วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

ผลของการใช้ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ทดแทนรำละเอียดในอาหารโคเนื้อต่อจลนศาสตร์การผลิตแก๊ส และการย่อยสลายในหลอดทดลอง

Effects of yeast-fermented corn cobs and husks replacing rice bran in beef cattle feed formulas on *in vitro* gas production kinetics and degradability

ขาวพอน สะพังทอง[1], จุฬากร ปานะถึก[1], อนุสรณ์ เชิดทอง[2] และ สุบรรณ ฝอยกลาง[1]*

Khaophone Saphangthong[1], Julakorn Panatuk[1], Anusorn Cherdthong[2] and Suban Foiklang[1]*

[1] *คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี ม.แม่โจ้ เชียงใหม่ 50290*
[1] *Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai 50290*
[2] *ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002*
[2] *Tropical Feed Resources Research and Development Center (TROFREC), Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002*

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* (*S. cerevisiae*) ทดแทนรำละเอียดในอาหารโคเนื้อ ต่อจลนศาสตร์การผลิตแก๊ส และการย่อยได้ในหลอดทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (complete randomized design, CRD) โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 11 กลุ่มการทดลอง แต่ละกลุ่มการทดลองใช้สัดส่วนของรำละเอียดต่อซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ที่แตกต่างกันคือ 100:0 (กลุ่มควบคุม), 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90 และ 0:100% (วัตถุแห้ง) กลุ่มการทดลองละ 3 ซ้ำ ผลการศึกษาพบว่า คุณค่าทางโภชนะของซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ *S. cerevisiae* เพิ่มสูงขึ้น เช่น โปรตีน (crude protein, CP) และไขมัน (ether extract, EE) นอกจากนี้ยังสามารถทำให้เยื่อใยลดลงเช่น เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (acid detergent fiber, NDF) เมื่อทำการทดสอบจลนศาสตร์การผลิตแก๊ส พบว่าค่าของส่วนที่ละลายได้ทันที (soluble fraction, a) ค่าของส่วนที่ละลายได้ช้า (insoluble fraction, b) ค่าอัตราส่วนของการผลิตแก๊ส (gas production rate, c) และและค่าศักยภาพในการผลิตแก๊ส (potential extent of gas production, a+ b) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยกลุ่มที่มีค่า a สูงสุดคือกลุ่ม T6 (-0.95) และต่ำสุดคือกลุ่ม T10 (-6.06) ค่า b มีค่าสูงสุดคือกลุ่ม T10 (138.03) และมีค่าต่ำที่สุดคือกลุ่ม T6 (110.37) และค่า c มีค่าสูงสุดใกลุ่ม T7 (0.023) และมีค่าต่ำที่สุดคือกลุ่ม T6 (0.014) และค่า a+ b มีค่าสูงสุดในกลุ่ม T8 (132.11) และกลุ่มที่มีค่าที่ต่ำที่สุดคือ T6 (109.42) สำหรับการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (*in vitro* dry matter degradability, IVDMD) และการย่อยสลายของอินทรียวัตถุในหลอดทดลอง (*in vitro* organic matter degradability, IVOMD) ทั้งในชั่วโมงที่ 12 และ 24 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) จากข้อมูลการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่า การใช้ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ทดแทนรำละเอียดในสูตรอาหารในสามารถใช้ได้ถึง 100 % โดยมีผลต่อจลนศาสตร์การผลิตแก๊สแต่ไม่มีผลต่อการย่อยสลายได้ในหลอดทดลอง

คำสำคัญ: ซังและเปลือกข้าวโพด; ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*; จลนศาสตร์การผลิตแก๊ส; การย่อยสลายได้ในหลอดทดลอง

* Corresponding author: bungung@hotmail.com

Received: date; April 30, 2024 Revised: date; July 8, 2024

Accepted: date; July 8, 2024 Published: date;

ABSTRACT: The objective was to study the effects of using yeast *(Saccharomyces cerevisiae)*-fermented corn cobs and husks to replace rice bran in beef cattle diets on gas production kinetics and *in vitro* degradability. Plan a complete randomized design (CRD) by dividing the trial group into 11 trial groups. Each experimental group used a different ratio of rice bran to yeast-fermented corn cobs and husks (RB: YCCH): 100:0 (control group), 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40: 60, 30:70, 20:80, 10:90, and 0:100% (DM), with 3 replicates per experimental group. The results of the study found that the nutritional value of corn cobs and husks fermented with *S. cerevisiae* yeast increased, as did crude protein (CP) and ether extract (EE). Moreover, it can cause a decrease in fiber, such as neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF). When testing gas production kinetics, it was found that the values of the immediately soluble fraction (a), insoluble fraction (b), gas production rate (c), and potential extent of gas production (a+ b) were significantly different statistics between treatments ($P < 0.01$). The group with the highest a-value is group T6 (-0,95), and the lowest value is Group T10 (-6,06). The highest b-value is group T10 (138.03), and the lowest value is group T6 (110.37). The c-value is the highest value in group T7 (0.023), and the lowest value was in group T6 (0.014). The a+ b value was highest in group T8 (132.11), and the group with the lowest value was T6 (109.42). *For in vitro* dry matter degradability (IVDMD) and in vitro organic matter degradability (IVOMD), both at hours 12 and 24, there were no statistical differences ($P > 0.05$). From this study, it can be concluded that the use of yeast-fermented corn cobs and husks in place of bran in food recipes can be used up to 100% by affecting the kinetics of gas production but not the in vitro degradability.

