ความหลากหลายของยีน *STAT5B* ของประชากรไก่พื้นเมืองท้องถิ่นในเขตภาคเหนือตอนล่าง

Polymorphism of *STAT5B* gene of local indigenous chicken population in lower-northern Thailand

รังสรรค์ เจริญสุข[1,2*] และ ธิติมา เพ็ชรคง[1]

Rangsun Charoensook[1,2*] and Thitima Pechrkong[1]

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีน *STAT5B* ซึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะการเจริญเติบโตและลักษณะด้านการสืบพันธุ์ โดยการทดลองนี้ทำโดยใช้ประชากรไก่พื้นเมืองในเขตภาคเหนือตอนล่าง 5 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดพิษณุโลก (n = 60) จังหวัดอุตรดิตถ์ (n = 60) จังหวัดพิจิตร (n = 60) จังหวัดสุโขทัย (n = 60) จังหวัดกำแพงเพชร (n = 60) และเปรียบเทียบกับไก่สายพันธุ์ต่างๆ ประกอบด้วย ไก่เหลืองหางขาว (n = 35) ไก่ประดู่หางดำ (n = 35) ไก่ไข่สายพันธุ์ทางการค้า (n = 30) ไก่เล็กฮอร์นขาว (n = 40) และไก่โรดไอร์แลนด์แดง (n = 40) นำมาตรวจสอบรูปแบบจีโนไทป์ของยีน *STAT5B* ด้วยเทคนิค PCR-RFLP ด้วยไพรเมอร์ที่จำเพาะกับบริเวณตำแหน่งของจุดกลายพันธุ์ที่ G4533815A พบจีโนไทป์ 3 รูปแบบ คือ AA (554 bp), AG (554, 477 และ 77 bp) และ GG (477 และ 77 bp) ในไก่พื้นเมืองมีค่าความถี่จีโนไทป์ AG (0.485) และความถี่อัลลีล G (0.593) สูงสุด และจากการตรวจสอบสมดุล Hardy-Weinberg พบว่าไก่พื้นเมืองไทยส่วนใหญ่อยู่ในสมดุลยกเว้นประชากรไก่ในอำเภอบ้านโคก จังหวัดอุตรดิตถ์ ไก่เหลืองหางขาว และไก่เล็กฮอร์นขาว สำหรับความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีน *STAT5B* ในประชากรไก่พื้นเมืองท้องถิ่นทั้ง 5 จังหวัด มีค่า H_e อยู่ในช่วง 0.454-0.499 และค่า H_o ในช่วง 0.276-0.667
คำสำคัญ: ไก่พื้นเมือง, ความหลากหลายทางพันธุกรรม, ยีน *STAT5B*

ABSTRACT: The objective of this study was to analyze polymorphism of *STAT5B* gene which correlated with growth and reproductive traits in chicken. In this study, the local indigenous chicken population were randomly collected from five provinces in lower-northern Thailand such as Phitsanulok (n = 60), Uttaradit (n = 60), Phichit (n = 60), Sukhothai (n = 60) and Kamphaeng Phet (n = 60), and five different chicken breeds such as Leung Hang Khoa (n = 35), Phadu Hang Dam (n = 35), commercial layer (n = 30), White Leghorn (n = 40) and Rhode Island Red (n = 40). The genotypes were detected by using PCR-RFLP methods with specific primers of point mutation in *STAT5B* gene (G4533815A) and were classified into 3 genotypes, AA (554 bp), AG (554, 477 and 77 bp) and GG (477 and 77 bp). Genotype frequency of AG (0.485) and allele frequency of G (0.593) are highest in indigenous chicken. The Hardy-Weinberg equilibrium (HWE) test found most local indigenous chicken population followed HWE, except chicken population from Uttaradit province, Leung Hang Khoa and White Leg Horn. Expected heterozygosity (H_e) length from 0.454 to 0.499 and observed heterozygosity (H_o) length between 0.276 and 0.667.
Keywords: Indigenous chicken, polymorphism genes, *STAT5B* gene

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000
Department of Agricultural Sciences, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000

[2] สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000
Center for Agricultural Biotechnology, Naresuan University, Phitsanulok 65000

* Correponding author: rangsunc@nu.ac.th.

