



ผลของการทดแทนกากถั่วเหลืองโดยใช้กากถั่วเหลืองเปียกหมักยีสต์ในสูตรอาหารชั้นต่อ ปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และเมตาบอไลต์ในเลือดโคเนื้อ

Effects of replacing soybean meal with yeast fermented wet soybean waste in concentrate diet on feed intake, digestibility and blood metabolite in beef cattle

ศรัญญา ม่วงทิพย์มาลัย¹, สุบรรณ ฝอยกลาง^{1*}, อนุสรณ์ เชิดทอง², จุฬากร ปานะถึก¹ และสุนทร เกไกรสร³

Saranya Maungthipmalai¹, Suban Foiklang^{1*}, Anusorn Cherdthong², Julakorn Panatuk¹ and Suntorn Kakaisorn³

¹ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹ Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai, 50290

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรอาหารสัตว์เขตร้อน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

² Tropical Feed Resources Research and Development Center (TROFREC) Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

³ บริษัท แอนนิมัลฟีด อินเตอร์เทรด จำกัด ปทุมธานี 12120

³ Animal Feed Inter Trade Company Limited, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กากถั่วเหลืองเปียกหมักยีสต์ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นต่อ ปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และเมตาบอไลต์ในเลือดโคเนื้อ โดยใช้แผนการทดลองแบบจัตุรัสลาติน (4 x 4 latin square design) ทำการทดลองในโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองเพศผู้ตอน จำนวน 4 ตัว อายุ 1 – 1.5 ปี น้ำหนักตัวเฉลี่ย 180 ± 30 กิโลกรัม โดยสัตว์ทดลองจะ ได้รับอาหารชั้นที่ใช้กากถั่วเหลืองเปียกหมักยีสต์ (YEFSW) เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลือง (SBM) 4 ระดับ ได้แก่ 100:0, 67:33, 33:67 และ 0:100 ตามลำดับ ทำการทดลองเป็น 4 ช่วงการทดลอง แต่ละช่วงใช้ระยะเวลา 21 วัน จากผลการทดลองพบว่า การใช้ YEFSW เป็นแหล่งโปรตีนทดแทน SBM ไม่ส่งผลต่อความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (P>0.05) แต่พบว่าโคเนื้อที่ได้รับ YEFSW ทดแทน SBM ในระดับ 0:100 มีค่าปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ อาหารชั้น และปริมาณการกินได้รวมสูงที่สุด (P<0.01) รองลงมาเป็นกลุ่มที่ทดแทนในระดับ 67:33, 33:67 และ 0:100 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ในโคเนื้อที่ได้รับ YEFSW ทดแทน SBM ในระดับ 33:67 มีค่าต่ำที่สุด (P<0.05) นอกจากนี้ยังพบว่าต้นทุนค่าอาหารชั้นในสูตรที่ใช้ YEFSW ทดแทน SBM ในระดับ 0:100 มีค่าต่ำที่สุดโดยมีค่าอยู่ที่ 8.09 บาท/กิโลกรัม จากผลการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่า กากถั่วเหลืองเปียกหมักยีสต์สามารถนำมาใช้ เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นได้ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังมีข้อมูลที่ค่อนข้างจำกัด หากเพิ่มข้อมูลด้าน นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน ผลผลิตที่เกิดขึ้นในกระเพาะรูเมน การสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน รวมถึงสมดุลไนโตรเจน จะสามารถช่วยให้สรุปข้อมูลได้อย่างครบถ้วนมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: กากถั่วเหลืองเปียกหมักยีสต์; ปริมาณการกินได้; สัมประสิทธิ์การย่อยได้; โคเนื้อ

ABSTRACT: The objective of this research was to investigate the effect of replacing soybean meal with yeast fermented wet soybean waste in concentrate diet on feed intake, digestibility and blood metabolite in beef cattle. Four steer Thai native cattle 1-1.5 years old with average bodyweight of 180 ± 30 kg were allocated into 4x4 latin square design. Each group was fed a concentrate diet using yeast fermented wet soybean waste (YEFSW)

