

คุณค่าทางโภชนาและระดับที่เหมาะสมของฝุ่นข้าวโพด จากกระบวนการสีเมล็ดในอาหารโคเนื้อ

Nutritive Value and Optimum Level of Corn Dust from Seed Milling Process in Beef Cattle Feed

สุรพันธ์ ไชยรินคำ^{1/} และ โชค มิเกล็ด^{1/}
Surapun Chairinkum^{1/} and Choke Mikled^{1/}

Abstract: The study was conducted in 4 experimental trials. Experiment 1 studied the nutritive value of corn dust and 4 concentrate diets containing corn dust at 0, 20, 40 and 60%, respectively (16% CP on DM basis), it was found that corn dust consisted 88.13% DM and had nutrients on DM basis as follows: 10.93% CP, 12.52% CF, 4.59% EE, 3.54% Ash, 57.79% NDF, 15.26% ADF, and 7.86% ADL. Moreover, DM, EE and ADL decreased significantly ($P<0.05$) while NDF increased significantly ($P<0.05$) when the levels of corn dust in the diets increased. Experiment 2 studied the degradation of dry matter in the rumen by using Nylon bag technique. It was found that when the levels of corn dust in the diets increased, the degradation of dry matter tended to increase. Experiment 3 evaluated the digestibility and the energy value of the diets by using the Hohenheim gas production technique. It was found that at 40% of corn dust, GP₂₄ and OMD were the lowest ($P<0.05$). In addition, when the levels of corn dust in the diets increased, ME decreased significantly ($P<0.05$). Experiment 4 studied on the performance and the production costs of 16 heads Brahman × native crossbred bulls with the initial weight about 150 kg. The animals were randomly allotted according to the Complete Randomized Design (CRD) into 4 treatment groups. They were fed with rice straw as a roughage and supplemented with one of the concentrate diets containing 0, 20, 40 or 60% of corn dust at 1.25% of body weight for 90 days. The result revealed that the increased levels of corn dust had no effect ($P>0.05$) on ADG (0.21, 0.21, 0.20 and 0.23 kg, respectively), FCR (18.49, 19.10, 20.00 and 17.61 respectively), and daily dry matter intake (2.70, 2.75, 2.72 and 2.70% of body weight, respectively), but feed cost per weight gain (FCG = 67.32, 60.18, 51.69 and 38.09 baht, respectively) decreased significantly ($P<0.05$). It was suggested that corn dust could be used in the concentrate of diet for beef cattle as high as 60% which can reduce the production cost.

Keywords: Corn dust, corn milling by-products, beef cattle diet

^{1/} ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Animal and Aquatic Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

บทคัดย่อ: การศึกษาแบ่งเป็น 4 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของฟืนข้าวโพดและอาหารชั้นที่มีฟืนข้าวโพดเป็นส่วนผสมระดับต่างกัน 4 ระดับคือ 0, 20, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยทุกสูตรมี 16 เปอร์เซ็นต์ CP (DM basis) พบว่าฟืนข้าวโพดประกอบด้วย DM 88.13 เปอร์เซ็นต์ และมีโภชนาการเป็นร้อยละของวัตถุดิบดังนี้คือ CP 10.93, CF 12.52, EE 4.59, Ash 3.54, NDF 57.79, ADF 15.26 และ ADL 7.86 อีกทั้งการเพิ่มระดับของฟืนข้าวโพดในสูตรอาหาร ทำให้ DM, EE และ ADL ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ NDF เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยสลายของวัตถุดิบในกระเพาะหมัก โดยใช้ Nylon bag technique พบว่าการเพิ่มระดับของฟืนข้าวโพดในสูตรอาหาร ทำให้ปริมาณการย่อยสลายของวัตถุดิบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การทดลองที่ 3 การประเมินค่าการย่อยได้และพลังงาน โดยใช้เทคนิคการวัดแก๊ส พบว่าอาหารชั้นที่มีฟืนข้าวโพดผสมระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ มีค่าปริมาตรแก๊สสุทธิ ณ ชั่วโมง 24 และการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้การเพิ่มระดับของฟืนข้าวโพดในสูตรอาหารทำให้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้และพลังงานสุทธิเพื่อให้อินทรีย์มวลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การทดลองที่ 4 ศึกษาด้านสมรรถภาพการผลิตและต้นทุนการผลิต ของโคขุนลูกผสมบราห์มัน × พันเมือง เพศผู้ ที่ไม่ได้ตอน น้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 150 กิโลกรัม จำนวน 16 ตัว โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ให้โคได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบแล้วเสริมด้วยอาหารชั้นที่มีฟืนข้าวโพดในระดับ 0, 20, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในอัตรา 1.25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ใช้ระยะเวลาทดลอง 90 วัน พบว่าโคที่ได้รับอาหารชั้นที่มีการเพิ่มระดับของฟืนข้าวโพดในสูตรอาหาร ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในส่วนของค่าเจริญเติบโต (ADG = 0.21, 0.21, 0.20 และ 0.23 กิโลกรัม ตามลำดับ) อัตราการแลกน้ำหนัก (FCR = 18.49, 19.10, 20.00 และ 17.61 ตามลำดับ) และปริมาณการกินได้คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักตัว (2.70, 2.75, 2.72 และ 2.70 ตามลำดับ) แต่ต้นทุนอาหารต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม (FCG = 67.32, 60.18, 51.69 และ 38.09 บาท ตามลำดับ) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งชี้ให้เห็นได้ว่าสามารถนำเอาฟืนข้าวโพดมาเป็นส่วนผสมในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงโคเนื้อ ได้สูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตได้

