที่ของอาหารในลำไส้เล็ก (rate of passage) กับผลต่อการย่อยโคของแบ่งควย

จากการหมักการย่อยแบ่งเป็นจำนวนมากในลำไส้เล็กของวัวนมที่โตเต็มที่แล้ว อาจจะเป็นผลกับตัวสัตว์โดยได้รับกลูโคสโดยตรงจากการดูดซึมในลำไส้เล็กโดยไม่ผ่านขบวนการสังเคราะห์กลูโคส (glucogenic pathway) การดูดซึมกลูโคสในลำไส้เล็ก นับได้ว่าเป็นแหล่งสำคัญของกลูโคสสำหรับสัตว์ ในช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างผลผลิต เช่น ในวัวนมที่อยู่ในระยะกำลังให้นมสูงสุด (peak of lactation) หรือวัวนมที่ให้นมได้เป็นจำนวนมาก (high yielding cow) หรือในระยะช่วงปลายของการอุ้มท้อง (Armstrong and Smithard 1979, McAllan and Smith 1982)

ปริมาณแบ่งในลำไส้เล็ก อาจจะสังเกตได้จากความเป็นกรดหรือด่าง (pH) ของอาหารในส่วนปลายของลำไส้เล็ก Russell et al. (1981) รายงานว่า อาจจะเกิดการหมักแบ่งในส่วนนี้ของลำไส้ ถ้าแบ่งเป็นจำนวนมากพอที่จะทำให้จุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์และผลิตกรดไขมันระเหยได้ ในการทดลองครั้งนี้ การวัดค่า pH ของตัวอย่างอาหารจากลำไส้เล็ก ของวัวนมเลี้ยงควย เมล็ดขาวโพดต่ำกว่าฝักขาวโพดหมักควรจะเป็นผลจากการหมักแบ่งที่เหลืออยู่ในปริมาณสูง ตามเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว

เปอร์เซ็นต์การย่อยโคของแบ่งในลำไส้ใหญ่ของอาหารทั้งสองชนิดใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากมีแบ่งที่เหลือ จากการย่อยในกระเพาะ รumen และลำไส้เล็กจำนวนมากจากเมล็ด

ชาวโศคบด เขามายังลำไส้ใหญ่ มีผลทำให้ปริมาณแบคทีเรียที่อยู่ในบริเวณสูงถึง 0.5 กก./ตัว/วัน มีค่าเท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่โค่นย่อยในทุกส่วนของทางเดินอาหาร หรือ 13 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแบคทีเรียที่สัตว์ทดลองได้รับ

การย่อยแบ่งในบริเวณลำไส้ใหญ่ นับได้ว่าเป็นการสูญเสียประโยชน์บางส่วนที่ตัวสัตว์ควรจะได้รับ เนื่องจาก การย่อยแบ่งในบริเวณนี้เกิดจากการหมักของจุลินทรีย์ และถึงแม้ว่าจะมีการดูดซึมผลผลิต เช่น กรดไขมันที่ระเหยได้ และแอมโมเนียบางส่วนในบริเวณนี้ก็ตาม (Hoover 1978) แต่ส่วนหนึ่งของผลผลิตที่เกิดขึ้นจะถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ และไม่มีหลักฐานใดที่แสดงว่า กรดอะมิโนหรือโปรตีนจากจุลินทรีย์เหล่านี้ถูกดูดซึมหรือนำไปใช้ประโยชน์โดยตัวสัตว์ แต่ในทางตรงกันข้ามจะถูกขับออกนอกร่างกายพร้อมกับมูลสัตว์ มีผลทำให้ปริมาณของโปรตีนที่ถูกขับถ่ายออกจากร่างกายมีค่าสูงขึ้น และมีผลทำให้การประเมินการย่อยโคของไนโตรเจนในร่างกายคลาดเคลื่อนไป (Armstrong and Smithard 1979, Ørskov et al. 1970)

นอกจากนี้ในวันมทดเลี้ยงด้วยเมล็ดข้าวโศคบด มีการสูญเสียแบคทีเรียที่ขับออกมาในมูลสูงถึง 8 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พวกที่เลี้ยงด้วยผักข้าวโศคบดมีการสูญเสียแบคทีเรียในมูลเพียง 2 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น เมื่อพิจารณาพร้อมกับเปอร์เซ็นต์การย่อยโคในลำไส้ใหญ่ที่เป็นอัตราส่วนของจำนวนแบคทีเรียที่ได้รับแล้ว ก็จะพบว่ามีค่าสูงถึง 21 เปอร์เซ็นต์ จากจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด

ผลการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่า การใช้เมล็ดข้าวโศคบดเป็นอาหารวันม อาจจะเป็นผลดีในการเป็นแหล่งของกลูโคสโดยตรง ผ่านการดูดซึมในลำไส้เล็กโดยเฉพาะวันมหรือสัตว์ที่มีความสามารถในการผลิตสูงและต้องการพลังงานเป็นจำนวนมาก แตกมผลเสียในด้านการใช้ประโยชน์จากแป้งไม่เต็มที่เท่าที่ควร วิธีการเก็บเกี่ยวของโคก่อนที่จะแกะต้ม เช่น ข้าวโศคบดที่เฉพาะผัก ในระยะที่หมักการสะสมแป้งในเมล็ดสมบูรณ์แล้วแต่ยังไม่แกะต้มก็ป็นวิธีหนึ่งที่สามารถลดการสูญเสียดังกล่าวได้

เอกสารอ้างอิง

- Armstrong, D.G. (1974). Cereal supply and Nutrition. In nutritional considerations in the feeding of cereals to ruminants. US Fed Grain Council. London. P. 21.
- Armstrong, D.G. and Smithhard, R.R. (1979). The fate of carbohydrate in the small and large intestine of the ruminants. Proc. Nutri. Soc. 38:283.
- Brandt, M., Sufke, A. and Assmus, G. (1984). fistulierung von Milchkuehen im Duodenum und Ileum mit einer neuartigen Umleitungskanuele aus Silikon. Z. Tierphysiologie, Tierernahrung und Futter mittelkunde. 52:90.
- Davis, R.H. (1973). Maize in poultry nutrition. US Feed Grain Council. London.
- Greenwood, C.I. (1970). The carbohydrate. Vol. 2B. P. 471. Ed. Pigman, W. and Horton, D. Pub. Academic Press. New York and London.
- Hoover, W.H. (1978). Digestion and absorbtion in the hindgut of ruminants. J. Anim. Sci. 46:1978.
- Janes, A.N., Weekes, T. E. C. and Armstrong, D.G. (1985) Carbohydrases activity in the pancreatic tissue and small intestine mucosa of sheep fed dried grass or ground maize based diet. J. Agric. Camb. 104:435.
- Karr, M.R., Little, C.O. and Mitchell. Jr. G.E. (1966). Starch dissappearance from different segments of the digestive tract of steers. J. Amin. Sci. 25:652.
- Kaufmann, W. and Dirksen, G. (1972). Zur Glukose-Resorption im Duenndarm. Fortschritte in der Tierphysiologie und Tierernaehrung. 1:38.

- 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.
- McAllan, A.B. and Smith, R.H. (1982). Digestion of Glucose polymer in cattle. In *International Dairy Congress. Vol. 1, Book 1, Moskow. USSR.*
- Ørskov, E.R., Fraser, C., Mason, V.C. and Mann, S.O. (1970). Influence of starch digestion in the large intestine of sheep on cereal fermentation, caecal microflora and faecal nitrogen excretion. *Br. J. Nutr.* 24:671.
- Russell, J.R., Young, A.W. and Jorgensen, N.A. (1981). Effect of corn starch intake on pancreatic amylase and intestinal maltase and pH in cattle. *J. Anim. Sci.* 52:1177.
- Satter, L.D. and Slyter, L.L. (1974). Effect of ammonia concentration on rumen protein production in vitro. *Br. J. Nutr.* 32:199.
- Sutton, J.D. (1971). The role of carbohydrate fermentation in the rumen. *Proc. Nutr. Sci.* 30:36.
- Surgeon, Jr. O.A., Briark, D.K. and Britton, R. A. (1983). Corn particle size mixture, roughage level and starch utilization in finishing steer diets. *J. Anim. Sci.* 57:739.
- Waldo, D.R., Key, Jr. J.F. and Gordon, C.H. (1971). Corn starch digestion in the bovine. *J. Anim. Sci.* 33:304.
- Waldo, D.R. (1973). Extent and partition of cereal grain starch digestion in ruminants. *J. anim. Sci.* 37:1062.
- Wheeler, W.E. and Noller, C.H. (1977). Gastrointestinal tract and starch in faeces of ruminants. *J. Anim. Sci.* 44:131.