ความสัมพันธ์ของยีน *PIT*1 *MSTN* และ *TGF-β*3 กับน้ำหนักตัว ขนาดรอบอก และความกว้างอกในไก่พื้นเมืองพันธุ์ชี เคเคยู 12 และ ไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำ มข. 55

Association of *PIT*1 *MSTN* and *TGF-β*3 genes on body weight breast circumference and breast width in Thai native chicken Chee KKU 12 and Pradu hang dam morkho 55

สจี กัณหาเรียง[1,2*], ทองสา บัวสุข[1] และ มนต์ชัย ดวงจินดา[1,2]

Sajee Kunhareang[1,2*], Thongsa Buasook[1] and Monchai Duangjinda[1,2]

บทคัดย่อ: การศึกษาความผันแปรของยีน *PIT*1, *MSTN* และ *TGF-β*3 ด้วยเทคนิค PCR-RFLP ร่วมกับวิเคราะห์ความสัมพันธ์รูปแบบยีนกับน้ำหนักตัว ขนาดรอบอกและความกว้างอก ที่อายุ 14 สัปดาห์ ในไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ชี เคเคยู 12 (ชี เคเคยู 12) จำนวน 73 ตัวอย่าง ไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ประดู่หางดำ มข. 55 (ประดู่หางดำ มข. 55) จำนวน 55 ตัวอย่าง ผลการศึกษาพบรูปแบบจีโนไทป์ 3 รูปแบบของยีน *PIT*1 และ *TGF-β*3 ในไก่พื้นเมืองทั้งสองพันธุ์ สำหรับยีน *MSTN* พบจีโนไทป์ 3 รูปแบบในไก่ชี เคเคยู 12 และจีโนไทป์ 2 รูปแบบในไก่ประดู่หางดำ มข.55 เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์จีโนไทป์ในไก่ชี เคเคยู 12 พบความสัมพันธ์จีโนไทป์ AA และ GA ของยีน *MSTN* มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นที่อายุ 14 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เท่ากับ 1196.39±33.87 กรัม และ1175.97±21.24 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับ GG เท่ากับ 1110.66±20.28 กรัม นอกจากนี้พบรูปแบบจีโนไทป์ AA ของยีน *MSTN* มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มความยาวรอบอก และขนาดรอบอก ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ในไก่ประดู่หางดำ มข. 55 พบรูปแบบจีโนไทป์ CC และ CT ของยีน *PIT*1 มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นที่อายุ 4 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เท่ากับ 171.52±10.95 กรัม และ 162.72±6.80 กรัม สูงกว่าจีโนไทป์ TT (134.19±13.45 กรัม) และเมื่อพิจารณาอิทธิพลของยีนในไก่พื้นเมืองทั้งสองพันธุ์ พบความสัมพันธ์ของยีน *MSTN* กับน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเมื่ออายุ 14 สัปดาห์ โดยรูปแบบจีโนไทป์ GA ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวสูงที่สุด เท่ากับ 1241.67±23.77 กรัม สูงกว่าจีโนไทป์ AA และ GG เท่ากับ 1193.69±25.06 กรัม และ 1172.88±30.44 กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าที่อายุ 14 สัปดาห์ ไก่ประดู่หางดำ มข. 55 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว สูงกว่าไก่ชี เคเคยู12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เท่ากับ 1253.90±28.56 กรัม และ 1151.60±20.12 กรัม ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นความหลากหลายรูปแบบยีน *PIT*1 และ *MSTN* น่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและน้ำหนักตัวในไก่พื้นเมือง แต่ไม่พบความสัมพันธ์ของยีน *TGF-β*3 กับลักษณะต่าง ๆ ที่ศึกษา ดังนั้นมีความเป็นไปได้ในการใช้รูปแบบยีน *PIT*1 และยีน *MSTN* เพื่อพัฒนาเป็นเครื่องหมายพันธุกรรมช่วยในการคัดเลือกลักษณะการเจริญเติบโตและน้ำหนักตัวในไก่พื้นเมืองไทยต่อไป

คำสำคัญ : ไก่พื้นเมือง, การเจริญเติบโต, เครื่องหมายดีเอ็นเอ

[1] ศูนย์เครือข่ายวิจัยและพัฒนาด้านการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (ไก่พื้นเมือง) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002
Research and Development Network Center for Animal Breeding (Native Chicken), Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

[2] สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002
Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kean University 40002

* Corresponding author: ksajee@kku.ac.th

ABSTRACT: A study of genetic variation of *PIT*1, *MSTN* and *TGF-β*3 genes was performed by PCR-RFLP technique, following analysis of genetic association with body weight, breast circumference and breast width at 14 weeks of age. A total of 73 blood samples were collected from Thai native chicken Chee KKU 12 (Chee KKU 12) and 55 samples from Pradu hang dam morkho 55. The results of genetic variation showed three genotypes in *PIT*1 and *TGF-β*3 of both chicken breeds, whereas variation of *MSTN* revealed three genotypes in Chee KKU 12 and two genotypes in Pradu hang dam morkho 55. Association analysis in Chee KKU 12 showed that genotypes AA and AG of *MSTN* were significantly associated with increased body weight at 14 weeks (P<0.05) which was 1196.39±33.87 g and 1175.97±21.24 g compared with genotype GG was 1110.66±20.28 g. In addition, there was association between genotype AA of *MSTN* and increased breast circumference and breast width. Meanwhile, in Pradu hang dam morkho 55, there were association between genotypes CC and CT of *PIT*1 and body weight at 4 weeks which was 171.52±10.95 g and 162.72±6.80 g that these variants were higher than genotype TT (134.19±13.45 g). Further analysis of gene effects in all breeds also revealed association between variation of *MSTN* and body weight at 14 weeks. Genotype GA had highest body weight at 1241.67±23.77 g which was higher than genotype AA (1193.69±25.06 g) and genotype GG (1172.88±30.44 g). In addition, at 14 weeks the results showed that Pradu hang dam morkho 55 had a higher body weight than Chee KKU. 12 (P<0.05), which was 1253.90±28.56 g and 1151.60±20.12 g. These results indicated that genetic variation of *PIT*1 and *MSTN* may be involved in growth performance and body weight in chickens, but there was no association of *TGF-β*3 genes with any growth traits. The finding, therefore, suggests that variation of *PIT*1 and *MSTN* are compromising to use as genetic marker to improve growth performance and body weight in native chickens.