คำสำคัญ: ฟืนข้าวโพด ผลพลอยได้จากการสีข้าวโพด อาหารโคเนื้อ

คำนำ

การเลี้ยงโคเนื้อในปัจจุบันนี้ ต้องให้อาหารชั้นเสริมเพื่อให้โคได้รับพลังงานและโปรตีนสูงขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่ได้มาจากธัญพืชเป็นหลัก และมีแนวโน้มที่จะมีราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตเป็นอย่างมาก ดังนั้นการผสมอาหารชั้นใช้เอง น่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนได้ โดยควรเลือกใช้วัตถุดิบชนิดใหม่ที่มีราคาถูก นอกจากนี้การใช้ผลพลอยได้ (by-products) จากการปลูกพืชเศรษฐกิจและโรงงานอุตสาหกรรมทางการเกษตรก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสม เช่น ผลพลอยได้จากข้าวโพด ซึ่งนอกจากจะมีส่วนของเปลือกฝัก ไหม และชังข้าวโพด ยังมีผลพลอยได้จากการสีหรือการกะเทาะเมล็ดข้าวโพดโดยใช้เครื่องจักรที่เรียกว่า “ฟืนข้าวโพด” (corn dust) ซึ่งส่วนใหญ่

ประกอบด้วยส่วนของกลีบเลี้ยง บางส่วนของผิวเปลือกนอกที่หุ้มเมล็ดบริเวณปลายคัพพะ เปลือกนอกของเมล็ดคัพพะ แบ่ง เมล็ดที่แตกหัก และเศษชังข้าวโพด เป็นต้น ซึ่งมีปริมาณมากและราคาถูก โดยพบว่าในกระบวนการสีเมล็ดข้าวโพด จะทำให้เกิดส่วนของฟืนข้าวโพดไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 ของปริมาณเมล็ดข้าวโพดที่สีทั้งฝัก (บริษัท รุ่งแสงอรุณเกษตรกิจ จำกัด, 2554 ติดต่อบริษัท) ซึ่งส่วนนี้น่าจะนำมาใช้เลี้ยงโคเนื้อได้ แต่เนื่องจากเป็นวัตถุดิบชนิดใหม่ ยังไม่มีข้อมูลในการศึกษาที่แน่ชัด จึงไม่ได้รับความนิยมนักเท่าที่ควร

การทดลองครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงคุณค่าทางโภชนาการของฟืนข้าวโพดและอาหารชั้นสำหรับโคเนื้อที่มีฟืนข้าวโพดระดับต่างกันต่อการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนและสมรรถภาพการผลิตตลอดจนต้นทุนการผลิตโคเนื้อเพื่อให้ทราบถึงระดับที่เหมาะสม ในการใช้ทดแทนวัตถุดิบ

