ผลของระดับการใช้กากมันสำปะหลังแห้งจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารต่อกระบวนการหมักย่อยในกระเพาะหมักและการย่อยได้ในโคพื้นเมืองเจาะกระเพาะ

Effects of the Level of Dried Cassava Pulp from Ethanol Process in the Ration on Rumen Fermentation and Digestibility in Fistulated Thai Native Bull

ณรกมล เลาห์รอดพันธ์[1/] *โชค มิเกล็ด*[1/] *ณัฐพล จงกสิกิจ*[1/] *จิรวัฒน์ พัสระ*[1/] *เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ*[1/] *วิสูตร ศิริณุพงษานันท์*[1/] *และ อำพล วริทธิธรรม*[2/]

Norakamol Laorodphan[1/] *, Choke Mikled*[1/] *, Nattaphon Chongkasikit*[1/] *, Chirawath Phatsara*[2/] *Saowaluck Yammuen-art , Visut Sirinupongsanun and Amphon Waritthitham*

Abstract: The objective of this study was conducted to determine the effects of the level of dried cassava pulp from ethanol process (DCP) in the ration on digestibility and rumen fermentation in 4 fistulated Thai native bulls. The study was used Crossover Designs. The dietary treatments were divided into 4 treatments that are control diet (DCP 0) and the other 3 treatments were diets in which energy source was replaced by DCP at 15, 30 and 45%, respectively (DCP 15, 30 and 45). The results showed that the digestibility of dry matter (DMD), crude protein (CPD), neutral detergent fiber (NDFD), acid detergent fiber (ADFD) and nitrogen free extract (NFED) were not significant different among groups ($P > 0.05$). But the ether extract digestibility (EED) of DCP 0 was significant higher than DCP 30 ($P < 0.05$). Rumen pH and ammonia-nitrogen of each treatment was not significantly different ($P>0.05$). Ammonia-nitrogen in each treatment following the same trend i. e. increased at 1 hour after feeding then decreased at 2, 3 and 4 hour after feeding. *In situ* DM at 24 and 48 hour of DCP 0 and DCP15 were significantly higher than DCP 45 ($P < 0.05$). However, degradation rate and effective degradation at 0.05 fraction/hour were decreased with the increasing of DCP levels. Gas production at 16 and 24 hours of DCP 0 were significantly higher than DCP 45 ($P < 0.05$). Finally, TDN and ME of DCP 15 were higher than other groups so it could be concluded that DCP at 15 percentages would be suitable in the ration for beef cattle.

Keywords: Dried cassava pulp, digestibility, ammonia-nitrogen, nylon bag technique, cattle

---

[1/] ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[1/] Department of Animal and Aquatic Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[2/] ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ลำปาง กรมปศุสัตว์ อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง 52190

[2/] Lampang Animal Nutrition Research and Development Center, Department of Livestock Development, Hang Chat Hang Chat district, Lampang, 52190

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ และกระบวนการหมักย่อยในกระเพาะหมักของโคพื้นเมืองเจาะกระเพาะที่ได้รับกากมันสำปะหลังแห้งจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหาร โดยศึกษาในโคพื้นเมือง ที่เจาะกระเพาะรูเมนสอดท่อ rumen fistula จำนวน 4 ตัว วางแผนการทดลองแบบ Crossover Designs แบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มควบคุม (DCP 0) และกลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลังแห้งจากการผลิตเอทานอลทดแทนแหล่งอาหารพลังงานที่ระดับ 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (DCP 15, 30 และ 45) ผลจากการทดลองพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใยที่ละลายได้ในสารซักล้างที่เป็นกลาง เยื่อใยที่ละลายได้ในกรด และคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย รวมทั้งค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมันรวมของกลุ่ม DCP 0 สูงกว่ากลุ่ม DCP 30 ($P < 0.05$) ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทุกกลุ่มเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือเพิ่มขึ้นหลังจากการให้อาหาร 1 ชั่วโมง และลดลงในชั่วโมงที่ 2 3 และ 4 แต่ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) การสลายตัวของวัตถุแห้งในชั่วโมงที่ 24 และ 48 เป็นไปในทิศทางเดียวกันคือกลุ่ม DCP 0 และกลุ่ม DCP 15 สูงกว่ากลุ่ม DCP 45 ($P < 0.05$) ส่วนอัตราการสลายตัวของวัตถุแห้ง (c) และประสิทธิภาพการสลายตัวที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ลดลงตามระดับของกากมันสำปะหลังแห้งในสูตรอาหาร ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในชั่วโมงที่ 16 และ 24 ของกลุ่ม DCP 0 สูงกว่ากลุ่ม DCP 45 ($P < 0.05$) พลังงานรวมย่อยได้ (TDN) และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) ของกลุ่ม DCP 15 สูงกว่าระดับอื่น ๆ การใช้กากมันสำปะหลังแห้งที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารเป็นระดับที่เหมาะสมใช้โดยไม่ส่งผลเสียต่อระบบการย่อยของโคพื้นเมือง

