



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

การใช้ข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ร่วมกับเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์และกรดแลคติก โดยใช้เทคนิคผลผลิต แก๊สในห้องปฏิบัติการ

รัชณี บัวระภา^{1*} สุรชาติพย์ ไชยวงศ์¹ กฤษณธร ลินตะละ¹ กัญญ์ฐญา จินต์ตนวรากุล¹ ณัฐกร ไชยแสน¹

ปิยมาสฐ์ ตันท์เจริญรัตน์² และ วุฒิกร สระแก้ว¹

¹สาขาวิชาสัตวศาสตร์และประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน 55000

²สาขาวิชาสัตวศาสตร์และประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 8 พฤษภาคม 2567

แก้ไข: 5 มิถุนายน 2567

ตอบรับการตีพิมพ์: 19 มิถุนายน 2567

ตีพิมพ์ออนไลน์: 25 มิถุนายน 2567

คำสำคัญ

ข้าวโพดมอลต์

เปลือกข้าวโพด

จุลินทรีย์กรดแลคติก

ยีสต์

เทคนิคผลผลิตแก๊สในห้องทดลอง

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้วัตถุดิบข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ร่วมกับเปลือกข้าวโพดที่ผ่านการหมักยีสต์และจุลินทรีย์ แลคติก ในสูตรอาหารที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี ผลผลิตแก๊สที่หมักย่อยและค่าความสามารถในการย่อยโดยเทคนิคในห้องปฏิบัติการ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) แบ่งปัจจัยการศึกษาออกเป็น 5 ปัจจัย ดังนี้ ทรีทเมนต์ 1 สูตรอาหารข้าวโพดบด : เปลือกข้าวโพดหมักด้วยยีสต์และจุลินทรีย์แลคติก สัดส่วน 50 : 50 ทรีทเมนต์ 2 สูตรอาหารข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ : เปลือกข้าวโพดหมักด้วยยีสต์และจุลินทรีย์แลคติก สัดส่วน 50 : 50 ทรีทเมนต์ 3 สูตรอาหารข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ : เปลือกข้าวโพดหมักด้วยยีสต์และจุลินทรีย์แลคติก สัดส่วน 60 : 40 ทรีทเมนต์ 4 สูตรอาหารข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ : เปลือกข้าวโพดหมักด้วยยีสต์และจุลินทรีย์แลคติก สัดส่วน 70 : 30 และทรีทเมนต์ 5 สูตรอาหารข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ : เปลือกข้าวโพดหมักด้วยยีสต์และจุลินทรีย์แลคติก สัดส่วน 80 : 20 พบว่า ค่าองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง มีค่าเท่ากับ 64.99 53.55 51.49 50.99 และ 50.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โปรตีน มีค่าเท่ากับ 13.50 14.20 14.50 15.20 และ 15.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (*in vitro* dry matter digestibility, IVDMD) ที่บ่ม 24 ชั่วโมงของอาหารทั้ง 5 สูตร มีค่าเท่ากับ 65.80 69.25 72.93 73.35 และ 76.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ บ่มที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 70.70 73.50 78.38 79.33 และ 81.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) และการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (*in vitro* organic matter digestibility, IVOMD) ที่บ่ม 24 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 94.85 95.98 95.97 96.55 และ 97.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) บ่มที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 96.70 96.41 95.97 97.20 และ 97.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ร่วมกับผลพลอยได้ทางการเกษตรจากเปลือกข้าวโพดที่ผ่านการหมักร่วมกับยีสต์และกรด แลคติก เมื่อมีชั่วโมงการบ่มอาหารในรูเมนนานขึ้น มีผลต่อค่าความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และการย่อยได้อินทรีย์วัตถุก็จะเพิ่มขึ้น

บทนำ

เมล็ดข้าวโพดอาหารสัตว์เป็นที่นิยมในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารให้พลังงานในอาหารสัตว์ แต่ในการนำใช้เป็นแหล่งพลังงานในสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นยังมีข้อจำกัดในการใช้ กล่าวคือ ข้าวโพดมีอัตราการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนไม่สูงมากนักและรวมถึงมีข้อจำกัดของการย่อยจากเอนไซม์ที่ผลิตจากตับอ่อนและต่อทางเดินอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดข้าวโพดอาหารสัตว์นั้นเมื่อแห้งแล้วจะมีความแข็งและประกอบด้วยผิวหุ้มเมล็ดที่หนาและแข็งแรงทำให้มีความทนทานต่อการย่อยทั้งจากน้ำย่อยจากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนและในต่อทางเดินอาหาร และเมื่อนำมาใช้ในสูตรอาหารก็จะส่งผลให้การย่อยของอาหารลดลง เช่นเดียวกัน จากรายงานของ Owens & Zinn

(2005) พบว่า การย่อยได้ของข้าวโพดในกระเพาะรูเมนมีเพียง 68.30 เปอร์เซ็นต์ และการย่อยได้รวมตลอดท้องทางเดินอาหารเพียง 85.00-90.60 เปอร์เซ็นต์ (Owens & Zinn, 2005) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Sommart (1998) ที่พบว่า การใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารในปริมาณสูงมีผลต่อการย่อยสลายน้อยในกระเพาะรูเมนเป็นผลจากโปรตีนสารเคลือบที่เคลือบอยู่ที่ผิวของเมล็ดข้าวโพด อีกทั้งการใช้ข้าวโพดในสูตรอาหาร อาจทำให้เกิดประสิทธิภาพการย่อยสลายแบ่งในกระเพาะรูเมนต่ำ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการผลิตจุลินทรีย์โปรตีนและการย่อยได้ของอาหารโดยรวม (McNiven et al., 1995) รวมถึงข้อจำกัดในการย่อยได้ของโภชนะในข้าวโพดเนื่องจากเมล็ดข้าวโพดมีโปรตีนห่อหุ้มเมล็ดเรียกว่าโปรตีนคิวติเคิล (Protein cuticle) ที่แข็ง

*Corresponding author

E-mail address: ratchaneebourapa@gmail.com (R. Bourapa)

Online print: 25 June 2024 Copyright © 2024. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2024.22>