คุณค่าทางโภชนาการและระดับที่เหมาะสมของฝุ่นข้าวโพด
จากกระบวนการสีเมล็ดในอาหารโคเนื้อ

อาหารที่มีราคาแพง และสามารถนำความรู้ที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการลดต้นทุน เพิ่มผลกำไร ให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการศึกษาในอนาคตได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ

ทำการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของฝุ่นข้าวโพดและอาหารข้นที่มีฝุ่นข้าวโพดในระดับต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 20, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยคำนวณให้ทุกสูตรมีโปรตีนรวม 16 เปอร์เซ็นต์ DM (ตารางที่ 1) จากนั้นสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการโดยใช้ Proximate analysis (AOAC., 2000) และวิเคราะห์องค์ประกอบที่เป็นโครงสร้างโดยวิธี Detergent method (Van Soest, 1982)

การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยสลายของวัตถุดิบในกระเพาะหมัก โดยใช้ Nylon bag technique

ทำการทดลองโดยใช้โคพื้นเมืองเพศผู้ จำนวน 4 ตัว ที่ได้รับการผ่าตัดใส่ท่อเก็บตัวอย่างอาหารที่

กระเพาะหมัก (rumen fistula) ตามวิธีการของทัศนีย์ และ เทอดชัย (2530) จากนั้นนำตัวอย่างอาหารขึ้นทั้ง 4 กลุ่มมาวิเคราะห์การย่อยสลายของวัตถุดิบในกระเพาะหมักโดยใช้ Nylon bag techniques ตามวิธีการที่ได้ปรับปรุงจาก Ørskov and McDonald (1979) แล้วนำค่าเปอร์เซ็นต์ DM disappearance ที่ชั่วโมงต่าง ๆ ไปคำนวณหาการย่อยสลาย และค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY จากสมการดังนี้

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

เมื่อ P = ค่าจากการย่อยสลาย ณ ช่วงเวลา t
A = Washing loss หรือส่วนที่ละลายได้ทันที
B = ส่วนที่ไม่ละลายได้ทันทีแต่สามารถย่อยสลายได้
A + B = ค่าการย่อยสลายทั้งหมด
a = ค่าของเส้นกราฟที่ตัดแกน y
b = (A + B) - a
c = อัตราการย่อยสลายของ B
t = ช่วงระยะเวลาต่าง ๆ
l = ระยะเวลาที่รอให้จุลินทรีย์เข้าสู่สัมผัสอาหารและทำการย่อยสลาย (lag phase)
e = ค่าคงที่ของ $\log_{10}$

Table 1 Experimental diets containing different levels of corn dust

Ingredient (kg)	Substitution levels of corn dust in concentrate (%)			
	0	20	40	60
Soybean meal	6.9	6.9	6.9	6.9
Rice hull	39.0	33.0	27.0	21.0
Ground corn	32.0	23.0	14.0	5.0
Fine rice bran	19.0	14.0	9.0	4.0
Corn dust ^{1/}	0.0	20.0	40.0	60.0
Urea	1.0	1.0	1.0	1.0
Dicalcium phosphate	1.0	1.0	1.0	1.0
Salt	1.0	1.0	1.0	1.0
Sulfur powder	0.1	0.1	0.1	0.1
Total	100.0	100.0	100.0	100.0
Crude protein (from the calculation, %)	16.0	16.0	16.0	16.0

^{1/}By product from corn seed milling process composed of glum (bee's wing), tip cap, hull, germ, starch, broken seed, and cob

การทดลองที่ 3 ประเมินค่าการย่อยได้และพลังงานโดยใช้เทคนิคการวัดแก๊ส (hohenheim gas production technique)

ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะและประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy; ME) ของอาหารชั้นที่มีฟ่อนข้าวโพดในระดับต่างกัน 4 ระดับ โดยใช้เทคนิคการวัดแก๊ส ตามวิธีการของ Menke and Steingass (1988)