Keywords: corn cobs and husks; gas production kinetics; *in vitro* degradability; *Saccharomyces cerevisiae*

บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการเลี้ยงโคเนื้อมีการขยายตัวและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมีการขยายการเลี้ยงเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ อีกทั้งยังมีการบริโภคเนื้อที่มีคุณภาพสูงและปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น และเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มมากขึ้น จึงต้องมีการขยายการผลิตเพิ่มมากขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2565 ประเทศไทยมีจำนวนสัตว์เคี้ยวเอื้องรวมทั้งหมดประมาณ 13,581,182 ตัว (โคเนื้อ 9,394,111 โคนม 812,235 กระบือ 1,741,141 แพะ 1,505,381 และแกะ 128,314 ตัว) และเพิ่มขึ้นเป็น 14,000,926 ตัว ในปี พ.ศ 2567 (โคเนื้อ 9,911,700 โคนม 594,542 กระบือ 1,817,289 แพะ 1,533,662 และแกะ 143,733 ตัว) (ศูนย์ข้อมูลข่าวสาร สารสนเทศ, 2567) เมื่อสัตว์เคี้ยวเอื้องมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้วัตถุดิบอาหารหารสัตว์ไม่เพียงพอ ส่งผลให้ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์แพงขึ้น โดยเฉพาะวัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงาน เช่น มันเส้น ข้าวโพด และรำข้าว เป็นต้น ซึ่งวัตถุดิบเหล่านี้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากในการประกอบสูตรอาหารโค ทำให้เกษตรกรประสบปัญหาต้นทุนที่สูงขึ้น เกษตรกรส่วนใหญ่จึงหันมาใช้แหล่งทรัพยากรอาหารสัตว์ที่หาได้ง่ายและมีภายในท้องถิ่น เพื่อที่จะสามารถลดต้นทุนได้ การใช้วัตถุดิบที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมทางการเกษตรก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมและสามารถนำมาทดแทนแหล่งวัตถุดิบที่มีราคาแพงได้ (นิราวรรณ, 2560) โดยเฉพาะผลพลอยได้จากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เช่น ต้น เปลือก และซังข้าวโพดเป็นต้น

ปัจจุบันประเทศไทยมีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นจำนวนมากเพื่อตอบสนองความต้องการ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ โดยในปี พ.ศ. 2564 ถึง ปี พ.ศ. 2565 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวโพด 6,824,580 ไร่ มีผลผลิตทั้งหมด 4,847,845 ตัน และมีผลผลิตเฉลี่ย 728 กิโลกรัมต่อไร่ โดยเฉพาะเขตภาคเหนือมีพื้นที่ปลูกข้าวโพดมากที่สุดคือ 4,674,184 ไร่ มีผลผลิต 3,318,522 ตัน รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่การปลูกข้าวโพด 1,237,791 ไร่ มีผลผลิต 883,569 ตัน และภาคกลาง มีพื้นที่ 912,605 ไร่ มีผลผลิต 645,754 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี เนื่องจากมีความต้องการที่สูงขึ้น ซังและเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตร ซึ่งได้จากกระบวนการผลิต หรือแปรรูป (การกะเทาะเมล็ด) ซึ่งจะมีทั้งซังและเปลือกข้าวโพดเป็นจำนวนมากในโรงสีข้าวโพด ขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตข้าวโพดในแต่ละปี ตามการรายงานของ ชัยวัฒน์ และคณะ (2560) ว่าสัดส่วนเศษเหลือต่อผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จะมีปริมาณเท่ากับ 0.19-0.33 (เฉลี่ย 26%) แต่มีการนำไปใช้ประโยชน์เพียง 44% สำหรับซังทั้งหมด โดยส่วนที่เหลือส่วนใหญ่จะเป็นส่วนเปลือกและซังรวมกันมีปริมาณ 56% ซึ่งหมายความว่า ในปี พ.ศ 2566 จะมีเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประมาณ 1.26 ล้านตัน ซึ่งซังและเปลือกข้าวโพดเป็นเศษเหลือทางการเกษตรที่ศักยภาพที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบทางเลือก

สำหรับการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ (Lunsin et al., 2021) เนื่องจากมีราคาถูกมาก (ประมาณ 1–2 บาท./กก.) เมื่อเทียบกับรำละเอียด (ประมาณ 15-20 บาท./กก.) ถ้าหากนำมาใช้เป็นอาหารโคก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดปัญหาการขาดแคลนแหล่งอาหารในช่วงฤดูแล้ง อีกทั้งยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิตได้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากซังและเปลือกข้าวโพดมีคุณค่าทางโภชนะและการย่อยได้ที่ต่ำมาก อีกทั้งยังมีความน่ากินน้อยมาก เนื่องจากมีเยื่อใยสูงและความฟ่ามสูง เมื่อเทียบกับรำละเอียด ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนะให้ดีขึ้นก่อนนำไปใช้เป็นอาหารโคโดยการบด การหมักเป็นต้น ปัจจุบันการนำยีสต์มาใช้ในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์คุณภาพต่ำโดยการหมักได้รับความสนใจเป็นอย่างแพร่หลาย ซึ่งมีคุณสมบัติในการช่วยให้โครงสร้างของเยื่อใยแยกออกจากกันให้มีลักษณะอ่อนนุ่ม และเมื่อนำไปใช้เป็นอาหารโคจะทำให้จุลินทรีย์เข้าไปย่อยอาหารได้ง่ายขึ้น และส่งผลให้โคมีการย่อยได้เพิ่มขึ้น (นิราวรรณ, 2560) จากการรายงานของ สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ (2566) พบว่า การปรับปรุงเปลือกและซังข้าวโพดด้วยด้วยลูกแป้งจุลินทรีย์สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนะได้ เช่น โปรตีนและไขมัน อีกทั้งยังสามารถลดเยื่อไย NDF และ ADF ได้ ซึ่งหากนำเปลือกและซังข้าวโพดมาหมักด้วยยีสต์จะสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและการย่อยได้ สามารถนำไปเลี้ยงสัตว์ได้มากขึ้น โดยเฉพาะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง และเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือจากการผลิตข้าวโพดเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารทางเลือกใหม่ในการนำมาทดแทนแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีราคาแพงในอนาคต ดังนั้น งานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์เพื่อทดแทนรำละเอียดในสูตรอาหารโค จลนศาสตร์การผลิตแก๊ส และการย่อยสลายในหลอดทดลอง

วิธีการศึกษา

สถานที่การศึกษา

การทดลองในครั้งนี้ได้ดำเนินที่ฟาร์มโคนม-โคเนื้อ และห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

การอนุญาตวิจัยในสัตว์

การทดลองนี้ได้รับอนุญาตใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ ตามเอกสารอนุญาตเลขที่ MACUC 005A/2567

