ผลของความชื้นและเยื่อใยในอาหารสูตรรวมที่ใช้ข้าวโพดหมักเป็นหลักต่อการย่อยได้ในระบบหลอดทดลอง

Effect of moisture and fiber content of total mix ration containing corn silage base on feed digestibility of in vitro digestibility

วัชราภรณ์ สีมูลโท[1] และ วิโรจน์ ภัทรจินดา[1*]

Watcharaporn Srimoontho[1] and Virote Pattarajinda[1*]

บทคัดย่อ: การเลี้ยงโคนมเพื่อได้น้ำนมคุณภาพดีและมีปริมาณน้ำนมที่สูง ทางหนึ่งคือการให้อาหารแบบสูตรรวมทีเอ็มอาร์ และในการทำอาหารสูตรรวมที่ดีนอกจากจะมีโภชนะคำนวณตรงตามความต้องการโคนมแล้ว ปัจจัยจากความชื้นและขนาดชิ้นอาหารมีความสำคัญต่อการกินได้เช่นกัน จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อหาระดับที่เหมาะสมที่จะทำให้อาหารมีการย่อยได้สูงสุดโดยศึกษาการย่อยได้ในระบบหลอดทดลอง (*in vitro* digestion) ของอาหารที่มีข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบหลัก ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) โดยมีระดับ ของเยื่อใยที่มีความสามารถในการกระตุ้นการเคี้ยวเอื้องได้ (peNDF) 3 ระดับ (20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์) ความชื้น 3 ระดับ (40, 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์) และช่วงเวลาของวันหมักอาหาร (0, 7, 14, 21) ผลการทดลองพบว่าระดับของ peNDF และความชื้น และระยะเวลาในการหมักมีอิทธิพลต่อการย่อยได้ของอาหารแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งการย่อยได้ในรูป IVDMD, IVNDFD และ IVADFD โดยในการย่อยได้ของสิ่งแห้ง (IVDMD) จะพบว่าชิ้นอาหารขนาดเล็ก (peNDF 20-25 เปอร์เซ็นต์) จะหมักและย่อยได้ดีในสัปดาห์แรก ส่วนการย่อยได้ของเยื่อใย IVNDFD และ IVADFD พบว่าความชื้นสูงและระยะเวลาหมักที่นานช่วยให้มีการย่อยได้ดีขึ้น จากงานทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่าการย่อยได้ในหลอดทดลองของอาหารสูตรรวมที่ใช้ข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบควรใช้ค่า peNDF 20-25 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 50-60 เปอร์เซ็นต์และหมักเป็นระยะเวลา 7-21 วัน เป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดในการหมัก

คำสำคัญ: ทีเอ็มอาร์ , ข้าวโพดหมัก, กากมันสำปะหลัง, การย่อยได้

Abstract: Dairy cattle has a capability to produce a high yield and milk quality by feeding a Total Mixed Ration, TMR. Along with a well ration formulation, moisture content and particle size of fiber may affect feed intake of dairy cattle . The objective of this study was to identify the optimum levels of moisture and particle size. The experiment was randomize completely designincluded physically effective NDF (peNDF) 3 levels as 20, 25, and 30% and moisture contents as 40, 50, and 60 % of TMR.DM. The result indicated that both peNDF and moisture content were significantly difference among treatments in IVDMD, IVNDFD, and IVADFD. The feed digestion of IVDMD had affected by particle size that the optimum sizes were 20-25% during the first week of fermentation. Fiber digestion of IVDMD and IVADFD had affected by moisture content and fermentation period. Consequencely, peNDF 20-25% and moisture content 50-60% together with fermentation period during 7-21 days were promote the best of feed digestion.

