

ผลของข้าวโพดมอลต์แซคติกในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การย่อยได้ของโภชนะ และประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนท้ายของไก่กระທ

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

สุรathip ไซวงส์¹, มณีวรรณ ยะกับ², ณัฐพันธ์ กัณธิยะ², มนต์นันท์ นพรัตน์ไมตรี³, กฤษณธร ลินตะละ¹, พรรณพร กุลมา¹, รัชณี บั้วระภา¹ และ วุฒิกร สระแก้ว^{1*}

Suthathip Chaiwong¹, Maneewan Yakab², Natthapan Kanthiya², Manatsanun Nopparatmaitree³, Kitsanathon Sintala¹, Phannaphon Kullama¹, Ratchanee Boarapa¹ 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: การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติกในสูตรอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การย่อยได้ของโภชนะ โภชนะย่อยได้ที่ได้รับ และจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนท้ายของไก่กระທ โดยใช้ลูกไก่กระທเพศผู้สายพันธุ์ Cobb 500 อายุ 1 วัน จำนวน 400 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งเป็น 4 ทรีทเมนต์ ๆ ละ 4 ซ้ำ โดยแต่ละทรีทเมนต์แตกต่างกันที่ระดับการใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติกในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 35 วัน ผลการทดลองพบว่า การใช้ข้าวโพดมอลต์แซคติกในอาหารไก่กระທสามารถเพิ่มน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเลี้ยงรอดและดัชนีประสิทธิภาพการผลิต ($P < 0.05$) ขณะที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวมีแนวโน้มลดลง ($P < 0.08$) นอกจากนี้ ข้าวโพดมอลต์แซคติกยังสามารถเพิ่มการย่อยได้และโภชนะย่อยได้ที่ได้รับในส่วนวัตถุดิบและโปรตีน ($P < 0.05$) รวมถึงเพิ่มแบคทีเรียกรดแลคติกและลด *Esherichia coli* ในลำไส้ส่วนท้าย ($P < 0.01$) โดยสรุป ข้าวโพดมอลต์แซคติกซึ่งเป็นวัตถุดิบพลังงานดัดแปลงให้โปรตีนสูงสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารของไก่กระທได้โดยส่งผลดีต่อการย่อยได้ของโภชนะ และสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่กระທ

คำสำคัญ: มอลต์แซคติก; การย่อยโภชนะ; ประชากรของจุลินทรีย์; สมรรถนะการเจริญเติบโต; ไก่กระທ