การทดลองที่ 4 ศึกษาสมรรถภาพการผลิตและต้นทุนการผลิต

ทำการทดลองโดยใช้โครุ่น ลูกผสมบราห์มัน × พันธุ์เมือง เพศผู้ อายุประมาณ 1.5 ปี ที่ไม่ได้ต้อน จำนวน 16 ตัว แต่ละตัวมีน้ำหนักเริ่มต้นใกล้เคียงกันประมาณ 150 กิโลกรัม สุ่มสัตว์ทดลองตามแผนการสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) (Steel and Torrie, 1980) ออกเป็น 4 กลุ่ม เลี้ยงในคอกแบบถาวรที่มีพื้นที่เมนต์ ใช้การผูกแบบสนสะพายแทนการขังเดี่ยวเพื่อความสะดวกในการจัดการ มีการให้น้ำสะอาดและอาหารหยาบ (คือ ฟางข้าว เนื่องจากมีความสะดวกและความสม่ำเสมอในด้านโภชนะ) อย่างเต็มที่ และให้อาหารชั้นแก่โควันละ 2 ครั้ง เข้าและเย็น ในอัตรา 1.25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวโค โดยคำนวณจากค่าความต้องการโปรตีนและการกินได้ของวัตถุดิบ ตามมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย (2551) ใช้ระยะเวลาก่อนการทดลองประมาณ 2 สัปดาห์ เพื่อปรับสภาพโคให้พร้อมับสภาพคอกและอาหาร แล้วทำการทดลองเป็นเวลา 90 วัน บันทึกน้ำหนักตัวโคแต่ละตัว ในช่วงเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณอาหารชั้นและหยาบที่กิน คำนวณอัตราการผลิตเนื้อและต้นทุนอาหารทดลองที่ใช้ทั้งหมดตลอดช่วงการทดลอง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการทดลองและวิจารณ์

คุณค่าทางโภชนะ

จากการวิเคราะห์พบว่าฟ่อนข้าวโพดประกอบไปด้วย DM, CP, CF, EE, Ash, NDF, ADF และ ADL เท่ากับ 88.13, 10.93, 12.52, 4.59, 3.54, 57.79, 15.26 และ 7.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากนั้นคำนวณหาค่า OM, NFE, Cell contents, Hemicellulose และ Cellulose พบว่ามีค่าเท่ากับ 96.46, 68.42, 45.47, 30.93 และ 16.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของกรมปศุสัตว์ (2547) ที่รายงานว่าฟ่อนข้าวโพดจากกระบวนการสีเมล็ดมีค่า DM, CP, CF, EE, ash, NFE, NDF และ ADF เท่ากับ 89.52, 7.08, 17.04, 2.18, 3.93, 69.77, 58.16 และ 24.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับคุณค่าทางโภชนะของอาหารทดลองที่มีฟ่อนข้าวโพดเป็นส่วนผสม 4 ระดับ (ตารางที่ 2) พบว่าการเพิ่มระดับของฟ่อนข้าวโพดขึ้นจนถึง 60 เปอร์เซ็นต์ โดยทดแทนข้าวโพดบด รำหยาบและรำละเอียด ไม่มีผลต่อค่า CP, CF, Ash และ ADF แต่ทำให้ค่า DM, EE และ ADL ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งให้ผลในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของนิรุจน์ (2554) ที่พบว่าการเพิ่มระดับของเปลือกเมล็ดและคัพพะข้าวโพดขึ้น 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่า EE มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่า NDF เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากฟ่อนข้าวโพดประกอบด้วยส่วนของ EE ที่ค่อนข้างต่ำ แต่มี NDF ที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ ในสูตรอาหารทดลอง เช่น ข้าวโพดบด รำหยาบและรำละเอียด เป็นต้น

การย่อยสลายของวัตถุดิบในกระเพาะหมัก โดยใช้ Nylon bag technique

ลักษณะการย่อยสลายของวัตถุดิบในกระเพาะหมักของฟ่อนข้าวโพดที่คำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY พบว่าเกิดการละลายได้ในปริมาณที่มาก (A 45.19 เปอร์เซ็นต์) ก่อนที่จะถูกย่อยสลายด้วยการทำงาน

**คุณค่าทางโภชนาการและระดับที่เหมาะสมของฟ่อนข้าวโพด
จากกระบวนการสีเมล็ดในอาหารโคเนื้อ**

ของจุลินทรีย์ (B 48.32 เปอร์เซ็นต์) และมีค่าการย่อยสลายทั้งหมดอยู่ค่อนข้างสูง (A+B 93.51 เปอร์เซ็นต์) เนื่องจากฟ่อนข้าวโพดประกอบด้วย NFE ที่ค่อนข้างสูง (68.42 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเป็นส่วนที่สามารถละลายได้ง่าย หลังจากนั้นจะถูกย่อยสลายต่อไปอย่างช้า ๆ (c 0.02 ส่วน