Key words: TMR, corn silage, cassava pulp, digestibility

Received March 12, 2019

Accepted September 30, 2019

[1] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

*Corresponding author: Email: virotekku@hotmail.com

บทนำ

อาหารนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อผลตอบแทนของการผลิตน้ำนมปัจจุบันการให้อาหารสูตรรวมทีเอ็มอาร์ (Total Mixed Ration, TMR) ได้รับความนิยมมากขึ้นในประเทศไทย เพราะโคกินอาหารได้ครบสัดส่วนและคุณค่า ช่วยรักษาสมดุลของกระเพาะหมักและลดการเลือกกินอาหารของโค นอกจากนี้ยังเพิ่มการกินได้และการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (Shioya, 2008) เพิ่มการเคี้ยวเอื้อง (Krause et al., 2002) การให้อาหารหยาบที่เหมาะสมทำให้เกิดการหลั่งน้ำลายที่เป็นสารบัฟเฟอร์ออกมาเพื่อปรับสมดุลภายในกระเพาะหมัก ในขณะเดียวกันถ้าอาหารหยาบในอาหารมีขนาดสั้นหรือยาวเกินไปอาจจะส่งผลกระทบต่อผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบน้ำนม และสุขภาพโค เช่น การเกิดโรคกระเพาะอาหารเป็นกรด หรือ Subacute Ruminal Acidosis (SARA) (Eastridge et al., 2017) การใช้ค่าเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพ (Physically effective fiber NDF, peNDF) ที่บ่งบอกความสามารถกระตุ้นการเคี้ยวเอื้องได้ (วิโรจน์, 2557) โดยประเมินใช้วิธีการของ Penn State Particle Separator ที่ได้พัฒนาขึ้น (Heinrichs, 2013)

ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อคุณภาพของอาหารสูตรรวมแบบหมัก คือขนาดชิ้นของอาหารและความชื้นในอาหาร โดย ขนาดชิ้นอาหารหยาบหรืออาหารประเภทเยื่อใยมีความสำคัญมากเนื่องจากมีผลต่อการผสมอาหารให้รวมกันและการหมักย่อยของจุลินทรีย์ในอาหารโดยเฉพาะแบคทีเรีย ยีสต์ และเชื้อรา (Seppala et al., 2013) Calberry et al. (2003) พบว่าในการทำอาหารสูตรรวมแบบหมักอาหารที่มีขนาดชิ้นเล็กลงสามารถรักษาสมดุลการหมักได้ดีกว่าอาหารที่มีขนาดชิ้นใหญ่ โดยเฉพาะการลดออกซิเจนส่วนเกินออกจากกระเพาะหมักทำให้อาหารมีการย่อยคลุกเคล้ากันได้ที่ดีขึ้น ส่วนอีกปัจจัยหนึ่งคือ ความชื้นในการผสมอาหารจะมีผลช่วยให้จุลินทรีย์ใช้อาหารและทำงานได้ดีขึ้น นอกเหนือจากทำให้อาหารมีความนุ่มเพิ่มความน่ากินขึ้น แต่อาหารที่ชื้นมากเกินไปจะเน่าเสีย ทำให้โภชนะถูกทำลายลดความน่ากินอาหาร (Miyaji at el., 2016; Mastuoka et al.,1993) วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อหาระดับความชื้นและ peNDF รวมทั้งช่วงระยะการหมักของอาหารสูตรรวมที่เหมาะในระบบหลอดทดลองต่อการย่อยได้สูงสุด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อพัฒนาการปรับปรุงคุณภาพอาหารสูตรรวมต่อไป

วิธีการศึกษา

การเตรียมอาหารทดลอง

ทำการผสมอาหารทดลองตามสูตรในตารางที่ 1 โดยใช้ข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบหลัก และคำนวณค่า peNDF ของอาหารทดลองด้วย การนำอาหารสูตรรวมอบแห้งแล้วมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1.18 มม. (0.046 นิ้ว) สัดส่วนอาหารที่คงเหลืออยู่บนตะแกรง เมื่อนำมาคำนวณตามสูตรค่า peNDF = (% NDF อาหาร x สัดส่วนอาหารบนตะแกรง) (Mertens, 1997) ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหมักในวันที่ 0, 7, 14, 21 จำนวน 1 กิโลกรัม นำมาอบ 60 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

งานทดลองออกแบบเป็น 3 × 3 factorials randomized complete block design (RCBD) โดยในสูตรอาหาร มี 2 ปัจจัย และแต่ล่ะปัจจัยมี 3 ระดับ ปัจจัยแรกค่า peNDF (20, 25, 30) ปัจจัยที่สองคือความชื้น (40, 50, 60) และมีความแตกต่างของวันที่หมักอาหารเป็นบล็อก (0, 7, 14, 21) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ PROC ANOVA ของ SAS 9.0 (SAS 2002).

