



# วิทยานิพนธ์

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสีแข้งและสีขน  
ในไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์เหลืองหางขาว

**GENETIC INHERITANCE OF SHANK AND PLUMAGE  
COLOR IN THAI INDIGENOUS CHICKEN  
LEUNGHANGKHAO**

นายอาทิตย์ ใหญ่ลา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การปรับปรุงพันธุ์สัตว์)  
ปริญญา

การปรับปรุงพันธุ์สัตว์

สัตวบาล

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสีแข้งและสีขนในไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์เหลือง  
หางขาว

Genetic inheritance of Shank and Plumage Color in Thai Indigenous Chicken  
Leunghangkhaio

นามผู้วิจัย นายอาทิตย์ ใหญ่ลา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( รongศาสตราจารย์วรัญญู สิริพลวัฒน์, D.Agr. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( รongศาสตราจารย์เนรมิตร สุขมณี, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อาตมางกูร, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รongศาสตราจารย์วินัย อากงหาญ, M.A. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 3 เดือน เมษายน พ.ศ. 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสีแข้งและสีขนในไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์เหลืองหางขาว

**Genetic inheritance of Shank and Plumage Color in Thai Indigenous Chicken Leunghangkhae**

โดย

นายอาทิตย์ ไหญ่ลา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การปรับปรุงพันธุ์สัตว์)

พ.ศ. 2551

อาทิตย์ ใหญ่ลา 2551: การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสีแฉ่งและสีขนในไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์เหลืองหางขาว ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การปรับปรุงพันธุ์สัตว์) สาขาการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ ภาควิชาสัตวบาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์วรัววิทย์ สิริพลวัฒน์, D.Agr. 64 หน้า

การศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของสีแฉ่งและสีขน ไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์เหลืองหางขาว แบ่งเป็น 2 การทดสอบ คือ การผสมทดสอบสีแฉ่งและการผสมทดสอบสีขน แต่ละการทดสอบใช้พ่อพันธุ์อย่างละ 30 ตัวและแม่พันธุ์อย่างละ 120 ตัว โดยพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ทดสอบสีแฉ่งทุกตัวมีแฉ่งสีเหลืองและสีดำอมเหลือง ตามลำดับ ส่วนกลุ่มทดสอบสีขนแบ่งกลุ่มพ่อพันธุ์ตามสีปลายขนได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ขน birchen เพศผู้ (ลำตัวดำ สร้อยคอและสร้อยหลังเหลือง ไม่มีปลายขนขาว, M1) และกลุ่มที่ 2 ขน birchen มีปลายขนขาว (M2) แม่พันธุ์จัดได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ขน birchen เพศเมีย (ลำตัว สร้อยคอและสร้อยหลังดำ, F1) กลุ่มที่ 2 ขน birchen มีปลายขนขาว (F2) และกลุ่มที่ 3 ขน birchen มีขนคอสีทอง (F3) จับคู่ผสมด้วยอัตราส่วนพ่อ : แม่ เท่ากับ 5:20 ได้ 6 คู่ผสม คือ M1 x F1, M1 x F2, M1 x F3, M2 x F1, M2 x F2 และ M2 x F3 จากการผสมพบว่ากลุ่มคู่ผสม M1 x F1 สามารถแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ M1 x F1 (กลุ่มที่ 1) และ M1 x F1 (กลุ่มที่ 2) เมื่อนำไก่ที่เกิดจากกลุ่มคู่ผสม M1 x F1 (กลุ่มที่ 1) มาทดสอบพันธุกรรมควบคุมสีปลายขนขาว พบว่าลูกไก่ที่ได้เป็นขน birchen ทั้งหมด ส่วนคู่ผสม M2 x F2 ให้ลูกไก่ทั้งหมดที่มีปลายขนขาว สำหรับคู่ผสมพันธุ์ที่เหลือจะพบสัดส่วนลูกผสม birchen : มีปลายขนขาวเป็นดังนี้ คู่ผสม M1 x F1 (กลุ่มที่ 2) กับคู่ผสม M1 x F3 เป็น 3:1 ส่วนคู่ผสม M1 x F2 คู่ผสม M2 x F1 และคู่ผสม M2 x F3 เป็น 1:1 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่เป็นไปตามกฎเมนเดล ( $P > 0.05$ ) จึงสรุปได้ว่า ลักษณะปลายขนขาวของไก่เหลืองหางขาวถูกควบคุมด้วยยีนด้อย คือ ยีน  $mo$  ร่วมกับอัลลีล  $E^R$  ของยีนตำแหน่ง  $E$  เมื่อทดสอบความเป็นอิสระของยีนทั้งสองตำแหน่งในแต่ละกลุ่มคู่ผสมให้ผลที่เป็นอิสระต่อกัน

การผสมทดสอบพ่อพันธุ์แฉ่งเหลือง ( $E^R\_Z^{ld}Z^{ld+}ww$ ) กับแม่พันธุ์แฉ่งดำอมเหลือง ( $E^R E^R Z^{ld+} Www$ ) ปรากฏสีแฉ่งที่แตกต่างกันดังนี้ แฉ่งเหลืองเพศผู้, แฉ่งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อยเพศผู้, แฉ่งดำอมเหลืองเพศผู้, แฉ่งเหลืองเพศเมีย, แฉ่งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อยเพศเมีย, แฉ่งดำอมเหลืองเพศเมีย โดยมีสัดส่วนที่คาดคะเนเท่ากับ 1:1:2:1:1:2 จากการทดสอบไคสแควร์ให้ผลปฏิเสธสัดส่วนที่คาดคะเน ( $P < 0.01$ )

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

26, 3, 51

Atit Yaila 2008: Genetic inheritance of Shank and Plumage Color in Thai Indigenous Chicken Leunghangkhaio. Master of Science (Animal Breeding), Major Field: Animal Breeding, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Associate Professor Voravit Siripholvat, D.Agr. 64 pages.

The genetic basis for shank and plumage color of Thai Indigenous chicken Leunghangkhaio was studied by divided into shank and plumage color mating groups. Each of mating group included thirty sires and one hundred-twenty dams. In the shank color mating group, all sires had yellow shank color and all dams had black with yellow shank color. The sire in the plumage color mating group could be divided into 2 groups according to their plumage colors: the first group was birchen males (black body with yellow hackle and saddle without mottling, M1) and the second group was birchen with mottling (M2). The dams in the plumage color mating group could be divided into 3 groups: the first group was birchen female (black body, hackle and saddle, F1), the second group was birchen with mottling (F2) and the third group was birchen with golden hackle (F3). The ratio of males : females in each cross mating were 5:20. All combinations of the plumage color mating group were designated as M1 x F1, M1 x F2, M1 x F3, M2 x F1, M2 x F2 and M2 x F3. From the mating results, the M1 x F1 mating group could be divided into two subgroups as M1 x F1 (1<sup>st</sup> group) and M1 x F1 (2<sup>nd</sup> group). It was found that M1 x F1 (1<sup>st</sup> group) gave all birchen chicken, while the M2 x F2 group produced all mottling chicken. The ratio of segregation character of birchen : mottling in the progenies form the rest of mating groups were 3:1 for the M1 x F1 (2<sup>nd</sup> group) and the M1 x F3 and 1:1 for the M1 x F2, the M2 x F1 and the M2 x F3. These segregation ratios were following of Medelian law ( $P > 0.05$ ). In conclusion, the mottling character in Leunghangkhaio chicken was controlled by the recessive gene (mo) on basement of birchen ( $E^R$ ) allele at E locus. The result of the independence test of mo and E loci accepted that these two loci had no linkage.

The mating of yellow shank sire ( $E^R Z^{ld} Z^{ld+} ww$ ) and black with yellow shank dam ( $E^R E^R Z^{ld+} Www$ ) produced males with yellow shank color, males with brownish black color, males with black and yellow background, females with yellow shank color, females with brownish black color and females with black and yellow background. The expected ratio of this mating was 1:1:2:1:1:2. However, the chi-square test shown that the ratio of progenies did not segregate as expected phenotype ( $P < 0.01$ ).