บทนำ

ไก่พื้นเมืองเป็นสัตว์ที่อยู่เคียงคู่กับวัฒนธรรม วิถีชีวิตความเป็นอยู่ ขนบธรรมเนียมประเพณีของเกษตรกรและประชาชนชาวไทยมายาวนาน เนื่องจากเลี้ยงง่ายและทนทานต่อสภาพแวดล้อม นอกจากนี้เนื้อไก่พื้นเมืองยังมีรสชาติอร่อย ไขมันต่ำ และมีราคาที่สูงกว่าเนื้อไก่สายพันธุ์ทางการค้า (Wattanachant et al., 2004) อย่างไรก็ตาม ไก่พื้นเมืองยังมีข้อจำกัดเรื่องการเจริญเติบโตช้า ทำให้ใช้เวลาในการเลี้ยงนาน ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด นอกจากนี้ประชากรไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงโดยผู้เลี้ยงรายย่อยในระดับท้องถิ่น มักจะถูกผสมข้ามสายพันธุ์โดยขาดการวางแผนการปรับปรุงพันธุ์ที่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองไก่ชน ซึ่งนิยมนำไก่สายพันธุ์ต่างประเทศ เช่น พม่า เวียตนาม และบราซิล ฯลฯ มาผสมพันธุ์กับไก่พื้นเมืองไทย เพื่อเน้นเรื่องการปรับปรุงประสิทธิภาพการต่อสู้ โดยไม่คำนึงถึงการเก็บรักษาสายพันธุ์ดั้งเดิมของไทยไว้ ซึ่งสวนทางกับหลักการพัฒนาอย่างยั่งยืน การเพาะเลี้ยงในรูปแบบนี้เป็นการเสี่ยงที่จะทำให้ไก่พื้นเมืองของไทยสูญเสียลักษณะทางพันธุกรรมบางอย่าง

ยีน signal transducers and activators of transcriptions-5 B (*STAT5B*) เป็นยีนที่ควบคุมการสร้างสารสื่อกลาง ที่สัมพันธ์กับกลไกการทำงานของ growth hormone (Kofoed et al., 2003) ซึ่งจากการศึกษาพบว่ายีน *STAT5B* มีคุณสมบัติเกี่ยวข้องกับอัตราการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ในสัตว์ (Udy et al., 1997) จากการศึกษายีน *STAT5B* พบว่ามีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโต น้ำหนักตัวแรกเกิด และน้ำหนักของไข่ฟองแรกในไก่ สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องหมายทางพันธุกรรม สำหรับการคัดเลือกประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่ในอนาคต (Sadeghi et al., 2012; Naknafs et al., 2014) อย่างไรก็ตามการศึกษาความหลากหลายของประชากรไก่ที่ทำกันอยู่มากเป็นการเก็บตัวอย่างจากศูนย์วิจัยฯ เป็นหลัก จึงทำให้ไม่ทราบถึงพันธุกรรมของประชากรไก่พื้นเมืองที่แท้จริงในระดับท้องถิ่น

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีน *STAT5B* ในประชากรไก่พื้นเมืองท้องถิ่นในเขตภาคเหนือตอนล่าง โดยเปรียบเทียบกับไก่สายพันธุ์แท้ ได้แก่ ไก่เหลืองหางขาว ไก่ประดู่หางดำ ไก่ไข่สายพันธุ์ทางการค้า ไก่เล็กฮอร์นขาว และไก่โรดไอร์แลนด์แดง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาความสัมพันธ์กับลักษณะการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์พันธุ์ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการอนุรักษ์ และพัฒนาทรัพยากรพันธุกรรมของไก่พื้นเมืองไทยในเขตภาคเหนือตอนล่างต่อไป

วิธีการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาและการสกัดดีเอ็นเอ

การทดลองทำโดยเก็บตัวอย่างเลือดจากการออกพื้นที่เก็บข้อมูลประชากรไก่พื้นเมืองท้องถิ่นของ 5 จังหวัดในเขตภาคเหนือตอนล่าง โดยเลือกพื้นที่เก็บตัวอย่างจังหวัดละ 2 อำเภอ โดยจังหวัดพิษณุโลก ได้แก่ อำเภอวังทอง (WT) และอำเภอบางระกำ (BK) จังหวัดพิจิตร ได้แก่ อำเภอเมืองพิจิตร (MP) และอำเภอวังทรายพูน (WP) จังหวัดอุตรดิตถ์ ได้แก่ อำเภอเมืองอุตรดิตถ์ (MU) และอำเภอบ้านโคก (BA) จังหวัดสุโขทัย ได้แก่ อำเภอศรีนคร (SN) และอำเภอศรีสัชนาลัย (SS) จังหวัดกำแพงเพชร ได้แก่ อำเภอทรายทองวัฒนา (SW) และอำเภอคลองลาน (KL) ทำการสุ่มเลือกมาอำเภอละ 30 ตัวอย่าง (เพศละ 15 ตัว) จากไก่ที่ไม่มีความสัมพันธ์ทางสายเลือดตามข้อมูลแบบสัมภาษณ์เกษตรกร นอกจากนี้ยังสุ่มเก็บตัวอย่างไก่หลืองหางขาวสายพันธุ์ไก่ชนนเรศวร (LK; n = 35) ไก่ประดู่หางดำ (PD; n = 35) จากฟาร์มเกษตรกรรายย่อยในจังหวัดพิษณุโลก และสุ่มเก็บตัวอย่างเลือด ไก่ไข่สายพันธุ์ทางการค้า (LY; n = 30) ไก่เล็กฮอร์นขาว (WLH; n = 40) และไก่โรดไอร์แลนด์แดง (RIR; n = 40) ทำการเพาะเลี้ยงอยู่ที่ฟาร์มวิจัย

และฝึกทักษะทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร รวมตัวอย่างไก่ที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 480 ตัว ทำการเก็บตัวอย่างเลือดไก่โดยใช้เข็มฉีดยาขนาด 3 มิลลิลิตร เจาะเลือดจากเส้นเลือดดำใต้ปีก ตัวละ 1 - 3 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดเก็บตัวอย่างขนาด 5 มิลลิลิตร ที่มี 0.5 M Ethylene-diamine-tetraacetic acid (EDTA) เคลือบผิวอยู่ (zhejiang kangshi medical devices co. ltd) จากนั้นนำมาล้างปั่นเซลล์เม็ดเลือดด้วยสารละลาย TE buffer และสารละลาย Phosphate Buffer Saline (PBS) pH 7.4 และสกัดดีเอ็นเอด้วยวิธีการตกตะกอนด้วยเกลือที่มีความเข้มข้นสูง (salting out) โดยดัดแปลงจากวิธีการสกัดดีเอ็นเอของ รังสรรค์ (2549) ตรวจสอบความเข้มข้นของดีเอ็นเอด้วยเครื่อง Colibri Microvolume Spectrometer (Nanodrop®) จากนั้นทำการเจือจางสารละลายดีเอ็นเอให้ได้ความเข้มข้นอยู่ที่ 50 นาโนกรัม/ไมโครลิตร เพื่อเตรียมใช้ในการทำพีซีอาร์ต่อไป