การทดลองการย่อยได้โดยวิธี *in vitro* digestion

การศึกษาการย่อยได้โดยวิธี *in vitro* digestion ทำการทดลองโดยใช้เครื่อง Daisy II Incubator (Ankom Technology Crop., Fairyport, NY) มีวิธีการดังนี้เตรียมถุงไนลอนเบอร์ 57 (F 57 filter bag) นำไปล้างด้วย acetone 3 – 5 นาทีชั่งและบันทึกน้ำหนัก (W_1) นำตัวอย่างอาหารทดลองจำนวน 0.50กรัม/ซ้ำ ใส่ลงในถุงไนลอนที่เตรียมไว้ปิดผนึกปากถุงด้วยความร้อนและนำถุงไนลอนเปล่า ชั่งน้ำหนักและปิดผนึกเช่นเดียวกับถุงที่ใส่ตัวอย่างอาหารเพื่อใช้เป็น correction factor (C_1) ส่วนตัวอย่างอาหารทดลองที่เหลือนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ DM, CP (AOAC, 1985) ADF และ NDF (Ankom Technology, Fairport, NY) เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ สำหรับการย่อยได้ (Buffer

Solution) สารละลาย A เตรียมโดยการชั่ง KH_2PO_2 10 กรัม, $MgSO_4.7H_2O$ 0.5 กรัม, NaCl 0.5 กรัม, $CaCl_2H_2O$ 0.1 กรัม และยูเรีย 0.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร สารละลาย B เตรียมโดยการชั่ง Na_2CO_3 1.5 กรัม และ $Na_2S.9H_2O$ 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

ทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะหมักในช่วงเช้าก่อนให้อาหาร นำมากรองด้วยผ้าขาวบางจำนวน 4 ชั้น และไล่ออกซิเจนออกโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำการอุ่นสารละลายบัฟเฟอร์ A และ B ให้ได้อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียสแล้วเทใส่ลงในโถหมักย่อยในแต่ละโถ (Digestion Jar) ในอัตราส่วนของสารละลาย A 1,330 มิลลิลิตร และสารละลาย B 266 มิลลิลิตร นำโถหมักย่อยใส่ในเครื่อง Daisy II Incubator ประมาณ 20 – 30 นาที เพื่อปรับสภาพอุณหภูมิของสารละลายบัฟเฟอร์ให้เป็น 39 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมของเหลวจากกระเพาะหมักที่ได้จำนวน 400 มิลลิลิตร ลงในโถหมักย่อย ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากการบ่มครบ 48 ชั่วโมงแล้ว นำถุงออกมาล้างให้สะอาดด้วยน้ำเย็น อบให้แห้งและบันทึกเป็นน้ำหนัก (W_3) เพื่อใช้คำนวณหาค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง นำถุงไนลอนที่อบแห้งแล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณ NDF, ADF (Ankom Technology, Fairport, NY) เพื่อคำนวณหาค่าการย่อยได้ของ NDF และ ADF (Cherney et al., 2004)

การคำนวณหาค่าการย่อยได้

- การย่อยได้ของอาหารสูตรรวม (*in vitro* as fed digestibility, IVAFD) คำนวณจากสมการ

$$IVAFD\ (\%) = \frac{100 - ((W_3 - (W_1 \times C_1)) \times 100}{W_2}$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักถุงเปล่า, W_2 = น้ำหนักตัวอย่างอาหารสดสุทธิ, W_3 = น้ำหนักถุงสุดท้ายหลังจากการบ่ม 48 ชั่วโมงและอบแห้ง , C_1 = Blank bag correction (น้ำหนักถุงเปล่าหลังจากการบ่ม 48 ชั่วโมงและอบแห้ง ÷ น้ำหนักถุงเปล่าเริ่มต้น)

- การย่อยได้ของ NDF (*in vitro* NDF digestibility, IVNDFD) คำนวณจากสมการ

$$IVNDFD(\%) = 100 - \frac{\text{NDF ที่เหลือหลังจากการบ่ม 48 ชั่วโมง}}{\text{NDF ก่อนการบ่ม}} \times 100$$

- การย่อยได้ของ ADF (*in vitro* ADF digestibility, IVADFD) คำนวณจากสมการ

$$IVADFD\ (\%) = 100 - \frac{\text{ADF ที่เหลือหลังจากการบ่ม 48 ชั่วโมง}}{\text{ADF ก่อนการบ่ม}} \times 100$$

