วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

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

ผลของข้าวโพดมอลต์แซคติคในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การย่อยได้ของโภชนะ และประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนท้ายของไก่กระทง

Effects of dietary corn malt-sactic on growth performance, nutrient digestibility and microbial population in posterior gut of broilers

สุธาทิพย์ ไชยวงศ์[1], มณีวรรณ ยะกับ[2], ณัฐพันธุ์ กันธิยะ[2], มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี[3], กฤษณธร สินตะละ[1], พรรณพร กุลมา[1], รัชนี บัวระภา[1] และ วุฒิกร สระแก้ว[1]*

Suthathip Chaiwong[1], Maneewan Yakab[2], Natthapan Kanthiya[2], Manatsanun Nopparatmaitree[3], Kitsanathon Sintala[1], Phannaphon Kullama[1], Ratchanee Boarapa[1] and Wuttikorn Srakaew[1]*

[1] *คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน จ. น่าน 55000*

[1] *Faculty of Science and Agricultural Technology Rajamangala University of Technology Lanna Nan, Nan, 55000*

[2] *สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดน่าน ม.2 ต.ฝายแก้ว อ.ภูเพียง จ. น่าน 55000*

[2] *Nan Provincial Livestock Office, Moo. 2, Fai Kaeo, Phupiang, Nan, 55000*

[3] *คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศ เพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี 76120*

[3] *Faculty of Animal Science and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus, Phetchaburi, 76120*

บทคัดย่อ: การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคในสูตรอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การย่อยได้ของโภชนะ โภชนะย่อยได้ที่ได้รับ และจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนท้ายของไก่กระทง โดยใช้ลูกไก่กระทงเพศผู้สายพันธุ์ Cobb 500 อายุ 1 วัน จำนวน 400 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งเป็น 4 ทรีทเมนต์ ๆ ละ 4 ซ้ำ โดยแต่ละทรีทเมนต์แตกต่างกันที่ระดับการใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 35 วัน ผลการทดลองพบว่า การใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคในอาหารไก่กระทงสามารถเพิ่มน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเลี้ยงรอดและดัชนีประสิทธิภาพการผลิต ($P<0.05$) ขณะที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวมีแนวโน้มลดลง ($P<0.08$) นอกจากนี้ข้าวโพดมอลต์แซคติคยังสามารถเพิ่มการย่อยได้และโภชนะย่อยได้ที่ได้รับในส่วนวัตถุแห้งและโปรตีน ($P<0.05$) รวมถึงเพิ่มแบคทีเรียกรดแลคติคและลด *Esherichia coli* ในลำไส้ส่วนท้าย ($P<0.01$) โดยสรุป ข้าวโพดมอลต์แซคติคซึ่งเป็นวัตถุดิบพลังงานดัดแปลงให้โปรตีนสูงสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารของไก่กระทงได้โดยส่งผลดีต่อการย่อยได้ของโภชนะ และสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่กระทง

คำสำคัญ: มอลต์แซคติค; การย่อยโภชนะ; ประชากรของจุลินทรีย์; สมรรถนะการเจริญเติบโต; ไก่กระทง

ABSTRACT: The objective of this experiment was to study the effect of dietary corn malt-sactic on growth performance, nutrient digestibility, digestible nutrient intake and microbial population in the posterior gut of broilers. Four hundred of one day-old male boiler chicks (Cobb 500) were randomly distributed to four treatments according to a completely randomized design. The treatments were varied by different levels of corn malt-sactic in the experimental diet at 0, 5, 10 and 15 %. The experiment was carried out for 35 days. The results showed that the use of corn malt-sactic in broilers diets can improve body weight gain, average daily gain, survival rate and productive

* Corresponding author: esso.wutt@gmail.com

Received: date; October 25, 2022 Accepted: date; March 27, 2023 Published: date;

efficiency index (P<0.05), while the feed conversion ratio trends to decrease (P<0.08). Digestibility and digestible nutrient intake of dry matter and protein increased (P<0.05) in bird fed corn malt-sactic. In addition, it was found that dietary corn malt-sactic can also increase the number of lactic acid bacteria and reduce *Esherichia coli* in the posterior gut (P<0.01). In conclusion, it suggests that corn malt-sactic, a protein-rich modified energy can be used as a feedstuff with beneficial effects on nutrient digestibility and growth performance of broilers.
Keywords: corn malt-sactic; nutrient digestibility; microbial population; growth performance; broilers

บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ปีกมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพื่อตอบสนองความต้องการบริโภคของมนุษย์ เช่นเดียวกับการขยายตัวของอุตสาหกรรมการผลิตไก่กระทง ไก่กระทงเป็นสัตว์ปีกที่มีการเจริญเติบโตเร็วและต้องการอาหารที่มีโปรตีนและพลังงานสูง สูตรอาหารสำหรับเลี้ยงไก่กระทงจึงมีความจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบให้โปรตีนและให้พลังงานคุณภาพดีในปริมาณมาก เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการในการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม สถานการณ์ด้านวัตถุดิบอาหารสัตว์ในปัจจุบันพบว่าวัตถุดิบคุณภาพดีขาดแคลนและมีราคาสูง โดยเฉพาะวัตถุดิบให้โปรตีน เช่น กากถั่วเหลือง และปลาป่น เหตุผลดังกล่าวทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบโปรตีนในการผลิตอาหารสำหรับไก่กระทงและหรือทำให้ต้นทุนอาหารราคาสูงขึ้นหากใช้วัตถุดิบโปรตีนคุณภาพดีในปริมาณสูง ส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นการหาแหล่งวัตถุดิบทดแทนหรือพัฒนาวัตถุดิบโปรตีนจากวัตถุดิบที่มีราคาถูกจึงมีความจำเป็นและได้รับความสนใจอย่างยิ่งจากนักวิจัยด้านโภชนศาสตร์อาหารสัตว์เพื่อให้สามารถนำมาใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารโปรตีนคุณภาพดีที่ขาดแคลนและมีราคาสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากสามารถพัฒนาวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรอาหารในปริมาณมากอยู่แล้วให้มีโปรตีนสูงขึ้นได้ เนื่องจากเป็นกลุ่มวัตถุดิบที่ต้องใช้ในสูตรอาหารในสัดส่วนสูงหากสามารถปรับปรุงปริมาณโปรตีนให้เพิ่มสูงขึ้นได้จะทำให้สามารถลดสัดส่วนการใช้วัตถุดิบโปรตีนสูงในสูตรอาหาร ด้วยเหตุนี้การปรับปรุงคุณภาพของวัตถุดิบพลังงานซึ่งเป็นกลุ่มวัตถุดิบหลักที่ใช้ในสูตรอาหารให้มีระดับโปรตีนที่สูงขึ้นเพื่อให้สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานที่สามารถทดแทนการใช้วัตถุดิบโปรตีนในสูตรอาหารจึงได้รับความสนใจ โดยข้าวโพดจัดเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานหลักในสูตรอาหารไก่กระทงแต่มีโปรตีนไม่สูงมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดธัญพืชอื่นๆ โดยมีโปรตีนเฉลี่ย 7.0-12.6 เปอร์เซ็นต์ (Zuber and Rodehutscord, 2017) รวมถึงมีข้อจำกัดในการย่อยได้ของโภชนะเนื่องจากเมล็ดข้าวโพดมีโปรตีนห่อหุ้มเมล็ดเรียกว่าโปรตีนคิวติเคิล (Protein cuticle) ที่แข็ง (Adedokun et al., 2015) การปรับปรุงคุณภาพเมล็ดข้าวโพดโดยการเพิ่มระดับโปรตีนและเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยได้ของโภชนะในเมล็ดข้าวโพดให้สูงขึ้นจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นและได้รับความสนใจจากนักวิจัย จากการปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดในรูปข้าวโพดมอลต์แซคติค (Corn malt-sactic) โดยนำเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการดัดแปลงจากการเปลี่ยนรูปข้าวโพดให้เป็นข้าวโพดมอลต์มาหมักร่วมกับน้ำหมักจุลินทรีย์ 2 ชนิด ได้แก่ ยีสต์ (Yeast) และแบคทีเรียกรดแลคติค (Lactic acid bacteria) (วุฒิกร และคณะ, 2564) เพื่อเพิ่มโปรตีนและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของเมล็ดข้าวโพด โดยผลจากการผลิตมอลต์เป็นการเปลี่ยนรูปของแป้งให้อยู่ในรูปของน้ำตาลและเพิ่มระดับโปรตีนจากการงอกของต้นอ่อนซึ่งพบว่า ข้าวโพดมอลต์มีระดับน้ำตาลสูงและมีโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 7.0-8.0 เปอร์เซ็นต์เป็น 10.0 เปอร์เซ็นต์ (รัชนี และคณะ, 2564) นอกจากนั้นยังพบว่า การใช้มอลต์เลี้ยงไก่กระทงสามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Sedghi and Akbari Moghaddam, 2018) ขณะที่การนำข้าวโพดมอลต์มาหมักร่วมกับเชื้อยีสต์ช่วยให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มสูงขึ้นกว่าการผลิตมอลต์แบบปกติ (วุฒิกร และคณะ, 2564) เช่นเดียวกันกับการใช้ยีสต์ในกระบวนการหมักอาหารสัตว์ที่มีผลต่อการย่อยได้ที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย (Lunsin et al., 2021) อย่างไรก็ตาม กระบวนการหมักด้วยเชื้อยีสต์นั้นทำให้เกิดผลผลิตเป็นแอลกอฮอล์ซึ่งมีกลิ่นค่อนข้างฉุนส่งผลต่อความน่ากินและอาจส่งผลต่อปริมาณการกินได้ที่ลดลง รวมถึงส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาวัตถุดิบอาหารสัตว์หมัก ด้วยเหตุนี้แบคทีเรียกรดแลคติคจึงถูกนำมาใช้หมักร่วมกับเชื้อยีสต์เพื่อลดปริมาณแอลกอฮอล์ที่เกิดจากจากกระบวนการหมัก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Hynes et al. (1997) พบว่า การใช้เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคในการหมักส่งผลทำให้เกิดกรดและลดปริมาณแอลกอฮอล์ในอาหารหมักได้ เพิ่มความน่ากินและยืดอายุการเก็บรักษาอาหารหมักได้นานขึ้น และสามารถเพิ่มระดับโปรตีนได้ จากรายงานของ พิทักษ์ชัย (2564) พบว่า เมล็ดข้าวโพดมอลต์แซคติคมีโปรตีน 12.0-16.0 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 3.65-4.20 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 12.0-14.1 เปอร์เซ็นต์และเถ้า 2.56-2.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของวุฒิกร และคณะ (2564) พบว่า การผลิตข้าวโพดมอลต์

แซคติคโดยการหมักข้าวโพดมอลต์ร่วมกับจุลินทรีย์ยีสต์และแบคทีเรียกรดแลคติคทำให้โปรตีนในเมล็ดข้าวโพดเพิ่มขึ้นจาก 7.8 เปอร์เซ็นต์เป็น 14.2 เปอร์เซ็นต์ และส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของวัตถุดิบหมักลดลงเร็วสุดเมื่อเทียบกับการหมักร่วมกับยีสต์เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้จากคุณสมบัติดังกล่าวของเมล็ดข้าวโพดมอลต์แซคติคอาจเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานและมีโปรตีนสูงทางเลือกใหม่สำหรับนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารไก่กระทงได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของการใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคในสูตรอาหารต่อประสิทธิภาพการย่อยของโภชนะ ปริมาณประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนท้ายและสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่กระทง

วิธีการศึกษา

สัตว์ทดลองและสถานที่ทดลอง

ใช้ลูกไก่กระทงสายพันธุ์ Cobb 500 เพศผู้อายุ 1 วัน จำนวน 400 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 38 กรัม ที่ผ่านการการทำวัคซีนนิวคาสเซิลและหลอดลมอักเสบติดต่อ (ND+IB) จากโรงฟักไข่ศูนย์วิจัยและนวัตกรรมอาหารสัตว์ บมจ. ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี การดำเนินการทดลองครั้งนี้ได้รับการอนุญาตให้ดำเนินการใช้สัตว์ทดลอง โดยผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ใบอนุญาตเลขที่ RMUTL-IACUC 001/2022 ในการทดลองครั้งนี้ดำเนินการทดลอง ณ ฟาร์มทดลองสัตว์ปีก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน โดยจัดให้ลูกสัตว์ทดลองอยู่ในคอกขนาดกว้าง x ยาว เท่ากับ 2 x 2.5 เมตร จำนวน 20 คอก ภายใต้คอกทดลองในสภาพแวดล้อมแบบเล้าเปิด โดยทุกคอกมีการล้างทำความสะอาด ฆ่าเชื้อด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ BIOCLEAN และโรยปูนขาวทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นทำการปูพื้นด้วยแกลบที่ผ่านการตากแดดเป็นเวลา 3 วัน โดยปูพื้นให้มีความหนาเฉลี่ยจากพื้น 15 เซนติเมตร ติดตั้งอุปกรณ์กกขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตร ต่อ 1 คอก โดยเพิ่มอุณหภูมิกกโดยใช้หลอดไฟขนาด 100 วัตต์จำนวน 2 หลอดต่อกก จากนั้นทำการพ่นยาฆ่าเชื้อแกลบอีกครั้งก่อนพักเล้าเป็นเวลา 14 วัน ก่อนนำสัตว์ทดลองเข้าเลี้ยงในคอกทดลอง

การออกแบบการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) โดยในการทดลองครั้งนี้ใช้ระยะเวลาทดลอง 5 สัปดาห์ ประกอบด้วย 4 ทรีทเมนต์ๆ ละ 5 ซ้ำ รวมทั้งหมด 20 หน่วยทดลองดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 คือ สูตรอาหารไม่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติค (สูตรควบคุม)
ทรีทเมนต์ที่ 2 คือ สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติค ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 3 คือ สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติค ที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 4 คือ สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติค ที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์