Keywords: Native chicken, growth performance, DNA marker

บทนำ

ไก่พื้นเมืองพันธุ์ชีและไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำ ได้รับการพัฒนาสายพันธุ์โดยศูนย์เครือข่ายวิจัยและพัฒนาด้านการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (ไก่พื้นเมือง) ร่วมกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และกรมปศุสัตว์ เพื่อใช้ประโยชน์พันธุกรรมไก่พื้นเมืองไทย จึงได้ทำการปรับปรุงพันธุ์และคัดเลือกให้ไก่ทั้งสองพันธุ์มีลักษณะ “โตดี ไข่ดก อกกว้าง” และจดรับรองพันธุ์เป็นไก่พื้นเมืองพันธุ์ชี เคเคยู 12 (ไก่ชี เคเคยู 12) ที่มีขนสีขาวปลอดทั้งตัว ซากหลังถอนขนสะอาดไม่มีหมุดสีดำ จึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะผลิตเป็นไก่เนื้อไทยสำหรับไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำได้ จดรับรองพันธุ์เป็นไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ประดู่หางดำ มข. 55 (ไก่ประดู่หางดำ มข. 55) ที่มีความโดดเด่นด้านลักษณะรูปร่าง สีขน รวมถึงรสชาติของเนื้อ เลี้ยงง่าย ทนร้อน ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี จึงเป็นที่นิยมเลี้ยงของเกษตรกร (มนต์ชัย และคณะ, 2556) เนื่องจากไก่พื้นเมืองมีศักยภาพในด้านการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับไก่สายพันธุ์ต่างประเทศที่นำมาเลี้ยงในประเทศไทยปัจจุบัน (อภิชัย, 2541; Jaturasitha et al., 2008) โดยน้ำหนักตัวและกล้ามเนื้อหน้าอกของไก่เป็นตัวบ่งชี้การเจริญเติบโตและเป็นลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจที่เป็นตัวชี้วัดผลผลิตและกำไรของผู้เลี้ยงไก่ (Wang and Chen, 2004) การเจริญเติบโตในไก่ถูกควบคุมด้วยปัจจัยจากพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม การตรวจหา candidate gene, quantitative trait loci (QTL) ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการเจริญเติบโต เพื่อใช้เป็น marker-assisted breeding หรือ marker-assisted selection เป็นที่นิยมในปัจจุบัน (Bai et al., 2006) สามารถช่วยย่นระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายไม่สูงเกินไป (Lu and Wu, 2002)

การพัฒนาเครื่องหมายพันธุกรรมช่วยในการคัดเลือกด้านการเจริญเติบโตมีรายงานยีนในกลุ่ม Growth Hormone (Nie et al., 2005), Insulin-like growth factor I (Zhou et al., 2005), Pituitary-Specific transcription factor (Nie et al., 2008), Myostatin (Zhang et al., 2011) และ Transforming growth factor β (Amirinia et al., 2011) ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาด้านกล้ามเนื้อและการเจริญเติบโตในไก่

ยีน Pituitary-Specific transcription factor (*PIT*1 หรือ *GHF*1 หรือ *POU*1F1) เกี่ยวข้องกับการพัฒนาของต่อม anterior pituitary ส่งสัญญาณหรือชะลอการเกิด adrenarche ในมนุษย์เป็นโปรโมเตอร์ให้กับ Growth Hormone, Prolactin และ Thyroid-stimulating hormone-β (TSH-β) ในโคเขตหนาว ยีน *PIT*1 ตั้งอยู่บนโครโมโซม 1 ประกอบไปด้วย 6 exon และ 5 intron การเกิดจุดกลายพันธุ์ (single-nucleotide polymorphism; SNP) ของยีนส่งผลต่อการเจริญเติบโตในโค (Xue et al., 2006; Carrijo et al., 2008) และน้ำหนักแรกเกิดในโคลูกผสม Geman Yellow x Qinchuan beef cattle (Zhang et al., 2009) ในสัตว์ปีกยีน *PIT*1 ตั้งอยู่บนโครโมโซม 1 ขนาดยาวประมาณ 2,400 bp มีรายงานจุดกลายพันธุ์บนยีน *PIT*1 ไปแล้ว 23 ตำแหน่ง การเกิดการกลายพันธุ์ภายในยีน *PIT*1 ส่งผลกระทบต่อลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจ โดยพบการเปลี่ยนแปลงเบสอะดีนีน (Adenine) ไปเป็นไทมีน (Thymine) ที่ตำแหน่ง 229 (AAC>ATC) ทำให้เกิดการเปลี่ยนกรดอะมิโนจาก Asparagine (Asn) ไปเป็น Isoleucine (Ile) บริเวณ Exon 6 ของยีน *PIT*1 พบมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวที่อายุ 8 สัปดาห์ นอกจากนี้ในไก่เนื้อและไก่ไข่มีค่าความถี่และรูปแบบจีโนไทป์ที่แตกต่างกัน (Jiang et al., 2004)

ยีน Myostatin (*MSTN*) หรือ growth and differentiation factor 8 (GDF8) เกี่ยวข้องการพัฒนาของมัดกล้ามเนื้อ การเจริญเติบโตของสัตว์ รวมไปถึงกระบวนการเมตาบอลิซึมไขมัน (fat metabolism) และการสะสมไขมัน (Gu et al., 2003) ยีน *MSTN* ประกอบไปด้วย 3 exon และ 2 intron โดย Exon 1, 2 และ 3 มีขนาดประมาณ 373, 374, และ 1567 bp ตามลำดับ (Baron et al., 2002) การเกิดจุดกลายพันธุ์ในยีน *MSTN* มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักตัว เปอร์เซ็นต์เนื้ออกและเปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้องในไก่ (Karim et al., 2000) รวมถึงมีผลต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว เปอร์เซ็นต์อก และอัตราการตายในไก่ (Ye et al., 2007) สำหรับในโคการกลายพันธุ์ของยีน *MSTN* มีผลต่อ การเกิด double-muscle ในโคเนื้อ (Winner et al., 2009) คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของพ่อโคสายพันธุ์ French (Allais et al., 2010)

ยีน Transforming growth factor β เป็นโปรตีนกลุ่ม Cytokine ซึ่งเกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ การพัฒนาของตัวอ่อนและขบวนการ embryogenesis (Saxena et al., 2009) มีทั้งหมด 4 กลุ่มคือ *TGF-β*1, *TGF-β*2, *TGF-β*3 และ *TGF-β*4 (Roberts and Sporn, 2012) ซึ่งในไก่ยีน *TGF-β*3 ตั้งอยู่บนโครโมโซมที่ 5 ประกอบด้วย 7 exons และ 6 introns ยาวประมาณ 16-kb และกลายพันธุ์ของยีน *TGF-β*3 มีอิทธิพลต่อลักษณะสำคัญทางเศรษฐกิจ Li et al. (2003) รายงานว่าจุดกลายพันธุ์ในยีน *TGF-β*3 มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวที่อายุ 6 สัปดาห์และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักไขมันช่องท้องของไก่ นอกจากนี้ความหลากหลายของรูปแบบจีโนไทป์ของยีน *TGF-β*3 ส่งผลต่อน้ำหนักเนื้ออก น้ำหนักไขมันช่องท้อง น้ำหนักปีก น้ำหนักน่อง เปอร์เซ็นต์ซากและเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักโครงในไก่เนื้อด้วย (Amirinia et al., 2011) จากการตรวจเอกสารชี้ให้เห็นว่ายีนทั้งสามมีความเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตในสัตว์ปีกและมีความหลากหลายของรูปแบบจีโนไทป์ในไก่พื้นเมือง ไก่เนื้อ และไก่ลูกผสมของต่างประเทศ วัตถุประสงค์ในครั้งนี้จึงเพื่อตรวจหารูปแบบจีโนไทป์ของยีน *PIT*1, *MSTN* และ *TGF-β*3 และหาความสัมพันธ์ของรูปแบบจีโนไทป์ของยีนกับน้ำหนักตัว ขนาดรอบอกและความกว้างอกของไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ชี เคเคยู 12 (ไก่ชี เคเคยู 12) และไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ประดู่หางดำ มข. 55 (ไก่ประดู่หางดำ มข. 55)

วิธีการศึกษา

ตัวอย่างและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ใช้ตัวอย่างเลือดไก่ชี เคเคยู 12 สายพันธุ์พัฒนาเน้นการให้ผลผลิตเนื้อ ชั่วรุ่นที่ 4 และ 5 และไก่ประดู่หางดำ มข. 55 สายพันธุ์พัฒนาเน้นการให้ผลผลิตเนื้อ ชั่วรุ่นที่ 4 จากศูนย์เครือข่ายวิจัยและพัฒนาด้านการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (ไก่พื้นเมือง) สกว.-มข. ทำการเลี้ยงไก่ในโรงเรือนแบบเปิด ให้กินน้ำสะอาดและอาหารสำเร็จรูปสำหรับไก่ไข่เล็กถึงไก่ไข่รุ่น กินแบบเต็มที่ (ad libitum) ทำวัคซีนนิวคลาสเซิลและหลอดลมอักเสบที่อายุ 7-10 วัน และที่อายุ 12 สัปดาห์

