การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่ดำสายพันธุ์ต่างๆ และลูกผสมไก่ดำ

Estimation of genetic parameters for growth performances in various black chicken lines and crossbred black chicken

พิริยาภรณ์ สังขปรีชา[1], มนต์ชัย ดวงจินดา[1,2], บัญญัติ เหล่าไพบูลย์[2] และ วุฒิไกร บุญคุ้ม[1,2*]

Piriyaporn Sungkhapreecha[1], Monchai Duangjinda[1,2], Banyat Laopaiboon[2] and Wuttigrai Boonkum[1,2*]

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาสมรรถนะการเจริญเติบโต เปอร์เซ็นต์ซาก และเพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตในไก่ดำสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ไก่ม้งดำ, ไก่ม้งน้ำตาล และไก่จีนดำ และลูกผสมไก่ดำ ระหว่างไก่ม้งดำกับไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ประดู่หางดำ ข้อมูลลักษณะน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักเมื่ออายุ 4, 8, 12 และ 16 สัปดาห์ เก็บบันทึกในช่วงปี พ.ศ. 2556 ของศูนย์เครือข่ายวิจัยและพัฒนาด้านการปรับปรุงพันธุสัตว์ (ไก่พื้นเมือง) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ถูกใช้ในการศึกษาครั้งนี้ การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมใช้วิธีการวิเคราะห์หลายลักษณะพร้อมกันด้วยวิธีการ REML ภายใต้โมเดลตัวสัตว์ (animal model) โดยใช้โปรแกรม BLUPF90 Chicken PAK2.5 ผลการศึกษาพบว่า ไก่ดำทั้ง 4 สายพันธุ์ (ไก่ม้งดำ, ไก่ม้งน้ำตาล, ไก่จีนดำ และลูกผสมไก่ดำ) มีค่าอัตราพันธุกรรม (h^2) ของน้ำหนักแรกเกิดสูง (0.88 ถึง 0.99) และน้ำหนักตัวเมื่ออายุ 4, 8, 12 และ 16 สัปดาห์ มีค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในระดับต่ำถึงสูง 0.09 ถึง 0.43, 0.20 ถึง 0.31, 0.51 ถึง 0.81 และ 0.08 ถึง 0.22 ตามลำดับ ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าไก่จีนดำมีศักยภาพทางพันธุกรรมที่ดีในการพัฒนาเป็นไก่ดำพันธุ์แท้ ในขณะเดียวกันลูกผสมไก่ดำระหว่างไก่ม้งดำและไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ประดู่หางมีมีศักยภาพทางพันธุกรรมที่ดีในการพัฒนาเป็นลูกผสมไก่ดำเพื่อการส่งออกในระดับอุตสาหกรรมในอนาคต

คำสำคัญ: พารามิเตอร์ทางพันธุกรรม, สมรรถนะการเจริญเติบโต, ไก่ดำ, ไก่พื้นเมืองไทย

ABSTRACT: The objective of this study was to study growth performances carcass percentage and to estimate genetic parameters for growth traits in various black chicken lines such as Black Hmong (BM), Brown Hmong (BrM), Black Chinese (BC) and crossbred black chicken between Black Hmong and Thai native chicken (Pradu Hang Dam)(BM x PD). Growth trait data in terms of body weight at 0, 4, 8, 12, and 16 weeks of age was analyzed. The data were obtained from Research and Development Network Center for Animal Breeding (Native Chicken), Faculty of Agriculture, Khon Kaen University during 2013. The genetic parameters were estimated by multiple traits animal model via Restricted Maximum Likelihood technique (REML) using BLUPF90 Chicken PAK2.5 software. The results showed that heritabilities of birth weight were high (0.88 to 0.99) in all black chicken lines. For body weight at 4, 8, 12 and 16 weeks of age were 0.09 to 0.43 in BM, 0.20 to 0.31 in BrM, 0.51 to 0.81 in BC, and 0.08 to 0.22 in BM x PD, respectively. These results indicated that BC had high genetic potential for growth performance compare to another black chicken lines and should be develop as purebred black chicken meanwhile BM x PD should be develop as crossbred black chicken for industrial level in the future.

Keywords: genetic parameter, growth performance, black chicken, Thai native chicken

[1] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002
Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