*Atit Yaila*

Student's signature

*Voravit Siripholvat*

Thesis Advisor's signature

26, 3, 08

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. วรวิทย์ สิริพลวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร. เนรมิตร สุขมณี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมซึ่งได้กรุณาให้คำปรึกษา และแนะนำในด้านการทดลองและเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. วาณี ชัยวัฒน์สิน ประธานการสอบ และรองศาสตราจารย์ ดร. เกรียงไกร โขประการ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณอุคมศรี อินทร โขติ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์กบดินทร์บุรี และคุณธีรชัย ช่อไม้ โครงการวิจัยการสร้างฝูงพันธุ์ไก่พื้นเมืองจำนวน 4 พันธุ์ (ไก่เหลืองหางขาว) กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์สัตว์ทดลอง โรงเรือน ที่พักและความช่วยเหลือในการทำงานทดลอง ขอขอบคุณพี่ๆ เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์วิจัยทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนในครอบครัว ที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจในการศึกษาตลอดมา ตลอดจนคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนจนสำเร็จการศึกษา และทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

อาทิตย์ ใหญ่ลา  
มีนาคม 2551

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	15
อุปกรณ์	15
วิธีการ	19
ผลและวิจารณ์	25
สรุปผลการทดลอง	42
ข้อเสนอแนะ	43
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	44
ภาคผนวก	49
ประวัติการศึกษา	64

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ยื่นควบคุมลักษณะขนสีดำที่มีตำแหน่งบน โลกัส <b>E (primary pattern)</b>	10
2	ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งยีน <b>w, Id</b> และ <b>E</b> ต่อการแสดงออกของสีแข็ง	14
3	ลักษณะพ่อแม่พันธุ์ไก่เหลืองหางขาวที่ใช้ผสมทดสอบสีขนในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์	18
4	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ลูกไก่แรกเกิดตามระดับคะแนนขนปุยสีครีมแซมหน้าผากในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์	26
5	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ลูกไก่แรกเกิดตามสีขนปุยบริเวณอกในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์	26
6	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไก่แรกเกิดตามจุดสีดำบริเวณใบหน้าในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์	29
7	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไก่แรกเกิดตามสีขนปุยแซมบริเวณไหล่ในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์	29
8	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไก่แรกเกิดตามสีขนปุยบริเวณต้นขาในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์	30
9	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไก่แรกเกิดตามสีขนปุยบริเวณปลายปีกในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์	30
10	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไก่อายุ 2 เดือนตามระดับคะแนนสีปลายขนขาในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์	32
11	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไก่อายุ 5 เดือนตามลักษณะ <b>Birchen, Mottling</b> และ <b>Wild-type</b> ในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์	33
12	การทดสอบไคสแควร์ของยีน <b>mottling</b> ที่ควบคุมลักษณะปลายขนขาในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์	36
13	การทดสอบความเป็นอิสระของยีน <b>E</b> และยีน <b>mottling</b> ในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์	36
14	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สีแข็งไก่แรกเกิด 2 เดือนและ 5 เดือนจำแนกตามเพศ	39

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	การทดสอบไคสแควร์ของยีนควบคุมสีแข่งตามพ่อพันธุ์แต่ละกลุ่ม (G1, G2 และ G3)	41
ตารางผนวกที่		
1	การทดสอบไคสแควร์ของยีน <b>mottling</b> ที่ควบคุมลักษณะปลายขนขาวในกลุ่มผสมพันธุ์ <b>M1 x F1</b> (กลุ่มที่ 1)	50
2	การทดสอบไคสแควร์ของยีน <b>mottling</b> ที่ควบคุมลักษณะปลายขนขาวในกลุ่มผสมพันธุ์ <b>M1 x F1</b> (กลุ่มที่ 2)	50
3	การทดสอบไคสแควร์ของยีน <b>mottling</b> ที่ควบคุมลักษณะปลายขนขาวในกลุ่มผสมพันธุ์ <b>M1 x F2</b>	51
4	การทดสอบไคสแควร์ของยีน <b>mottling</b> ที่ควบคุมลักษณะปลายขนขาวในกลุ่มผสมพันธุ์ <b>M1 x F3</b>	52
5	การทดสอบไคสแควร์ของยีน <b>mottling</b> ที่ควบคุมลักษณะปลายขนขาวในกลุ่มผสมพันธุ์ <b>M2 x F1</b>	52
6	การทดสอบไคสแควร์ของยีน <b>mottling</b> ที่ควบคุมลักษณะปลายขนขาวในกลุ่มผสมพันธุ์ <b>M2 x F2</b>	53
7	การทดสอบไคสแควร์ของยีน <b>mottling</b> ที่ควบคุมลักษณะปลายขนขาวในกลุ่มผสมพันธุ์ <b>M2 x F3</b>	54
8	เปรียบเทียบจำนวนสีแข่งไก่แรกเกิดจำแนกตามเพศและเบอร์พ่อพันธุ์	55
9	เปรียบเทียบจำนวนสีแข่งไก่อายุ 2 เดือนจำแนกตามเพศและเบอร์พ่อพันธุ์	57
10	เปรียบเทียบจำนวนสีแข่งไก่อายุ 5 เดือนจำแนกตามเพศและเบอร์พ่อพันธุ์	59
11	การทดสอบไคสแควร์ของยีนควบคุมสีแข่งตามพ่อพันธุ์กลุ่ม <b>G1</b> ที่มีสีแข่งแตกต่างกันเพียง 4 สี	61

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
12	การทดสอบไอสเคอร์ของยีนควบคุมสีแข่งตามพ่อพันธุ์กลุ่ม G2 ที่มีสีแข่งแตกต่างกันเพียง 5 สี	62
13	การทดสอบไอสเคอร์ของยีนควบคุมสีแข่งตามพ่อพันธุ์กลุ่ม G3 ที่มีสีแข่งแตกต่างกันครบทั้ง 6 สี	63

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการสร้างเม็ดสียูเมลานินและฟีโอเมลานิน	7
2	ลักษณะพ่อแม่พันธุ์ไก่เหลืองหางขาวที่ใช้ผสมทดสอบพันธุกรรมควบคุมสีขน	16
3	ลักษณะปลายขนขาวของชนปีก ขนลำตัวและกะลวยหางของไก่เหลืองหางขาว	17
4	ลักษณะสีแข้งพ่อแม่พันธุ์ไก่เหลืองหางขาวที่ใช้ผสมทดสอบพันธุกรรมควบคุมสีแข้ง	18
5	ระดับคะแนนขนปุยสีครีมแซมใบหน้าลูกไก่แรกเกิด	21
6	ตัวอย่างขนปุยบริเวณอกสีขาวและสีเหลืองของลูกไก่แรกเกิด	21
7	ระดับคะแนนสีปลายขนขาวของไก่อายุ 2 เดือนในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์	22
8	มาตรฐานสีแข้งไก่ที่ใช้ในการบันทึกผลการทดลอง	23

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

A	= Agouti
A <sup>a</sup>	= No pattern
A <sup>g</sup>	= Grey
A <sup>s</sup>	= Solid black
A <sup>s</sup>	= Saddle
A <sup>t</sup>	= Black and tan
A <sup>y</sup>	= Sable
Be	= Belt
C	= Albino (horse)
C	= Color (chicken)
c	= Recessive white
D	= Dillution
Db	= Dark brown
E	= Extension black
e <sup>+</sup>	= Wild-type
e <sup>b</sup>	= Brown
e <sup>bc</sup>	= Butter cup
E <sup>R</sup>	= Birchen
e <sup>s</sup>	= Speckled
e <sup>Wh</sup>	= Dominant wheaten
e <sup>y</sup>	= Recessive wheaten
F	= Female
G	= Group
I	= Dominant white
M	= Male
mo	= Mottling
W	= White
w	= Yellow (gene)

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

WB	= Black with white background
WD	= White with brownish black
Y	= Yellow (phenotype)
YB	= Black with yellow background
YD	= Yellow with brownish black
ZW	= Heterogametic sex
ZZ	= Homogametic sex
Z <sup>id+</sup>	= Dermal melanin (Sex-linked)

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสีแข้งและสีขนในไก่พื้นเมืองไทย  
พันธุ์เหลืองหางขาว

Genetic inheritance of Shank and Plumage Color in Thai Indigenous Chicken  
Leunghangkhaio

คำนำ

เม็ดสีที่พบในไก่มี 2 ชนิด คือ เมลานิน (melanin) และแคโรทีนอยด์ (carotenoid) เมลานินจะพบที่ขน แข็ง และผิวหนัง ส่วนแคโรทีนอยด์จะมีสีเหลืองบริเวณผิวหนัง (Jull, 1940) เมลานินแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ยูเมลานิน (eumelanin) และฟีโอเมลานิน (pheomelanin) ทั้งคู่สังเคราะห์จากเอนไซม์ tyrosinase (Vincent, 2005) ยูเมลานินจะมีสีดำหรือสีน้ำตาล ส่วนฟีโอเมลานินมีสีเหลืองหรือสีแดง ขนสีดำของยูเมลานินจะพบบริเวณ primary pattern และ secondary pattern ของไก่ primary pattern เป็นตำแหน่งที่ขนขึ้นตามรอยขน (feather tract) ส่วน secondary pattern เป็นลายจุดของแต่ละเส้นขน (Smyth, 1990d) secondary pattern ของลักษณะปลายขนขาวจะถูกควบคุมด้วยยีน mottling (mo) (Hutt, 1949)