* Corresponding author: bungung@hotmail.com

replacement for soybean meal (SBM) at four ratios which consisted of 100:0, 67:33, 33:67 and 0:100, respectively. Four periods were conducted with each period lasted for 21 days. The results showed that using YEFSW as a protein source replacement for SBM did not affect blood metabolite ($P>0.05$) but the cattle received YEFSW replacement for SBM at 0:100 had the highest roughage intake, concentrate intake and total feed intake ($P<0.01$) follow by YEFSW replacement for SBM at 67:33, 33:67 and 0:100, respectively while the digestion coefficient in the group of cattle received YEFSW replacement for SBM at 33:67 had the lowest ($P<0.05$). Moreover, feed cost of YEFSW replacement for SBM at 0:100 had the lowest at 8.09 Baht/kg. Based on these results, it could be summarized that yeast fermented wet soybean waste can be used as protein replacement for soybean meal in concentrate diet. However, this research still has limited data if the rumen ecology, rumen end-products, microbial protein synthesis as well as nitrogen balance could be added it will help to conclude the result completely.

Keyword: Yeast fermented wet soybean waste; feed intake; digestion coefficient; beef cattle

บทนำ

โคเนื้อเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มมากขึ้นในประเทศไทย โดยในปี 2562 มีจำนวนโคเนื้อทั้งสิ้นประมาณ 5.472 ล้านตัว เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2561 จำนวน 557,000 ตัว คิดเป็นร้อยละ 11.33 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) เมื่อเกษตรกรนิยมเลี้ยงโคเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้มีการขาดแคลนอาหารสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งโปรตีนที่มีราคาค่อนข้างสูง ผู้เลี้ยงโคจึงมีความต้องการแหล่งโปรตีนที่มีศักยภาพสูงทั้งในด้านปริมาณ คุณภาพ และราคามาใช้ประกอบสูตรอาหารชั้น ปัจจุบันจึงมีการนำผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรต่าง ๆ มาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น กากปาล์ม กากมะพร้าว หรือแม้กระทั่ง กากถั่วเหลืองเปียก ซึ่งเป็นเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตนมถั่วเหลือง และเต้าหู้ ก็มีการนำมาใช้เลี้ยงสัตว์

กากถั่วเหลืองเปียก ถือเป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตเต้าหู้ น้ำเต้าหู้ หรือนมถั่วเหลืองที่มีราคาไม่สูงเมื่อเทียบกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ แต่เนื่องด้วยกากถั่วเหลืองเปียกมีความชื้นสูง และมีคุณค่าทางโภชนาการที่ต่ำจึงต้องมีการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะค่าโปรตีน โดยปกติกากถั่วเหลืองเปียกมีโปรตีน โปรตีน 25.52% (Rashad et al., 2010) 15.2 – 33.4 % วัตถุแห้ง (Vong, 2018) จากผลการศึกษาจากหมักกากถั่วเหลืองเปียกโดยใช้ยีสต์ ในการทดลองแบบ *in vitro* พบว่ากากถั่วเหลืองเปียกมีโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้นจาก 18.1 เป็น 38.4 % วัตถุแห้ง สามารถช่วยเพิ่มการผลิตแก๊สในหลอดทดลอง เพิ่มการย่อยได้ และปรับปรุงกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน (ศรัณญา และคณะ, 2562) ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการใช้กากถั่วเหลืองเปียกจากโรงงานเต้าหู้ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* ทดแทนการใช้กากถั่วเหลืองต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และปริมาณไนโตรเจนในกระเพาะเล็กของโคเนื้อ

วิธีการศึกษา

การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 คือการเตรียมกากถั่วเหลืองเปียก โดยนำกากถั่วเหลืองเปียกจากโรงงานผลิตนมถั่วเหลืองและเต้าหู้ ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ มาเตรียมไว้ใช้เป็นวัตถุดิบในการหมัก ส่วนที่ 2 คือการเตรียมสารละลายในการหมัก ซึ่งประกอบด้วย ยีสต์ ยูเรีย กากน้ำตาล และน้ำ ตามสัดส่วนที่เหมาะสม ตามวิธีการของ Polyorach et al. (2013) โดยมีกรเตรียม ดังนี้

