Prawarun Agr. J. Volume 15(2) 2018, Pages 305-318

บทความวิจัย

ผลของการใช้กากมันสำปะหลังที่เหลือจากการผลิตเอทานอล (DDCP) ในสูตรอาหารข้นต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในแพะรุ่นพันธุ์พื้นเมืองไทย

คณิน บรรณกิจ*

คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ต. เกาะแก้ว อ. เสลภูมิ จ. ร้อยเอ็ด 45120

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งศึกษาระดับกากมันสำปะหลังที่เหลือจากการผลิตเอทานอล (DDCP) ในสูตรอาหารข้นต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตแพะรุ่นพันธุ์พื้นเมืองไทย โดยสัตว์ทดลอง คือแพะรุ่นพันธุ์พื้นเมืองไทยเพศผู้ ที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 14.28±2.60 กิโลกรัม อายุเฉลี่ย 210.5±69.97 วัน จำนวน 12 ตัว ทำการสุ่มจัดเข้าทดลองตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) กำหนดให้ได้รับอาหารทดลองที่มีระดับ DDCP ที่แตกต่างกันดังนี้ คือ 1) 0% DDCP (สูตรควบคุม), 2) 20% DDCP และ 3) 40% DDCP โดยใช้ฟางแห้งเป็นอาหารหยาบหลักให้กินแบบเต็มที่ตลอดระยะเวลานาน 60 วัน ผลการทดลองพบว่า ปริมาณการกินได้ทั้งหมด (538.95, 550.80 และ 511.91 gDM/d; $P>0.05$) ไม่มีความแตกต่างกันในทุกกลุ่มทดลอง ส่วนความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (66.36, 65.69 และ 59.60 %) และความสามารถในการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (67.27, 66.59 และ 60.65 %) ลดลงทั้งแบบเส้นตรง (linear, $P<0.01$) และเส้นโค้งกำลังสอง (quadratic, $P<0.01$) เมื่อเพิ่มระดับ DDCP ไปที่ 40% แต่ในกลุ่มที่ได้รับระดับ 20% DDCP และกลุ่มควบคุมให้ผลไม่แตกต่างกันทั้งในส่วนของความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุ ผลต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมักพบว่า ความเข้มข้นแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะหมัก (12.29, 12.31 และ 15.84 mg%) เพิ่มขึ้นทั้งแบบเส้นตรง (linear, $P<0.01$) และเส้นโค้งกำลังสอง (quadratic, $P<0.01$) ตามระดับ DDCP ที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามกลุ่มที่ได้รับระดับ 20% DDCP ไม่แตกต่างกันกับกลุ่มควบคุม โดยที่ระดับ 40% มีค่าสูงกว่าทุกกลุ่ม ส่วนความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด (85.03, 83.16 และ 75.1 mM/l) ลดลงแบบเส้นตรง (linear, $P<0.01$) ตามระดับ DDCP ที่เพิ่มขึ้น การศึกษาประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักพบว่า ประชากรแบคทีเรีย [2.25, 2.24 และ 1.98 (x 10^{10} cell/ml)] และโปรโตซัว [2.07, 2.07 และ 1.84 (x 10^{5} cell/ml)] ลดลงทั้งแบบเส้นตรง (linear, $P<0.01$) และเส้นโค้งกำลังสอง (quadratic, $P<0.01$) เมื่อเพิ่มระดับ DDCP ไปที่ 40% แต่ให้ผลไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่ได้รับ 20% DDCP และกลุ่มควบคุม และการศึกษาผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตพบว่า อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (74.51, 72.77 และ 60.15 g/d) ลดลงแบบเส้นตรง (linear, $P<0.01$) ตามระดับ DDCP ที่เพิ่มขึ้น คือกลุ่มที่ได้รับสูตร 40% DDCP มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันต่ำกว่าทุกกลุ่ม โดยที่กลุ่ม 20% DDCP และกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน ส่วนอัตราการเพิ่มน้ำหนักต่ออาหารที่ใช้ (G:F) (0.14, 0.13 และ 0.12 kg of gain/kg of DMI) มีผลไปในทางเดียวกันคือ ลดลงแบบเส้นตรง (linear, $P<0.05$) ตามระดับที่เพิ่มขึ้นของ DDCP แต่ไม่มีผลแตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่ได้รับ 20% DDCP และกลุ่มควบคุม จากผลการทดลองครั้งนี้สรุปว่า สามารถใช้ DDCP ได้ 20% ในสูตรอาหารข้นโดยไม่กระทบต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะรุ่นพันธุ์พื้นเมืองไทย

คำสำคัญ : กากมันสำปะหลังแห้งที่เหลือจากการผลิตเอทานอล แพะรุ่นพันธุ์พื้นเมืองไทย

*ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: kaninbunnakit@hotmail.com

Effects of Using Distillers Dried Cassava Pulp (DDCP) from Ethanol Production on Growth Performance of Growing Thai Native Goats

Kanin Bunnakit*

Faculty of Liberal Arts and Science, Roi-et Rajabhat University,
Kohkaew, Selaphum, Roi-Et, 45120, Thailand.

Abstract

This study was to evaluate the effects of using distillers dried cassava pulp (DDCP) from ethanol production on growth performance of growing Thai Native goats. Twelve Thai Native male goats (14.28±2.60 kgBW and 210.5±69.97 days of age) were used in a randomized complete block design (RCBD). The treatments were the three levels of distillers dried cassava pulp (DDCP) in the concentrate mixes at 0%, 20% and 40% of diet DM. All animals were fed rice straw *ad libitum* as roughage. The results showed that total dry matter (DM) intake was not significantly different among dietary treatments (538.95, 550.80 and 511.91 gDM/d; $P>0.05$). Increase in level of DDCP caused decreased linearly ($P<0.01$) and quadratically ($P<0.01$) in dry matter digestibility (66.36, 65.69 and 59.60 %) and organic matter (OM) digestibility (67.27, 66.59 and 60.65 %) and were lowest in goats fed at 40% DDCP. Ruminal ammonia-N (NH_3-N) concentration (12.29, 12.31 and 15.84 mg%) was highest in goats fed 40% DDCP and showed that with increasing level of DDCP in the diet caused increased linearly ($P<0.01$) and quadratically ($P<0.01$) in ruminal NH_3-N concentration. Moreover, total volatile fatty acid (TVFAs) linearly decreases ($P<0.01$) (85.03, 83.16 and 75.1 mM/l) reflecting increases in level of DDCP. Bacteria [2.25, 2.24 and 1.98 (x 10^{10} cell/ml)] and protozoa [2.07, 2.07 and 1.84 (x 10^{5} cell/ml)] populations also decreased linearly ($P<0.01$) and quadratically ($P<0.01$) as the level of DDCP increased, but, goats fed at 0% and 20% DDCP were not differ. Average daily gain (ADG) (74.51, 72.77 and 60.15 g/d) was decreased linearly ($P<0.01$) as the level of DDCP was increased. Moreover, Gain to Feed ratio (G:F) (0.14, 0.13 and 0.12 kg of gain/kg of DMI) decreased linearly ($P<0.05$) as DDCP increased in the ration and were lowest in goats fed 40% DDCP, but at 0 and 20% DDCP were not differ. It could be concluded that DDCP inclusion in concentrate for growing Thai Native goat at 20% without any negative effect on growth performance.