(Adedokun et al., 2015) จึงหาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดข้าวโพดโดยการเพิ่มระดับโปรตีนและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของโภชนาในเมล็ดข้าวโพดให้สูงขึ้น ในรูปของข้าวโพดมอลต์ (Malt corn) คือ เมล็ดข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการดัดแปลงจากการเปลี่ยนรูปข้าวโพดให้เป็นข้าวโพดมอลต์ร่วมกับกระบวนการหมักร่วมกับน้ำหมักจุลินทรีย์ 2 ชนิด ได้แก่ จุลินทรีย์ยีสต์ (Yeast) และน้ำหมักแบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria) (Srakaew et al., 2021) ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักในการเพิ่มโปรตีนและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของเมล็ดข้าวโพดจากกระบวนการผลิตมอลต์และกระบวนการหมักร่วมกับจุลินทรีย์ โดยผลจากการผลิตมอลต์เป็นการเปลี่ยนรูปของแป้งให้อยู่ในรูปของน้ำตาลและเพิ่มระดับโปรตีนจากการออกของต้นอ่อนซึ่งพบว่า ข้าวโพดมอลต์มีระดับน้ำตาลสูงและมีโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 7-8 เปอร์เซ็นต์ เป็น 10 เปอร์เซ็นต์ (Bourapa et al., 2021) การนำข้าวโพดมอลต์มาหมักร่วมกับเชื้อยีสต์ให้ปริมาณโปรตีนที่สูงขึ้นกว่าการผลิตมอลต์ธรรมดาและส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตสูงขึ้น (Srakaew et al., 2021) รวมถึงการใช้ยีสต์ในกระบวนการหมักอาหารสัตว์ยังส่งผลต่อการย่อยได้ที่สูงขึ้นด้วย (Lunsin et al., 2021) อย่างไรก็ตาม กระบวนการหมักที่หมักด้วยเชื้อยีสต์นั้นเกิดผลผลิตในรูปของแอลกอฮอล์ซึ่งมีกลิ่นค่อนข้างฉุนและอาจส่งผลต่อความน่ากินและทำให้สัตว์มีข้อจำกัดในการกินได้ รวมถึงข้อจำกัดในการเก็บรักษาวัตถุดิบอาหารสัตว์หมัก การใช้แบคทีเรียแลคติกจึงถูกนำมาใช้ร่วมในกระบวนการหมักเพื่อลดปริมาณแอลกอฮอล์ที่เกิดจากกระบวนการหมัก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Hynes et al. (1997) พบว่า การใช้เชื้อแบคทีเรียแลคติกในการหมักส่งผลทำให้เกิดกรดและลดปริมาณแอลกอฮอล์ในอาหารหมักได้ เพิ่มความน่ากินและอาจเป็นผลทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารหมักได้นานขึ้น ขณะเดียวกันก็สามารถเพิ่มระดับโปรตีนได้เช่นเดียวกัน จากข้อมูลข้างต้นทำให้เมล็ดข้าวโพดมอลต์มีโปรตีนที่เพิ่มสูงขึ้น การย่อยได้ของโภชนาและความน่ากินของอาหารเพิ่มมากขึ้นจากรายงานของ Srakaew et al. (2021) พบว่า เมล็ดข้าวโพดมอลต์มีโปรตีน 12-16 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 3.65-4.20 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 12.00-14.10 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 2.56-2.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าการย่อยได้ของโภชนาที่เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการผลิตข้าวโพดมอลต์โดยการหมักข้าวโพดมอลต์ร่วมกับจุลินทรีย์ยีสต์และแบคทีเรียแลคติกทำให้โปรตีนในเมล็ดข้าวโพดเพิ่มขึ้นจาก 7.80 เปอร์เซ็นต์ เป็น 14.20 เปอร์เซ็นต์ และส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรดต่างของวัตถุดิบหมักลดลงเร็วสุดเมื่อเทียบกับการหมักร่วมกับยีสต์เพียงอย่างเดียว ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพของข้าวโพดทั้งในด้านองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยได้ของข้าวโพดจึงเป็นแนวทางที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ นอกจากนี้การนำเปลือกข้าวโพด ซึ่งเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบ มีข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์ เนื่องจากเปลือกข้าวโพดมีโปรตีนรวมประมาณ 1.18 เปอร์เซ็นต์ โดยจะเห็นได้ว่าเปลือกข้าวโพดมีปริมาณของโปรตีนต่ำมาก และยังมีปริมาณของเยื่อใยสูง มีผลต่อการย่อยได้ และปริมาณการกินได้ ดังนั้นควรมีการปรับปรุงคุณภาพของเปลือกข้าวโพดก่อนนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ (Wanapat & Pimpa, 1999) การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ร่วมกับเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์และกรดแลคติก

ต่อผลผลิตแก๊สที่หมักย่อยและค่าความสามารถในการย่อยโดยเทคนิคในห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นวัตถุดิบที่สามารถเป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การเตรียมการผลิตข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์และเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์

1. การขยายหัวเชื้อจุลินทรีย์ยีสต์และจุลินทรีย์แลคติก

ขั้นตอนที่ 1 นำหมักยีสต์ผลิตตามวิธีการของ (Thongnum et al., 2018)

ทำการขยายเชื้อจุลินทรีย์ยีสต์ โดยใช้ยีสต์ผง (*Saccharomyces cerevisiae*) ปีที่ผลิต 2020 ประเทศอินเดีย ร่วมกับยูเรียผง 24 กรัม ผสมกับกากน้ำตาล 100 กรัม จากนั้นเติมน้ำให้ครบ 1 ลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน ทำการให้ออกซิเจนตลอดระยะเวลาการบ่ม จากนั้นทำการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ มีจำนวนจุลินทรีย์ยีสต์เฉลี่ย 6.90×10^7 CFU/มิลลิลิตร

- ขั้นตอนที่ 2 หมักจุลินทรีย์แลคติก (Bureenok et al., 2007)

ทำการขยายหัวเชื้อจุลินทรีย์แลคติก โดยใช้โบทูนิเนเปียร์จำนวน 200 กรัม ปั่นให้ละเอียดเติมน้ำให้ครบ 1 ลิตร จากนั้นกรองเอาแต่น้ำ เติมน้ำตาลทราย 20 กรัม ทำการบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำมาใช้ สังเกตการเปลี่ยนสีจากสีเขียว เป็นสีเหลืองใส จากนั้นทำการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์แลคติก พบว่า มีจำนวนจุลินทรีย์แลคติกเฉลี่ย 2.02×10^8 CFU/มิลลิลิตร

