



## ผลของการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จ ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะเนื้อ

บุญเสริม พรจันทิก<sup>1</sup> ฉลอง วชิราภากร<sup>1,#</sup> อนุสรณ์ เขตทอง<sup>1</sup> ณพพงศ์พนธ์ สุภาพ<sup>1</sup> และจันทิรา วงศ์ณธร<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

**บทคัดย่อ:** วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้คือ เพื่อศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะเนื้อ โดยใช้แพะเนื้อลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย  $20.28 \pm 0.41$  กิโลกรัม จำนวน 16 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) แพะได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอล 4 ระดับ คือ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุดิบ ในสูตรอาหารผสมสำเร็จมีระดับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้  $2.4 \text{Mcal ME/kgDM}$  โดยใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ ในสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น 30:70 จากการทดลอง พบว่า ปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมด และปริมาณการกินได้ เมื่อคิดเป็นกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว<sup>0.75</sup> มีค่าลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสาม ( $P < 0.01$ ) และปริมาณการกินได้มีค่าระหว่าง 2.49-2.94 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ( $P > 0.05$ ) สำหรับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ และโปรตีนหยาบมีค่าลดลงแบบโค้งกำลังสองและแบบโค้งกำลังสาม ( $P < 0.01$ ) ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมันมีค่าเพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสอง ( $P < 0.01$ ) รวมทั้งความเป็นกรด-ด่างและค่ายูเรีย-ไนโตรเจนมีค่าสูงขึ้นแบบเส้นตรง ( $P < 0.01$ ) และปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดมีความแตกต่างกัน ( $P < 0.01$ ) สำหรับค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและน้ำหนักสุดท้ายของแพะไม่แตกต่างกัน ( $P > 0.05$ ) อย่างไรก็ตาม พบว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตมีความแตกต่างกัน ( $P < 0.01$ ) โดยมีค่าระหว่าง 4.15-9.03 กิโลกรัม และ 46.10-100.30 กรัมต่อวัน ตามลำดับจากการศึกษาสรุปได้ว่าสามารถใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จสำหรับเลี้ยงแพะเนื้อได้ในระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะเนื้อ

**คำสำคัญ:** กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอล อาหารผสมสำเร็จ แพะเนื้อ

#ผู้รับผิดชอบบทความ

สัตวแพทยมหาวิทยาลัย. 2558. 10(2): 81-97.

E-mail address: [chal\\_wch@kku.ac.th](mailto:chal_wch@kku.ac.th)

## Effect of Cassava Pulp from Ethanol Production in Total Mixed Ration on Feed Intake, Digestibility and Growth Performance of Meat Goat

Boonserm Pornjantuek<sup>1</sup>, Chalong Wachirapakorn<sup>1,#</sup>, Anusorn Cherdthong<sup>1</sup>,  
Naphongphot Suphrap<sup>1</sup> and Chantira Wongnen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, KhonKaen 40002

---

**Abstract:** The objective of this experiment was to study on effect of cassava pulp from ethanol production (CPE) in total mixed ration (TMR) on feed intake, digestibility and growth performance of meat goat. A total of 16 males crossbred Native × Anglo-Nubian meat goats (20.28±0.41 kg of initial BW) were used in a completely randomized design (CRD) with 4 levels of CPE at 0, 10, 20 and 30% of TMR. The TMR was formulated containing 14 percent of crude protein and 2.4 Mcal ME/kg DM with concentrate to roughage ratio of 70:30 and rice straw used as the roughage source. The results showed that total feed intake and feed intake (g/kg BW<sup>0.75</sup>) was cubic decreased ( $P<0.01$ ) as CPE was increased in TMR and dry matter intake was 2.49-2.94 %BW ( $P>0.05$ ). Digestion coefficients of DM, OM and CP were quadratic and cubic decreased ( $P<0.01$ ) respectively, when increased levels of CPE in TMR and digestion coefficients of EE was quadratic increased ( $P<0.01$ ). Moreover, ruminal pH and plasma urea-nitrogen linearly increased ( $P<0.01$ ) with increasing the amount of CPE. Although, total volatile fatty acids (TVFA) were significantly different ( $P<0.01$ ) among dietary treatments. Furthermore, ammonia-nitrogen and final weight of meat goats were not different by dietary treatments ( $P>0.05$ ). However, weight gain and average daily gain were 4.15-9.03 kg and 46.10-100.30 g/d ( $P<0.01$ ), respectively. It could be concluded that CPE inclusion in TMR for meat goat at 10% did not effect on feed intake, digestibility and growth performance.

**Keywords:** Cassava pulp from ethanol production, Total mixed ration, Meat goat

---

#Corresponding author

*J. Mahanakorn Vet. Med.* 2015. 10(2): 81-97.

E-mail address: [chal\\_wch@kku.ac.th](mailto:chal_wch@kku.ac.th)

## บทนำ

การเลี้ยงแพะในปัจจุบันเป็นการทำปศุสัตว์ที่กำลังได้รับความสนใจ และเป็นที่ยอมรับจากเกษตรกรเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากแพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีขนาดเล็ก การเลี้ยงดูและการจัดการทำได้ง่ายกว่าสัตว์เศรษฐกิจชนิดอื่นๆ อีกทั้งแพะสามารถให้ผลผลิตได้เร็วทั้งในส่วนขนหรือขนานม ซึ่งเนื้อและขนานมของแพะมีประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการสูงใกล้เคียงกับผลผลิตที่ได้จากโคและกระบือ นอกจากนี้ผลผลิตจากแพะยังมีฤทธิ์ทางในการจำหน่ายได้หลายรูปแบบ เช่น การเลี้ยงแพะเพื่อการขยายพันธุ์ หรือจำหน่ายเป็นพ่อแม่พันธุ์ การจำหน่ายเนื้อและขนานมของแพะ รวมถึงผลพลอยได้อื่นๆ เช่น หนังแพะ ขนและมูลแพะ (หนึ่งนุช, 2551) ซึ่งกลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์ (2558) รายงานว่าในปี พ.ศ. 2557 มีเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะทั้งหมดจำนวน 40,359 ครัวเรือน โดยมีการเลี้ยงแพะทั้งหมดจำนวน 468,377 ตัว ซึ่งการเลี้ยงแพะในประเทศไทย โดยส่วนใหญ่มีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายทั่วทุกภาคของประเทศ สำหรับการเลี้ยงแพะในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือในปี พ.ศ. 2557 พบว่า มีการเลี้ยงแพะค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับภาคอื่นๆ โดยมีประชากรของแพะประมาณ 16,25 ตัว แบ่งเป็นแพะเนื้อ จำนวน 15,302 ตัวและแพะนมจำนวน 950 ตัว เนื่องจากในเขตพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่มีพืชอาหารหยาบคุณภาพต่ำ ซึ่งไม่เหมาะแก่การใช้เป็นอาหารในการเลี้ยงแพะ