การตรวจสอบจีโนไทป์ของยีนเป้าหมายด้วยวิธี PCR-RFLP

การตรวจสอบความหลากหลายของยีน *STAT5B* ด้วยวิธี Polymerase Chain Reaction Restriction Fragment Length Polymorphism (PCR-RFLP) โดยเริ่มจากปฏิกิริยาพีซีอาร์ เพื่อเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอ ซึ่งประกอบด้วย genomic DNA ที่มีความเข้มข้น 50 นาโนกรัม/ไมโครลิตร ปริมาตร 2 ไมโครลิตร 5X FIREPol® Master Mix Ready to Load (Solis Bio-Dyne) ปริมาตร 4 ไมโครลิตร ไพรเมอร์ F: 5'- CCA TCC CTT CCT GGT GCA GT -3' และ R: 5'- ACT GCT GCC ATT TCC CTT TG- 3' ความเข้มข้น 10 ไมโครโมล ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 20 ไมโครลิตร ด้วย ddH_2O จากนั้นนำเข้าเครื่อง PCR T100™ Thermal Cycle (Bio-Rad) มีรอบการทำ PCR ดังนี้ เริ่ม initial denaturation ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอน ได้แก่ denaturation ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที annealing ที่อุณหภูมิ 60.6 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที extension ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที ทำปฏิกิริยา 30 รอบ และ final extension ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที หลังจากนั้นตรวจสอบ PCR product ที่ได้ด้วยการทำอิเล็คโตรโฟริซิสด้วย agarose gel ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ย้อมด้วย Ethedium Bromide จากนั้นนำ PCR product มาจำแนกรูปแบบจีโนไทป์ด้วยการตัดด้วยเอ็นไซม์ตัดจำเพาะ FastDigest *Msp*I (Thermo Scientific) ในปริมาตร 15 ไมโครลิตร ต่อปฏิกิริยา ซึ่งประกอบด้วย 10X Fast Digest Buffer ปริมาตร 1 ไมโครลิตร, Fast Digest enzyme ปริมาตร 0.5 ไมโครลิตร PCR product ปริมาตร 5 ไมโครลิตร และปรับปริมาตรให้ครบ 15 ไมโครลิตรด้วย ddH_2O จากนั้นไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส อย่างน้อยประมาณ 10 นาที และตรวจสอบจีโนไทป์ที่ได้ด้วยการทำอิเล็คโตรโฟริซิสด้วย agarose gel ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และย้อมด้วย Ethedium Bromide จากนั้นบันทึกภาพด้วยเครื่อง Gel Documentation (Vilber Lourmat) เพื่อตรวจสอบจำแนกจีโนไทป์ของไก่แต่ละตัว และนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติในลำดับต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูลทางพันธุศาสตร์ประชากร

นำรูปแบบจีโนไทป์ที่ตรวจสอบได้มาวิเคราะห์ค่าความถี่จีโนไทป์ (genotype frequency) และความถี่อัลลีล (allele frequency) จากสูตร: ความถี่จีโนไทป์ = จำนวนสัตว์ที่มีจีโนไทป์ที่กำหนด/จำนวนสัตว์ทั้งหมด, ความถี่อัลลีล = D + (1/2)H, เมื่อ D = ความถี่ homozygous genotype, H = ความถี่ heterozygous genotype จากนั้นวิเคราะห์ค่าเฮตเทอโรไซโกตที่คาดหมาย (Expected Heterozygosity; H_e) และค่าเฮตเทอโรไซโกตที่ตรวจพบ (Observed Heterozygosity; H_o) เพื่อประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรม และทดสอบสมดุลของยีนในประชากรไก่ Hardy-Weinberg equilibrium ซึ่งทดสอบด้วย Chi-square test (Falconer and Mackey, 1996) ด้วยโปรแกรม GENEALEX Version 6.5 (Peakall and Smouse, 2012)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษารูปแบบจีโนไทป์ของยีน *STAT5B* ด้วยเทคนิค PCR-RFLP โดยทำการตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะต่อตำแหน่งของจุดกลายพันธุ์ที่ G4533815A ซึ่ง PCR product มีขนาด 554 bp พบอัลลีล 2 ชนิด คือ อัลลีล A กับอัลลีล G และจำแนกจีโนไทป์ได้ 3 รูปแบบ คือ AA (554 bp), AG (554, 477 และ 77 bp) และ GG (477 และ 77 bp) ดังแสดงใน **Figure 1**

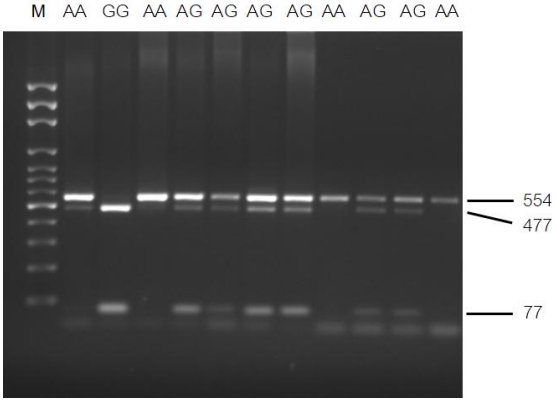

Figure 1 PCR-RFLP Pattern of *STAT5B* gene in Thai Indigenous chicken (M = 100 bp DNA Ladder)