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

* Corresponding author: wboonkum@gmail.com

บทนำ

ไก่ดำจัดเป็นอาหารสุขภาพชนิดหนึ่งที่เป็นที่ยอมรับสำหรับผู้บริโภค ทั้งยังมีแนวโน้มความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากผู้บริโภคเชื่อว่าไก่ดำมีสรรพคุณช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย ช่วยรักษาโรคเบาหวาน โรคโลหิตจาง รวมทั้งภาวะแทรกซ้อนหลังคลอด (Tian et al., 2007) สำหรับเนื้อไก่ดำมีส่วนประกอบของสารต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายโดย เพิ่มศักดิ์ และคณะ (2547) รายงานว่าเนื้อไก่ดำมีสารเมลานิน (melanin) แอนโดรเจน (androgen) และกรดอะมิโน (amino acid) และยังมีกรดไขมันในปริมาณสูงในขณะที่มีปริมาณคอเลสเตอรอลต่ำ และแม้ว่าไก่ดำจะมีความคุณสมบัติที่ดีหลายประการแต่ข้อจำกัดสำคัญที่ทำให้การพัฒนาและเพิ่มจำนวนไก่ดำถูกจำกัดในเพียงบางพื้นที่ของประเทศไทยนั่นคือการเจริญเติบโตของไก่ดำช้าเมื่อเปรียบเทียบกับไก่พันธุ์พื้นเมืองไทยและไก่สายพันธุ์ทางการค้า (เกรียงไกร และคณะ, 2543) โดยทั่วไปไก่ดำมีน้ำหนักตัวที่อายุ 16 สัปดาห์อยู่ในช่วง 1,250 กรัม ถึง 1,550 กรัม (เพิ่มศักดิ์ และคณะ, 2547) บางสายพันธุ์มีขนาดเล็กกว่านี้ เช่น ในประเทศเวียดนามมีน้ำหนักตัวอยู่ในช่วง 450 ถึง 500 กรัม (Phuong, 2002; อ้างโดย ปริญญา และคณะ, 2549) อีกทั้งยังต้องใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงประมาณ 4 ถึง 5 เดือน ไก่ดำจึงจะมีน้ำหนักตัวเพียงพอสำหรับขายได้ (เพิ่มศักดิ์ และคณะ, 2547) จึงทำให้จำนวนไก่ดำที่ขายในปัจจุบันไม่เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภคส่งผลให้ราคาไก่ดำสูงกว่าไก่พันธุ์พื้นเมืองไทยและไก่สายพันธุ์ทางการค้า 2 ถึง 3 เท่า จากปัญหาดังกล่าว ศูนย์เครือข่ายวิจัยและพัฒนาด้านการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (ไก่พื้นเมือง) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นจึงเล็งเห็นโอกาสในการพัฒนาสายพันธุ์ไก่ดำเพื่อยกระดับศักยภาพทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตให้สูงขึ้นโดยใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงสั้นลง จึงได้ริเริ่มโครงการรวบรวมสายพันธุ์ไก่ดำและพัฒนาเพื่อปรับปรุงพันธุกรรมในลักษณะการเจริญเติบโตในช่วงอายุต่างๆ โดยไก่ดำสายพันธุ์ต่างๆถูกเก็บรวบรวมจากหลายพื้นที่ของประเทศไทย ได้แก่ ไก่จีนดำถูกเก็บรวบรวมจากอำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา ไก่ม้งดำและม้งน้ำตาลถูกเก็บรวบรวมจากจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยหนึ่งในแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการยกระดับพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตในสูงขึ้น นั่นคือการสร้างลูกผสมระหว่างไก่ดำสายพันธุ์ต่างๆ กับไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ประดู่หางดำซึ่งศูนย์เครือข่ายฯได้ศึกษาวิจัยและปรับปรุงพันธุ์มาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 7 ชั่วรุ่น คุณลักษณะที่โดดเด่นของไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ประดู่หางดำ คือ มีพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตดี ปริมาณไข่ดก และปริมาณเนื้อหน้าอกมาก (บัญญัติ และคณะ, 2553) อีกทั้งยังมีความใกล้เคียงกับไก่ดำโดยเฉพาะอย่างยิ่งลักษณะภายนอกที่มีขนสีดำเหมือนกัน นอกจากนี้ไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ประดู่หางดำยังมีความโดดเด่นด้านการมีคุณภาพเนื้อที่ดี (ศุภมิตร และคณะ, 2553) และใช้ระยะเวลาการเลี้ยงเพียง 3 ถึง 4 เดือน (นริศรา และคณะ, 2555) จากเหตุผลที่กล่าวมาการพัฒนาและปรับปรุงพันธุกรรมในลักษณะการเจริญเติบโตของไก่ดำมีความจำยิ่ง โดยแนวทางการปรับปรุงพันธุกรรมโดยการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมถือเป็นส่วนสำคัญสำหรับการวางแผนการปรับปรุงพันธุ์ การเลือกใช้เครื่องมือในการปรับปรุงพันธุ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม รวมทั้งช่วยให้การคัดเลือกไก่ดำมีความแม่นยำ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อ 1) ศึกษาสมรรถนะการเจริญเติบโตและเปอร์เซ็นต์ซากของไก่ดำและไก่ดำลูกผสมที่อายุต่างๆ และ 2) ประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวที่อายุต่างๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางการในการปรับปรุงพันธุ์ไก่ดำต่อไปในอนาคต

วิธีการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลการเจริญเติบโตของไก่ม้งดำ ไก่ม้งน้ำตาล ไก่จีนดำและไก่ลูกผสม (ม้งดำ x ประดู่หางดำ) ได้แก่