ปัจจุบันความต้องการเอทานอลทั้งในประเทศและต่างประเทศเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากพลังงานในรูปแบบเชื้อเพลิงฟอสซิล (fossil fuel) มีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็วแปรผกผันตามการเพิ่มขึ้นของประชากรของโลกและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมทั่วโลก จึง

ให้ความสนใจในการนำเอทานอลมาผสมกับน้ำมันปิโตรเลียม (เบนซิน) เพื่อลดปริมาณการใช้ น้ำมันเบนซินลง โดยการเพิ่มสัดส่วนในการเติมเอทานอลให้มากขึ้น เช่น E20, E85 (สุภาวดี, 2557) สำหรับประเทศไทยในปี พ.ศ. 2556 พบว่ามีการใช้เอทานอล 2.6 ล้านลิตรต่อวัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน, 2556) นอกจากนี้กระทรวงพลังงานได้วางแผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25 เปอร์เซ็นต์ ใน 10 ปี (ปี 2555-2564) โดยกำหนดเป้าหมายการใช้เอทานอล 9 ล้านลิตรต่อวัน (ส่วนเศรษฐกิจภาค ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 2555) ซึ่งหากผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพดังกล่าวได้ตามแผนการใช้จริง จะทำให้ไทยขยับการจัดอันดับประเทศผู้ผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพขึ้นไปอยู่ในอันดับที่ 5 ของโลก และหมายถึงประเทศไทยจะเป็นผู้นำในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพของภาคพื้นเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ธราพงษ์ และคณะ, 2553) ดังนั้น การเพิ่มกำลังการผลิตเอทานอลจึงส่งผลให้จำนวนกากเอทานอลเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเอทานอลสามารถผลิตจากวัตถุดิบหลายชนิด ได้แก่ วัตถุดิบประเภทแป้ง (มันสำปะหลัง ข้าวโพด และข้าว) น้ำตาล (กากน้ำตาลและอ้อย) และชีวมวล (Biomass) ของเหลือทิ้งจากพืช (ชีวมวลจากไม้หรือผัก หญ้าต่างๆ เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย และกากมันสำปะหลัง) ซึ่งวิธีการนี้ทำให้ได้เชื้อเพลิงที่สามารถผลิตทดแทนได้ตลอดเวลา (Maclean and Lave, 2003 อ้างถึงโดย ดารารัตน์และประพันธ์, 2558)

สำหรับกระบวนการผลิตเอทานอลโดยใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบหลักนั้นพบว่า หลังจากกระบวนการผลิตเอทานอลแล้วจะมีเศษเหลือคือกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลที่มีคุณค่าทางโภชนาการประกอบด้วย ความชื้น 74.9 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย

31.46-38.44 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 6.79-7.29 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.91-1.37เปอร์เซ็นต์ และเถ้าที่ไม่ละลายในกรด 7.50-12.42 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าฟิเอช 4.07-4.29 (ศุภชาติ, 2553) ซึ่งพบว่า กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลยังมีคุณค่าทางโภชนาการที่เพียงพอสำหรับนำมาใช้ประกอบเป็นอาหารเลี้ยงแพะได้ โดยพบว่า ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีกากมันสำปะหลังจากกระบวนการผลิตเอทานอลซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับการเลี้ยงแพะได้ ดังนั้น การเลี้ยงแพะให้มีประสิทธิภาพทั้งด้านการให้ผลผลิตเนื้อและน้ำนม จำเป็นต้องได้รับการส่งเสริมที่เหมาะสม โดยเฉพาะด้านอาหาร ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ผลผลิตซากคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อและน้ำนมของแพะได้

วัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารแพะเนื้อต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนาการกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนและสมรรถภาพการเจริญเติบโต เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการเลือกใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในระดับที่เหมาะสมในสูตรอาหารผสมสำเร็จสำหรับการเลี้ยงแพะเนื้อ

### อุปกรณ์และวิธีการ

#### สัตว์ทดลองและการให้อาหาร

ใช้แพะเนื้อลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียนเพศผู้จำนวน 16 ตัว อายุประมาณ 7 เดือน น้ำหนักตัวเฉลี่ย  $20.28 \pm 0.41$  กิโลกรัม ก่อนการทดลองทำการชั่งน้ำหนักถ่ายพยาธิและฉีดวิตามิน เอตี3อี หลังจากนั้นนำแพะทดลองเข้าคอกขังเดี่ยวยกพื้นสูงขนาด  $1 \times 2$  เมตร ในแต่ละคอกจัดให้มีรางอาหาร

และรางน้ำแยกเฉพาะตัว มีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา ปรับสภาพแพะทั้งหมดก่อนทดลองเป็นระยะเวลา 14 วันและทำการทดลองเป็นระยะเวลาทั้งหมด 90 วัน โดยมีแร่ธาตุก่อนเสริมให้แก่สัตว์ทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง

นอกจากนี้แพะแต่ละตัวได้รับอาหารทดลองแบบเต็มที่ (ad libitum) โดยแบ่งให้อาหาร 2 เวลา คือ 08:00 น. และ 16:00 น. บันทึกปริมาณอาหารทุกวัน และมีการปรับเพิ่มปริมาณอาหารขึ้นหากอาหารเหลือในรางอาหารน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์

#### สูตรอาหารทดลองและแผนการทดลอง

อาหารทดลองใช้สูตรอาหารผสมสำเร็จ (Total Mixed Ration, TMR) และใช้ฟางข้าวบดเป็นแหล่งอาหารหยาบ โดยมีสัดส่วนอาหารชั้นต่ออาหารหยาบ 70:30 เปอร์เซ็นต์ มีระดับโปรตีนหยาบ 14 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable Energy, ME) 2.4 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุดิบ (Mcal ME/kgDM) ตามคำแนะนำการให้อาหารแพะของ NRC (1981) ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) มีจำนวน 4 กลุ่มทดลอง แต่ละกลุ่มทดลองมีจำนวน 4 ซ้ำ โดยสัตว์ทดลองแต่ละกลุ่มได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

#### การเก็บข้อมูล

บันทึกปริมาณการให้อาหารทุกวันตลอดช่วงเวลากการทดลอง ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารทุกสัปดาห์และในช่วงวันที่ 86 ถึงวันที่ 90 สุ่มเก็บตัวอย่างมูลของแพะทุกตัวติดต่อกันเป็นเวลา 5 วัน เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโภชนา

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของสูตรอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบอาหารสัตว์ (%)	ระดับไขมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอล			
	ในสูตรอาหารผสมสำเร็จ (%)			
	0	10	20	30
ฟางข้าว	30	30	30	30
กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอล	0	10	20	30
มันเส้น	40	30	20	10
รำอ่อน	4.0	5.0	3.0	1.0
กากถั่วเหลือง	9.5	8.5	7.0	5.0
ข้าวโพดบด	4.0	6.0	9.0	15.0
กากมะพร้าว	6.5	2.0	1.0	0.5
กากน้ำตาล	3.0	3.5	3.5	0.5
น้ำมันพืช	0.0	2.0	3.5	5.0
ยูเรีย	2.0	2.0	2.0	2.0
เกลือ	0.2	0.2	0.2	0.2
กำมะถัน	0.2	0.2	0.2	0.2
พรีมิกซ์	0.4	0.4	0.4	0.4
ไคคลอซีม	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>รวม</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

ได้แก่ วัตถุแห้ง (DM) เถ้า (Ash) โพรตีนหยาบ (CP) และไขมัน (EE) ตามวิธีของ AOAC (1985) และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (Neutral Detergent Fiber, NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (Acid Detergent Fiber, ADF) ตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970) และวิเคราะห์เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (Acid Insoluble Ash, AIA) ตามวิธีของ Van Keulen and Young (1977) เพื่อคำนวณหาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ตามวิธีของ Schnieder and Flatt (1975)

ซึ่งน้ำหนักแพะในวันที่ 1, 30, 60 และ 90 ของระยะเวลาการทดลองเพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่ได้มาคำนวณหาปริมาณการกินได้ในหน่วยกรัมต่อวัน (g/d) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว (%BW) กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว 0.75 (g/kgW0.75) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average Daily Gain; ADG) และ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (Feed Conversion ratio, FCR)

ทำการเก็บตัวอย่างเลือดและของเหลวในกระเพาะรูเมนในตอนเช้าของวันที่ 90 ก่อนให้อาหาร (ชั่วโมงที่ 0) และหลังจากให้อาหารในชั่วโมงที่ 3 และ 6 โดยใช้ stomach tube สอดผ่านหลอดอาหารเพื่อ

ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของของเหลวจากกระเพาะรูเมนจากนั้นกรองผ่านผ้าขาวบาง และทำการเติม 1 โมลล่าของกรดซัลฟูริก (1M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) จำนวน 10 มิลลิลิตร เพื่อหยุดกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ นำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นนำส่วนที่เป็นของเหลวใส (supernatant) เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอทำการวิเคราะห์หาแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH<sub>3</sub>-N) ตามวิธีของ Bremner and Keeney (1965) สำหรับของเหลวจากกระเพาะรูเมนส่วนที่เหลือจะนำไปวิเคราะห์หากรดไขมันที่ระเหยได้ (VFA) ได้แก่ กรดอะซิติก (C2) กรดโพรพิโอนิก (C3) และกรดบิวทิริก (C4) โดยใช้ High Performance Liquid Chromatography (HPLC; model RF-10AXmuGIL; Shimadzu; Japan) ตามวิธีของ Zinn and Owens (1986) นอกจากนี้ทำการเก็บตัวอย่างเลือดที่เส้นเลือดดำบริเวณคอ (jugular vein) หลังจากนั้นนำเลือดไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที นาน 15 นาที ดูดเอาส่วนที่เป็นพลาสมา เพื่อนำไปวิเคราะห์หายูเรียในกระแสเลือด (Blood Urea Nitrogen, BUN) ตามวิธีของ Crocker (1967)

#### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยใช้ Proc GLM (SAS, 2002) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test และเปรียบเทียบแบบ

Orthogonal Polynomial ตามวิธีของ Steel and Torrie (1980)

#### ผลการทดลอง

##### องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหาร

สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารผสมสำเร็จจากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลและฟางข้าวที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้แสดงในตารางที่ 2 พบว่ากากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในงานทดลองครั้งนี้ มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ คณิน และสุรัชย์ (2554) ณรงค์และคณะ (2556) วราพันธ์ และคณะ (2551) และ Phoemchalard *et al.* (2014) มีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ CP, EE, NDF, ADF และ Ash มีค่าระหว่าง 5.9-9.8, 0.91-5.46, 40.2-66.4, 20.5-58.1 และ 7.3-19.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

##### ปริมาณการกินได้

เมื่อเสริมกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในระดับสูงขึ้นมีผลทำให้ปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมด ปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมดในหน่วยกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว 0.75 (g/kgW<sup>0.75</sup>) มีค่าลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสาม ( $P < 0.01$ ) สำหรับปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมดต่อหน่วยน้ำหนักตัวไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าระหว่าง 2.49-2.94 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว (ตารางที่ 3) ซึ่งมีค่าต่ำกว่ารายงานของ บุญนำพา (2548) โดยใช้สูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบและมีสัดส่วนของอาหารชั้นต่ออาหารหยาบในสัดส่วน 31:69 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน น้ำหนักเฉลี่ย 19.8 กิโลกรัม มีปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 3.09 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม Devendra and Burns

(1983) รายงานว่า แปะเนื้อที่เลี้ยงในเขตร้อนมีปริมาณอาหารที่ได้รับในรูปวัตถุแห้งอยู่ระหว่าง 1.9-3.8 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว เมื่อเพิ่มปริมาณกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จสูงกว่าระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารพบว่า ปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมดมีค่าลดลงเนื่องจากกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลมีความฟามและเยื่อใยสูง เมื่อมีการใช้ร่วมกับฟางข้าวจึงมีผลทำให้สูตรอาหารมีความฟามและเยื่อใยเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับ Lammers *et al.* (1995) รายงานว่า เมื่อความฟามของอาหารเพิ่มขึ้น เยื่อใยมีผลทำให้ปริมาณการกินได้ของสัตว์ลดลง และพบว่า ปริมาณการกินได้โดยอิสระของแพะนอกจากจะขึ้นอยู่กับขนาดชิ้นส่วนและกระบวนการเตรียมวัตถุดิบแล้ว ยังขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น พันธุ์สัตว์ แหล่งและประเภทของวัตถุดิบ รวมถึงองค์ประกอบในวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดนั้นๆ ด้วย (วินัย, 2542) และยังพบว่า ปริมาณการกินได้ของสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำสุด ซึ่งสาเหตุหลักของปริมาณการกินได้ที่ต่ำลงนั้น ยังไม่ทราบได้อย่างแน่ชัด

### **สัมประสิทธิ์การย่อยได้**

สำหรับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ DM และ OM มีค่าลดลงแบบโค้งกำลังสอง ( $P < 0.01$ ) และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ CP มีค่าลดลงแบบโค้งกำลังสาม ( $P < 0.01$ ) สำหรับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ NDF และ ADF มีค่าแตกต่างกันระหว่างสูตรอาหารผสมสำเร็จ ( $P < 0.01$ ) อย่างไรก็ตาม ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมันมีค่าเพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสอง ( $P < 0.01$ ) (ตารางที่ 3) และพบว่า การใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลเพิ่มขึ้นมี