การผลิตข้าวโพดมอลต์แซคติค

การผลิตข้าวโพดมอลต์แซคติคเป็นการหมักข้าวโพดที่ผ่านการทำมอลต์ร่วมกับน้ำหมักจุลินทรีย์ยีสต์และแบคทีเรียกรดแลคติค โดยการผลิตข้าวโพดมอลต์อ้างอิงตามวิธีการของวุฒิกร และคณะ (2564) เริ่มจากนำเมล็ดข้าวโพดอาหารสัตว์ จำนวน 30 กิโลกรัม มาแช่ในน้ำเป็นเวลา 5 ชั่วโมง (สัดส่วนเมล็ดข้าวโพดต่อน้ำ 1 ต่อ 3 ส่วนโดยน้ำหนัก) จากนั้นเทน้ำออกให้หมด นำเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการแช่น้ำแล้วมาบ่มต่อในตะกร้าที่มีรูระบายอากาศโดยรอบ คลุมด้านบนด้วยผ้ากระสอบป่านที่เปียกน้ำและทำการรดน้ำสะอาดเช้า-เย็น บ่มทิ้งไว้เป็นเวลา 3-5 วัน (ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ) จะได้เมล็ดข้าวโพดมอลต์ที่งอกพอดี จากนั้นนำข้าวโพดมอลต์ที่ได้ไปหมักร่วมกับน้ำหมักจุลินทรีย์ยีสต์และแบคทีเรียกรดแลคติค โดยน้ำหมักจุลินทรีย์ยีสต์ผลิตตามวิธีการของ (Thongnum et al., 2018) จากการขยายเชื้อจุลินทรีย์ยีสต์ โดยใช้ผงยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) 100 กรัม ร่วมกับยูเรียผง 24 กรัม ผสมกับกากน้ำตาล 100 กรัม จากนั้นเติมน้ำให้ครบ 1 ลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน ทำการให้ออกซิเจนผ่านเครื่องให้ออกซิเจนขนาดเล็กตลอดระยะเวลาการบ่ม จากนั้นทำการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ยีสต์ พบว่า มีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 6.90×10^7 CFU/มิลลิลิตร ขณะที่น้ำหมักแบคทีเรียกรดแลคติค ผลิตตามวิธีการของ (Bureenok et al., 2007) โดยทำการขยายหัวเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติค โดยใช้ใบหญ้าเนเปียร์จำนวน 200 กรัม ปั่นให้ละเอียด เติมน้ำให้ครบ 1 ลิตร จากนั้นกรองเอาแต่น้ำแล้วเติมน้ำตาลทราย 20 กรัม ทำการบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำมาใช้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติค พบว่า มีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 2.02×10^8 CFU/มิลลิลิตร เมื่อได้ส่วนผสม

ทั้ง 3 ชนิดแล้วนำวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมในการผลิตมอลต์แซคติค ได้แก่ ข้าวโพดมอลต์ น้ำมักจุลินทรีย์ยีสต์และน้ำหมักแบคทีเรียกรดแลคติคมาหมักร่วมกัน โดยนำเมล็ดข้าวโพดมอลต์ที่งอกพอดีแล้วมาผสมกับหัวเชื้อจุลินทรีย์ยีสต์และแบคทีเรียกรดแลคติคอย่างละ 1 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) จากนั้นทำการหมักในถังหมักภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนเป็นเวลา 14 วัน ก่อนนำมาตากแดดให้แห้ง จากนั้นนำไปบดและเก็บไว้ใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์ทดลอง โดยก่อนนำข้าวโพดมอลต์แซคติคที่เตรียมแล้วไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผสมในสูตรอาหารทดลอง จะทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดและเมล็ดข้าวโพดมอลต์แซคติคมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ เยื่อใยรวม ไขมันรวม และเถ้า ตามวิธีของ AOAC (1995) วิเคราะห์ค่าพลังงานรวม (Gross energy, GE) โดยการนำตัวอย่างข้าวโพดและข้าวโพดมอลต์แซคติคมาเผาหาค่าพลังงานด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter รุ่น LECO AC 's 500 และวิเคราะห์ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolization energy, ME) โดยทำการเก็บมูลของไก่กระทงอายุ 5 สัปดาห์ที่เลี้ยงบนกรงขังเดี่ยวและได้รับการป้อน (force feeding) เมล็ดข้าวโพดและข้าวโพดมอลต์แซคติคเป็นเวลา 7 วัน ตามวิธีการของ Teeter et al. (1982) จากนั้นนำมูลที่ได้มาเผาหาค่าพลังงานของมูลโดยเครื่อง Bomb Calorimeter รุ่น LECO AC 's 500 ค่าพลังงานที่ได้นำมาคำนวณค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ตามวิธีการของ สุชนและคณะ (2531)

การให้อาหารสัตว์ทดลอง

อาหารสำหรับสัตว์ทดลองแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 อายุ 0-3 สัปดาห์ มีโปรตีน 22 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 3,200 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมอาหาร ระยะที่ 2 อายุ 4-5 สัปดาห์ มีโปรตีน 21 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 3,300 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ตามคำแนะนำของ NRC (1994) สูตรอาหารมีส่วนผสมของ ข้าวโพดบด ปลายข้าว รำละเอียด กากถั่วเหลืองและปลาป่น เป็นหลัก และแต่ละสูตรมีความแตกต่างกันที่ระดับการใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ในการให้อาหารจัดให้ลูกสัตว์ปีกทดลองได้รับอาหารทดลองอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) โดยแบ่งให้อาหารในแต่ละวันเป็น 2 เวลา คือ ในตอนเช้าเวลา 7.30 นาฬิกา และตอนบ่ายเวลา 16.00 นาฬิกา บันทึกปริมาณอาหารที่ให้ในแต่ละครั้งและบันทึกปริมาณอาหารที่เหลือในตอนเช้าก่อนให้อาหารใหม่ในเวลาเช้าวันถัดไป โดยปริมาณอาหารที่เหลือในรางของแต่ละวันต้องไม่น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำสะอาดให้กินอย่างเพียงพอตลอดเวลา

Table 1 Experimental feed ingredients and chemical composition

Items	0-3 week				4-5 week				Corn-meal	Malt-sactic
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4		
Feed ingredient (%)										
Corn meal	39.0	35.0	31.0	27.0	41.0	37.0	33.0	29.0	-	-
Corn malt-sactic	0.00	5.00	10.0	15.0	0.00	5.00	10.0	15.0	-	-
Broken rice	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	-	-
Soybean meal	25.0	25.0	24.0	24.0	23.0	23.0	22.0	21.0	-	-
Full fat soybean	11.0	10.0	10.0	9.0	10.0	9.00	9.00	9.00	-	-
Fish meal (60%)	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	-	-
Fine rice bran	10.0	10.0	10.0	10.0	11.0	11.0	11.0	11.0	-	-
Dicalcium phosphate (21% P)										
	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	-	-
Premixed	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	-	-
DL-methionine	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	-	-
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	-	-
Chemical composition (% dry matter)										
Dry matter	91.4	91.2	91.3	91.5	90.8	90.9	91.0	91.1	92.0	90.1
Crude protein	21.9	22.0	22.0	22.0	21.0	21.0	21.0	21.0	8.05	15.2
Crude fiber	12.2	12.4	12.4	12.5	13.5	13.8	13.8	14.0	2.25	2.42
Ether extract	3.76	3.66	3.58	3.55	3.89	3.78	3.75	3.70	4.62	4.42
Ash	7.42	6.54	6.85	6.86	6.42	6.38	6.35	6.36	5.24	5.06
Metabolizable energy										
ME (kcal/kg)	3,210	3,198	3,189	3,178	3,280	3,270	3,270	3,270	3,350	3,300

T1= สูตรอาหารไม่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติค (สูตรควบคุม), T2= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคที่ระดับ 5 %, T3= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคที่ระดับ 10 %, T4= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคที่ระดับ 15 %

สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่กระทง

สัตว์ทดลองได้รับอาหารตามโปรแกรม ทำการจดบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และปริมาณอาหารที่เหลือเพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณการกินได้เฉลี่ยต่อวัน (Average daily feed intake: ADFI) บันทึกการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวโดยทำการชั่งน้ำหนักในทุกสัปดาห์เพื่อนำมาคำนวณน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (Body weight gain: BWG) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (Average daily gain: ADG) และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed conversion ratio: FCR) ตามวิธีการของ Zhao et al. (2010) ทำการบันทึกจำนวนสัตว์ตายตลอดช่วงการทดลองเพื่อคำนวณหาอัตราการเลี้ยงรอด (Viability) และดัชนีประสิทธิภาพการผลิต (Productive efficiency index: PEI) ตามวิธีของ Sedghi and Akbari Moghaddam (2018) ดังสมการ

$$\text{อัตราการเลี้ยงรอด} = \frac{(\text{จำนวนไก่ที่เหลือ} \times 100)}{\text{จำนวนไก่เริ่มต้น}}$$

$$\text{ดัชนีประสิทธิภาพการผลิต} = \frac{(\text{อัตราการเลี้ยงรอด (\%)} \times \text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (kg)} \times 100)}{(\text{FCR} \times \text{จำนวนวันที่ทดลอง})}$$

การย่อยได้ของโภชนะในอาหารไก่กระทง

ทำการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในไก่กระทงใช้วิธีการ Indicator method โดยเมื่อไก่กระทงอายุครบ 21 วัน ทำการสุ่มไก่กระทงที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันหน่วยทดลองละ 3 ตัว มาเลี้ยงบนกรงขังเดี่ยวขนาด กว้าง × ยาว × สูง เท่ากับ 35 × 45 × 50 เซนติเมตร ที่รองพื้นด้านล่างด้วยถาดเก็บมูล และมีที่ให้น้ำให้อาหารด้านหน้าของกรง ไก่กระทงทดลองที่ถูกสุ่มได้รับอาหารทดลองในแต่ละสูตรที่ผสมด้วยโครมิกซ์ออกไซด์ (Cr_2O_3) จำนวน 0.3 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ของการทดลอง โดยแบ่งช่วงทดลองออกเป็น 2 ช่วงโดยช่วงที่ 1 เป็นช่วงปรับสัตว์(Adjustment period) เป็นเวลา 7 วัน ช่วงที่ 2 เป็นช่วงเก็บตัวอย่าง (Sampling period) เป็นเวลา 7 วัน โดยสุ่มเก็บอาหารและมูลของไก่กระทงที่ได้รับอาหารทดลองผสมโครมิกซ์ออกไซด์ ในส่วนของตัวอย่างมูลเก็บลงในถุงเก็บจากนั้นทำการเติมกรดซัลฟิวริค (H_2SO_4) ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีของ Mountzouris et al. (2010) ก่อนนำตัวอย่างอาหารและตัวอย่างมูลมาวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ เยื่อใยรวม ไขมันรวม และเถ้า รวมถึงวิเคราะห์หาปริมาณโครมิกซ์ออกไซด์ตามวิธีของ AOAC (1995) จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิการย่อยได้ของโภชนะ ตามวิธีของ Sharifi et al. (2012) ดังสมการ

$$\text{ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (Apparent dry matter digestibility)} = \frac{(\%\ Cr_2O_3 \text{ ในมูล} - \%\ Cr_2O_3 \text{ ในอาหาร}) \times 100}{\%\ Cr_2O_3 \text{ ในมูล}}$$

$$\text{ค่าการย่อยได้ของโภชนะ (Apparent nutrient digestibility)} = 100-\left[100 \times \frac{(\%\ Cr_2O_3 \text{ ในอาหาร}}{\%\ Cr_2O_3 \text{ ในมูล}} \times \frac{\%\ \text{โภชนะในมูล})}{\%\ \text{โภชนะในอาหาร}}\right]$$

คำนวณค่าโภชนะย่อยได้ที่ได้รับต่อวัน โดยนำค่าสัมประสิทธิการย่อยได้ของโภชนะแต่ละชนิดมาคูณกับปริมาณโภชนะที่ได้รับแต่ละชนิดในหน่วย (กรัม/ตัว/วัน) ดังสมการ

$$\text{ค่าโภชนะที่ได้รับ (Nutrient intake)} = \frac{\text{ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง (กรัม)} \times \%\ \text{โภชนะในอาหาร}}{100}$$

$$\text{ค่าโภชนะย่อยได้ที่ได้รับ (Digestible nutrient intake)} = \frac{\text{โภชนะที่ได้รับ (กรัม)} \times \%\ \text{การย่อยได้ของโภชนะ}}{100}$$

จุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนท้ายของไก่กระทง

เมื่อไก่กระทงอายุครบ 5 สัปดาห์ ทำการวัดจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนท้าย โดยทำการสุ่มไก่กระทงหน่วยทดลองละ 3 ตัว อดอาหารอย่างน้อย 6 ชั่วโมง จากนั้นทำการชำแหละเพื่อทำการเก็บตัวอย่างของสิ่งย่อยในลำไส้ส่วนท้ายโดยทำการตัดตัวอย่างลำไส้เหนือไส้ติ่ง 1 นิ้ว แล้วเก็บตัวอย่างของสิ่งย่อยในไส้ติ่งและส่วนของลำไส้ใหญ่ลงในอุปกรณ์เก็บที่ทำการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นนำไปทำการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณจุลินทรีย์คือ แบคทีเรียกรดแลคติค, *Enterococci*, *E.coli*, และ *Salmonella* ด้วยวิธี Culture technique โดยใช้ Selective media คือ MRS agar + 0.02% NaH_3 + 0.05% L-Cystine Hydrochloride Monohydrate, m Enterococci agar, EMB agar, และ XLD agar ตามลำดับ ตามวิธีของ Makivic et al. (2019) และ Giannenas et al. (2010) วิเคราะห์หาจำนวนยีสต์และรา (Yeast and

fungi) โดยใช้ Potato Dextrose Agar (PDA) และวิเคราะห์หาเชื้อจุลินทรีย์รวม (Total plate count) โดยใช้ Plate Count Agar (PCA) ตามวิธีการของ (AOAC, 2000) หลังจากนั้นทำการแปลงข้อมูลจำนวนจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ด้วย Log algorithm ฐาน 10

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดถูกรวบรวมและนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variances: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละทรีทเมนต์ทดลองด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ (SAS, 1998) โดยกำหนดค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลของข้าวโพดมอลต์แซคติคต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตในไก่กระทง

การใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคในสูตรอาหารของไก่กระทงต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตพบว่า ไก่กระทงที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ที่อายุการเลี้ยงที่ 0-3 สัปดาห์ มีน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตต่อวันเพิ่มสูงขึ้น ($P<0.05$) ปริมาณการกินได้และดัชนีประสิทธิภาพการให้ผลผลิตสูงขึ้น ($P<0.01$) ขณะที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวมีแนวโน้มลดลง ($P=0.07$) และไม่มีความแตกต่างกันในส่วนของอัตราการเลี้ยงรอด ($P>0.05$) ที่อายุการเลี้ยง 4-5 สัปดาห์ พบว่าการใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคในสูตรอาหาร มีผลทำให้น้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงขึ้น ($P<0.05$) อัตราการเลี้ยงรอดและดัชนีประสิทธิภาพการให้ผลผลิตสูงขึ้น ($P<0.01$) อย่างไรก็ตาม ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ($P>0.05$) และเมื่อทำการวัดสมรรถนะการให้ผลผลิตของไก่กระทงตลอดระยะเวลาการทดลอง 0-5 สัปดาห์ พบว่า การใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคในสูตรอาหารมีผลทำให้น้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตต่อวันเพิ่มสูงขึ้น ($P<0.05$) อัตราการเลี้ยงรอดและดัชนีประสิทธิภาพการให้ผลผลิตสูงขึ้น ($P<0.01$) และยังส่งผลทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวมีแนวโน้มลดลง ($P=0.08$) อย่างไรก็ตาม ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ ($P>0.05$) ดังแสดงใน **Table 2** จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคในสูตรอาหารที่ระดับ 5-15 เปอร์เซ็นต์ส่งผลดีต่อน้ำหนักตัว การเจริญเติบโตต่อวัน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร อัตราการเลี้ยงรอดและดัชนีประสิทธิภาพการผลิต ซึ่งน้ำหนักตัวที่เพิ่มสูงขึ้นมีความสอดคล้องกับ โภชนะย่อยได้ที่ได้รับที่เพิ่มสูงขึ้นในไก่กระทงที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติค ซึ่งจากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ไก่กระทงที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและโปรตีนสูงขึ้นทำให้มีผลต่อปริมาณโภชนะย่อยได้ที่ได้รับในส่วนของวัตถุแห้งและโปรตีนเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ไก่กระทงมีน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น นอกจากนี้ข้าวโพดมอลต์แซคติคยังมีจุลินทรีย์กลุ่มที่เป็นประโยชน์รวมอยู่ด้วย เช่น แบคทีเรียกรดแลคติค การได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคจึงเหมือนการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์กลุ่มของแบคทีเรียกรดแลคติคในลำไส้ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มนี้มีผลต่อการลดลงลดของประชากรจุลินทรีย์ก่อโรค เพิ่มความแข็งแรงและสุขภาพที่ดีของลำไส้ กระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกัน ส่งเสริมการย่อยและการดูดซึมสารอาหาร และทำให้สมรรถนะการเจริญเติบโตของสัตว์เลี้ยงเพิ่มสูงขึ้น (Bai et al., 2017) การเจริญเติบโตที่เพิ่มสูงขึ้นในทุก ๆ ช่วงระยะการทดลองในไก่กระทงที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติค นอกจากนั้นยังพบว่า ผลของการใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคในสูตรอาหารนั้นมีผลทำให้ปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้นเฉพาะในช่วงทดลองที่ 0-3 สัปดาห์ ทั้งนี้ปริมาณการกินได้ที่เพิ่มขึ้นของไก่กระทงที่ได้รับสูตรอาหารข้าวโพดมอลต์แซคติคในช่วงแรกนั้นมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตและค่าการย่อยได้ของโภชนะที่สูงขึ้น เนื่องจากในช่วงแรกลูกไก่กระทงยังมีประสิทธิภาพการย่อยที่ไม่สูงมากนัก การใช้ข้าวโพดที่มีความแข็งและมีโปรตีนหุ้มเมล็ดที่หนาในสูตรอาหารทำให้การย่อยเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ อาหารที่ย่อยช้าจะตกค้างในกระเพาะพักนานและส่งผลทำให้ปริมาณการกินได้ลดลง ขณะที่การใช้ข้าวโพดในรูปของมอลต์ที่หมักร่วมกับจุลินทรีย์จะทำให้โปรตีนหุ้มเมล็ดนั้นอ่อนลงทำให้ย่อยได้มากขึ้น และกระบวนการเกิดมอลต์นั้นเป็นการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลและมีเอนไซม์กลุ่มมอลเตส (maltase) และอะไมเลส (amylase) เกิดขึ้น เมื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารทำให้ลูกไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมมอลต์สามารถย่อยได้เร็วขึ้นมีผลต่อทำให้ลูกไก่กระทงสามารถกินอาหารใหม่ได้เร็วขึ้นและปริมาณมากขึ้น สอดคล้องกับ Svihus (2011) ที่พบว่า ปริมาณการกินได้ในสัตว์ปีกมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการย่อยอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งประสิทธิภาพการย่อยของแป้ง โดยปริมาณการกินได้จะ

เพิ่มสูงขึ้นตามค่าการย่อยได้ที่สูงขึ้น และปริมาณการกินได้และการย่อยได้ที่สูงขึ้นทำให้ไก่กระทงได้รับโภชนะมากขึ้นและมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม การใช้ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ในช่วงการทดลองที่ 4-5 และ 0-5 สัปดาห์ ส่งผลทำให้เมื่อนำมาคำนวณหาค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวมีแนวโน้มลดลงในไก่กระทงที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติค นั่นแสดงให้เห็นว่า ไก่กระทงที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคมีการใช้อาหารต่อการเจริญเติบโต 1 กิโลกรัมลดลงเมื่อเทียบกับไก่กระทงที่ได้รับสูตรอาหารที่ไม่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติค จำนวนไก่กระทงที่ตายลดลงระหว่างทดลองทำให้ค่าอัตราการเลี้ยงรอดมีค่าสูงขึ้นประกอบกับน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นระหว่างทดลองสูงขึ้นในไก่กระทงที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคส่งผลให้ค่าคำนวณดัชนีประสิทธิภาพการผลิตมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ในส่วนของค่าอัตราการเลี้ยงรอดที่เพิ่มขึ้นในกลุ่มของไก่กระทงเกิดขึ้นจากลดลงของอัตราการตายในช่วงท้ายของไก่กระทงที่ได้ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติค ซึ่งอาจเป็นผลมาจากในกระบวนการผลิตมอลต์เกิดสารประกอบฟีนอลลิค (phenolic compounds) จากการงอกของต้นอ่อน ซึ่งสารประกอบกลุ่มดังกล่าวมีบทบาทในการต้านอนุมูลอิสระ กระต้นภูมิคุ้มกัน และกระตุ้นการหลั่งน้ำย่อยในท่อทางเดินอาหาร (Qingming et al., 2010) ดังรายงานการเสริมมอลต์สกัดจากข้าวบาร์เลย์ในสูตรอาหารสำหรับส่งผลทำให้ปริมาณผลผลิตไข่เพิ่มสูงขึ้น ขนาดความยาวของวิลไลในลำไส้เพิ่มมากขึ้น และยังส่งผลทำให้ปริมาณภูมิคุ้มกัน IgG และ IgA เพิ่มสูงขึ้น (Sedghi et al., 2022) รวมถึงส่งผลทำให้อัตราการสูญเสียน้อยลงและเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่กระทง (Sedghi and Akbari Moghaddam, 2018)

Table 2 Effects of dietary corn malt-sactic on productive performance of broilers

Items	Treatments				SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4		
0-3 week old						
BWG (g/bird)	917.0[a]	978.0[b]	968.5[b]	948.0[b]	10.5	0.05
ADFI (g/bird/day)	55.6[a]	57.6[b]	57.3[b]	57.6[b]	0.56	0.01
ADG (g/bird/day)	43.7[a]	46.6[b]	46.1[b]	46.5[b]	1.04	0.05
FCR	1.27	1.23	1.24	1.24	0.09	0.07
Viability (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	-	1.00
PEI	343.8[a]	379.0[b]	371.9[b]	364.1[b]	8.09	0.01
4-5 week old						
BWG (g/bird)	1,264.4[a]	1,276.9[ab]	1,315.1[b]	1,281.6[ab]	17.2	0.05
ADFI (g/bird/day)	156.5	159.2	162.2	158.9	2.94	0.12
ADG (g/bird/day)	90.3[a]	91.2[ab]	93.9[b]	91.5[ab]	0.81	0.05
FCR	1.73	1.74	1.73	1.74	0.72	0.14
Viability (%)	87.0[a]	92.0[b]	90.0[b]	90.0[b]	1.01	0.01
PEI	454.2[a]	482.2[b]	488.7[b]	473.5[b]	6.66	0.01
0-5 week old						
BWG (g/bird)	2,181.4[a]	2,255.9[b]	2,283.6[b]	2,259.6[b]	0.09	0.02
ADFI (g/bird/day)	95.9	98.2	99.3	98.1	0.52	0.11
ADG (g/bird/day)	62.3[a]	64.5[b]	65.3[b]	64.6[b]	0.42	0.02
FCR	1.54	1.52	1.52	1.52	0.03	0.08
Viability (%)	87.0[a]	92.0[b]	90.0[b]	90.0[b]	6.66	0.01
PEI	352.1[a]	390.1[b]	386.3[b]	382.3[b]	8.61	0.01