ความสัมพันธ์ระหว่างยูเมลานินและฟีโอเมลานินเกี่ยวข้องกับตำแหน่งยีน E เป็นตำแหน่งแบบ multiple allele ซึ่งมีลำดับการข่มดังนี้  $E > E^R > e^{Wh} > e^+ > e^b > e^s > e^{bc} > e^v$  (Smyth, 1990f) อัลลีล  $e^+$  ควบคุมลักษณะของ wild-type ในไก่ป่าขนสีแดง (Red junglefowl) ซึ่งเพศผู้ที่โตเต็มที่จะมีสีขนที่แตกต่างจากเพศเมีย โดยเพศผู้มีขนลำตัวเป็นสีดำและสร้อยคอเป็นสีส้มแดง มีจุดเด่นบริเวณปลายปีกเป็นสีน้ำตาลแดง แต่เพศเมียลำตัวจะเป็นสีเหลืองน้ำตาลอ่อน หน้าอกมีสีส้มจางๆ ช่วงลูกไก่จะมีขนปุย (down feather) สีน้ำตาลส้ม มีแถบสีดำ 2 เส้น ตรงส่วนหลังและข้างศีรษะ (Kimball, 1952; Jaap and Hollander, 1954) อัลลีล  $E^R$  จะควบคุมสีขนในเพศผู้ให้มีสีดำคล้ายแบบ wild-type แต่ปลายปีกไม่เป็นสีแดงและเพศเมียมีลำตัวสีดำ มีขนคอสีทอง (Ling et al., 2003) โดยอัลลีล  $E^R$  ข่มอัลลีล  $e^+$  แบบไม่สมบูรณ์ (Smyth, 1990f)

การแสดงออกของเม็ดสีเมลานินและแคโรทีนอยด์ร่วมกันในผิวหนังชั้นใน (demis) และผิวหนังชั้นนอก (epidemis) ในแข้งไก่จะทำให้เห็นแข้งไก่มีความเข้มสีดำแตกต่างกัน คือ ขาวเหลือง ดำ เขียวและน้ำเงิน (Hays and Klein, 1943) สีแข้งที่ปรากฏแตกต่างกันเกิดจากอิทธิพลของยีนควบคุมการสะสมเม็ดสีทั้งสองชนิด ยีนที่เกี่ยวข้องกับสีแข้งเกิดจากอิทธิพลของยีน 3 ตำแหน่ง

หลัก คือ **Id** (inhibit of demal melanin), **E** (extension black) และ **w** (yellow) และอาจมีอิทธิพลของยีนตำแหน่งอื่นร่วมด้วย (Jull, 1940) ความดำของผิวหนังชั้นในถูกควบคุมด้วยยีน **id<sup>t</sup>** ที่มีตำแหน่งบนโครโมโซมเพศ ส่วนอัลลีล **Id** ยับยั้งความดำของผิวหนังชั้นใน และข่มไม่สมบูรณ์ต่ออัลลีล **id<sup>t</sup>** (Smyth, 1990e) ส่วนความดำของผิวหนังชั้นนอกถูกควบคุมด้วยอัลลีล **E** และ **E<sup>R</sup>** ของยีนตำแหน่ง **extension black** โดยอัลลีล **E<sup>R</sup>** ถูกยับยั้งด้วยอัลลีล **Id** ของยีนตำแหน่ง **id<sup>t</sup>** (Smyth, 1990c) ตำแหน่งยีน **w** เกี่ยวข้องกับการสะสมเม็ดสีแคโรทีนอยด์ ควบคุมให้ผิวหนังเป็นสีเหลือง ส่วนคู่อัลลีลของมัน คือ **W<sup>t</sup>** จะยับยั้งการสะสมแคโรทีนอยด์บริเวณผิวหนัง อัลลีล **w** และ **W<sup>t</sup>** สามารถแสดงอิทธิพลร่วมกับความดำของผิวหนังชั้นในทำให้เกิดแข็งสีเขียวและสีน้ำตาลเงินตามลำดับ (Hutt, 1949) ยีนตำแหน่งอื่นที่มีอิทธิพลต่อสีแข็ง คือ **B** (baring-sex linked), **I** (dominant white) และ **c** (recessive white) โดยอัลลีล **B** สามารถยับยั้งความดำของผิวหนังชั้นใน แต่อัลลีล **I** และ **c** มีผลเพียงลดความดำของผิวหนังชั้นในเท่านั้น (Jull, 1940)

มีรายงานการนำความรู้ข้างต้นมาประยุกต์ใช้ในการคัดเลือกลักษณะทางคุณภาพไก่ โดยเฉพาะสีขนและสีแข็งให้ตรงตามพันธุ์จนได้เป็นไก่พันธุ์แท้ และได้รับการจดทะเบียนรับรองพันธุ์จากสมาคมสัตว์ปีกของอเมริกา (American Standard of Perfection, 1966) หลายร้อยสายพันธุ์ ในขณะที่ไก่พื้นเมืองไทยมีการเลี้ยงมานานไม่น้อยกว่า 5,000 ปี (ธงชัย, 2543) แต่มีการจำแนกสายพันธุ์ไว้เพียง 12 สายพันธุ์ (กองบำรุงพันธุ์สัตว์, 2546) ไก่เหลืองหางขาวเป็นหนึ่งในหลายสายพันธุ์ที่มีการเลี้ยงอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ ลักษณะภายนอกเมื่ออายุ 5 เดือนของเพศผู้แตกต่างจากเพศเมีย โดยเพศผู้มีสีขนลำตัวสีดำ มีสร้อยคอ สร้อยหลังเป็นสีเหลือง ขนหางและขนปีกเป็นสีดำ แต่บางเส้นขนมีสีขาวแซมที่ปลาย ในขณะที่เพศเมียเป็นขนสีดำ แต่จะมีบางเส้นขนมีปลายขนเป็นสีขาว ในบริเวณขนศีรษะและขนลำตัว ซึ่งอัลลีลหลักที่เกี่ยวข้องกับลักษณะนี้คือ **E<sup>R</sup>** (Ling et al, 2003) และ **mo** (Hutt, 1949) ส่วนลักษณะสีแข็งเป็นสีเหลืองตามลักษณะประจำพันธุ์ซึ่งเกี่ยวข้องกับยีนตำแหน่ง **E**, **id<sup>t</sup>** และ **w** ดังนั้นเพื่อเป็นการยืนยันว่ายีนแต่ละตำแหน่งดังกล่าวเกี่ยวข้องกับลักษณะเหลืองหางขาวในไก่พื้นเมือง จึงควรมีการศึกษาหาแนวทางในการคัดเลือกไก่พื้นเมืองให้มีสีแข็งและสีขนคงที่ ตรงตามลักษณะที่ต้องการ โดยทำการผสมทดสอบการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของสีแข็งและสีขน ตรวจสอบด้วยวิธีการทางสถิติไคสแควร์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกลักษณะสีแข็งและสีขนของไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาวต่อไป

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของสีขนไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์เหลืองหางขาวที่ถูกควบคุมด้วยยีนตำแหน่ง **E** และ **m**

2. เพื่อศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของสีแข้งไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์เหลืองหางขาวที่ถูกควบคุมด้วยยีนตำแหน่ง **E**, **Z<sup>id+</sup>** และ **w**

## การตรวจเอกสาร

### 1. โครงการวิจัยการสร้างฝูงไก่พื้นเมืองจำนวน 4 พันธุ์

การสร้างฝูงไก่พื้นเมืองจำนวน 4 พันธุ์ เริ่มโครงการเมื่อเดือนตุลาคม 2545 เกิดจากความร่วมมือระหว่างหน่วยงานกรมปศุสัตว์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และสมาคมส่งเสริมการเลี้ยงไก่แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยในขั้นตอนแรกกรมปศุสัตว์ทำการรวบรวมพันธุ์ไก่ที่จะนำมาสร้างฝูงจำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ ไก่เหลืองหางขาว ไก่ประดู่หางดำ ไก่แดง และไก่ซี เพื่อคัดเลือกภายในสถานีวิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ดังนี้ ไก่เหลืองหางขาวดำเนินงานที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์กบินทร์บุรี อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี ไก่ประดู่หางดำดำเนินงานที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ ไก่แดงดำเนินงานที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์สุราษฎร์ธานี อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี และไก่ซีดำเนินงานที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ท่าพระ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยมีเป้าหมายในการศึกษาวิจัยสร้างพันธุ์ไก่พื้นเมืองให้เป็นพันธุ์แท้ ได้รับการรับรองอย่างถูกต้องและเป็นวิทยาศาสตร์ สามารถกำหนดลักษณะภายนอกต่างๆ ได้แก่ สีขน สีแข้ง สีปาก ลักษณะหงอน สดส่วน และน้ำหนักไก่เมื่อโตเต็มที่ แต่ยังคงอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพและคงคุณสมบัติที่ดีของไก่พื้นเมืองไว้ เช่น ความเป็นแม่ที่ดีของเกษตรกร คุณสมบัติและรสชาติของเนื้อ และความสามารถของสายพันธุ์ในการผลิตพันธุ์แท้และลูกผสมที่ดีในระดับอุตสาหกรรม