เก็บข้อมูลของไก่ชี เคเคยู 12 และไก่ประดู่หางดำ มข. 55 ดังนี้ 1) ข้อมูลพันธุ์ประวัติ ได้แก่ เบอร์ปีก เพศ พันธุ์ และ 2) ข้อมูลน้ำหนักตัว ได้แก่ น้ำหนักแรกเกิด (BW0) น้ำหนักตัวที่อายุ 4 (BW4) และ 14 สัปดาห์ (BW14) 3) ข้อมูลขนาดรอบอกและความกว้างอกของไก่ชี เคเคยู 12 และไก่ประดู่หางดำ มข. 55 โดยการวัดขนาดรอบอกและความกว้างอกอ้างอิงตามวิธีการของศูนย์เครือข่ายวิจัยและพัฒนาด้านการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (ไก่พื้นเมือง) (2553) การวัดความกว้างอกวัดโดยใช้เวอร์เนียวัดจากที่ตำแหน่ง 3 เซนติเมตรเหนือแนวของกระดูกอก (Keel Bone) (หน่วยวัด คือ เซนติเมตร) และการวัดรอบอกวัดจากส่วนที่ใหญ่ที่สุดของหน้าอกโดยใช้สายวัดสอดเข้าไปใต้ปีกทั้งสองข้างวัดรอบอกจากส่วนที่กว้างที่สุดบริเวณหน้าอกไก่ โดยจับไก่ให้อยู่ในลักษณะนอนหงายบนพื้นราบจับยึดคอไว้และจับขาให้อยู่ในลักษณะงอ (หน่วยวัด คือ เซนติเมตร)

การเก็บตัวอย่างเลือดและการสกัดดีเอ็นเอ

เก็บตัวอย่างเลือด 500 ไมโครลิตร/ตัว จำนวนรวม 128 ตัวอย่าง แบ่งเป็นไก่ชี เคเคยู 12 จำนวน 73 ตัวอย่าง และ ไก่ประดู่หางดำ มข. 55 จำนวน 55 ตัวอย่าง สกัดดีเอ็นเอใช้วิธี Guanidine hydrochloride ดัดแปลงจาก Goodwin et al. (2007) ตรวจสอบความเข้มข้นและคุณภาพดีเอ็นเอที่สกัดได้ด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ (Nano-Drop2000, Wilmington, Delaware USA)

การตรวจรูปแบบจีโนไทป์ของยีน *PIT*1, *MSTN* และ *TGF-β*3 ด้วยเทคนิค PCR-RFLP

เพิ่มชิ้นส่วนยีน *PIT*1, *MSTN* และ *TGF-β*3 โดยใช้เทคนิค PCR ในแต่ละปฏิกิริยา ประกอบด้วย ดีเอ็นเอความเข้มข้น 50 ng/µl 1 ไมโครลิตร,10X PCR-buffer 1 ไมโครลิตร, $MgCl_2$ 0.8 ไมโครลิตร, dNTPs (1.0 mM/each) 1 ไมโครลิตร, Primer forward และ Primer reverse อย่างละ 1 ไมโครลิตร (ยีน *PIT*1, *MSTN* และยีน *TGF-β*3), 5 U/µl *Taq* DNA Polymerase 0.1 ไมโครลิตร และปรับปริมาตรด้วย sterile water ให้มีปริมาตรรวมทั้งสิ้น 10 ไมโครลิตร เพิ่มปริมาณยีนเป้าหมายด้วยเทคนิค PCR โดยมีวงรอบการทำ PCR ดังนี้ เริ่ม initial denaturation อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เวลา 3 นาที จากนั้นทำปฏิกิริยา 30 รอบ ดังนี้ denaturation อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส เวลา 45 วินาที Primer annealing อุณหภูมิ 64 องศาเซลเซียส เวลา 30 วินาที Primer extension อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เวลา 45 วินาที และ Final extension อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เวลา 3 นาที (Biometra, English Inc.) หลังจากสิ้นสุดปฏิกิริยาการเพิ่มชิ้นส่วนยีน *PIT*1, *MSTN* และยีน *TGF-β*3 แล้วตรวจสอบชิ้นส่วนยีนด้วย 2% agarose gel เมื่อได้ชิ้นส่วนยีนตามต้องการแล้วทำการย่อยชิ้นส่วนยีนด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ โดยยีน *PIT*1 ย่อยด้วยเอนไซม์ *Tsp*509I, *ยีน MSTN* ย่อยด้วยเอนไซม์ *Bbv*I และยีน *TGF-β*3 ย่อยด้วยเอนไซม์ *Bsl*I ตรวจรูปแบบจีโนไทป์ของยีนด้วย 2% agarose gel บันทึกภาพแถบ DNA ที่เกิดขึ้นภายใต้แสง UV และกำหนดรูปแบบจีโนไทป์ตามรายงานที่ผ่านมายีน *PIT*1/*Tsp*509I (Nie et al., 2008) *MSTN*/*Bbv*I (Zhang et al., 2011) และยีน *TGF-β*3/*Bsl*I (Amirinia et al., 2011)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SAS (SAS, 2015) รายละเอียดดังนี้ 1) หาความถี่จีโนไทป์ โดยใช้ชุดคำสั่ง Proc frequency หากความถี่ของจีโนไทป์ใดพบต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ของฝูงจะไม่นำมาหาความสัมพันธ์กับลักษณะสมรรถภาพการเจริญเติบโต

2) วิเคราะห์การกระจายและความผิดปกติของข้อมูลน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักตัวที่อายุ 4 และ 14 สัปดาห์ ขนาด รอบอกและความกว้างอก โดยใช้ชุดคำสั่ง Proc UNIVARIATE และ 3)วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของรูปแบบจีโนไทป์ของยีนกับข้อมูลน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักตัวที่อายุ 4 และ 14 สัปดาห์ ขนาดรอบอกและความกว้างอกในไก่ชี เคเคยู 12, ไก่ประดู่หางดำ มข. 55 และวิเคราะห์ร่วมกันในไก่ชี เคเคยู 12 และไก่ประดู่หางดำ มข. 55 (ปรับอิทธิพลของสายพันธุ์ในโมเดล) ด้วยวิธี General Linear Model (GLM) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละลักษณะด้วยวิธี least significant difference ตามวิธีการของมนต์ชัย (2544) โดยใช้คำสั่ง Proc GLM มีโมเดลดังนี้

$$Y_{ijkl} = \mu + sex_i + genotypes_j + breeds_k + \varepsilon_{ijkl}$$

เมื่อ Y_{ijkl} = ข้อมูลน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักตัวที่อายุ 4 และ 14 สัปดาห์ ขนาดรอบอกและความกว้างอก μ = ค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ศึกษา sex_i = อิทธิพลของเพศ i (i=เพศผู้ และ เพศเมีย) $genotypes_j$ = อิทธิพลของรูปแบบจีโนไทป์ j (j = ยีน *PIT*1, *MSTN* และยีน *TGF-β*3) $breeds_l$ = อิทธิพลของสายพันธุ์ (l = ไก่ชี เคเคยู 12 และไก่ประดู่หางดำ มข. 55) และ ε_{ijkl} = ความคลาดเคลื่อน