การวางแผนการทดลอง

การศึกษาโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) โดยใช้ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ทดแทนรำละเอียดในสูตรอาหารโคเนื้อที่มีรำละเอียดเป็นส่วนประกอบ 16% (วัตถุแห้ง) ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน จำนวน 11 ทรีตเมนต์ (**Table** 1) แต่ละทรีตเมนต์ประกอบด้วย 3 ซ้ำ ซึ่งประกอบด้วยสัดส่วนของรำละเอียด: ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ (Rice bran: Yeast fermented corn cobs and husks; RB: YCCH) คือ

T1= รำละเอียด: ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ RB: YCCH (100: 0), วัตถุแห้ง (กลุ่มควบคุม)

T2= รำละเอียด: ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ RB: YCCH (90: 10)

T3= รำละเอียด: ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ RB: YCCH (80: 20)

T4= รำละเอียด: ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ RB: YCCH (70: 30)

T5= รำละเอียด: ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ RB: YCCH (60: 40)

T6= รำละเอียด: ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ RB: YCCH (50: 50)

T7= รำละเอียด: ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ RB: YCCH (40: 60)

T8= รำละเอียด: ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ RB: YCCH (30: 70)

T9= รำละเอียด: ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ RB: YCCH (20: 80)

T10= รำละเอียด: ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ RB: YCCH (10: 90)

T11= รำละเอียด: ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ RB: YCCH (0: 100)

ขั้นตอนการหมักซังและเปลือกข้าวโพด

- การเตรียมซังและเปลือกข้าวโพด

นำซังและเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากโรงสีข้าวโพด ที่ อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ (ซึ่งจะมีทั้งซังและเปลือกข้าวโพดรวมกันโดยสัดส่วนของซังและเปลือกข้าวโพดจะขึ้นกับปริมาณผลผลิต) แล้วนำมาตากให้แห้ง หลังจากจากนั้นจึงนำมาบดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิล (ประมาณ 1-2 มม.) เพื่อรอการหมักในขั้นตอนต่อไป

- การเตรียมวัตถุดิบและสารละลายยีสต์

ทำการเตรียมสารละลายในการหมัก ซึ่งประกอบด้วย ยีสต์ ยูเรีย กากน้ำตาลและน้ำ ตามสัดส่วนที่เหมาะสมตามวิธีของศรัญญา และคณะ (2562) ซึ่งมีวิธการเตรียมดังนี้

1) การเตรียมสารละลาย A (Activated yeast) โดยใช้ยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae: S. cerevisiae*) ในปริมาณ 20 ก. และน้ำตาลทรายขาว 20 ก. ละลายในน้ำสะอาดปริมาตร 1,000 มล. เมื่อผสมเข้ากัน แล้วทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2) การเตรียมสารละลาย B (Liquid medium) โดยใช้ยูเรีย 80 ก. ละลายในน้ำสะอาดปริมาตร 1,000 มล. ตามด้วย กากน้ำตาล 10 ก.

3) ทำการผสมสารละลาย A และ B ผสมให้เข้ากันในถัง แล้วใช้เครื่องปั๊มอากาศเติมอากาศถังตลอดเวลา ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จึงจะได้สารละลายยีสต์ (Yeast culture solution)

- การหมักซังและเปลือกข้าวโพด

นำซังและเปลือกข้าวโพดมาผสมกับสารละลายยีสต์ในอัตราส่วนของซังและเปลือกข้าวโพดบดต่อสารละลายยีสต์ (10: 4) w/v ให้เข้ากันดี จากนั้นทำการบรรจุใส่ถุงแล้วมัดปากถุงให้แน่น แล้วใช้ถุงดำคลุมอีกชั้น โดยใช้ระยะเวลาในการหมัก 3 วัน เพื่อเป็นการเลี้ยงและการขยายเซลล์ของยีสต์ในสภาวะใช้ออกซิเจน ดัดแปลงจากวิธีการของศรัญญา และคณะ (2562) เมื่อครบกำหนด จึงทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง หลังจากนั้นจึงนำไปอบในอุณภูม 60 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของซังและเปลือกข้าวโพดหมัก และนำไปทดแทนรำละเอียดในสูตรอาหารของโคเนื้อ

การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างซังและเปลือกข้าวโพดที่ผ่านการหมัก โดยสุ่มจากด้านบน กลาง ล่างและด้านข้างของถุงหมักให้ได้ในปริมาณ 500 กรัม แล้วนำมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60° องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง. แล้วนำมาบดด้วยเครื่องบด ผ่านตะแกรงขนาด 1.0 มม. หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยการใช้วิธีการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) ซึ่งวิเคราะห์ค่าวัตถุแห้ง (dry mater; DM), เถ้า (Ash), โปรตีน (crude protein; CP) และไขมัน (ether extract; EE) ตามวิธีการของ AOAC (1995) และการวิเคราะห์เยื่อใยโดย Detergent fiber analysis system คือ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber; NDF) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (acid detergent fiber; ADF) ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991)

การศึกษาจลนศาสตร์การผลิตแก๊สและการย่อยได้ในหลอดทดลอง

ทำการชั่งน้ำหนักอาหารและฟางข้าวเพื่อทำการทดสอบในหลอดทดลอง การทดลองนี้ใช้อาหารทดลองที่มีสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น (R: C)= 60: 40 โดยใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ และอาหารข้นเป็นอาหารทดลองในสูตรอาหารที่มีรำละเอียดและซังรวมเปลือกข้าวโพดบดเป็นส่วนประกอบ ทำการชั่งหนักอาหารและฟางข้าวในปริมาณ 0.2 ก. และอาหารข้นตามสูตรในปริมาณ 0.3 ก. ใส่ลงในขวดขนาด 50 มล. แล้วปิดจุกยางและฝาครอบด้วยอะลูมิเนียมให้สนิท แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส ตามวิธีการของ Sommart et al. (2000) รอการบรรจุของเหลวจากกระเพาะหมักโคเนื้อ หลังจากนั้นจึงทำการเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน การทดลองครั้งนี้ได้ใช้โคเนื้อลูกผสมระหว่างบราห์มัน และพื้นเมือง จำนวน 4 ตัว อายุเฉลี่ย 4 ปี และน้ำหนักเฉลี่ย 300 กก.ด้วยวิธี Suction โดยใช้สายยางที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางสายยาง 1.5 ซม. และใช้ปั๊มเป็นตัวดูด