[a,b] Mean within the same row with difference letters are significantly different at P≤0.05, SEM = standard error of mean, BWG=body weight gain, ADFI=average daily feed intake, ADG=average daily gain, FCR=feed conversion ratio, PEI=productive efficiency index, T1= สูตรอาหารไม่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติค (สูตรควบคุม), T2= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคที่ระดับ 5 %, T3= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคที่ระดับ 10 %, T4= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคที่ระดับ 15 %

ผลของข้าวโพดมอลต์แซคติคปริมาณต่อสัมประสิทธิการย่อยได้และโภชนะย่อยได้ที่ได้รับในไก่กระทง

จากผลการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิการย่อยได้ของไก่กระทงที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคทั้ง 3 ระดับมีค่าสัมประสิทธิการย่อยได้ของวัตถุแห้งและโปรตีนสูงกว่าไก่กระทงกลุ่มที่ไม่ได้รับข้าวโพดมอลต์แซคติค (P<0.05) ส่งผลให้ปริมาณโภชนะย่อยได้ที่ได้รับในส่วนของวัตถุแห้งและโปรตีนมีค่าสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไก่กระทงกลุ่มที่ไม่ได้รับข้าวโพดมอลต์แซคติค อย่างไรก็ตาม สัมประสิทธิการย่อยได้ของโภชนะและปริมาณโภชนะย่อยได้ที่ได้รับในส่วนของเยื่อใย ไขมันและเถ้าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง (P>0.05) ดังแสดงใน **Table 3** จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคในสูตรอาหารส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการย่อยในไก่กระทงดีขึ้น และส่งผลทำให้ไก่กระทงได้รับโภชนะที่ย่อยได้เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของวัตถุแห้งและโปรตีน สอดคล้องกับรายงานของเกชาและคณะ (2564) พบว่า การใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคในสูตรอาหารสัตว์ไก่

เนื้อพื้นเมือง แพะและโคเนื้อส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการย่อยได้ของโภชนะและการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากข้าวโพดมอลต์แซคติคเป็นเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการทำมอลต์และหมักร่วมกับจุลินทรีย์ยีสต์และแบคทีเรียกรดแลคติคทำให้มีค่าการย่อยได้สูงกว่าข้าวโพดธรรมดา โดยข้าวโพดมอลต์แซคติคจะเกิดการเปลี่ยนเมล็ดข้าวโพดให้อยู่ในรูปของมอลต์ที่หมักร่วมกับจุลินทรีย์จะทำให้โปรตีนหุ้มเมล็ดนั้นอ่อนลงทำให้ย่อยได้มากขึ้น และกระบวนการเกิดมอลต์นั้นเป็นการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลและมีเอนไซม์กลุ่มมอลเตส (maltase) และอะไมเลส (amylase) เกิดขึ้น (อัทกะบัทคาน, 2540) เอนไซม์ที่เกิดขึ้นสามารถช่วยในการย่อยแป้งในทางเดินอาหารได้ สอดคล้องกับ นิลวรรณ (2548) รายงานว่า เอนไซม์อะไมเลสในมอลต์จากข้าวบาร์เลย์สดสามารถย่อยแป้งในลำไส้เล็กได้ นอกจากนั้น จุลินทรีย์ยีสต์และแบคทีเรียกรดแลคติคที่ใช้ในกระบวนการผลิตข้าวโพดมอลต์แซคติค ยังสามารถเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ได้เมื่ออยู่ในท่อทางเดินอาหารของสัตว์ โดยแบคทีเรียกรดแลคติคจัดเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในท่อทางเดินอาหาร ช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคและทำให้ผนังลำไส้มีความแข็งแรง ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการย่อยอาหารเพิ่มขึ้น (วุฒิกรและคณะ, 2564) เช่นเดียวกับรายงานของ ยุวเรศ และ พิเชษฐ (2562) พบว่า การใช้โปรไบโอติกที่เสริมในน้ำดื่มของไก่กระทงประกอบด้วย *B. subtilis* และ *L. salivarius* สามารถส่งเสริมสุขภาพลำไส้โดยการเพิ่มความสูงวิลไลและความลึกของคริปท์ ส่งผลทำให้การย่อยและการดูดซึมของโภชนะมีประสิทธิภาพดีขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่า การเสริมโปรไบโอติกในอาหารสามารถเพิ่มการย่อยได้ของวัตถุแห้ง แคลเซียม ฟอสฟอรัส โปรตีน และกรดอะมิโนในไก่กระทงอายุ 21 และ 42 วัน (Li et al., 2008) และช่วยเพิ่มการย่อยได้พลังงานในอาหารไก่กระทงที่อายุ 25-28 วัน (Mountzouris et al., 2010)

Table 3 Effects of dietary corn malt-sactic on apparent nutrient digestibility and digestible nutrient intake of broilers

Items	Treatments				SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4		
Apparent nutrient digestibility, %						
Dry matter	80.4[a]	85.9[b]	84.6[b]	86.6[b]	1.19	0.02
Crude protein	82.9[a]	86.4[b]	86.3[b]	86.9[b]	1.28	0.03
Crude fiber	30.1	30.8	29.8	30.6	1.44	0.29
Ether extract	91.7	91.6	90.8	90.9	2.82	0.58
Ash	58.4	57.1	58.2	57.8	2.06	0.45
Digestible nutrient intake, g /day per bird						
Dry matter	77.1[a]	84.4[b]	84.0[b]	84.9[b]	1.21	0.01
Crude protein	16.7[a]	17.8[b]	18.0[b]	17.9[b]	0.38	0.05
Crude fiber	4.09	4.17	4.08	4.20	0.48	0.82
Ether extract	3.42	3.40	3.38	3.36	0.80	0.90
Ash	3.59	3.57	3.62	3.60	0.77	0.87

[a,b] Mean within the same row with difference letters are significantly different at P≤0.05, SEM = standard error of mean, T1= สูตรอาหารไม่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติค (สูตรควบคุม), T2= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคที่ระดับ 5 %, T3= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคที่ระดับ 10 %, T4= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคที่ระดับ 15 %

ผลของข้าวโพดมอลต์แซคติคต่อประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนท้ายของไก่กระทง

การใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคในสูตรอาหารไก่กระทงต่อประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนท้ายพบว่า ไก่กระทงที่ได้รับข้าวโพดมอลต์แซคติคทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารมีจำนวนประชากรจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียกรดแลคติคในลำไส้ส่วนท้ายสูงกว่าไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหารควบคุม ($P<0.01$) ขณะที่จำนวนประชากร *E. coli* มีจำนวนลดลงในกลุ่มของไก่กระทงที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคทั้ง 3 ระดับ ($P<0.01$) อย่างไรก็ตาม พบว่า ข้าวโพดมอลต์แซคติคไม่มีผลต่อในการเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ *Enterococci*, *Salmonella* spp., ยีสต์และรา และจุลินทรีย์รวมทั้งหมด (total plate count) ($P>0.05$) ดังแสดงใน **Table 4** จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคในสูตรอาหารสามารถเพิ่มประชากรจุลินทรีย์กลุ่มของ แบคทีเรียกรดแลคติคและลดประชากรของ *E.coli* ได้ ทั้งนี้การเพิ่มประชากรจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียกรดแลคติคน่าจะเกิดจากข้าวโพดมอลต์แซคติคเป็นข้าวโพดมอลต์ที่ผ่านการหมักร่วมกับจุลินทรีย์ยีสต์และแบคทีเรียกรดแลคติคซึ่งจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดเมื่อผสมอยู่ในอาหารหมักและถูกนำไปผสมในสูตรอาหารทำให้สัตว์ทดลองที่ได้รับจุลินทรีย์ชนิดดังกล่าวเข้าไปพร้อมกับการกินอาหารซึ่งเป็นการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์จากภายนอกเข้าสู่ท่อทางเดินอาหารจึงส่งผลทำให้ประชากรแบคทีเรียกรดแลคติคเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Kuprys-Caruk et al. (2019) พบว่า จำนวนของแบคทีเรียกรดแลคติคในท่อทางเดินอาหารส่วนท้ายและในมูลเพิ่มสูงขึ้นเมื่อทำการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติคในสูตรอาหารสำหรับไก่เนื้อ ซึ่งแบคทีเรียกรดแลคติคจัดเป็นแบคทีเรียกลุ่มที่ดีในลำไส้ส่วนท้ายซึ่งมีหลายชนิด เช่น *Bifidobacterium* spp., *B. adolesacentis, B. longum* เป็นต้น Sharifi et al. (2012) พบว่า การเพิ่มขึ้นของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์คือ *Lactobacillus* spp. และ *Bifidobacteria* spp. มีผลเพิ่มสมรรถนะการผลิตและพัฒนาสุขภาพของสัตว์เลี้ยง นอกจากนี้การเพิ่มจำนวนของ *Lactobacillus* spp. และ *Bifidobacteria* spp. ในลำไส้จะส่งผลทำให้ลำไส้มีสภาพเป็นกรดมากขึ้นซึ่งสภาพดังกล่าวไม่เหมาะสมในการดำรงชีวิตและหรือการเจริญเติบโตแบคทีเรียที่ก่อโทษ สงผลทำให้แบคทีเรียก่อโรคเช่น *E. coli* และ *Salmonella* spp. มีจำนวนลดลง เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Bai et al. (2017) พบว่า การเสริม *B. subtilis* ในสูตรอาหารไก่กระทงระยะท้าย 22-42 วัน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต เนื่องจากกลไกการทำงานของ *B. subtilis* ช่วยปรับสภาพแวดล้อมในลำไส้ให้เหมาะสมกับจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ทำให้ผนังลำไส้มีความแข็งแรงขึ้น มีการแย่งเกาะกับผนังลำไส้กับกลุ่มจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทำให้จุลินทรีย์กลุ่มก่อโรคมีจำนวนลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Chen et al. (2017) พบว่า การเสริม *L. salivarius* และ *P. pentosaceus* ส่งผลทำให้จำนวน *E. coli* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลดังกล่าวมีความใกล้เคียงกับผลการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่า การใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคในสูตรอาหารสามารถเพิ่มประชากรของแบคทีเรียกรดแลคติคและมีผลทำให้ลดประชากรของจุลินทรีย์ก่อโรคชนิด *E. coli* ในท่อทางเดินอาหารส่วนท้าย

Table 4 Effects of dietary corn malt-sactic on lower gut microbial population of broilers

Microbial population (log10 cfu/ml)	Treatments				SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4		
Lactic acid bacteria	9.90[a]	10.9[b]	11.0[b]	11.1[b]	0.01	0.01
Enterococci	9.59	9.57	9.56	9.61	0.12	0.45
E.coli	6.90[b]	6.54[a]	6.53[a]	6.59[a]	0.01	0.01
Salmonella spp.	0.87	0.81	0.86	0.84	0.08	0.18
Yeast+fungi	3.14	3.15	3.13	3.18	0.04	0.11
Total plate count	12.0	12.1	11.9	12.1	0.09	0.17

[a,b] Mean within the same row with difference letters are significantly different at $P\leq0.05$, SEM = standard error of mean, T1= สูตรอาหารไม่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติค (สูตรควบคุม), T2= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคที่ระดับ 5 %, T3= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคที่ระดับ 10 %, T4= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคที่ระดับ 15 %

สรุป

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าการใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติคในสูตรอาหารสำหรับไก่กระทงที่อายุ 0-35 วัน ที่ระดับ 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลทำให้ปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะในส่วนของวัตถุแห้งและโปรตีนเพิ่มขึ้น รวมถึงส่งผลทำให้สมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น นอกจากนั้นยังส่งผลทำให้ประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนท้ายกลุ่มแบคทีเรียกรดแลคติคสูงขึ้นขณะที่แบคทีเรีย *E. coli* มีแนวโน้มลดจำนวนลง แสดงให้เห็นว่าข้าวโพดมอลต์แซคติคมีศักยภาพในการใช้เป็นวัตถุดิบพลังงานให้โปรตีนสูงสำหรับไก่กระทงได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยครั้งนี้ขอขอบพระคุณเครือข่ายบริหารการวิจัยภาคเหนือตอนบน สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่สนับสนุนงบประมาณอุดหนุนในการดำเนินงานปีงบประมาณ 2563 และขอบคุณศูนย์วิจัยและนวัตกรรมอาหารสัตว์ บมจ. ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) ที่ให้ความอนุเคราะห์ลูกสัตว์ปีกทดลองในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เกชา คูหา, รัชนี บัวระภา, สุธาทิพย์ ไชยวงศ์, วุฒิกร สระแก้ว, ปิยมาสฐ์ ตัณฑ์เจริญรัตน์ และลักษมี กาถม. 2564. นวัตกรรมการผลิตวัตถุดิบดัดแปลงข้าวโพดมอลต์ยีสต์ malt-sactic เพื่อเป็นแหล่งพลังงานโปรตีนสูงร่วมกับการพัฒนาอาหารหยาบจากวัสดุเศษเหลือจากข้าวโพดในรูปของ corn-sactic : บูรณาการวิจัยเชิงผลผลิตร่วมกลุ่มเกษตรกรกลุ่มผู้เลี้ยงสัตว์ปีก แพะและโคเนื้อจังหวัดน่าน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน. น่าน.

นิลวรรณ เพชระบูรณิน. 2548. พลังแห่งเอนไซม์บำบัด. กรุงเทพ:วงพิมพ์. กรุงเทพฯ.

พิทักษ์ชัย ลี้ประดิษฐ์. 2564. ผลของการใช้เมล็ดข้าวโพดมอลต์แซคติคในสูตรอาหารต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้และสมรรถนะการเจริญเติบโตในโคเนื้อสาวทดแทน. ปัญหาพิเศษ ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน. น่าน.