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ความหลากหลายรูปแบบจีโนไทป์

ผลตรวจสอบรูปแบบจีโนไทป์ของยีน *PIT*1, *MSTN* และ *TGF-β*3 ในไก่ชี เคเคยู 12 และไก่ประดู่หางดำ มข. 55 พบความหลากหลายของรูปแบบจีโนไทป์ 3 รูปแบบในไก่พื้นเมืองทั้ง 2 พันธุ์ ยกเว้นยีน *MSTN* พบเพียง 2 รูปแบบในไก่ประดู่หางดำ มข. 55 รูปแบบจีโนไทป์ของยีน *PIT*1, *MSTN* และ *TGF-β*3 หลังย่อยด้วยเอ็นไซม์ตัดจำเพาะแสดงดัง Figure 1 โดยมีความถี่จีโนไทป์และความถี่อัลลีล แสดงดัง Table 1

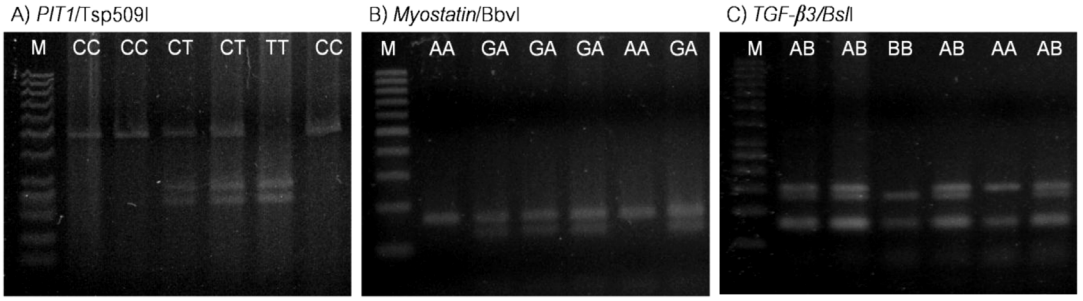

Figure 1 Pattern of PIT1/Tsp509I(A) Myostatin/BbvI(B) and TGF-*β*3/BslI(C) gene in Chee KKU 12 and Pradu Hang Dam morkho 55. (M = 100 bp DNA Ladder)

เมื่อพิจารณาความถี่จีโนไทป์ของยีน *PIT*1 พบค่าความถี่จีโนไทป์ CC และจีโนไทป์ CT มีความถี่สูงกว่าจีโนไทป์ TT ในไก่ชี เคเคยู 12 และไก่ประดู่หางดำ มข. 55 สอดคล้องกับในไก่ลูกผสม White recessive Rock x Chinese Xinghua รุ่น F2 พบความถี่จีโนไทป์ CC และจีโนไทป์ CT มีค่าความถี่สูงกว่าจีโนไทป์ TT ในยีน *PIT*1 (Nie et al., 2008)

สำหรับยีน *MSTN* จีโนไทป์ GG และจีโนไทป์ GA มีความถี่สูงกว่ารูปแบบจีโนไทป์ AA ในไก่ชี เคเคยู 12 สอดคล้องกับ Zhang et al. (2011) รายงานว่าไก่พื้นเมืองพันธุ์ Bian ของประเทศจีน มีค่าความถี่รูปแบบจีโนไทป์ GA และ GG สูงกว่ารูปแบบจีโนไทป์ AA ในยีน *MSTN* ตรงข้ามกับในไก่ประดู่หางดำ มข. 55 มีค่าความถี่รูปแบบจีโนไทป์ AA สูงกว่าจีโนไทป์ GA ในยีน *MSTN* เช่นเดียวกันกับลูกผสมระดับเลือด 25 เปอร์เซ็นต์ พบยีน *MSTN* ที่มีจีโนไทป์ GG มีความถี่ต่ำที่สุด (Buasook et al., 2015) ผลจากการศึกษาครั้งนี้พบจีโนไทป์ AA พบมีความถี่สูงในไก่พื้นเมืองประดู่หาง มข.55 และจีโนไทป์ GG มีความถี่สูงในไก่พื้นเมืองพันธุ์ชี เคเคยู 12 ทั้งนี้มีความเป็นไป

ได้ว่ากระบวนการคัดเลือกพันธุ์ของศูนย์เครือข่ายวิจัยฯ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีน *MSTN* โดยความถี่อัลลีล A สูงกว่าอัลลีล G ในไก่ประดู่หางดำ มข. 55 และ ความถี่อัลลีล G สูงกว่า A ในไก่ชี เคเคยู 12 และจากรายงานการแสดงออกของ *MSTN* ต่อการควบคุมประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและลักษณะซากในไก่ทางการค้าและไก่ Wuding ของประเทศจีน (Lui et al., 2016) จึงมีความเป็นไปในการคัดเลือกรูปแบบจีโนไทป์ *MSTN* ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตในไก่พื้นเมืองไทยต่อไป

ความถี่ยีน *TGF-β*3 พบมีค่าความถี่จีโนไทป์ AA และ AB สูงกว่าจีโนไทป์ BB ในไก่พื้นเมืองทั้ง 2 สายพันธุ์ (Table 1) สอดคล้องกับในไก่ลูกผสมระดับเลือดพื้นเมือง 25 เปอร์เซ็นต์ พบยีน *TGF-β*3 มีค่าความถี่จีโนไทป์ BB ต่ำสุด (Buasook et al., 2015) แต่มีรายงานในไก่เนื้อทางการค้าสายพันธุ์ Iranian สาย A B และ D พบรูปแบบจีโนไทป์ BB มีค่าความถี่สูงกว่าจีโนไทป์ AA และ AB (Amirinia et al., 2011) หากพิจารณารูปแบบจีโนไทป์ BB ที่พบความถี่สูงในไก่เนื้อทางการค้ามีผลต่อการเจริญเติบโตที่เร็ว ดังนั้นมีความน่าจะเป็นที่อัลลีลดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์ต่อการเจริญเติบโตที่เร็วในไก่เนื้อทางการค้า ซึ่งเป็นโอกาสที่จะนำมาใช้เพื่อการคัดเลือกลักษณะการเจริญเติบโตในไก่พื้นเมืองได้

ผลการศึกษามีข้อสังเกตว่าในไก่ประดู่หางดำ มข. 55 มีรูปแบบจีโนไทป์ของยีนคู่เหมือน (homologous) ในยีน *MSTN* (จีโนไทป์ AA) และยีน *TGF-β*3 (จีโนไทป์ AA) ที่ความถี่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไก่ชี เคเคยู 12 (Table 1) ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าการคัดเลือกลักษณะการเจริญเติบโตเร็วในไก่ประดู่หางดำ มข. 55 ร่วมกับการวางแผนจับคู่ผสม (non-random mating) ในฝูงพ่อแม่พันธุ์สายพันธุ์พัฒนาเน้นการให้ผลผลิตเนื้อที่ผ่านการคัดเลือกมาถึงชั่วรุ่นที่ 4 มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีน *MSTN* และยีน *TGF-β*3 และอาจจะส่งผลต่อการเบี่ยงเบนจากสภาวะสมดุลฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก (Zintzaras, 2010) เนื่องด้วยข้อจำกัดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับการทดสอบสมดุลฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก จึงไม่ได้ทำการทดสอบสมดุลความถี่ยีนในไก่พื้นเมืองทั้งสองพันธุ์

Table 1 Genotype and allele frequency of *PIT*1 *MSTN* and *TGF-β*3 in Chee KKU12 and Pradu hang dam morkho 55.