Keywords: Distillers dried cassava pulp from ethanol production (DDCP), Growing Thai Native goats

*Corresponding author: E-mail : kaninbunnakit@hotmail.com

บทนำ

ปัจจุบันทุกประเทศทั่วโลกได้ให้ความสนใจในการศึกษาหาแหล่งพลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆ กันอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะพลังงานเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ ซึ่งในอดีตที่ผ่านมาจะได้จากน้ำมันปิโตรเลียมเป็นส่วนใหญ่ ส่งผลให้ทุกแหล่งต่างๆ ทั่วโลกมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็ว และมีราคาเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้การเผาผลาญพลังงานดังกล่าวยังก่อให้เกิดมลภาวะกับสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ดังนั้นการหาพลังงานทางเลือกที่มีราคาถูกและมีผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมที่น้อยกว่า คือทางออกของปัญหาดังกล่าว วัตถุดิบสำหรับผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้รับความสนใจมากขึ้นจากทั่วโลก คือ เอทานอล ซึ่งสามารถผลิตได้จากส่วนต่างๆ ของพืช ไม่ว่าจะเป็นจากเมล็ดธัญพืช พืชน้ำตาลและพืชหัว เป็นต้น สำหรับประเทศไทยนั้นในแต่ละปีมีการผลิตพืชดังกล่าวได้ในปริมาณมากและเพิ่มขึ้นทุกปี โดยเฉพาะมันสำปะหลัง ซึ่งนำเข้าเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลเพิ่มขึ้นทุกปี ขณะเดียวกันก็มีเศษเหลือออกมาเพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัวเช่นกัน ซึ่งอาจมีผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมได้มากหากมีการจัดการที่ไม่ถูกวิธี จากสถานะการณ์ดังกล่าว Sriroth *et al*. (2012) ได้แนะแนวทางออกโดยศึกษาข้อมูลจากหลายประเทศ โดยเฉพาะประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งผลิตเอทานอลเพิ่มขึ้นทุกปีเช่นกัน แต่ใช้ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตมากกว่า 60% โดยเรียกเศษเหลือนี้ว่า “dried distillers grain with solubles (DDGS)” และมีวิธีการหนึ่งในการจัดการกับเศษเหลือดังกล่าว คือ หลังจากกลั่นแยกเอทานอลออกไปแล้วจะนำไปเป็นอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ซึ่งการศึกษาของ Luepp *et al*. (2009) รายงานว่าสามารถใช้ในสูตรอาหารโคเนื้อเพศผู้ได้ถึง 30% โดยไม่กระทบกับประสิทธิภาพการผลิตแต่อย่างใด ส่วน Schauer *et al*. (2008) ได้ศึกษาในแกะรุ่นเพศผู้ พบว่าสามารถ ใช้ได้ถึง 60% โดยไม่กระทบต่อคุณภาพซาก นอกจากนี้ Felix *et al*. (2012) รายงานว่าการใช้ที่ระดับไม่เกิน 20% ในสูตรอาหารแกะรุ่นเพศผู้ไม่มีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโต จากข้อมูลดังกล่าวจึงนำมาเป็นแนวคิดในการจัดการกับเศษเหลือจากกระบวนการผลิตเอทานอลในประเทศไทย เนื่องจากเศษเหลือทั้งสองชนิดมีความคล้ายกัน คือ ทั้ง DDGS และกากมันสำปะหลังคือ เศษเหลือจากกระบวนการผลิตเอทานอล ซึ่งเกิดจากกระบวนการหมักของยีตส์เหมือนกัน จึงน่าจะสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานแก่สัตว์ได้เช่นเดียวกัน นักวิชาการหลายกลุ่มในประเทศไทยได้ศึกษาหาแนวทางการนำมาเป็นอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ โดยเฉพาะการใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง แต่ก็อยู่ในวงจำกัดและได้ข้อมูลที่ยังไม่ชัดเจนเพียงพอเพื่อขยายผลสู่เกษตรกรที่จะนำไปใช้ในการผลิตปศุสัตว์อย่างจริงจัง นอกจากนี้ข้อมูลทางวิชาการรายงานว่ากากมันสำปะหลังที่เหลือจากกระบวนการผลิตเอทานอล (distillers dried cassava pulp; DDCP) มีโปรตีนต่ำกว่า DDGS จากข้าวโพดมาก โดยมีโปรตีนหยาบประมาณ 11-14% และอาจเป็นโปรตีนคุณภาพต่ำอีกด้วย ส่วน DDGS จากข้าวโพดมีโปรตีนหยาบประมาณ 30% (Sriroth *et al*., 2012) ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ที่สุด เนื่องจากในปัจจุบันยังมีรายงานการศึกษาอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ถึงข้อมูลแนวทางการนำกากมันสำปะหลังที่เหลือจากการผลิตเอทานอลมาเป็นอาหารแพะรุ่นพันธุ์พื้นเมืองไทยในการเพิ่มสมรรถภาพการผลิต ลดต้นทุนการค่าอาหารแพะเนื้อแก่เกษตรกรได้ และลดมลภาวะของสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สัตว์ทดลองและการให้อาหาร

สัตว์ทดลองที่ใช้ คือ แพะรุ่นพันธุ์พื้นเมืองไทยเพศผู้ที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 14.28±2.60 กิโลกรัม และอายุเฉลี่ย 210.5±69.97 วัน จำนวน 12 ตัว โดยมีวิธีการจัดการสัตว์ทดลองดังนี้

1.1 ระยะก่อนทดลอง (preliminary period) ขังแพะทุกตัวในคอกรวมประมาณ 3 สัปดาห์ ที่มีรางอาหารและรางน้ำเพียงพอ โดยได้รับฟางแห้งเต็มที่ (*adlib*) ร่วมกับอาหารข้นสูตรควบคุม (control) ทำการถ่ายพยาธิ ฉีดวัคซีนป้องกันโรค และทำเครื่องหมายโดยการติดเบอร์หู และดูแลให้แพะทุกตัวมีสุขภาพสมบูรณ์ที่สุด

1.2 ระยะปรับสัตว์ (adjusting period) สุ่มจัดแพะเข้าคอกขังเดี่ยวคอกละตัว รวม 12 คอก ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) ช่วงนี้อาหารข้นที่ให้คือ สูตรควบคุม (control) ที่กำหนดไว้ วันละ 2 ครั้ง เช้า (07.00 น.) และเย็น (16.00 น.) โดยให้อาหารข้น ในระดับ 1.5% BW โดยคำนวณให้มีระดับโปรตีน 16% ได้รับอาหารหยาบคือฟางแห้งเต็มที่ (*adlib*) ให้น้ำสะอาดอย่างเพียงพอตลอดเวลา เพื่อปรับสัตว์ให้คุ้นเคยกับสภาพคอกขังเดี่ยว