Table 1 พบว่าความถี่จีโนไทป์ AG และความถี่อัลลีล G มีค่าสูงสุดในประชากรไก่พื้นเมืองท้องถิ่นเท่ากับ 0.485 และ 0.593 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับไก่สายพันธุ์แท้ (กลุ่มไก่เปรียบเทียบ) ความถี่จีโนไทป์ AG ในไก่ประดู่หางดำนั้นไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Ou et. al. (2008) ที่ศึกษาในไก่ Beijing You พบรูปแบบจีโนไทป์เป็นแบบ AG มีค่ามากที่สุด และมีความถี่อัลลีล G มีค่ามากกว่าอัลลีล A แต่ค่าความถี่จีโนไทป์แบบ GG ในประชากรไก่พื้นเมืองท้องถิ่นในเขตภาคเหนือตอนล่างมีแนวโน้มมากกว่าจีโนไทป์แบบ AA (0.350 และ 0.164 ตามลำดับ) จากการศึกษาของ Niknafs et al. (2014) พบว่าจุดกลายพันธุ์ของยีน *STAT5B* ที่จีโนไทป์เป็นแบบ GG มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวที่อายุ 8 วัน (BW8) และน้ำหนักตัวที่อายุ 12 วัน (BW12) ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องหมายทางพันธุกรรม สำหรับการคัดเลือกประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่ได้

การทดสอบสมดุลความถี่ยีนตามกฎของ Hardy-Weinberg พบว่าไก่พื้นเมืองไทยส่วนใหญ่อยู่ในสมดุล ยกเว้นประชากรไก่พื้นเมืองอำเภอบ้านโคก จังหวัดอุตรดิตถ์ ไก่เหลืองหางขาว และไก่เล็กฮอร์นขาว สอดคล้องกับผลของค่าเฮตเทอโรไซโกตที่คาดหมาย (Expected Heterozygosity; H_e) ที่สูงกว่าค่าเฮตเทอโรไซโกตที่ตรวจพบ (Observed Heterozygosity; H_o) อย่างมากในประชากรไก่ในอำเภอบ้านโคก อำเภอเมืองอุตรดิตถ์ อำเภอวังทรายพูน ไก่เหลืองหางขาว แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายทางพันธุกรรมที่ต่ำ ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการผสมแบบเลือดชิด (Falconer and Mackey, 1996) ส่วนในกลุ่มไก่เล็กฮอร์นขาวอาจมีอิทธิพลมาจากการคัดเลือกในกลุ่มประชากรขนาดเล็ก เนื่องจากไก่ฝูงนี้ได้มีการนำเข้าฝูงปู่-ย่าพันธุ์จากต่างประเทศ โดยถูกคัดเลือกและเพาะพันธุ์มาจนปัจจุบันเป็นชั่วรุ่นที่ 4

Table 1 Genotype and allele frequency of STAT5B gene in local indigenous chicken population

Pop.	Genotype Frequency			Allele Frequency		x^2	Heterozygosity	
	AA	AG	GG	A	G		H_o	H_e
BA	0.241 (7)	0.276 (8)	0.483 (14)	0.379	0.621	4.974*	0.276	0.471
MU	0.185 (5)	0.407 (11)	0.407 (11)	0.389	0.611	0.551	0.407	0.475
MP	0.138 (4)	0.621 (18)	0.241 (7)	0.448	0.552	1.883	0.621	0.495
WP	0.214 (6)	0.393 (11)	0.393 (11)	0.411	0.589	0.994	0.393	0.484
SN	0.087 (2)	0.522 (12)	0.391 (9)	0.348	0.652	0.518	0.522	0.454
SS	0.138 (4)	0.517 (15)	0.345 (10)	0.397	0.603	0.189	0.517	0.479
BK	0.148 (4)	0.667 (18)	0.185 (5)	0.481	0.519	3.033	0.667	0.499
WT	0.125 (3)	0.500 (12)	0.375 (9)	0.375	0.625	0.107	0.500	0.469
SW	0.200 (6)	0.533 (16)	0.267 (8)	0.467	0.533	0.153	0.533	0.498
KL	0.143 (4)	0.429 (12)	0.429 (12)	0.357	0.643	0.124	0.429	0.459
Pooled	0.164 (45)	0.485 (133)	0.350 (96)	0.407	0.593	ND	ND	ND
LK	0.543 (19)	0.286 (10)	0.171 (6)	0.686	0.314	3.978*	0.286	0.431
PD	0.257 (9)	0.486 (17)	0.257 (9)	0.500	0.500	0.029	0.486	0.500
LY	0.733 (22)	0.233 (7)	0.033 (1)	0.850	0.150	0.217	0.233	0.255
WLH	0.351 (13)	0.108 (4)	0.541 (20)	0.405	0.595	22.267***	0.108	0.482
RIR	0.525 (21)	0.400 (16)	0.075 (3)	0.725	0.275	0.000	0.400	0.399
Mean	0.286 (129)	0.415 (187)	0.299 (135)	0.493	0.507	ND	ND	ND

