ผลของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักยีสต์ร่วมกับกากน้ำตาลต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในโคเนื้อ

Effect of Yeast Fermented Cassava Pulp from Ethanol Production with Molasses on Feed Intake, Digestibility and Rumen Fermentation in Beef Cattle

เทอดศักดิ์ ปุระมงคล [1*] และกังวาน ธรรมแสง [2]

Terdsak Puramongkon [1] and Kungwan Thummasaeng [2]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักด้ยยีสต์ร่วมกับกากน้ำตาลต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในโคเนื้อ วางแผนการทดลองแบบ 3x3 Replicated Latin Square Design โดยใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักด้วยยีสต์ร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 3 และ 6 % ในสัดส่วน 20 % ของอาหารข้น ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณการกินได้ของอาหาร ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ปริมาณการกินได้ของโปรตีน และไขมัน ในกลุ่มที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0 % และ 3 % สูงกว่า ($P<0.01$) กลุ่มที่ใช้กากน้ำตาล 6 % ปริมาณการย่อยได้ และกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่กรดอะซิติคในกลุ่มที่ใช้กากน้ำตาล 0 % สูงกว่า กลุ่มที่กากน้ำตาล 3 % และ 6 % ($P<0.01$) กรดโปรปิโอนิคในกลุ่มที่ใช้กากน้ำตาล 3 % และ 6 % สูงกว่ากลุ่มที่ใช้กากกากน้ำตาล 0 % ($P<0.01$) ระดับของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน และระดับของยูเรียไนโตรเจนในเลือด พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่า การใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักด้วยยีสต์ร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 3 % จะส่งผลดีต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในโคเนื้อ

คำสำคัญ: กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอล, กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

[1] นักศึกษาปริญญาเอก คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

[1] Graguate student Facuty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, 34190, Thailand

[2] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

[2] Facuty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, 34190, Thailand

Abstract

The objective of this study was to determine the effect of yeast fermented cassava pulp from ethanol production with molasses on feed intake, digestibility and rumen fermentation in beef cattle. The experiment was laid out in a 3x3 Replicated Latin Square Design. There were three levels of molasses (0 %, 3 %, and 6 % w/w) and yeast fermented cassava pulp from ethanol production, which 20 % in concentrate. The result showed that feed intake and organic matter intake were not significantly different (P>0.05), but CP intake and EE intake in 0 and 3 % of molasses were highter than 6 % (P<0.01). Digestibility and total volatile fatty acid were not significantly different, but acitic acid in 0 % of molasses were highter than 3 % and 6 % (P<0.01). Propionic acid in 3 % and 6 % of molasses were higher than 0 % (P<0.01). Rumen NH3 and blood urea nitrogen (BUN) were not significantly different (P>0.05). As a result, it was concluded that yeast fermented cassava pulp from ethanol with 3 % of molasses can be advantage in rumen fermentation.