น้ำหนักตัวเมื่อแรกเกิด, 4, 8, 12 และ 16 สัปดาห์ (BW0, BW4, BW8, BW12, และ BW16) และความกว้างอกที่ 16 สัปดาห์ ในปีพ.ศ. 2556 ถูกเก็บบันทึกตามลำดับ โดยไก่ทุกสายพันธุ์เลี้ยงแบบคละเพศในฟาร์มทดลองของศูนย์เครือข่ายวิจัยและพัฒนาด้านการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (ไก่พื้นเมือง) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยแม่ไก่ได้รับการผสมเทียมในอัตราส่วนพ่อพันธุ์ต่อแม่พันธุ์เท่ากับ 1:5 และเมื่อแม่ไก่เริ่มออกไข่นักวิจัยจะนำไข่เข้าฟักจำนวน 4 ชุดฟัก (hatch) ในตู้ฟักที่มีระบบกลับไข่อัตโนมัติโดยใช้เวลาฟักไข่ 21 วัน เมื่อลูกไก่ฟักออกที่อายุ 1 วัน ทำการเก็บข้อมูลน้ำหนักตัว (กรัม) และข้อมูลการเจริญเติบโตอื่นๆ ตามลำดับ โรงเรือนที่ใช้เลี้ยงสัตว์ทดลองเป็นโรงเรือนแบบเปิด มีผนังปิดทั้ง 4 ด้าน และมีช่องระบายอากาศด้านข้าง ภายในโรงเรือนจะกั้นเป็นห้องย่อยขนาด 2×2 ตารางเมตร สามารถเลี้ยงไก่ได้ 32 ตัว/ห้อง สำหรับอาหารที่ใช้เลี้ยงใช้อาหารไก่เนื้อของบริษัท โดยมีคุณค่าทางโภชนะดังนี้ (โปรตีนไม่น้อยกว่า 19%, ไขมันไม่น้อยกว่า 3%, กากไม่เกิน 5% และความชื้นไม่เกิน 13%) โดยไก่ทุกตัวดื่มน้ำ และกินอาหารแบบเต็มที่ (ad libitum) เก็บบันทึกปริมาณอาหารที่กินในช่วงอายุ 0-4 สัปดาห์, 0-8 สัปดาห์, 0-12 สัปดาห์ และ 0-16 สัปดาห์ โดยข้อมูลที่เก็บจะถูกนำมาคำนวณค่าดังนี้

$$\text{ค่า FCR คำนวณได้จาก} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน (Feed Intake)}}{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่ม (Body weight gain)}}$$

$$\text{ค่า ADG คำนวณได้จาก} = \frac{\text{น้ำหนักสิ้นสุด} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาที่เลี้ยง (วัน)}}$$

สุ่มทดสอบหาเปอร์เซ็นต์ซากในไก่สายพันธุ์ละ 4 ตัว (เพศละ 2 ตัว) ที่อายุ 12 สัปดาห์ โดยแบ่งเป็นซากกลมและซากตลาด ซึ่งซากกลม คือ ซากที่ถอนขนนำเอาเลือดออกโดยคิดรวมเครื่องในทั้งหมด ส่วนซากตลาด คือ ซากที่ถอนขนแล้วโดยไม่คิดรวมเครื่องในข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำมาคำนวณค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ซากกลม คำนวณได้จาก} = \frac{\text{น้ำหนักซากกลม} \times 100}{\text{น้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่า}}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ซากตลาด คำนวณได้จาก} = \frac{\text{น้ำหนักซากตลาด} \times 100}{\text{น้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่า}}$$

ข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโตของไก่ม้งดำ (BM) ไก่ม้งน้ำตาล (BrM) ไก่จีนดำ (BC) และลูกผสมไก่ดำ (ม้งดำ x ประดู่หางดำ) (BM x PD) ที่เก็บบันทึกได้จะถูกนำมาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมแสดงใน Table 1 โดยจัดทำเป็นแฟ้มข้อมูล (data file) ซึ่งประกอบด้วย หมายเลขประจำตัวสัตว์ ชุดฟัก เพศ หมายเลขพ่อ หมายเลขแม่ และข้อมูลค่าสังเกต Body weight 0, 4, 8, 12 และ16 สัปดาห์ สำหรับแฟ้มพันธุ์ประวัติ (pedigree file) ประกอบด้วย หมายเลขประจำตัวสัตว์ หมายเลขพ่อ หมายเลขแม่ และชั่วรุ่น

Table 1 Number of records and pedigree for data analysis.

Lines[1/]	Sires	Dams	Traits[2/]				
			BW0	BW4	BW8	BW12	BW16
BM	6	16	73	73	73	71	61
BrM	6	16	105	105	105	100	76
BC	3	7	41	41	41	38	33
BM x PD	4	17	99	99	99	96	86

[1/]BM = Black Hmong; BrM = Brown Hmong; BC = Black Chinese; BM x PD = Black Hmong x Pradu Hang Dam

[2/]BW0, 4, 8, 12 and 16 = body weight (g) at hatch, 4, 8, 12, and 16 weeks of age respectively

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของสมรรถนะการเจริญเติบโต

ข้อมูลน้ำหนักตัว ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย/วัน (ADG) มาวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละทรีทเมนต์ (สายพันธุ์) ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม

วิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวน (variance components) ใช้วิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) และใช้วิธีการวิเคราะห์แบบร่วมหลายลักษณะพร้อมกัน (multiple trait) ภายใต้โมเดลตัวสัตว์ (animal model) โดยใช้ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป BLUPF90-Chicken PAK v2.5 (Duangjinda et al., 2005) ซึ่งมีโมเดลในการวิเคราะห์ ดังนี้