ผลการทดลอง

การย่อยได้วัตถุแห้งของอาหารสูตรรวม

ผลของความชื้นและระดับของ peNDF ในช่วงวันหมักที่แตกต่างกันต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้งในหลอดทดลอง (IVDMD) จาก **Table 3** จะเห็นว่า ผลการทดลองมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างความชื้นและระดับของ peNDF ต่อการย่อยได้ในหลอดทดลอง ($P<0.001$) โดยพบว่า peNDF 20-25 เปอร์เซ็นต์จะมีการย่อยได้เพิ่มขึ้นเมื่อระดับความชื้นเพิ่มขึ้น ในวันที่ 7 และ 14 พบว่า ความชื้นไม่มีปฏิสัมพันธ์กันกับค่า peNDF โดยจะพบว่ามีการย่อยได้สูงที่สุดที่ peNDF 25 เปอร์เซ็นต์และความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ (66.39, 72.93) และในวันที่ 21 จะพบว่า ค่าการย่อยได้ที่สูงที่สุดจะอยู่ที่ peNDF ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นที่ 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ (73.36 และ 67.20) โดยมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่าง peNDF และความชื้น (0.001) จะเห็นได้ว่าค่า peNDF ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสูตรรวมแบบหมักจะมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (IVDMD) ได้ดีกว่า peNDF ที่ 25, 30 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกันกับMuya et al. (2011) กล่าวว่าขนาดชิ้นของอาหารหยาบ มีผลต่อการย่อย คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช้เยื่อใย (non fiber carbohydrates, NFC) จาก **Table 4** พบว่า การย่อยได้ของวัตถุแห้งในหลอดทดลอง (IVDMD) ในวันที่ 14 มีการย่อยได้ที่ดีที่สุดกว่าวันอื่นๆในทุกทรีทเมนต์ และมีการย่อยได้ที่สูงที่สุดที่ระดับ peNDF 20 เปอร์เซ็นต์และความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ (76.85, $P<0.01$) ซึ่งอาจเกิดจากเป็นช่วงที่ผ่านกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ โดยกระบวนการหมักจะเกิดภายในวันที่ 0-7 ของการหมักอาหารสูตรรวม (Miyajiat el., 2016) จึงสรุปได้ว่า การย่อยได้วัตถุแห้งในหลอดทดลอง (IVDMD) โดยมีปฏิสัมพันธ์การกันระหว่าง peNDF และความชื้น ในช่วง 7 วันแรกของการหมัก ขนาดชิ้นเล็ก(peNDF 20-25 เปอร์เซ็นต์) จะหมักได้ดีในทุกระดับความชื้น ในช่วง 14-20 วัน ขนาดชิ้นเล็ก (peNDF 20 เปอร์เซ็นต์) หมักที่ความชื้นสูงจะดีกว่า และค่าการย่อยได้ที่ดีที่สุดอยู่ในระดับ peNDF 20-25 เปอร์เซ็นต์และความชื้น ที่ 50-60 เปอร์เซ็นต์

การย่อยได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง

ผลของความชื้นและระดับของ peNDF ในวันหมักที่แตกต่างกันต่อการย่อยได้ของสารละลายที่เป็นกลางในหลอดทดลอง (IVNDFD) จาก Table 3 พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กันทุกๆระยะการหมัก โดยในวันที่ 0 และ 14 พบว่า การย่อยได้ของสารละลายที่เป็นกลาง ที่ระดับ peNDF 30 เปอร์เซ็นต์และความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์มีการย่อยได้ที่ดีที่สุด (35.46, P<0.001 และ 25.29, P<0.05) ส่วนในวันที่ 7 ของการหมักพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันระหว่าง peNDF และความชื้น แต่ปฏิสัมพันธ์กันระหว่าง peNDF และความชื้น (P>0.05) โดยมีค่าการย่อยได้สูงที่สุดที่ peNDF 30 เปอร์เซ็นต์ และ ความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ (34.53, P<0.001) ในวันที่ 21 พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กันระหว่าง peNDF และความชื้น และการย่อยได้ดีที่สุดที่ peNDF 30 เปอร์เซ็นต์ ในความชื้น 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ (33.11 และ 29.37, P<0.001) เมื่อเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาที่หมัก จาก Table 4 พบว่า ทรีทเมนต์ที่มีความแตกต่างทางสถิติ ในวันที่ 7 จะมีการย่อยได้ที่สูงที่สุดของการหมักอาหารสูตรรวมสรุปได้ว่า การย่อยได้ของสารละลายที่เป็นกลางในหลอดทดลอง (IVNDFD) โดยมีปฏิสัมพันธ์การกันระหว่าง peNDF และความชื้น มีการย่อยได้ที่ดีที่สุดในระดับ peNDF30 เปอร์เซ็นต์และความชื้น ที่ 60 เปอร์เซ็นต์ และการหมักที่ 7 วันในอาหารสูตรรวม