Keywords: Cassava pulp from ethanol production, Rumen fermentation

บทนำ

ปัจจุบันประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกต้องประสบปัญหาวิกฤติด้านพลังงานเชื้อเพลิง โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทย ซึ่งจำเป็นต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานมากกว่า 65 % ของพลังงานที่ใช้ภายในประเทศทั้งหมด และมากกว่า 80 % เป็นการนำเข้าพลังงานในรูปของน้ำมันเชื้อเพลิง จึงมีการส่งเสริมให้ใช้พลังงานชีวมวลจากพืชพลังงานต่าง ๆ เช่น มันสำปะหลัง อ้อย กากน้ำตาล ข้าวโพด และข้าวฟ่างหวาน เป็นต้น มาใช้ในการผลิตเป็นพลังงานในรูปของ เอทานอล ซึ่งการผลิตเอทานอลในประเทศไทยนิยมใช้มันสำปะหลัง เนื่องจากมีผลผลิตส่วนเกินของมันสำปะหลังจากการใช้ในประเทศ และอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลังเพื่อการส่งออกประมาณ 4 ล้านตัน สามารถผลิตเป็นเอทานอลได้ไม่ต่ำกว่า 2 ล้านลิตรต่อวัน ได้ตลอดทั้งปี ซึ่งช่วยลดปัญหามันสำปะหลังล้นตลาด รวมทั้งลดการแทรกแซงราคาหัวมันสำปะหลังอีกด้วย จากการนำมันสำปะหลังไปใช้ในการผลิตเอทานอลดังกล่าว จะได้เศษเหลือจากอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก ซึ่งเรียกว่า กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอล กล้าณรงค์ (2551) รายงานว่า โรงงานที่ผลิตเอ-ทานอลด้วยมันสำปะหลังที่มีกำลังการผลิต 150,000 ลิตรต่อวัน จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 100-120 ตันต่อวัน ฟูเซลล์ออย (Fusel oil) 300-600 ตันต่อวัน และกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอล 30-40 ตันต่อวัน สุกัญญา และ วราพันธุ์ (2559ก) รายงานว่า ในการผลิต เอทานอล 1 ลิตร ใช้มันสำปะหลังสด 6.1 กิโลกรัม ปัจจุบันมีโรงงานที่ผลิตเอทาอนลจากมันสำปะหลัง 7 โรงงาน มีกำลังการผลิต 1,430,000 ลิตรต่อวัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2559) และประมาณว่ามีกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอล 3,183,895 ตันต่อปี วราพันธุ์ และคณะ (2551) ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีวัตถุแห้ง 25.08 % โปรตีนหยาบ 7.27 %, ไขมัน 1.07 % เยื่อใย 35.72 % เถ้า 12.94 % และไนโตรเจนฟรีเอ็ก-แทรกซ์ 43.00 % ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์เคี้ยวเอื้องเนื่องจากมีเยื่อใยสูง อย่างไรก็ตามกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลมีความชื้นสูง เมื่อทิ้งไว้จะเกิดการเน่าเสียได้ ดังนั้นการศึกษาโดยการเก็บถนอม และการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลด้วยการหมักยีสต์ร่วมกับกากน้ำตาล จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ ลดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม และลดค่าใช้จ่ายด้านอาหารสัตว์

วิธีดำเนินการวิจัย

สัตว์ทดลอง และการวางแผนการทดลอง

ใช้โคเนื้อลูกผสมโลว์ไลน์แองกัส เพศผู้ อายุ 2-3 ปี และมีน้ำหนักเริ่มต้น 250±10 กิโลกรัม จำนวน 6 ตัว มีสุขภาพแข็งแรง ผ่านการฉีดวัคซีน กำจัดพยาธิ และฉีดวิตามิน AD_3E ก่อนนำเข้าการทดลอง โดยใช้แผนการทดลองแบบ 3x3 Replicated Latin Square Design แบ่งออกเป็น 3 ทรีตเมนต์ ดังนี้คือ การใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักด้วยยีสต์ร่วมกับกากน้ำตาล 0, 3 และ 6 % การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ช่วงการทดลอง (period) ช่วงการทดลองละ 21 วัน ประกอบด้วย ระยะปรับสัตว์ 14 วัน และระยะเก็บตัวอย่าง 7 วัน รวมระยะเวลาทั้งหมด 63 วัน

อาหารและการเตรียมอาหารทดลอง

การหมักกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทา-นอล ดัดแปลงจากวิธีการหมักกากแป้งมันสำปะหลังด้วยยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiea*) ตามวิธีการของสิทธิศักดิ์ และคณะ (2553) ซึ่งมีวิธีการเตรียมหัวเชื้อยีสต์โดยการนำผงยีสต์ 100 กรัม ผสมน้ำตาลทราย 200 กรัม ละลายในน้ำ 1 ลิตร ทิ้งไว้ 10 นาที เตรียมอาหารเลี้ยงยีสต์ โดยใช้กากน้ำตาล 2,500 กรัม และ ยูเรีย 2,000 กรัม ละลายในน้ำ 50 ลิตร นำหัวเชื้อยีสต์ และอาหารเลี้ยงยีสต์มาผสมให้เข้ากัน ใช้ปั๊มลมเพื่อเติมออกซิเจนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปราดลงบนส่วนผสมของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลตามทรีตเมนต์ต่างๆ จำนวน 300 กิโลกรัม เติมกากน้ำตาลจำนวน 9 กิโลกรัม และ 18 กิโลกรัม ในทรีตเมนต์ที่ใช้กากน้ำตาล 3 % และ 6 % ของน้ำหนักสด ตามลำดับ ผสมให้เข้ากัน หมักทิ้งไว้เป็นเวลา 14 วัน