1. เตรียมสารละลาย A โดยใช้ยีสต์ขนมปังทางการค้า Bakers' yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) ปริมาณ 20 กรัม และน้ำตาลทรายขาว 20 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
2. เตรียมสารละลาย B โดยใช้กากน้ำตาล 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร ตามด้วยใส่ยูเรีย 80 กรัม แล้วทำการปรับค่าความเป็นกรดต่างให้อยู่ระหว่าง 4-5 โดยใช้กรดซัลฟูริก (H_2SO_4)
3. ทำการผสมสารละลาย A และ B เข้าด้วยกันในอัตรา 1:1 ในถัง และทำการเติมอากาศในถังผสมโดยใช้ปั๊มตลอดเวลา ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จึงจะได้สารละลายยีสต์ (yeast culture solution)

จากนั้นนำกากถั่วเหลืองเปียกหมักกับสารละลายยีสต์ ในสัดส่วน 1:0.1 (W/V) โดยการหมักแบบแห้ง (Solid state fermentation; SSF) ในร่มเป็นเวลา 2 วัน การหมักแบบแห้ง หมายถึง การหมักของแข็งในกรณีที่ไม่มือน้ำอิสระ โดยสารตั้งต้นต้องมีความชื้นเพียงพอที่จะรองรับการเจริญเติบโตและกระบวนการเผาผลาญของจุลินทรีย์ ทั้งนี้เมื่อเทียบกับการหมักแบบอื่นแล้ว การหมักแบบ SSF มีความต้องการพลังงานต่ำกว่า ผลิตน้ำเสียน้อยลง และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Pandey, 2003) โดยงานวิจัยนี้หลังจากนำกากถั่วเหลืองเปียกหมักกับสารละลายยีสต์ในร่มเป็นเวลา 2 วันแล้ว จึงนำมาตากแดดอีก 2-3 วัน แล้วใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารเลี้ยงโคเนื้อ

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 4 x 4 Latin square design โดยมีทรีตเมนต์ที่ต้องการศึกษา แบ่งออกเป็น 4 ทรีตเมนต์ ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1: ทดแทนกากถั่วเหลือง (SBM) ด้วย YEFSW (100:0)

ทรีตเมนต์ที่ 2: ทดแทนกากถั่วเหลือง (SBM) ด้วย YEFSW (67:33)

ทรีตเมนต์ที่ 3: ทดแทนกากถั่วเหลือง (SBM) ด้วย YEFSW (33:67)

ทรีตเมนต์ที่ 4: ทดแทนกากถั่วเหลือง (SBM) ด้วย YEFSW (0:100)

สัตว์ทดลอง: ใช้โคเนื้อเพศผู้ตอนพันธุ์พื้นเมือง จำนวน 4 ตัว อายุ 1 – 1.5 ปี น้ำหนักตัวเฉลี่ย 180 ± 30 กิโลกรัม โคเนื้อแต่ละตัวจะได้รับอาหารแตกต่างกันตามทรีตเมนต์ อาหารชั้นมีโปรตีนหยาบ 17 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน (TDN) 80 เปอร์เซ็นต์ ให้กิน 1% ของน้ำหนักตัว และให้กินอาหารหยาบแบบเต็มที่มีน้ำสะอาดและแร่ธาตุก้อนให้กินอย่างอิสระ การให้อาหารสัตว์ทดลอง แบ่งเป็น 2 ระยะ ดังนี้ 1) ระยะปรับสัตว์ทดลอง (preliminary period) เป็นระยะเวลา 14 วัน ก่อนเริ่มงานทดลองเพื่อปรับสัตว์ให้คุ้นเคยกับคอก และเพื่อให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของสัตว์คุ้นเคยกับอาหาร หลังจากนั้นทำการวัดน้ำหนักโดยใช้สายวัดและจดบันทึกน้ำหนักก่อนเริ่มงานทดลอง 2) ระยะทดลอง (experimental period) แบ่งเป็น 4 ช่วงการทดลอง (period) แต่ละช่วงการทดลองใช้เวลา 21 วัน โดยในช่วง 14 วันแรก โคเนื้อถูกขังในกรงเดี่ยวขนาด 3x3 เมตร เพื่อปรับสัตว์ และวัดปริมาณการกินได้อย่างอิสระ และ 7 วันสุดท้ายทำการสุ่มอาหารที่ให้ อาหารที่เหลือ และเก็บตัวอย่างมูลของแต่ละช่วงการทดลอง

Table1 Chemical composition of wet soybean waste, yeast fermented wet soybean waste and rice straw.

