

การทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน หมักยีสต์ในอาหารข้นต่อการย่อยได้ และความเข้มข้นของกรด ไขมันระเหยได้ในกระเพาะรูเมนของแพะ

Replacement of Soybean Meal with Yeast Fermented Palm Kernel Cake in Concentrate on Digestibility and Rumen Volatile Fatty Acid Concentrations of Goats

ปิ่น จันจุฬา^{1/} และ อัชรา เพ็งหนู^{2/}
Pin Chanjula^{1/} and Ashara Pengnoo^{2/}

Abstract: Five crossbred goats with average liveweight 25 ± 1.0 kg were randomly assigned according to a 5x5 Latin square design to receive five concentrate diets at 2% BW, containing 0, 25, 50, 75, and 100% YFPKC, respectively. Plicatulum hay was offered on *ad libitum* basis. Based on this experiment, there were no significant differences ($P>0.05$) among treatments regarding DM intake, whereas apparent digestibilities of DM, CP, NDF and ADF were affected ($P<0.05$) by inclusion of YFPKC in diets and tended to be slightly lower for goats fed the diet T₅ containing 100% YFPKC as compared with other treatments. The ruminal pH, NH₃-N and volatile fatty acids were similar among treatments ($P>0.05$). It could be concluded that the optimal level of YFPKC in concentrate replacement of SBM should be 25-75 or 5-15% in concentrate diet for goats.

Keywords: Yeast fermented palm kernel cake, digestibility, yeast fermented process, goat

^{1/} ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90112

^{1/} Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla 90112

^{2/} ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ. สงขลา 90112

^{2/} Department of Earth Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla 90112

* Corresponding author: pin.c@psu.ac.th

บทคัดย่อ: การศึกษาได้กระทำในแพะลูกผสมจำนวน 5 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 25 ± 1.0 กิโลกรัม ใช้แผนการทดลองแบบ 5×5 จัตุรัสลาติน ให้ได้รับอาหารชั้นในระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัวที่มีระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักยีสต์ที่มีโปรตีน 41.67 เปอร์เซ็นต์ ทดแทนกากถั่วเหลืองระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และได้รับหญ้าพลีแคทมูลแห้งอย่างเต็มที่ ผลการทดลอง พบว่าปริมาณการกินวัตถุแห้งได้ทั้งหมดของทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนาวัตถุแห้ง โปรตีน ผนังเซลล์ และเซลลูโลสของทุกกลุ่มที่ 1-4 ก็ไม่แตกต่างกันแต่สูงกว่ากลุ่มที่ 5 ($P < 0.05$) ขณะที่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด มีค่าใกล้เคียงกันทุกกลุ่ม ($P > 0.05$) จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า สามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักยีสต์ทดแทนแหล่งโปรตีนจากกากถั่วเหลืองได้ 25-75 เปอร์เซ็นต์ หรือใช้ได้ 5-15 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารแพะ

คำสำคัญ: กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักยีสต์ การย่อยได้ กระบวนการหมักด้วยเชื้อยีสต์ และแพะ

คำนำ

ในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องยังจำเป็นต้องเสริมอาหารชั้น ซึ่งแหล่งโปรตีนหลักที่นิยมใช้คือ กากถั่วเหลืองที่มีโปรตีนหยาบประมาณ 44 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงราคาต่อหน่วยของกากถั่วเหลืองนับว่าสูงมาก ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นด้วย จากปัญหาดังกล่าวนำมาสู่แนวทางการวิจัยการใช้โปรตีนทางเลือกอื่น ๆ ที่สามารถเพิ่มผลผลิต และปรับปรุงนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น การหมักวัตถุดิบ เพื่อเพิ่มโปรตีน โดยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* (Tewe, 1991) ซึ่งมีรายงานว่ายีสต์ในสกุล *Saccharomyces* และ *Candida* สามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้เพราะมีผลต่อนิเวศวิทยาของกระเพาะรูเมนในเชิงบวก โดยไปกระตุ้นประชากรแบคทีเรียจำพวกย่อยสลายเยื่อใย (cellulolytic bacteria) ย่อยสลายโปรตีน (proteolytic bacteria) ย่อยสลายแป้ง (amylolytic bacteria) และแบคทีเรียทั้งหมด (total viable bacteria) ให้ใช้ประโยชน์จากอาหารเยื่อใย และปรับปรุงกระบวนการหมักให้ดีขึ้น (Wallace and Newbold, 1993) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา การเพิ่มโปรตีนในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน โดยอาศัยกระบวนการหมักจากเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* เพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นต่อปริมาณการกินได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของแพะ

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลอง แผนการทดลอง และการเตรียมอาหารทดลอง

ใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ อายุ 15-16 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 25 ± 1 กิโลกรัม จำนวน 5 ตัว ทำการสุ่มแพะให้ได้รับทรีทเมนต์ตามแผนการทดลองแบบ 5×5 จัตุรัสลาติน (5×5 Latin Square Design) โดยได้รับอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากถั่วเหลืองทดแทนด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักยีสต์ (yeast fermented palm kernel cake, YFPKC) ในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) โดยคำนวณให้ระดับโภชนาตามความต้องการของแพะตามคำแนะนำของ NRC (1981) คือมีโปรตีน 15 เปอร์เซ็นต์ และ ME 2.90 Mcal/kg DM ตามลำดับ

การเตรียมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ดัดแปลงจากวิธีการของ Antai and Bongo (1994) คือกระตุ้นหัวเชื้อยีสต์ (*S. cerevisiae*, บริษัท เบอริลีสเปเซียลตี้ส์ จำกัด กรุงเทพฯ ประเทศไทย) โดยใช้ผงยีสต์:น้ำ:น้ำตาล อัตรา 20:100:20 ผสมให้เข้ากันและวางไว้ในที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ทำการปรับ pH 4.5-5 จากนั้นนำไปผสมอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งประกอบด้วย กากน้ำตาล:ยูเรีย:น้ำ อัตรา 24:72:100 โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ:หัวเชื้อยีสต์ ในอัตรา 1:1 แล้วบ่มไว้ในที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 ชั่วโมง จากนั้นนำเชื้อที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อมาหมักร่วมกับกากเนื้อ

Table 1 Ingredient and chemical composition of goat rations (% DM basis)

Composition	Dietary treatment (% YFPKC levels in concentrate) ¹					
Replaced soybean meal, %DM basis	T1(0)	T2(25)	T3(50)	T4(75)	T5(100)	YFPKC
YFPKC levels, %DM basis	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	
Ingredients, %						
Ground corn, GC	60.00	50.00	50.00	52.87	50.00	
Broken rice bran, BR	13.00	23.00	22.95	20.00	22.81	
Soybean meal, SM	20.00	15.00	10.00	5.00	0.00	
Yeast fermented palm cake kernel, YFPKC	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	
Urea	-	-	0.05	0.11	0.19	
Molasses	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	
Salt	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Dicalcium phosphate	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Mineral and vitamin mix ²	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Chemical composition ³ (% of DM)						
DM	85.92	84.17	85.81	84.58	85.67	88.61
Ash	6.45	6.55	6.13	6.43	6.53	3.88
OM	93.55	93.45	93.87	93.57	93.47	96.12
CP	15.56	15.20	15.42	15.36	15.33	41.67
EE	3.96	4.22	4.17	4.74	5.82	5.40
NDF	17.96	20.49	23.51	25.62	27.70	47.98
ADF	5.97	7.03	8.00	8.69	9.44	32.50
ME Mcal/kg DM ⁴	2.92	2.90	2.92	2.91	2.90	3.01

¹ T₁ = YFPKC 0%, T₂ = YFPKC 5%, T₃ = YFPKC 10%, T₄ = YFPKC 15%, T₅ = YFPKC 20%.

² Minerals and vitamins (each kg contains): Vitamin A: 10,000,000 IU; Vitamin E: 70,000 IU; Vitamin D: 1,600,000 IU; Fe: 50 g; Zn: 40 g; Mn: 40 g; Co: 0.1 g; Cu: 10 g; Se: 0.1 g; I: 0.5 g.

³ DM: dry matter; OM: organic matter; CP: crude protein; EE: ether extract; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber

⁴ Estimated: metabolizable energy (ME) = TDN*0.04409*0.82. (NRC, 2001)

ในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอัตราส่วน 1:2 โดยใช้กระบวนการหมักแบบกึ่งแห้งเป็นเวลา 72 ชั่วโมง เมื่อดำเนินการหมักเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักยีสต์ไปตากแดดเป็น 3 วัน เพื่อเก็บไว้ใช้เป็นแหล่งของโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลือง ต่อไป

แพะแต่ละตัวถูกเลี้ยงในคอกศึกษาการย่อยได้ (metabolism crate) ซึ่งเดียวยกพื้น จำนวน 5 คอกมีวางอาหารหยาบ อาหารชั้น และที่ให้น้ำอยู่ด้านหน้า ทำการ