ของเหลวจากกระเพาะรูเมน ในปริมาณ 200 มล. ต่อตัว เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาในหลอดทดลอง เมื่อได้ของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคแล้วนำมากรองผ่านผ้าขาวบางหนา 3 ชั้น นำของเหลวที่ผ่านการกรองนำมาผสมกับสารละลายบัฟเฟอร์ และสารละลายแร่ธาตุให้เข้ากัน ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน แล้วฉีดลงในขวดที่บรรจุอาหารทดลองขวดละ 40 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำขวดตัวอย่างเข้าบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส ทำการศึกษาโดยวิธี *In vitro* gas production technique ตามวิธีของ Menke et al. (1995) ทำการวัดผลผลิตแก๊ส ณ ชั่วโมง 0, 1.5, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 72 และ 96 ตามวิธีการของ Foiklang et al. (2016) จากนั้นทำการจดบันทึกปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น นำค่าผลผลิตแก๊สที่ได้มาหาค่าของส่วนที่ละลายได้ทันที (soluble fraction; a) ค่าของส่วนที่ละลายได้ช้า (insoluble fraction; b) ค่าอัตราส่วนของการผลิตแก๊ส (gas production rate; c) และค่าศักยภาพในการผลิตกแก๊ส (potential extent of gas production; a+ b) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป fit curve เพื่ออธิบายจลนศาสตร์ของการผลิตแก๊สตามแบบจำลองตามสมการ Ørskov and McDonald (1979) ดังนี้

$$y = a + b\ [\ 1\text{-}Exp^{(-ct)}\ ]$$

เมื่อ y = ผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้น ณ เวลา t (มล.)

a = จุดตัดแกน y ซึ่งเป็นค่าคงที่ที่บ่งบอกปริมาณผลผลิตแก๊สจากส่วนที่ละลายได้ (มล.)

b = ปริมาณผลผลิตแก๊สจากส่วนที่หมักย่อยได้ (มล.)

c = อัตราการผลิตแก๊ส (มล./ชม.)

t = เวลาการเกิดแก๊ส (ชม.)

ทำการวัดค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (*in vitro* dry matter degradability, IVDMD) และการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ *(in vitro* organic matter degradability, IVOMD) ณ ชั่วโมงที่ 12 และ 24 หลังการบ่ม ตามสมการของ (Tilley and Terry, 1963) ดังนี้

$$IVDMD\ (\%) = \frac{\text{น้ำหนักวัตถุแห้งเริ่มต้น - น้ำหนักแห้งที่เหลือหลังการบ่ม}}{\text{น้ำหนักวัตถุแห้งเริ่มต้น}} \times 100$$

$$IVOMD\ (\%) = \frac{\text{น้ำหนักอินทรีวัตถุแห้งเริ่มต้น – น้ำหนักอินทรียวัตถุแห้งหลังที่เหลือหลังการบ่ม}}{\text{น้ำหนักอินทรียวัตถุเริ่มต้น}} \times 100$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (SAS, 1998)

Table 1 Feed ingredients of the diet used in the experiment

Ingredients (Kg)	RB: YCCH Ratios										
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
Cassava chip	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
SBM	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Rice bran	16	14.4	12.8	11.2	9.6	8	6.4	4.8	3.2	1.6	0
YCCH	0	1.6	3.2	4.8	6.4	8	9.6	11.2	12.8	14.4	16
Palm oil	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Urea	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
premix	1	1	1	1	1	1	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
molasses	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sulfur	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Salt	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Total	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
Chemical composition*											
DM %	89.61	89.68	89.74	89.80	89.87	89.93	89.69	89.76	89.81	89.88	89.95
	----------% of dry matter----------										
OM %	91.70	91.90	92.09	92.28	92.47	92.67	92.86	93.05	93.20	93.44	93.63
CP %	14.42	14.42	14.42	14.42	14.42	14.43	14.43	14.43	14.43	14.43	14.44
EE %	3.08	2.85	2.63	2.41	2.18	1.96	1.95	1.73	1.56	1.28	1.05
NDF %	10.84	11.43	12.02	12.61	13.20	13.80	14.38	14.97	15.42	16.15	16.74
ADF %	6.99	7.20	7.41	7.62	7.83	8.04	8.25	8.46	8.61	8.87	9.08
TDN %	76.25	76.07	75.89	75.72	75.54	75.37	75.76	75.59	75.46	75.24	75.06

* Data from calculation

T1-T11, concentrate contain rice bran replaced by YCCH at 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100 % DM, respectively. RB=rice bran, YCCH= yeast fermented corn cobs and husks, DM= dry matter, OM=organic matter, CP=crude protein, NDF=neutral detergent fiber, ADF=acid detergent fiber and TDN= total digestible nutrients.

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของซังและเปลือกข้าวโพดโดยการหมักยีสต์ *S. cerevisiae* สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของซังและเปลือกข้าวโพดได้ โดยทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 2.39 เป็น 12.29% และไขมันเพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 2% ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์มีปริมาณวัตถุแห้ง สารอินทรีวัตถุ และเถ้าเท่ากับ 93.88 95.02 และ 5.81% ตามลำดับ (**Table 2**) การเพิ่มขึ้นของโปรตีนในซังและเปลือกข้าวโพด อาจเนื่องมาจากได้รับจากจากเซลล์ยีสต์ที่มีการขยายจำนวนเซลล์เป็นจำนวนมากในกระบวนของการหมัก ซึ่งมากกว่าการรายงานของ สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ (2566) ที่ได้ทำศึกษาหมักเปลือกและซังข้าวโพดด้วยลูกแป้งสาโทพบว่า มีปริมาณวัตถุแห้งโปรตีน เถ้า ไขมัน มีค่าเท่ากับ 32.14, 4.44, 4.60 และ 1.0% ตามลำดับ ซึ่งค่าของโภชนะที่แตกต่างกันอาจเนื่องมาจากการใช้เชื้อยีสต์และวิธีการในการหมักที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Foiklang et al. (2016) ที่ได้ทำการศึกษาการหมักเปลือกข้าวโพด