Chemical composition	Wet soybean waste	YEFSW ¹	Rice straw
Dry matter (%)	11.9	11.2	89.2
----- % Dry matter -----			
Crude protein	24.9	38.4	2.4
Organic matter	96.5	95.4	85.9
Neutral detergent fiber	20.3	14.3	87.4
Acid detergent fiber	13.8	8.3	55.8

¹YEFSW= yeast fermented wet soybean waste.

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวัดน้ำหนักโคโดยใช้สายวัด ได้ทำการวัดน้ำหนักโคตามช่วงของการทดลองที่ประกอบด้วย 4 ช่วงเวลาการทดลอง ซึ่งได้ทำการวัดน้ำหนักทั้งหมด 5 ครั้ง คือ ก่อนเริ่มการทดลอง และในวัน 21 ของแต่ละช่วงเวลาการทดลองจนถึงสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งจะวัดความยาวรอบอก บริเวณหลังซอกขาหน้าติดกับหลังหนอกนี้ใช้เพื่อการคำนวณปริมาณการกินได้เท่านั้น

ชั่งน้ำหนักอาหารก่อนให้ และชั่งน้ำหนักอาหารที่เหลือในเช้าของวันถัดไป โดยทำการจดบันทึกทั้งเช้า และเย็นทุกวัน เพื่อใช้คำนวณหาปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ อาหารชั้น และปริมาณการกินได้ทั้งหมดในแต่ละวัน

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารชั้น ฟาง และอาหารที่เหลือ โดยเก็บในปริมาณอย่างละ 500 กรัม ในแต่ละทรีตเมนต์ ทุก ๆ วันที่ 17, 18, 19, 20 และ 21 ของแต่ละช่วงการทดลอง แบ่งตัวอย่างอาหารแต่ละชนิดออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก นำไปอบที่ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหาวัตถุแห้ง (dry matter, DM) นำค่าที่ได้ไปปรับปริมาณการกินได้ ส่วนที่ 2 นำไปอบที่ 60 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อให้แห้ง และบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร แล้วนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง (Dry matter, DM), เถ้า (ash), โปรตีนหยาบ (crud protein, CP), ตามวิธีของ AOAC (1995) และองค์ประกอบของเยื่อใยได้แก่ neutral- detergent fiber (NDF), acid- detergent fiber (ADF) และ acid- detergent lignin (ADL) ตามวิธีของ Van Soest et al. (1991)

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมูลด้วยวิธี total collection ของโคแต่ละตัวตามทรีตเมนต์ต่าง ๆ ในช่วง 7 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง จากนั้นคลุกเคล้าทุกส่วนให้เข้ากัน และสุ่มมา 5 เปอร์เซ็นต์ของมูลทั้งหมดที่เก็บได้ เพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้งของมูลที่ขับถ่ายออกมาในแต่ละวัน และทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง, เถ้า (ash) ตามวิธีการของ AOAC (1995) และเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid-insoluble ash, AIA) ตามวิธีของ Van Keulen and Young (1977) นำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสจนแห้งหลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์หาค่า AIA หรือโภชนะที่เหลืออยู่ในมูลเพื่อหาการย่อยได้ของโภชนะเป็นตัวบ่งชี้ภายใน ตามวิธีการของ Schnieder and Flatt (1975) ดังนี้