การย่อยได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด

ผลของความชื้นและระดับของ peNDF ในวันหมักที่แตกต่างกันต่อการย่อยได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรดในหลอดทดลอง (IVDMD) จาก Table 3 พบว่าค่าการย่อยได้มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างระดับของ peNDFและความชื้นที่สูงขึ้นในทุกทรีทเมนต์ โดยวันที่ 0, 7 และ 14 มีการย่อยได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรดในหลอดทดลองที่เพิ่มขึ้นตามระดับของ peNDF ที่เพิ่มขึ้น วันที่ 0 และ 21 ของการหมักอาหารสูตรรวม พบว่าระดับของ peNDF มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.001) ส่วนความชื้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีการย่อยได้ที่สูงสุดที่ peNDF 30เปอร์เซ็นต์ และความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ (20.20 และ 19.75, P<0.001) วันที่ 7-14 พบว่า มีการย่อยได้สูงสุดที่ peNDF 30 เปอร์เซ็นต์ และความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์โดยที่ระดับของ peNDF และความชื้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างระดับของ peNDF และความชื้น (P<0.01) จะเห็นว่าระดับการย่อยได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรดจะขึ้นอยู่กับระดับของ peNDF ในสูตรอาหาร Mertens (1997) ระบุว่า ADF ประกอบด้วยเซลลูโลสและลิกนินเป็นส่วนประกอบหลักซึ่งมีความสัมพันธ์กับการย่อยได้มากกว่าการกินได้ สอดคล้องกันกับ Oh et al. (2016) ที่กล่าวว่า การเพิ่มขึ้นของ peNDF และ NDF ในสูตรอาหาร ส่งผลให้การย่อยได้ ADF เพิ่มมากขึ้นแต่จะลดลงเมื่อ ในสูตรอาหารมีความเข้มข้นของ NFC เพิ่มขึ้น กล่าวคือ IVADFD ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้นสัมพันธ์กับระดับของ peNDF และ NDF ในสูตรอาหาร (Nha and Pattarajinda, 2017) สรุปได้ว่า การย่อยได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรดในหลอดทดลอง (IVDMD) โดยมีปฏิสัมพันธ์การกันระหว่าง peNDF และความชื้น มีการย่อยได้ดีที่สุดในระดับ peNDF 30เปอร์เซ็นต์และความชื้น ที่ 60 เปอร์เซ็นต์และการหมักที่ 14-21 วันในอาหารสูตรรวม

สรุปผลการศึกษา

การย่อยได้ของอาหารสูตรรวมมีผลกระทบจากขนาดของเยื่อใยในรูป peNDF และความชื้นของอาหารได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งการย่อยได้ในรูป IVDMD, IVNDFD และ IVADFD การย่อยได้ของสิ่งแห้ง (IVDMD) จะพบว่าชิ้นอาหารขนาดเล็กจะหมักได้ดีในสัปดาห์แรกและดีสุดในช่วง 7 วัน ส่วนการย่อยได้ของเยื่อใย IVNDFD และ IVADFD พบว่าอาหารที่มีความชื้นสูงและระยะเวลาหมักที่นานขึ้นจะช่วยให้มีการย่อยของอาหารเพิ่มได้ดีขึ้น ดังนั้นการย่อยได้ของอาหารสูตรรวมในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ค่าที่เหมาะสมของขนาดชิ้นที่ระดับ peNDF 20-25 เปอร์เซ็นต์และความชื้นในช่วง 50-60 เปอร์เซ็นต์และระยะเวลาในการหมักช่วง 7-21 วัน เป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุด

Table 1 The feed ingredients and calculated nutrients of experimental diets (% DM basic)