ด้วยยีสต์โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็นสองกลุ่มคือใช้สัดส่วนของสารละลายยีสต์: เปลือกข้าวโพดคือ 1: 0.5 และ 1: 1 พบว่าการหมักเปลือกข้าวโพดด้วยยีสต์ทั้งสองระดับสามารถทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 3.5% เป็น 4.6 และ 5.8% ตามลำดับ นอกจากนี้ ศรัญญา และคณะ (2562) ยังได้รายงานว่า การปรับปรุงคุณภาพของกากถั่วเหลืองเปียกด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* สามารถเพิ่มโปรตีนหยาบในกากถั่วเหลืองเปียกจาก 18.1 เป็น 38.4% การหมักซังและเปลือกข้าวโพดด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* ยังสามารถทำให้ปริมาณเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลางลดลงจาก 72.24 เป็น 60.84% และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรดลดลงจาก 37.80 เป็น 31.01% การหมักเปลือกข้าวโพดด้วยยีสต์สามารถลดเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง ลดลงได้จาก 87.2 เป็น 70.1% ตามลำดับ (Foiklang et al., 2016) สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ (2566) ได้รายงานว่าการปรับปรุงเปลือกและซังข้าวโพดด้วยลูกแป้งสาโทโดยการหมัก สามารถทำให้เยื่อใยที่ไม่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกลาง และเยื่อใยที่ไม่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกรดลดลงโดยมีค่าอยู่ที่ 70.33 และ 33.65% ตามลำดับ การลดลงของเยื่อใยเป็นผลมาจากตัวยีสต์ที่มีชีวิต ซึ่งมีคุณสมบัติในการเข้าย่อยผนังของเซลล์พืชโดยเฉพาะโครงสร้างที่เป็นเยื่อใย และการหมักด้วยยีสต์ช่วยให้ไขมันในวัตถุดิบดั่งกล่าวเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังมีการรายงานของ สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ (2566) การใช้ยูเรีย และกากน้ำตาลหมักเปลือกข้าวโพดแห้ง สามารถเพิ่มโปรตีนจาก 2.50 เป็น 6.80% และยังสามารถลดปริมาณของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลางจาก 75.30 เป็น 73.50% และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรดจาก 38.10 เป็น 35.60% สำหรับวัตถุแห้งลดลงเหลือเพียง 40.00% เท่านั้น คุณค่าโภชนะของเปลือกและซังข้าวโพดที่แตกต่างกันอาจเนื่องมาจากอายุการเก็บเกี่ยว กรรมวิธีในการหมักที่ต่างกัน รวมถึงการเชื้อยีสต์ที่นำมาใช้ในการหมักที่แตกต่างกัน

Table 2 Chemical composition of corn cobs and husks and yeast fermented corn cobs and husks

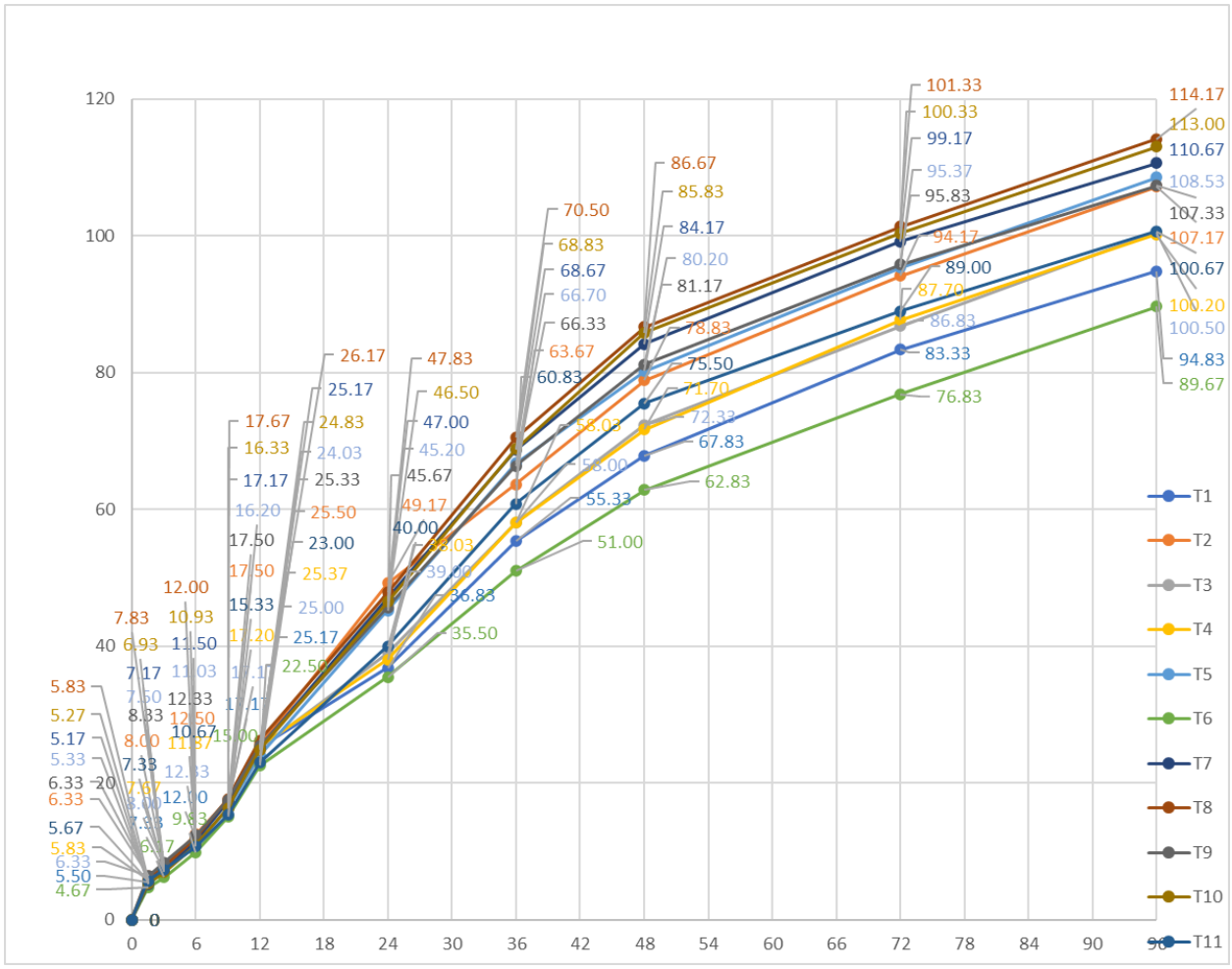
Item	Corn cobs and husks	yeast fermented corn cobs and husks
Dry matter (DM)	87.15	93.88
	----------% of dry matter----------	
Organic matter (OM)	95.02	94.19
Crude protein (CP)	2.39	12.29
Ether extract (EE)	0.25	2.00
Neutral detergent fiber (NDF)	72.24	60.84
Acid detergent fiber (ADF)	37.80	31.01
Total ash	4.98	5.81