การจัดการดูแล และสภาพแวดล้อมในโรงเรือนทดลองนานประมาณ 15 วัน

1.3 ระยะเวลาทำการทดลอง (experimental period) แพะทุกตัวได้รับอาหารที่กำหนดตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) โดยแบ่งแพะออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ตัวโดยใช้ความแตกต่างด้านอายุและน้ำหนักตัวสัตว์ในการจัดกลุ่ม (blocks) กำหนดให้แพะทดลองได้รับอาหารข้นที่มีระดับกากมันสำปะหลังที่เหลือจากการผลิตเอทานอล (distillers dried cassava pulp, DDCP) ที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1) 0% DDCP (กลุ่มควบคุม), 2) 20% DDCP และ 3) 40% DDCP โดยให้วันละ 2 ครั้ง คือ ช่วงเช้า (07.00 น.) และเย็น (16.00 น.) โดยให้อาหารข้นที่คำนวณให้มีระดับโปรตีน 16% ในระดับ 1.5% BW และได้รับอาหารหยาบคือฟางแห้งแบบเต็มที่ (*adlib*) โดยให้น้ำสะอาดอย่างเพียงพอตลอดเวลา เพื่อปรับสัตว์ให้คุ้นเคยกับสภาพคอกขังเดี่ยว รูปแบบการจัดการดูแล และสภาพแวดล้อมในโรงเรือนทดลองนานประมาณ 15 วัน และปรับระดับปริมาณอาหารที่ให้ทุกๆ 15 วัน โดยปรับตามน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงหลังจากได้ข้อมูลน้ำหนัก

2. การเก็บข้อมูล

2.1 บันทึกปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบและอาหารข้น โดยการนำอาหารทั้งหมดที่เหลือในแต่ละวันมาชั่งน้ำหนักก่อนการให้อาหารเช้าเพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณการกินได้ต่อวัน

2.2 บันทึกข้อมูลน้ำหนักตัว โดยทำการชั่งน้ำหนักเป็นประจำทุกๆ 15 วัน ในตอนเช้าก่อนให้อาหารเพื่อคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต

2.3 อาหารทดลองจะถูกสุ่มเก็บตัวอย่างในช่วงของการทดลองทุกสัปดาห์ และนำมาผสมรวมกันในสัดส่วนที่เท่ากันก่อนนำเข้าอบที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมงหรือจนกว่าน้ำหนักคงที่ เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณวัตถุแห้งและใช้ในการคำนวณหาปริมาณการกินได้วัตถุแห้งต่อวัน และอบที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมงหรือจนกว่าน้ำหนักคงที่เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ เถ้า (Ash), โปรตีนหยาบ (CP) ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2000) และหา neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), acid detergent lignin (ADL) ตามวิธีการของ Van Soest *et al*. (1991) และ acid insoluble ash (AIA) ตามวิธีการของ Van Keulen and Young (1997)

2.4 การสุ่มเก็บตัวอย่างมูล เริ่มสุ่มเก็บ 5 วันติดต่อกันในสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง โดยเก็บแบบทั้งหมด (total collection) ด้วยการใช้ถาดรองมูลใต้กรงมูลสดทั้งหมดชั่งน้ำหนักเป็นรายตัวในแต่ละวัน โดยทำการเก็บในช่วงเช้าก่อนให้อาหาร จากนั้นคลุกทุกส่วนให้เข้ากัน ส่วนที่ 1 สุ่มเก็บประมาณ 1 กิโลกรัม นำไปอบที่ 100 องศาเซลเซียส จนกว่าน้ำหนักจะคงที่เพื่อคำนวณหาวัตถุแห้งในมูล และนำไปคำนวณหาความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DM) และมูลส่วนที่ 2 ทำการสุ่มเก็บไว้ประมาณ 5% ของแต่ละวัน นำมาคลุกเคล้ากัน และสุ่มเก็บไว้ นำไปอบที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในมูลเช่นเดียวกับอาหาร เพื่อนำไปคำนวณความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะในอาหาร

2.5 สุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนทุกๆ 15 วันของการทดลอง เพื่อศึกษากระบวนการหมักในรูเมน โดยใช้เครื่องดูดสุญญากาศ (stomach tube) ที่เวลา 0, 3, 6 และ 9 ชั่วโมงหลังการให้อาหารเช้า ของเหลวที่ได้นำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ทันทีหลังการสุ่มเก็บด้วยเครื่อง pH meter จากนั้นสุ่มส่วนที่ 1 เพื่อเก็บไว้สำหรับตรวจนับจำนวนและชนิดของประชากรแบคทีเรียและโปรโตซัว ตามวิธีการของ Galyean (1989) และส่วนที่ 2 สุ่มเก็บในปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริก (6 N HCl) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เพื่อเก็บรักษาและเป็นการหยุดชะงักกิจกรรมและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ก่อนการนำไปเหวี่ยงใสและแช่แข็งที่อุณหภูมิ -16 องศาเซลเซียส เพื่อรอทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของ NH_3-N ตามวิธีการของ Bremner and Keeney (1965) และกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายทั้งหมดด้วยวิธีการกลั่นและไทเทรตตามวิธีการของ Briggs *et al*. (1957)

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการศึกษามาหาความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละทรีทเมนต์ โดยการใช้ Duncan New's Multiple Range Test (Proc GLM of SAS; SAS, 1996) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05) และศึกษา

แนวโน้มการตอบสนองของการเพิ่มระดับ DDCP ด้วยวิธี Orthogonal Polynomial (Steel and Torries, 1980)

ผลการวิจัย

1. องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

อาหารหยาบที่ใช้ในงานทดลองครั้งนี้คือ ฟางแห้ง เมื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี (ตารางที่ 2) พบว่า มีโปรตีนหยาบ (CP) 2.1%, เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (NDF) 64.5%, เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (ADF) 46.1% และลิกนิน (acid detergent lignin, ADL) 9.2% ส่วนอาหารข้น ผลจากการวิเคราะห์ในสูตรอาหารทดลอง พบว่ามีโปรตีนหยาบ (CP) 16.3%, 16.3% และ 16.2% สำหรับสูตรควบคุม, สูตร 20% DDCP และ 40% DDCP ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับระดับที่คำนวณไว้ที่ 16% CP ส่วน NDF มีค่าเท่ากับ 16.7%, 17.3% และ 18.9%, ADF มีค่าเท่ากับ 8.8%, 9.4% และ 10.6% และระดับของลิกนินที่ได้จากการวิเคราะห์ค่า ADL มีค่าเท่ากับ 3.7%, 3.9% และ 4.4% ตามลำดับ ซึ่งทั้ง NDF, ADF และ ADL ในสูตร 40% DDCP มีค่าสูงกว่าทุกสูตรเล็กน้อย ส่วนกากมันสำปะหลังซึ่งเป็นเศษเหลือจากกระบวนการผลิตเอทานอล (DDCP) ที่นำมาใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ พบว่ามีค่าเฉลี่ยของโปรตีนหยาบ (CP) 9.8%, NDF 40.2%, ADF 20.5% และ ADL 4.9% ตามลำดับ

Table 1 Ingredients of dietary treatment containing in varying amounts of DDCP (%DM basis)

	Dietary treatment (DDCP, %)		
Ingredient	0	20	40
DDCP	0.0	20.0	40.0
Cassava pulp	49.3	38.3	6.3
Rice bran	20.0	14.0	10.0
Soybean meal	14.0	11.0	7.0
Palm meal	7.0	7.0	7.0
Molasses	6.0	6.0	6.0
Sulfur	0.2	0.2	0.2
Urea	2.0	2.0	2.0
Lime stone	0.5	0.5	0.5
Salt (NaCl)	0.5	0.5	0.5
Mixed mineral	0.5	0.5	0.5
Total	100.0	100.0	100.0