Multiple traits animal model:

$$\begin{bmatrix} y1 \\ y2 \\ y3 \\ y4 \\ y5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta 1 \\ \beta 2 \\ \beta 3 \\ \beta 4 \\ \beta 5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Z2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Z3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & Z4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & Z5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a1 \\ a2 \\ a3 \\ a4 \\ a5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon 1 \\ \varepsilon 2 \\ \varepsilon 3 \\ \varepsilon 4 \\ \varepsilon 5 \end{bmatrix}$$

โดยมีข้อกำหนดคือ

$$var \begin{bmatrix} a \\ \varepsilon \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G \otimes A & 0 \\ 0 & R \otimes I \end{bmatrix}$$

เมื่อ y คือ เวคเตอร์ของค่าสังเกตของลักษณะการเจริญเติบโตน้ำหนักตัวแรกเกิด, 4 สัปดาห์, 8 สัปดาห์, 12 สัปดาห์ และ 16 สัปดาห์, β คือ เวคเตอร์ของอิทธิพลคงที่ เนื่องจากเพศ กลุ่มการจัดการ (ชุดฟัก), a คือ เวคเตอร์ของอิทธิพลสุ่มเนื่องจากตัวสัตว์, ε คือ เวคเตอร์ของอิทธิพลสุ่มเนื่องจากความคลาดเคลื่อน และ X และ Z คือ เมตริกซ์ที่มีความสัมพันธ์กับการปรากฏของอิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่มเนื่องจากตัวสัตว์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สมรรถนะการเจริญเติบโต

น้ำหนักตัวของไก่ที่อายุต่าง ๆ

ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของไก่ดำสายพันธุ์ต่างๆ และลูกผสมไก่ดำที่อายุแรกเกิด, 4, 8, 12, 16 สัปดาห์ (Table 2) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) โดยพบว่า ไก่จีนดำ (BC) มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย

สูงสุด (32.21, 339.96, 790.25, 1289.49, 1726.39) ในทุกช่วงอายุรองลงมา คือ ลูกผสมไก่ดำ (BM x PD) ไก่ม้งน้ำตาล (BrM) และไก่ม้งดำ (BM) ตามลำดับ ดังนั้นในด้านลักษณะปรากฏแสดงให้เห็นว่าไก่จีนดำมีความโดดเด่นด้านสมรรถนะการเจริญเติบโตมากกว่าไก่ดำสายพันธุ์อื่นๆและลูกผสมไก่ดำ

อิทธิพลเนื่องจากเพศ

การพิจารณาผลของเพศต่อน้ำหนักตัวในไก่ดำสายพันธุ์ต่างๆ พบว่าเพศผู้มีน้ำหนักตัวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเพศเมียในไก่ดำทุกสายพันธุ์ รวมทั้งลูกผสมไก่ดำ (P<0.01) ซึ่งจะเห็นความแตกต่างชัดเจนตั้งแต่อายุ 4 สัปดาห์เป็นต้นไป โดยไก่เพศผู้และเพศเมียของไก่จีนดำ (BC) มีการเจริญเติบโตสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับไก่ดำสายพันธุ์อื่นรวมทั้งเปรียบเทียบกับลูกผสมไก่ดำ ทั้งนี้เนื่องจากไก่เพศผู้มีการตอบสนองต่อระดับโปรตีนในอาหารได้ดีกว่า และยังกินอาหารมากกว่าไก่เพศเมียทำให้มีน้ำหนักตัวสูงกว่าไก่เพศเมีย (สุธา และคณะ, 2550; อ้างโดย วุฒิชัย และคณะ, 2551) อีกทั้งความแตกต่างของน้ำหนักตัวไก่ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ (Phuong, 2002; อ้างโดย ปริญญา และคณะ, 2549) สำหรับอิทธิพลเนื่องจากเพศยังมีผลต่อความกว้างอก และความยาวรอบอกด้วยเช่นกันซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโต ความกว้างอก และความยาวรอบอกผันแปรไปในทิศทางเดียวกัน

Table 2 Least square means of body weight of Black chicken and crossbred (g/bird).

Traits/Lines[1/]	BM	BrM	BC	BM x PD	SEM	P-value
Birth weight	26.64 d	27.66 c	32.21 a	30.92 b	0.13	<0.01
- Male	26.98 a[1]	27.71 a[1]	32.29 a[1]	31.52 a[1]	0.17	
- Female	26.29 b[1]	27.61 a[1]	32.12 a[1]	30.32 b[1]	0.19	
Body weight at 4 wk	194.91 c	190.63 c	339.96 a	217.98 b	1.99	<0.01
- Male	211.43 a[1]	196.96 a[1]	351.67 a[1]	234.77 a[1]	2.55	
- Female	178.39 b[1]	184.29 b[1]	328.24 b[1]	201.18 b[1]	2.66	
Body weight at 8 wk	518.71 c	509.33 c	790.25 a	590.17 b	4.82	<0.01
- Male	574.52 a[1]	553.75 a[1]	861.67 a[1]	647.69 a[1]	5.32	
- Female	462.90 b[1]	464.90 b[1]	718.82 b[1]	532.65 b[1]	5.84	
Body weight at 12 wk	908.43 c	930.20 c	1289.49 a	1029.84 b	8.74	<0.01
- Male	1017.50 a[1]	1052.18 a[1]	1425.65 a[1]	1149.37 a[1]	9.24	
- Female	799.35 b[1]	808.22 b[1]	1153.33 b[1]	910.30 b[1]	8.48	
Body weight at 16 wk	1240.91 c	1286.00 c	1726.39 a	1375.99 b	12.95	<0.01
- Male	1425.15 a[1]	1491.71 a[1]	1952.00 a[1]	1575.64 a[1]	12.16	
- Female	1056.67 b[1]	1080.29 b[1]	1500.77 b[1]	1176.33 b[1]	11.13	
Breast width at 16 wk (cm.)	4.74 c	4.78 c	5.45 a	5.15 b	0.16	<0.01
- Male	4.94 a[1]	4.93 a[1]	5.66 a[1]	5.31 a[1]	0.18	
- Female	4.53 b[1]	4.62 b[1]	5.24 b[1]	4.98 b[1]	0.21	
Breast circumstance at 16 wk (cm.)	21.94 c	22.00 c	25.22 a	23.30 b	0.08	<0.01
- Male	22.56 a[1]	22.67 a[1]	26.25 a[1]	24.28 a[1]	0.10	
- Female	21.32 b[1]	21.33 b[1]	24.19 b[1]	22.32 b[1]	0.11	