2. การผลิตข้าวโพดมอลต์

นำเมล็ดข้าวโพดอาหารสัตว์เม็ดเต็ม จำนวน 30 กิโลกรัม (สัดส่วนข้าวโพด 1 ส่วน : น้ำ 3 ส่วน โดยน้ำหนัก) แช่น้ำจนท่วมเป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นเทน้ำออกให้หมด นำเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการแช่น้ำแล้วมาบ่มต่อในกระสอบหรือตะกร้าที่มีรูระบายอากาศโดยรอบ คลุมด้วยผ้าหรือกระสอบด้านบน ทำการรดน้ำสะอาดเข้า-เย็น บ่มทิ้งไว้ 3 วัน จะได้เมล็ดข้าวโพดงอก หรือข้าวโพดมอลต์ที่งอก

3. การผลิตข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ และเปลือกข้าวโพดหมักด้วยยีสต์และจุลินทรีย์แลคติก

นำเมล็ดข้าวโพดมอลต์มาหมักในถังหมัก โดยทำการผสมหัวเชื้อจุลินทรีย์ยีสต์ 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักสด (w/w) จากนั้นทำการคลุมด้วยผ้าขาวบางที่สะอาด ปิดถังหมักไม่ให้อากาศเข้าไปเป็นเวลา 14 วัน ก่อนนำมาตากให้แห้ง จากนั้นทำการบดและเก็บไว้ใช้เป็นอาหารสัตว์

การผลิตเปลือกข้าวโพดอาหารสัตว์หลังการเก็บเกี่ยวที่ผ่านกระบวนการสีเมล็ดข้าวโพดออกแล้ว เติมน้ำลงไปในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 เพื่อเพิ่มความชื้น จากนั้นนำมาผสมหัวเชื้อจุลินทรีย์ยีสต์และจุลินทรีย์แลคติกอย่างละ 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักสด (w/w) จากนั้นทำการอัดเปลือกข้าวโพดให้แน่น ปิดถังหมักไม่ให้อากาศเข้า เก็บไว้เป็นอาหารสัตว์ต่อไป

การวางแผนการทดลองและสูตรอาหารทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) โดยวางแผนการทดลองออกเป็น 5 ทรีทเมนต์ ดังนี้

ทรีทเมนต์ 1 สูตรอาหารข้าวโพดบด : เปลือกข้าวโพดหมักด้วยยีสต์และจุลินทรีย์แลคติก สัดส่วน 50 : 50

ทรีทเมนต์ 2 สูตรอาหารข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ : เปลือกข้าวโพดหมักด้วยยีสต์และจุลินทรีย์แลคติก สัดส่วน 50 : 50

ทรีทเมนต์ 3 สูตรอาหารข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ : เปลือกข้าวโพดหมักด้วยยีสต์และจุลินทรีย์แลคติก สัดส่วน 60 : 40

ทรีทเมนต์ 4 สูตรอาหารข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ : เปลือกข้าวโพดหมักด้วยยีสต์และจุลินทรีย์แลคติก สัดส่วน 70 : 30

ทรีทเมนต์ 5 สูตรอาหารข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ : เปลือกข้าวโพดหมักด้วยยีสต์และจุลินทรีย์แลคติก สัดส่วน 80 : 20

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหาร

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง สูตรอาหารข้าวโพดบดและสูตรอาหารที่มีข้าวโพดหมักยีสต์ (Table 1) โดยเก็บตัวอย่างละ 500 กรัม ทำการ

แบ่งตัวอย่างอาหารแต่ละชนิดออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำไปอบที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหาวัตถุดิบแห้ง (Dry matter, DM) และส่วนที่ 2 นำไปอบที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อให้แห้งและบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร แล้วนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ เถ้า (Ash) ไขมัน (Ether extract, EE) โปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) เยื่อใยหยาบ (Crude fiber) และค่าพลังงาน (Gross energy, GE) ตามวิธีของ AOAC (2000) และองค์ประกอบของเยื่อใย ได้แก่ Neutral-detergent fiber (NDF) และ Acid-detergent fiber (ADF) ตามวิธีของ Goering & Van Soest (1970)

Table 1 Ingredients and composition of total ration used in the experiment (% on DM basis)

Items	Control diet	Malt corn with yeast
Cassava chips	40.00	40.00
Molasses	1.50	1.50
Soybean meal	10.00	10.00
Rice bran	15.00	15.00
Corn meal	30.00	20.00
Malt corn with yeast	-	10.00
Premixed	0.50	0.50
Urea	1.50	1.50
Sulphur	0.20	0.20
Salt	0.30	0.30
Di-calcium phosphate	1.00	1.00
Total	100	100
Calculated analysis		
Protein (% of DM)	15.00	15.00
Gross energy (GE) (Mcal/kg DM)	3,000	3,000

การศึกษาการย่อยได้ จลศาสตร์การผลิตแก๊ส และผลผลิตจากกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