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

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 *Escherichia 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 เช่นเดียวกับการขยายตัวของอุตสาหกรรมผลิตไก่กระตัง ไก่กระตังเป็นสัตว์ปีกที่มีการเจริญเติบโตเร็วและต้องการอาหารที่มีโปรตีนและพลังงานสูง สูตรอาหารสำหรับเลี้ยงไก่กระตังจึงมีความจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบให้โปรตีนและให้พลังงานคุณภาพดีในปริมาณมาก เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการในการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม สถานการณ์ด้านวัตถุดิบอาหารสัตว์ในปัจจุบันพบว่าวัตถุดิบคุณภาพดีขาดแคลนและมีราคาสูง โดยเฉพาะวัตถุดิบให้โปรตีน เช่น กากถั่วเหลือง และปลาป่น เหตุผลดังกล่าวทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบโปรตีนในการผลิตอาหารสำหรับไก่กระตังและหรือทำให้ต้นทุนอาหารราคาสูงขึ้นหากใช้วัตถุดิบโปรตีนคุณภาพดีในปริมาณสูงส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นการหาแหล่งวัตถุดิบทดแทนหรือพัฒนาวัตถุดิบโปรตีนจากวัตถุดิบที่มีราคาถูกจึงมีความจำเป็นและได้รับความสนใจอย่างยิ่งจากนักวิจัยด้านโภชนศาสตร์อาหารสัตว์เพื่อให้สามารถนำมาใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารโปรตีนคุณภาพดีที่ขาดแคลนและมีราคาสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากสามารถพัฒนาวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรอาหารในปริมาณมากอยู่แล้วให้มีโปรตีนสูงขึ้นได้ เนื่องจากเป็นกลุ่มวัตถุดิบที่ต้องใช้ในสูตรอาหารในสัดส่วนสูงหากสามารถปรับปรุงปริมาณโปรตีนให้เพิ่มสูงขึ้นได้จะทำให้สามารถลดสัดส่วนการใช้วัตถุดิบโปรตีนสูงในสูตรอาหาร ด้วยเหตุนี้การปรับปรุงคุณภาพของวัตถุดิบพลังงานซึ่งเป็นกลุ่มวัตถุดิบหลักที่ใช้ในสูตรอาหารให้มีระดับโปรตีนที่สูงขึ้นเพื่อให้สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานที่สามารถทดแทนการใช้วัตถุดิบโปรตีนในสูตรอาหารจึงได้รับความสนใจ โดยข้าวโพดจัดเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานหลักในสูตรอาหารไก่กระตังแต่มีโปรตีนไม่สูงมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดธัญพืชอื่นๆ โดยมีโปรตีนเฉลี่ย 7.0-12.6 เปอร์เซ็นต์ (Zuber and Rodehutschord, 2017) รวมถึงมีข้อจำกัดในการย่อยได้ของโภชนะเนื่องจากเมล็ดข้าวโพดมีโปรตีนห่อหุ้มเมล็ดเรียกว่าโปรตีนคิวติเคิล (Protein cuticle) ที่แข็ง (Adedokun et al., 2015) การปรับปรุงคุณภาพเมล็ดข้าวโพดโดยการเพิ่มระดับโปรตีนและเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยได้ของโภชนะในเมล็ดข้าวโพดให้สูงขึ้นจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นและได้รับความสนใจจากนักวิจัย จากการปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดในรูปข้าวโพดมอลต์แซคติก (Corn malt-sactic) โดยนำเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการตัดแปลงจากการเปลี่ยนรูปข้าวโพดให้เป็นข้าวโพดมอลต์มาหมักร่วมกับน้ำหมักจุลินทรีย์ 2 ชนิด ได้แก่ ยีสต์ (Yeast) และแบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) (วุฒิกกร และคณะ, 2564) เพื่อเพิ่มโปรตีนและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของเมล็ดข้าวโพด โดยผลจากการผลิตมอลต์เป็นการเปลี่ยนรูปของแป้งให้อยู่ในรูปของน้ำตาลและเพิ่มระดับโปรตีนจากการงอกของต้นอ่อนซึ่งพบว่า ข้าวโพดมอลต์มีระดับน้ำตาลสูงและมีโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 7.0-8.0 เปอร์เซ็นต์เป็น 10.0 เปอร์เซ็นต์ (รัชนิ และคณะ, 2564) นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้มอลต์เลี้ยงไก่กระตังสามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Sedghi and Akbari Moghaddam, 2018) ขณะที่การนำข้าวโพดมอลต์มาหมักร่วมกับเชื้อยีสต์ช่วยให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มสูงขึ้นกว่าการผลิตมอลต์แบบปกติ (วุฒิกกร และคณะ, 2564) เช่นเดียวกันกับการใช้ยีสต์ในกระบวนการหมักอาหารสัตว์ที่มีผลต่อการย่อยได้ที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย (Lunsin et al., 2021) อย่างไรก็ตาม กระบวนการหมักด้วยเชื้อยีสต์นั้นทำให้เกิดผลผลิตเป็นแอลกอฮอล์ซึ่งมีกลิ่นค่อนข้างฉุนส่งผลต่อความน่ากินและอาจส่งผลต่อปริมาณการกินได้ที่ลดลง รวมถึงส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาวัตถุดิบอาหารสัตว์หมัก ด้วยเหตุนี้แบคทีเรียกรดแลคติกจึงถูกนำมาใช้หมักร่วมกับเชื้อยีสต์เพื่อลดปริมาณแอลกอฮอล์ที่เกิดจากกระบวนการหมัก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Hynes et al. (1997) พบว่า การใช้เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกในการหมักส่งผลทำให้เกิดกรดและลดปริมาณแอลกอฮอล์ในอาหารหมักได้ เพิ่มความน่ากินและยืดอายุการเก็บรักษาอาหารหมักได้นานขึ้น และสามารถเพิ่มระดับโปรตีนได้ จากรายงานของ พิทักษ์ชัย (2564) พบว่า เมล็ดข้าวโพดมอลต์แซคติกมีโปรตีน 12.0-16.0 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 3.65-4.20 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 12.0-14.1 เปอร์เซ็นต์และเถ้า 2.56-2.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของวุฒิกกร และคณะ (2564) พบว่า การผลิตข้าวโพดมอลต์

แซคตดิกโดยการหมักข้าวโพดมอลต์ร่วมกับจุลินทรีย์ยีสต์และแบคทีเรียกรดแลคติกทำให้โปรตีนในเมล็ดข้าวโพดเพิ่มขึ้นจาก 7.8 เปอร์เซ็นต์เป็น 14.2 เปอร์เซ็นต์ และส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรดต่างของวัตถุดิบหมักลดลงเร็วสุดเมื่อเทียบกับการหมักร่วมกับยีสต์เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้จากคุณสมบัติดังกล่าวของเมล็ดข้าวโพดมอลต์แซคตดิกอาจเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานและมีโปรตีนสูงทางเลือกใหม่สำหรับนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารไก่กระตังได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อศึกษาผลของการใช้ข้าวโพดมอลต์แซคตดิกในสูตรอาหารต่อประสิทธิภาพการย่อยของโภชนะ ปริมาณประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนท้ายและสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่กระตัง

วิธีการศึกษา

สัตว์ทดลองและสถานที่ทดลอง

ใช้ลูกไก่กระตังสายพันธุ์ Cobb 500 เพศผู้อายุ 1 วัน จำนวน 400 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 38 กรัม ที่ผ่านการการทำวัคซีนนิวคาสเซิลและหลอดลมอักเสบติดต่อกัน (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 ภายใต้คอกทดลองในสภาพแวดล้อมแบบปล่อย โดยทุกคอกมีการล้างทำความสะอาด ซ้ำเช็ดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ BIOCLEAN และโรยปูนขาวทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นทำการปูพื้นด้วยแกลบที่ผ่านการตากแดดเป็นเวลา 3 วัน โดยปูพื้นให้มีความหนาเฉลี่ยจากพื้น 15 เซนติเมตร ติดตั้งอุปกรณ์กักขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตรต่อ 1 คอก โดยเพิ่มอุณหภูมิกักโดยใช้หลอดไฟขนาด 100 วัตต์จำนวน 2 หลอดต่อคอก จากนั้นทำการพ่นยาฆ่าเชื้อแกลบอีกครั้งก่อนพักเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน ก่อนนำสัตว์ทดลองเข้าเลี้ยงในคอกทดลอง