อาหารข้น ประกอบด้วย มันเส้น รำละเอียด กากถั่วเหลือง กากน้ำตาล ยูเรีย เกลือ แร่ธาตุรวม และกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักตามทรีตเมนต์ต่างๆ ในระดับ 20 % ของอาหารข้น โดยให้กินวันละ 1.0 % ของน้ำหนักตัว ส่วนอาหารหยาบจะใช้ฟางข้าวให้กินแบบเต็มที่

การเก็บข้อมูล

1. บันทึกปริมาณการให้อาหารทั้งช่วงเช้าและช่วงบ่ายก่อนให้อาหารทุกวัน สุ่มเก็บตัวอย่างอาหาร เพื่อวิเคราะห์หา วัตถุแห้ง, เถ้า, โปรตีนหยาบ และไขมันรวม ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (1985) และหาเยื่อใย NDF, เยื่อใย ADF และ ลิกนิน ตามวิธีของ Georing and Van Soest (1970)

2. บันทึกปริมาณมูลที่ขับออกมาทั้งหมด ใน 3 วัน สุดท้ายของระยะเก็บข้อมูล เพื่อวิเคราะห์หา DM, NDF, ADF, ADL และ ash ตามวิธีเดียวกับการวิเคราะห์ในตัวอย่างอาหาร

3. เก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid) ในช่วงเช้าของวันสุดท้ายในแต่ละระยะทดลอง โดยใช้ stomach tube ร่วมกับ vacuum pump วัดความเป็นกรด-ด่างทันที โดยใช้ pH meter และสุ่มเก็บตัวอย่าง 80 ml เติม 1 M H_2SO_4 ปริมาตร 1 ml ต่อ rumen fluid 10 ml เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ แล้ววิเคราะห์หาความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันระเหยง่าย

4. เก็บตัวอย่างเลือดในช่วงเช้าของวันสุดท้ายในแต่ละระยะทดลอง โดยเก็บจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vain) ในปริมาตร 3 ml เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความเข้มเข้นของยูเรียไนโตรเจนในเลือด

5. คำนวณสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ ดังนี้

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ} = \frac{(\text{โภชนะที่สัตว์ได้รับ} - \text{โภชนะในมูล})}{\text{โภชนะที่สัตว์ได้รับ}}$$

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลในแต่ละทรีตเมนต์ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบ 3x3 Replicated Latin Square Design และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอล (ตารางที่ 1) พบว่า มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าที่รายงานไว้โดย สุกัญญา และวราพันธ์ (2552) และเทอดศักดิ์ และคณะ (2556) แต่ใกล้เคียงกับ ฉลอง และคณะ (2559) โดยระดับของโปรตีนหยาบ อาจแตกกันไปตามวัตถุดิบ กรรมวิธีการผลิตเอทานอล รวมทั้งการสุ่มเก็บตัวอย่าง ในส่วนของเถ้าสูงกว่าที่รายงานไว้โดย เทอดศักดิ์ และคณะ (2559) และ ฉลอง และคณะ (2559) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอาจมีทรายที่