ทดลอง 5 ช่วง ๆ ละ 21 วัน ซึ่งประกอบด้วย ระยะปรับตัว (adaptation period) 14 วัน และระยะทดลอง (experimental period) 7 วัน โดยในระยะปรับตัวให้แพะได้รับหญ้าพลิแคทูลัมแห้งแบบเดิมที่ เสริมอาหารชั้นตามกลุ่มทดลองในระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 08.00 และ 16.00 นาฬิกา ทำการวัดปริมาณอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้า และช่วงเย็นของทุกวันเพื่อหาปริมาณการกินได้ ส่วนในระยะ

ทดลอง ให้แพะได้รับอาหารตามกลุ่มทดลองเหมือนระยะปรับตัว แต่ลดปริมาณอาหารหยาบที่ให้เหลือเพียง 90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่กินได้ในช่วงระยะปรับตัว

การเก็บข้อมูล การเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของแพะ โดยชั่งน้ำหนักก่อนเข้าช่วงการทดลองและในวันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบ และอาหารข้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง อีกส่วนหนึ่ง สุ่มเก็บจากแต่ละช่วงของการทดลอง อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีตามวิธีการของ AOAC (1990) และวิเคราะห์ค่า Detergent fiber ตามวิธีการของ Goering and Van Soest (1970)

สุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมน (rumen fluid) ของสัตว์ทดลองแต่ละกลุ่ม ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร โดยใช้วิธีการ stomach tube ร่วมกับ vacuum pump ในวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลองปริมาณ 100 มล. นำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างทันทีโดยใช้ pH meter (HANNA instruments HI 98153 microcomputer pH meter) หลังจากนั้น สุ่มเก็บประมาณ 20 มิลลิลิตร เติม 1M H_2SO_4 จำนวน 2 มิลลิลิตร เพื่อวิเคราะห์หาแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen, NH_3-N) โดยวิธีการกลั่น (Bremner and Keeney, 1965) โดยใช้เครื่อง KJELTEC AUTO 2200 Analyzer (Foss, TECATOR) ของเหลวอีกส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (total volatile fatty acid, TVFA) และกรดไขมันระเหยได้ที่สำคัญได้แก่ กรดอะซิติก (acetic acid, C_2) กรดโพรพิโอนิก (propionic acid, C_3) และกรดบิวทิริก (butyric acid, C_4) โดยใช้เครื่อง HPLC (Hewlett Packard) ประกอบด้วย water 510 pump (Millipore), UV Detector 210nm., ODS reverse phase column (5 μ , 40x250mm) (Samuel *et al.*, 1997) เก็บตัวอย่างเลือด ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารในวันสุดท้ายของแต่ละระยะ

ทดลอง โดยเก็บจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein) ปริมาณ 3 มิลลิลิตร ใส่หลอดที่มีเฮพาริน (heparinized) เพื่อป้องกันไม่ให้เลือดแข็งตัว นำมาปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 10 นาที และเก็บส่วนพลาสมา (plasma) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาระดับยูเรียในเลือด (blood urea-nitrogen, BUN) (Crocker, 1967) โดยใช้เครื่อง spectrophotometer และวิเคราะห์ความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดใช้วิธี GOD-PAP method โดยใช้น้ำยาล้างรูป (Glucose Liquicolor®, Germany) นอกจากนี้ ทำการเก็บมูลและปัสสาวะทั้งหมด (total collection) โดยเก็บ 5 วันติดต่อกันในช่วงท้ายของการทดลอง แล้วทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมีและคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนาตามวิธีการของ Schnieder and Flatt (1975)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลอง 5x5 Latin Square Design โดยใช้ Proc GLM (SAS Inst. Inc., Cary, NC) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test และศึกษาแนวโน้มการตอบสนองของการเพิ่มระดับ PKC ด้วยวิธี Orthogonal polynomial (Steel and Torrie, 1980)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งมีกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม น้ำมันหมักยีสต์ (YFPKC) ระดับต่าง ๆ (ตารางที่ 1) พบว่ามีค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง 85.23 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าต่าง ๆ คิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้งดังนี้ คือ อินทรีย์วัตถุ 93.58 เถ้า 6.41 โปรตีนหยาบ 15.37 ไขมัน 4.98 เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกละลายที่เป็นกลาง (NDF) 23.05 และเซลลูโลสอินิน (ADF) หรือเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอก

**การทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักยีสต์ในอาหารชั้นต่อการย่อยได้
และความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะรูเมนของแพะ**