[1/]BM=Black Hmong; BrM=Brown Hmong; BC=Black Chinese; BM x PD=Black Hmong x Pradu Hang Dam

a, b, c, d means within rows with different subscripts were significant different. (P<0.01)

a[1], b[1] means within columns with different subscripts were significant different. (P<0.05)

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed Conversion Ratio: FCR) **และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน** (Average Daily Gain: ADG)

Table 3 แสดงให้เห็นว่าในช่วงอายุ 0-4 สัปดาห์ ไก่จีนดำมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวต่ำที่สุดในทุกช่วงอายุ (1.78 ถึง 2.84)(P<0.05) และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุดในทุกช่วงอายุ (11.20 ถึง 15.57)(P<0.05) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมา คือ ลูกผสมไก่ดำ ไก่ม้งดำ และไก่ม้งน้ำตาล ตามลำดับ ผลดังกล่าวช่วยสนับสนุนว่าไก่จีนดำมีการเจริญเติบโตที่ดี และยังมีสมรรถนะการเจริญเติบโตที่ดี (FCR ต่ำ และ ADG สูง) ด้วย จึงส่งผลดีต่อต้นทุนการผลิตในความหมายของการใช้อาหารที่ต่ำกว่าไก่ดำสายพันธุ์อื่น ทั้งยังจับขายได้เร็วกว่าไก่ดำสายพันธุ์อื่นเนื่องจากโตเร็วกว่านั่นเอง

Table 3 Growth performance (Feed Conversion Ratio and Average Daily Gain) in Black chicken and crossbred

Traits/Lines[1/]	Age (weeks)			
	0-4	0-8	0-12	0-16
Feed conversion Ratio (FCR)				
BM[1/]	3.17 a	4.72 a	4.32 a	4.20 a
BrM	3.33 a	4.28 a	3.89 a	3.89 a
BC	1.78 b	2.15 c	2.60 b	2.84 b
BM x PD	2.85 a	3.49 b	3.61 a	3.78 a
Average Daily Gain (ADG) (g/day)				
BM	6.19 b	9.02 c	10.72 c	10.88 c
BrM	5.91 b	8.60 c	10.89 c	11.39 c
BC	11.20 a	13.84 a	15.10 a	15.67 a
BM x PD	6.93 b	10.33 b	12.37 b	12.58 b

[1/]BM=Black Hmong; BrM=Brown Hmong; BC=Black Chinese; BM x PD=Black Hmong x Pradu Hang Dam

a, b, c means within columns with different subscripts were significant different. (P<0.05)

เปอร์เซ็นต์ซากไก่ดำและลูกผสมไก่ดำ

Table 4 แสดงค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ซากกลม (%Hot Carcass) และซากตลาด (%Eviscerated weight) ไก่ดำที่อายุ 12 สัปดาห์ พบว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซากกลม ในไก่ม้งน้ำตาลมีค่าสูงที่สุด 89.51 รองลงมาคือ ไก่ม้งดำ ไก่จีนดำ และลูกผสมไก่ดำ โดยมีค่าเท่ากับ 89.49, 88.98, 88.92 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สำหรับเปอร์เซ็นต์ซากตลาด พบว่า ไก่ม้งน้ำตาลมีค่าสูงสุด 87.24 รองลงมา คือ ไก่ม้งดำ ไก่จีนดำ และลูกผสมไก่ดำ มีค่าเท่ากับ 87.11, 86.35, 86.05 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน (P>0.05) จากการศึกษาคุณภาพซากไก่ชี้ฟ้าและฟ้าหลวงซึ่งเป็นไก่ดำพื้นเมืองที่เกษตรกรเลี้ยงในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนที่อายุ 16 สัปดาห์ พบว่ามีน้ำหนักมีชีวิต 1080 และ 1091 กรัม ตามลำดับ มีน้ำหนักซากอุ่น 781.88 และ 821.68 กรัม ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์ซากเท่ากับ 57.61 และ 57.54 ตามลำดับ (ปริญญา และคณะ, 2549) จากค่าเปอร์เซ็นต์ซากที่ได้แสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์ซากของไก่ดำและลูกผสมไก่ดำมีค่าสูงกว่าไก่พื้นเมืองที่มีการเลี้ยงในสภาพทั่วไป ซึ่งเป็นผลจากอิทธิพลเนื่องจากสภาพแวดล้อมการเลี้ยง การจัดการอาหาร และการจัดการโรงเรือนทดลอง