โครงการวิจัยนี้คาดว่าจะสำเร็จได้ฝูงต้นพันธุ์ในราวปี 2551-2552 จะได้ฝูงไก่พื้นเมืองพันธุ์แท้ของประเทศจำนวน 4 พันธุ์ ซึ่งเป็นฝูงพื้นฐานสำหรับให้หน่วยงานราชการและเอกชน สามารถนำไปพัฒนาต่อจนมีลักษณะตามต้องการ นอกจากนี้ยังได้อาศัยความรู้สำหรับการสร้างฝูงไก่พื้นเมืองพันธุ์อื่นและได้นักวิจัยที่มีความรู้และประสบการณ์ในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ปีกของประเทศต่อไป (อุดมศรี, 2548)

### 2. ประวัติและลักษณะตามอุดมทัศน์ของไก่เหลืองหางขาว

ไก่เหลืองหางขาวเป็นไก่พื้นเมืองไทยสายพันธุ์หนึ่ง ซึ่งสันนิษฐานว่าสืบทอดบรรพบุรุษมาจากไก่ป่าขนสีแดง (เกรียงไกร และคณะ, 2543) พบในประเทศไทยมี 2 ชนิดคือ ไก่ป่าคุ่มหูขาวและไก่ป่าคุ่มหูแดง โดยอภิชัย (2534) จำแนกไก่พื้นเมืองเป็น 2 ประเภท คือ ไก่อุและไก่แจ้ ไก่เหลืองหางขาวซึ่งพัฒนามาจากไก่อุ จึงมีขนาดใหญ่และมีนิสัยชอบจิกตีหรือชน ตามหลักฐานพบว่ามีการ

นำไก่อมาชนกัน ในสมัยสุโขทัย เมื่อครั้งที่สมเด็จพระนเรศวรมหาราชทรงพำนักอยู่ในประเทศพม่า ทรงนำไก่อเลื่องหางขาวจากพินธุ โลกไปชนชนะไก่อของพระมหาอุปราช จึงทำให้ไก่อเลื่องหางขาวมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ไก่อเจ้าเลี้ยงและไก่อพระนเรศวร (สมาคมอนุรักษ์และพัฒนาไก่อพื้นเมืองไทย, 2541)

ไก่อเลื่องหางขาวในแต่ละประเภท มีลักษณะสีขนไก่อเพศผู้บริเวณลำตัว คอ ออก ท้อง และใต้ปีกเป็นสีดำเหมือนกัน ไม่มีขนสีแดง สีเหลืองและสีขาวแซม แต่มีข้อแตกต่างที่ความเหลืองของสีขนสร้อยคอ สร้อยหลัง และสร้อยปีกที่ให้สีเข้มไม่เหมือนกัน และไก่อแต่ละตัวมีปลายขนขาวแซมที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถจำแนกประเภทของไก่อเลื่องหางขาวตามความแตกต่างของสีขนดังกล่าวเป็น 5 ประเภท ตามรายงานของพน (2543); วีระเดช (2543) ดังนี้ เหลืองพระเจ้าห้าพระองค์ เหลืองทั่วไป เหลืองเลา เหลืองทับทิมและเหลืองโนรี

เหลืองพระเจ้าห้าพระองค์เพศผู้มีขนลำตัวสีดำ สร้อยคอ สร้อยหลัง และสร้อยปีกมีความเข้มของสีเหลืองแตกต่างกัน สามารถจำแนกได้ 3 ชนิดคือ เหลืองใหญ่ เป็นเหลืองแก่เหมือนสีทองคำ เหลืองรวก เป็นเหลืองเหมือนผิวไม้รวก และเหลืองดอกสโน เป็นสีเหลืองอ่อนเหมือนขมิ้น ลักษณะสำคัญของเหลืองพระเจ้าห้าพระองค์ต้องมีปลายขนขาวแซม 5 ตำแหน่ง คือ ศีรษะ ใหญ่และต้นขา มีขนกะลวยหางขาวตลอดทั้ง 2 เส้น ส่วนสีขนลำตัวเพศเมียเป็นสีดำคล้ายกับเพศผู้ และมีปลายขนขาวแซม 5 ตำแหน่งเช่นกัน โดยหางของไก่อเหลืองพระเจ้าห้าพระองค์จะมีปลายขนขาวแซม 20-40 เปอร์เซ็นต์ และปาก แข็ง เล็บ เดียวเป็นสีขาวอมเหลือง

เหลืองทั่วไปมีลักษณะสีขนเพศผู้และเพศเมียคล้ายกับไก่อเหลืองพระเจ้าห้าพระองค์ แต่มีองค์ประกอบสีขนไม่ครบถ้วน ได้แก่ มีปลายขนขาวแซมไม่ครบ บางตัวอาจไม่มีปลายขนขาวแซมทั้ง 5 ตำแหน่ง หางกะลวยไม่ขาวตลอดทั้งเส้นและที่หางมีปลายขนขาวแซม 10-40 เปอร์เซ็นต์ ปาก แข็ง เล็บ เดียวอาจมีสีไม่เหมือนกัน มีทั้งสีดำหรือสีน้ำตาลปน

เหลืองเลามีลักษณะสีขนเพศผู้และเพศเมียคล้ายกับไก่อเหลืองพระเจ้าห้าพระองค์ แต่มีปลายขนขาวแซมปลายสร้อย และปลายขนลำตัวมากกว่าจนคล้ายกับไก่อลาย บริเวณขนหางจะมีปลายขนขาวแซม 30-60 เปอร์เซ็นต์ และส่วนใหญ่มีปาก แข็ง เล็บ เดียว เป็นสีขาวอมเหลือง

เหลืองทับทิมมีลักษณะสีขนเพศผู้และเพศเมียคล้ายกับไก่อเหลืองพระเจ้าห้าพระองค์และเหลืองทั่วไป แตกต่างกันที่ตรงขนสร้อยจะมีจุดสีขาวตรงกลางสร้อย คั่นระหว่างสีเหลืองกับสีดำ

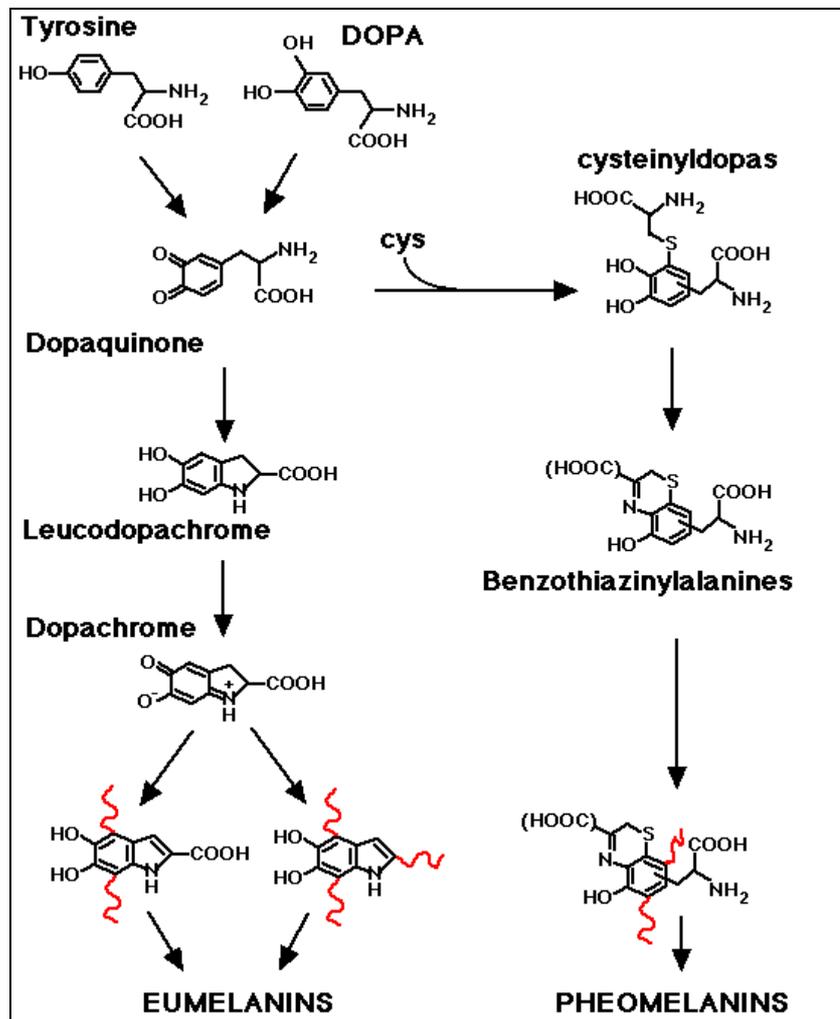
เหมือนเม็ดทับทิม หางของไก่เหลืองทับทิมพบได้ทั้งหางขาวและหางดำ ปาก แข็ง เล็บ เดือยมีทั้งสีขาวอมน้ำตาลและน้ำตาลอมเหลือง