ละลายที่เป็นกรด 7.82 เมื่อพิจารณาค่าไขมัน ผงแข็งเซลล์ และเซลลูโลสลิคินพบว่า มีค่าแตกต่างกัน โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักยีสต์ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ซึ่งความแตกต่างของสูตรอาหารอาจเนื่องมาจากความแตกต่างของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร

ปริมาณการกินอาหารได้ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้

ผลการใช้ YFPKC ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นต่อปริมาณการกินวัตถุดิบได้อย่างอิสระจาก

อาหารชั้น และอาหารหยาบในแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย แต่ละกลุ่มที่ได้รับหญ้าพลิแคทูลัมแห้ง (ตารางที่ 2) พบว่าปริมาณการกินอาหารได้ทั้งหมด (kg/d, %BW และ g/kg W^{0.75}) เฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ทำนองเดียวกับปริมาณการกินโภชนะ (OMI, CPI และ NDFI) พบว่าทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) และเมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง (DMD) อินทรีย์วัตถุ (OMD) โปรตีน (CPD) เยื่อใย (CFD) การย่อยได้ของ NDFD และ ADFD ของแพะทุกกลุ่มที่ได้รับอาหารชั้นที่มี YFPKC ระดับต่าง ๆ ในสูตรอาหาร ปรากฏ

Table 2 Effects of yeast fermented palm kernel cake (YFPKC) on feed intake and apparent digestibility in goats fed on plicatulum hay as roughage

Attribute	Dietary treatment (% YFPKC levels in concentrate) ¹					SEM	Contrast ²	
	T1(0)	T2(25)	T3(50)	T4(75)	T5(100)		L	Q
Replaced SBM, %DM basis								
YFPKC levels, %DM basis	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00			
DMI								
Plicatulum hay, kg/d	0.334	0.281	0.248	0.276	0.286	0.03	NS	NS
%BW	1.18	0.99	0.89	1.01	1.03	0.13	NS	NS
g/kg W ^{0.75}	27.19	22.88	20.54	23.12	23.64	2.74	NS	NS
Concentrate, kg/d	0.518	0.517	0.499	0.502	0.513	0.04	NS	NS
%BW	1.83	1.82	1.78	1.83	1.83	0.22	NS	NS
g/kg W ^{0.75}	42.25	42.09	40.83	41.88	42.12	0.09	NS	NS
Total DMI, kg/d	0.852	0.798	0.747	0.778	0.799	0.06	NS	NS
DMI, %BW	3.01	2.82	2.67	2.84	2.86	0.20	NS	NS
DMI, g/kg W ^{0.75}	69.45	64.98	61.38	65.01	65.76	4.49	NS	NS
OMI, kg/d	0.794	0.747	0.710	0.706	0.742	0.05	NS	NS
CPI, kg/d	0.097	0.092	0.086	0.087	0.088	0.01	NS	NS
NDFI, kg/d	0.439	0.425	0.417	0.489	0.497	0.03	NS	NS
Apparent digestibility, %								
DMD	73.15 ^a	73.02 ^a	74.29 ^a	74.78 ^a	67.35 ^b	1.56	0.07	*
OMD	74.56 ^a	74.19 ^a	75.86 ^a	76.14 ^a	69.09 ^b	1.47	0.08	*
CPD	68.52 ^a	70.18 ^a	72.71 ^a	69.63 ^a	61.01 ^b	1.97	*	NS
NDFD	67.42 ^b	66.71 ^b	68.32 ^b	73.03 ^a	62.26 ^c	1.41	NS	*
ADFD	59.92 ^{ab}	57.22 ^{ab}	61.26 ^{ab}	63.39 ^a	53.64 ^b	2.40	NS	0.12

¹ T₁ = YFPKC 0%, T₂ = YFPKC 5%, T₃ = YFPKC 10%, T₄ = YFPKC 15%, T₅ = YFPKC 20%

^{a-c} Within rows not sharing a common superscripts are significantly different ($P<0.05$)

* $P<0.05$

² L = linear, Q = quadratic

SEM = Standard error of the mean (n = 5)