** Data from analysis.

จากการศึกษาจลนศาสตร์การผลิตแก๊ส โดยการใช้ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ *S. cerevisiae* ทดแทนรำละเอียดในสูตรอาหารโคเนื้อ พบว่ามีผลทำให้ค่าของส่วนที่ละลายได้ทันที (soluble fraction; a) ค่าของส่วนที่ละลายได้ช้า (insoluble fraction; b) ค่าอัตราส่วนของการผลิตแก๊ส (gas production rate; c) และค่าศักยภาพในการผลิตกแก๊ส (potential extent of gas production; a+ b) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$, **Table 3**) โดยกลุ่มที่มีค่าของส่วนที่ละลายได้ทันทีสูงสุดในกลุ่ม T6 (-0.95) และรองลงมาคือกลุ่ม T1 (กลุ่มควบคุม) (-1.52) แต่พบว่าไม่มีความแตกต่างกับ T3 และ T4 โดยมีค่าเท่ากับ (-1.69 และ -1.99 ตามลำดับ) และกลุ่มที่มีค่าต่ำที่สุดคือกลุ่ม T10 (-6.06) แต่พบว่าไม่มีความแตกต่างกับกลุ่ม T7, T8, T5, T11, T9 และ T2 โดยมีค่าเท่ากับ -5.33, -5.20, -5.16, -4.20, -3.95 และ -3.60 ตามลำดับ และค่าของส่วนที่ละลายได้ช้ามีค่าสูงสุดคือกลุ่ม T10 (138.03) แต่พบว่าไม่มีความแตกต่างกับกลุ่ม T8, T5, T9,

T2, T4 และ T7 โดยมีค่า 137.31, 132.24, 127.17, 126.60, 125.28 และ 125.25 ตามลำดับ และมีค่าที่ต่ำที่สุดคือกลุ่ม T6 และ T1 (กลุ่มควบคุม) (110.37 และ 114.82) โดยไม่มีความแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากสูตรอาหารที่ชังและเปลือกข้าวโพดหมักเป็นส่วนประกอบมีส่วนของเยื่อใยสูงกว่าสูตรอาหารที่มีรำข้าวเป็นส่วนประกอบ จึงทำให้จุลินทรีย์เข้าไปย่อยได้ยาก ส่งผลให้ส่วนที่ละลายได้ทันทีลดลง สำหรับค่าศักยภาพในการผลิตแก๊ส จากตารางจะสังเกตได้ว่ามีค่าสัมพันธ์กันระหว่าค่าของค่าของส่วนที่ละลายได้ช้า โดยมีค่าสูงสุดในกลุ่ม T8 (132.11) รองลงมาคือกลุ่มทดลอง T10 (131.97) แต่พบว่าไม่แตกต่างกับกลุ่มทดลอง T5, T4, T9 T2, T3 และ T7 (127.08, 123.29, 123.22, 123.00, 122.51 และ 119.92 ตามลำดับ) และกลุ่มที่มีค่าที่ต่ำที่สุดคือ T6 (109.42) ส่วนอัตราส่วนของการผลิตแก๊ส มีค่าสูงสุดในกลุ่ม T7 (0.023) รองลงมาคือกลุ่ม T2, T5, T8, T9, T10 และ T11 คือมีค่าอยู่ระหว่าง (0.020-0.021) และกลุ่มที่มีค่าต่ำที่สุดคือ T6 (0.014) อาจเนื่องมาจากในอาหารทดลองที่ใช้รำละเอียดมีส่วนขององค์ประกอบของไขมันที่สูงกว่าอาหารทดลองที่ใช้ชังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ ซึ่งมีผลในการย่อยเยื่อใยของจุลินทรีย์ในหลอดทดลอง อีกทั้งการหมักด้วยยีสต์ยังช่วยในการลดโครงสร้างของเยื่อใยในชังและเปลือกข้าวโพดทำให้จุลินทรีเข้าย่อยได้ดีขึ้นเมื่อมีการทดแทนรำละเอียดในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งใกล้เคียงกับการรายงานของ Foiklang et al. (2016) ที่พบว่าว่าการเสริมเปลือกข้าวโพดด้วยยีสต์ ในหลอดทดลองส่งผลต่อส่วนที่ละลายได้ทันที ส่วนละลายได้ช้า และศักยภาพในการผลิตกแก๊สมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ไม่ส่งผลต่ออัตราการผลิตแก๊ส ($P > 0.05$) การเสริมผนังเซลล์ยีสต์สูตรอาหารต่อการย่อยสลายได้ในหลอดทดลองส่งผลต่อการลดลงของค่าส่วนที่ละลายได้ทันที และอัตราการผลิตแก๊ส (สายสมร และ ฉลอง, 2560) การทดแทนรำละเอียดด้วยชังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ทำให้ค่าการผลิตแก๊สสะสม ณ ชั่วโมงที่ 96 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.05$) โดยมีแนวโน้มการผลิตแก๊สสะสมสูงขึ้นตามสัดส่วนของเปลือกและชังข้าวโพดที่สูงขึ้น และสัดส่วนที่มีการผลิตแก๊สสะสมสุดในกลุ่ม T8 (114.17) และรองลงมาคือ T10 แต่พบว่าไม่แตกต่างจากกลุ่มทดลอง T5 และ T7 (113.00, 108.53 และ 110.67 mL/0.5 g DM ตามลำดับ) และการผลิตแก๊สสะสมต่ำที่สุดในกลุ่มทดลอง T6 แต่พบว่าไม่แตกต่างกับกลุ่มทดลอง T1 (กลุ่มควบคุม) (89.67 และ 94.83 mL/0.5 g DM) (**Figure 1**)