ติดมากับหัวมันสำปะหลัง ซึ่งสุกัญญา และวราพันธ์ (2559ข) ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลจำนวน 8 ตัวอย่าง พบว่า เถ้าจะมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 6.17-26.95 % ในส่วนของปริมาณโปรตีนหยาบในสูตรที่ใช้กากน้ำตาล 0 % และ 3 % มีค่าใกล้เคียงกับที่คำนวณไว้ แต่การใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 6 % มีค่าต่ำกว่าที่คำนวณไว้ ศุภกิจ และคณะ (2556) พบว่า ปริมาณโปรตีนจะลดลงเมื่อระดับของน้ำตาลเพิ่มขึ้น ($P<0.01$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในกระบวนการหมักยีสต์ต้องใช้แหล่งคาร์บอนในการสังเคราะห์เซลล์และพลังงาน ซึ่งโดยทั่วไปจุลินทรีย์ที่เจริญในสภาวะไม่มีอากาศจะใช้แหล่งคาร์บอนประมาณ 10 % ในการสังเคราะห์เซลล์ ส่วนจุลินทรีย์ที่เจริญในสภาวะที่มีอากาศจะใช้แหล่งคาร์บอนประมาณ 50–55 % ในการสังเคราะห์เซลล์

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลองจากการวิเคราะห์

Item	DM	OM	CP	EE	Ash	NDF	ADF
					% DM		
[1]CEP	19.86	80.14	6.54	1.33	15.86	61.38	45.71
Conc.+[2]YFCEP+[3]M 0%	60.87	84.17	23.65	4.84	15.83	25.10	22.43
Conc.+ YFCEP+ M 3%	63.65	82.52	23.82	5.01	17.48	27.03	23.75
Conc.+ YFCEP+ M 6%	60.72	85.59	19.01	3.80	14.41	27.47	19.35
Rice Straw	93.16	90.64	3.52	1.20	9.36	75.69	54.05

[1]CEP = cassava pulp from ethanol production; [2]YFCEP = yeast fermented cassava pulp from ethanol production; [3]M = molasses

ปริมาณการกินได้อย่างอิสระ และการย่อยได้

ปริมาณการกินได้รวมเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และกรัมที่กินได้ต่อน้ำหนักกิโลกรัมเมทาลิก ($g/kgBW^{0.75}$) พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 2) สอดคล้องกับ เทอดศักดิ์ และคณะ (2559) ที่พบว่าปริมาณการกินได้ของโคเนื้อลูกผสมโลว์ไลน์ แองกัส ที่ได้รับกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 5, 10 และ 20 % ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และสอดคล้องกับ ฉลอง และคณะ (2559) ที่พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ในโคนมที่ได้รับกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 % ปริมาณการกินได้ของโภชนะ พบว่า ปริมาณการกินได้ของโปรตีน และปริมาณการกินได้ของไขมัน ในกลุ่มที่ใช้กากน้ำตาล 0 % และ 3 % สูงกว่า ($P<0.01$) กลุ่มที่ใช้กากน้ำตาล 6 % ทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณโปรตีนที่มีต่ำในกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักด้วยยีสต์ร่วมกับกากน้ำตาล 6 % จึงเป็นผลทำให้ปริมาณโปรตีนหยาบ และไขมันในอาหารที่กินแตกต่างกัน การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนหยาบ ไขมัน เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักด้วยยีสต์ในระดับเดียวกันคือ 20 % ของอาหารข้น ทั้ง 3 สูตร เทอดศักดิ์ และคณะ (2559) รายงานว่า การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนหยาบ เยื่อใย NDF และ เยื่อใย ADF ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ในการใช้ที่ระดับ 0, 10, 15 และ 20 % ขณะที่ ฉลอง และคณะ (2559) รายงานว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของน้ำหนักแห้ง อินทรีย์วัตถุ และ คาร์โบไฮเดรทที่ไม่ใช่เยื่อใยลดลงอย่างเป็นเส้นตรง ($P<0.01$) เมื่อมีการเพิ่มระดับของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 % แต่ไม่มีผลต่อการย่อยได้ของโปรตีนหยาบ NDF และ ADF

กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน (rumen pH) พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 3) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 5.82-6.02 เมธา (2533) รายงานว่า ค่า rumen pH ที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 5.5-7.0 นอกจากนี้ Van Soest (1994) กล่าวว่า สภาวะภายในกระเพาะรูเมนควรมี rumen pH ระหว่าง 6.0-7.0 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ โดย pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใยอยู่ระหว่าง 6.5-6.8 (Grant and Mertens, 1992) และจุลินทรีย์ที่ย่อยโปรตีนจะอยู่ระหว่าง 5.5-7.0 (Kopency and Willace, 1982)

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของโคที่ได้รับกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักด้วยยีสต์ร่วมกับกากน้ำตาล ที่ระดับ 0, 3 และ 6 %

Item	[1]YFCEP + [2]M 0%	YFCEP + M 3%	YFCEP + M 6%	P-value
Dry matter intake				
kg/d	2.86	2.83	2.81	0.81
% BW	3.26	3.24	3.19	0.84
g/BW $^{0.75}$	82.37	80.94	80.83	0.77
Nutrient intake (kg DM/d)				
OMI	2.79	2.76	2.69	0.70
CPI	0.31^{A}	0.30^{A}	0.25^{B}	<0.01
EEI	0.08^{A}	0.08^{A}	0.06^{B}	<0.01
ADFI	1.40	1.41	1.31	0.35
NDFI	1.90	1.91	1.83	0.71
Digestibility (%DM)				
DMD	66.59	63.67	66.76	0.70
OMD	70.51	67.50	70.47	0.65
CPD	73.16	70.98	68.50	0.38
EED	81.69	77.84	78.28	0.27
ADFD	59.86	62.36	63.60	0.55
NDFD	63.11	63.48	66.33	0.53

[ABC] Value on the same column with different superscripts differed (P<0.01)

[1]YFCEP = yeast fermented cassava pulp from ethanol production; [2]M = molasses

กรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด (total VFA) พบว่ามีค่าอยู่ระหว่างเท่ากับ 60.31-61.09 mM/l โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าความเข้มข้นของ total VFA ในสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ในช่วง 70-130 mM/l ขึ้นอยู่กับปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิการย่อยได้ ระยะเวลาหลังการให้อาหาร และชนิดของอาหาร (Ørskov et al., 1988) โดยสัตว์ที่ได้รับอาหารที่มีเยื่อใยสูงมีสัดส่วนของกรดอะซิติค 60-70 % กรดโปรปิโอนิค 18-20 % และกรดบิวทิริค 10 % (บุญล้อม, 2541) เมื่อพิจารณาชนิดของกรดไขมันระเหยง่าย พบว่า กรดอะซิติคในกลุ่มที่ใช้กากน้ำตาล 0 % สูงกว่ากลุ่มที่ใช้กากน้ำตาล 3 % และ 6 % (P<0.01) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการใช้กากน้ำตาลในการหมักเป็นการเพิ่มคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่าย ขณะที่กรดโปรปิโอนิคในกลุ่มที่ใช้กากน้ำตาล 3 % และ 6 % สูงกว่ากลุ่มที่ใช้กากน้ำตาล 0 % (P<0.01) ส่วนกรดบิวทิริคพบว่า กลุ่มที่ใช้กากน้ำตาล 0 % และ 6 % สูงกว่ากลุ่มที่ใช้กากน้ำตาล 3 % (P<0.01) Hungate (1966) รายงานว่า ความเข้มข้นของกรดอะซิติค กรดโปรปิโอนิค และกรดบิวทิริคในกระเพาะรูเมนควรอยู่ที่ 62, 22 และ 16 % ของ total VFA ตามลำดับ ใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ ที่พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของกรดอะซิติค กรดโปรปิโอนิค และกรดบิวทิริคในกระเพาะรูเมนเท่ากับ 68.93, 24.43 และ 6.62 % ของ total VFA ตามลำดับ สอดคล้องกับ เมธา (2533) ที่รายงานว่า กรดอะซิติค กรดโปรปิโอนิค และกรดบิวทิริคในกระเพาะรูเมน ที่เหมาะสมควรอยู่ที่ 65-70, 20-22 และ 10-15 % ของ total VFA เมื่อพิจารณาสัดส่วนของกรดอะซิติคต่อกรดโปรพิโอนิค พบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักด้วยยีสต์ร่วมกับกากน้ำตาล 0 % สูงกว่ากลุ่มที่กากน้ำตาล 3 % และ 6 % (P<0.01) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเพิ่มระดับของกากน้ำตาลเป็นการเพิ่มคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่าย ทำให้สัดส่วนของกรดโปรปิโอนิคสูงขึ้น อนันตเดช และคณะ (2555) รายงานว่าสัดส่วนของกรดอะซิติคต่อกรดโปรพิโอนิคที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 1.00-4.00 จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า มีสัดส่วนในช่วง 2.02-3.76 แสดงให้เห็นว่าการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักด้วยยีสต์ร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

ระดับของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน (rumen NH_3-N) พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 15.61-16.80 mg/dl โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ระดับของ

rumen NH_3-N ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ อยู่ในช่วง 10-30 mg/dl (Perdok and Leng, 1990) ระดับของ NH_3-N มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ ซึ่ง Satter and Slyter (1974) พบว่า จุลินทรีย์มีความต้องการ NH_3-N เพื่อการเจริญเติบโตที่ระดับ 5-8 mg/dl ขณะที่ Hume (1974) รายงานว่า การสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์สูงสุดเมื่อระดับความเข้มข้นของ NH_3-N มีค่าเท่ากับ 9 mg/dl ขณะที่ Leng and Nolan (1984) รายงานว่า ระดับ rumen NH_3-N ที่เหมาะสมในการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์อาจสูงถึง 15-20 mg/dl ความเข้มข้นของ rumen NH_3-N ขึ้นอยู่กับ ชนิดของสัตว์ ชนิดของอาหาร แหล่งคาร์โบไฮเดรต ปริมาณโปรตีนที่กินศักยภาพในการเกิดกระบวนการหมักของอาหาร ความสามารถในการย่อยสลายของโปรตีน และสภาพนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน (Lewis, 1975; Erdman et al., 1986) นอกจากนี้ Wallace (1979) รายงานว่า แบคทีเรียในกลุ่ม proteolytic bacteria มีจำนวนเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเสริมยูเรีย ระดับของ rumen NH_3-N จะมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพของกระบวนการหมัก การเพิ่มขึ้นของประชากรจุลินทรีย์ และประสิทธิภาพการสังเคราะห์โปรตีนในเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่ง Perdok and Leng (1990) รายงานว่า NH_3-N อยู่ในช่วง 15-30 mg/dl มีผลทำให้ปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการย่อยอาหารเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3 แสดงกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในโคที่ได้รับกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอหมักด้วยยีสต์ร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 3 และ 6 %

Item	[1]YFCEP + [2]M 0%	YFCEP + M 3%	YFCEP + M 6%	P-value
Ruminal pH	5.97	6.02	5.82	0.67
VFA				
tVFA, mM/l	61.09	60.49	60.31	0.72
Acetic acid, %	72.28[A]	67.96[B]	66.55[B]	<0.01
Propionic, %	20.36[B]	26.51[A]	26.41[A]	<0.01
Butyric, %	7.33[A]	5.51[B]	7.03[A]	<0.01
Acitic acid : Propionic	3.55[A]	2.56[B]	2.52[A]	<0.01
Rumen NH_3-N (mg /dl)	16.31	16.46	16.06	0.32
BUN				
0 hr	11.08	10.92	11.75	0.52
4 hr	12.25	12.08	13.42	0.23

[ABC] Value on the same column with different superscripts differed (P<0.01)