ยุวเรศ เรืองพานิช และพิเชษฐ ศรีบุญยงค์. 2562. ผลของการใช้โปรไบโอติก (GUT PRO) ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและสัณฐานวิทยาของลำไส้ของไก่เนื้อ. วารสารสัตวแพทย์มหานครสาร. 14(1): 23-32.

รัชนี บัวระภา, เกชา คูหา, กฤษณธร สินตะละ, วุฒิกร สระแก้ว และธนนันท์ ศุภกิจจานนท์. 2564. ผลของการใช้เมล็ดข้าวโพดผ่านการแปรสภาพด้วยกรรมวิธีต่างกัน เป็นแหล่งพลังงานในอาหารผสมสำเร็จต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายของเหลวจากกระเพาะรูเมน และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊สในหลอดทดลอง. วารสารแก่นเกษตร. 49(5): 1080-1091.

วุฒิกร สระแก้ว, พิทักษ์ชัย ลี้ประดิษฐ์, สุธาทิพย์ไชยวงศ์, รัชนีบัวระภา, กฤษณธร สินตะละ และเกชา คูหา. 2564. การผลิตข้าวโพดมอลต์หมักต่อองค์ประกอบทางเคมีและจลนศาสตร์การผลิตแก๊สโดยวิธีการ *in vitro* gas production technique. วารสารแก่นเกษตร. 48(ฉบับพิเศษ1): 496-501.

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์, เทิดชัย เวียรศิล์ป และบุญล้อม ชีวอิสระกุล. 2531. การหาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของข้าวเปลือกบด และถั่วมะแฮะบด โดยวิธีการแทนที่ของอาหารเปรียบเทียบและการใช้เป็นอาหารเดี่ยวในสัตว์ปีก. วารสารเกษตร. 4(2): 108-121.

อัคกะบัทคาน ปาทาน. 2540. การผลิตมอลโทเดกซ์ทรินโดยใช้มอลท์ธัญพืช. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

Adedokun, S., P. Jaynes, R. Payne, and T. Applegate. 2015. Standardized ileal amino acid digestibility of corn, corn distillers' dried grains with solubles, wheat middlings, and bakery by-products in broilerss and laying hens. Journal of Poultry Science. 94: 2480-2487.

AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 19th Edition. Association of Official Analytical Chemist, Washington, DC.

AOAC. 2000. Official Method of Analysis of AOAC International. 17th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Virginia.

Bai, K., Q. Huang, J. Zhang, J. He, J. Zhang, and T. Wang. 2017. Supplemental effects of probiotic *Bacillus subtilis* on growth performance, antioxidant capacity, and meat quality of broilers chickens. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology. 96: 74-82.

Bureenok, S., M. Tamaki, Y. Kawamoto, and T. Nakada. 2007. Additive effects of green tea on fermented juice of the epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) and the fermentative quality of Rhodes grass silage. Asian-Australasian Journal of Animal Science. 20: 920-924.

Chen, P., L. Zhu, and H. Qui. 2017. Isolation and Probiotic potential of *Lactobacillus salivarius* and *Pediococcus pentosaceus* in specific pathogen free chickens. Brazilian Journal of Poultry Science. 19(2): 325-332.

Hynes, S. H., D. M. Kjarsgaard, K. C. Thomas, and W. M. Ingledew. 1997. Use of virginiamycin to control the growth of lactic acid bacteria during alcoholic fermentation. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology. 18: 284-291.

Kuprys-Caruk, M., M. Michalczuk, and B. Chabłowska. 2019. Comparison of the effect of lactic acid bacteria added to feed or water on growth performance, health status and gut microbiota of chickens broilerss. Journal of Animal Science. 58(1): 55–67.

Li, L. L., Z. P. Hou, T. J. Li, G. Y. Wu, R. L. Huang, Z. R. Tang, C. B. Yang, J. Gong, H. Yu, and X. F. Kong. 2008. Effects of dietary probiotic supplementation on ileal digestibility of nutrients and growth performance in 1- to 42-day-old broilerss. Journal of the Science of Food and Agriculture. 88: 35-42.

Lunsin, R., D. Sokantat, and L. Manop. 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.

Giannenas, I., D. Tontis, E. Tsalie, E. F. Chronis, D. Doukas, and I. Kyriazakis. 2010. Influence of dietary mushroom *Agaricus bisporus* on intestinal morphology and microflora composition on broilers chickens. Journal of Veterinary Science. 89: 78-84.

Makivic, L., M. Glisic, M. Boskovic, J. Djordjevic, R. Markovic, M. Baltic, and D. Sefer. 2019. Performances, ileal and cecal microbial populations and histological characteristics in broilerss fed diets supplemented with lignocellulose. Journal of Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi. 25: 83-89.

Mountzouris, K. C., P. Tsirsikos, I. Palamidi, A. Arvanniti, M. Mohnl, G. Schatmayr, and K. Fegeros. 2010. Effect of probiotic inclusion level in broilers nutrition on growth performance, nutrient digestibility, plasma immunoglobulin, and cecal microflora composition. Journal of Poultry Science. 89: 588-593.

NRC. 1994. Nutrient Requirement of Poultry. 9th Edition. Washington, D. C.

Qingming, Y., P. Xianhui, K. Weibao, Y. Hong, S. Yidan, Z. Li, Z. Yanan, Y. Yuling, D. Lan, and L. Guoan. 2010. Antioxidant activities of malt extract from barley (Hordeum vulgare L.) toward various oxidative stress in vitro and in vivo. Food Chemistry. 118: 84-89.

SAS. 1998. User's Guide: Statistic, Version 6, 12th Edition. SAS Inst. Inc., Cary, NC.

Sedghi, M., and R. K. Akbari Moghaddam. 2018. Effects of dietary supplementation of barley malt extract and malt vinegar on growth performance, jejunal morphology and meat quality of broilers chickens. Journal of Poultry Science. 6 (2): 129-137.

Sedghi, M., E. M. Dalvi, A. H. Mahdavi, and R. Ghasemi. 2022. Effects of barley malt extract on performance, immune responses and jejunal histology of laying hens. Iranian Journal of Animal Science Research. 13(4): 601-614.

Sharifi, S. D., A. Dibamerhr, H. Lotfollahian, and B. Baurhoo. 2012. Effects of flavomycin and probiotic supplementation to diets containing different sources of growth performance, intestinal morphology, apparent metabolizable energy, and fat digestibility in broilers chickens. Journal of Poultry Science. 91: 918-927.

Svihus, B. 2011. Limitations to wheat starch digestion in growing broiler chickens: A brief review. Journal of Animal Production Science. 51: 583–589.

Teeter, R. G., M. O. Smith, and E. Murray. 1982. Force feeding methodology and equipment for poultry. Journal of Poultry Science. 63: 573-575.

Thongnum, A., P. Khongphetsak, W. Sarkaew, S. Poojit, S. Potirahong, and C. Wachirapakorn. 2018. Effects of fiber feed improvement with urea on chemical composition and kinetic ruminal gas production of both rice straw and sugar cane top. In: The 7th National Animal Science Conference of Thailand 2018 (NASCoT 2018). 22-24 August 2018. Chiangmai, Thailand.

Zhou, X., Y. Wang, Q. Gu, and W. Li. 2010. Effect of dietary probiotic, *Bacillus coagulans*, on growth performance, chemical composition, and meat quality of Guangxi Yellow chicken. Journal of Poultry Science. 89: 588-593.

Zuber, T., and M. Rodehutscord. 2017. Variability in amino acid digestibility and metabolizable energy of corn studied in cecectomized laying hens. Journal of Poultry Science. 96: 1696-1706.