คำสำคัญ: กากมันสำปะหลังแห้ง การย่อยได้ แอมโมเนียไนโตรเจน เทคนิคถุงไนล่อน โค

คำนำ

การขุนโคเนื้อจำเป็นต้องใช้อาหารข้นในปริมาณมาก โดยที่อาหารข้นนับวันยิ่งมีราคาแพงขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้ต้นทุนการผลิตโคเนื้อในปัจจุบันสูงขึ้น การหาเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรที่มีราคาถูกมีความจำเป็นต่อการลดต้นทุนการผลิตของโคเนื้อ ในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงที่เรียกว่า เอทานอล (ethanol) จากการหมักย่อยของวัสดุทางการเกษตรได้แก่ มันเส้น มันสด และกากน้ำตาล ทำให้มีเศษเหลือจากการผลิตเอทานอลปริมาณมาก โดยในกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังนั้น แป้งจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลก่อนแล้วจึงใช้ยีสต์หมัก 2-4 วัน ได้แอลกอฮอล์ 6-10 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นจะแยกกากเอทานอลและยีสต์ออกเพื่อนำแอลกอฮอล์ 6-10 เปอร์เซ็นต์ ไปกลั่นเป็นเอทานอล 99.5 เปอร์เซ็นต์ต่อไป (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2553) ส่วนกากมันสำปะหลังนั้นเมื่อนำมาทำให้แห้งจะมีคุณค่าทางโภชนะหลงเหลืออยู่ค่อนข้างมาก โดยเฉพาะแป้งจากมันสำปะหลังและโปรตีนจากยีสต์ที่ติดมาด้วย ดังนั้นกากมันสำปะหลังจากโรงงานผลิตเอทานอล (dried cassava pulp; DCP) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ เนื่องจากมีต้นทุนต่อหน่วยที่ต่ำ อีกทั้งยังเป็นการนำเอาเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรม มาใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงโคอย่างจริงจังซึ่งอาจประยุกต์ใช้ได้ในสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่นด้วย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ในตัวสัตว์ (*in vivo*) และผลของการใช้ DCP ระดับต่าง ๆ ในสูตรอาหารที่มีผลต่อการย่อยสลายในกระเพาะหมักของโคพื้นเมือง และเป็นแนวทางการใช้กากมันสำปะหลังแห้งที่มีราคาถูกให้แก่เกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

โคพื้นเมือง เพศผู้ไม่ตอน จำนวน 4 ตัว อายุประมาณ 3 ปี ที่ทำการผ่าตัดเปิดท่อทางเดินอาหารบริเวณกระเพาะรูเมนสอดท่อ rumen fistula (ทัศนีย์ และเทอดชัย, 2530) ถูกใช้ในแผนการทดลองแบบ Crossover Designs (Kuehl, 1994) โดยโคได้รับอาหารทดลอง 4 สูตร คือ กลุ่มควบคุม (DCP 0) และกลุ่มที่ได้รับกากมัน

สำปะหลังแห้งที่ระดับ 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารข้น (DCP 15 DCP 30 และ DCP 45 ตามลำดับ; (ตารางที่ 1) โดยทุกกลุ่มได้รับหญ้ารูซี่แห้ง 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ระยะเวลาของการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลา ช่วงละ 21 วัน ในแต่ละช่วงมีระยะปรับตัว (preliminary period) 14 วัน และระยะเก็บข้อมูล (collection period) 7 วัน ทำการเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid) เพื่อวัดปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนด้วยวิธี Conway Method (Voigt and Steger, 1976) และวัดค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมนโดยการสอดเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ที่บริเวณด้านล่างของรูเมนก่อนที่โคจะกินอาหาร 1 ชั่วโมง และหลังจากโคกินอาหารแล้วชั่วโมงที่ 1, 2, 3 และ 4 นอกจากนี้วัดการย่อยได้ในรูเมนด้วยถุงไนลอน (*in situ* technique) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY (Ørskov and McDonald, 1979) วัดปริมาณแก๊ส (gas production technique) ตามวิธีการของ Menke and Steingass (1988) และวัดการย่อยได้ของโภชนะในตัวสัตว์ (*in vivo* digestibility) ด้วยวิธีมาตรฐาน (Conventional Method) โดยเก็บตัวอย่างมูลโค 5 วันสุดท้ายของการทดลอง บันทึกปริมาณการกินได้และมูลที่ขับออกมาสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารและมูล (5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด) เพื่อเก็บไว้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยวิธี Proximate Analysis (AOAC, 2000) และวิเคราะห์เยื่อใยโดยวิธี Detergent Method (Van Soest, 1982) นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏตามวิธีของบุญล้อม (2540) และคำนวณหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ตามวิธีของ Kellner *et al.* (1984)

วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์วาเรียนซ์ (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (version 11.5, IBM Corporation, New York, United States)

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ DCP (ตารางที่ 2) พบว่าประกอบด้วยวัตถุแห้ง (DM) 92.74 เปอร์เซ็นต์ใกล้เคียงกับวัตถุแห้งของกากข้าวมอลต์แห้งจากรายงานของนฤมล (2541) ซึ่งมีค่า 91.46 เปอร์เซ็นต์ อินทรียวัตถุ (OM) 80.48 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับกากข้าวมอลต์แห้งที่จิรวัฒน์ (2545) ได้รายงานไว้คือมีอินทรียวัตถุ 80.19 เปอร์เซ็นต์ มีเถ้า (Ash) 19.52 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนหยาบ (CP) 7.49 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน (EE) 5.46 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยหยาบ (CF) 25.96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าดังกล่าวสูงกว่าที่คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหาร

Table 1 Feed ingredients of the 4 experimental diets[1/]

Ingredient	DCP 0	DCP 15	DCP 30	DCP 45
Leuceana leaf meal	3.99	5	5	5
Broken rice	20.92	16.66	12.06	4.06
Soybean meal	9.97	10.25	10.6	11
Ground corn	20.92	17	13	13.4
Rice bran	39.86	31.75	25	17.2
Dried cassava pulp	0	15	30	45
Premix	0.35	0.35	0.35	0.35
Dicalcium phosphate	2.99	2.99	2.99	2.99
Salt	1	1	1	1
Total	100	100	100	100

[1/] DCP 0, 15, 30 or 45 = percentage of dried cassava pulp in concentrate ration

Table 2 Chemical composition of the 4 experimental diets[1/]

Item	DCP 0	DCP 15	DCP 30	DCP 45	DCP[1]	Ruzi hay
DM	84.02	83.44	84.20	85.04	92.74	92.39
OM	93.25	90.55	89.67	86.44	80.48	95.83
Ash	6.75	9.45	10.33	13.56	19.52	4.17
CP	15.79	14.47	16.05	15.42	7.49	3.12
EE	4.69	3.54	3.43	2.92	5.46	1.96
CF	6.68	12.22	15.02	21.66	25.96	42.84
NDF	86.74	80.72	80.20	63.08	57.05	77.89
ADF	9.19	21.37	27.89	40.73	49.73	51.74
ADL	2.32	7.14	9.48	15.31	13.90	7.50
NFE	66.09	60.32	55.18	46.43	41.57	47.91
Hemicelluloses	77.55	59.35	52.31	22.35	7.32	26.15
Cellulose	6.86	14.23	18.41	25.42	35.82	44.23

[1/] DCP 0, 15, 30 or 45 = percentage of dried cassava pulp in concentrate ration

สัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย (2551) รายงานไว้ว่ากากมันสำปะหลังหลังหมักแอลกอฮอล์ มี CP, EE และ CF มีค่าเท่ากับ 4.0, 0.4 และ 12.9 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่า DCP มีเยื่อใยละลายในสารซักล้างที่เป็นกลาง (NDF) 57.05 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยละลายในกรด (ADF) 49.73 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน (ADL) 13.90 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (nitrogen free extract, NFE) 41.57 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) 7.32 เปอร์เซ็นต์ และเซลลูโลส (cellulose) 35.82 เปอร์เซ็นต์

สำหรับคุณค่าทางโภชนะของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ คิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้ง (ตารางที่ 2) พบว่าวัตถุแห้งมีค่า 84.02, 83.44, 84.20 และ 85.04 CP เท่ากับ 15.79, 14.47, 16.05 และ 15.42 ตามลำดับ ส่วนค่า OM, EE, NDF, NFE และเฮมิเซลลูโลสลดลง แต่ปริมาณเถ้า CF, ADF, ADL และปริมาณเซลลูโลสเพิ่มขึ้นตามระดับของ DCP ในสูตรอาหาร

2. การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในตัวสัตว์โดยวิธีปกติ

ผลการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารทดลองที่ผสม DCP ทั้ง 4 ระดับ (ตารางที่ 3) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (dry matter digestibility, DMD) โปรตีน (crude Protein digestibility, CPD) เยื่อใยที่ละลายได้ในสารซักล้างที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber digestibility, NDFD) เยื่อใยที่ละลายได้ในกรด (acid detergent fiber digestibility, ADFD) และคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (nitrogen free extract digestibility, NFED) ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยหยาบ (crude fiber digestibility, CFD) ในกลุ่ม DCP 45 มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่ม DCP 30 (71.40 เทียบกับ 67.71 เปอร์เซ็นต์) ($P = 0.08$) และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมันรวม (ether extract digestibility, EED) ของกลุ่มควบคุม (DCP 0) สูงกว่ากลุ่ม DCP 30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (36.53 เทียบกับ 27.01 เปอร์เซ็นต์) อย่างไรก็ตามพบว่าค่า DMD (อยู่ในช่วง 63.74-66.31 เปอร์เซ็นต์) NDFD (อยู่ในช่วง 66.62-70.77 เปอร์เซ็นต์) และ ADFD (อยู่ในช่วง 59.67-64.45 เปอร์เซ็นต์) ในการทดลองนี้ สูงกว่าที่ จิรวัฒน์ (2545) ได้ศึกษาในอาหารที่มีกากข้าวมอลต์แห้งระดับ 0, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ คือ มีค่า DMD 50.63-55.50 เปอร์เซ็นต์ ค่า NDFD 37.62-43.48 เปอร์เซ็นต์ และค่า ADFD 20.08-26.23 เปอร์เซ็นต์ ส่วน CPD (59.25, 56.86, 58.45 และ 58.56 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าที่ปราโมทย์ และคณะ (2543) รายงานในอาหารที่มี

Table 3 Apparent digestibility in fistulated Thai native bulls fed the 4 experimental diets[1/]

Item	DCP 0	DCP 15	DCP 30	DCP 45	SEM	*P*-value
DMD	65.77	66.17	63.74	66.31	0.74	0.37
CPD	59.25	56.86	58.45	58.56	0.62	0.31
EED	36.53[a]	33.36[ab]	27.01[b]	30.99[ab]	1.31	0.04
CFD	68.91	70.57	67.71	71.40	0.74	0.08
NDFD	70.39	70.77	66.68	66.62	1.09	0.18
ADFD	60.18	61.92	59.67	64.45	1.03	0.20
NFED	72.81	71.40	70.09	71.63	0.68	0.22

[abc] Means within rows with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$)

[1/] DCP 0, 15, 30 or 45 = percentage of dried cassava pulp in concentrate ration

กากข้าวมอลต์แห้งในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (48.3, 46.8, 45.6 และ 44.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ)

เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะที่ศึกษาโดยวิธีทดลองในตัวสัตว์ มาคำนวณค่าพลังงานจากโภชนะที่ย่อยได้ (TDN) พบว่าค่า TDN ลดลงตามระดับของ DCP ในสูตรอาหาร (0, 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์) คือ 65.93, 62.57, 60.30 และ 59.79 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) ตามลำดับซึ่งสูงกว่าจากรายงานของจิรวัฒน์ (2545) ที่รายงานว่าอาหารที่มีระดับกากข้าวมอลต์แห้ง 0 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีค่า TDN เท่ากับ 59.67, 59.85, 59.06 และ 56.26 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพลังงานรวม (GE) ของแต่ละกลุ่มอยู่ในช่วง 49.12-52.60 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (MJ/kgDM) ซึ่งสูงกว่ารายงานของจิรวัฒน์ (2545) ที่พบว่าค่า GE ในอาหารที่มีระดับกากข้าวมอลต์แห้งระดับ 0, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีค่า14.74-15.66 MJ/kgDM เนื่องมาจากโปรตีนหยาบ ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายของอาหารที่มีกากมันสำปะหลังแห้งในสูตรอาหารสูงกว่าอาหารที่มีกากข้าวมอลต์แห้ง

สำหรับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) ของแต่ละกลุ่มอยู่ในช่วง 9.34-10.98 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ซึ่งต่ำกว่าอาหารที่มีกากข้าวมอลต์แห้งของจิรวัฒน์ (2545) (อยู่ในช่วง 11.59-12.85 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) อย่างไรก็ดีพบว่าค่า ME ของอาหารที่มีกากมันสำปะหลังแห้งที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าในอาหารขันสำเร็จรูปทางการค้า 6 ชนิดที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดที่มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้เฉลี่ย 9.48 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (นฤมล, 2541)

3. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ในกระเพาะหมักของโคทดลอง

หลังการให้อาหาร 2 ชั่วโมง pH ของแต่ละกลุ่มลดลงต่ำกว่าหลังการให้อาหาร 1 ชั่วโมง แต่ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Younker *et al.* (1998) ที่รายงานว่าการใช้กากข้าวมอลต์แห้งทดแทนแหล่งอาหารหยาบและอาหารข้นในระดับ 12 และ 24 เปอร์เซ็นต์ไม่ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกัน (ตารางที่ 5)

สำหรับค่า NH_3-N ในแต่ละกลุ่มการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือเพิ่มขึ้นหลังจากการให้อาหาร 1 ชั่วโมง แล้วลดลงในชั่วโมงที่ 2, 3 และ 4 โดยค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนของกลุ่มที่ผสมกากมันสำปะหลังแห้งที่ระดับ 45 เปอร์เซ็นต์ (DCP 45) มีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (DCP 0) ในชั่วโมงที่ 1 และ 3 หลังการให้อาหาร ($P > 0.05$) สอดคล้องกับรายงานของ Satter *et al.* (1981) ซึ่งรายงานว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 1-2 แล้วลดระดับลงในเวลาต่อมา ปริมาณ NH_3-N ที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์คือที่ระดับ 5 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ซึ่งกลุ่ม DCP 15 มีปริมาณดังกล่าวในชั่วโมงที่ 4 หลังการให้อาหารถึง 5.43 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6)

Table 4 Total digestible nutrients (TDN), gross energy (GE) and metabolizable energy (ME) of fistulated Thai native bulls fed the 4 experimental diets[1/]

Item	DCP 0	DCP 15	DCP 30	DCP 45
TDN (%)	65.93	62.57	60.30	59.79
GE (MJ/kgDM)	52.56	49.12	52.60	50.81
ME (MJ/kgDM)	10.98	10.11	9.59	9.34

[1/] DCP 0, 15, 30 or 45 = percentage of dried cassava pulp in concentrate ration

Table 5 Rumen pH of fistulated Thai native bulls fed the 4 experimental diets[1/]

Item	Time after feeding (pH)				
	-1	1	2	3	4
DCP 0	7.06	7.21	7.04	7.02	7.07
DCP 15	6.99	6.98	6.86	6.93	6.94
DCP 30	6.86	6.98	6.91	6.98	7.03
DCP 45	7.00	7.01	6.96	7.07	6.90
SEM	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09
P-value	0.33	0.16	0.42	0.50	0.52

[1/] DCP 0, 15, 30 or 45 = percentage of dried cassava pulp in concentrate ration

Table 6 Ruminal ammonia-nitrogen concentrations (NH_3-N) of fistulated Thai native bulls fed the 4 experimental diets[1/]

Item	Time after feeding (mg %)				
	-1	1	2	3	4
DCP 0	5.08	7.70	5.08	4.90	4.55
DCP 15	5.43	7.53	5.60	4.03	5.43
DCP 30	5.25	6.13	4.55	4.20	4.38
DCP 45	4.73	5.95	4.90	3.68	4.03
SEM	0.36	0.40	0.31	0.26	0.35
P-value	0.64	0.07	0.37	0.09	0.21

[1/] DCP 0, 15, 30 or 45 = percentage of dried cassava pulp in concentrate ration

4. การสลายตัวของโภชนะภายในกระเพาะหมักโดยวิธีใช้ถุงไนลอน

เมื่อศึกษาถึงการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะหมักของโคทดลองที่ได้รับอาหารผสม DCP ทั้ง 4 ระดับ (ตารางที่ 7) พบว่า ในช่วง 4 ชั่วโมงแรก ค่าดังกล่าวในแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่ในช่วงชั่วโมงที่ 8 การสลายตัวของกลุ่มควบคุมสูงกว่ากลุ่ม DCP 30 และกลุ่ม DCP 45 ($P < 0.05$) (42.75, 32.87 และ 30.93 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) ในชั่วโมงที่ 16 กลุ่มควบคุมและกลุ่ม DCP 15 สูงกว่ากลุ่ม DCP 30 และกลุ่ม DCP 45 ($P < 0.05$) (49.65, 46.33, 38.95 และ 35.31 ตามลำดับ) และการสลายตัวของวัตถุแห้งในชั่วโมงที่ 24 และ 48 เป็นไปในทิศทางเดียวกันคือกลุ่มควบคุม และกลุ่ม DCP 15 สูงกว่ากลุ่ม DCP 45 ($P < 0.05$) เนื่องจากปริมาณ NFE ของ