Table 4 Carcass percentage in Black chicken and crossbred at Body weight 12 week

Lines[1/]	Live weight	%Blood	%Feather	%Hot carcass	%Eviscerated weight
BM1/	950.00	4.47	6.04	89.49	87.11
BrM	1045.00	4.51	5.98	89.51	87.24
BC	1162.50	4.05	6.97	88.98	86.35
BM x PD	1102.50	4.71	6.37	88.92	86.05

[1/]BM=Black Hmong; BrM=Brown Hmong; BC=Black Chinese; BM x PD=Black Hmong x Pradu Hang Dam

ประมาณค่าอัตราพันธุกรรม

เมื่อพิจารณาค่าอัตราพันธุกรรมแสดงใน Table 5 พบว่า ค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักแรกเกิดของไก่ดำสายพันธุ์ต่างๆและลูกผสมไก่ดำ (ไก่ม้งดำ ไก่ม้งน้ำตาล ไก่จีนดำ และลูกผสมไก่ดำ) มีค่าสูงในช่วงแรกเกิด (0.88 ถึง 0.99) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อำนวย และคณะ (2555) ซึ่งได้รายงานว่าไก่พื้นเมืองไทยประดู่หางดำเชียงใหม่ มีค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตในช่วงแรกเกิดอยู่ในช่วง 0.88 ถึง 0.99 สำหรับค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวที่อายุ 4, 8, 12 และ 16 สัปดาห์ ในไก่ม้งดำ ไก่ม้งน้ำตาล ไก่จีนดำ และลูกผสมไก่ดำมีความผันแปรแตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุโดยมีค่าเท่ากับ 0.09 ถึง 0.43, 0.20 ถึง 0.31, 0.51 ถึง 0.81 และ 0.08 ถึง 0.22 ตามลำดับ ซึ่งค่าอัตราพันธุกรรมดังกล่าวจะพบว่า ไก่จีนดำและไก่ม้งน้ำตาลมีค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูง แสดงว่าอิทธิพลเนื่องจากยีนแบบบวกสะสม (additive gene effects) มีผลต่อการแสดงออกของลักษณะมากกว่าอิทธิพลเนื่องจากสภาพแวดล้อม อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าอัตราพันธุกรรมในลูกผสมไก่ดำพบว่ามีค่าอยู่ในช่วงต่ำถึงปานกลาง แต่เมื่อพิจารณาควบคู่ไปกับลักษณะน้ำหนักตัวที่ปรากฏกลับพบว่า มีน้ำหนักตัวสูงกว่าไก่ม้งดำ และไก่ม้งน้ำตาลตามลำดับ นั่นเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพล heterosis ของการเข้าคู่กันระหว่างไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ประดู่หางดำและไก่ม้งดำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไก่ประดู่หางดำที่มีความโดดเด่นทางพันธุกรรมของลักษณะโตดี ไข่ดก อกกว้าง (บัญญัติ และคณะ, 2555) ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะการเจริญโตที่ประมาณได้ในครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงและสอดคล้องกับรายงานหลายฉบับ ได้แก่ อุดมศรี และคณะ (2546) ทำการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตในไก่ฟ้าหลวงที่อายุแรกเกิดถึงอายุ 24 สัปดาห์ (0.08 ถึง 0.76) นัฐพงษ์ และคณะ (2556) ศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวไก่เบตงตั้งแต่แรกเกิดถึงอายุ 16 สัปดาห์ (0.34 ถึง 0.63) และ อำนวย (2542) ศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมน้ำหนักตัวในไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ประดู่หางดำ (0.15 ถึง 0.88) โดยการศึกษาทั้งหมดที่กล่าวมาล้วนเสนอแนะไปในทิศทางเดียวกัน นั่นคือค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวของไก่มีความผันแปรขึ้นอยู่กับอายุและสายพันธุ์ของไก่

Table 5 Data structure for analysis and genetic parameters of growth traits in Black chicken and crossbred

Lines[1/]	Traits[2/]	n	Mean	SD.	Min.	Max.	σ_a^2	σ_e^2	h^2
BM	BW0	73	26.64 d	2.04	20	31	2.7	0.359	0.88
	BW4	73	194.91 c	40.53	120	340	529	710	0.43
	BW8	73	518.71 c	91.65	320	770	1800	3400	0.35
	BW12	71	908.43 c	172.68	580	1330	1450	14200	0.09
	BW16	61	1240.91 c	267.75	600	1720	3300	29100	0.10
BrM	BW0	105	27.66 c	2.67	21	37	7.06	0.0647	0.99
	BW4	105	190.63 c	29.95	120	280	181	399	0.31
	BW8	105	509.33 c	79.10	340	750	787	3010	0.21
	BW12	100	930.20 c	165.75	590	1310	2480	9730	0.20
	BW16	76	1286.00 c	247.30	860	1820	4400	16300	0.21
BC	BW0	41	32.21 a	2.35	29	39	50.1	0.105	0.97
	BW4	41	339.96 a	60.73	200	450	1470	337	0.81
	BW8	41	790.25 a	159.18	420	1080	9820	9320	0.51
	BW12	38	1289.49 a	260.98	670	1790	43600	17300	0.72
	BW16	33	1726.39 a	330.90	940	2410	47100	41700	0.53
BM x PD	BW0	99	30.92 b	3.14	25	43	10.2	0.31	0.97
	BW4	99	217.98 b	42.15	100	350	274	954	0.22
	BW8	99	590.17 b	93.32	360	840	661	4840	0.12
	BW12	96	1029.84 b	162.55	700	1380	964	11000	0.08
	BW16	86	1375.99 b	258.55	670	1870	4230	25800	0.14