ทำศึกษาจลศาสตร์การผลิตแก๊ส ตามวิธีการของ Markkar et al. (1995) โดยการเก็บของเหลวในรูเมนจากกระเพาะรูเมนจากโรงฆ่าสัตว์ที่ได้มาตรฐาน เพื่อใช้ในการเตรียมสารละลายของเหลวจากกระเพาะหมักผสม (Rumen inoculums) ทำการบรรจุสารละลายของเหลวจากกระเพาะหมักผสม ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน ในขวดที่บรรจุวัตถุดิบอาหารทดลองและบ่มรอไว้แล้ว ขวดละ 40 มิลลิลิตร แล้วนำเข้าบ่มในตู้อบร้อนแห้งที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส ทำการจดบันทึกปริมาตรของแก๊สที่เกิดขึ้น โดยใน 12 ชั่วโมงแรก จะบันทึกทุก ๆ 1 ชั่วโมง ต่อมานับทุก ๆ 3 ชั่วโมงจนถึงชั่วโมงที่ 24 จากนั้นบันทึกทุก ๆ 6 ชั่วโมงจนถึงชั่วโมงที่ 78 และสุดท้ายทำการบันทึกที่ชั่วโมงที่ 96 (ดังนั้นชั่วโมงที่จะทำการบันทึก ได้แก่ 0 1 2 4 6 8 10 12 16 24 48 72 และ 96 ชั่วโมง เพื่อนำมาคำนวณจลศาสตร์ การผลิตแก๊สตามสมการของ Ørsko & McDonalds (1979) คือ $Y = a + b(1 - e^{(-ct)})$ เมื่อค่า Y คือ ผลผลิตแก๊ส ณ เวลา (t) โดย a คือ ค่าปริมาณการผลิตแก๊ส ณ เวลาที่ 0 (จุดตัดแกน y) เป็นค่าที่ใช้บ่งบอกถึงความสามารถในการย่อยสลายที่เกิดจากองค์ประกอบที่สามารถละลายน้ำได้ ส่วนค่า b หมายถึง ปริมาณแก๊สรวมทั้งหมด ณ จุดเส้นกราฟราบเรียบ (Asymptote) บ่งบอกถึงส่วนที่มีศักยภาพในการย่อยสลาย ค่า c หมายถึง อัตราการผลิตแก๊สโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการหมัก มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง และ ค่า t เท่ากับ ระยะเวลาในการบ่มที่ชั่วโมง 0 1 2 3 4 96 ชั่วโมงวิเคราะห์ความสามารถในการ

ย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง (*in vitro* dry matter digestibility, IVDMD) อินทรีย์วัตถุ (*in vitro* organic matter digestibility, IVOMD) และองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร ตามวิธีการของ AOAC (2000); Van Soest et al. (1991) และ Mathew et al. (1997) ตามลำดับ นำค่าแก๊สสุทธิที่ 24 ชั่วโมงมาเข้าสมการทำนายการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุและพลังงาน (Getachew et al., 2002) และคำนวณหาค่าเยื่อใยจากสมการของ Harris et al. (1972) ดังนี้

$$\text{Metabolizable energy (ME, MJ/Kg DM)} = 2.20 + 0.136GV + 0.057CP + 0.0029CF$$

$$\text{Organic matter digestibility (OMD, \%)} = 14.88 + 0.88GV + 0.45CP + 0.651XA$$

$$\text{เมื่อ } GV = \text{Net gas production (ml/200mg, DM) ที่ 24 ชั่วโมง}$$

$$\text{CP = Crude protein CF = Crude fiber XA = Ash}$$

$$\text{สมการหาค่าเยื่อใย (CF) = (ADF \times 0.75) + 3.56}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลจากการวิเคราะห์ มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ด้วย Duncan's new multiple range test, DMRT ตามแผนการทดลองแบบ CRD ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป (SAS, 1998)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาเมล็ดข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ร่วมกับการใช้เปลือก

ข้าวโพดหมักยีสต์และจุลินทรีย์แลคติกในสูตรอาหารต้ององค์ประกอบทางเคมี ผลผลิตในกระเพาะรูเมน และประสิทธิภาพการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยเทคนิคในห้องปฏิบัติการ Table 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ และเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์และจุลินทรีย์แลคติก พบว่า ค่าองค์ประกอบของเปลือกข้าวโพดที่อายุการเก็บเกี่ยวหลังการหักฝักข้าวโพดไปแล้ว 100 วัน นำมาหมักยีสต์และจุลินทรีย์แลคติก ค่าของวัตถุดิบและโปรตีนอยู่ที่ 90 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับการรายงานของ Srakaew et al. (2021) ที่พบว่าสารเสริมจากน้ำพืชหมักในการปรับปรุงพืชหมักนั้นจะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติก และเป็นการเร่งปฏิกิริยาการหมักในช่วงแรกให้เกิดเร็วขึ้นเพื่อให้คุณค่าทางโภชนาการของพืชอาหารสัตว์ยังคงเดิม และได้พืชหมักที่มีคุณภาพดี นอกจากนี้ พบว่า เปลือกข้าวโพดมีวัตถุดิบประมาณ 28 เปอร์เซ็นต์ และ โปรตีนรวมประมาณ 1.18 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าการนำเปลือกข้าวโพดมาหมักยีสต์และจุลินทรีย์แลคติกสามารถเพิ่มโปรตีนให้สูงเพิ่มมากขึ้น และในส่วนของ การนำเมล็ดข้าวโพดมาผ่านการแปรรูปให้เป็นเมล็ดข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ พบว่า ค่าของระดับโปรตีนอยู่ที่ 10.85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเพิ่มสูงขึ้นจาก

เมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีระดับโปรตีน 8-9 เปอร์เซ็นต์ (Wanapat & Pimpa, 1999)

นำอาหารทดลอง คือ สูตรที่ 1 ข้าวโพดบด และอาหารสูตรที่ 2 ข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ 10 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับเปลือกข้าวโพดที่หมักร่วมกับยีสต์และจุลินทรีย์แลคติกในรูปแบบอาหาร TMR ในสัดส่วน ดังแสดงใน Table 3 ดังนี้ ทริทเมนต์ 1 สูตรอาหารข้าวโพดบด : เปลือกข้าวโพดหมักด้วยยีสต์และจุลินทรีย์แลคติก 50 : 50 ทริทเมนต์ 2 สูตรอาหารข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ : เปลือกข้าวโพดหมักด้วยยีสต์และจุลินทรีย์แลคติก สัดส่วน 50 : 50 ทริทเมนต์ 3 สูตรอาหารข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ : เปลือกข้าวโพดหมักด้วยยีสต์และจุลินทรีย์แลคติก สัดส่วน 60 : 40 ทริทเมนต์ 4 สูตรอาหารข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ : เปลือกข้าวโพดหมัก สัดส่วน 70 : 30 ทริทเมนต์ 5 สูตรอาหารข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ : เปลือกข้าวโพดหมักด้วยยีสต์และจุลินทรีย์แลคติก สัดส่วน 80 : 20 โดยพบว่าค่าองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุดิบ มีค่าเท่ากับ 64.99 53.55 51.49 50.99 และ 50.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และโปรตีน มีค่าเท่ากับ 13.50 14.20 14.50 15.20 และ 15.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Table 2 Chemical composition of malt corn with yeast and corn husk fermented with yeast and lactic microbial

Items	Malt corn with yeast	Corn husk fermented with yeast and lactic microbial
Dry matter (DM) (%)	61.56	90
-----% of DM-----		
Ash	0.81	2.60
Crude Protein	10.85	4.00
Crude fiber	3.50	-
NDF	-	56.30
ADF	-	38.86
Gross energy (GE) (Mcal/kgDM)	3,870	2,130

NDF = Neutral detergent fiber, ADF = Acid detergent fiber.