ว่าค่า DMD, OMD, CPD, NDFD และ ADFD ของแพะกลุ่มที่ 1-4 (0-75% YFPKC) ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มที่ 5 (100% YFPKC) ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจาก ระดับเยื่อใย และไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นตามระดับ YFPKC ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (ตารางที่ 1) ทำให้การย่อยได้ลดลง โดยเฉพาะผนังเซลล์ และเซลลูโลสลินิน มีสหสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณการกินอาหารได้ และการย่อยได้ของอาหาร สอดคล้องกับการศึกษาของอารีวรรณ และคณะ (2554) ที่รายงานว่าการเสริมอาหารขึ้นที่มีส่วนประกอบของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมากกว่า 30% ทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ เนื่องจากระดับเยื่อใย และไขมันที่เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ NRC (2001) รายงานว่า ปริมาณไขมันที่มากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร อาจส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินอาหารได้ ความสามารถในการย่อยได้ กระบวนการหมัก และการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (bacterial growth) ในกระเพาะรูเมน ซึ่ง Devendra and Lewis (1974) สรุปว่า อาจเกิดเนื่องจาก 1) ไขมันเข้าไปหุ้ม หรือเคลือบผิวของเยื่อใยทำให้จุลินทรีย์เข้าย่อยได้ยาก หรือไม่สามารถเข้าย่อยเยื่อใยได้ 2) ไขมันอาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์บางชนิดเป็นผลทำให้ประชากรจุลินทรีย์ชนิดนั้นลดลงเกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน 3) กรดไขมันอาจไปมีผลต่อผนังเซลล์ (cell membrane) ของจุลินทรีย์ทำให้การทำงานลดลง และ 4) กรดไขมันสายยาวอาจไปทำปฏิกิริยากับ cation เกิดเป็น insoluble complex ซึ่งมีผลโดยตรงต่อจำนวน cation ที่จุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ หรือมีผลทางอ้อมต่อค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนทำให้การย่อยได้ลดลง ทำนองเดียวกับ Cheng *et al.* (1991) รายงานว่าไขมันจะเข้าไปเคลือบชั้นอาหารทำให้ยับยั้งการย่อยอาหาร โดยไปยับยั้งการเข้าจับของเซลล์จุลินทรีย์ หรือเอนไซม์ของจุลินทรีย์ที่พื้นผิวอาหาร จึงทำให้กลุ่มที่ 5 มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ

จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า YFPKC สามารถใช้ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรได้ในระดับ 5-15 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลเสียต่อปริมาณการกินอาหารได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ การย่อยได้ของโภชนะ หรือ

สมรรถภาพของสัตว์ อย่างไรก็ตาม พบว่าความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะเฉลี่ยสูงสุดในกลุ่มที่ 4 ที่ระดับการทดแทน 75% YFPKC เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ อาจเนื่องมาจากยีสต์ที่เสริมเข้าไปบางส่วนไปกระตุ้นให้นิเวศวิทยาในรูเมนให้เหมาะสม และสามารถเพิ่มประชากรในกลุ่มที่ย่อยสลายเยื่อใยได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยไปลดระยะเวลาในการเจริญเติบโตในช่วง lag phase และตัวเซลล์ยีสต์ที่ตายแล้วจะเป็นแหล่งวิตามินบี ซึ่งจะไปช่วยในการเจริญเติบโตต่อไป (Girard and Dawson, 1995) สอดคล้องกับการศึกษาของ Chaucheyras-Durand and Fonty (2001) ที่ศึกษาการเสริมเซลล์ยีสต์มีชีวิตในลูกแกะที่กระเพาะรูเมนกำลังพัฒนา และพัฒนาแล้วพบว่า กลุ่มที่ได้รับยีสต์สามารถกระตุ้นให้กระเพาะรูเมนมีพัฒนาการได้เร็วขึ้น โดยดูจากจำนวนแบคทีเรียที่ย่อยสลายเยื่อใยที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไม่เสริมยีสต์

อุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะรูเมน

ผลของระดับ YFPKC ทดแทนแหล่งโปรตีนจากกากถั่วเหลืองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในกระเพาะรูเมนของแพะในแต่ละช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร (ตารางที่ 3) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างคงที่ (39.3-39.4 องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นระดับปกติที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในรูเมน (38-40 องศาเซลเซียส) (Van Soest, 1994) ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง หรือ pH ภายในรูเมนของแพะในแต่ละช่วงเวลาก็ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มเช่นกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างคงที่ (6.53-6.61) ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเยื่อใย และการย่อยของโปรตีน (6.0-7.0) (Hoover, 1986) และเมื่อเปรียบเทียบค่า pH ในช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร พบว่า ค่า rumen pH ลดต่ำลง (6.18-6.31) ในช่วงเวลาที่ 4 หลังการให้อาหาร ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเกิดกระบวนการหมักสูงสุด อย่างไรก็ตาม ค่า pH อาจถูกควบคุมโดยความเข้มข้นของระดับแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน ซึ่งอาจเกิดขึ้นเมื่อมีการย่อยสลายยูเรียโดยจุลินทรีย์ได้เป็น CO_2 และแอมโมเนีย (2-NH_3)