Genes	Genotype	Frequency (N)[1/]		Allele	Frequency	
		Chee KKU 12	Pradu hang dam morkho 55		Chee KKU 12	Pradu hang dam morkho 55
*PIT*1	CC	0.26(19)	0.24(13)	C	0.54	0.55
	CT	0.56(41)	0.62(34)	T	0.46	0.45
	TT	0.18(13)	0.14(8)			
MSTN	AA	0.14(10)	0.76(42)	A	0.33	0.88
	GA	0.37(27)	0.24(12)	G	0.67	0.12
	GG	0.49(36)	0.00(0)			
*TGF-β*3	AA	0.30(22)	0.54(30)	A	0.56	0.75
	AB	0.52(38)	0.42(23)	B	0.44	0.25
	BB	0.18(13)	0.04(2)			

N[1/] = Number of samples

ความสัมพันธ์ของยีน *PIT*1, *MSTN* และ *TGF-β*3 กับน้ำหนักตัว ขนาดรอบอก และความกว้างอก

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์รูปแบบจีโนไทป์ของยีน *PIT*1 *MSTN* และ *TGF-β*3 กับน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักตัวที่อายุ 4 และ 14 สัปดาห์ ขนาดรอบอกและความกว้างอก ที่อายุ 14 สัปดาห์ ในไก่ชี เคเคยู 12, ไก่ประดู่หางดำ มข. 55 พบความสัมพันธ์ของรูปแบบยีน *PIT*1 และ *MSTN* กับการเจริญเติบโตและน้ำหนักตัวในไก่พื้นเมืองทั้งสองพันธุ์ แต่ไม่พบความสัมพันธ์ของยีน *TGF-β*3 กับลักษณะที่ศึกษา

ไก่พื้นเมืองพันธุ์ซี เคเคยู 12 (ไก่ซี เคเคยู 12)

ผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของรูปแบบจีโนไทป์ของยีน *PIT*1, *MSTN* และ *TGF-β*3 กับน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักที่อายุ 4 และ 14 สัปดาห์ ขนาดรอบอกและความกว้างอกของไก่ซี เคเคยู 12 พบความสัมพันธ์ของยีน *MSTN* รูปแบบจีโนไทป์ AA และ GA มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยที่อายุ 14 สัปดาห์ มากกว่าไก่ที่มีรูปแบบจีโนไทป์ GG และพบรูปแบบจีโนไทป์ AA ของยีน *MSTN* มีความสัมพันธ์กับขนาดรอบอกที่มีขนาดรอบอกใหญ่กว่ารูปแบบจีโนไทป์ GG ในไก่ซี เคเคยู 12 เช่นเดียวกับ Zhang et al. (2011) รายงานว่าบริเวณ Exon 1 ของยีน *MSTN* เกิดจุด SNP ที่ตำแหน่ง c.234G>A มีอิทธิพลต่อลักษณะการเจริญเติบโตในไก่พื้นเมืองพันธุ์ Bian โดยพบว่าไก่พื้นเมืองพันธุ์ Bian ที่มียีน *MSTN* รูปแบบจีโนไทป์ AA และ GA จะมีน้ำหนักตัวที่อายุ 6, 8, 10, 12, 14, 16 และ 18 สัปดาห์ มากกว่าจีโนไทป์ GG สอดคล้องกับการแสดงออกของยีน *MSTN* ในกล้ามเนื้อ พบการแสดงออกลดลงส่งผลให้มีการเพิ่มของจำนวนมัดกล้ามเนื้อไก่เนื้อทางการค้าจะเห็นได้ว่า *MSTN* มีความสำคัญต่อการควบคุมจำนวนมัดกล้ามเนื้อ และประสิทธิภาพการเจริญเติบโตในไก่เนื้อทางค้า (Liu et al., 2016) เมื่อพิจารณาน้ำหนักตัวในไก่เนื้อสายพันธุ์การค้าที่ได้รับการพัฒนาพันธุกรรมด้านการเจริญเติบโตเร็ว พบมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี น้ำหนักตัวโดยเฉลี่ยสูงกว่า 2,100 กรัม เมื่ออายุ 6 สัปดาห์ (สจี และคณะ, 2560) ชี้ให้เห็นศักยภาพการพัฒนาพันธุกรรมการเจริญเติบโตดีในไก่พื้นเมืองว่ามีความเป็นไปได้ด้วยกระบวนการคัดเลือกพันธุกรรมอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะด้านการเจริญเติบโตจะมีค่าอัตราพันธุกรรม (h^2) ที่อยู่ระดับปานกลางถึงสูง (0.30-0.40) (Le Bihan-Duval et al., 2008) สอดคล้องกับพิริยาภรณ์ และคณะ (2558) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักแรกเกิดสูง (0.88 ถึง 0.99) และน้ำหนักตัวเมื่ออายุ 4, 8, 12 และ 16 สัปดาห์ มีค่าอัตราพันธุกรรม อยู่ในระดับต่ำถึงสูง 0.09 ถึง 0.43, 0.20 ถึง 0.31, 0.51 ในไก่พื้นเมืองประดู่หางดำ แสดงให้เห็นว่าไก่พื้นเมืองไทย มีศักยภาพทางพันธุกรรมที่ดีในการพัฒนาในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

สำหรับในยีน *PIT*1 และยีน *TGF-β*3 ไม่พบความสัมพันธ์ของรูปแบบจีโนไทป์กับลักษณะที่นำมาศึกษาในไก่ซี เคเคยู 12 อย่างไรก็ตามพบว่าเพศมีผลต่อการเจริญที่แตกต่างกัน โดยไก่ซี เคเคยู 12 เพศผู้จะมีน้ำหนักตัวที่อายุ 14 สัปดาห์ ขนาดรอบอกและความกว้างอกมากกว่าไก่ซี เคเคยู 12 เพศเมีย (**Table 2**)

Table 2 Association between *PIT*1 *MSTN* and *TGF-β*3 gene with body weight, breast circumference and breast width in Chee KKU 12.

Genes		BW0	BW4	BW14	Breast circumference	Breast width
*PIT*1	CC	32.02±0.69	170.02±9.51	1167.82±26.03	22.99±0.22	4.94±0.07
	CT	32.08±0.52	177.50±7.03	1165.78±19.24	22.69±0.16	5.00±0.05
	TT	31.48±0.79	193.78±11.03	1149.42±30.18	22.37±0.27	4.96±0.08
MSTN	AA	32.29±0.89	189.52±12.38	1196.39±33.87^{a}	23.17±0.29^{a}	5.03±0.09
	GA	31.48±0.58	178.91±7.76	1175.97±21.24^{a}	22.62±0.18^{ab}	5.00±0.06
	GG	31.81±0.54	172.87±7.41	1110.66±20.28^{b}	22.26±0.18^{b}	4.88±0.05
*TGF-β*3	AA	31.52±0.64	180.80±8.83	1164.11±24.17	22.54±0.20	4.99±0.07
	AB	32.27±0.56	185.47±7.62	1162.92±20.85	22.87±0.18	5.02±0.05
	BB	31.79±0.85	175.04±11.91	1155.99±32.60	22.65±0.27	4.90±0.08
Gender	Male	32.23±0.73	175.64±9.86	1307.63±26.97^{a}	23.57±0.24^{a}	5.29±0.07^{a}
	Female	31.49±0.42	185.23±5.89	1014.39±16.12^{b}	21.80±0.13^{b}	4.65±0.04^{b}

a, b means with in column superscript in the same trait are differ significantly ($P<0.05$)

ไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ประดู่หางดำ มข. 55 (ไก่ประดู่หางดำ มข. 55)

ผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบรูปแบบจีโนไทป์ของยีน *PIT*1 กับลักษณะน้ำหนักตัวที่อายุ 4 สัปดาห์ และยีน *MSTN* กับความกว้างอกในไก่ประดู่หางดำ มข. 55 พบว่าไก่ประดู่หางดำ มข. 55 ที่มียีน *PIT*1 รูปแบบจีโนไทป์ CC และ CT จะมีน้ำหนักตัวที่อายุ 4 สัปดาห์ มากกว่าในไก่ที่มีรูปแบบจีโนไทป์ TT สอดคล้องกับรายงานการกลายพันธุ์ของยีน *PIT*1 บริเวณ Exon 6 ตำแหน่ง 299 ที่มีการเปลี่ยนกรดอะมิโน Asparagine ไปเป็น Isoleucine (Asn→Ile) ในไก่ลูกผสม White Recessive Rock x Chinese Xinghua มีความสัมพันธ์กับอัตราการกินได้ต่อวันที่อายุ 0-4 สัปดาห์ และน้ำหนักตัวที่อายุ 21, 28 และ 35 สัปดาห์ (Nie et al., 2008) จะเห็นว่าอิทธิพลของยีน *PIT*1 น่าจะมีความเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตในช่วงอายุ 0-4 สัปดาห์ โดยการเจริญเติบโตในระยะนี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของไก่ในระยะไก่เล็ก และไก่รุ่น ผลการศึกษาครั้งนี้แม้ยังไม่สามารถสรุปอิทธิพลของยีน *PIT*1 ได้แต่ก็มีความเป็นได้ในศึกษาผลของยีน *PIT*1 ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตในไก่พื้นเมืองต่อไป

พบความสัมพันธ์ของยีน *MSTN* รูปแบบจีโนไทป์ GA จะมีค่าเฉลี่ยความกว้างอกมากกว่าไก่ประดู่หางดำ มข. 55 ที่มีรูปแบบจีโนไทป์ AA สอดคล้องกับรายงานอิทธิพลของยีน *MSTN* มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กล้ามเนื้ออกในไก่ (Gu et al., 2004) และความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์เนื้อหน้าอกในเป็ดปักกิ่ง (Lu et al., 2011) แสดงให้เห็นว่ายีน *MSTN* มีอิทธิพลต่อลักษณะทางการผลิตในหลายลักษณะในไก่พื้นเมืองไทย นอกจากนี้ความแตกต่างของเพศมีอิทธิพลต่อน้ำหนักตัวที่อายุ 14 สัปดาห์ ขนาดรอบอกและความกว้างอกของไก่ประดู่หางดำ มข. 55 โดยไก่เพศผู้มีน้ำหนักตัวที่อายุ 14 สัปดาห์ ขนาดรอบอกและความกว้างอกมากกว่าในไก่ประดู่หางดำ มข. 55 เพศเมีย (Table 3)

Table 3 Association between *PIT*1 *MSTN* and *TGF-β*3 and body weight breast circumference and breast width in Pradu hang dam morkho 55.

Genes		BW0	BW4	BW14	Breast circumference	Breast width
*PIT*1	CC	32.90±1.10	171.52±10.95[a]	1274.35±51.30	22.98±0.30	4.76±0.10
	CT	33.63±0.71	162.72±6.80[a]	1309.10±32.86	22.53±0.19	4.91±0.06
	TT	33.89±1.35	134.19±13.45[b]	1301.06±62.92	22.98±0.34	4.89±0.13
MSTN	AA	33.35±0.78	157.50±7.81	1258.12±36.72	22.64±0.23	4.75±0.07[a]
	GA	33.59±1.10	154.79±10.52	1331.55±50.08	23.02±0.27	4.96±0.10[b]
*TGF-β*3	AA	33.22±0.87	157.50±7.81	1319.17±39.25	22.75±0.23	4.88±0.08
	AB	33.72±0.95	154.79±10.52	1270.50±44.52	22.90±0.25	4.85±0.08
Gender	Male	32.96±1.32	152.76±12.70	1463.19±59.43[a]	23.45±0.37[a]	5.02±0.12[a]
	Female	33.98±0.60	159.53±6.06	1126.48±29.17[b]	22.21±0.15[b]	4.69±0.05[b]

a, b means with in column superscript in the same trait are differ significantly (P<0.05)

ไก่พื้นเมืองพันธุ์ซี เคเคยู 12 และไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ประดู่หางดำ มข. 55

ผลการวิเคราะห์รูปแบบยีน *PIT*1 *MSTN* และ *TGF-β*3 กับน้ำหนักตัว ขนาดรอบอกและความกว้างอกในไก่ซี เคเคยู 12 และไก่ประดู่หางดำ มข. 55 โดยมีการปรับอิทธิพลจากสายพันธุ์ไก่ทั้งสองพันธุ์ พบความสัมพันธ์ของรูปแบบจีโนไทป์ของยีน *MSTN* สายพันธุ์ และเพศมีความสัมพันธ์กับลักษณะที่นำมาศึกษา โดยพบความแตกต่างของรูปแบบจีโนไทป์ยีน *MSTN* ส่งผลให้น้ำหนักตัวที่อายุ 14 สัปดาห์ของไก่ซี เคเคยู 12 และไก่ประดู่หางดำ มข. 55 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไก่ทั้งสองพันธุ์ที่มียีน *MSTN* รูปแบบจีโนไทป์ GA จะมีน้ำหนักตัวที่อายุ 14 สัปดาห์สูงกว่ารูปแบบจีโนไทป์ GG แต่ไม่แตกต่างกับจีโนไทป์ AA สอดคล้องกับการศึกษาของ Nie et al. (2008) พบว่าไก่พื้นเมืองพันธุ์ Bian ที่มียีน *MSTN*

รูปแบบจีโนไทป์ GA จะมีน้ำหนักตัวที่อายุ 14 สัปดาห์มากกว่าในไก่ที่มีรูปแบบจีโนไทป์ GG (**Table 4**) นอกจากนี้อาจจะมีความเป็นไปได้ถึงผลของการเข้าคู่ยีนแบบ heterozygous ทำให้เกิดลักษณะดีเด่นในไก่รุ่นลูก (heterosis) ซึ่งอิทธิพลของ heterosis จะความสำคัญต่อลักษณะทางเศรษฐกิจในไก่ (Williams et al., 2002; Saadey et al., 2008) อย่างไรก็ตามอิทธิพลของ heterosis จะขึ้นกับคู่ผสมพันธุ์ของพ่อแม่พันธุ์ที่ส่งอิทธิพลต่อการเกิด heterosis ในรุ่นลูกที่แตกต่างกัน เนื่องจากหากเลือกคู่ผสมพันธุ์ที่ทำให้เกิดการเข้าคู่ของยีนที่จำเพาะ (specific alleles) นั้นจะส่งผลต่อระดับเกิด heterosis ที่สูงที่สุดในรุ่นลูกต่อไป (Siwendu et al., 2013) โดยทั่วไปการประเมินการเข้าคู่ของยีนที่จำเพาะจากข้อมูลลักษณะปรากฏเพียงอย่างเดียว จะใช้เวลาการคัดเลือกคู่ผสมและประเมินค่า specific combining ability (SCB) ที่นานแต่มีรายงานว่าหากการใช้เครื่องหมายพันธุกรรมช่วยในการคัดเลือก (marker assisted selection) ที่ทำให้ทราบการเข้าคู่ของยีนแบบ homozygous หรือ heterozygous ช่วยลดระยะเวลาการคัดเลือกและเพิ่มความแม่นยำในการเลือกพันธุ์สัตว์ได้ (Guillaume et al., 2008) ผลงานวิจัยชี้ให้เห็นว่ายีน *MSTN* น่าจะมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นยีนเครื่องหมายช่วยในการคัดเลือก และมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้กำหนดรูปแบบจีโนไทป์เพื่อพัฒนาไก่พื้นเมืองให้มีคู่ผสมที่มี specific combining ability สูงที่สุดต่อไป

Table 4 Association between *PIT*1 *MSTN* and *TGF-β*3 and body weight, breast circumference and breast width in Chee KKU 12 and Pradu hang dam morkho 55.