ต่อชั่วโมง) นอกจากนี้การเพิ่มระดับของฟ่อนข้าวโพดในสูตรอาหาร ส่งผลในทางเดียวกันต่อปริมาณการย่อยสลายของวัตถุดิบโดยรวม (A, B, A+B, a, และ ED_{0.05} มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น) แต่ส่งผลในทางตรงข้ามต่ออัตราการย่อยสลาย (c มีแนวโน้มลดลง) (ตารางที่ 3)

Table 2 Chemical composition of corn dust and concentrate containing different levels of corn dust (% DM)

Items	Corn dust	Substitution levels of corn dust in concentrate (%)			
		0	20	40	60
Dry matter (DM)	88.13 ±0.01	88.75 ^b ±0.14	88.59 ^b ±0.01	88.46 ^{ab} ±0.03	88.20 ^a ±0.17
Crude protein (CP)	10.93 ±0.20	16.45 ±0.20	16.46 ±0.10	16.50 ±0.20	16.55 ±0.27
Crude fiber (CF)	12.52 ±0.92	14.39 ±0.31	14.23 ±0.30	14.40 ±0.10	15.00 ±1.01
Ether extract (EE)	4.59 ±0.49	7.71 ^c ±0.03	7.21 ^c ±0.15	6.23 ^b ±0.56	5.22 ^a ±0.20
Total ash	3.54 ±0.60	9.90 ±0.45	8.86 ±0.09	8.22 ±0.02	8.53 ±0.71
Neutral detergent fiber (NDF)	57.79 ±1.44	39.52 ^a ±0.53	47.21 ^b ±1.99	50.18 ^{bc} ±1.18	54.53 ^c ±2.90
Acid detergent fiber (ADF)	15.26 ±2.14	27.57 ±1.31	26.33 ±1.43	24.89 ±0.12	23.60 ±0.01
Acid detergent lignin (ADL)	7.86 ±0.01	7.72 ^{bc} ±0.29	8.18 ^c ±0.14	7.36 ^{ab} ±0.12	7.05 ^a ±0.09
Organic matter (OM)	96.46	90.10	91.14	91.78	91.47
Nitrogen free extract (NFE)	68.42	51.55	53.24	54.66	54.70
Cell content	45.47	60.48	52.79	49.82	45.47
Hemicellulose	30.93	11.95	20.88	25.29	30.93
Cellulose	16.54	19.85	18.15	17.52	16.54

^{abc} The different letters in the same row are statistically significant different ($P < 0.05$)

Table 3 Ruminant degradation parameters of dry matter of corn dust and concentrate containing different levels of corn dust

Items	Corn dust	Substitution levels of corn dust in concentrate (%)			
		0	20	40	60
Immediately soluble part (a)	48.20	41.15	42.42	42.36	44.95
Insoluble fermentable material (b)	45.31	34.85	43.28	42.35	47.51
Degradation rate (c)	0.02	0.04	0.02	0.03	0.02
Washing loss (A)	45.19	35.96	38.08	40.11	41.74
Degradability of water insoluble (B)	48.32	40.04	47.62	44.60	50.72
Potential degradability (A+B)	93.51	76.00	85.70	84.71	92.46
Effective degradability at 0.05 fraction/hour (ED _{0.05})	59.40	56.40	56.80	57.00	57.60

การประเมินค่าการย่อยได้และพลังงาน โดยใช้เทคนิคการวัดแก๊ส

ฟ่อนข้าวโพดมีค่า OMD 66.89 เปอร์เซ็นต์, ME 10.67 MJ/kg DM และ NEL 6.51 MJ/kg DM ต่ำกว่าข้าวโพดบดที่มีค่า OMD 78.90 เปอร์เซ็นต์, ME 12.81 MJ/kg DM และ NEL 8.08 MJ/kg DM (นฤมล, 2541) ซึ่ง Menke *et. al.* (1979) กล่าวว่า การวัดปริมาณแก๊ส ณ ชั่วโมงที่ 24 เมื่อนำมาพิจารณาพร้อมกับค่าโปรตีนและไขมันสามารถนำมาใช้ทำนายค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ดี โดยมีค่าความสัมพันธ์ค่อนข้างสูง ($R^2 = 0.98$) นอกจากนี้อาหารอาหารชั้นที่มีฟ่อนข้าวโพดผสมระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ยังมีค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่า GP_{24} ที่มีค่าต่ำที่สุดเช่นกัน ในขณะที่การเพิ่มระดับของฟ่อนข้าวโพดในสูตรอาหาร ทำให้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4)