กลุ่มควบคุม และกลุ่ม DCP 15 มีสูงกว่ากลุ่ม DCP 30 และกลุ่ม DCP 45 ประกอบกับปริมาณเยื่อใยหยาบของกลุ่มควบคุม และกลุ่ม DCP 15 มีสูงกว่ากลุ่ม DCP 30 และกลุ่ม DCP 45 ทำให้วัตถุแห้งที่ละลายได้มากกว่า สอดคล้องกับการทดลองของ จิรวัฒน์ (2545) ซึ่งได้รายงานว่าการสลายตัวของวัตถุแห้งลดลงตามระดับการเพิ่มขึ้นของกากข้าวมอลต์ในสูตรอาหาร ซึ่งปริมาณเยื่อใยหยาบของสูตรอาหารเพิ่มขึ้นตามระดับของกากข้าวมอลต์ในสูตรอาหาร

เมื่อนำค่าสลายตัวของวัตถุแห้งที่ชั่วโมงต่างๆมาคำนวณโดยโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY (ตารางที่ 8) พบว่าค่าการละลาย (A) ของวัตถุแห้งในกลุ่มควบคุม (24.10 เปอร์เซ็นต์) ลดลงในกลุ่ม DCP 15 และเพิ่มขึ้นในกลุ่ม DCP 30 และ 45 (25.87 และ 31.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ซึ่งกลุ่ม DCP 45 มีค่า A 31.23 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับรายงานของสุกัญญา (2546) ที่รายงานว่าการใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองเป็นอาหารโคนมที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์มีค่า A 31.80 เปอร์เซ็นต์ สำหรับส่วนที่ไม่ละลายแต่เกิดการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ (B) พบว่าเพิ่มขึ้นตามระดับ DCP 15 และ DCP 30 แต่จะลดลงเมื่อถึงระดับ DCP 45 คือ 46.03, 54.87, 74.13 และ 68.77 เปอร์เซ็นต์ โดยค่า B ในกลุ่ม DCP 30 และ DCP 45 สูงกว่าอาหารที่มีส่วนผสมของเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองในระดับต่าง ๆ (0-60 เปอร์เซ็นต์) ที่สุกัญญา (2546) ได้รายงานไว้

ศักยภาพการสลายตัวของวัตถุแห้ง (A+B) เพิ่มขึ้นตามระดับ DCP ตรงกันข้ามกับที่จิรวัฒน์ (2545) ได้รายงานว่าระดับการใช้กากข้าวมอลต์แห้งในสูตรอาหารที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่า A+B ลดลง และตรงกันข้ามกับอัตราการสลายตัวของวัตถุแห้ง (c) และประสิทธิภาพการสลายตัวที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ซึ่งลดลง

Table 7 *In situ* DM disappearance (DMD) of fistulated Thai native bulls fed the 4 experimental diets[1/]

Item	DM disappearance percentage at various times (h)						
	0	2	4	8	16	24	48
DCP 0	24.10	29.41	32.74	42.75^{a}	49.65^{a}	52.50^{a}	65.97^{a}
DCP 15	23.50	31.94	30.11	37.91^{ab}	46.33^{a}	54.73^{a}	66.25^{a}
DCP 30	25.86	28.72	29.56	32.87^{b}	38.95^{b}	45.47^{ab}	59.43^{ab}
DCP 45	31.23	25.36	26.68	30.93^{b}	35.31^{b}	38.33^{b}	53.65^{b}
SEM	3.34	1.81	2.21	2.88	3.21	3.34	2.51
P-value	0.651	0.340	0.360	0.022	0.007	0.030	0.030

^{abc} Means within rows with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$)

[1/] DCP 0, 15, 30 or 45 = percentage of dried cassava pulp in concentrate ration

Table 8 Dry matter degradation of the experimental diets containing 4 level of DCP[1/]

Item	DCP 0	DCP 15	DCP 30	DCP 45
Fraction A (%)	24.10	23.50	25.87	31.23
Fraction B (%)	46.03	54.87	74.13	68.77
A+B (%)	70.14	78.36	100.00	100.00
c (%h^{-1})	0.045	0.031	0.010	0.005
Lag time (h)	0.0	0.0	0.0	10.4
Fraction a (%)	26.56	26.66	26.49	24.44
Fraction b (%)	43.57	51.71	87.06	146.63
Effective Degradability ($ED_{0.05}$)	47.2	46.3	40.9	38.2