การออกแบบการทดลอง

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

- ทริทเมนต์ที่ 1 คือ สูตรอาหารไม่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคตดิก (สูตรควบคุม)
- ทริทเมนต์ที่ 2 คือ สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคตดิก ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์
- ทริทเมนต์ที่ 3 คือ สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคตดิก ที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์
- ทริทเมนต์ที่ 4 คือ สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคตดิก ที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์

การผลิตข้าวโพดมอลต์แซคตดิก

การผลิตข้าวโพดมอลต์แซคตดิกเป็นการหมักข้าวโพดที่ผ่านการทำมอลต์ร่วมกับน้ำหมักจุลินทรีย์ยีสต์และแบคทีเรียกรดแลคติก โดยการผลิตข้าวโพดมอลต์อ้างอิงตามวิธีการของวุฒิกิจ และคณะ (2564) เริ่มจากนำเมล็ดข้าวโพดอาหารสัตว์ จำนวน 30 กิโลกรัม มาแช่น้ำเป็นเวลา 5 ชั่วโมง (สัดส่วนเมล็ดข้าวโพดต่อน้ำ 1 ต่อ 3 ส่วนโดยน้ำหนัก) จากนั้นเทน้ำออกให้หมด นำเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการแช่น้ำแล้วมาบ่มต่อในตะกร้าที่มีรูระบายอากาศโดยรอบ คลุมด้านบนด้วยผ้ากระสอบปานที่เปียกน้ำและทำการรดน้ำสะอาดเช้า-เย็น บ่มทิ้งไว้เป็นเวลา 3-5 วัน (ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ) จะได้เมล็ดข้าวโพดมอลต์ที่ออกพองดี จากนั้นนำข้าวโพดมอลต์ที่ได้ไปหมักร่วมกับน้ำหมักจุลินทรีย์ยีสต์และแบคทีเรียกรดแลคติก โดยน้ำหมักจุลินทรีย์ยีสต์ผลิตตามวิธีการของ (Thongnum et al., 2018) จากการขยายเชื้อจุลินทรีย์ยีสต์ โดยใช้ผงยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) 100 กรัม ร่วมกับยีสต์เลี้ยง 24 กรัม ผสมกับกากน้ำตาล 100 กรัม จากนั้นเติมน้ำให้ครบ 1 ลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน ทำการให้ออกซิเจนผ่านเครื่องให้ออกซิเจนขนาดเล็กตลอดระยะเวลาการบ่ม จากนั้นทำการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ยีสต์ พบว่า มีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 6.90×10^7 CFU/มิลลิลิตร ขณะที่น้ำหมักแบคทีเรียกรดแลคติก ผลิตตามวิธีการของ (Bureenok et al., 2007) โดยทำการขยายหัวเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก โดยใช้ใบหญ้าเนเปียร์จำนวน 200 กรัม บั่นให้ละเอียด เติมน้ำให้ครบ 1 ลิตร จากนั้นกรองเอาแต่น้ำแล้วเติมน้ำตาลทราย 20 กรัม ทำการบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำมาใช้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก พบว่า มีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 2.02×10^8 CFU/มิลลิลิตร เมื่อได้ส่วนผสม

ทั้ง 3 ชนิดแล้วนำวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมในการผลิตมอลต์แชคคิค ได้แก่ ข้าวโพดมอลต์ น้ำมัจจุลินทรีย์ยีสต์และน้ำหมักแบคทีเรียกรดแลคติกมาหมักร่วมกัน โดยนำเมล็ดข้าวโพดมอลต์ที่งอกพอดีแล้วมาผสมกับหัวเชื้อจุลินทรีย์ยีสต์และแบคทีเรียกรดแลคติกอย่างละ 1 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) จากนั้นทำการหมักในถังหมักภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนเป็นเวลา 14 วัน ก่อนนำมาตากแดดให้แห้ง จากนั้นนำไปบดและเก็บไว้ใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์ทดลอง โดยก่อนนำข้าวโพดมอลต์แชคคิคที่เตรียมแล้วไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผสมในสูตรอาหารทดลอง จะทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดและเมล็ดข้าวโพดมอลต์แชคคิคมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ เยื่อใยรวม ไขมันรวม และเถ้า ตามวิธีของ AOAC (1995) วิเคราะห์ค่าพลังงานรวม (Gross energy, GE) โดยการนำตัวอย่างข้าวโพดและข้าวโพดมอลต์แชคคิคมาเผาหาค่าพลังงานด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter รุ่น LECO AC 's 500 และวิเคราะห์ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolization energy, ME) โดยทำการเก็บมูลของไก่กระต่ายอายุ 5 สัปดาห์ที่เลี้ยงบนกรงขังเดี่ยวและได้รับการป้อน (force feeding) เมล็ดข้าวโพดและข้าวโพดมอลต์แชคคิคเป็นเวลา 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 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมอาหาร ระยะที่ 2 อายุ 4-5 สัปดาห์ มีโปรตีน 21 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 3,300 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามคำแนะนำของ NRC (1994) สูตรอาหารมีส่วนผสมของ ข้าวโพดบด ปลายข้าว รำละเอียด กากถั่วเหลืองและปลาป่น เป็นหลัก และแต่ละสูตรมีความแตกต่างกันที่ระดับการใช้ข้าวโพดมอลต์แชคคิคในสูตรอาหารที่ระดับ 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= สูตรอาหารไม่ใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติก (สูตรควบคุม), T2= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติกที่ระดับ 5 %, T3= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติกที่ระดับ 10 %, T4= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติกที่ระดับ 15 %

สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่กระทอง

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

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

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

การย่อยได้ของโภชนะในอาหารไก่กระตัง

ทำการศึกษากการย่อยได้ของโภชนะในไก่กระตังใช้วิธีการ Indicator method โดยเมื่อไก่กระตังอายุครบ 21 วัน ทำการสุ่มไก่กระตังที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันหน่วยทดลองละ 3 ตัว มาเลี้ยงบนกรงขังเดี่ยวขนาด กว้าง × ยาว × สูง เท่ากับ 35 × 45 × 50 เซนติเมตร ที่รองพื้นด้านล่างด้วยถาดเก็บมูล และมีที่ให้น้ำให้อาหารด้านหน้าของกรง ไก่กระตังทดลองที่ถูกสุ่มได้รับอาหารทดลองในแต่ละสูตรที่ผสมด้วยโครมิกซออกไซด์ (Cr₂O₃) 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 โดยสุ่มเก็บอาหารและมูลของไก่กระตังที่ได้รับอาหารทดลองผสมโครมิกซออกไซด์ ในส่วนของตัวอย่างมูลเก็บลงในถุงเก็บจากนั้นทำการเติมกรดซัลฟิวริก (H₂SO₄) ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีของ Mountzouris et al. (2010) ก่อนนำตัวอย่างอาหารและตัวอย่างมูลมาวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ เยื่อใยรวม ไขมันรวม และเถ้า รวมถึงวิเคราะห์หาปริมาณโครมิกซออกไซด์ตามวิธีของ AOAC (1995) จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาความสัมพันธ์การย่อยได้ของโภชนะ ตามวิธีของ Sharifi et al. (2012) ดังสมการ

$$\text{ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (Apparent dry matter digestibility)} = \frac{(\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ ในมูล} - \% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ ในอาหาร}) \times 100}{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ ในมูล}}$$

$$\text{ค่าการย่อยได้ของโภชนะ (Apparent nutrient digestibility)} = 100 - [100 \times \frac{(\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ ในอาหาร} \times \% \text{ โภชนะในมูล})}{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ ในมูล} \times \% \text{ โภชนะในอาหาร}}$$

คำนวณค่าโภชนะย่อยได้ที่ได้รับต่อวัน โดยนำค่าสัมพันธ์การย่อยได้ของโภชนะแต่ละชนิดมาคูณกับปริมาณโภชนะที่ได้รับแต่ละชนิดในหน่วย (กรัม/ตัว/วัน) ดังสมการ

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

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

จุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนท้ายของไก่กระตัง

เมื่อไก่กระตังอายุครบ 5 สัปดาห์ ทำการวัดจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนท้าย โดยทำการสุ่มไก่กระตังหน่วยทดลองละ 3 ตัว อดอาหารอย่างน้อย 6 ชั่วโมง จากนั้นทำการฆ่าและเพื่อทำการเก็บตัวอย่างของสิ่งย่อยในลำไส้ส่วนท้ายโดยทำการตัดตัวอย่างลำไส้เหนือไส้ติ่ง 1 นิ้ว แล้วเก็บตัวอย่างของสิ่งย่อยในไส้ติ่งและส่วนของลำไส้ใหญ่ลงในอุปกรณ์เก็บที่ทำการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นนำไปทำการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณจุลินทรีย์คือ แบคทีเรียกรดแลคติก, *Enterococci*, *E.coli*, และ *Salmonella* ด้วยวิธี Culture technique โดยใช้ Selective media คือ MRS agar + 0.02% NaH₃ + 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) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ทดลองด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ (SAS, 1998) โดยกำหนดค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลของข้าวโพดมอลต์แชคติดต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตในไก่กระตัง

การใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติดในสูตรอาหารของไก่กระตังต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตพบว่า ไก่กระตังที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติดทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ที่อายุการเลี้ยงที่ 0-3 สัปดาห์ มีน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตต่อวันเพิ่มสูงขึ้น ($P < 0.05$) ปริมาณการกินได้และดัชนีประสิทธิภาพการให้ผลผลิตสูงขึ้น ($P < 0.01$) ขณะที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวมีแนวโน้มลดลง ($P = 0.07$) และไม่มีความแตกต่างกันในส่วนของการเลี้ยงรอด ($P > 0.05$) ที่อายุการเลี้ยง 4-5 สัปดาห์ พบว่าการใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติดในสูตรอาหาร มีผลทำให้น้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงขึ้น ($P < 0.05$) อัตราการเลี้ยงรอดและดัชนีประสิทธิภาพการให้ผลผลิตสูงขึ้น ($P < 0.01$) อย่างไรก็ตาม ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ($P > 0.05$) และเมื่อทำการวัดสมรรถนะการให้ผลผลิตของไก่กระตังตลอดระยะเวลาการทดลอง 0-5 สัปดาห์ พบว่า การใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติดในสูตรอาหารมีผลทำให้น้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตต่อวันเพิ่มสูงขึ้น ($P < 0.05$) อัตราการเลี้ยงรอดและดัชนีประสิทธิภาพการให้ผลผลิตสูงขึ้น ($P < 0.01$) และยังคงส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวมีแนวโน้มลดลง ($P = 0.08$) อย่างไรก็ตาม ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ ($P > 0.05$) ดังแสดงใน **Table 2** จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติดในสูตรอาหารที่ระดับ 5-15 เปอร์เซ็นต์ส่งผลต่อน้ำหนักตัว การเจริญเติบโตต่อวัน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร อัตราการเลี้ยงรอดและดัชนีประสิทธิภาพการให้ผลผลิต ซึ่งน้ำหนักตัวที่เพิ่มสูงขึ้นมีความสอดคล้องกับ โภชนะย่อยได้ที่ได้รับที่เพิ่มสูงขึ้นในไก่กระตังที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติด ซึ่งจากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ไก่กระตังที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติดมีการย่อยได้ของวัตถุดิบและโปรตีนสูงขึ้นทำให้ผลต่อปริมาณโภชนะย่อยได้ที่ได้รับในส่วนของวัตถุดิบและโปรตีนเพิ่มขึ้นส่งผลให้ไก่กระตังมีน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น นอกจากนี้ข้าวโพดมอลต์แชคติดยังมีจุลินทรีย์กลุ่มที่เป็นประโยชน์รวมอยู่ด้วย เช่น แบคทีเรียกรดแลคติก การได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติดจึงเหมือนการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์กลุ่มของแบคทีเรียกรดแลคติกในลำไส้ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มนี้มีผลต่อการลดลงของประชากรจุลินทรีย์ก่อโรค เพิ่มความแข็งแรงและสุขภาพที่ดีของลำไส้ กระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกัน ส่งเสริมการย่อยและการดูดซึมสารอาหาร และทำให้สมรรถนะการเจริญเติบโตของสัตว์เลี้ยงเพิ่มสูงขึ้น (Bai et al., 2017) การเจริญเติบโตที่เพิ่มสูงขึ้นในทุก ๆ ช่วงระยะเวลาการทดลองในไก่กระตังที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติด นอกจากนั้นยังพบว่า ผลของการใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติดในสูตรอาหารนั้นส่งผลทำให้ปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้นเฉพาะในช่วงทดลองที่ 0-3 สัปดาห์ ทั้งนี้ปริมาณการกินได้ที่เพิ่มขึ้นของไก่กระตังที่ได้รับสูตรอาหารข้าวโพดมอลต์แชคติดในช่วงแรกนั้นมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตและค่าการย่อยได้ของโภชนะที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากในช่วงแรกลูกไก่กระตังยังมีประสิทธิภาพการย่อยที่ไม่สูงมากนัก การใช้ข้าวโพดที่มีความแข็งและมีโปรตีนหุ้มเมล็ดที่หนาในสูตรอาหารทำให้การย่อยเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ อาหารที่ย่อยช้าจะตกค้างในกระเพาะพักนานและส่งผลทำให้ปริมาณการกินได้ลดลง ขณะที่การใช้ข้าวโพดในรูปของมอลต์ที่หมักร่วมกับจุลินทรีย์จะทำให้โปรตีนหุ้มเมล็ดนั้นอ่อนลงทำให้ย่อยได้มากขึ้น และกระบวนการเกิดมอลต์นั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลและมีเอนไซม์กลุ่มมอลเตส (maltase) และอะไมเลส (amylase) เกิดขึ้น เมื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารทำให้ลูกไก่กระตังที่ได้รับอาหารผสมมอลต์สามารถย่อยได้เร็วขึ้นมีผลต่อทำให้ลูกไก่กระตังสามารถกินอาหารใหม่ได้เร็วขึ้นและปริมาณมากขึ้น สอดคล้องกับ Svihus (2011) ที่พบว่า ปริมาณการกินได้ในสัตว์ปีกมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการย่อยอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งประสิทธิภาพการย่อยของแป้ง โดยปริมาณการกินได้จะ