การเจริญเติบโตและอัตราการแลกน้ำหนักของโคเนื้อรุ่นเพศผู้

เมื่อทำการเพิ่มระดับของฟ่อนข้าวโพดในสูตรอาหารขึ้น ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดทำการทดลอง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น โดยมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 0.21, 0.21, 0.20 และ 0.23 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ซึ่งใกล้เคียงกับคำแนะนำของ คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย (2551) ที่เสนอว่า โคลูกผสมบราห์มัน ที่มีน้ำหนักตัวประมาณ 150 กิโลกรัม มีค่าการกินได้ของวัตถุดิบและโปรตีนประมาณ 3.75 และ 0.382 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ควรจะมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยประมาณ 0.25 กิโลกรัมต่อวัน อีกทั้งยังให้ผลในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาในแพะรุ่นเพศผู้ของนิรุจน์ (2554) ที่พบว่า การเพิ่มระดับของเปลือกเมล็ดและคัพพะข้าวโพดในสูตรอาหาร 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่า ADG ของแพะในแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) นอกจากนี้ยัง

Table 4 Gas production, organic matter digestibility, metabolizable energy and net energy for lactation of corn dust and concentrate containing different levels of corn dust

Items	Corn dust	Substitution levels of corn dust in concentrate (%)			
		0	20	40	60
Gas production (GP_{24} ; ml)	50.79 ± 0.83	43.92 ^b ± 0.28	44.30 ^b ± 0.57	42.76 ^a ± 0.51	44.52 ^b ± 0.64
Organic matter digestibility (OMD; %)	66.89 ± 0.83	64.46 ^b ± 0.28	64.63 ^b ± 0.57	63.02 ^a ± 0.51	64.92 ^b ± 0.64
Metabolizable energy (ME; MJ/kg DM)	10.67 ± 0.13	10.23 ^b ± 0.04	10.26 ^b ± 0.09	9.86 ^a ± 0.08	9.91 ^a ± 0.10
Net energy for lactation (NEL; MJ/kg DM)	6.51 ± 0.10	6.11 ^b ± 0.03	6.14 ^b ± 0.07	5.87 ^a ± 0.06	5.92 ^a ± 0.07

^{ab} The different letters in the same row are statistically significant different ($P < 0.05$)

Table 5 Performance of beef cattle fed with concentrate containing different levels of corn dust for 90 days (n=4)

Items	Substitution levels of corn dust in concentrate (%)			
	0	20	40	60
- Initial weight (kg)	144.03 ± 8.71	146.15 ± 18.02	145.00 ± 9.48	150.85 ± 22.64
- Final weight (kg)	163.15 ± 7.60	165.00 ± 18.29	163.05 ± 10.76	171.55 ± 23.77
- Weight gain (kg)	19.13 ± 2.64	18.85 ± 1.17	18.05 ± 3.13	20.70 ± 1.24
- Average daily intake (kg DM)	3.88 ± 0.16	4.00 ± 0.21	3.95 ± 0.27	4.06 ± 0.41
- Average daily gain; ADG (kg)	0.21 ± 0.03	0.21 ± 0.01	0.20 ± 0.03	0.23 ± 0.01
- Feed conversion ratio; FCR	18.49 ± 2.08	19.10 ± 0.76	20.00 ± 2.52	17.61 ± 0.85

พบว่า การเพิ่มระดับของฝุ่นข้าวโพดในสูตรอาหาร ไม่มีผลต่ออัตราการแลกน้ำหนัก ($P>0.05$) ซึ่งให้ผลในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของนิรุจน์ (2554) เช่นกัน