Genes		BW0	BW4	BW14	Breast circumference	Breast width
PIT1	CC	32.81±0.60	170.74±7.37	1205.02±27.09	22.84±0.19	4.89±0.06
	CT	33.23±0.41	171.18±4.96	1213.75±19.14	22.51±0.14	4.95±0.04
	TT	32.24±0.69	168.04±8.32	1189.48±30.26	22.39±0.22	4.86±0.07
MSTN	AA	33.14±0.53	173.98±6.61	1193.69±25.06^{ab}	22.65±0.18	4.87±0.05
	GA	32.56±0.55	172.61±6.48	1241.67±23.77^{a}	22.73±0.17	4.98±0.05
	GG	32.58±0.69	163.38±8.31	1172.88±30.44^{b}	22.37±0.21	4.84±0.07
TGF-β3	AA	32.13±0.48	166.09±5.68	1214.25±21.00	22.50±0.15	4.90±0.05
	AB	33.14±0.45	170.58±5.44	1191.51±19.86	22.61±0.15	4.89±0.04
	BB	33.01±0.80	173.29±9.94	1202.50±37.63	22.64±0.26	4.91±0.08
Breeds	Chee	32.02±0.44^{a}	179.10±5.46^{b}	1151.60±20.12^{a}	22.54±0.14	4.93±0.05
	Pradu	33.51±0.63^{b}	160.87±7.59^{a}	1253.90±28.56^{b}	22.62±0.20	4.87±0.06
Gender	Male	32.96±0.64	167.08±7.75	1348.48±29.72^{a}	23.34±0.22^{a}	5.18±0.07^{a}
	Female	32.57±0.36	172.89±4.47	1057.03±16.24^{b}	21.83±0.11^{b}	4.62±0.03^{b}

a, b means with in column superscript in the same trait are differ significantly (P<0.05)

นอกจากนี้การศึกษาในครั้งนี้ยังพบปัจจัยเนื่องจากพันธุ์มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักตัวที่อายุ 4 และ 14 สัปดาห์ โดยไก่ประดู่หางดำ มข. 55 จะมีน้ำหนักแรกเกิดและน้ำหนักตัวที่อายุ 14 สัปดาห์ เฉลี่ยมากกว่าในไก่ชี เคเคยู 12 แต่ไก่ชี เคเคยู 12 จะมีน้ำหนักตัวที่อายุ 4 สัปดาห์เฉลี่ยมากกว่าในไก่ประดู่หางดำ มข. 55 อย่างไรก็ตามเพศมีอิทธิพลต่อน้ำหนักตัวที่อายุ 14 สัปดาห์ ขนาดรอบอกและความกว้างอกของไก่พื้นเมืองทั้ง 2 สายพันธุ์ โดยพบไก่เพศผู้จะมีน้ำหนักตัวที่อายุ 14 สัปดาห์ ขนาดรอบอกและความกว้างอกมากกว่าในไก่เพศเมีย (**Table 4**)

สรุป

ผลตรวจสอบรูปแบบจีโนไทป์ของยีนพบรูปแบบจีโนไทป์ 3 รูปแบบของยีน *PIT*1, *MSTN* และ *TGF-β*3 ในไก่ชี เคเคยู 12 และไก่ประดู่หางดำ มข. 55 ยกเว้นยีน *MSTN* พบรูปแบบจีโนไทป์ 2 รูปแบบในไก่

ประดู่หางดำ มข. 55 ผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของยีนในไก่ซี เคเคยู 12 พบยีน *MSTN* รูปแบบจีโนไทป์ AA และ GA มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวที่อายุ 14 สัปดาห์ สำหรับในไก่ประดู่หางดำ มข. 55 พบยีน *PIT*1 รูปแบบจีโนไทป์ CC และ CT มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวที่อายุ 4 สัปดาห์ และยีน *MSTN* รูปแบบจีโนไทป์ GA มีความสัมพันธ์กับความกว้างอกของไก่ประดู่หางดำ มข. 55 นอกจากนี้รูปแบบจีโนไทป์ของยีน *MSTN* มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวที่อายุ 14 สัปดาห์ ในไก่ซี เคเคยู 12 และไก่ประดู่หางดำ มข. 55 จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำยีน *PIT*1 และยีน *MSTN* ไปพัฒนาเป็นเครื่องหมายพันธุกรรมใช้สำหรับคัดเลือกลักษณะน้ำหนักตัวและความกว้างอกในไก่พื้นเมืองทั้งสองพันธุ์ได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์เครือข่ายวิจัยและพัฒนาด้านการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (ไก่พื้นเมือง) สกว.- มข. คณะเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและตัวอย่างเลือดไก่พื้นเมืองพันธุ์ซี เคเคยู 12 และไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำ มข. 55 ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการกลางด้านปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (Animal Genome Unit) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สนับสนุนสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

พิริยาภรณ์ สังคปรีชา, มนต์ชัย ดวงจินดา, บัญญัติ เหล่าไพบูลย์, และวุฒิไกร บุญคุ้ม. 2558. การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่ดำสายพันธุ์ต่างๆ และลูกผสมไก่ดำ. แก่นเกษตร. 43: 309-318.

มนต์ชัย ดวงจินดา. 2544. การใช้โปรแกรม SAS เพื่อการวิเคราะห์ทางสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

มนต์ชัย ดวงจินดา, บัญญัติ เหล่าไพบูลย์, เทวินทร์ วงษ์พระลับ, สจี กัณหาเรียง, วุฒิไกร บุญคุ้ม, ยุพิน ผาสุข และ พิชญ์รัตน์ แสนไชยสุริยา. 2556. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักประสานงานชุดโครงการ ศูนย์เครือข่ายวิจัยและพัฒนาด้านการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (ไก่พื้นเมือง) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

ศูนย์เครือข่ายวิจัยและพัฒนาด้านการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (ไก่พื้นเมือง). 2553. การวัดความกว้างอกรอบอก. แหล่งข้อมูล: https://goo.gl/cXszQ1 ค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2561.

สจี กัณหาเรียง. 2560. การประเมินความหลากหลายพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตเนื้อ และคุณภาพเนื้อในไก่พื้นเมืองไทย. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยขอนแก่น (Project Code : TRG5880022).

อภิชัย รัตนวราหะ. 2541. ไก่พื้นเมือง: สัตว์เศรษฐกิจระดับชาวบ้าน. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มติชน, กรุงเทพฯ.

Allais, S., H. Leve´ziel and N. Payet-Duprat. 2010. The two mutations, Q204X and nt821 of the myostatin gene affect carcass and meat quality in young heterozygous bulls of French beef breeds. J. Anim. Sci. 88:446–54.

Amirinia, C., H. R. Seyedabadi, N. Amirmozafari, R. V. Torshizi, M. Chamani, A. J. Aliabad and M. A. Abbasi. 2011. Association of transforming growth factor-ß3 gene polymorphism with growth and body composition traits in Iranian commercial broiler lines. Afr. J. Biotechnol. 10:1784-1788.