$$\begin{aligned} & \text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง} && \text{เปอร์เซ็นต์ AIA ในอาหาร} \\ & \text{(เปอร์เซ็นต์)} && \text{เปอร์เซ็นต์ AIA ในมูล} \\ & :100-100 \times \frac{\text{เปอร์เซ็นต์ AIA ในอาหาร}}{\text{เปอร์เซ็นต์ AIA ในมูล}} \\ & \text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ} && \text{(เปอร์เซ็นต์ AIA ในอาหาร) } \times \text{(เปอร์เซ็นต์โภชนะในมูล)} \\ & \text{(เปอร์เซ็นต์)} && \text{(เปอร์เซ็นต์ AIA ในมูล) } \times \text{(เปอร์เซ็นต์โภชนะในอาหาร)} \\ & :100-100 \times \frac{\text{(เปอร์เซ็นต์ AIA ในอาหาร) } \times \text{(เปอร์เซ็นต์โภชนะในมูล)}}{\text{(เปอร์เซ็นต์ AIA ในมูล) } \times \text{(เปอร์เซ็นต์โภชนะในอาหาร)}} \end{aligned}$$

ทำการเก็บตัวอย่างเลือดในวันที่ 21 ของแต่ละช่วงการทดลอง ที่เวลา 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร โดยเก็บจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein) ประมาณ 3 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองที่บรรจุสารเฮปาริน (heparin) เพื่อป้องกันการแข็งตัวของเลือด และนำมาปั่นเหวี่ยงใส (centrifuge) ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที และเก็บเฉพาะส่วนของพลาสมาเพื่อนำมาวิเคราะห์หายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (Blood Urea Nitrogen, BUN) ตามวิธีการของ Crocker (1967)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดจากการทดลองที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางสถิติ โดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลอง 4x4 Latin square design โดยใช้ Proc GLM (SAS, 1998) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์ด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test ตามวิธีการของ Steel and Torrie (1980) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

Table 1 แสดงค่าองค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลืองเปียก กากถั่วเหลืองเปียกหมักยีสต์ และฟางข้าวที่ใช้ในการทดลอง โดยพบว่ากากถั่วเหลืองเปียกหมักยีสต์มีค่าโปรตีน 38.4 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งซึ่งมีค่าเท่ากันกับการรายงานของ ศรีบุญญาและคณะ (2562) และสอดคล้องกับรายงานของ Rashad et al. (2011) ได้ทำการหมักกากถั่วเหลืองเปียกกับยีสต์สายพันธุ์ต่าง ๆ พบว่ามีค่าโปรตีนอยู่ระหว่าง 20.64 – 38.45 เปอร์เซ็นต์ในขณะที่กากถั่วเหลืองเปียกมีค่าโปรตีน 24.9 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ซึ่งมีค่าสูงกว่าการรายงานของ ศรีบุญญาและคณะ (2562) ที่รายงานไว้ที่ 18.1 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ส่วนค่าองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารชั้นที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งมีระดับการใช้ YEFSW เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนการใช้ SBM ในอาหารชั้น 4 ระดับ คือ 100:0, 67:33, 33:67 และ 0:100 พบว่ามีค่าวัตถุแห้ง (Dry matter, DM) อยู่ระหว่าง 90.53 – 96.41 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ (Organic matter, OM) อยู่ที่ 84.18 –

90.43 เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง และระดับโปรตีนในสูตรอาหารชั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 17.58 – 18.18 เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง ส่วนเยื่อใย NDF และ ADF มีค่าอยู่ระหว่าง 17.23 – 19.56 เปอร์เซ็นต์ และ 10.24 – 10.84 เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง ตามลำดับ (Table 2) นอกจากนี้ยังพบว่า ต้นทุนค่าอาหารชั้นของสูตรที่ใช้ YEFSW เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนการใช้ SBM 100 เปอร์เซ็นต์มีค่าต่ำที่สุดที่ กิโลกรัมละ 8.09 บาท ในขณะที่สูตรที่ไม่ใช้ YEFSW มีต้นทุนค่าอาหารชั้นสูงที่สุดที่ กิโลกรัมละ 10.35 บาท