Table 3 Effects of yeast fermented palm kernel cake (YFPKC) on rumen fermentation characteristics in goats fed on plicatum hay as roughage

Attribute	Dietary treatment (% YFPKC levels in concentrate) ¹					SEM	Contrast ²	
	T1(0)	T2(25)	T3(50)	T4(75)	T5(100)		L	Q
Replaced SBM, %DM basis								
YFPKC levels, %DM basis	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00			
Temperature, °C	39.4	39.4	39.3	39.3	39.4	0.16	NS	NS
Ruminal pH	6.61	6.53	6.57	6.55	6.59	0.06	NS	NS
NH ₃ -N, mg/dl	16.71	16.71	14.43	15.86	14.14	1.13	NS	NS
BUN, mg/dl	20.64 ^{ab}	21.08 ^a	19.18 ^b	21.05 ^a	20.85 ^a	1.10	NS	NS

¹ T₁ = YFPKC 0%, T₂ = YFPKC 5%, T₃ = YFPKC 10%, T₄ = YFPKC 15%, T₅ = YFPKC 20%

^{a-b} Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05)

² L = linear, Q = quadratic, SEM = Standard error of the mean (n = 5)

(Van Soest, 1994) สอดคล้องกับ Roman-Ponce *et al.* (1974) ที่กล่าวว่า กลุ่มโคที่ได้รับยูเรียเป็นแหล่งโปรตีนเมื่อจุลินทรีย์เข้าย่อยจะสลายตัวได้แอมโมเนียอย่างรวดเร็ว ซึ่งแอมโมเนียมีฤทธิ์เป็นด่างจึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มสูงขึ้น ทำนองเดียวกับ Pimpa *et al.* (1996) ที่รายงานว่า เมื่อระดับแอมโมเนียไนโตรเจน (NH₃-N) ในกระเพาะรูเมนสูงขึ้นทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มสูงขึ้นด้วย

ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด

ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH₃-N) ในกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 14.14-16.71 mg/dL (ตารางที่ 4) ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสม 10-30 mg/dL (Ferguson *et al.*, 1993) สำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน ทำนองเดียวกับ Preston and Leng (1987) ที่รายงานว่า ระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนคือ 5-25 mg/dL ขณะที่ Mehrez *et al.* (1977) รายงานว่าเป็นค่า 15-20 mg/dL

อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เหมาะสม ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของสัตว์ ชนิดของอาหาร โดยเฉพาะแหล่งคาร์โบไฮเดรต ปริมาณโปรตีนที่กินได้ (Lewis, 1975) ศักยภาพในการเกิดกระบวนการหมักของอาหาร ความสามารถในการย่อยสลายได้ของโปรตีน และสภาพนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสม (Erdmen *et al.*, 1986)

ส่วนค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (BUN) ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวมพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ยกเว้น กลุ่มที่ 3 (50% YFPKC) มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ก็ยังมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปกติในแพะ ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของสุธีและคณะ (2554) ที่ศึกษาค่าทางชีวเคมีของเลือดแพะที่เลี้ยงในภาคใต้ของประเทศไทย และ Lloyd (1982) ที่รายงานว่า ระดับปกติของ BUN ในแพะอยู่ในช่วง 11.2-27.7 mg/dL ซึ่งค่าความเข้มข้นของ BUN ปกติจะผันแปรตามหลายปัจจัย เช่น อายุ สูตรอาหาร ปริมาณโปรตีนที่กินได้ และระดับของ NH₃-N ในกระเพาะรูเมน สอดคล้องกับ Preston *et al.* (1965) ที่รายงานว่า ค่าของ BUN มีสหสัมพันธ์สูง (highly correlation) กับปริมาณโปรตีนที่กินได้ และสัมพันธ์กับระดับการผลิตแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน (Lewis, 1975)

Table 4 Effects of yeast fermented palm kernel cake (YFPKC) on volatile fatty acid profiles in goats fed on plicatum hay as roughage