หมายเหตุ: x^2 (Chi-square) จากตารางที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ degree of freedom เท่ากับ 1 มีค่า 3.841

* $P < 0.05$; *** $P < 0.001$

สรุป

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีน *STAT5B* ในกลุ่มประชากรไก่พื้นเมืองท้องถิ่นในเขตภาคเหนือตอนล่าง ยีน *STAT5B* ของประชากรไก่ที่ทำการศึกษาพบตำแหน่งการจุดกลายพันธุ์ที่ G4533815A ซึ่งมีความถี่จีโนไทป์ AG และความถี่อัลลีล G สูงสุด งานวิจัยต่อไปควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ของยีน *STAT5B* กับลักษณะทางเศรษฐกิจต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาเป็นเครื่องหมายทางพันธุกรรมในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ของประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์พันธุ์ของไก่พื้นเมืองไทยต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนวิจัยงบประมาณรายได้มหาวิทยาลัยนเรศวร (R2558C058) และบางส่วนจากทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่ (MRG5580212) สำนักงานกองทุน

สนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ขอขอบพระคุณสำนักงานปศุสัตว์ทั้ง 5 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดพิจิตร จังหวัดสุโขทัย และจังหวัดกำแพงเพชร ที่ให้ความช่วยเหลือในการลงพื้นที่เก็บตัวอย่างไก่พื้นเมือง และขอขอบพระคุณกองงานพระราชดำริและกิจกรรมพิเศษ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนไก่เล็กฮอร์นขาวสายพันธุ์แท้

เอกสารอ้างอิง

รังสรรค์ เจริญสุข. 2549. การเปรียบเทียบวิธีการสกัดดีเอ็นเอและการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเพื่อศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพในสัตว์. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Falcorner, D. S., and T. F. C. Mackey. 1996. Introduction to quantitative genetics. Fourth edition. Longman. Oxford.

Kofoed, E. M., V. Hwa, B. Little, K. A. Woods, C. K. Buckway, J. Tsubaki, K. L. Pratt, L. Bezrodnik, H. Jasper, A. Tepper, J. J. Heinrich, and R. G. Rosenfeld. 2003. Growth hormone insensitivity associated with a *STAT5B* mutation. New Engl. J. Med. 349: 1139–1147.

Niknafs, S., A. N. Javaremi, and M. Sadeghi. 2014. Single nucleotide polymorphisms in *BMPR-IB* and *STAT5B* genes and their association with growth and reproductive traits in chicken. Songklanakarin J. Sci. Technol. 36(2): 137-142.

Ou, J. T., S. Q. Tang, D. X. Sun, and Y. Zhang. 2008. Polymorphisms of three neuroendocrine-correlated genes associated with growth and reproductive traits in the chicken. Poultry. Sci. 88: 722-727.

Peakall, R., and P. E. Smouse. 2012. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research–an update. Bioinformatics. 28: 2537-2539.

Udy, G. B., R. P. Towers, R. G. Snell, R. J. Wilkins, S. H. Park, P. A. Ram, D. J. Waxman, and H. W. Davey. 1997. Requirement of *STAT5B* for sexual dimorphism of body growth rates and liver gene expression. Proc. Natl. Acad. Sci. Unit. States. Am. 94: 7239–7244.

Wattanachant, S., S. Benjakul, and D. A. Ledward. 2004. Composition, color, and texture of Thai indigenous and broiler chicken muscles. Poult. Sci. J. 83: 123-128.