	Treatments								
	P20 M40	P20 M50	P20 M60	P25 M40	P25 M50	P25 M60	P30 M40	P30 M50	P30 M60
Ingredients									
Soy bean meal	9.2	7.9	5.5	8.1	6.7	6.0	10.7	8.1	6.2
Wet Cassava pulp	0	19.2	35.5	0	9.6	30.4	0	9.6	35.3
Cassava chip	21.4	10.7	2.2	6.8	9.8	4.5	15.8	8.6	0.9
Corn meal	6.9	13.7	10.8	14.1	5.8	6.5	6.1	6.8	6.0
Urea	0.6	0.5	0.4	0.6	0.5	0.3	0.6	0.5	0.4
Rice bran	9.4	2.2	4.4	9.3	7.7	6.6	2.6	2.2	0.3
Mineral premix	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Corn silage	52.1	45.4	40.9	53.3	59.5	49.3	54.5	59.5	50.1
Rice straw	0	0	0	7.3	0	0	9.2	4.4	0.3
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100
DM	60.8	49.7	39.8	60.6	49.6	39.2	59.6	49.6	39.0
Moisture	39.1	50.3	60.1	39.7	50.3	60.7	40.3	50.5	60.9
TDN	75.7	74.8	73.5	73.2	73.3	71.7	71.3	70.9	69.7
CP	14	14	14	14	14	14	14	14	14
ADF	15.1	15.7	18.5	19.0	18.8	20.2	19.7	20.8	22.4
NDF	29.2	48.4	35.6	35.5	35.3	38.3	36.7	39.0	42.2
Fat	3.4	2.6	3.5	3.9	3.7	2.8	2.2	2.4	2.3
peNDF $_{1.18\,mm}$	20	19.5	19.8	25.5	25	25	30.2	30.4	30

Treatments: P: peNDF 20, 25, and 30%, respectively; M: Moisture 40, 50, and 60%, respectively.

peNDF $_{1.18\,mm}$: (Mertens, 1997)

Table 2 Analysis of feed samples compositions (%DM basis)

Items	Treatments								
	P20M40	P20M50	P20M60	P25M40	P25M50	P25M60	P30M40	P30M50	P30M60
DM	59.63	51.52	39.92	60.91	50.78	40.60	60.91	50.95	30.82
Moisture	39.37	50.48	60.08	40.09	50.22	60.40	40.09	50.05	60.18
TDN	72.82	72.11	71.19	70.00	70.30	70.00	69.02	68.85	68.76
NDF	31.11	31.97	32.02	33.74	34.81	35.00	35.81	38.32	35.30
ADF	16.85	17.62	18.05	19.48	19.83	20.12	20.31	22.58	20.27
EE	2.91	2.74	2.33	2.86	2.60	2.39	2.27	2.90	2.05
Ash	9.13	9.14	8.93	9.94	10.43	10.13	10.01	10.03	10.38

Treatments: P: $peNDF_{1.18\,mm}$ 20, 25 and 30%, respectively. M: Moisture 40, 50 and 60%, respectively. DM = dry matter, TDN = total digestible nutrients, CP = crude protein, NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber, peNDF = physically effective neutral detergent fiber, EE = Ether extract.

Table 3 Effect peNDF and moisture content on *in vitro* digestion in each fermented days

Items	Day	Treatments									SEM	P-value		
		P20M40	P20M50	P20M60	P25M40	P25M50	P25M60	P30M40	P30M50	P30M60		P	M	P×M
IVDMD	0	63.91^{c}	69.22^{a}	66.41^{b}	60.51^{cd}	63.49^{c}	67.33^{b}	63.60^{c}	61.87^{cd}	52.61^{d}	2.21	***	***	***
	7	63.17^{ab}	57.00^{c}	61.08^{b}	63.70^{ab}	60.32^{b}	66.39^{a}	60.40^{b}	53.80^{cd}	50.90^{d}	3.14	*	NS	**
	14	72.50^{b}	69.32^{bc}	76.85^{a}	72.46^{b}	69.55^{bc}	72.93^{b}	72.79^{b}	64.07^{c}	61.24^{c}	1.26	***	***	*
	21	65.01^{bc}	73.36^{a}	67.20^{b}	67.46^{b}	67.45^{b}	64.25^{bc}	59.15^{c}	55.36^{e}	58.50^{d}	1.78	***	*	***
IVNDFD	0	21.60^{c}	20.25^{d}	23.41^{bc}	25.85^{b}	26.60^{b}	23.74^{bc}	26.19^{b}	24.73^{bc}	35.46^{a}	1.35	***	***	***
	7	28.41^{b}	31.26^{ab}	28.36^{b}	28.37^{b}	27.42^{bc}	23.36^{d}	26.73^{c}	31.80^{ab}	34.53^{a}	1.95	NS	NS	***
	14	16.98^{cd}	21.58^{b}	15.04^{d}	18.44^{bc}	19.79^{b}	15.62^{d}	17.25^{c}	22.16^{ab}	25.29^{a}	1.77	**	***	*
	21	18.00^{d}	19.72^{d}	23.08^{c}	24.69^{c}	21.72^{cd}	24.49^{c}	33.11^{a}	28.46^{b}	29.37^{ab}	3.21	***	*	***
IVADFD	0	12.32^{c}	11.63^{d}	12.23^{c}	13.75^{bc}	14.76^{b}	13.74^{bc}	14.95^{b}	14.19^{bc}	20.20^{a}	0.65	***	NS	***
	7	15.34^{cd}	19.53^{b}	18.44^{bc}	18.07^{bc}	18.20^{bc}	12.50^{d}	16.30^{c}	20.83^{a}	20.61^{a}	1.70	NS	NS	**
	14	11.99^{b}	13.28^{b}	12.53^{b}	11.78^{b}	12.69^{b}	10.70^{b}	12.07^{b}	12.78^{b}	16.32^{a}	0.95	**	***	**
	21	14.63^{c}	11.36^{d}	16.37^{b}	13.05^{c}	15.41^{bc}	15.49^{bc}	21.59^{a}	21.98^{a}	19.75^{ab}	1.33	***	NS	**