ผลทำให้เยื่อใยในสูตรอาหารผสมสำเร็จมีค่าสูงขึ้น ส่งผลต่อการย่อยได้ของโภชนะ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและโภชนะอื่นๆ เนื่องจากระดับลิกโนเซลลูโลสและลิกนินในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่ต่างกัน ซึ่งระดับลิกโนเซลลูโลสในอาหารมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการย่อยได้ เมื่อระดับลิกโนเซลลูโลสเพิ่มขึ้นมีผลทำให้การย่อยได้ลดลง (Van Soest, 1994) สอดคล้องกับ วรพงษ์ (2535) กล่าวว่าลิกนินทำให้การย่อยได้ลดลง เนื่องจากสาเหตุ 2 ประการ คือ ประการแรก ลิกนินไปห่อหุ้มรอบผิวของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเข้าย่อยได้ ประการที่สอง โมเลกุลของลิกนินไปห่อหุ้มกับสารเยื่อใยอื่นๆ ด้วยพันธะทางเคมีทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเข้าย่อยได้ เมื่อพิจารณาถึงปริมาณลิกนินในสูตรอาหารทดลอง พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลและในสูตรอาหารผสมสำเร็จมีการเติมไขมันในระดับที่สูงขึ้นตามระดับการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลเพื่อปรับระดับพลังงานให้มีความใกล้เคียงกันจึงส่งผลเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยได้ของไขมันในสูตรอาหาร อย่างไรก็ตามการเสริมไขมันระดับสูงในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถส่งผลต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน กล่าวคือความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใยจะลดลง (เมธา, 2533)

### **โภชนะย่อยได้ที่ได้รับ**

ระดับการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จของแพะมีผลต่อการได้รับโภชนะแตกต่างกัน ( $P < 0.01$ ) (ตารางที่ 3)

โดยพบว่าโภชนะที่แพะได้รับในรูปอินทรีย์วัตถุและโปรตีนหยาบ มีค่าลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสาม ( $P < 0.01$ ) แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณโปรตีนหยาบที่

**ตารางที่ 2** แสดงองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารผสมสำเร็จ กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอล และฟางข้าวที่ใช้ในการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี (%วัตถุแห้ง)	ระดับกากมันสำปะหลัง จากการผลิตเอทานอล ในสูตรอาหารผสมสำเร็จ (%)				กากมันสำปะหลัง จากการผลิตเอทานอล	ฟางข้าว
	0	10	20	30		
	วัตถุแห้ง	90.59	90.84	91.29		
อินทรีย์วัตถุ	94.06	92.40	90.77	90.02	83.8	86.2
โปรตีนหยาบ (CP)	14.60	15.07	14.58	14.04	11.2	2.9
ไขมัน (EE)	2.40	3.62	5.30	6.98	1.8	1.0
NDF	37.84	40.34	44.81	54.82	69.0	80.2
ADF	21.32	24.66	28.45	34.25	47.3	56.4
ลิกนิน	3.72	5.39	7.25	10.45	23.1	9.4
เถ้า	5.94	7.60	9.23	9.98	16.2	13.8

แพะได้รับมีค่าเพียงพอสำหรับการเพิ่มน้ำหนัก 50 กรัมต่อวัน สอดคล้องกับ NRC (1981) รายงานว่า แพะน้ำหนัก 20-30 กิโลกรัม มีความต้องการโปรตีนย่อยได้สำหรับการดำรงชีพ 26-35 กรัมต่อวัน และความต้องการโปรตีนย่อยได้เพิ่มขึ้น 10 กรัม สำหรับการเพิ่มน้ำหนักตัว 50 กรัมต่อวัน นอกจากนี้ปริมาณไขมัน NDF และ ADF ที่แพะได้รับต่อวันมีปริมาณเพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสาม ( $P < 0.01$ ) สอดคล้องกับปริมาณการกินได้อัตราทดลองที่ลดลงจากการเพิ่มระดับกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จ

สำหรับประเมินการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (microbial crude protein, MCP) และระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้จากอินทรีย์วัตถุที่ย่อยได้ (digestible organic matter intake, DOMI) พบว่ามีค่าลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสาม ( $P < 0.01$ ) สอดคล้องกับ Chen and Gomest (1992) กล่าวว่า การ

สังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนสามารถประเมินจากค่าอินทรีย์วัตถุที่ย่อยได้ โดยค่าอินทรีย์วัตถุที่ย่อยได้แตกต่างกันทำให้การประเมินการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนต่างกัน

สำหรับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ NRC (1981) รายงานความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโต 50 กรัมต่อวัน ของแพะที่มีน้ำหนัก 20-30 กิโลกรัม ควรได้รับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 1.32-1.66 Mcal/d สำหรับการศึกษารั้งนี้ พบว่าแพะได้รับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ต่อวันเพียงพอต่อการดำรงชีพและการให้ผลผลิต คือ 1.37-1.97 Mcal/d แต่สำหรับแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่มีกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์อาจได้รับพลังงานไม่เพียงพอต่อการเพิ่มน้ำหนัก 50 กรัมต่อวัน เนื่องจากมีปริมาณการกินได้ต่ำกว่าแพะกลุ่มอื่น