ปริมาณการกินได้และต้นทุนการผลิตของโคเนื้อรุ่นเพศผู้

ผลการศึกษาด้านปริมาณการกินได้ของโคเนื้อรุ่นเพศผู้แสดงในตารางที่ 6 พบว่าเมื่อเพิ่มระดับของฝุ่นข้าวโพดในสูตรอาหาร ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ต่อปริมาณอาหารทดลองที่กินได้เฉลี่ยต่อวัน ปริมาณฟางข้าวที่กินได้เฉลี่ยต่อวัน ปริมาณวัตถุดิบที่กินได้เฉลี่ยต่อวัน และปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้เฉลี่ยต่อวัน โดยโคทุกกลุ่มทดลองมีค่าปริมาณวัตถุดิบที่กินได้เฉลี่ยต่อวัน เท่ากับ 3.88, 4.00, 3.95 และ 4.06 กิโลกรัม ตามลำดับ และมีค่าปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้เฉลี่ยต่อวัน เท่ากับ 0.33, 0.34, 0.34 และ 0.36 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับคำแนะนำของคณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย (2551) ที่เสนอว่า โคลูกผสมบราห์มัน ที่มีน้ำหนักตัวประมาณ 150 กิโลกรัม

และมีอัตราการเจริญเติบโตประมาณวันละ 0.25 กิโลกรัม มีค่าการกินได้ของวัตถุดิบและค่าความต้องการโปรตีนเท่ากับ 3.75 เท่ากับ 0.382 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ นอกจากนี้ยังให้ผลในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาในแพะรุ่นเพศผู้ของนิรุจน์ (2554) ที่พบว่า การเพิ่มระดับของเปลือกเมล็ดและคัพพะข้าวโพดในสูตรอาหาร 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่า ค่าปริมาณวัตถุดิบที่กินได้และปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้เฉลี่ยต่อวัน ของแพะในแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่ให้ผลในทิศทางตรงข้ามกับ Montgomery *et al.* (2005) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการเสริมคัพพะข้าวโพดแห้งไขมันเต็ม (dried full-fat corn germ) ในระดับ 0, 5, 10, และ 15 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุดิบในอาหารโคขุน พบว่าการเพิ่มระดับของคัพพะข้าวโพดทำให้ค่าการกินได้ของวัตถุดิบลดลง

ในด้านต้นทุนการผลิต พบว่าอาหารทดลองที่มีฝุ่นข้าวโพดเป็นส่วนผสมในระดับ 0, 20, 40, 60 เปอร์เซ็นต์ และฟางข้าว มีราคาต่อกิโลกรัมเท่ากับ 7.95, 6.68, 5.41, 4.15 และ 0.50 บาท ตามลำดับ (อ้างอิงราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ ณ วันที่ 1 พฤษภาคม 2554) ซึ่งจะ

Table 6 Feed intake and production cost of beef cattle fed with concentrate containing different levels of corn dust for 90 days (n=4)

Items	Substitution levels of corn dust in concentrate (%)			
	0	20	40	60
- Cost of experimental feed (baht/kg)*	7.95	6.68	5.41	4.15
- Cost of experimental feed on dry matter (baht /kg)	8.95	7.54	6.12	4.71
- Cost of rice straw on dry matter (baht /kg)	0.57	0.57	0.57	0.57
- Concentrate intake (kg DM/day)	1.43 ±0.16	1.48 ±0.14	1.46 ±0.26	1.57 ±0.27
- Rice straw intake (kg DM/day)	2.45 ±0.10	2.51 ±0.11	2.49 ±0.08	2.49 ±0.17
- Total dry matter intake (kg/day)	3.88 ±0.16	4.00 ±0.21	3.95 ±0.27	4.06 ±0.41
- Daily dry matter intake (% of BW)	2.70 ±0.20	2.75 ±0.23	2.72 ±0.16	2.70 ±0.14
- Protein intake (kg DM/day)	0.33 ±0.02	0.34 ±0.02	0.34 ±0.04	0.36 ±0.05
- Feed cost per weight gain; FCG (baht)	67.32 ^d ±3.07	60.18 ^c ±2.30	51.69 ^b ±2.50	38.09 ^a ±3.54

^{abcd} The different letters in the same row are statistically significant different ($P<0.05$)