เพิ่มสูงขึ้นตามค่าการย่อยได้ที่สูงขึ้น และปริมาณการกินได้และการย่อยได้ที่สูงขึ้นทำให้ไก่กระทงได้รับโภชนะมากขึ้นและมีผลทำให้ อัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม การใช้ข้าวโพดมอลต์แชคคิคไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ในช่วงการทดลองที่ 4-5 และ 0-5 สัปดาห์ ส่งผลทำให้เมื่อนำมาคำนวณหาค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวมีแนวโน้มลดลงในไก่กระทงที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แชคคิค นั้นแสดงให้เห็นว่า ไก่กระทงที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แชคคิคมีการใช้อาหารต่อการเจริญเติบโต 1 กิโลกรัมลดลงเมื่อเทียบกับไก่กระทงที่ได้รับสูตรอาหารที่ไม่ใช้ข้าวโพดมอลต์แชคคิค จำนวนไก่กระทงที่ตายลดลงระหว่างทดลองทำให้ค่าอัตราการเลี้ยงรอดมีค่าสูงขึ้นประกอบกับน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นระหว่างทดลองสูงขึ้นในไก่กระทงที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แชคคิคส่งผลให้ค่าคำนวณดัชนีประสิทธิภาพการผลิตมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ในส่วนของค่าอัตราการเลี้ยงรอดที่เพิ่มขึ้นในกลุ่มของไก่กระทงเกิดขึ้นจากลดลงของอัตราการตายในช่วงท้ายของไก่กระทงที่ได้ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แชคคิค ซึ่งอาจเป็นผลมาจากในกระบวนการผลิตมอลต์เกิดสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) จากการงอกของต้นอ่อน ซึ่งสารประกอบกลุ่มดังกล่าวมีบทบาทในการต้านอนุมูลอิสระ กระตุ้นภูมิคุ้มกัน และกระตุ้นการหลั่งน้ำย่อยในท่อทางเดินอาหาร (Qingming et al., 2010) ดังรายงานการเสริมมอลต์สกัดจากข้าวบาร์เลย์ในสูตรอาหารสำหรับส่งผลทำให้ปริมาณผลผลิตไข่เพิ่มสูงขึ้น ขนาดความยาวของวิลไลในลำไส้เพิ่มมากขึ้น และยังส่งผลทำให้ปริมาณภูมิคุ้มกัน IgG และ IgA เพิ่มสูงขึ้น (Sedghi et al., 2022) รวมถึงส่งผลทำให้อัตราการสูญเสียย่อยลงและเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่กระทง (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 $P \leq 0.05$, 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= สูตรอาหารไม่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคคิก (สูตรควบคุม), T2= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคคิกที่ระดับ 5 %, T3= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคคิกที่ระดับ 10 %, T4= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แซคคิกที่ระดับ 15 %

ผลของข้าวโพดมอลต์แซคคิกปริมาณต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้และโภชนะย่อยได้ที่ได้รับในไก่กระตัง

จากผลการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไก่กระตังที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แซคคิกทั้ง 3 ระดับมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบและโปรตีนสูงกว่าไก่กระตังกลุ่มที่ไม่ได้รับข้าวโพดมอลต์แซคคิก ($P < 0.05$) ส่งผลให้ปริมาณโภชนะย่อยได้ที่ได้รับในส่วนของวัตถุดิบและโปรตีนมีค่าสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไก่กระตังกลุ่มที่ไม่ได้รับข้าวโพดมอลต์แซคคิก อย่างไรก็ตาม สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะและปริมาณโภชนะย่อยได้ที่ได้รับในส่วนของเยื่อใย ไขมันและเถ้าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ($P > 0.05$) ดังแสดงใน **Table 3** จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการใช้ข้าวโพดมอลต์แซคคิกในสูตรอาหารส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการย่อยในไก่กระตังดีขึ้น และส่งผลทำให้ไก่กระตังได้รับโภชนะที่ย่อยได้เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของวัตถุดิบและโปรตีน สอดคล้องกับรายงานของเกชาและคณะ (2564) พบว่า การใช้ข้าวโพดมอลต์แซคคิกในสูตรอาหารสัตว์ไก่