Table 2 Ingredients, chemical composition, and feed costs

Ingredients	Dietary treatments (SBM: YEFSW)			
	100:0	67:33	33:67	0:100
Cassava chip	60.0	60.0	60.0	60.0
Rice bran	16.0	16.0	16.0	16.0
Soybean meal	20.0	13.4	6.6	0.0
YEFSW ¹	0.0	6.6	13.4	20.0
Urea	1.0	1.1	1.3	1.4
Premix	1.0	1.0	1.0	1.0
Molasses	1.0	1.0	1.0	1.0
Sulfur	0.5	0.5	0.5	0.5
Salt	0.5	0.5	0.5	0.5
Total	100.0	100.0	100.0	100.0
Chemical composition*				
Dry matter (%)	90.53	96.41	96.12	95.64
		----- % Dry matter -----		
Organic matter	84.18	90.29	90.43	89.53
Acid insoluble ash	1.48	1.28	1.23	1.58
Crude protein	17.81	18.18	17.58	17.95
Neutral Detergent Fiber	17.23	18.17	18.65	19.56
Acid Detergent Fiber	10.24	10.34	10.54	10.84
Cost, Bath/kg	10.35	9.60	8.83	8.09

*Data from analysis, ¹YEFSW= yeast fermented wet soybean waste.

Table 3 Effects of replacing soybean meal with yeast fermented wet soybean waste in concentrate diet on feed intake and digestibility in Thai native beef cattle

Items	Dietary treatments (SBM: YEFSW)				SEM	P-value
	100:0	67:33	33:67	0:100		
Roughage intake						
kg/d	3.31 ^b	3.34 ^b	2.62 ^c	3.62 ^a	0.16	<0.0001
%BW	1.57 ^b	1.56 ^b	1.24 ^c	1.72 ^a	0.07	0.0004
g/kgBW ^{0.75}	59.63 ^b	59.55 ^b	47.05 ^c	65.47 ^a	2.67	0.0002
Concentrate intake						
kg/d	1.97 ^b	1.99 ^b	1.68 ^c	2.20 ^a	0.07	<0.0001
%BW	0.93 ^b	0.93 ^b	0.80 ^c	1.05 ^a	0.03	0.0002
g/kgBW ^{0.75}	35.43 ^b	35.57 ^b	30.30 ^c	39.81 ^a	1.22	<0.0001
Total feed intake						
kg/d	5.28 ^b	5.33 ^b	4.30 ^c	5.82 ^a	0.22	<0.0001
%BW	2.50 ^b	2.49 ^b	2.04 ^c	2.77 ^a	0.10	0.0002
g/kgBW ^{0.75}	95.08 ^b	95.12 ^b	77.35 ^c	105.28 ^a	3.85	<0.0001
Digestibility, %						
Dry matter	89.58 ^a	89.81 ^a	86.02 ^b	91.02 ^a	0.63	0.0210
Organic matter	91.07 ^a	91.30 ^a	87.81 ^b	92.29 ^a	0.57	0.0218

YEFSW= yeast fermented wet soybean waste. SEM = standard error of means.

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

ผลของการใช้กากถั่วเหลืองเปียกหมักยีสต์ทดแทนกากถั่วเหลืองต่อปริมาณการกินได้ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้

ปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ อาหารข้น และปริมาณการกินได้รวมในโคที่มีการได้รับ YEFSW ทดแทน SBM ที่ระดับ 100:0, 67:33, 33:67 และ 0:100 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยโคที่ได้รับ YEFSW ทดแทน SBM ที่ระดับ 0:100 มีค่าปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ อาหารข้น และปริมาณการกินได้รวมสูงที่สุด ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ในโคเนื้อที่ได้รับ YEFSW ทดแทน SBM ใน 33:67 มีค่าต่ำที่สุด (P<0.05) ดังแสดงใน **Table 3** สอดคล้องกับการรายงานของ Salinas-Chavira et al. (2018) ที่ได้ทำการทดลองในลูกโคเพศผู้ตอนพันธุ์โฮลสไตน์ เสริมด้วยผนังเซลล์ยีสต์ที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์และสารละลายยีสต์ พบว่าลูกโคมีการกินได้เพิ่มขึ้น ทำให้ ADG และน้ำหนักซากเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ Sommai et al. (2020) ที่ได้ศึกษาการใช้กากมันสำปะหลังหมักยีสต์ทดแทนกากถั่วเหลืองในโคเนื้อลูกผสมพันธุ์ไทยพื้นเมือง พบว่าความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้การกินได้เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม Olagaray et al. (2019) ได้รายงานว่า การเสริมผลิตภัณฑ์หมักยีสต์ในโคนม ไม่ส่งผลต่อการกินได้ของวัตถุดิบ เช่นเดียวกับ Anjum et al. (2018) ที่ได้ทำการทดลองเสริมยีสต์ในกระบือพันธุ์นีลี-ราวี พบว่าไม่ส่งผลต่อการกินได้ของวัตถุดิบ แต่ส่งผลต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ ADF และ NDF ที่สูงขึ้น