[1]YPCEP = yeast fermented cassava pulp from ethanol production; [2]M = molasses

ระดับของยูเรียไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen, BUN) ในชั่วโมงที่ 0 หลังให้อาหาร พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 8.50-14.00 mg/dl โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และระดับของ BUN เพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 4 หลังให้อาหาร โดยมีค่าอยู่ในช่วง 8.00, 19.50 mg/dl โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติเช่นเดียวกัน ซึ่งความเข้มข้นของ BUN มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ rumen NH_3-N (เมธา, 2533) โดยโปรตีนแท้ และสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนจะถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมนเปลี่ยนให้เป็น NH_3-N ซึ่งถูกนำไปใช้ประโยชน์โดยจุลินทรีย์ในการนำไปสังเคราะห์เป็นจุลินทรีย์โปรตีน NH_3-N ส่วนที่เหลือจากการใช้ประโยชน์จะถูกดูดซึมผ่านกระแสเลือดไปที่ตับและจะถูกหมุนเวียนกลับมาใช้ประโยชน์โดยอาศัยวัฏจักรยูเรีย (urea cycle) จากการศึกษาในครั้งนี้ระดับของ BUN อยู่ในช่วงปกติ โดย Iloyd (1982) รายงานว่า ระดับที่เหมาะสมของยูเรียไนโตรเจนในเลือด อยู่ในช่วง 11.2-27.7 mg/dl ซึ่งเป็นช่วงที่สัตว์ได้รับอาหารโปรตีนอย่างเพียงพอ และมีกระบวนการใช้ประโยชน์จากอาหารโปรตีนอย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักด้วยยีสต์ร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 3 และ 6 % ต่อปริมาณการกินได้ พบว่า ปริมาณอาหารที่กินรวม ปริมาณการกินได้เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว

และปริมาณการกินได้เมื่อคิดเป็น g/kgBW$^{0.75}$ ปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ขณะที่ปริมาณการกินได้ของโปรตีน และไขมัน ในกลุ่มที่ใช้กากน้ำตาล 0 % และ 3 % สูงกว่า กลุ่มที่ใช้ 6 % ($P<0.01$) ปริมาณการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนหยาบ ไขมัน เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF กรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่พบว่า กรดอะซิติคในกลุ่มที่ใช้กากน้ำตาล 0 % สูงกว่ากลุ่มที่ใช้กากน้ำตาล 3 % และ 6 % ($P<0.01$) กรดโปรปิโอนิคในกลุ่มที่ใช้กากน้ำตาล 3 % และ 6 % จะสูงกว่ากลุ่มที่ใช้กากกากน้ำตาล 0 % ($P<0.01$) กรดบิวทีริคในกลุ่มที่ใช้กากน้ำตาล 0 % และ 6 % จะสูงกว่ากลุ่มที่ใช้กากกากน้ำตาล 3 % ($P<0.01$) ระดับของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน ระดับของยูเรียไนโตรเจนในเลือด และระดับของแอมโมเนียไนโตรเจนในปัสสาวะ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2559. สถานการณ์กำลังการติดตั้งโรงงานเอทานอลของประเทศไทย. ข้อมูลโรงงานผลิตเอทานอล. ค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2559, http://www.dede.go.th/more_news.php?cid=82&filename=gasohol_policy.

กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2551. การศึกษาองค์ประกอบเศษเหลือจากการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์และเป็นปุ๋ยสาหรับพืช. ใน: การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51. มหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์.

ฉลอง วชิราภากร, จันทิรา วงศ์เณร, อนุสรณ์ เชิดทอง และกันยา พลแสน. 2559. ผลของกากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมในโคให้นม. วารสารเกษตร. 32(2), 247-259.

เทอดศักดิ์ ปุระมงคล, ทิพย์วดี ประไพวงษ์ และสุนทร บุญมีมาก. 2556. การใช้ผลพลอยได้ของมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลต่อผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบของน้ำนมในโคนม, ใน: การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

เทอดศักดิ์ ปุระมงคล, กังวาน ธรรมแสง, ทิพย์วดี ประไพวงษ์, วันชัย อินทิแสง และสุนทร บุญมีมาก. 2559. การใช้ผลพลอยได้จากการผลิตเอทานอลด้วยมันสำปะหลังต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้สมรรถนะการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของโคเนื้อ. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. โภชนศาสตร์สัตว์. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ฟันนี่พลับบลิสชิ่ง.