เหลืองโนรี มีขนอก คอ ใต้ปีก ใต้หางและขนข้างสะโพกเป็นสีเหลือง เหมือนกับสีขนสร้อย แต่ขนบริเวณอื่นยังเป็นสีดำ ทำให้มีชื่อเรียกว่า ไก่สร้อยรอบตัว หางของไก่เหลืองโนรีพบทั้งหางขาวและหางดำ ปาก แข็ง เล็บ เดือยมีทั้งสีขาวอมเหลือง ขอบเกล็ดจะออกสีแดงคล้ำ

### 3 การสร้างเม็ดสีในไก่

เม็ดสีที่พบในไก่มี 2 ชนิด คือ เมลานิน (melanin) และแคโรทีนอยด์ (carotenoid) เมลานินจะพบในบริเวณขน แข็ง และผิวหนัง ส่วนแคโรทีนอยด์จะทำให้เกิดสีเหลืองของผิวหนัง แข็งและจงอยปาก (Jull, 1940) เมลานินแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ยูเมลานิน (eumelanin) และฟีโอมเมลานิน (pheomelanin) ทั้งคู่สังเคราะห์จากเอนไซม์ tyrosinase (Vincent, 2005) เม็ดสียูเมลานินทำให้เกิดสีดำหรือสีน้ำตาลเข้ม ส่วนเม็ดสีฟีโอมเมลานินทำให้เกิดสีเหลืองหรือสีแดงในแต่ละเส้นขน (Hutt, 1949)

กระบวนการสร้างเม็ดสีเมลานินเปลี่ยนแปลงมาจากกรดอะมิโนไทโรซีน (tyrosine) ผ่านขบวนการออกซิเดชัน โดยการกระตุ้นของเอนไซม์ tyrosinase เม็ดสีที่ได้ในช่วงแรกของขบวนการสร้างเม็ดสีมีสีเหลืองอ่อน จากนั้นจะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและในที่สุดจะเปลี่ยนเป็นสีดำ ก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นเม็ดสีเมลานินที่สมบูรณ์ต้องผ่านขบวนการโพลีเมอร์ไรซ์เซชัน (polymerization) จากนั้นจึงมีการสร้างโปรตีนเพื่อรวมเข้ากับเม็ดสีที่แตกต่างกัน โดยเม็ดสีที่ปรากฏเป็น สีแดง สีเหลือง สีน้ำตาล หรือสีดำไม่เหมือนกัน เกิดจากการสิ้นสุดขบวนการออกซิเดชันของไทโรซีนหยุดลงในขั้นตอนที่แตกต่างกัน (Hutt, 1949) สอดคล้องกับ Brumbaugh (1968); Seale (1968) รายงานว่าเมลานินที่พบในขน ผิวหนัง และม่านตา เกิดมาจากกรดอะมิโนไทโรซีนที่ผ่านกระบวนการออกซิเดชันโดยมีการกระตุ้นของเอนไซม์ tyrosinase ซึ่งมีทองแดงเป็นองค์ประกอบทำให้ไทโรซีนเปลี่ยนเป็น dopa (3,4-dihydroxyphenylalanine) จากนั้น dopa จะถูกออกซิไดส์เป็น dopa quinone ซึ่งสารตัวนี้จะผ่านกระบวนการออกซิเดชันและกระบวนการโพลีเมอร์ไรซ์เซชันก่อนที่จะกลายเป็นเมลานิน ขณะที่ Dopaquinone ถูกเติมหมู่ cystein เป็น cysteinyl dopas หลังจากนั้นผ่านกระบวนการออกซิเดชันจนเปลี่ยนเป็นฟีโอมเมลานิน Vincent (2005) แสดงกระบวนการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนไทโรซีนเป็นเมลานินดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการสร้างเม็ดสียูเมลานินและฟีโอเมลานิน  
ที่มา: Vincent (2005)

#### 4 การพัฒนาของเส้นขน

เส้นขนที่ปกคลุมผิวหนังลูกไก่แรกเกิดพัฒนามาจากตุ่มขน (*papillae*) เริ่มปรากฏให้เห็นหลังจากนำไข่เข้าฟัก 5 วัน บริเวณตรงกลางของ *papillae* จะมีรอยปุ่ม และตรงรอยปุ่มนี้จะมีขนปุยเกิดขึ้นก่อนที่ลูกไก่จะฟักออกเป็นตัว ขนแท้จะเกิดขึ้นเมื่อลูกไก่อายุมากขึ้น โดยเริ่มเห็นขนเข็ม (*pin feather*) ที่มีปลายแหลมแทงขึ้นมาจาก *follicle* หลังจากนั้นขนเข็มจะบานออกจากปลอกหุ้ม (*sheath*) จนเป็นขนที่สมบูรณ์ (อรรพรรณ, 2547) สีขนปุยลูกไก่เหลืองหางขาว จะมีหัว หน้าอก และปีกใสนอกจะมีสีขาว (กองบำรุงพันธุ์สัตว์, 2546) สอดคล้องกับรายงานของ Jull (1940); Hutt (1949) กล่าวว่า ไก่พันธุ์ที่มีขนสีดำ ลูกไก่แรกเกิดจะมีสีขนปุยลำตัวเป็นสีดำ บริเวณท้องจะเป็นสีขาว หรือน้ำตาลปนขาว โดยลูกไก่แรกเกิดที่ฟักออกใหม่ๆ จะมีแต่ขนปุย ขนแท้จะงอกเต็ม

ตัวเมื่อลูกไก่อายุได้ 4-5 สัปดาห์ หลังจากนั้นขนชุดแรกจะผลัด และขนชุดถัดมาจะงอกมาแทน เมื่อไก่อายุได้ 8 สัปดาห์ ต่อมาขนชุดที่ 3 ของลูกไก่จะขึ้นเมื่อไก่มีอายุเป็นหนุ่มเป็นสาว และจะเป็นขนที่โตเต็มที่ของชุดแรก (**first mature plumage**) (อรวรรณ, 2547)

## 5. พันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะสีขน

### 5.1 ลักษณะขนสีดำ

ขนสีดำของยูเมลานินจะพบบริเวณ **primary pattern** และ **secondary pattern** ของไก่ **primary pattern** เป็นตำแหน่งที่ขนขึ้นตามรอยขน (**feather tract**) ส่วน **secondary pattern** เป็นลายจุดของแต่ละเส้นขน (Smyth, 1990d) ความสัมพันธ์ระหว่างยูเมลานินและฟีโอเมลานินเกี่ยวข้องกับตำแหน่งยีน **E** ซึ่งเป็นตำแหน่งแบบ **multiple allele** ได้แก่  $E > E^R > e^{Wh} > e^+ > e^b > e^s > e^{bc} > e^y$  โดยแต่ละอัลลีลที่ควบคุมให้ลักษณะสีขนที่ไม่เหมือนกัน เมื่อสีขนพัฒนาเต็มที่จะมีลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างกันดังแสดงไว้ตารางที่ 1 (Smyth, 1990f) นอกจากจำแนกตามสีขนไก่ที่เจริญเต็มที่แล้วยังสามารถจำแนกตามสีขนปูไก่แรกเกิดดังนี้