Treatments: P: peNDF$_{1.18\ mm}$20, 25 and 30%, respectively; M: Moisture 40, 50 and 60%, respectively.

IVDMD= *in vitro* dry matter digestibility at 48h, IVNDFD= *in vitro* neutral detergent fiber digestibility at 48h, IVADFD= *in vitro* acid detergent fiber at 48h. NS: Non-significant different (P>0.05). *Statistically significant level of 0.05, **Statistically significant level of 0.01, and ***Statistically significant level of 0.001.^{a,b,c,d} Different superscripts in the same row show significant different (P<0.01).

Table 4 *In vitro* digestion of FTMR with difference levels of peNDF and moisture content in varied fermented days

Items	Days	Treatments								
		P20M40	P20M50	P20M60	P25M40	P25M50	P25M60	P30M40	P30M50	P30M60
IVDMD	0	63.91^{b}	69.22^{a}	66.41^{b}	60.51^{b}	63.49	67.33	63.60	61.87^{a}	52.61^{b}
	7	63.17^{b}	57.00^{b}	61.08^{b}	63.70^{b}	60.32	66.39	60.40	53.80^{b}	50.90^{b}
	14	72.50^{a}	69.32^{a}	76.85^{a}	72.46^{a}	69.55	73.93	72.79	64.07^{a}	61.24^{a}
	21	65.01^{b}	73.36^{a}	67.20^{b}	67.46^{ab}	67.45	64.25	59.15	55.36^{b}	58.50^{ab}
SEM		1.50	1.57	2.34	1.96	2.35	2.43	3.25	1.45	2.08
P-value		*	***	**	*	NS	NS	NS	**	*
IVNDFD	0	21.60	20.25^{b}	23.41^{a}	25.85^{a}	26.50	23.74^{a}	26.19^{a}	24.73^{b}	35.46^{a}
	7	28.41	31.26^{a}	28.36^{a}	28.37^{a}	27.42	23.36^{a}	26.73^{a}	31.80^{a}	34.53^{a}
	14	16.98	21.58^{b}	15.01^{b}	18.44^{b}	19.79	15.62^{b}	17.25^{b}	22.16^{b}	25.29^{b}
	21	18.03	19.72^{b}	23.08^{a}	24.69^{b}	21.72	14.49^{c}	33.11^{a}	28.46^{ab}	29.37^{ab}
SEM		2.76	1.22	1.72	1.54	1.82	1.18	2.10	1.30	2.01
P-value		NS	***	**	**	NS	**	*	**	*
IVADFD	0	12.32	11.63^{b}	12.23	13.75^{b}	14.76	13.74	14.95^{bc}	14.19^{b}	20.20
	7	15.34	19.53^{a}	18.44	18.07^{a}	18.20	12.50	16.30^{b}	20.83^{a}	20.61
	14	11.99	13.28^{b}	12.53	11.78^{b}	12.69	10.70	12.07^{c}	12.78^{b}	16.32
	21	14.63	11.36^{b}	16.37	13.05^{b}	15.41	15.49	21.59^{a}	21.98^{a}	19.75
SEM		1.23	0.67	1.61	1.25	2.01	1.04	1.09	0.09	1.73
P-value		NS	***	NS	*	NS	NS	***	***	NS

Treatments: P: peNDF$_{1.18\ mm}$20, 25 and 30%, respectively; M: Moisture40, 50 and 60%, respectively.