**ตารางที่ 3** ผลของการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ และปริมาณโภชนะย่อยได้ที่ได้รับ

รายการ	ระดับกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอล ในสูตรอาหารผสมสำเร็จ (%)				SEM	P- Value	Contrast		
	0	10	20	30			L	Q	C
ปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมด, กรัมวัตถุดิบแห้งต่อวัน	688.11 <sup>a</sup>	723.76 <sup>a</sup>	545.28 <sup>b</sup>	663.74 <sup>a</sup>	20.14	<0.01	0.02	0.07	<0.01
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักรีด	2.94	2.79	2.49	2.77	0.11	0.07	0.34	0.56	0.02
กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักรีด <sup>0.75</sup>	62.14 <sup>a</sup>	65.47 <sup>a</sup>	53.67 <sup>b</sup>	61.26 <sup>a</sup>	1.94	<0.01	0.15	0.31	<0.01
สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (%)									
วัตถุดิบแห้ง	74.24 <sup>a</sup>	72.79 <sup>a</sup>	68.03 <sup>b</sup>	59.66 <sup>c</sup>	0.66	<0.01	<0.01	<0.01	0.92
อินทรีย์วัตถุ	78.45 <sup>a</sup>	77.52 <sup>a</sup>	72.93 <sup>b</sup>	65.72 <sup>c</sup>	0.65	<0.01	<0.01	<0.01	0.73
โปรตีนหยาบ	76.89 <sup>a</sup>	75.98 <sup>a</sup>	68.82 <sup>b</sup>	62.13 <sup>c</sup>	0.43	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NDF	54.44 <sup>a</sup>	56.11 <sup>a</sup>	52.59 <sup>ab</sup>	49.38 <sup>b</sup>	1.31	0.03	0.01	0.09	0.37
ADF	42.80 <sup>ab</sup>	46.22 <sup>a</sup>	42.45 <sup>ab</sup>	38.76 <sup>b</sup>	1.21	0.02	0.04	0.03	0.23
ไขมัน	83.20 <sup>c</sup>	89.45 <sup>b</sup>	92.15 <sup>a</sup>	90.70 <sup>ab</sup>	0.61	<0.01	<0.01	<0.01	0.83
โภชนะย่อยได้ที่ได้รับ, กรัมต่อวัน									
อินทรีย์วัตถุ	507.72 <sup>a</sup>	517.96 <sup>a</sup>	361.37 <sup>b</sup>	392.57 <sup>b</sup>	13.41	<0.01	<0.01	0.47	<0.01
โปรตีนหยาบ	77.27 <sup>a</sup>	82.87 <sup>a</sup>	54.77 <sup>b</sup>	57.91 <sup>b</sup>	2.17	<0.01	<0.01	0.60	<0.01
ไขมัน	13.75 <sup>d</sup>	23.46 <sup>c</sup>	26.64 <sup>b</sup>	42.05 <sup>a</sup>	0.91	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
NDF	141.61 <sup>c</sup>	163.48 <sup>b</sup>	128.77 <sup>c</sup>	179.54 <sup>a</sup>	4.83	<0.01	<0.01	0.02	<0.01
ADF	62.83 <sup>b</sup>	82.33 <sup>a</sup>	66.01 <sup>b</sup>	88.01 <sup>a</sup>	2.76	<0.01	<0.01	0.67	<0.01
ME <sup>1</sup> , Mcal/d	1.93 <sup>a</sup>	1.97 <sup>a</sup>	1.37 <sup>b</sup>	1.49 <sup>b</sup>	0.05	<0.01	<0.01	0.45	<0.01
MCP <sup>2</sup> , g/d	66.00 <sup>a</sup>	67.34 <sup>a</sup>	49.26 <sup>b</sup>	51.03 <sup>b</sup>	1.27	<0.01	<0.01	0.87	<0.01

<sup>a,b,c</sup> ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ )

L = เส้นตรง, Q = เส้นโค้งกำลังสอง, C = เส้นโค้งกำลังสาม และ SEM = ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ( $n = 4$ )

<sup>1</sup> kg DOMI = 3.8 Mcal ME/kg (Kearl, 1982)

<sup>2</sup> MCP (microbial crude protein) = 0.130 x KgDOMI (ARC, 1984)

### สมรรถภาพการเจริญเติบโต

แพะทดลองที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จทั้ง 4 สูตร มีน้ำหนักสุดท้ายไม่แตกต่างกัน ( $P > 0.05$ ) (ตารางที่ 4) อย่างไรก็ตาม น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน มีค่าแตกต่างกัน ( $P < 0.01$ ) โดยสูตร

อาหารผสมสำเร็จที่มีกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอล 10 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงสุด แต่ไม่แตกต่างจากการเสริมกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลที่ระดับ 0 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การเสริมกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลที่ระดับ 20

**ตารางที่ 4** ผลของการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและอัตราการแลกเนื้อของแพะเนื้อ

ลักษณะที่ศึกษา	ระดับกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จ (%)				SEM	P-Value	Contrast		
	0	10	20	30			L	Q	C
	น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	20.40	20.15	20.10			20.47	0.89	0.99
น้ำหนักสุดท้าย (กิโลกรัม)	29.06	29.18	24.25	27.50	1.27	0.06	0.14	0.26	0.04
น้ำหนักเพิ่ม (กิโลกรัม)	8.68 <sup>a</sup>	9.03 <sup>a</sup>	4.15 <sup>b</sup>	7.03 <sup>a</sup>	0.84	<0.01	0.03	0.17	<0.01
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	96.4 <sup>a</sup>	100.3 <sup>a</sup>	46.1 <sup>b</sup>	78.2 <sup>a</sup>	9.26	<0.01	0.03	0.17	<0.01
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก	7.87	7.94	17.93	9.15	2.67	0.06	0.31	0.14	0.04

<sup>a,b,c</sup>ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ )

L = เส้นตรง, Q = เส้นโค้งกำลังสอง, C = เส้นโค้งกำลังสาม และ SEM = ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (n = 4)

เปอร์เซ็นต์มีค่าลดลง แตกต่างจากกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับปริมาณการกินได้ที่ลดลงในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอล 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตต่อวันมีค่าอยู่ระหว่าง 4.15-9.03 กิโลกรัม และ 46.10-100.30 กรัมต่อวัน (ตารางที่ 4) สอดคล้องกับ อนันต์ (2549) ศึกษาแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียนที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ และมีสัดส่วนของอาหารชั้นต่ออาหารหยาบในสัดส่วน 30:70 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเพิ่ม 5.3-7.0 กิโลกรัม และอัตราการเจริญเติบโต 55-71.8 กรัมต่อวัน รวมทั้ง บุญนาพา (2548) รายงานว่า แพะที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสำเร็จที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ และมีสัดส่วนของอาหารชั้นต่ออาหารหยาบในสัดส่วน 31:69 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตัวเพิ่มและอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 7.93 กิโลกรัม และ 88.1 กรัมต่อวัน ตามลำดับ และ Chobtang *et al.* (2009) ศึกษาผลของระดับโปรตีนที่ 8, 10, 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จเลี้ยงแพะพื้นเมือง น้ำหนัก

15.84±2.35 กิโลกรัม พบว่า มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น คือ 6.84-11.60 กิโลกรัม และ 56.97-92.13 กรัมต่อวัน ตามลำดับ

#### อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของแพะ

เมื่อพิจารณาถึงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของแพะที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไม่แตกต่างทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่เมื่อเพิ่มระดับการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลพบว่าอัตราการแลกเนื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสาม ( $P = 0.06$ ) โดยแพะที่มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักดีที่สุด คือ แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่มีกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 7.87 กิโลกรัม รองลงมา คือ ระดับ 10, 30 และ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเท่ากับ 7.94, 9.15 และ 17.93 กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ซึ่งระดับการใช้กากมันสำปะหลัง จากการผลิตเอทานอลที่เพิ่มขึ้นทำให้สูตร

อาหารผสมสำเร็จมีปริมาณเยื่อใยสูงขึ้นจึงส่งผลลดปริมาณการกินได้ ประสิทธิภาพการย่อยได้และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักร่างกาย