DDCP: distillers dried cassava pulp from ethanol production

Table 2 Chemical composition of dietary treatment

Chemical composition (%)[2]	Dietary treatment (DDCP ,%)[1]				
	0	20	40	Rice straw	DDCP
DM	91.4	90.8	90.3	95.8	91.6
	.....%DM.....				
OM	92.2	91.8	91.4	92.6	93.1
CP	16.3	16.3	16.2	2.1	9.8
NDF	16.7	17.3	18.9	64.5	40.2
ADF	8.8	9.4	10.6	46.1	20.5
ADL	3.7	3.9	4.4	9.2	4.9
Ash	7.8	8.2	8.6	7.4	6.9

[1]Level of DDCP = 0%, 20% and 40%

[2]Based on analysis of composite feed sample; DM: dry matter, OM: organic matter, NDF: neutral detergent fiber, ADF: acid detergent fiber, ADL: acid detergent lignin, AIA: acid insoluble ash, CP: crude protein

Table 3 Effect of levels of DDCP on feed intake and digestible nutrient intake of goats

Items	Dietary treatment (DDCP, %)			SEM	*P*-value	Contrast*	
	0	20	40			L	Q
Feed intake (gDM/d)	N=4	N=4	N=4				
Concentrate	114.13[a]	109.85[a]	84.69[b]	6.48	0.04	0.02	0.24
Roughage	424.82	440.95	427.21	14.44	0.71	0.91	0.43
Total intake	538.95	550.80	511.91	14.04	0.21	0.22	0.19
Total intake (%BW)	3.25	3.27	3.23	0.08	0.93	0.80	0.77
Total intake (g/kgBW$^{0.75}$)	65.52	66.05	64.26	1.58	0.72	0.62	0.57
Nutrient intake (g/d)							
OM	498.61	509.16	473.01	13.01	0.21	0.22	0.19
CP	27.53[a]	27.17[a]	22.69[b]	1.02	0.03	0.02	0.15
Digestible nutrient intake (g/d)							
OM	335.49[a]	339.28[a]	286.7[b]	10.89	0.03	0.02	0.08
MCP	43.61[a]	44.11[a]	37.27[b]	1.42	0.03	0.02	0.08

SEM = standard error of the mean, *Orthogonal polynomial contrast L= linear and Q= quadratic, MCP (microbial crude protein) = 0.13 x kgDOMI (ARC, 1984)

2. ปริมาณการกินได้อย่างอิสระ

ปริมาณการกินได้ของอาหารข้น อาหารหยาบ และปริมาณการกินได้ทั้งหมด (ตารางที่ 3) พบว่าระดับของ DDCP ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมด (538.95, 550.80 และ 511.91 gDM/d; *P*>0.05) และปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ (424.82, 440.95 และ 427.21 gDM/d, *P*>0.05) แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการกินได้ของอาหารข้น (114.13, 109.85 และ 84.69 gDM/d) โดยเมื่อเพิ่มระดับ DDCP ใน

อาหารทดลองจาก 20% ไปที่ 40% พบว่าปริมาณการกินได้อาหารของข้นลดลงเป็นแบบเส้นตรง (linear, $P<0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับ 40% DDCP มีปริมาณการกินได้อาหารของข้นต่ำกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับปริมาณการกินได้ของโปรตีนหยาบ คือ 27.53, 27.17 และ 22.69 g/d ที่ลดลงเป็นแบบเส้นตรง (linear, $P<0.05$) ตามระดับ DDCP ที่เพิ่มขึ้น โดยกลุ่มที่ได้รับ 40% DDCP ต่ำกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม 20% DDCP และกลุ่มควบคุม ส่วนปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (OM) คือ 335.49, 339.28 และ 286.7 g/d และจุลินทรีย์โปรตีน (MCP) ที่ได้รับ คือ 43.61, 44.11 และ 37.27 g/d สำหรับสูตรควบคุม, สูตร 20% DDCP และ 40% DDCP ตามลำดับ โดยพบว่ามีปริมาณการกินได้ลดลงเป็นแบบเส้นตรง (linear, $P<0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับ 40% DDCP มีปริมาณการกินได้ต่ำกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่ไม่มีแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม 20% DDCP และกลุ่มควบคุม

3. ความสามารถในการย่อยได้

ความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะ (ตารางที่ 4) พบว่าความสามารถในการย่อยได้ทั้งในส่วนของวัตถุแห้ง (dry matter digestibility)คือ 66.36, 65.69 และ 59.60% และอินทรียวัตถุ (organic matter digestibility) คือ 67.27, 66.59 และ 60.65% ซึ่งลดลงทั้งแบบเส้นตรง (linear, $P<0.01$) และแบบเส้นโค้งกำลังสอง (quadratic, $P<0.01$) ตามระดับ DDCP ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร โดยกลุ่มที่ได้รับ 40% DDCP มีความสามารถในการย่อยได้ต่ำกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แต่ในกลุ่มควบคุมและกลุ่ม 20% DDCP ไม่แตกต่างกัน

4. สมรรถภาพการเจริญเติบโต

เมื่อพิจารณาอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain, ADG) (ตารางที่ 4) พบว่ากลุ่มที่ได้รับระดับ 20% DDCP และกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ขณะที่กลุ่มที่ได้รับ 40% DDCP มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันต่ำกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) คือ 74.51, 72.77 และ 60.15 g/d โดยลดลงในลักษณะแบบเส้นตรง (linear, $P<0.01$) นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการเจริญเติบโตต่อปริมาณอาหารที่ใช้ (Gain to Feed ratio, G:F) คือ 0.14, 0.13 และ 0.12 kg of gain/kg of DMI ลดลงแบบเป็นเส้นตรง (linear, $P<0.05$)

Table 4 Effect of levels of DDCP on digestibility and growth performance of goats

Items	Dietary treatment (DDCP, %)			SEM	*P*-value	Contrast*	
	0	20	40			L	Q
	N=4	N=4	N=4				
Digestibility (%DM)							
DM	66.36[a]	65.69[a]	59.60[b]	0.43	<0.01	<0.01	<0.01
OM	67.27[a]	66.59[a]	60.65[b]	0.42	<0.01	<0.01	<0.01
Body weight (kg)							
Initial weight	14.35	14.79	14.22	-	-	-	-
Final weight	18.82[ab]	19.17[a]	17.83[b]	0.29	0.04	0.05	0.06
ADG (g/d)	74.51[a]	72.77[a]	60.15[b]	1.93	<0.01	<0.01	0.06
Gain to Feed ratio (G:F)	0.14[a]	0.13[ab]	0.12[b]	0.005	0.06	0.03	0.42

SEM = standard error of the mean, *Orthogonal polynomial contrast L= linear and Q= quadratic, ADG = average daily grain

5. ผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมัก

ผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมัก (ตารางที่ 5) จากผลการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวจากกระเพาะหมัก คือ 6.34, 6.48 และ 6.56 ซึ่งพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งแบบเส้นตรง (linear, $P<0.05$) และแบบเส้นโค้งกำลังสอง (quadratic, $P<0.01$) ตามระดับ DDCP ที่เพิ่มขึ้น โดยพบว่ากลุ่มที่ได้รับ 40% DDCP มีความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าทุกกลุ่ม ทำนองเดียวกับระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ในกระเพาะหมัก คือ 12.29, 12.31 และ 15.84 mg% ซึ่งพบว่าเพิ่มขึ้นทั้งแบบเส้นตรง (linear, $P<0.01$) และ แบบเส้นโค้งกำลังสอง (quadratic, $P<0.01$) ตามระดับ DDCP ที่เพิ่มขึ้น โดยจะเห็นว่าทั้งค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ในกลุ่มที่ได้รับ 40% DDCP สูงกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ในทางตรงกันข้ามกับระดับของกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายรวมทั้งหมด (total volatile fatty acid, TVFAs) คือ 85.03, 83.16 และ 75.1 mM/l มีลักษณะการลดลงเป็นแบบเส้นตรง (linear, $P<0.01$) เมื่อเพิ่มระดับ DDCP จาก 20% เป็น 40% โดยกลุ่มที่ได้รับ 40% DDCP มีระดับความเข้มข้นต่ำกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แต่กลุ่ม 20% DDCP และกลุ่มควบคุมมีระดับความเข้มข้นที่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

6. ประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก

จากการตรวจนับประชากรจุลินทรีย์ทั้งในส่วนของประชากรแบคทีเรีย และประชากรโปรโตซัวจากของเหลวในกระเพาะหมัก (ตารางที่ 5) พบว่ามีประชากรแบคทีเรีย คือ 2.25, 2.24, 1.98 (x 10^{10} cell/ml) และประชากรโปรโตซัว คือ 2.07, 2.07, 1.84 (x 10^{5} cell/ml) ซึ่งลดลงทั้งแบบเส้นตรง (linear, $P<0.01$) และเส้นโค้งกำลังสอง (quadratic, $P<0.01$) ตามระดับ DDCP ที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างในกลุ่ม 20% DDCP และกลุ่มควบคุม พบว่าไม่แตกต่างกัน โดยที่กลุ่ม 40% DDCP มีประชากรทั้งในส่วนของ แบคทีเรีย และโปรโตซัว ต่ำกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

Table 5 Effect of levels of DDCP on rumen fermentation and microbe population of goats

Items	Dietary treatment (DDCP, %)			SEM	*P*-value	Contrast*	
	0	20	40			L	Q
	N=4	N=4	N=4				
pH	6.34 [b]	6.48 [b]	6.56 [a]	0.01	<0.01	0.02	<0.01
NH_3-N (mg%)	12.29 [b]	12.31 [b]	15.84 [a]	0.10	<0.01	<0.01	<0.01
TVFAs (mM/l)	85.03 [a]	83.16 [a]	75.10 [b]	1.30	<0.01	<0.01	0.10
Bacteria (x 10^{10} cell/ml)	2.25 [a]	2.24 [a]	1.98 [b]	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Protozoa (x 10^{5} cell/ml)	2.07 [a]	2.07 [a]	1.84 [b]	0.01	<0.01	<0.01	<0.01

SEM = standard error of the mean, *Orthogonal polynomial contrast L= linear and Q= quadratic , TVFAs= total volatile fatty acid

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง เมื่อพิจารณาถึงปริมาณเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (NDF) พบว่าสูตร 40% DDCP มีค่าสูงกว่าทุกสูตรเล็กน้อยคือ 18.9% ซึ่งเป็นผลมาจาก DDCP มีระดับ NDF ค่อนข้างสูง เมื่อเพิ่มปริมาณ DDCP ในสูตรอาหารทำให้ NDF มีระดับสูงขึ้นในสูตรอาหารตามไปด้วย โดยจากผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า DDCP มีระดับ NDF ค่อนข้างสูง คือ 40.2% และมีโปรตีน 9.8% ต่ำกว่าที่ Sriroth *et al*. (2012) รายงานไว้คือมีโปรตีนอยู่ในช่วงประมาณ 11-14% ส่วนที่รายงานโดย Phonsean *et al*. (2016), Pornjantuek *et al*. (2015) และ Laorodphan *et al*. (2013) คือมี ระดับ NDF ประมาณ 49.7% และมีโปรตีนประมาณ 5-6% ดังนั้น จึงชี้ให้เห็นว่า องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังที่เหลือจากกระบวนการผลิตเอทานอลสำหรับประเทศไทยยังมีความแปรปรวนสูง (Sriroth *et al*., 2012) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากมันสำปะหลังที่มีความแตกต่างด้านสายพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว และแหล่งที่ปลูก นอกจากนี้ ในส่วนมาตรฐานวิธีการผลิตเอทานอลของแต่ละโรงงานที่แตกต่างกัน รวมทั้งวิธีการกักเก็บเศษเหลือที่ได้หลังจากกลั่นแยกเอทานอลออกแล้ว ซึ่งปกติจะมีความชื้นสูง ซึ่งถ้าหากเก็บกองในที่โล่งแจ้ง และปล่อยให้เกิดการทับถมกันในปริมาณมากๆ เป็นเวลานาน โดยไม่กำจัดความชื้นและทำการบรรจุหีบห่อที่เหมาะสม ก็อาจเกิดการหมักบูด เน่าเสีย และสูญเสียองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นประโยชน์ในที่สุด โดยเฉพาะโปรตีนหยาบ

2. ปริมาณการกินได้อย่างอิสระ

เมื่อพิจารณาปริมาณการกินได้อย่างอิสระในส่วนของอาหารข้น โดยพบว่าเมื่อเพิ่มระดับ DDCP ไปที่ 40% ส่งผลให้ปริมาณการกินได้ของอาหารข้นลดลง ทำนองเดียวกับปริมาณการกินได้ของโปรตีนหยาบพบข้อมูลไปในทางเดียวกัน คือลดลงตามระดับที่เพิ่มขึ้นของ DDCP ในสูตรอาหาร ส่งผลให้ปริมาณการได้รับโภชนะที่ย่อยได้ในส่วนอินทรียวัตถุ (OM) และปริมาณการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (MCP) ลดลงตามมาอีกด้วย ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มระดับ DDCP ทำให้สูตรอาหารมีความฟ่ามสูงทำให้มีความน่ากินต่ำ สอดคล้องกับรายงานของ Sriroth *et al*. (2012) ที่ว่าเมื่อคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non-structural carbohydrate; NSC) คือ แป้งและน้ำตาลส่วนใหญ่ในมันสำปะหลังถูกหมักย่อยกลายเป็นเอทานอลจะส่งผลให้กากที่เหลือจากกระบวนหมักส่วนใหญ่ที่ทำให้แห้งและนำมาเป็นอาหารสัตว์นั้นจะเป็นคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (structural carbohydrate) ส่วนใหญ่จะเป็นเซลลูโลสซึ่งเป็นเยื่อใยที่ย่อยสลายช้าและมีความฟ่ามสูง ซึ่ง Lammers *et al*. (1995) รายงานว่า เมื่อปริมาณเยื่อใยในอาหารเพิ่มขึ้นทำให้อาหารมีความฟ่ามสูงเมื่อเข้าสู่กระเพาะสัตว์จะรู้สึกอิ่มเร็วส่งผลให้กินอาหารได้น้อยลง นอกจากนี้ Van Soest (1994) รายงานว่า เมื่อสัตว์ได้รับอาหารที่มีเยื่อใยที่มีลิกนินเป็นองค์ประกอบอยู่ในประมาณที่สูงจะส่งผลให้จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักย่อยได้น้อยลง และต้องใช้เวลาในการย่อยนานขึ้น จึงเกิดการไหลผ่านออกจากกระเพาะหมักช้า ทำให้กระเพาะไม่มีพื้นที่เพียงพอสำหรับอาหารที่จะรับเข้าไปใหม่ และ Chen and Gomest (1992) กล่าวว่าสาเหตุดังกล่าว ยังส่งผลต่อการสร้างเซลล์ของจุลินทรีย์ และปริมาณจุลินทรีย์โปรตีนที่เป็นประโยชน์ต่อตัวสัตว์ลดลงอีกด้วย ซึ่งการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน สามารถประเมินได้จากปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ที่ย่อยได้ ซึ่งถ้า OM ย่อยได้แตกต่างกัน การสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนก็จะแตกต่างกันด้วย ดังนั้นเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลที่นำมาผสมในสูตรอาหารข้นจึงควรใช้ในระดับที่เหมาะสม ซึ่งมีรายงานการศึกษาในโคนมโดย Kalscheur (2006) ว่าเมื่อผสม DDGS ในสูตรอาหารข้นมากกว่า 20% พบว่าโคนมมีปริมาณการกินได้ลดลง ยิ่งไปกว่านั้นหากเพิ่มระดับไปที่ 30% ปริมาณการกินได้ยังต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอีกด้วย