อัลลีล **E** หากอยู่ในสภาพ **EE** จะไปควบคุมการสร้างเม็ดสีเมลานินทำให้เกิดขนสีดำ พบได้ในไก่พันธุ์ **Langshan** พันธุ์ **Minorca** และพันธุ์ **Orpington** โดย Jull (1940); Hutt (1949) รายงานว่าลูกไก่สายพันธุ์ที่มีขนสีดำหรือไก่ลูกผสมที่เกิดพ่อแม่พันธุ์ขนสีดำ จะมีลักษณะสีขนปูบริเวณลำตัวลูกไก่เป็นสีดำ บางครั้งอาจพบขนสีขาวหรือขนสีน้ำตาลแซมตรงท้องลูกไก่ด้วย

Kimball (1952) กล่าวว่า อัลลีล **E** ข่มสมบูรณต์ต่ออัลลีล  $e^+$  ทำให้สีขนปูไก่ลูกผสมทดสอบไม่มีแถบขนสีดำบริเวณหลัง และเมื่อถึงระยะที่ไม่มีการพัฒนาสีขนเต็มที่ จะให้สีขนสร้อย (**pile-zone**) ก่อนข้างต้นแปรและไม่ปรากฏลักษณะ **secondary pattern** ในไก่เพศผู้มีขนสร้อยแซมขนสีดำเพียงเล็กน้อย ขนปลายปีกและขนอ่อน โคนหางเป็นสีดำ ส่วนไก่เพศเมียขนลำตัวมีสีดำทั้งหมด โดยลักษณะ **lacing** ยังสามารถพบได้แต่ **secondary pattern** อื่นจะหายไป และเมื่อจับคู่ผสมระหว่างอัลลีล  $E^R$  กับอัลลีล  $e^+$  ทำให้ไก่เพศผู้มีลักษณะคล้ายกับลูกผสม  $Ee^+$  ส่วนไก่เพศเมียไม่มีจุดสีดำบริเวณลำตัว ออกไม่เป็นสีน้ำตาลอมส้ม และขนปูบริเวณหลังไม่มีแถบดำ ในขณะที่คู่ผสมระหว่างอัลลีล  $E^R$  กับอัลลีล **E** ให้สีขนสร้อยที่พัฒนาเต็มที่ของ  $E^RE$  ไม่ชัดเจนเท่า  $E^RE^R$

อัลลิว  $e^+$  ควบคุมลักษณะ **wild-type** ในไก่ป่าชนสีแดง (**Red junglefowl**) ไก่ป่าเพศผู้ ที่โตเต็มที่จะมีสีขนที่แตกต่างจากเพศเมีย โดยเพศผู้มีขนลำตัวเป็นสีดำและสร้อยคอเป็นสีส้มแดง มีจุดเด่นบริเวณปลายปีกเป็นสีน้ำตาลแดง แต่เพศเมียลำตัวจะเป็นสีเหลืองน้ำตาลอ่อน หน้าอก มีสีส้มจางๆ ช่วงลูกไก่จะมีขนอ่อนสีน้ำตาลส้ม มีแถบขนสีดำ 2 เส้น ตรงส่วนหลังและข้างศีรษะ (**Kimball, 1952; Jaap and Hollander, 1954**) ส่วนอัลลิว  $E^R$  จะควบคุมสีขนในเพศผู้ให้มีสีดำคล้าย กับลักษณะ **wild-type** แต่ปลายปีกไม่เป็นสีแดงและเพศเมียมีลำตัวสีดำ มีขนสร้อยทอง (**Ling et al, 2003**) โดยอัลลิว  $E^R$  ข่มอัลลิว  $e^+$  แบบไม่สมบูรณ์ (**Smyth, 1990**)

**Campo and Alvarez (1988)** กล่าวว่า ลูกไก่ **Brown ( $e^b$ )** จะมีขนปุยสีเหลืองครีมและ แถบสีดำบริเวณหลังวางตัวไม่เป็นระเบียบ แต่ถ้าผสมกับไก่ที่มียีน **Darkbrown (Db)** แฝง จะให้สีขน ปุยไก่ลูกผสมแบบ  $e^b Db Db$  เป็นสีครีม หลังมีแถบสีน้ำตาล และใบหน้ามีจุดสีดำ แต่ถ้าลูกผสม แบบ  $e^b Db db^+$  จะให้ขนปุยบริเวณหลังคล้ายกับลักษณะ **wild-type** แต่สีขนตรงศีรษะเป็นสีน้ำตาล

**Kimball (1960)** รายงานลักษณะลูกไก่ **Wheaten Game Bantam** และ **Black breasted Game Bantam** ที่ถูกควบคุมด้วยอัลลิว  $e^{Wh}$  มีขนปุยเป็นสีขาวและไม่มีแถบสีดำบริเวณหลังเหมือน ลักษณะ **wild-type** เมื่อผสมทดสอบระหว่างไก่  $e^+ e^+$  กับไก่  $e^y e^y$  ไก่ลูกผสมที่ได้มีลักษณะสีขนปุย คล้ายลูกไก่ **wild-type** กลางหลังเป็นสีน้ำตาลแก่ตามแนวยาว ขนขาข้างด้วยแถบสีขาวและดำขนาน กัน เนื้อศีรษะปรากฏแถบสีดำขนขาข้างเช่นกัน แต่สีขนปุยของลูกผสมระหว่างไก่  $e^+ e^+$  กับ ไก่  $e^{Wh} e^{Wh}$  เป็นสีขาวล้วนไม่มีเส้นแถบบริเวณหลัง ส่วนขนปุยของลูกผสม  $e^+ e^+$  กับไก่  $e^{Wh} e^y$  มีขนลำตัวเป็นสีขาว กับมีแถบสีน้ำตาลตามแนวยาวกลางลำตัว และลูกผสมระหว่างไก่ **EE** กับไก่  $e^{Wh} e^{Wh}$  ลูกไก่ที่ได้จะมีขนสีดำทั้งตัว

**Kimball (1953)** กล่าวว่า ลูกไก่ **butter cup ( $e^{bc}$ )** ที่ไม่มียีน **Dark brown** มาเกี่ยวข้องกับ จะ มีขนลำตัวสีน้ำตาลคล้ายลูกไก่ **wild-type** แต่ต่างกันตรงที่เส้นแถบข้างหลังและเนื้อศีรษะ จะเรียงตัวไม่เป็นระเบียบและเส้นจะกว้างกว่า ในรายงานของ **Smyth et al (1980)** รายงานผลการผสมทดสอบลักษณะไก่ลูกผสม  $e^+ e^{bc} Db db^+$  พบว่า ไก่ที่ได้มีแถบสีดำบริเวณหลังที่กว้างกว่าและ โทนสีลำตัวอ่อนกว่า **wild-type** เมื่อยีนโนไทป์ลูกผสมเป็นแบบ  $e^+ e^{bc} Db Db$  ส่งผลให้เส้นแถบเนื้อ ศีรษะและแถบกลางหลังยิ่งจางลง เมื่อยีนโนไทป์เป็นแบบ  $e^{bc} e^{bc} Db db^+$  จะมีแถบกลางหลังที่จางมาก ขึ้นและพบรอยดำงเนื้อศีรษะ ขณะที่ยีนโนไทป์ลูกผสมอยู่ในรูปของ  $e^{bc} e^{bc} Db Db$  รอยดำงเนื้อ ศีรษะยังคงอยู่แต่ต่างกันที่ไม่มีแถบสีดำตรงบริเวณหลัง ส่วนลักษณะสีขนปุยของลูกไก่ **speckled**

ที่ปรากฏในรายงานของ Morejohn (1955) พบว่า ลูกไก่ดังกล่าวถูกควบคุมด้วยอัลลีล  $e^y$  ที่มีลักษณะ สีขนปุยคล้ายกับลูกไก่ **wild-type** และ **buttercup**

ตารางที่ 1 ยีนควบคุมลักษณะขนสีดำที่มีตำแหน่งบนโลกัส E (primary pattern)