### **ความเป็นกรด-ด่าง (pH)**

จากการศึกษาพบว่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าสูงขึ้นแบบเส้นตรง ( $P < 0.01$ ) เมื่อระดับกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลเพิ่มขึ้นในสูตรอาหารผสมสำเร็จ (ตารางที่ 5) โดยพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารทั้ง 4 สูตรอยู่ในช่วงที่เหมาะสม คือ 6-7 ซึ่งเหมาะกับการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (เมธา, 2533) นอกจากนี้มีค่าใกล้เคียงกับ ปิ่นและคณะ (2557) รายงานว่า แพะที่ได้รับกลีเซอรินดิบในอาหารผสมสำเร็จมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 6.48-6.53 ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ เนื่องจากการให้อาหารผสมสำเร็จช่วยรักษาความเป็นกรด-ด่างให้คงที่และไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน รวมทั้งการให้อาหารผสมสำเร็จมีผลทำให้ความผันแปรของความความเป็นกรด-ด่างของของเหลวที่อยู่ภายในกระเพาะรูเมนน้อยกว่าการให้อาหารแบบแยกประเภท (ฉลอง, 2541; Ørskov, 1994)

### **แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ( $NH_3-N$ )**

ระดับของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จไม่มีผลต่อระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ( $P > 0.05$ ) (ตารางที่ 5) พบว่าระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนจากการศึกษาในครั้งนี้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติของแพะ ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสม 10-30 mg/dL (Ferguson *et al.*, 1993 อ้างถึงโดย ปิ่นและคณะ, 2557) สอดคล้องกับ Preston and Leng (1987) รายงานว่าระดับแอมโมเนียไนโตรเจนที่

ระดับ 5-25 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ซึ่งความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดสัตว์ ชนิดของอาหาร โดยเฉพาะแหล่งคาร์โบไฮเดรต ปริมาณโปรตีนที่กินได้ ศักยภาพในการเกิดกระบวนการหมักของอาหาร ความสามารถในการย่อยสลายได้ของโปรตีน และสภาพนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสม (เมธา, 2533) นอกจากนี้การย่อยได้ของวัตถุดิบของอาหารมีค่าสูงสุดและความสามารถในการย่อยสลายได้สูงเมื่อความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนที่ระดับ 170 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (Erdman *et al.*, 1986)

### **ยูเรีย-ไนโตรเจน (BUN)**

ระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดมีค่าเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง ( $P < 0.01$ ) ตามระดับของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 5) จากการทดลองพบว่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน มีค่าระหว่าง 14.83-19.33 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ สุธีและคณะ (2554) ศึกษาค่าทางชีวเคมีของเลือดแพะที่เลี้ยงในภาคใต้ของประเทศไทยพบว่าระดับยูเรีย-ไนโตรเจน (BUN) ของแพะเพศผู้และเพศเมีย มีค่าเท่ากับ  $18.30 \pm 0.38$  และ  $17.98 \pm 0.29$  มิลลิกรัม/เดซิลิตร ตามลำดับ โดยระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดจากสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่มีกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลที่ระดับ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของเยื่อใยและไขมัน และการลดลงของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่ายในสูตรอาหาร ส่งผลให้มีการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนลดลง

**ตารางที่ 5** ผลของการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อความเป็นกรด-ต่าง, แอมโมเนียไนโตรเจน(NH<sub>3</sub>-N), ยูเรีย-ไนโตรเจน (BUN) และกรดไขมันที่ระเหยได้ (VFA)

ลักษณะที่ศึกษา	ระดับกากมันสำปะหลัง จากการผลิตเอทานอล ในสูตรอาหารผสมสำเร็จ (%)				SEM	P-Value	Contrast		
	0	10	20	30			L	Q	C
	ความเป็นกรด-ต่าง	6.33 <sup>b</sup>	6.59 <sup>a</sup>	6.71 <sup>a</sup>			6.79 <sup>a</sup>	0.06	<0.01
NH <sub>3</sub> -N, mg/dL	15.42	16.10	17.40	16.73	0.84	0.06	0.51	0.02	0.19
BUN, mg/dL	14.83 <sup>b</sup>	18.53 <sup>a</sup>	19.00 <sup>a</sup>	19.33 <sup>a</sup>	0.89	0.02	<0.01	0.09	0.43
Total VFA, mmol/L	56.99 <sup>a</sup>	43.91 <sup>b</sup>	38.25 <sup>b</sup>	43.79 <sup>b</sup>	2.35	<0.01	<0.01	<0.01	0.73
กรดอะซิติก, %	55.94	57.21	58.11	58.33	1.24	0.09	0.02	0.43	0.91
กรดโพรพิโอนิก, %	26.55	25.97	25.25	23.68	0.81	0.18	0.03	0.57	0.85
กรดบิวทิริก, %	14.19	13.49	13.31	13.96	0.38	0.38	0.64	0.11	0.85
กรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิก	2.21 <sup>c</sup>	2.35 <sup>bc</sup>	2.48 <sup>ab</sup>	2.62 <sup>a</sup>	0.07	0.02	<0.01	0.10	0.91

<sup>a,b,c</sup>ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ( $P < 0.01$ )

L = เส้นตรง, Q = เส้นโค้งกำลังสอง, C = เส้นโค้งกำลังสาม และ SEM = ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (n = 4)

และดูดซึมแอมโมเนียไนโตรเจนจากกระเพาะรูเมนเข้าสู่กระแสเลือดมากขึ้น สอดคล้องกับ Lloyd (1982) รายงานว่าระดับปกติของยูเรีย-ไนโตรเจนของแพะมีค่าระหว่าง 11.2-27.7 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และสำหรับการเพิ่มขึ้นของระดับยูเรีย-ไนโตรเจน เป็นผลจากการที่สัตว์ได้รับอาหารที่มีปริมาณโปรตีน และหรือสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน เมื่ออาหารดังกล่าวเข้าสู่กระเพาะรูเมน จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนโดยเฉพาะกลุ่มที่ย่อยสลายโปรตีน เช่น *Bacteroides amylophilus*, *Clostridium sporogene* และ *Bacillus licheniformis* (Church, 1983) เข้าย่อยสลายได้แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ซึ่งพบว่าส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้สังเคราะห์เป็นโปรตีนในจุลินทรีย์ แต่กรณีที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ดีในปริมาณที่ไม่เพียงพอ แอมโมเนีย-ไนโตรเจนบางส่วนถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดและลำเลียงเข้าสู่ตับ เพื่อ