3. ความสามารถในการย่อยได้

ความสามารถในการย่อยได้ที่พบจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าความสามารถในการย่อยได้ทั้งในส่วนของวัตถุแห้ง (dry matter digestibility) และอินทรียวัตถุ (organic matter digestibility) ลดลง ตามระดับ DDCP ที่เพิ่มขึ้น โดยกลุ่มที่ได้รับ 40% DDCP มีความสามารถในการย่อยได้ต่ำกว่าทุกกลุ่ม แต่ในกลุ่ม 20% DDCP ไม่แตกต่างกันกับกลุ่มควบคุม ซึ่งได้ข้อมูลที่สอดคล้องกับ Pornjantuek *et al*. (2015) ที่ศึกษาในแพะเนื้อโดยใช้กากมันสำปะหลังที่เหลือจากการผลิตเอทานอลพบว่าหากใช้ในสูตรอาหารมากกว่า 20% จะส่งผลให้ความสามารถในการย่อยได้ลดลงทั้งในวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีน โดยมีข้อมูลทางวิชาการรายงานไว้ว่าหากสูตรอาหาร มีระดับโภชนะที่ย่อยสลายได้สมดุลกันโดยเฉพาะโปรตีนและพลังงาน ซึ่งอาศัยกระบวนการทำงานของจุลินทรีย์นั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จะส่งผลให้เกิดการย่อยได้ของวัตถุแห้งและ

อินทรียวัตถุ รวมทั้งเกิดการปลดปล่อยโภชนะที่สำคัญต่อตัวสัตว์เองและในจุลินทรีย์มากขึ้น และจุลินทรีย์จะสามารถเพิ่มการขยายจำนวนและสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนมากตามไปด้วย (Chen and Gomes, 1992) นอกจากนี้ NRC (2001) รายงานว่าหากอาหารหยาบที่มีผนังเซลล์มากกว่าหรือเท่ากับ 50% ขึ้นไป ทำให้ปริมาณการกินได้และการย่อยได้ลดลง

4. สมรรถภาพการเจริญเติบโต

สมรรถภาพการเจริญเติบโต จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain, ADG) ของกลุ่มที่ได้รับระดับ DDCP 20% ไม่แตกต่างกันกับกลุ่มควบคุม แต่กลุ่มที่ได้รับ 40% DDCP มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันต่ำกว่าทุกกลุ่ม นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการเจริญเติบโตต่อปริมาณอาหารที่ใช้ (Gain to Feed ratio, G:F) ลดลงแบบเป็นเส้นตรง (linear, $P<0.05$) ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มระดับ DDCP จาก 20% เป็น 40% ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง ซึ่งแตกต่างจากการศึกษา โดย Pornjantuek *et al*. (2015) ที่รายงานว่าการเพิ่มการใช้ในสูตรอาหารแพะเนื้อจาก 10% เป็น 20% ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง ส่วนรายงานของ Maynard (2015) ได้ศึกษาการใช้ DDGS ในอาหารแพะ พบว่า กลุ่มที่ได้รับ DDGS มากกว่า 30% มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ดังนั้นเมื่อพิจารณาผลจากการศึกษาครั้งนี้จึงพอจะให้เหตุผลสนับสนุนได้ว่าแพะในกลุ่มที่ได้รับ 40% DDCP นั้นมีปริมาณการกินอาหารข้นได้ต่ำ โดยถึงแม้ว่าจะสามารถกินอาหารหยาบได้มาก ซึ่งก็คือฟางแห้ง ที่มีปริมาณโภชนะต่ำ โดยเฉพาะมีโปรตีนหยาบเพียง 2.1% ในขณะที่มีเยื่อใยสูงโดยพิจารณาจากระดับ NDF 64.5% จึงส่งผลกระทบต่อการย่อยได้ เพราะจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก ต้องใช้เวลาย่อยสลายนาน จึงเกิดโภชนะที่สัตว์จะได้รับเพื่อสร้างการเจริญเติบได้น้อย ทั้งนี้สามารถพิจารณาได้จากอัตราการเจริญเติบโตต่อปริมาณอาหารที่ใช้ (Gain to Feed ratio, G:F) ในกลุ่ม 40% DDCP คือ 0.12 กิโลกรัมต่ออาหารที่ได้รับ 1 กิโลกรัม นั่นแสดงว่าสัตว์กินอาหารได้มาก แต่สามารถนำไปสร้างการเจริญเติบโตได้น้อย นอกจากนี้แหล่งโปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ยังต้องมีอัตราการย่อยสลายที่ประสานกันอย่างสมดุลด้วย จุลินทรีย์จึงจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดการผลิตโภชนะออกมาอย่างเพียงพอต่อการเจริญเติบโต และขยายจำนวนของจุลินทรีย์ รวมทั้งการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนที่มากขึ้นด้วย (Maeng *et al*., 1997)

5. ผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมัก

ผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมัก พบว่าทั้งความเป็นกรด-ด่าง และความเข้มข้นแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ในของเหลวจากกระเพาะหมัก เพิ่มขึ้นตามระดับ DDCP ที่เพิ่มขึ้น โดยทั้งค่า pH, NH_3-N และ TVFAs ในกลุ่มที่ได้รับ 20% DDCP และกลุ่มควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามค่าความเป็นกรด-ด่างในทุกกลุ่ม ถือว่าอยู่ในช่วงปกติคืออยู่ในช่วงประมาณ 6 ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Pornjantuek *et al*. (2015) ที่รายงานไว้คือมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.3-6.8 สำหรับแพะเนื้อที่ได้รับกากมันสำปะหลังที่เหลือจากการผลิตเอทานอล ส่วน Phonsean *et al*. (2016) รายงานว่า ในโคเนื้อที่ได้รับอาหารผสมกากเอทานอลหมักยีสต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6-7 นอกจากนี้ยังมีรายงานทางวิชาการว่า ความเป็นกรด-ด่างเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการทำงานของจุลินทรีย์ โดยถ้ามีประสิทธิภาพสูงสามารถผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่ายได้สูงด้วย และมีผลให้ระดับค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นในเวลาต่อมา อย่างไรก็ตามตัวสัตว์เองจะมีกลไกควบคุมความเป็นกรดในกระเพาะหมักให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมด้วยการดูดซึมกรดไขมันที่ระเหยง่ายเพื่อนำไปไปเป็นแหล่งพลังงานสำหรับตัวสัตว์ต่อไป (Volden *et al*., 2002) ส่วนค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มระดับ DDCP จาก 20% เป็น 40% ซึ่งความสอดคล้องกับรายงานของ Pornjantuek *et al*. (2015) ว่าในแพะเนื้อที่ได้รับกากมันสำปะหลังที่เหลือจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จมากกว่า 20% พบว่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสอง แต่ถือว่ามีค่าอยู่ในช่วงปกติ โดยมีค่าใกล้เคียงกับรายงานทางวิชาการว่า ในกระเพาะหมักมีความต้องการแอมโมเนีย-ไนโตรเจน เพื่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ประมาณ 15 mg% (Wanapat, 2000; Song and Kenelly, 1990) ส่วน Preston and Leng (1984) ได้รายงานว่า แอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่ 23.8 mg% เป็นระดับที่มีการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนสูงที่สุด นอกจากนี้มีรายงานโดย Erdman *et al.* (1986) ว่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่ 17-25 mg% เป็นระดับที่มีการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงที่สุด ซึ่ง Kolver *et al*. (1998) ให้เหตุผลทางวิชาการเพิ่มเติมว่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเป็นแหล่งไนโตรเจนเพื่อนำไปสังเคราะห์กรดอะมิโนร่วมกับกรดคีโต (keto acid) ได้ส่วนประกอบของเซลล์จุลินทรีย์ และเปลี่ยนเป็นจุลินทรีย์โปรตีนสำหรับสัตว์นำไปใช้ประโยชน์ต่อไป อย่างไรก็ตามถ้ามีระดับแอมโมเนีย–ไนโตรเจน สูงเกินกว่าที่จุลินทรีย์จะใช้ประโยชน์ได้จะเกิด

การสะสม ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในของเหลวจากกระเพาะหมักเพิ่มสูงเกินระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ และยังเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ด้วย ผลกระทบนี้จะต่อเนื่องมาถึงตัวสัตว์ในเวลาต่อมา คือ ปริมาณโภชนะที่เป็นประโยชน์สำหรับตัวสัตว์จะลดลง โดยถึงแม้ตัวสัตว์เองจะมีกลไกควบคุมให้มีแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในระดับที่เหมาะสมด้วยการดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อเปลี่ยนเป็นยูเรียซึ่งมีความเป็นพิษลดลง และขับออกทางปัสสาวะ แต่ถ้ามีระดับที่สูงเกินไปสัตว์ก็จะไม่สามารถขับออกได้ทันจึงก่อให้เกิดอันตรายต่อตัวสัตว์ได้ ซึ่ง Preston *et al*. (1965) รายงานว่า ระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในกระเพาะหมักจะมีความสัมพันธ์กันสูงกับระดับยูเรียในเลือด (BUN) โดยถ้าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะหมักสูง BUN จะสูงตามไปด้วย ส่วนระดับความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายรวมทั้งหมด (Total volatile fatty acid, TVFAs) ที่พบจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ลดลงเมื่อเพิ่มระดับ DDCP จาก 20% เป็น 40% โดยกลุ่มที่ได้รับ 40% DDCP มีระดับความเข้มข้นต่ำกว่าทุกกลุ่ม แต่ในกลุ่ม 20% DDCP และกลุ่มควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งจากการศึกษาของ Pornjantuek *et al*. (2015) พบว่า ในแพะเนื้อ ที่ได้รับกากมันสำปะหลังที่เหลือจากกระบวนการผลิตเอทานอล ในสูตรอาหารมากกว่า 20% ค่าความเข้มข้นกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายรวมทั้งหมดจะลดลง และมีข้อมูลที่รายงานไว้โดย Volden *et al*.(2002) ว่าถ้าจุลินทรีย์ทำงานมีประสิทธิภาพสูงสามารถผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่ายได้สูงด้วย ซึ่งเป็นผลมาจากสัตว์ได้รับอาหารที่มีระดับโภชนะที่เหมาะสมจึงส่งผลให้เกิดปัจจัยที่สำคัญต่างๆ ที่เพียงพอทั้งปริมาณและคุณภาพต่อการเจริญและเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ Sinclair *et al*. (1993) และ Witt *et al*. (1999) กล่าวว่าการเพิ่มของจำนวนจุลินทรีย์จะมีผลเพิ่มการผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่าย ซึ่งจะเป็นแหล่งโครงคาร์บอน (C-skeleton) สำหรับสร้างจุลินทรีย์โปรตีนซึ่งเป็นผลผลิตที่ถูกสัตว์นำไปใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นแหล่งพลังงานและโปรตีนต่อไป

6. ประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก

ประชากรจุลินทรีย์ทั้งในส่วนของ แบคทีเรีย และโปรโตรซัว พบว่าลดลงตามระดับ DDCP ที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันระหว่างในกลุ่ม 20% DDCP และกลุ่มควบคุม โดยพบว่ากลุ่ม 40% DDCP มีประชากรทั้งในส่วนของแบคทีเรีย และโปรโตรซัว ต่ำกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) จากข้อมูลที่พบมีความเป็นไปได้ว่า การเข้าย่อยสลายโภชนะของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของแพะที่ได้รับสูตรอาหาร 40% DDCP มีประสิทธิภาพต่ำกว่าในแพะที่ได้รับสูตรอื่นๆ จึงอาจส่งผลให้เกิดโภชนะที่ไม่สมบูรณ์เพียงพอต่อการเจริญ และขยายจำนวนของจุลินทรีย์ ซึ่ง Herrera-Saldana *et al*. (1990) รายงานว่าถ้าหากสัตว์ได้รับอาหารที่มีแหล่งพลังงาน และโปรตีนที่มีสัดส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ไม่สมดุลกันจะส่งผลให้จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักเกิดการเข้าย่อยสลายที่ขาดระสิทธิภาพ และเกิดการปลดปล่อยโภชนะต่างๆ เช่น แหล่งของโครงคาร์บอน (C-skeleton) และแหล่งไนโตรเจนซึ่งจำเป็นสำหรับสร้างเซลล์ และการขยายจำนวนของจุลินทรีย์ที่ไม่สมดุลกัน จึงส่งผลให้การขยายจำนวนของจุลินทรีย์ต่ำในที่สุด