เนื้อพื้นเมือง แปะและโคเนื้อส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการย่อยได้ของโภชนะและการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากข้าวโพดมอลต์ แชคติกเป็นเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการทำมอลต์และหมักร่วมกับจุลินทรีย์ยีสต์และแบคทีเรียกรดแลคติกทำให้มีค่าการย่อยได้สูงกว่าข้าวโพดธรรมดา โดยข้าวโพดมอลต์แชคติกจะเกิดการเปลี่ยนเมล็ดข้าวโพดให้อยู่ในรูปของมอลต์ที่หมักร่วมกับจุลินทรีย์จะทำให้โปรตีนหุ้มเมล็ดนั้นอ่อนลงทำให้ย่อยได้มากขึ้น และกระบวนการเกิดมอลต์นั้นเป็นการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลและมีเอนไซม์กลุ่มมอลเตส (maltase) และอะไมเลส (amylase) เกิดขึ้น (อัททะบัทคาน, 2540) เอนไซม์ที่เกิดขึ้นสามารถช่วยในการย่อยแป้งในทางเดินอาหารได้ สอดคล้องกับ นิลวรรณ (2548) รายงานว่า เอนไซม์อะไมเลสในมอลต์จากข้าวบาร์เลย์สดสามารถย่อยแป้งในลำไส้เล็กได้ นอกจากนี้ จุลินทรีย์ยีสต์และแบคทีเรียกรดแลคติกที่ใช้ในกระบวนการผลิตข้าวโพดมอลต์แชคติก ยังสามารถเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ได้เมื่ออยู่ในต่อทางเดินอาหารของสัตว์ โดยแบคทีเรียกรดแลคติกจัดเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในต่อทางเดินอาหาร ช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคและทำให้ผนังลำไส้มีความแข็งแรง ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการย่อยอาหารเพิ่มขึ้น (วุฒิกุลและคณะ, 2564) เช่นเดียวกับรายงานของ ยูวเรศ และ พิเชษฐ (2562) พบว่า การใช้โปรไบโอติกที่เสริมในน้ำดื่มของไก่กระທงประกอบด้วย *B. subtilis* และ *L. salivarius* สามารถส่งเสริมสุขภาพลำไส้โดยการเพิ่มความสูงวิลไลและความลึกของคริปต์ ส่งผลทำให้การย่อยและการดูดซึมของโภชนะมีประสิทธิภาพดีขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า การเสริมโปรไบโอติกในอาหารสามารถเพิ่มการย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง แคลเซียม ฟอสฟอรัส โปรตีน และกรดอะมิโนในไก่กระທงอายุ 21 และ 42 วัน (Li et al., 2008) และช่วยเพิ่มการย่อยได้พลังงานในอาหารไก่กระທงที่อายุ 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 $P \leq 0.05$, SEM = standard error of mean, T1= สูตรอาหารไม่ใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติก (สูตรควบคุม), T2= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติกที่ระดับ 5 %, T3= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติกที่ระดับ 10 %, T4= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติกที่ระดับ 15 %

ผลของข้าวโพดมอลต์แชคติกต่อประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนท้ายของไก่กระทง

การใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติกในสูตรอาหารไก่กระทงต่อประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนท้ายพบว่า ไก่กระทงที่ได้รับข้าวโพดมอลต์แชคติกทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารมีจำนวนประชากรจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียกรดแลคติกในลำไส้ส่วนท้ายสูงกว่าไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหารควบคุม ($P < 0.01$) ขณะที่จำนวนประชากร *E. coli* มีจำนวนลดลงในกลุ่มของไก่กระทงที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติกทั้ง 3 ระดับ ($P < 0.01$) อย่างไรก็ตาม พบว่า ข้าวโพดมอลต์แชคติกไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ *Enterococci*, *Salmonella* spp., ยีสต์และรา และจุลินทรีย์รวมทั้งหมด (total plate count) ($P > 0.05$) ดังแสดงใน Table 4 จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติกในสูตรอาหารสามารถเพิ่มประชากรจุลินทรีย์กลุ่มของ แบคทีเรียกรดแลคติกและลดประชากรของ *E. coli* ได้ ทั้งนี้การเพิ่มประชากรจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียกรดแลคติกน่าจะเกิดจากข้าวโพดมอลต์แชคติกเป็นข้าวโพดมอลต์ที่ผ่านการหมักร่วมกับจุลินทรีย์ยีสต์และแบคทีเรียกรดแลคติกซึ่งจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดเมื่อผสมอยู่ในอาหารหมักและถูกนำไปผสมในสูตรอาหารทำให้สัตว์ทดลองที่ได้รับจุลินทรีย์ชนิดดังกล่าวเข้าไปพร้อมกับการกินอาหารซึ่งเป็นการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์จากภายนอกเข้าสู่ต่อทางเดินอาหารจึงส่งผลทำให้ประชากรแบคทีเรียกรดแลคติกเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Kuprys-Caruk et al. (2019) พบว่า จำนวนของแบคทีเรียกรดแลคติกในต่อทางเดินอาหารส่วนท้ายและในมูลเพิ่มสูงขึ้นเมื่อทำการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกในสูตรอาหารสำหรับไก่เนื้อ ซึ่งแบคทีเรียกรดแลคติกจัดเป็นแบคทีเรียกลุ่มที่ดีในลำไส้ส่วนท้ายซึ่งมีหลายชนิด เช่น *Bifidobacterium* spp., *B. adolescentis*, *B. longum* เป็นต้น Sharifi et al. (2012) พบว่า การเพิ่มขึ้นของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์คือ *Lactobacillus* spp. และ *Bifidobacteria* spp. มีผลเพิ่มสมรรถนะการผลิตและพัฒนาสุขภาพของสัตว์เลี้ยง นอกจากนี้การเพิ่มจำนวนของ *Lactobacillus* spp. และ *Bifidobacteria* spp. ในลำไส้จะส่งผลทำให้ลำไส้มีสภาพเป็นกรดมากขึ้นซึ่งสภาพดังกล่าวไม่เหมาะสมในการดำรงชีวิตและหรือการเจริญเติบโตแบคทีเรียที่ก่อโทษ ส่งผลทำให้แบคทีเรียก่อโรคเช่น *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 มีการแย่งเกาะกับผนังลำไส้กับกลุ่มจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทำให้จุลินทรีย์กลุ่มก่อโรคมียีนจำนวนลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Chen et al. (2017) พบว่า การเสริม *L. salivarius* และ *P. pentosaceus* ส่งผลทำให้จำนวน *E. coli* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลดังกล่าวมีความใกล้เคียงกับผลการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่า การใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติกในสูตรอาหารสามารถเพิ่มประชากรของแบคทีเรียกรดแลคติกและมีผลทำให้ลดประชากรของจุลินทรีย์ก่อโรคชนิด *E. coli* ในต่อทางเดินอาหารส่วนท้าย