[1/]BM=Black Hmong; BrM=Brown Hmong; BC=Black Chinese; BM x PD=Black Hmong x Pradu Hang Dam

[2/]BW0, 4, 8, 12 and 16 = body weight (g) at hatch, 4, 8, 12, and 16 weeks of age respectively

a, b, c, d means within columns of each ages with different subscripts were significant different. (P<0.05)

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (genetic correlation) ระหว่างน้ำหนักตัวที่อายุ 0 สัปดาห์ (BW0) กับ น้ำหนักตัวที่อายุ 4 สัปดาห์ (BW4), น้ำหนักตัวที่อายุ 8 สัปดาห์ (BW8), น้ำหนักตัวที่อายุ 12 สัปดาห์ (BW12) และน้ำหนักตัวที่อายุ 16 สัปดาห์ (BW16) ตามลำดับ ในไก่ม้งดำ และไก่ม้งน้ำตาล แสดงใน **Table 6** และในไก่จีนดำ และลูกผสมไก่ดำ แสดงใน **Table 7** พบว่าค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของไก่ดำสายพันธุ์ต่างๆ ของน้ำหนักตัวที่อายุ 0 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับน้ำหนักตัวที่อายุ 4, 8, 12, และ 16 สัปดาห์ มีค่าอยู่ในช่วงต่ำถึงปานกลาง (-0.11 ถึง 0.42) ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างน้ำหนักตัวที่อายุ 4 สัปดาห์เปรียบเทียบกับน้ำหนักตัวที่อายุ 8, 12, และ 16 สัปดาห์ มีค่าอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูง (0.26 ถึง 0.97) ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการพิจารณาคัดเลือกไก่ดำสายพันธุ์ต่างๆ จากข้อมูลน้ำหนักตัวที่อายุ 0 สัปดาห์ อาจไม่สามารถตอบได้ชัดเจนว่าไก่จะมีศักยภาพทางพันธุกรรมของการเจริญเติบโตที่ดีที่น้ำหนักตัวที่อายุ 4, 8, 12, และ 16 สัปดาห์ ตามลำดับหรือไม่ แต่ในทางตรงกันข้ามการพิจารณาคัดเลือกไก่ดำสายพันธุ์ต่างๆ จากข้อมูลน้ำหนักตัวที่อายุ 4 สัปดาห์กลับให้ผลที่ดี และยังเชื่อมั่นได้ว่าไก่ที่ได้รับการคัดเลือกจะมีศักยภาพทางพันธุกรรมของการเจริญเติบโตที่ดีจนกระทั่งถึงน้ำหนักตัวที่อายุ 16 สัปดาห์ สำหรับการพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ของลูกผสมไก่ดำพบว่าสามารถ

คัดเลือกไก่ได้ตั้งแต่อายุ 0 สัปดาห์เป็นต้นไป (0.26 ถึง 0.74) ซึ่งให้ผลที่ดีกว่าการคัดเลือกที่อายุ 4 สัปดาห์ (-0.18 ถึง 0.75) หรือ 8 สัปดาห์ (0.16 ถึง 0.23) นั่นหมายความว่า ลูกผสมไก่ดำมีความแตกต่างของน้ำหนักตัวในเชิงพันธุกรรมตั้งแต่อายุแรกเกิดเป็นต้นไป ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์ในอนาคต เนื่องจากจะช่วยให้การคัดเลือกทำได้รวดเร็วกว่าไก่ดำสายพันธุ์ต่างๆ

Table 6 Genetic correlations for growth traits in Brown Hmong (above the diagonal) and Black Hmong (below the diagonal)

Traits	BW0	BW4	BW8	BW12	BW16
BW0	-	-0.01	-0.11	-0.02	0.20
BW4	0.42	-	0.78	0.56	0.26
BW8	0.27	0.97	-	0.95	0.76
BW12	-0.01	0.79	0.80	-	0.92
BW16	-0.03	0.52	0.47	0.87	-

Table 7 Genetic correlations for growth traits in Crossbred (BM x PD) (above the diagonal) and Black Chinese (below the diagonal)

Traits	BW0	BW4	BW8	BW12	BW16
BW0	-	0.74	0.37	0.51	0.26
BW4	0.20	-	0.75	0.05	-0.18
BW8	0.41	0.94	-	0.23	0.16
BW12	0.28	0.80	0.93	-	0.95
BW16	0.33	0.83	0.95	0.99	-