IVDMD= *in vitro* dry matter digestibility at 48h, IVNDFD= *in vitro* neutral detergent fiber digestibility at 48h, IVADFD= *in vitro* acid detergent fiber at 48h. NS: Non-significant different (P>0.05). *Statistically significant level of 0.05, **Statistically significant level of 0.01, and ***Statistically significant level of 0.001. ^{a,b,c}Different superscripts in the same row show significant different (P<0.01).

เอกสารอ้างอิง

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2557. อาหารและฟาร์มโคนมสมัยใหม่. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น

Beauchemin, K. A., and W. Z. Yang. 2005. Effects of physically effective fiber on i ntake, chewing

activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. J. Dairy Sci. 88: 2117–2129.

Calberry, J. M., J. C Plaizier, M. S. Einarson, and B. W. McBride. 2003. Effects of replacing chopped alfalfa hay with alfalfa silage in a total mixed ration on production and rumen conditions of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 86: 3611-9.

Eastridge, L. M., R. A. Starkey., P. N.Gott., E. R Oelker., A. R. Sewell., B.Mathew and J. L. Fiekins.

2017. Dairy cows fed equivalent concentrations of forage neutral detergent fiber from corn silage, alfalfa hay, wheat straw, and corn stover had similar milk yield and total tract digestibility. J. Dairy Sci. 225: 81-86.

Felton, C. A., and T. J. DeVries. 2010. Effect of water addition to a total mixed ration on feed temperature, feed intake, sorting behavior, and milk production of dairy cows. J. Dairy Sci. 93: 2651-2660.

Heinrichs, J. 2013. Particle size effects on the dairy cow. http://extension.psu.edu/animals /dairy/nutrition/forages/forage-quality physical/separator /extension publication_ file.

Krause, K. M., D. K. Combs, and K. A. Beauchemin. 2002. Effects of forage, particle size, and grain fermentability in midlactation cows. I. Milk production and diet digestibility. J. Dairy Sci. 85: 1936-1946.

Leonardi, C., F. Giannico, and L. E. Armentano. 2005. Effect of water addition on selective consumption (sorting) of dry diets by dairy cattle. J. Dairy Sci. 88: 1043-1049.

Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. J. Dairy Sci. 80: 1463–1481.

Miyaji, M., and H. Matsuyama. 2016. Lactation and digestion in dairy cows fed ensiled total mixed ration containing steam-flaked or ground rice grain. Anim. Sci. J. 87:767-774.

Muya, M. C., R. V. Nherera, T. Khekana, and T. Ramapuptla. 2011. Lactation performance of multiparous Holstein cows fed a restricted total mixed ration plus legume and grass hay mixture. J. Anim. Vet. Adv. 10: 1779-1784.

National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev.ed Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

Nha, B., and V. Pattarajinda. 2017. Effect of physically effective neutral detergent fiber and moisture

content for improving digestibility of TMR on *in vitro* digestibility. Proceeding of the 18th Agricultural Conference. pp. 41. January 23-24, 2017. Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand.

Oh, M., H. Hong, H. L. Li, B. T. Jeon, C. H. Choi, Y. L. Ding, and Y. J. Tang. 2016. Effects of physically effective neutral detergent fiber content on intake, digestibility and chew-

ing activity in fattening heifer fed total mixed ration. Asian Australas. J. Anim. Sci.29: 1719-1724.

Owens, F. N., D. S. Secrist, W. J. Hill, and D. R. Gill. 1998. Acidosis in cattle: A review. J. Anim. Sci. 76: 275-286.

SAS. 1996. SAS User's Guide: Statistics. 6.21th Ed. SAS Institute Inc.Cary, NC.

Yansari, A. T., R. Valizadeh, A. Naserian, D. A. Christensen, P. Yu, and F. E. Shahroodi. 2004. Effects of alfalfa particle size and specific gravity on chewing activity, digestibility, and performance of Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 87: 3912-3924.

Yang, W. Z., K. A. Beauchemin, and L. M. Rode. 2001. Effects of grain processing, forage to concentrate ratio, and forage particle size on rumen pH and digestion by dairy cows. J. Dairy Sci. 84: 2203-2216.

Yang, W. Z., and K. A. Beauchemin. 2007. Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: Chewing and ruminal pH. J. Dairy Sci. 90: 2826-2838.

Yang, W. Z., and K. A. Beauchemin. 2005. Effect of physically effective fiber on digestion and milk production by dairy cows fed diets based on corn silage. J.Dairy Sci.88: 1090-109