Table 3 Chemical composition of modified corn with yeast

Items	Diets (%)				
	T1	T2	T3	T4	T5
Dry matter (DM) (%)	64.99	53.55	51.49	50.99	50.15
-----% of DM-----					
Crude Protein	13.50	14.20	14.50	15.20	15.70
NDF	54.93	59.33	54.08	59.87	54.93
ADF	43.16	37.36	36.98	36.19	43.16
Gross energy (GE) (Mcal/kg DM)	2,400	2,400	2,500	2,600	2,700

NDF : Neutral detergent fiber, ADF : Acid detergent fiber.

T1 : Corn grain base concentrate diet to corn husk as a ratio 50 : 50, T2 : Fermented corn malt base concentrate diet to fermented corn husk as a ratio 50 : 50, T3 : Fermented corn malt base concentrate diet to fermented corn husk as a ratio 60 : 40, T4 : Fermented corn malt base concentrate diet to fermented corn husk as a ratio 70 : 30, T5 : Fermented corn malt base concentrate diet to fermented corn husk as a ratio 80 : 20

Table 4 แสดงค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบ (in vitro dry matter digestibility) ที่บ่ม 24 ชั่วโมงของอาหารทั้ง 5 สูตร มีค่าเท่ากับ 65.80 69.25 72.93 73.35 และ 76.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ บ่มที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 70.70 73.50 78.38 79.33 และ 81.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ซึ่งการย่อยได้ของวัตถุดิบจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อชั่วโมงการบ่มนานขึ้น ทั้งนี้ผลของค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบ เป็นข้อบ่งชี้ว่าอาหารที่มีปริมาณโปรตีนสูง มีผลทำให้เกิดพลังงานและแอมโมเนียที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์เซลล์จุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดการย่อยได้ของวัตถุดิบเพิ่มขึ้น

และการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (in vitro organic matter digestibility) ที่บ่ม 24 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 94.85 95.98 95.97 96.55 และ 97.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) บ่มที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 96.70 96.41 95.97 97.20 และ 97.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตาม สูตรอาหารข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ มีแนวโน้มทำให้ค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุกับค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบเพิ่มสูงขึ้น เมื่อชั่วโมงการบ่มอาหารในรูเมนนานขึ้น เมื่อเทียบกับสูตรอาหารข้าวโพดบด

Table 4 Effects of corn malt yeast on *in vitro* dry matter digestibility and *in vitro* organic matter digestibility

Items	Treatments					SEM	P-value	
	T1	T2	T3	T4	T5		T1 vs T2	T2 vs T3, T4, T5
<i>in vitro</i> dry matter digestibility (IVDMD)								
24 h	65.80 ^B	69.25 ^B	72.93 ^B	73.35 ^A	76.70 ^A	0.11	0.0001	0.0001
48 h	70.70 ^E	73.50 ^D	78.38 ^C	79.33 ^B	81.55 ^A	0.04	0.0001	0.0001
<i>in vitro</i> organic matter digestibility (IVOMD)								
24 h	94.85 ^D	95.98 ^C	95.97 ^{BC}	96.55 ^B	97.28 ^A	0.16	0.0039	0.0097
48 h	96.70	96.41	95.97	97.20	97.28	0.15	0.301	0.091

AB CDE Means with different superscripts in row are significant different ($P < 0.01$).

T1 : Corn grain base concentrate diet to corn husk as a ratio 50 : 50, T2 : Fermented corn malt base concentrate diet to fermented corn husk as a ratio 50 : 50, T3 : Fermented corn malt base concentrate diet to fermented corn husk as a ratio 60 : 40, T4 : Fermented corn malt base concentrate diet to fermented corn husk as a ratio 70 : 30, T5 : Fermented corn malt base concentrate diet to fermented corn husk as a ratio 80 : 20.

จากผลการศึกษาใน Figure 1 แสดงปริมาณผลผลิตแก๊สรวม และค่าจลศาสตร์การผลิตแก๊ส (Table 5) ของอาหารทดลองทั้ง 5 สูตร ด้วยวิธีการ *in vitro* gas production technique พบว่าสามารถอธิบายค่าที่แสดงผลผลิต รูปแบบ และจลศาสตร์การผลิตแก๊ส โดยการประเมินจากสมการ $y = a + b[1 - \text{Exp}^{(-ct)}]$ (Ørskov & McDonald, 1979) ค่า a คือ ค่าปริมาณการผลิตแก๊ส ณ เวลาที่ 0 (จุดตัดแกน y) เป็นค่าที่ใช้บ่งบอกถึงความสามารถในการย่อยสลายที่เกิดจากองค์ประกอบที่สามารถละลายน้ำได้ ค่า b หมายถึง ปริมาณแก๊สรวมทั้งหมด ณ จุดเส้นกราฟราบเรียบ บ่งบอกถึงส่วนที่มีศักยภาพในการย่อยสลายของอาหารผสมครบส่วน ทั้ง 5 สูตร และค่า b สูงแสดงว่ามีส่วนที่มีศักยภาพในการย่อยสลายได้สูง เนื่องจากปริมาณแก๊สที่ผลิตได้มีความสัมพันธ์กันโดยตรงกับการย่อยสลายได้ของ