Table 4 Effects of replacing soybean meal with yeast fermented wet soybean waste in concentrate diet on blood urea nitrogen in Thai native beef cattle

BUN, mg/dL	Dietary treatments (SBM: YEFWS)				SEM	P-value
	100:0	67:33	33:67	0:100		
0 h-after feeding	7.95	7.28	7.10	6.83	0.58	0.91
2 h-after feeding	10.38	9.98	9.58	9.10	0.51	0.85
4 h-after feeding	10.45	10.25	9.80	9.53	0.47	0.92
6 h-after feeding	9.70	9.55	8.93	8.85	0.46	0.84
mean	9.65	9.28	8.80	8.68	0.48	0.89

YEFWS= yeast fermented wet soybean waste. BUN= blood urea nitrogen. SEM = standard error of means.

ผลของการใช้กากถั่วเหลืองเปียกหมักยีสต์ทดแทนกากถั่วเหลืองต่อค่าความเข้มข้นยูเรียไนโตรเจนในเลือดของโคเนื้อ

ความเข้มข้นของ BUN เป็นพารามิเตอร์ที่ช่วยในการประเมินคุณค่าทางโภชนาการโปรตีนของสัตว์เคี้ยวเอื้องผ่านการตอบสนองต่อการเผาผลาญอาหาร ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า การใช้ YEFWS ทดแทนการใช้ SBM ไม่ส่งผลกระทบต่อค่ายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดที่เวลา 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร ($P>0.05$) โดยชั่วโมงที่ 0 มีค่า BUN อยู่ระหว่าง 6.83 – 7.95 mg/dL ชั่วโมงที่ 2 อยู่ระหว่าง 9.10 – 10.38 mg/dL ชั่วโมงที่ 4 อยู่ระหว่าง 9.53 – 10.45 mg/dL ชั่วโมงที่ 6 อยู่ระหว่าง 8.85 – 9.70 mg/dL และค่า BUN เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8.80-9.65 mg/dL ตามลำดับ (Table 4) ซึ่งอยู่ในระดับปกติ ที่ 7-20 mg/dL (เมธา, 2533) ระดับของ BUN จะมีความผันแปรขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อายุ ปริมาณโปรตีนที่กินได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระดับแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน ค่าความเข้มข้นของ BUN ต่ำอาจเป็นผลมาจากการทำงานที่สอดคล้องกันระหว่างโปรตีนและพลังงานในอาหารซึ่งบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพในการใช้สารอาหารที่สูงขึ้นของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Powell et al., 2011) ดังนั้นการเพิ่มของระดับแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน จะส่งผลกระทบต่อระดับของ BUN ซึ่งสามารถใช้ความเข้มข้นของ BUN เป็นตัวบ่งชี้ถึงการใช้อยู่ของไนโตรเจน และปริมาณไนโตรเจนที่กินได้ (เมธา, 2533)

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า กากถั่วเหลืองเปียกหมักยีสต์สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นได้ที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังมีข้อมูลที่ค่อนข้างจำกัด หากเพิ่มข้อมูลด้านนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน ผลผลิตที่เกิดขึ้นในกระเพาะรูเมน การสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน รวมถึงสมดุลไนโตรเจน ก็จะช่วยให้สามารถสรุปข้อมูลได้อย่างครบถ้วนมากยิ่งขึ้น และควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในโคนมหรือโคขุนเพื่อดูผลต่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในลำดับต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ปริญญาโทสัญญาเลขที่ MSD 61I0077 ภายใต้สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ร่วมกับบริษัท แอนนิมัลฟีด อินเตอร์เทรด จำกัด และทุนการศึกษา (ศิษย์ก้นกุฏิ) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปีการศึกษา 2561 ในการสนับสนุนงบประมาณการทำวิจัย และขอขอบคุณฟาร์มโคนม-โคเนื้อ และห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ในการสนับสนุนวัสดุและอุปกรณ์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เมธา วรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. หจก.ฟีนนี่พับบลิชซิง, กรุงเทพฯ.