Attribute	Dietary treatment (% YFPKC levels in concentrate) ¹					SEM	Contrast ²	
	T1(0)	T2(25)	T3(50)	T4(75)	T5(100)		L	Q
Replaced SBM, %DM basis								
YFPKC levels, %DM basis	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00			
Total VFA, mmol/ L	75.5	78.1	75.0	79.2	76.3	4.58	NS	NS
Molar proportion of VFA, mol/ 100mol								
Acetate (C ₂)	62.3	62.3	62.3	62.6	61.7	0.84	NS	NS
Propionate (C ₃)	27.1	26.9	26.2	26.2	26.9	0.41	NS	NS
Butyrate (C ₄)	10.7	10.7	11.5	11.3	11.4	0.32	NS	NS
C2:C3 ratio	2.3	2.3	2.4	2.4	2.3	0.10	NS	NS

¹ T₁ = YFPKC 0%, T₂ = YFPKC 5%, T₃ = YFPKC 10%, T₄ = YFPKC 15%, T₅ = YFPKC 20%

^{a-b} Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05)

² L = linear, Q = quadratic

SEM = Standard error of the mean (n = 5)

ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะ รูเมน

ผลการใช้ YFPKC ทดแทนกากถั่วเหลืองต่อค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ จากการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดบิวทีริก และสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิก ในการทดลองนี้มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 75.0-79.2 มิลลิโมลต่อลิตร 61.7-62.6, 26.2-27.1, 10.7-11.5 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด และสัดส่วนมีค่า 2.3-2.4 โดยทุกค่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ($P>0.05$) ใกล้เคียงกับรายงานของปิ่น และสุภิญญา (2555) ที่ศึกษาผลของระดับเนื่อในเมล็ดยางพารา และกากเนื่อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้น ซึ่ง France and Siddons (1993) รายงานว่า ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดในกระเพาะรูเมนปกติมีค่าระหว่าง 70-130 mmol/L ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ สอดคล้องกับ Sutton (1985) ที่รายงานว่าการผลิตกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ คือเมื่อความสามารถในการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้การผลิตกรดไขมันระเหยได้เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

สรุปและข้อเสนอแนะ

กากเนื่อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักยีสต์สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองได้ในระดับ 25-75 เปอร์เซ็นต์ หรือใช้ได้ 5-15 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารแพะ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาในแพะขุนหรือแพะรีดนมในระยะต่าง ๆ ในสภาพการเลี้ยงของเกษตรกร ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- ปิ่น จันจุฬา และ สุภิญญา ชูใจ. 2555. ผลของระดับเนื่อในเมล็ดยางพาราและกากเนื่อในเมล็ดปาล์ม น้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนและสมดุลไนโตรเจนในแพะที่ได้รับหญ้าชิกแนลแห้งเป็นอาหารหลัก. วารสารเกษตร 28(2): 101-112.
- สุธี รัตนะ อรษา อรุณสกุล และปิยนันท์ สังข์ไพฑูร. 2554. ค่าทางชีวเคมีของเลือดแพะที่เลี้ยงในภาคใต้ของประเทศไทย. วารสารเกษตร 27(3): 283-292.