วัตถุดิบอาหารสัตว์ (Menke & Steingass, 1988) ทั้งนี้ผลการศึกษามีความสอดคล้องกับค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ ที่แสดงใน Table 5 กล่าวคือ ค่าจลศาสตร์การผลิตแก๊ส ของอาหารทดลองทั้ง 5 สูตรของอาหารทดลองทุกกลุ่มมีค่า a คือ ค่าการย่อยสลายของวัตถุดิบอย่างรวดเร็ว หรือ ค่าที่แสดงความสามารถในการย่อยสลายที่เกิดจากองค์ประกอบที่สามารถละลายน้ำได้ ของวัตถุดิบอาหาร (Water soluble) ที่อยู่ระหว่าง -1.27 ถึง -1.70 มิลลิลิตร และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ขณะที่ b และค่า d มีค่าเพิ่มขึ้นในสูตรอาหารที่ใช้เมล็ดข้าวโพดมอลต์หมักร่วมกับจุลินทรีย์ยีสต์ร่วมกับการใช้เปลือกข้าวโพดหมักยีสต์ และจุลินทรีย์แลคติก ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามค่าอัตราการผลิตแก๊สซึ่งแสดงในค่า c มีค่าไม่แตกต่างกันระหว่างสูตร ($P > 0.05$)

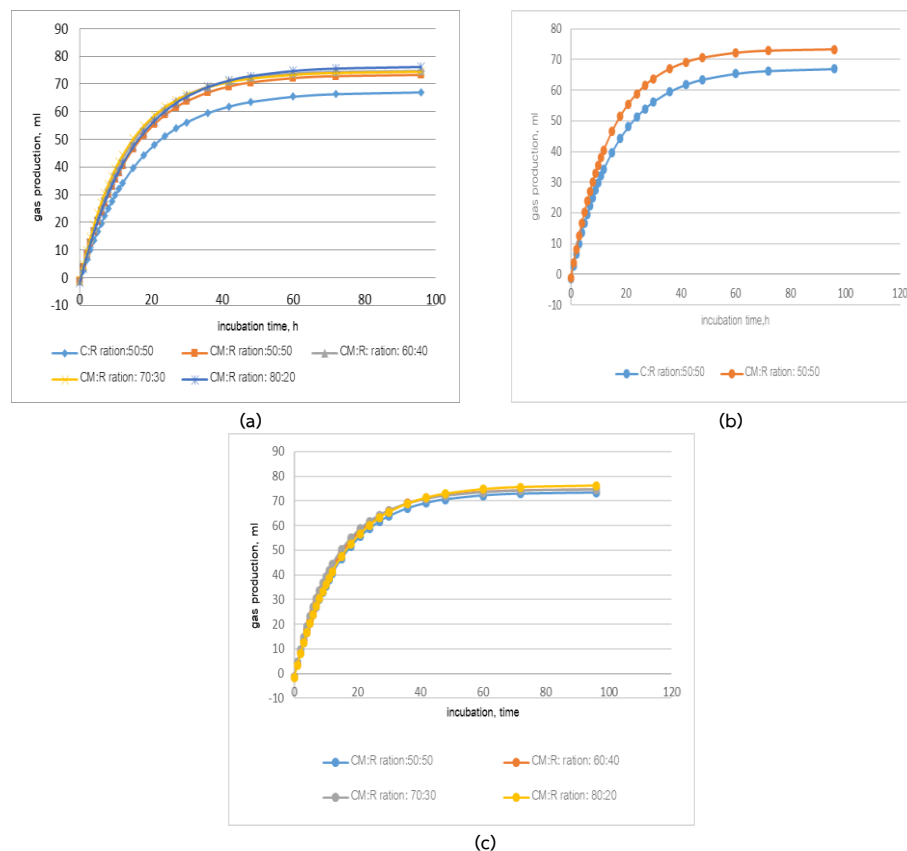


Figure 1 Effects of modified malt yeast on kinetic gas production, (a) effects of modified malt yeast on total kinetic gas production, (b) fermented corn malt base concentrate diet to fermented corn husk as a ratio 50 : 50, (c) fermented corn malt base concentrate diet to fermented corn husk as a ratio 50 : 50, 60 : 40, 70 : 30 and 80 : 20.

นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาในส่วนของปริมาณผลผลิตแก๊สตลอดระยะเวลาการบ่ม พบว่า มีความสอดคล้องกับค่าจุลศาสตร์การผลิตแก๊ส กล่าวคือ ปริมาณผลผลิตแก๊สที่ชั่วโมงที่ 96 มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อใช้วัตถุดิบเมล็ดข้าวโพดมอลต์หมักร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ยีสต์ร่วมกับเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์และจุลินทรีย์แลคติกในสูตรอาหาร ($P < 0.05$) (Figure 1) ซึ่งจากผลการทดลองที่กล่าวข้างต้นอาจประเมินได้ว่า ค่าการย่อยได้ ของข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์มีความสามารถเปลี่ยนโครงสร้างเยื่อใยให้กลายเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ละลายง่ายเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลทำให้เกิดกระบวนการหมักย่อยอย่างรวดเร็วทำให้เกิดปริมาณผลผลิตแก๊สที่สูงกว่าสูตรอาหารกลุ่มควบคุมสอดคล้องกับ Cerrilla & Mendoza (2003) รายงานว่า ผงนึ่งเซลล์มีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้ตลอดเวลาของการบ่ม และผงนึ่งเซลล์อาจลดกิจกรรมของจุลินทรีย์ต่อการย่อยอาหาร นอกจากนี้ผลของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายง่ายและมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการละลายได้ในกระเพาะรูเมนที่เพิ่มขึ้น รวมถึงการย่อยสลายของแป้งเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมการใช้ประโยชน์ของพลังงานสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนทำให้ประชากรในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้นและส่งผลทำให้การย่อยได้เพิ่มสูงขึ้น (Nocek & Tamminga, 1991) นอกจากนี้ยังพบว่าการแปรสภาพของข้าวโพดในงานทดลองครั้งนี้ใช้เชื้อยีสต์ซึ่งเป็น