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

Microbial population (log ₁₀ 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
<i>Enterococci</i>	9.59	9.57	9.56	9.61	0.12	0.45
<i>E.coli</i>	6.90 ^b	6.54 ^a	6.53 ^a	6.59 ^a	0.01	0.01
<i>Salmonella</i> 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 $P < 0.05$, SEM = standard error of mean, T1= สูตรอาหารไม่ใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติก (สูตรควบคุม), T2= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติกที่ระดับ 5 %, T3= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติกที่ระดับ 10 %, T4= สูตรอาหารใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติกที่ระดับ 15 %

สรุป

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าการใช้ข้าวโพดมอลต์แชคติกในสูตรอาหารสำหรับไก่กระທงที่อายุ 0-35 วัน ที่ระดับ 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลทำให้ปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะในส่วนของวัตถุแห่งและโปรตีนเพิ่มขึ้น รวมถึงส่งผลทำให้สมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลทำให้ประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนท้ายกลุ่มแบคทีเรียกรดแลคติกสูงชันขณะที่แบคทีเรีย *E. coli* มีแนวโน้มลดจำนวนลง แสดงให้เห็นว่าข้าวโพดมอลต์แชคติกมีศักยภาพในการใช้เป็นวัตถุดิบพลังงานให้โปรตีนสูงสำหรับไก่กระທงได้

คำขอบคุณ

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

เอกสารอ้างอิง

- เกษา คูหา, รัชณี บัวระภา, สุธาทิพย์ ไชยวงศ์, วุฒิกกร สระแก้ว, ปิยะมาษฐ์ ตัณฑ์เจริญรัตน์ และลักษมี กาถม. 2564. นวัตกรรมการผลิตวัตถุดิบตัดแปลงข้าวโพดมอลต์ยีสต์ malt-sactic เพื่อเป็นแหล่งพลังงานโปรตีนสูงร่วมกับการพัฒนาอาหารหยาบจากวัสดุเศษเหลือจากข้าวโพดในรูปของ corn-sactic : บูรณาการวิจัยเชิงผลผลิตร่วมกลุ่มเกษตรกรกลุ่มผู้เลี้ยงสัตว์ปีก แพะและโคเนื้อจังหวัดน่าน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน. น่าน.
- นิลวรรณ เพชรบูรณิน. 2548. พลังแห่งเอ็นไซม์บำบัด. กรุงเทพฯ:วงพิมพ์. กรุงเทพฯ.
- พิทักษ์ชัย ลีประดิษฐ์. 2564. ผลของการใช้เมล็ดข้าวโพดมอลต์แชคติกในสูตรอาหารต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้และสมรรถนะการเจริญเติบโตในโคเนื้อสาวทดแทน. ปัญหาพิเศษ ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน. น่าน.
- ยูเวศ เรืองพานิช และพิเชษฐ ศรีบุญยงค์. 2562. ผลของการใช้โปรไบโอติก (GUT PRO) ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและสัญญาณวิทยาของลำไส้ของไก่เนื้อ. วารสารสัตวแพทยมหานครสาร. 14(1): 23-32.
- รัชณี บัวระภา, เกษา คูหา, กฤษณธร สินตะละ, วุฒิกกร สระแก้ว และชนันท์ ศุภกิจจานนท์. 2564. ผลของการใช้เมล็ดข้าวโพดผ่านการแปรสภาพด้วยกรรมวิธีต่างกัน เป็นแหล่งพลังงานในอาหารผสมสำเร็จต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายของเหลวจากกระเพาะรูเมน และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊สในหลอดทดลอง. วารสารแก่นเกษตร. 49(5): 1080-1091.
- วุฒิกกร สระแก้ว, พิทักษ์ชัย ลีประดิษฐ์, สุธาทิพย์ไชยวงศ์, รัชณีบัวระภา, กฤษณธร สินตะละ และเกษา คูหา. 2564. การผลิตข้าวโพดมอลต์หมักต่อองค์ประกอบทางเคมีและจลนศาสตร์การผลิตแก๊สโดยวิธีการ *in vitro* gas production technique. วารสารแก่นเกษตร. 48(ฉบับพิเศษ1): 496-501.
- สุชน ตั้งทวีพัฒน์, เทิดชัย เวียรศิลป์ และบุญล้อม ชิวอิสระกุล. 2531. การหาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของข้าวเปลือกบด และถั่วมะฮะบด โดยวิธีการแทนที่ของอาหารเปรียบเทียบและการใช้เป็นอาหารเดียวในสัตว์ปีก. วารสารเกษตร. 4(2): 108-121.
- อัคกะบัทคาน ปาทาน. 2540. การผลิตมอลโทเทกซ์ทรีนโดยใช้มอลท์ธัญพืช. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต 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 broilers 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. Michalczyk, 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 broilers. *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 broilers. *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 broilers 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.