ชื่อยีน	สัญลักษณ์	ลักษณะสีขนไก่อระยะโตเต็มวัย	
		เพศเมีย	เพศผู้
<b>Extended black</b>	<b>E</b>	สีดำทั้งตัว	สีดำทั้งตัว
<b>Birchen</b>	<b>E<sup>R</sup></b>	ขนสร้อยคอและสีระยะไม่เป็นสีดำ บริเวณลำตัวเป็นสีดำ หรือเห็นเป็นจุดเล็กๆ ขณะเดียวกันนอกส่วนบนของไก่ <b>Birchen</b> บางพันธุ์ จะมีขอบเส้นขนเป็นสีลาย <b>lacing</b> เกิดจากกลุ่ม <b>modifying gene</b>	มีลักษณะสีเข้มเหมือน <b>wild-type</b> และมีขนปีก ( <b>flight feather</b> ) สีเข้ม (สีดำหรือลายจุดสีดำเล็กๆ)
<b>Dominant wheaten</b>	<b>e<sup>Wh</sup></b>	สีขนบริเวณลำตัวค่อนข้างผันแปร ตั้งแต่สีน้ำตาลแดงอ่อนจนถึงสีน้ำตาลเข้ม บริเวณสร้อยคอ ปีกและหาง อาจมีสีดำปนมาเล็กน้อย	มีลักษณะคล้าย <b>wild type</b>
<b>Wild-type</b>	<b>e<sup>+</sup></b>	ขนบริเวณลำตัวมีทั้งสีดำและสีน้ำตาลปะปนกัน และมีส่วนของจุดลายสีดำ ( <b>stippled</b> ) ขณะที่อกเป็นสีน้ำตาลแดง ไม่แสดงลายจุดสีดำ ( <b>stippled</b> )	มีขนสีดำกระจายตัวอยู่ทั่วบริเวณอกและใต้ท้อง โดยส่วนใหญ่ปีกด้านในและขอบปีกด้านนอกไม่เป็นสีดำ
<b>Brown</b>	<b>e<sup>b</sup></b>	มีลักษณะคล้าย <b>wild type</b> แต่บริเวณอกที่มีสีน้ำตาลแดง จะปรากฏจุดลาย ( <b>stippled</b> )	มีลักษณะคล้าย <b>wild type</b>
<b>Speckled</b>	<b>e<sup>s</sup></b>	มีลักษณะคล้ายกับ <b>Brown</b> แต่ขนอกมีจำนวนจุด ( <b>stippled</b> ) ลดลง	มีลักษณะคล้าย <b>wild type</b>
<b>Butter cup</b>	<b>e<sup>bc</sup></b>	มีลักษณะคล้าย <b>Brown</b>	มีลักษณะคล้าย <b>wild type</b>

## ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชื่อยีน	สัญลักษณ์	ลักษณะสีขนไก่อระยะโตเต็มวัย	
		เพศเมีย	เพศผู้
<b>Recessive wheaten</b>	<b>e<sup>y</sup></b>	มีลักษณะคล้าย <b>Dominant wheaten</b> แต่จะมีลายจุด ( <b>stippled</b> ) ที่บริเวณหลังและอกมากกว่า	มีลักษณะคล้าย <b>wild type</b>

ที่มา: Smyth (1990a)

## 5.2 ลักษณะปลายขนขาว

ลักษณะ **Secondary pattern** ของสีปลายขนขาวถูกควบคุมด้วยยีน **mottling (m)** พบในไก่พันธุ์ **Ancona** และ **Houdan** เป็นไก่ที่มีลักษณะขนลำตัวสีดำ แต่ความดำของเมลานินส่วนปลายเส้นขนถูกยับยั้งกลายเป็นสีขาว ในสัดส่วนขนปกติ **2-3** เส้นมีโอกาสที่จะพบปลายขนขาว **1** เส้น โดยเฉพาะบริเวณขนปีกและขนหางพบหนาแน่นกว่าบริเวณอื่น **Asmundson and Milne (1930); Hutt (1949)** กล่าวว่า ลักษณะปลายขนขาวเป็นลักษณะด้อยต่อขนสีดำ โดยยีน **no** ควบคุมสีขนของไก่พันธุ์ **Ancona** คือ **EEmomoSS** แต่ลักษณะปลายขนขาวที่พบในไก่พันธุ์ **Orloffs** ไม่ได้ถูกควบคุมด้วยยีน **mottling** เนื่องจากจับคู่ผสมทดสอบกับไก่พันธุ์ **Houdan** แล้ว ลูกไก่ที่ได้มีขนสีดำเพียงชนิดเดียว ไม่ปรากฏลักษณะปลายขนขาวภายในฝูง สีขนปุยของไก่พันธุ์ **Ancona** และ **Houdan** ลักษณะขนลำตัวและหลังเป็นสีดำ ส่วนขนบริเวณศีรษะ อกและท้องจะเป็นสีเหลืองอ่อน และมีรายงานของ **Some (1980)** กล่าวว่า ขน **tri color** ที่พบในไก่พันธุ์ **Belgian Mille Fleur** พันธุ์ **Bantum** พันธุ์ **Speckled Sussex** และพันธุ์ **Spangled Old English Game** มีลักษณะเด่นคือภายในเส้นขนจะประกอบด้วย **3** เฉดสี โดยยีน **mottling** มีอิทธิพลต่อ เมลานินบริเวณปลายขนจะถูกยับยั้งจนมีสีขาว ตามด้วยแถบสีดำและส่วนที่เหลือจนถึงโคนก้านขนจะเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำตาลแดง

## 5.3 ลักษณะขนสีขาว

ขนสีขาวของไก่แต่ละสายพันธุ์ที่พบโดยทั่วไป มีลักษณะแตกต่างกัน **2** รูปแบบ คือ ขาวเด่น (**dominant white, I**) และขาวด้อย (**recessive white, c**) (**Jull, 1940**) ในไก่พันธุ์ **Leghorn**

มีอินควบคุมการสะสมเม็ดสี แต่ยีนนี้ไม่แสดงออกเนื่องจากมียีน **I** ที่ไปขัดขวางการแสดงออกของเอ็นไซม์ที่ควบคุมการสร้างเม็ดสี จึงส่งผลให้มีขนสีขาวแบบขาวเด่น ส่วนขนสีขาวของไก่พันธุ์ **Dorking** พันธุ์ **Plymouth Rock** พันธุ์ **Wyandotte** และพันธุ์ **Minorca** จะเป็นแบบขาวด้อย ถูกควบคุมด้วยยีน **c** (Hutt, 1949) โดย Jull (1940) ทำการผสมทดสอบระหว่างไก่พันธุ์ **White Bantam** หงอนกุหลาบกับไก่พันธุ์ที่ขนมีสีอื่นที่ไม่ใช่สีขาวพบว่า ให้สัดส่วนลูกผสม **F2** ขนสีดำต่อขนสีขาวเท่ากับ **3:1** แสดงว่าขนสีขาวของไก่พันธุ์ **White Bantam** เป็นแบบขาวด้อย ศิริลักษณ์ (ม.ป.ป.) กล่าวว่า ไก่พันธุ์ **White Plymouth rock** มีขนสีขาวแบบขาวด้อย ทำให้เป็นที่นิยมใช้เป็นแม่พันธุ์ผลิตลูกไก่กระทง เนื่องจากไม่ถูกควบคุมด้วยอัลลีลเด่นของยีน **I** และ **C (Color gene)** ที่ทำให้เกิดการสร้างเม็ดสี โดยยีนไทป์เป็นแบบ **iicc** เมื่อผสมกับพ่อพันธุ์ที่มีขนสีขาวแบบขาวเด่น (**IICc**) ลูกผสมที่ได้จะมียีนไทป์เป็น **IiCc** ที่มีขนสีขาวทั้งหมด แต่อาจมีขนสีดำหรือน้ำตาลเกิดขึ้นเนื่องจากเกิดอิทธิพลร่วมของยีนตำแหน่งอื่นที่ถ่ายทอดจากพ่อพันธุ์ แล้วคัดเลือกอัลลีล **C** ออกไปจากฝูง จะทำให้ฝูงไก่ดังกล่าวมียีนไทป์เป็นแบบ **Iicc** ให้ขนสีขาวที่ไม่มีสีอื่นแทรก