[1/] DCP 0, 15, 30 or 45 = percentage of dried cassava pulp in concentrate ration

ตามระดับ DCP โดยค่า $ED_{0.05}$ ของอาหารทุกสูตรในการทดลองนี้มีค่าต่ำกว่าที่อำพล (2546) ได้รายงานไว้ในสูตรอาหารที่มีกากเมล็ดฝ้าย (ที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์) คือ 79.88, 77.73, 77.10 และ 76.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนที่ละลายได้ทันที (a) ลดลงตามระดับ DCP เนื่องจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ลดลง แต่ยังสูงกว่าในอาหารโคนมสำเร็จรูปจากบริษัทต่าง ๆ ที่เอกสิทธิ์ (2541) ได้รายงานว่ามีค่า a อยู่ในช่วง 8.9-17.7 เปอร์เซ็นต์

5. การประเมินค่าการย่อยได้และพลังงานโดยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น (gas production method)

ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะหมักของโค ทดลองโดยวิธีใช้ถุงไนลอน (ตารางที่ 9) คือปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นลดลงตามระดับ DCP ที่เพิ่มขึ้นโดยในชั่วโมงที่ 2 แก๊สที่เกิดขึ้นของกลุ่ม DCP 0, DCP 15 และ DCP 30 มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่ม DCP 45 ($P > 0.05$) ซึ่งปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในชั่วโมงที่ 4, 8 และ 48 ในขณะที่การลดลงของปริมาณแก๊สในชั่วโมงที่ 16 และ 24 มีนัยสำคัญเฉพาะในกลุ่ม DCP 0 เทียบกับ DCP 45 ($P < 0.05$) ซึ่งปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นลดลงตามระดับ DCP ในสูตรอาหาร เนื่องจากปริมาณของ ADF ในกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นตามระดับ DCP โดย ADF เป็นส่วนที่ย่อยสลายได้ยากในกระเพาะหมัก จึงทำให้การเกิดแก๊สลดลง

จากการคำนวณปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นใน 24 ชั่วโมง (GP) เมื่อปรับส่วนที่เกิดขึ้นจากจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักออกไปแล้วพบว่า ค่าดังกล่าวในอาหารทดลองที่มี DCP 0 ถึง 45 เปอร์เซ็นต์ คือ 53.95, 41.43, 41.84 และ 28.58 มิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนค่าทำนายการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (OMD) คือ 73.52, 60.71, 62.21 และ 49.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) คือ 11.34, 8.79, 8.89 และ 6.39 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งตามลำดับ (ตารางที่ 10) ซึ่งค่า OMD ของอาหาร DCP 0 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับการทดลองของ นฤมล (2541) ที่ได้รายงานว่าอาหารขั้นสำเร็จรูปจากบริษัทมีค่าดังกล่าวอยู่ในช่วง 67.50-60.95 เปอร์เซ็นต์

Table 9 Gas accumulation of the 4 experimental diets incubated with rumen fluid at various times[1/]

Item	Gas accumulation (ml) at various hours.						
	0	2	4	8	16	24	48
DCP 0	0	7.08	11.89[a]	24.18[a]	43.94[a]	55.04[a]	67.20[a]
DCP 15	0	6.77	11.38[a]	20.86[a]	35.08[ab]	42.26[ab]	48.37[b]
DCP 30	0	6.93	10.81[a]	21.34[a]	35.32[ab]	42.64[ab]	43.04[b]
DCP 45	0	4.77	7.42[b]	16.17[b]	25.97[b]	29.16[b]	31.29[b]
SEM	0	0.37	0.61	1.01	2.16	3.13	4.50
P-value	-	0.56	0.11	0.01	0.04	0.06	0.08

[a b c] Means within rows with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$)

[1/] DCP 0, 15, 30 or 45 = percentage of dried cassava pulp in concentrate ration

Table 10 Gas accumulation at 24 h, estimated organic, matter digestion (OMD) and metabolizable energy (ME) of experimental diets with 4 level of DCP[1/]

Item	DCP 0	DCP 15	DCP 30	DCP 45
GP (ml)	53.95	41.43	41.84	28.58
OMD (%)	73.52	60.71	62.21	49.19
ME (MJ/kg DM)	11.34	8.79	8.89	6.39

[1/] DCP 0, 15, 30 or 45 = percentage of dried cassava pulp in concentrate ration