- ศรัญญา ม่วงทิพย์มัลย์, สุบรรณ ฝอยกลาง, อนุสรณ์ เชิดทอง, จุฬารักษ์ กิตติยานุภาพ. 2562. การปรับปรุงคุณภาพของกากถั่วเหลืองเปียกจากโรงงานเต้าหู้ด้วยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* ต่อจลนศาสตร์การผลิตแก๊สในหลอดทดลอง. แก่นเกษตร. 47 (ฉบับพิเศษ 1): 131-136.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2562: โคนื้อ. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- Anjum, M.I., S. Javaid, M.S. Ansar, and A. Ghaffar. 2018. Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation on intake, digestibility, rumen fermentation and milk yield in Nili-Ravi buffaloes. Iranian Journal of Veterinary Research.19: 96-100.
- AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 16th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Crocker C.L. 1967. Rapid determination of urea nitrogen in serum or plasma without deproteinization. The American journal of medical technology. 33: 361–365.
- Olagaray, K.E., S.E. Sivinski, B.A. Saylor, L.K. Mamedova, J.A. Sauls-Hiesterman, I. Yoon, and B.J. Bradford. 2019. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on feed intake parameters, lactation performance, and metabolism of transition dairy cattle. Journal of Dairy Science. 102(9): 8092-8107.
- Pandey, A. 2003. Solid-state fermentation. Biochemical Engineering Journal. 13(2-3), 81–84.
- Powell, J.M., M.A., Wattiaux, and G. A. Broderick. 2011. Evaluation of Milk urea nitrogen as a management tool to reduce ammonia emissions from dairy farms. Journal of Dairy Science. 94: 4690-4694.
- Rashad, M.M., A.E. Mahmoud, H.M. Abdou, and M.U. Nooman. 2011. Improvement of nutritional quality and antioxidant activities of yeast fermented soybean curd residue. African Journal of Biotechnology. 10: 5504-5513.
- Rashad, M.M., M.Z. Sitohy, S.F. Sharobeem, A.E. Mahmoud, M.U. Nooman, and A.S. Al-Kashef. 2010. Production, purification and characterization of extracellular protease from *Candida guilliermondii* using Okara as a substrate. Advances in Food Sciences. 32: 100-109
- Salinas-Chavira, J., M.F. Montano, N. Torrentera, and R.A. Zinn. 2018. Influence of feeding enzymatically hydrolysed yeast cell wall + yeast culture on growth performance of calf-fed Holstein steers. Journal of Applied Animal Research. 46: 327–330.
- SAS. 1998. User's Guide: Statistics. Cary, NC.
- Schneider, B. H. and W. P. Flatt. 1975. The Evaluation of Feeds Through Digestibility Experiments. University of Georgia Press, Athens.
- Sommaï S, T Ampapon, C. Mapato, P. Totakul, B. Viennasay, M. Matra, and M. Wanapat. 2020. Replacing soybean meal with yeast-fermented cassava pulp (YFCP) on feed intake, nutrient digestibilities, rumen microorganism, fermentation, and N-balance in Thai native beef cattle. Tropical Animal Health and Production. 52: 2035- 2041.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics: a biometric approach. 2nd Edition. McGraw-Hill, New York.
- Van Keulen, J. and B.A. Young. 1977. Evaluation of acid insoluble ash as a neutral marker in ruminant digestibility studies. Journal of Animal Science. 44:282-287.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74: 3583-3597.
- Vong, W. C. 2018. Valorisation of soybean residue (Okara) by yeast fermentation. Ph.D. Dissertation. National University of Singapore, Singapore.