* Reference cost (bath/kg) of raw feed ingredient at 1 May 2011; rice straw 0.50, soybean meal 13.20, rice hull 4.00, ground corn 10.00, fine rice bran 10.20, urea 14.60, dicalcium phosphate 9.50, salt 4.50, sulfur powder 30.00 ,and corn dust 2.00

เห็นได้ว่าการเพิ่มฝุ่นข้าวโพดในระดับ 20, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดราคาอาหารต่อกิโลกรัมได้ถึง 1.27, 2.54 และ 3.80 บาท โดยคิดเป็นร้อยละ 15.97, 31.95 และ 47.80 ตามลำดับ ซึ่งทำให้ต้นทุนอาหารต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม (feed cost per weight gain; FCG) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 67.32, 60.18, 51.69 และ 38.09 บาท ตามลำดับ ซึ่งสามารถลดค่า FCG ได้ถึง 7.14, 15.63 และ 29.23 บาท โดยคิดเป็นร้อยละ 10.60, 23.22 และ 43.42 ตามลำดับ

สรุปผลการทดลอง

การเพิ่มระดับของฝุ่นข้าวโพดในสูตรอาหาร ทำให้ต้นทุนอาหารต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม มีค่าลดลงโดยไม่ส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโต อัตราการแลกน้ำหนัก และปริมาณการกินได้ของโค โดยสามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารขึ้นได้มากถึงร้อยละ 43.42 ดังนั้นจึงชี้ให้เห็นได้ว่าสามารถนำเอาฝุ่นข้าวโพดมาเป็นส่วนผสมในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงโคเนื้อได้สูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะ

ฝุ่นข้าวโพดที่ได้นำมาศึกษานั้น แม้มีคุณค่าทางโภชนาและการย่อยได้ที่ค่อนข้างสูง ซึ่งน่าจะสามารถนำมาใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์หลายชนิดได้ก็ตาม แต่ควรคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย ไม่ว่าจะเป็นราคาและความสม่ำเสมอของปริมาณ ระยะทางจากแหล่งผลิตมายังฟาร์มสัตว์ วิธีการเก็บรักษา ความน่ากิน การปนเปื้อน เป็นต้น อีกทั้งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ น่าจะสามารถนำไปปรับใช้และควรทำการศึกษาในขั้นต่อไปกับสัตว์เศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ ด้วย

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2547. ตารางคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารสัตว์. เอกสารคำแนะนำ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 37 หน้า.

คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย. 2551. ความต้องการโภชนาของโคเนื้อในประเทศไทย. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์คลังนาวิทยาศาสตร์. 193 หน้า.

ทัศนีย์ อภิชาติสร้างกูร และเทอดชัย เวียร์ศิลป์. 2530. การผ่าตัดใส่ท่อ Rumen Fistula ในวัวนม โดยวิธีการผ่าตัดครั้งเดียว (on-stage operation). เวชสารสัตวแพทย์ 17(4): 349-355.

นฤมล สุมาลี. 2541. การหาค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุและค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในอาหารโคนม โดยใช้เทคนิคการวัดแก๊สแบบไฮเซนไฮม์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 115 หน้า.

นิรุจน์ มณีสว่าง. 2554. การย่อยได้ปรากฏและการเสริมในอาหารของเปลือกเมล็ดและคัพพะข้าวโพดต่อสมรรถภาพการผลิตแพะรุ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 90 หน้า.

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

Montgomery, S. P., J. S. Drouillard, J. J. Sindt, M. A. Greenquist, B. E. Depenbusch, E. J. Good, E. R. Loe, M. J. Sulpizio, T. J. Kessen and R. T. Ethington. 2005. Effects of dried full-fat corn germ and vitamin E on growth performance and carcass characteristics of finishing cattle. J. Anim. Sci., 83: 2440-2447.

Ørskov E. R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurement weighted

- according to rate of passage. J. Agri. Sci. (Camb), 92(02): 499-503.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principle and Procedures of Statistic. 2nd ed., McGrew-Hill Book Company, Inc., New York. 481 p.
- Van Soest, P. J. 1982. Nutrition Ecology of the Ruminant. O&B Book, Inc., Corvallis, Oregon. 337 p.
-