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการใช้กากมันสำปะหลังแห้งเหลือทิ้งจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารทำให้เยื่อใยในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น แต่ไขมัน คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ค่าพลังงานจากโภชนะย่อยได้รวม (TDN) อัตราการสลายตัวของวัตถุแห้ง (c) และประสิทธิภาพการสลายตัวที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ลดลงตามระดับของกากมันสำปะหลังแห้งในสูตรอาหาร สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนลดลงตามระดับของกากมันสำปะหลังแห้งในสูตรอาหารที่มากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) แม้ว่ากลุ่มควบคุมจะมีค่า TDN, ค่า ME, อัตราการสลายตัวของวัตถุแห้ง (c) และประสิทธิภาพการสลายตัวที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ระดับสูงที่สุด แต่กลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลังแห้งที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าระดับอื่น ๆ (ที่ระดับ 30 และ 45)

จึงสรุปได้ว่าการใช้กากมันสำปะหลังแห้งที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารเป็นระดับที่เหมาะสมโดยไม่ส่งผลเสียต่อระบบการย่อยของโคเนื้อ

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2553. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=518 (4 กุมภาพันธ์ 2553).

จิรวัฒน์ พัสระ. 2545. การใช้ประโยชน์จากกากข้าวมอลต์แห้งเป็นอาหารโคนม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 115 หน้า.

คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย. 2551. ความต้องการโภชนะของโคเนื้อในประเทศไทย. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา. 193 หน้า.

นฤมล สุมาลี. 2541. การหาค่าย่อยได้ของอินทรียวัตถุและค่าพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ในอาหารโคนมโดยการใช้เทคนิคการวัดแก๊สแบบโฮเฮนไฮม์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 162 หน้า.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2540. โภชนศาสตร์สัตว์เล่ม 1. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 162 หน้า.

ปราโมทย์ แพงคำ สาทิสรัตน์ พรหมพันธ์ สหัส นุชนารถ และวิโรจ สันตะละ. 2543. ผลของระดับกากเบียร์แห้งในอาหารต่อผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมในโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน. วารสารเกษตร. 16(1): 83-91.

ทัศนีย์ อภิชาติสรางกูร และเทอดชัย เวียรศิลป์. 2530. การผ่าตัดใส่ท่อ Rumen Fistula ในโคนม โดยวิธีผ่าตัดครั้งเดียว (One-stage Operation). เวชสารสัตวแพทย์ 17(4): 349-355.

สุกัญญา เกินกลาง. 2546. การใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองเป็นอาหารโคนม.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 127 หน้า.

อำพล วริทธิธรรม. 2546. การใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นอาหารโค. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 115 หน้า.

เอกสิทธิ์ สมคุณา. 2541. การใช้เทคนิคถุงไนล่อนเพื่อการประเมินค่าการสลายตัวของอาหารหยาบและอาหารข้นในกระเพาะหมักของโคนม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 112 หน้า.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis (17th Ed.) Association of Official Analytical Chemists, Gaithersberg, Md. 2,200 p.

Kellner, O., K. Drepper und K. Rohr. 1984. Grundzüge der Futtüterungslehre. Verlag Paul Parrey, Hamburg. 143 p.

Kuehl. R. O. 1994. Statistical Principles of Research Design and Analysis. Wadsworth Publishing Company Belmont, California. 686 p.

Menke, K. H., and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Anim. Res. Dev. 28: 7–55.

Ørskov E. R. and McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in rumen from incubation measurement weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. (Camb) 92: 499-503.

Satter, L. D. and R. E. Roffler. 1981. Influence of nitrogen and carbohydrate inputs on rumen fermentation. pp. 115-139. *In*: W. Haresign and D.J.A. Cola (Eds), Recent Developments in Ruminant Nutrition. Butterworths, London.

Steel R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill Book Company. Inc. New York. 481 p.

Van Soest, p. J. 1982. Nutrition ecology of the ruminant. O&B Book, Inc., Corvallis, Oregon, USA. 337 p.

Voigt J. und H. Steger. 1967. Zur quantitativen bestimmung von ammoniak, harnstoff und ketokorpern in biologischem material mit hilfe eines modifizierten mikrodiffusionsgefasses. Archiv fuer Tierernaehrung. 17: 285-293.

Younker, R. S., S. D. Winlamd, J. L. Firkins and B. L. Hull. 1998. Effects of replacing forage fiber or non fiber carbohydrates with dried brewer's grains. J. Dairy Sci., 81: 26-45.