เชื้อยีสต์ชนิด *Saccharomyces cerevisiae* อาจเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่สามารถอธิบายผลของการเพิ่มขึ้นของค่าการย่อยได้เมื่อใช้ข้าวโพดแปรสภาพในสูตรอาหาร ขณะที่ในข้าวโพดที่ผ่านวิธีการดัดแปลงมีค่าจุลศาสตร์การย่อยได้และประสิทธิภาพการย่อยได้เพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับ Lee et al. (2002) รายงานว่า ผลผลิตแก๊สในข้าวโพดที่ผ่านการดัดแปลงโดยกระบวนการนี้มีค่าสูงกว่าข้าวโพดบด ทั้งนี้สาเหตุที่ทำให้ค่าการย่อยได้และผลผลิตแก๊สสูงขึ้นเมื่อข้าวโพดผ่านวิธีการดัดแปลงทั้งวิธีการนึ่งและทรีตด้วยด่าง NaOH เนื่องจากการเกิดกระบวนการ Gelatinization อันเกิดจากความร้อนทั้งอุณหภูมิและความร้อนจากการทำปฏิกิริยาจากต่าง และการทำลายผิวที่เป็นโปรตีนคิดเคลทำให้จุลินทรีย์สามารถเข้าไปย่อยได้ง่ายมากขึ้น ส่งผลให้การย่อยได้ในกระเพาะรูเมนเพิ่มมากขึ้นทำให้ผลผลิตแก๊สมากขึ้นตามไปด้วย (Nocek & Tamminga, 1991) ทั้งนี้การเสริมยีสต์ร่วมกับแป้งในอาหารอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลต่อการย่อยได้และการกินได้ของแพะขุนเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากสามารถย่อยสลาย NDF ได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้การย่อยได้และกินได้เพิ่มขึ้น และมีส่วนช่วยในส่วนของการหมักในกระเพาะรูเมนทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ รวมถึงสารอาหารจากเชื้อยีสต์ยังส่งผลต่อการเพิ่มการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (Wanapat & Pimpa, 1999)

Table 5 Effects of modified malt yeast on kinetic gas production

Items	T1	T2	T3	T4	T5	SEM	P-value	
							T1 vs. T2	T2 vs. T3, T4, T5
Kinetics of gas production								
a (ml)	-1.42	-1.29	-1.29	-1.27	-1.70	0.120	0.638	0.556
b (ml)	68.634	74.711	76.130	75.960	78.058	1.250	0.082	0.420
c (% h)	0.061	0.070	0.072	0.080	0.061	0.010	0.642	0.732
d (ml)	78.550	83.120	84.810	83.520	83.480	4.740	0.685	0.929
Gas production volume (ml/0.5 g DM)								
2 h.	6.435	8.217	8.930	9.727	8.013	0.910	0.419	0.701
8 h.	25.002	30.066	32.052	33.632	30.401	2.320	0.375	0.663
48 h.	63.495	70.561	72.416	71.985	72.859	1.520	0.091	0.531
72 h.	66.348	72.863	74.404	74.060	75.570	1.280	0.473	0.072
96 h.	67.013	73.314	74.534	74.761	76.173	1.240	0.071	0.451

T1 : Corn grain base concentrate diet to corn husk as a ratio 50 : 50, T2 : Fermented corn malt base concentrate diet to fermented corn husk as a ratio 50 : 50, T3 : Fermented corn malt base concentrate diet to fermented corn husk as a ratio 60 : 40, T4 : Fermented corn malt base concentrate diet to fermented corn husk as a ratio 70 : 30, T5 : Fermented corn malt base concentrate diet to fermented corn husk as a ratio 80 : 20.

สรุปผลการวิจัย

การใช้ข้าวโพดมอลต์หมักยีสต์ร่วมกับเปลือกข้าวโพดหมักยีสต์และจุลินทรีย์แลคติกในสูตรอาหาร มีผลต่อค่าความสามารถในการย่อยโดยเทคนิคในห้องปฏิบัติการ ทำให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบและค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุสูงกว่าในกลุ่มที่ใช้วัตถุดิบข้าวโพดบดและทำให้ค่าจุลศาสตร์การผลิตแก๊สในส่วนของการย่อยได้ (ค่า b) และการเกิดแก๊สในการหมัก (ค่า c) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้วัตถุดิบข้าวโพดบด ซึ่งสามารถอนุมานได้ว่าการใช้ข้าวโพดดัดแปลงสามารถเป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเครือข่ายบริหารการวิจัยภาคเหนือตอนบนเป็นอย่างยิ่งสำหรับเงินทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนอาจารย์

และเจ้าหน้าที่สาขาวิชาสัตวศาสตร์และประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ที่อนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการทดลอง

References

- Adedokun, S. A., Jaynes, P., Payne, R. L., & Applegate, T. J. (2015). Standardized ileal amino acid digestibility of corn, corn distillers' dried grains with solubles, wheat middlings, and bakery by-products in broilers and laying hens. *Poultry Science*, 94(10), 2480–2487. doi: 10.3382/ps/pev226
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2000).