เปลี่ยนเป็นยูเรียที่มีความเป็นพิษน้อยกว่าแอมโมเนีย โดยค่าความเข้มข้นของระดับยูเรีย-ไนโตรเจนมีความผันแปรขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อายุ อาหาร ปริมาณโปรตีนที่กินได้ และโดยเฉพาะระดับของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนมีผลต่อการเพิ่มระดับยูเรียในกระแสเลือด เช่นเดียวกัน สอดคล้องกับ Preston *et al.* (1965) รายงานว่าระดับยูเรีย-ไนโตรเจน มีความสัมพันธ์สูง (high correlation) กับปริมาณโปรตีนที่กินได้ และมีความสัมพันธ์กับระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน (Kung and Huber, 1983) และ Nousiainen *et al.* (2004) รายงานว่าระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดที่สูงเกินไปบ่งบอกถึงการใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนในอาหารนั้นไม่มีประสิทธิภาพ

### **ปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ (VFA)**

ค่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดมีความแตกต่างกัน ( $P < 0.01$ ) โดยความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 38.25-56.99 มิลลิโมลต่อลิตร (ตารางที่ 5) สอดคล้องกับปราโมทย์ (2553) รายงานว่าค่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดของแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน มีค่าอยู่ระหว่าง 47.2-59.5 มิลลิโมลต่อลิตรอย่างไรก็ตาม ปิ่นและคณะ (2556) รายงานว่าแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียนที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่มีสัดส่วนของอาหารชั้นต่ออาหารหยาบเท่ากับ 75:25 มีค่าอยู่ในช่วง 66.8-81.3 มิลลิโมลต่อลิตรและพบว่าค่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีวัตถุ (Forbes and France, 1993) โดยความสามารถในการย่อยได้ของอินทรีวัตถุที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้การผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้เพิ่มขึ้นเช่นกัน (Sutton, 1985) นอกจากนี้พบว่าค่าความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริกไม่มีความแตกต่างกัน ( $P > 0.05$ ) อย่างไรก็ตาม พบว่าสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกมีค่าเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง ( $P < 0.01$ ) ถึงแม้ว่าความเข้มข้นของกรดโพรพิโอนิกที่พบในกระเพาะรูเมนมีค่าลดลง ซึ่งเป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของระดับเยื่อใยในสูตรอาหารทดลองตามระดับของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Yang and Beauchemin (2009) รายงานว่าระดับเยื่อใย NDF ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดต่างในกระเพาะรูเมนเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากเยื่อใยกระตุ้นการหลั่งน้ำลายซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารละลายบัฟเฟอร์เพื่อปรับความเป็นกรด-ด่างให้สูงขึ้น โดยสัดส่วนของกรดไขมันที่ระเหยได้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย

เช่น สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนการดูดซึมของกรดไขมันที่ระเหยได้ผ่านผนังกระเพาะรูเมน อัตราการไหลผ่าน (ruminal passage rate) ของของเหลวไปยังกระเพาะอโบมาซัม (abomasum) (Lopez *et al.*, 2003) ความเข้มข้นสัดส่วนของกรดอินทรีย์ทั้งหมดในกระเพาะรูเมน ชนิดของคาร์โบไฮเดรต ชนิดและปริมาณอาหารที่สัตว์ได้รับ ดังนั้นหากได้รับอาหารหยาบในระดับที่สูงจะส่งผลให้มีความเข้มข้นของกรดอะซิติกสูงขึ้นและหากได้รับอาหารชั้นในระดับที่สูงมีผลทำให้กรดโพรพิโอนิกเพิ่มขึ้น (ฉลอง, 2541)

### **สรุป**

จากการทดลองครั้งนี้ สรุปได้ว่าการเพิ่มระดับกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จมีผลต่อปริมาณการกินได้และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ที่ลดลง ดังนั้น ระดับการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่เหมาะสมในครั้งนี้อยู่ที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะเนื้อ

### **กิตติกรรมประกาศ**

การศึกษานี้ได้รับทุนอุดหนุนทั่วไปประจำปี 2556 มหาวิทยาลัยขอนแก่น และขอขอบคุณภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนสถานที่ทดลองและห้องปฏิบัติการสำหรับวิเคราะห์ตัวอย่าง

### **เอกสารอ้างอิง**

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2556. รายงานพลังงาน

- ทดแทนของประเทศไทยปี 2556. ศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 58 หน้า.
- กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. 2558. ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ในประเทศไทย ปี 2557. พิมพ์ครั้งที่ 2 โรงพิมพ์ บริษัทละม่อม. กรุงเทพฯ. 191 หน้า.
- คณิน บรรณกิจ และสุรัชย์ อาจกล้า. 2554. ผลของระดับกากมันสำปะหลังแห้งที่เหลือหลังจากการผลิตเอทานอลในอาหารชั้นต่อสมรรถนะการผลิตโคเนื้อพันธุ์พื้นเมือง X บราห์มัน. คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด, ร้อยเอ็ด.
- ฉลอง วชิราภากร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 218 หน้า.
- ณรมล เลาห์รอดพันธ์ โชค มิเกลัด ญัฐพล จงกสิกิจ จิรวัดน์ พัชระ เสาวลักษณ์ แยมหมื่นอาจ วิสูตร ศิริณพพานันท์ และอำพล วริทธิธรรม. 2556. ผลของระดับการใช้กากมันสำปะหลังแห้งจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารต่อกระบวนการหมักย่อยในกระเพาะหมักและย่อยได้ในโคพื้นเมืองเจาะกระเพาะ. วารสารเกษตร. 29: 89-98.
- ดารารัตน์ มณีจันทร์และประพันธ์ ประเสริฐศักดิ์. 2558. ศึกษาผลผลิต น้ำคั้น และชานอ้อยในอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และอ้อยลูกผสมอ้อยป่า (*Saccharum spontaneum*). เกษตร. 43 (ฉบับพิเศษ 1): 662-667.
- ธราพงษ์ วิจิตตานต์, นวดล เหล่าศิริพจน์ และประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ. 2553. รายงานสถานภาพของงานวิจัยและผลิตเอทานอลไบโอดีเซล ไบโอดีเซลและน้ำมันชีวภาพในประเทศไทย. สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สบว). สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ). 168 หน้า.
- บุญนำพา ต่างเหล่า. 2548. ผลของเยื่อใยจากเปลือกถั่วลิสงและฟางข้าวในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อปริมาณการกินได้การย่อยได้และสมรรถนะการเจริญเติบโตของแพะ. รายงานการศึกษาอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ปราโมทย์ แพงคำ. 2553. รายงานวิจัย การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์กากเมล็ดธัญพืชหรือพืชน้ำมันในอาหารแพะเนื้อต่อการให้ผลผลิตและคุณภาพเนื้อแพะ. รายงานการวิจัย. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีนครราชสีมา.
- ปิ่น จันจุฬา, พัชรินทร์ ภักดีฉนวน และสุชาวัฒน์สิทธิ์. 2556. ผลของกลีเซอรินดิบในสูตรอาหารแพะต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะกระบวนการหมักสมดุลไนโตรเจนและสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะ. รายงานวิจัยประจำปีงบประมาณ 2555. ภาควิชาสัตวศาสตร์คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่.
- ปิ่น จันจุฬา, พัชรินทร์ ภักดีฉนวน และสุชาวัฒน์สิทธิ์. 2557. ผลของระดับกลีเซอรินดิบในอาหารผสมเสร็จต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนและ

- สมดุไลโนโตรเจนในแพะ. วารสารเกษตร. 30(3): 291-304.
- เมธา วรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ฟันนี้พลับพลึง, กรุงเทพฯ. 473 หน้า.
- วราพันธ์ จินตณวิชัย, สุกัญญา จัดตุพรพงษ์และอุทัย คันโธ. 2551. การศึกษาองค์ประกอบเศษเหลือจากการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์และเป็นปุ๋ยสำหรับพืช. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณวาทกสิกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.
- วินัย ประลัมภ์กาญจน์. 2542. การผลิตแพะเนื้อและแพะนมในเขตร้อน. สำนักเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. 388 หน้า.
- วรพงษ์ สุริยจันทร์ทอง. 2535. เยื่อใยในอาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 17 หน้า.
- ศุภชาติ ปานเนียม. 2553. งานวิจัยอย่างง่ายและใช้ได้จริง. สารสนเทศ. คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 3: 10-11.
- สุธี รัตน์, อรษา อรุณสกุล และปิยนันท์ สังข์ไพฑูร. 2554. ค่าทางชีวเคมีของเลือดแพะที่เลี้ยงในภาคใต้ของประเทศไทย. วารสารเกษตร. 27(3): 283-292.
- สุภาวดี ผลประเสริฐ. 2557. การปรับสภาพวัตถุดิบพวกลิกโนเซลลูโลสสำหรับการผลิตเอทานอล. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 22(5): 641-649.
- ส่วนเศรษฐกิจภาค ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. 2555. เอทานอล โอกาสและความท้าทายของนโยบายพลังงานไทย. หจก.โรงพิมพ์คลังนานาวิทยาจ. ขอนแก่น. 64 หน้า.
- หนึ่งนุช สายปิ่น. 2551. การผลิตแพะ. สาขาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 221 หน้า.
- อนันต์ ขวัญศิริกุล. 2549. ผลของการทดแทนมันเส้นด้วยเปลือกมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารเยื่อใยต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และสมรรถนะการเจริญเติบโตของแพะรุ่น. รายงานการศึกษาอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- AOAC. 1985. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- ARC. 1984. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Agriculture Research Council C.A.B. International, Wallingford.
- Bremner, J.M. and Keeney, D.R. 1965. Steam distillation methods of determination of ammonium rate and nitrite. *Anal. Chem. Acta.* 32: 485-493.
- 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. International Feed Resources Unit. Rowett Research Institute. Aberdeen.
- Chobtang, J., Intharak, K. and Isuwan, A. 2009. Effects of dietary crude protein levels

- on nutrient digestibility and growth performance of Thai indigenous male goats. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 31(6): 591-596.
- Chruch, D.C. 1983. Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants. Vol 1. O&B Books, Inc. Oregon.
- Crocker, C.L. 1967. Rapid determination of urea nitrogen in serum or plasma without deproteinization. *Am. J. Med. Technol.* 33: 361-365.
- Devendra, C. and Burns, M.1983. Goat Production in the Tropics. 2<sup>nd</sup> ed. Slough: Commonwealth Agricultural Bureau.
- 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. *J. Dairy Sci.* 69: 2312-2320.
- Forbes, J.M. and France, J. 1993. Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism. Northampton. The University Press. Cambridge.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage Fiber Analysis. Agricultural Handbook No. 379. USDA, Washington, D.C.
- Kearl, L.C. 1982. Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries. Logan: International Feedstuffs Institute. Utah State University, Utah.
- Kung, L. Jr. and Huber, J.T. 1983. Performance of high producing cows in early lactation fed protein of varying amounts, sources, and degradability. *J. Dairy Sci.* 66:227-234.
- 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. *J. Dairy Sci.* 79: 922-928.
- Lloyd, S. 1982. Blood characteristics and the nutrition of ruminants. *Br. Vet. J.* 138: 70-85.
- Lopez, S., Hovell, F.D.D., Dijkstra, J. and France, J. 2003. Effects of volatile fatty acid supply on their absorption and water kinetics in the rumen of sheep sustained by intragastric infusions. *J. Anim. Sci.* 81: 2609-2616.
- Nousiainen, J., Shingfield, K.J. and Huntama, N.P. 2004. Evaluation of milk urea nitrogen as diagnostic of protein feeding. *J. Dairy Sci.* 87: 386-395.
- NRC. 1981. Nutrient Requirements of Goats: Angora, Dairy and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries. National Academy Press, Washington, D.C.
- Ørskov, E.R. 1994. Recent advances in understanding of microbial transformation in ruminants. *Livest. Prod. Sci.* 21: 269-283.



- Phoemchalard, C., Uriyapongson, S. and Berg, E.P. 2014. Effect of cassava bioethanol by-product and crude palm oil in Brahman x Thai native yearling heifer cattle diets: I. Nutrient digestibility and growth performance. *Trop. Anim. Health Prod.* 46: 663–668.
- Preston, R.L., Schnakanberg, D.D. and Pfander, W.H. 1965. Protein utilization in ruminants. I. Blood urea nitrogen as affected by protein intake. *J. Nutr.* 86: 281-287.
- Preston, T.R. and Leng, R.A. 1987. Matching Ruminant Production Systems with Available Resources in the Tropics and Subtropics. Penambull Book Armidale, Australia.
- SAS. 2002. User's Guide: Statistic, Version 9.1. Edition. SAS. Inst Cary, NC.
- Schnieder, B.H. and Flatt, W.P. 1975. The Evaluation of Feed through Digestibility Experiment Athens: The University of Georgia Press, Georgia.
- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach. 2<sup>nd</sup> ed. McGrawHill Book Co., New York.
- Sutton, J.D. 1985. Digestion and absorption of energy substrates in the lactating cow. *J. Dairy Sci.* 68: 3376-3393.
- Van Keulen, J. and Young, B.A., 1977. Evaluation of acid insoluble ash as a neutral marker in ruminant digestibility studies. *J. Anim. Sci.* 44: 282-289.
- Van Soest, P.J. 1994. Nutrition ecology of the ruminants the 2<sup>nd</sup> ed. Cornell University Press. NewYork.
- Yang, W.Z. and Beauchemin, K.W. 2009. Increasing physically effective fiber content of dairy cow diets through forage proportion versus forage chop length: Chewing and ruminal pH. *J. Dairy Sci.* 94: 1603–1615.
- Zinn, A.R. and Owen, F.N. 1986. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. *Can. J. Anim. Sci.* 66: 157-166.