การใช้ชังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ทดแทนรำละเอียดในสูตรอาหารในหลอดทดลองต่อการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งในหลอดทดลอง (*in vitro* dry matter degradability; IVDMD) และการย่อยสลายได้ของสารอินทรียวัตถุในหลอดทดลอง (*in vitro* organic matter degradability; IVOMD) พบว่า IVDMD ณ ชั่วโมงที่ 12 มีค่าสูงสุดในกลุ่ม T11 (60.12) รองลงมาคือกลุ่ม T10 (60.02) และมีค่าต่ำสุดในกลุ่ม T3 (55.35) และ IVDMD ณ ชั่วโมงที่ 24 มีค่าสูงสุดในกลุ่ม T9 (61.56) รองลงมาคือกลุ่ม T3 (61.43) และมีค่าต่ำสุดในกลุ่ม T8 (54.70) สำหรับ IVOMD ณ ชั่วโมงที่ 12 มีค่าสูงสุดในกลุ่ม T11 (72.59) รองลงมาคือกลุ่ม T2 (70.23) และมีค่าต่ำสุดในกลุ่ม T3 (65.45) และ IVDMD ณ ชั่วโมงที่ 24 มีค่าสูงสุดในกลุ่ม T1 (73.10) รองลงมาคือกลุ่ม T4 (71.61) และมีค่าต่ำสุดในกลุ่ม T1 (65.67) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$, **Table 3**) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากชังและเปลือกข้าวโพดหมักที่นำมาใช้ผ่านการบดละเอียดก่อนนำมาทดลองซึ่งจะมีลักษณะและคุณค่าทางโภชนะที่ใกล้เคียงกันกับรำละเอียดเช่น โปรตีนและค่าการย่อยได้ของโภชนะทั้งหมด อีกทั้งในสูตรอาหารที่มีรำละเอียดเป็นส่วนประกอบอาจมีระดับของไขมันที่สูงกว่าสูตรอาหารที่มีชังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์เป็นส่วนประกอบจึงทำให้จุลินทรีย์เข้าไปย่อยส่วนของคาโบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างได้ยาก ส่งผลให้การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งลดลง ซึ่งใกล้เคียงกับการรายงานของ ขาวพอน และคณะ (2566) ที่ได้ศึกษาผลของการใช้ฝุ่นการย่อยสลายของวัตถุแห้งในหลอดทดลอง พบว่าการใช้ฝุ่นข้าวโพดทดแทนรำละเอียดในทุกระดับต่อการย่อยสลายของวัตถุแห้งและการย่อยสลายของอินทรียวัตถุในหลอดทดลอง ณ ชั่วโมงที่ 12 และ ชั่วโมง 24 หลังการบ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.01$)



T1-T11, concentrate contain rice bran replaced by YCCH at 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100 % DM, respectively

Figure 1 Effect of yeast fermented corn cobs and husks replacing rice bran on cumulative gas production

.

Table 3 Effect of yeast fermented corn cobs and husks replacing rice bran on *in vitro* gas production kinetics and digestibility

Items	RB: YCCH ratios											SEM[5]	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11		
Gas Kinetics[1]													
A	-1.52^{ab}	-3.60^{bcde}	-1.69^{abc}	-1.99^{abc}	-5.16^{ef}	-0.95^{a}	-5.33^{ef}	-5.20^{ef}	-3.95^{cdef}	-6.06^{f}	-4.20^{def}	0.312	0.0002
b	114.82^{cd}	126.60^{abc}	124.20^{bc}	125.28^{abc}	132.24^{ab}	110.37^{d}	125.25^{abc}	137.31^{a}	127.17^{abc}	138.03^{a}	118.89^{cd}	1.492	0.001
c	0.017^{c}	0.021^{b}	0.017^{c}	0.017^{c}	0.020^{b}	0.014^{d}	0.023^{a}	0.021^{b}	0.020^{b}	0.020^{b}	0.020^{b}	0.000	<.0001
a+ b	113.30^{cd}	123.00^{abc}	122.51^{abc}	123.29^{abc}	127.08^{ab}	109.42^{d}	119.92^{abcd}	132.11^{a}	123.22^{abc}	131.97^{a}	114.69^{bcd}	1.259	0.0058
Gas[2] (96 h) mL/0.5 g of substrate	94.83^{d}	107.17^{b}	100.50^{c}	100.20^{c}	108.53^{ab}	89.67^{d}	110.67^{ab}	114.17^{a}	107.33^{b}	113.00^{ab}	100.67^{c}	1.691	<.0001
IVDMD[3], %													
12h of incubation	56.06	56.56	55.35	55.52	57.74	56.54	56.99	56.71	56.78	60.02	60.12	0.278	0.28
24h of incubation	56.80	59.36	61.43	61.38	60.66	60.21	59.61	54.70	61.56	60.74	60.44	0.372	0.409
IVOMD[4], %													
12h of incubation	68.50	70.23	65.45	67.55	68.95	68.13	67.95	68.72	66.05	68.40	72.59	0.333	0.5809
24h of incubation	73.10	70.53	70.33	71.61	69.73	70.44	70.47	68.31	69.68	65.67	69.57	0.325	0.347

T1-T11, concentrate contain rice bran replaced by YCCH at 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100 % DM, respectively. [1]a = the gas production from the immediately soluble fraction, b= the gas production from the insoluble fraction, c= the gas production rate constant for the insoluble fraction (b), a+ b= the gas potential extent of gas production. [2]Cumulative gas after 96 hours of incubation time (mL/0.5 g of substrate). IVDMD[3] = *in vitro* dry matter degradability. IVOMD[4] = *in vitro* organic matter degradability. SEM[5] = standard error of mean. ***P<0.0001, ns = non-significant

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่าซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ทดแทนรำละเอียดในสูตรอาหารของโคเนื้อในทุกระดับสามารถช่วยเพิ่มการผลิตแก๊ส การใช้ซังและเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์สามารถทดแทนรำละเอียดในระดับ 100% ไม่มีผลต่อกระทบต่อการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งและการย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุในหลอดทดลอง อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาถึงระดับของการใช้จริงในตัวสัตว์ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบทางเลือกและเป็นแนวทางช่วยลดต้นทุนได้ในการเลี้ยงโคในอนาคต