- อารีย์วรรณ มีแสง ปิ่น จันจุฬา วันวิศาข์ งามผ่องใส และ
อภิชาติ หล่อเพชร. 2554. ผลการใช้กากเนื้อใน
เมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารชั้นต่อการย่อย
ได้ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ.
วารสารเกษตร 27(1): 87-99.
- Antai, S. P. and P. M. M. Bongo. 1994. Utilization of
cassava peels as substrate for crude
protein formation. *Plant Foods for Human
Nutrition* 46: 345-353.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analyses, 15th ed.
Association of Official Analytical Chemists.
Arlington, VA. 1298 p.
- Bremner, J. M. and D. R. Keeney. 1965. Steam
distillation methods of determination of
ammonium nitrate and nitrite. *Analytica
Chimica Acta* 32: 485-493.
- Chaucheyras-Durand, F. and G. Fonty. 2001.
Establishment of cellulolytic bacteria and
development of fermentative activities in the
rumen on gnotobiotically-reared lambs
receiving the microbial additive
Saccharomyces cerevisiae CNCM I-1077.
Reproduction Nutrition Development 41: 57-
68.
- Cheng, K. J., C. W. Forsberg, H. Mnato and J. W.
Costerton. 1991. Microbial ecology and
physiology of feed degradation without the
rumen. *In*: Tsuda T., Y. Sasaki and R.
Kawashima (eds.), *Physiology Aspects of
Digestion and Metabolism in Ruminants*:
Proceedings of the Seventh International
Symposium on Ruminant Physiology,
Academic Press, Inc., San Diego, CA. pp.
595.
- Crocker, C. L. 1967. Rapid determination of urea
nitrogen in serum or plasma without
deproteinization. *American Journal of
Medical Technology* 33: 361-365.
- Devendra, C. and D. Lewis. 1974. The interaction
between dietary lipids and fibre in the
sheep. *Animal Production* 19: 67-75.
- Erdman, R. A., G. H. Proctor and J. H. Vandersall.
1986. Effect of ruminal ammonia
concentration on *in situ* rate and extent of
digestion of feedstuffs. *Journal of Dairy
Science* 69: 2312-2320.
- Ferguson, J. D., D. T. Galligan, T. Blanchard and M.
Reeves. 1993. Serum urea nitrogen and
conception rate: the usefulness of test
information. *Journal of Dairy Science* 76:
3742-3746.
- France, J. and R. C. Siddons. 1993. Volatile fatty acid
production. *In*: J. M. Forbes and J. France
(eds.), *Quantitative Aspects Ruminant
Digestion and Metabolism*. pp. 107-122.
C.A.B. International, Willingford. UK.
- Girard, I. D. and K. A. Dawson. 1995. Effect of a
yeast culture on growth characteristics of
representative ruminal bacteria. *Journal of
Animal Science* 73: 264.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage
Fiber Analysis (apparatus, reagents,
procedures, and some applications).
Agriculture Handbook. No. 370, USDA-
ARS, Washington, D.C.
- Hoover, W. H. 1986. Chemical factors involved in
ruminal fiber digestion. *Journal of Dairy
Science* 69: 2755-2766.
- Lewis, D. 1975. Blood urea concentration in relation
to protein utilization in the ruminant. *Journal
of Agricultural Science (Cambridge)* 48:
438-446.
- Lloyd, S. 1982. Blood characteristics and the
nutrition of ruminants. *British Veterinary
Journal* 138: 70-85.

- Mehrez, A. Z., E. R. Ørskov and I. McDonald. 1977. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. *British Journal of Nutrition* 38: 437-443.
- NRC. 1981. *Nutrient Requirements of Goats: Angora, Dairy and Meat Goat in Temperate and Tropical Countries*. The National Academy Press, Washington, D. C.
- NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th ed. National Academy Press, Washington, D. C.
- Pimpa, O., M. Wanapat, K. Sommart, S. Uriyapongson and D. S. Parker. 1996. Effect of level of ruminal $\text{NH}_3\text{-N}$ on straw intake, digestibility, ruminal fermentation and urinary purine excretion in swamp buffaloes. *Proceeding of the International Workshop on Draft Animal Power to Increase Farming Efficiency and Sustainability*. Khon Kaen University, Thailand.
- Preston, T. R. and R. A. Leng. 1987. *Matching Ruminant Production Systems with Available Resources in the Tropics and Sub-tropics*. Penambull Book Armidale, Australia.
- Preston, R. L., D. D. Schnakanberg and W. H. Pfander. 1965. Protein utilization in ruminants. I. Blood urea nitrogen as affected by protein intake. *Journal of Nutrition* 86: 281-287.
- Roman-Ponce, H., H. H. Van Horn, S. P. Marshall, C. J. Wilcox and P. F. Rendel. 1974. Complete rations for dairy cattle. V. Interaction of sugarcane bagasse quantity and form with soybean meal, urea and starea. *Journal of Dairy Science* 58: 1320-1328.
- Samuel, M., S. Sagathewan, J. Thomas and G. Mathen. 1997. An HPLC method for estimation of volatile fatty acids of ruminal fluid. *Indian Journal of Animal Sciences* 67: 805-807.
- Schneider, B. H. and W. P. Flatt. 1975. *The Evaluation of Feeds Through Digestibility Experiments*. The University of Georgia Press, Georgia.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometerial Approach*. (2nd ed.). McGraw-Hill, New York.
- Sutton, J. D. 1985. Digestion and absorption of energy substrates in the lactating cow. *Journal of Dairy Science* 68: 3376-3393.
- Tewe, O. O. 1991. Detoxification of cassava products and effects of residual toxins on consuming animals. *Proceedings of the FAO Expert consultation meeting on Roots, Tubers, Plantains and Bananas in Animal Feeding*; FAO Rome. pp. 81.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. (2nd ed.). Cornell University Press, Ithaca, New York.
- Wallace, R. J. and C. J. Newbold. 1993. Rumen fermentation and its manipulation: the development of yeast cultures as feed additives. *In: Lyons, T.P., (Ed), Biotechnology in the Feed Industry Alltech Technical Publications, Nicholasville, Kentucky*. pp. 173.