สรุปและข้อเสนอแนะ

การพิจารณาคัดเลือกไก่ดำจากสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ดำสายพันธุ์ต่างๆ และลูกผสมไก่ดำ พบว่า ไก่จีนดำมีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมซึ่งพบว่า ไก่จีนดำ มีศักยภาพและมีความเป็นไปได้ในการที่จะพัฒนาและปรับปรุงพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตให้ดีขึ้นได้เพื่อพัฒนาต่อยอดเป็นไก่พันธุ์แท้ สำหรับลูกผสมไก่ดำระหว่างไก่ม้งดำกับไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ประดู่หางดำพบว่า มีความเหมาะสมที่จะคัดเลือกเพื่อปรับปรุงพันธุ์ในลักษณะการเจริญเติบโตในอนาคตเพื่อพัฒนาสำหรับการส่งออกในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์เครือข่ายวิจัยและพัฒนาด้านการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (ไก่พื้นเมือง) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนสถานที่สำหรับการทำวิจัย และขอขอบคุณทุนโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ระดับปริญญาโท ประจำปี 2557 ภายใต้สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เกรียงไกร โชประการ, วัชรพงษ์ วัฒนกูล และวรพงษ์ สุริยจันทราทอง. 2543. ไก่พื้นเมืองและไก่ลูกผสมพื้นเมือง : อดีตและปัจจุบัน. กองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

นัฐพงษ์ หวังทวีสุขกมล, วิริยา สุ้งใหญ่, บุณย้อม โฉมที และพรรณวดี โสพรรณรัตน์. 2556. พารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวในไก่เบตง (สายเคยู). ว. วิทย. กษ. 44: 1 (พิเศษ): 167-170.

นริศรา สวยรูป, บัญญัติ เหล่าไพบูลย์, วุฒิไกร บุญคุ้ม และมนต์ชัย ดวงจินดา. 2555. สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำ และซีที่เลี้ยงด้วยอาหารไก่เนื้อและอาหารไก่ไข่. แก่นเกษตร. 40(ฉบับพิเศษ 2): 248-252.

บัญญัติ เหล่าไพบูลย์, มนต์ชัย ดวงจินดา, เทวินทร์ วงษ์พระลับ, พิชญ์รัตน์ แสนไชยสุริยา, เกษม นันทชัย และวุฒิไกร บุญคุ้ม. 2553. การทดสอบสมรรถนะการเจริญเติบโตและความนุ่มเนื้อในไก่ลูกผสมที่ได้จากไก่พ่อพันธุ์พื้นเมืองไทยกับไก่แม่พันธุ์ทางการค้า. แก่นเกษตร. 38: 373-384.

ปริญญา กัญญาคำ, ศุภศิษฎ์ บุญนวล, อำนวย เลี้ยวธารากุล, นุชา สิมะสาธิตกุล และสัญชัย จตุรสิทธา. 2549. คุณภาพซากและเนื้อทางอ้อมของไก่เบรสและไก่กระดูกดำ. น. 37-44. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 สาขาสัตว์ สาขาสัตวแพทยศาสตร์ 30 มกราคม – 2 กุมภาพันธ์ 2549. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เพิ่มศักดิ์ ศิริวรรณ, อภิชัย รัตนวราหะ, สุภานัน พิมสาร, วิชิต สนลอย และศุภฤกษ์ นาคกิตเศรษฐ์. 2547. การศึกษาเบื้องต้นในการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ไก่กระดูกดำ. วารสารสัตวบาล. 68: 44-53.

ศุภมิตร เมฆฉาย, พัชรินทร์ ครุฑเมือง, อำนวย เลี้ยวธารากุล, ธีรชัย ช่อไม้, ชูศักดิ์ ประภาสวัสดิ์ และทวีศักดิ์ จีนด้วง. 2553. การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลเพื่อบ่งชี้ลักษณะของไก่ประดู่หางดำ. รายงานประจำปี สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

อุดมศรี อินทรโชติ, ไสว นามคุณ และอำนวย เลี้ยวธารากุล. 2546. การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ไก่พื้นเมืองของท้องถิ่น (ไก่ฟ้าหลวง) สำหรับเลี้ยงในเขตพื้นที่สูงภาคเหนือของประเทศไทย 1. สมรรถภาพการผลิตและพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของ. วารสารวิชาการปศุสัตว์เขต 5. 5: 38-50.

อำนวย เลี้ยวธารากุล. 2542. อัตราพันธุกรรมสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ปรากฏสำหรับสมรรถภาพการผลิตก่อนให้ไข่ของไก่พื้นเมือง. วารสารวิชาการปศุสัตว์เขต 5. 3: 11-21.

อำนวย เลี้ยวธารากุล, ดรุณี ณ รังษี และชาตรี ประทุม. 2555. น้ำหนักตัวและค่าอัตราพันธุกรรมของไก่พื้นเมืองไทยประดู่หางดำเชียงใหม่เมื่อคัดเลือกถึงชั่วอายุที่ 9. แก่นเกษตร. 40(ฉบับพิเศษ 2): 264-268.

Duangjinda, M., I. Misztal, and S. Tsuruta. 2005. BLUPF90-ChickenPAK 2.5 [computer programs]. Khon Kaen University, Thailand.

Tian, Y., M. Xie, W. Wang, H. Wu, Z. Fu, and L. Lin. 2007. Determination of carnosine in Black-Bone Silky Fowl (*Gallus gallus domesticus* Brisson) and common chicken by HPLC. Eur Food Res Technol. 226: 311-314.