คำขอบคุณ

ขอแสดงความรู้บุญคุณมายังอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการทำวิจัย ขอแสดงคำขอบคุณมายังกรมความร่วมมือระหว่างประเทศ Thailand International Cooperation Agency (TICA) ในการสนับสนุนทุนในการศึกษาวิจัย และขอขอบคุณฟาร์มโคนม-โคเนื้อ และห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สำหรับการสนับสนุนวัสดุ และอุปกรณ์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ขาวพอน สะพังทอง, กฤษณพงศ์ หนุนยศ, จุฬากร ปานะถึก, ชุติกาญจน์ ศรทองแดง, อนุสรณ์ เชิดทอง, สินีนาฏ พลโยราช, ฐิติมา นรโภค, รัชตาภรณ์ ลุนสิน และสุบรรณ ฝอยกลาง. 2566. ผลของการทดแทนรำละเอียดด้วยฝุ่นข้าวโพดในอาหารข้นต่อจลนศาสตร์การผลิตแก๊ส และความสามารถในการย่อยได้ในหลอดทดลอง. น. 152-160. ใน: ประชุมวิชาการสัตวศาสตร์แห่งชาติ ครั้งที่ 11 เรื่องยกระดับมาตรฐานวิชาชีพสัตวบาลไทยพลิกโฉมงานวิจัยสู่สากล 5-8 กรกฎาคม 2566. สัตวศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ ม.นเรศวร. พิษณุโลก.

ศูนย์ข้อมูลข่าวสาร สารสนเทศ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2567. ข้อมูลจำนวนเกษตรกและปศุสัตว์ในประเทศไทยประจำปี พ.ศ 2567. แหล่งข้อมูล: https://ict.dld.go.th/webnew/index.php/th/service-ict/report/428-report-thailand-livestock/reportservey2567/1813-2567-monthly. ค้นเมื่อ 18 พฤษภาคม 2567.

ฉลอง วชิรากร. 2541. โภชนะศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. ภากวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชัยวัฒน์ เผ่าสันทัดพาณิชย์, พินิจ จิรัคคกุล, ชัยวัฒน์ เผ่าสันทัดพาณิชย์, บัณฑิต จิตรจำนงค์, อนุชา เชาว์โชติ, สมเดช ไทยแท้ และมานพ คันธามารัตน์. 2560. โครงการพัฒนาระบบการผลิตวัตถุดิบจากเปลือกและซังข้าวโพดสำหรับอุตสาหกรรมพลังงานทดแทน (ออกแบบและพัฒนาเครื่องบดและแยกซังข้าวโพดจากเปลือกและซังเพื่อเตรียมวัตถุดิบสำหรับผลิตเอทานอล). ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น จ.ขอนแก่น.

นิราวรรณ กุนัน. 2560. อาหารและการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. สาขาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

ปณัท สุขสร้อย. 2563. การประเมินคุณภาพอาหารหยาบและเศษเหลือทางการเกษตรสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในจังหวัดสระแก้ว. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 38: 376-381.

ศรัญญา ม่วงทิพย์มาลัย, สุบรรณ ฝอยกลาง, อนุสรณ์ เชิดทอง, จุฬากร ปานะถึก และจุฑารักษ์ กิติยานุภาพ. 2562. การปรับปรุงคุณภาพของกากถั่วเหลืองเปียกจากโรงงานเต้าหู้ด้วยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* ต่อจลนศาสตร์การผลิตแก๊สในหลอดทดลอง. วารสารแก่นเกษตร. 47: 131-136.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566. เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิตและผลผลิตต่อไร่ประจำปี 2564/2565. แหล่งข้อมูล:

https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/maize%20province%2064.pdf. ค้นเมื่อ 1 ธันวาคม 2566.

สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2566. การปรับปรุงคุณภาพเปลือกและซังข้าวโพดแห้งด้วยลูกแป้งจุลินทรีย์ เลี้ยงโครีดนมในฟาร์มเกษตรกร. แหล่งข้อมูล: https://nutrition.dld.go.th/nutrition/index.php. ค้นเมื่อ 17 พฤษภาคม 2567.

สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2566. เปลือกข้าวโพดแห้ง ผลพลอยได้จากการเกษตรเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์. แหล่งข้อมูล: https://nutrition.dld.go.th/nutrition/index.php. ค้นเมื่อ: 17 พฤษภาคม 2567.

สายสมร โพธิระหงส์ และฉลอง วชิราภากร. 2560. ผลของการ เสริมผนังเซลล์ยีสต์ต่อผลผลิตแก๊สและการย่อยได้โดยใช้เทคนิคการวัดผลผลิตแก๊สในหลอดทดลอง. วารสารแก่นเกษตร. 45: 53-57.

AOAC. 1995. Official Method of Analysis, 16th ed. Animal Feeds: Association of Official Analytical Chemists, VA, USA.

Foiklang, S., M. Wanapat, and T. Norrapoke. 2016. *In vitro* rumen fermentation and digestibility of buffaloes as influenced by grape pomace powder and urea treated rice straw supplementation. Animal Science Journal. 87: 370-377.

Foiklang, S., M. Wanapat, Y. Opatpatanakit, and A. Paserakung. 2016. Effect of yeast fermented and physical forms of corn husk on digestibility and fermentation by using in vitro gas techniques. The 17th Asian-Australasian Association of Animal Production Societies Animal Science Congress.

Lunsin, R., R. Pilajun, S. Foiklang, and J. Panatuk. 2021. Nutritive value and in vitrodigestibility of yeast-fermented corn dust with cassava pulp affected by ensiling time. Khon Kaen Aggiculture Journal. 50: 572-585.

Menke, K., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz, and W. Schneider. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. The Journal of Agricultural Science. 93*:* 217-222.

Ørskov, E.-R., and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. The Journal of Agricultural Science. 92*:* 499-503.

Sommart, K., D. Parker, P. Rowlinson, and M. Wanapat. 2000. Fermentation characteristics and microbial protein synthesis in an *in vitro* system using cassava, rice straw and dried Ruzi grass as substrates. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 13: 1084-1093.

Tilley, J., and d. R. Terry. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. Grass and Forage Science. 18: 104-111.

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.