Baron, E. E., A. .A. Wenceslau, L. E. Alvares, K. Nones, D. C. Ruy, G. S. Schmidt, E. L. Zanella, L. L. Coutinho and M. C. Ledur. 2002. High level of polymorphism in the myostatin chicken gene. Pp. 19-23 in Proc. 7th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. Montpellier, France.

Bai, J.Y., Q. Zhang and X. P. Jia. 2006. Comparison of different foreground and background selection methods in marker-assisted introgression. Acta Genetica Sinica. 33:1073-1080.

Buasook, T., M. Duangjinda, B. Laopaiboon and S. Kunhareang. 2015. Genetic Pattern of *MSTN* and *TGF-β3* in Thai Native Chicken Crossbred. KHON KAEN AGR. J. 43:200-202.

Carrijo, S. M., M. M. De Alencar, F. L. B. Toral, and L. C. De Almedia Regitano. 2008. Association of Pit1 genotypes with growth traits in Canchim cattle. Sci. Agric. 65:116-121.

Goodwin, W., A. Linacre, and S. Hadi. 2007. An Introduction to Forensic Genetics. John Wiley & Sons Ltd., Chicheste.

Gu, Z. L., D. H. Zhu, N. Li, H. Li, X. M. Deng, and C. X. Wu. 2003. Polymorphisms of myostatin gene and its relationship with the development of skeletal muscle and fat in chickens. Science in China Series C: Life Sciences. 33:273–80.

Gu Z., D. Zhu, N. Li, H. Li, X. Deng, and C. Wu. 2004. The single nucleotide polymorphisms of the chicken myostatin gene are associated with skeletal muscle and adipose growth. Sci. China Ser. C Life Sci. 47: 26-31.

Guillaume, F., S. Fritz, D. Boicharo, and T. Druet. 2008. Estimation by simulation of the efficiency of the French marker – assisted selection program in dairy cattle. Gnet. Sel. Evol. 40: 91-102.

Jaturasitha, S., T. Srikanchai, M. Kreuzer, and M. Wicke. 2008. Differences in carcass and meat characteristics between chicken indigenous to northern Thailand (Black-boned and Thai native) and imported extensive breeds (Bresse and Rhode Island Red). Poult. Sci. 87:160–169.

Jiang, R., J. Li, L. Qu, H. Li, and N. Yang. 2004. A new single-nucleotide polymorphism in the chicken pituitary-specific transcription factor (*POU1F1*) gene associated with growth rate. Anim. Genet. 35:344–346.

Karim, L., W. Coppieters, L. Grobet, A. Valentini, and M. Georges. 2000. Convenient genotyping of six myostatin mutations causing double-muscling in cattle using a multiplex oligonu-cleotide ligation assay. Anim. Genet. 31:396-399.

Le Bihan-Duval, E. M. Debut, C. M. Berri1, N. Sellier, V. Santé-Lhoutellier, Y. Jégo, and C. Beaumont. 2008. Chicken meat quality: genetic variability and relationship with growth and muscle characteristics. BMC Genetics. 9:53 doi:10.1186/1471-2156-9-53.

Li, H., N. Deeb, H. Zhou, A. D. Mitchell, C. M. Ashwell, and S. J. Lamont. 2003. Chicken quantitative trait loci for growth and body composition associated with transforming growth factor beta genes. Poult. Sci. 82:347–356.

Liu, L. X., T. F. Dou, Q. H. Ll, H. Rong, H. Q. Tong, Z. Q. Xu, Y. Huang, D. H. Gu, X. B. Chen, C. R. Ge, and J. J. Jia. 2016. Myostatin mRNA expression and its association with body weight and carcass traits in Yunnan Wuding chicken. Genet. Mol. Res. 15: 1-12.

Lu, S. X. and C. X. Wu. 2002. Research and application of animal genetic marker-assisted selection. Yi Chuan. 24: 359-362.

Lu, J., S. Hou, W. Huang, J. Yu, and W. Wang. 2011. Polymorphisms in the myostatin gene and their association with growth and carcass traits in duck. Afr. J. Biotech. 54: 11309-11312.

Nie, Q., B. Sun, D. Zhang, C. Luo, N. A. Ishag, M. Lei, G. Yang, and X. Zhan. 2005. High diversity of the chicken growth hormone gene and effects on growth and carcass traits. J. Hered. 96:698-703.

Nie, Q. H., M. X. Fang, L. Xie, M. Zhou, Z. M. Liang, Z. P. Luo, G. H. Wang, W. S. Bi, C. J. Liang, W. Zhang, and X. Q. Zhang. 2008. The *PIT*-1gene polymorphisms were associated with chicken growth traits. BMC Genet. 9:20-24.

Roberts, A. B., and M. B. Sporn. 2012. Transforming growth factorbeta: A large family of multifunctional regulatory proteins. J. Anim. Sci. 66:67–75.

Saadey, S. M., A. Galal, H.I. Zaky, and A. Zein ElDein. 2008. Diallel Crossing Analysis for Body Weight and Egg Production Traits of two native Egyptian and two Exotic Chicken Breeds. International Journal of poultry Science. 7: 64-71.

SAS Institute, Inc. 2015. SAS/STAT®14.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Saxena, V. K., A. K. Sachdev, R. Gopal, and A. B. Pramod. 2009. Roles of important candidate genes on broiler meat quality. World's Poult. Sci. J. 65:37–50.

Siwendu, N. A., D. Norris, J.W. Ngambi, H.A. Shinmelis, and Benyi, K. 2013. Heterosis and combining ability for body weight in diallele cross of three chicken genotypes. Trop. Anim. Helth. Prod. 45: 965-970.

Wang, J. Y. and G. H. Chen. 2004. Quantitative genetics and animal breeding. Nanjing.

Wiener, P., J. A. Woolliams, A. Frank-Lawale, M. Ryan, R. I. Richardson, G. R. Nute, J. D. Wood, D. Homer, and J. L. Williams. 2009. The effects of a mutation in the myostatin gene on meat and carcass quality. Meat Sci. 83:127–34.

Williams, S. M., S. E. Price, and P. B. Siegel. 2002. Heterosis of growth and reproductive traits in fowl. Poultry Science. 8: 1109-1112.

Xue, K., H. Chen, S. Wang, X. Cai, B. Liu, C. F. Zhang, C. Z. Lei, X. Z. Wang, Y. M. Wang , and H. Niu. 2006. Effect of genetic variations of the POU1F1 gene on growth traits of Nanyang cattle. Acta Genetica Sinica. 33:901-907.

Ye, X., S. R. Brown, K. Nones, L. L. Coutinho, J. C. Dekkers, and S. J. Lamont. 2007. Associations of myostatin gene polymorphisms with performance and mortality traits in broiler chickens. Genet. Sel. Evol. 39: 73-89.

Zhang, C., B. Liu, H. Chen, X. Lan, C. Lei, Z. Zhang, and R. Zhang. 2009. Associations of a *Hinf*I PCR-RFLP of POU1F1 gene with growth traits in Qinchuan cattle. Anim. Biotechnol. 20:71-74.

Zhang, G. X., X. H. Zhao, J. Y. Wang, F. X. Ding, and L. Zhang. 2011. Effect of an exon 1 mutation in the myostatin gene on the growth traits of the Bian chicken. Anim. Genet. 43:458–459.

Zhou, H., A. D. Mitchell, J. P. McMurtry, C. M. Ashwell, and S. J. Lamont. 2005. Insulin-like growth factor-I gene polymorphism associations with growth, body composition, skeleton integrity, and metabolic traits in chickens. Poult. Sci. 84:212-219.

Zintzaras, E. 2010. Impact of Hardy-Weinberg equilibrium deviation on allele-based risk effect of genetic association studies and meta-analysis. Eur. J. Epidemiol. 25: 553-560.