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่าแพะรุ่นพันธุ์พื้นเมืองไทยเพศผู้ในกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหารข้นที่มีกากมันสำปะหลังที่เหลือจากการผลิตเอทานอล (DDCP) ที่ระดับ 20% มีสมรรถภาพการผลิตไม่แตกต่างกันกับกลุ่มที่ได้รับสูตรควบคุม โดยพิจารณาได้จากปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้ ผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมัก ประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันที่ไม่แตกต่างกัน จึงมีข้อแนะนำว่าการใช้ DDCP ในระดับไม่เกิน 20% คือระดับที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามการวิจัยในครั้งนี้ได้เพียงข้อมูลบางส่วนเพื่อขยายผลสู่การวิจัยด้านอื่นๆ ในอนาคตที่เกี่ยวข้องกับการใช้ DDCP ในสูตรอาหารข้นต่อสมรรถภาพการผลิตอื่นๆ รวมถึงนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก ผลต่อสุขภาพ ระบบสืบพันธุ์ คุณภาพซากและการยอมรับของผู้บริโภค จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมอีกต่อไปในอนาคต เพราะนอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าเศษเหลือราคาถูกแล้วยังช่วยลดต้นทุนการผลิตสัตว์แก่เกษตรกรอีกด้วย รวมทั้งช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากเศษเหลือชนิดนี้ที่จะมีเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วในอนาคตอันใกล้สำหรับประเทศไทยอีกด้วย

References

AOAC. 2000. Official Analytical Method of Analysis. 15th ed. Washington, D.C. : The Association of Official Analytical Chemistry.

Briggs, P. K., Hogan, J. F., and Reid, R. L. 1957. The effect of volatile fatty acid, lactic acid, and ammonia on rumen pH in sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*. 8 : 674-710.

Bremner, J.H., and Keeney D.R. 1965. Steam distillation methods of determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Analytica Chimica Acta*. 32 : 485-495.

Chen, X.B., and Gomest, M. J. 1992. Estimate for microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives on overview of technical detail. Aberdeen : International Feed Resources Unit.

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

Felix, T. L., Zerby, H. N., Moeller, S. J., and Loerch, S. C. 2012. Effects of increasing dried distillers grain with solubles on performance, carcass characteristics, and digestibility of feedlot lambs. *Journal of Animal Science*. 90 : 1356-1363.

Galyen, M. 1989. Laboratory Procedure in Animal Nutrition Research. Newmexico : Department of Animal and Rang Sciences.

Herrera-Saldana, R., Gomez-Alarcon, R., Torabi, M., and Huber, J. T. 1990. Influence of synchronizing protein and starch degradation in rumen on nutrient utilization and microbial protein synthesis. *Journal of Dairy Science*. 73 : 142-148.

Kalscheur, K. F. 2006. Feeding distillers grains to dairy cattle: Impact on milk fat, protein, and yield. Distillers Grains Quarterly. 1(3):20-21 and Part 2. 1(2):24-27.

Kolver, E., Muller, L. D., Vaga, G. A., and Cassidy, T. J. 1998. Synchronization of ruminal degradation of supplemental carbohydrate with pasture nitrogen in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 81 : 2017-2028.

Lammers, B. P., Buckmaster, D. R., and Heinrichs, A. J. 1995. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*. 79 : 922-928.

Luepp, J. L., Lardy, G. P., Karges, K. K., Gibson, M. L., and Caton, J. S. 2009. Effects of increasing level of corn distillers dried grains with soluble on intake, digestion, and ruminal fermentation in steers fed seventy percent concentrate diets. *Journal of Animal Science*. 87 : 2906-2912.

Laorodphan, N., Mikled, C., Chongkasikit, N., and Phatsara, C. 2013. Effects of the level of dried cassava pulp from ethanol process in the ration on rumen fermentation and digestibility in fistulated Thai native bull. *Journal of Agriculture*. 29 : 89-98.

Maeng, W. J., Park, H., and Kim, H. J. 1997. The role of carbohydrate supplementation in microbial protein synthesis in the rumen. Tokyo : Japan Scientific Societies Press.

Maynard, J. N. 2015. Live and carcass characteristics of Boer- and Savannah-cross kid buckling goats fed dried distillers grain with solubles. Louisiana : Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.

National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle.7th ed. Washington, D.C. : Academic Science.

Phonsean, K., Wachirapakorn, C., Wongnen, C., and Daenseekaew, W. 2016. Effect of Yeast-fermented Bio-ethanol Waste on Feed Intake, Digestibility and Rumen fermentation in Thai Native Cattle. *Prawarun Agricultural Journal*. 13 : 105-115.

Pornjantuek, B., Wachirapakorn, C., Cherdthong, A., Suphrap, N., and Wongnen, C. 2015. Effect of Cassava Pulp from Ethanol Production in Total Mixed Ration on Feed Intake, Digestibility and Growth Performance of Meat Goat. *Journal of Mahanakorn Veterinary Medicine*. 10(2) : 81-97.

Preston, T.R., and Leng, R.A. 1984. Matching Ruminant Production Systems with Available Resources in the Tropics and Sub–tropics. Armidale : Penambul Book.

Preston, R. L., Schnakanberg, D. D., and Pfander, W. H. 1965. Protein utilization in ruminants. I. Blood urea nitrogen as affected by protein intake. *Journal of Nutrition*. 86 : 281-287.

SAS. 1996. SAS User's Guide: Statistics. Version 6. 14th ed. Cary NC: SAS Inst.

Schauer, C. S., Stamm, M. M., Maddock, T. D. and Berg, P. B. 2008. Feeding of DDGS in lamb rations Feeding dried distillers grains with solubles as 60 percent of lamb finishing rations results in acceptable performance and carcass quality. Sheep & Goat Research Journal. 23 : 15-19.

Sinclair, L. A., Garnsworthy, P. C., Newbold, J. R., and Buttery, P. J. 1993. Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. *Journal of Agricultural Science*. 120 : 251-263.

Song, M. K., and Kennelly, J. J. 1990. Ruminal fermentation pattern, bacterial population and ruminal degradation of feed ingredients as influenced by ruminal ammonia concentration. *Journal of Animal Science*. 68 : 1110-1120.

Sriroth, K., Wanlapatit, S., and Piyachomkwan, K. 2012. Cassava Bioethanol. [Online]. Available from: http://www.intechopen.com/books/bioethanol/-cassava-bioethanol [2018, February 5].

Steel, R. G. D., and Torrie, J. H. 1980. Principles and procedures of statistics with special reference to the biological sciences. New York : McGraw Hill.

Van Keulen, J., and Young, B. A. 1997. Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*. 44(2) : 282-287.

Van Soest, P. J., Robertson, J. B., and Lewts, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74(10) : 3583-3597.

Van Soest, P.J. 1994. Nutrition ecology of the ruminants. 2nd ed. New York : Cornell University Press.

Volden, H., Mydland, L. T., and Olaisen, V. 2002. Apparent ruminal degradation and rumen escape of soluble nitrogen fraction in grass and grass silage administered intraruminally to

lactating dairy cows. *Journal of Animal Science*. 80 : 2704-2716.

Wanapat, M. 2000. Rumen manipulation to increase the efficient use of local feed resources and productivity of ruminants in the tropics*Journal of Animal Science*. 13 : 59-67.

Witt, M. W., Sinclair, L. A., Wilkinson, R. G., and Buttery, P. J. 1999. The effects of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen supply to the rumen on the production and metabolism of sheep: food characterization and growth and metabolism of ewe lambs given food *ad libitum*. *The British Society of Animal Science*. 69 : 223-235.