- Official methods of analysis (17thed.). Arlington, Virginia, United States: Association of Official Analytical Chemists.
- Bourapa, R., Kuha, K., Sintala, K., Srakaew, W., & Supphakitchanon, T. (2021). Effect of modified grain corn using different processing as energy source in total mixed ratio on rumen fluid degradability and metabolizable energy using *in vitro* gas production technique. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 49(5), 1080-1091. doi: 10.48048/tis.2023.7060 (in Thai)
- Bureenok, S., Tamaki, M., Kawamoto, Y., & Nakada, T. (2007). Additive effects of green tea on fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) and the fermentative quality of Rhodesgrass silage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 20(6), 920-924. doi: 10.5713/ajas.2007.920
- Cerrilla, M. E. O., & Mendoza, G. M. (2003). Starch digestion and glucose metabolism in the ruminant: a review. *Interciencia*, 28(7), 380- 386. doi: 0378-1844/03/07/380-07
- Getachew, G. , Crovetto, G. M. , Fondevila, M. , Krishnamoorthy, U. , Singh, B. , Spanghero, M. , Steingass, H., Robinson, P. H., & Kailas, M. M. (2002). Laboratory variation of 24 h *in vitro* gas production and estimated metabolizable energy values of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 102(1-4), 169-180. doi: 10.1016/S0377-8401(02)00212-2
- Goering, H. K., & Van Soest, P. J. (1970). *Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications)* . Washington, D. C., United States: U.S.D.A. Agricultural Research Service.
- Harris, L. E., Kears, L. C., & Fonnesebeck, P. V. (1972). Use of regression equations in predicting availability of energy and protein. *Journal of Animal Science*, 35(3), 658-680. doi: 10.2527/jas1972.353658x
- Hynes, S. H., Kjarsgaard, D. M., Thomas, K. C., & Ingledew, W. M. (1997). Use of virginiamycin to control the growth of lactic acid bacteria during alcohol fermentation. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 18, 284-291. doi: 10.1038/sj.jim.2900381
- Lee, S. Y., Kim, W. Y., Ko, J. Y., & Ha, J. K. (2002). Effects of corn processing on *in vitro* and *in situ* digestion of corn grain in Holstein steers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 15(6), 851-858. doi: 10.5713/ajas.2002.851
- Lunsin, R., Sokantat D., & Manop, J. (2021). Improving the nutritive values of corn dust by urea and molasses treatment as ruminant feed. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 48(Suppl.1), 517-521.
- Markkar, H. P., Blümmel, M., & Becker, K. (1995). Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in *in vitro* techniques. *The British Journal of Nutrition*, 73(6), 897-913. doi: 10.1079/bjn19950095
- Mathew, S., Sagathevan, S., Thomas, J., & Mathen, G. (1997). An HPLC method for estimation of volatile fatty acids of ruminal fluid. *The Indian Journal of Animal Sciences*, 67(9), 805-807.
- McNiven, M. A., Weisbjerg, M. R., & Hvelplund, T. (1995). Influence of roasting or sodium hydroxide treatment of barley on digestion in lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 78(5), 1106- 1115. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(95)76727-3
- Menke, K. H., & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28(1), 7-55.
- Nocek, J. E., & Tamminga, S. (1991). Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3598- 3629. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78552-4
- Owens, F. H., & Zinn, R. A. (2005). Corn grain for cattle: Influence of processing on site and extent of digestion. *Proceeding of Southwest nutrition conference* (pp. 86-112). Tucson, Arizona, United States: University of Arizona.
- Ørskov, E. R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, 92(2), 499-503. doi: 10.1017/S0021859600063048
- Statistical Analysis System (SAS). (1998). *SAS/STAT user' guide*. North Carolina, United States: SAS Institute Inc.
- Sommart, K. (1998). *The use of cassava in ruminant diets based on low quality roughages*. (Doctoral dissertation). Newcastle, England. University of Newcastle.
- Srakaew, W., Leepradit, P., Chaiwong, S., Boarapa, R., Sintala, K., & Kuha, K. (2021). Ensiling corn malt on chemical composition and gas production kinetic by using *in vitro* gas production technique. *Khon Kaen*

- Agriculture Journal*, 48(suppl 1), 496-501. (in Thai)
- Thongnum, A., Khongphetsak, P., Sarkaew, W., Poojit, S., Potirahong, S., & Wachirapakorn, C. (2018). Effects of fiber feed improvement with urea on chemical composition and kinetic ruminal gas production of both rice straw and sugar cane top. *Proceeding of the 7th national animal science conference of Thailand 2018* (pp. 126-134). Chiangmai, Thailand: Maejo University. (in Thai).
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2
- Wanapat, M., & Pimpa, O. (1999). Effect of ruminal NH₃-N levels on ruminal fermentation, purine derivatives, digestibility and rice straw intake in swamp buffaloes. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 12(6), 904-907. doi: 10.5713/ajas.1999.904

Research article

Using malt corn fermented yeast with corn husk fermented with yeast and lactic acid using in vitro gas production technique

Ratchanee Bourapa^{1*} Suthathip Chaiwong¹ Kitsanathon Sintala¹ Kanthaya Jintanuworakul¹
Natthakorn Chaiyasaen¹ Piyamas Tancharoenrat² and Wuttikron Srakaew¹

¹Department of Animal Science and Fisheries, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangalg University of Technology Lanna, Nan Campus, Phupeang district, Nan Province, 55000

²Department of Animal Science and Fisheries, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangalg University of Technology Lanna, Lumpang Campus, Mueang district, Lumpang Province, 52000

ARTICLE INFO

Article history

Received: 8 May 2024

Revised: 5 June 2024

Accepted: 19 June 2024

Online published: 25 June 2024

Keyword

Corn malt

Corn husk

Lactic acid bacteria

Yeast

In vitro gas technique

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effects of yeast-fermented corn and corn husks fermented with yeast and lactic acid bacteria on chemical composition, gas production, and rumen digestion using *in vitro* techniques. The trial was designed as a completely randomized trial (CRD) with the following ratios of concentrate to roughage: 50 % corn grain and 50 % fermented corn husks (50 % CG + 50 % CH), 50 % fermented corn malt and 50 % fermented corn husks (50 % CM + 50 % CH), 60 % fermented corn malt and 40 % fermented corn husks (60 % CM + 40 % CH), 70 % fermented corn malt and 30 % fermented corn husks (70 % CM + 30 % CH), and 80 % fermented corn malt and 20 % fermented corn husks (80 % CM + 20 % CH). The results showed that the diet influenced the chemical composition and degradability in the rumen. The chemical composition of dry matter was 64.99 %, 53.55 %, 51.49 %, 50.99 %, and 50.15 %, and the crude protein content was 13.50 %, 14.20 %, 14.50 %, 15.20 %, and 15.70 %, respectively. *In vitro* dry matter digestibility (IVDMD) after 24 hours of incubation for the five formulas was 65.80 %, 69.25 %, 72.93 %, 73.35 %, and 76.70 %, respectively, and after 48 hours of incubation, it was 70.70 %, 73.50 %, 78.38 %, 79.33 %, and 81.55 %, respectively. These differences were statistically significant ($P < 0.01$). The digestibility of organic matter (*in vitro* organic matter digestibility, IVOMD) after 24 hours of incubation was 94.85 %, 95.98 %, 95.97 %, 96.55 %, and 97.28 %, respectively, showing very significant differences ($P < 0.01$). After 48 hours of incubation, the values were 96.70 %, 96.41 %, 95.97 %, 97.20 %, and 97.28 %, respectively. The results of the experiment indicated that corn malt fermented with yeast, along with agricultural by-products from corn husks fermented with yeast and lactic acid, improved the digestibility of dry matter and organic matter with longer incubation periods in the rumen.

*Corresponding author

E-mail address: ratchaneebourapa@gmail.com (R. Bourapa)

Online print: 25 June 2024 Copyright © 2024. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2024.22>