วราพันธุ์ จินตณวิชญ์, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และอุทัย คันโธ. 2551. การศึกษาองค์ประกอบเศษเหลือจากการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์และเป็นปุ๋ยสำหรับพืช. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ศุภกิจ สุนาโท, วิโรจน์ ภัทรจินดา, พรชัย ล้อวิลัย และงามนิจ นนทโส. 2556. การใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักยีสต์เพื่อเป็นอาหารในโครีดนม. แก่นเกษตร. 41(1), 87-91.

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และวราพันธ์ จินตณวิชญ์. 2552. การใช้ประโยชน์เศษเหลือจากมันสำปะหลัง. ศูนย์ค้นคว้า และพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจฯ. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน.

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และวราพันธุ์ จินตณวิชญ์. 2559ก. การผลิตใบมันสำปะหลังแห้งเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์. ค้นเมื่อ 22 ตุลาคม 2550, http://www.rdi.ku.ac.th/exhibition/Y51/Trade/trade_05-01/trade_05_1.htm.

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และวราพันธุ์ จินตณวิชญ์. 2559ข. การใช้ประโยชน์เศษเหลือจากมันสำปะหลัง. ค้นเมื่อ 14 มกราคม 2559, http://www.tapiocathai.org/Brochure/c_2.pdf.

อนันตเดช แย้มหอม, วันวิศาข์ งามผ่องใส และปิ่น จันจุฬา. 2555. ผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นต่อการใช้

ประโยชน์ได้ของโภชนะ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทย. แก่นเกษตร. 40(1), 343-358.

AOAC. 1985. Official Method of Analysis. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Erdman, R. A., G. H. Proctor, and J. H. Vandersall. 1986. Effect of rumen ammonia concentration on in situ rate and extent of digestion of feedstuffs. Journal of Dairy Science. 69(9), 2312-2320.

Georing, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analysis (apparatus, procedures and some applications). Agric. Handbook No. 379. Washington DC.: Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture.

Grant, R. J. and D. R. Mertens. 1992. Influence of buffer, pH and raw starch addition on in vitro fiber digestion kinetics. Journal of Dairy Science. 75(10), 2762-2768.

Hume, I. D. 1974. The proportion of dietary protein escaping degradation in the rumen of sheep fed on various protein concentrates. Australian Journal of Agricultural Research. 25(1), 155-165.

Iloyd, S. 1982. Blood characteristics and the nutrition of ruminants. British Veterinary Journal. 138, 70-85.

Kopency, J. and R. J. Wallace. 1982. Cellular location and some properties of proteolytic enzymes of rumen bacteria. Applied and environmental microbiology. 43(5), 1026-1033.

Leng, R. A. and J. V. Nolan. 1984. Nitrogen metabolism in the rumen. Journal of Dairy Science. 67(5), 1072-1089.

Lewis, D. 1975. Blood urea concentration in relation to protein utilization in the ruminant. The Journal of Agricultural Science. 48(4), 438-446.

Ørskov, E. R., G. W. Reid, and M. Kay, 1988. Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughage. Animal Science. 46(1), 29-34.

Perdok, H. B. and R. A. Leng. 1990. Effect of supplementation with protein meal on the growth of cattle given abasal diet of untreated or ammoniated rice straw. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 3(4), 269-279.

Satter, R. D. and R. R. Slyter. 1974. Effect of ammonia concentration on ruminal microbial protein production in vitro. British journal of nutrition. 32(2), 199-208.

Steel, R.G.D., and J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. New York: McGraw Hill Book Company, Inc.

Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd Ed. Ithaca: Cornell University Press.

Wallace, R.J. 1997. Peptide metabolism and its efficiency in ruminant production. *In*: Rumen microbes and digestive physiology in ruminants: Satellite Symposium of the 8th Animal Science Congress. October 1996. Kyoto.