## 6 พันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะสีแข้ง

สีแข้งไก่ที่พบโดยทั่วไปประกอบด้วยเม็ดสี **2** ชนิด คือ เมลานินที่มีสีดำและแคโรทีนอยด์ที่มีสีเหลือง การแสดงออกของเม็ดสีทั้งสองชนิดร่วมกันในผิวหนังชั้นใน (**dermis**) และชั้นนอก (**epidermis**) ที่อยู่ภายในแข้งไก่ จะทำให้การมองเห็นแข้งไก่มีความเข้มสีดำแตกต่างกัน คือ ขาวเหลือง ดำ เขียวและน้ำเงิน แข็งที่มีสีแตกต่างกันเกิดจากอิทธิพลของยีนควบคุมเม็ดสีทั้งสองชนิด ยีนหลักที่ควบคุมสีแข้งประกอบด้วยยีน **3** ตำแหน่ง คือ **Id (sex-linked)**, **E (extension black)** และ **w (yellow)** ดังแสดงไว้ตารางที่ **2** และอาจมีอิทธิพลจากยีนตำแหน่งอื่นร่วมด้วย (Jull, 1940) ความดำของผิวหนังชั้นในถูกควบคุมด้วยยีน **id<sup>+</sup>** ที่มีตำแหน่งบนโครโมโซมเพศ ส่วนอัลลีล **Id** ยับยั้งความดำของผิวหนังชั้นในและข่มไม่สมบูรณ์ต่ออัลลีล **id<sup>+</sup>** (Smyth, 1990e) ส่วนความดำผิวหนังชั้นนอกถูกควบคุมด้วยอัลลีล **E** และ **E<sup>R</sup>** ของยีนตำแหน่ง **extension black** โดยอัลลีล **E<sup>R</sup>** จะถูกยับยั้งด้วย **Id** ของยีนตำแหน่ง **id<sup>+</sup>** (Smyth, 1990c) ตำแหน่งยีน **w** เกี่ยวข้องกับการสะสมแคโรทีนอยด์ ควบคุมให้ผิวหนังเป็นสีเหลือง ส่วนอัลลีลของมันคือ **W<sup>+</sup>** จะยับยั้งการสะสมแคโรทีนอยด์บริเวณผิวหนัง อัลลีล **w** และ **W<sup>+</sup>** สามารถแสดงอิทธิพลร่วมกับความดำของผิวหนังชั้นใน ทำให้เกิดแข้งสีเขียวและแข้งสีน้ำเงิน ตามลำดับ (Hutt, 1949) ยีนตำแหน่งอื่นที่มีอิทธิพลต่อสีแข้งคือ **B (baning-sex linked)** **I (dominant white)** และ **c (recessive white)** โดยอัลลีล **B** สามารถยับยั้งความดำของผิวหนังชั้นใน แต่อัลลีล **I** และ **c** มีผลเพียงลดความดำของผิวหนังชั้นในเท่านั้น (Jull, 1940)

## 7. พันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะสีขนของสัตว์อื่น

พันธุกรรมควบคุมสีขนสุกรตามรายงานของ **Majjala (1991)** ถูกควบคุมด้วยยีนหลัก 4 ตำแหน่ง ได้แก่ **A (agouti)**, **E (Extension)**, **I (dominant white)** และ **Be (Belt)** โดยตำแหน่งยีน **A** ประกอบด้วย 2 อัลลีล คือ อัลลีล **A** ที่ยับยั้งความดำจนกลายเป็นสีอื่นหรือเพียงลดความดำ ส่วนอัลลีล **a** จะสะสมความดำภายในเส้นขน ส่วนตำแหน่งยีน **E** ที่พบในสุกรมีเพียง 3 อัลลีล ดังนี้  $E > E^p > e$  อัลลีล **E** พบในสุกรที่มีขนสีดำทั้งตัว เช่น สุกรพันธุ์ลาร์จเบลค อัลลีล  $E^p$  จะมีจุดสีดำ พบในสุกรพันธุ์เปียเทรน และอัลลีล **e** พบในสุกรที่มีขนโทนสีแดง เช่น คูร์ร็อก ตำแหน่งยีน **I** ประกอบด้วย 2 อัลลีล ได้แก่ อัลลีล **I** ทำหน้าที่ยับยั้งการสร้างเม็ดสี และอัลลีล **i** ทำหน้าที่ควบคุมการสร้างเม็ดสีเป็นปกติ โดยสุกรพันธุ์แลนด์เรจและลาร์จไวท์ที่มีขนสีขาวจะเป็นแบบขาวเด่น และตำแหน่งยีน **Be** ให้ลักษณะแถบสีขาวขวางลำตัว จัดเป็นลักษณะเด่น โดยความผันแปรของขนาดแถบขวางลำตัว เกิดจากอิทธิพลของ **modifier genes**

พันธุกรรมควบคุมสีขนม้า จะมียีนหลักที่ควบคุมด้วยกัน 2 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งยีน **E (extension)** และ **A (agouti)** แต่ละตำแหน่งมี 2 อัลลีล ถ้ายีนโนไทป์ของสีขนม้าเป็นแบบ  $E_-$  จะให้ลักษณะขนสีดำหรือสีน้ำตาลเข้ม แต่ถ้ายีนโนไทป์เป็นแบบ **ee** สีขนจะเป็นสีโทนแดง และเมื่อเกิดอิทธิพลร่วมกับตำแหน่งยีน **A** ทำให้มีลักษณะแตกต่างกันดังนี้ ยีนโนไทป์แบบ  $E_-A_-$  จะให้ขนสีน้ำตาล ยีนโนไทป์แบบ  $EEaa$  และ  $Eeaa$  จะให้ขนสีดำ แต่ถ้า  $eeA_-$  และ  $eeaa$  จะให้โทนสีแดง นอกจากนี้ยังเกิดอิทธิพลร่วมกับกลุ่ม **modifier gene** ที่มีบทบาทในการเจือจางยูเมลานินและฟีโอเมลานิน ยกตัวอย่างเช่น ตำแหน่ง **C (albino)**, ตำแหน่ง **D (dilution)** และ ตำแหน่ง **W (white)** ที่พบในม้าขนสีขาว (**Bowling and Ruvinsky, 2000**)

พันธุกรรมควบคุมสีขนสุนัข ถูกควบคุมด้วยยีนหลัก 2 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งยีน **E** และ **A** เช่นกัน โดยตำแหน่งยีน **E** ประกอบด้วย 3 อัลลีล ได้แก่ อัลลีล  $E^D$  ส่งผลให้ขนมีสีดำ แสดงอิทธิพลแบบข่มต่อสองอัลลีลที่เหลือ อัลลีล  $E^+$  จะยอมให้มีการแสดงออกของตำแหน่งยีน **A** และอัลลีล  $E^c$  สีขนจะเป็นสีเหลืองเข้มจนถึงสีครีม ส่วนตำแหน่งยีน **A** มีมากถึง 6 อัลลีล ได้แก่  $A^S$  (**solid black**) พบในสุนัขที่มีขนลำตัวสีดำ  $A^y$  (**sable**) สีลำตัวส่วนใหญ่เกิดจากอิทธิพลของฟีโอเมลานิน แต่จะมีขนบางเส้นที่ปลายขนเป็นสีดำ ลักษณะดังกล่าวพบในสุนัขพันธุ์เยอรมัน เชพเพิร์ท  $A^t$  (**black and tan**) สีลำตัวส่วนใหญ่เกิดจากอิทธิพลของยูเมลานินและฟีโอเมลานิน โดยเฉพาะบริเวณปาก หน้าอก ท้อง พบในสุนัขพันธุ์โคเบอร์แมนและร็อตไวเลอร์  $A^a$  (**no pattern**) เป็นลักษณะที่พบน้อย บางครั้ง

พบในสุนัขพันธุ์เยอรมัน เชฟเฟิร์ท กับออสเตรเลียเชฟเฟิร์ท และอีก 2 อัลลีลคือ  $A^g$  (grey) กับ  $A^s$  (saddle) (Ruvinsky and Sampson, 2001)

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งยีน  $w$ ,  $Id$  และ  $E$  ต่อการแสดงออกของสีแข็ง

แคโรทีนอยด์	ลักษณะเม็ดสี		อีโนไทป์	ฟีโนไทป์
	เมลานินในชั้น demis	เมลานินในชั้น epidemis		
$W^+$	$Id$	$E$	$W^+ W^+ Id Id EE$	เทาปนขาว
$W^+$	$Id$	$e^+$	$W^+ W^+ Id Id e^+ e^+$	ขาว
$W^+$	$id$	$E$	$W^+ W^+ id id EE$	ดำปนขาว
$W^+$	$id$	$e^+$	$W^+ W^+ id id e^+ e^+$	น้ำเงินปนขาว
$w$	$Id$	$E$	$ww Id Id EE$	เทาปนเหลือง
$w$	$Id$	$e^+$	$ww Id Id e^+ e^+$	เหลือง
$w$	$id$	$E$	$ww id id EE$	ดำปนเหลือง
$w$	$id$	$e^+$	$ww id id e^+ e^+$	เขียวปนเหลือง

หมายเหตุ สัญลักษณ์อีโนไทป์แบบ  $W^+$ ,  $Id$  และ  $E$  แสดงลักษณะเด่นจะข้ามสมบูรณต์ต่ออีโนไทป์แบบ  $w$ ,  $id$  และ  $e^+$  ซึ่งแสดงลักษณะด้อย ตามลำดับ

ที่มา: Hutt (1949)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### 1. โรงเรือน

โรงเรือนพ่อแม่พันธุ์ไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาว โรงฟักไข่และโรงเรือนไก่ทดลอง ณ ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์กบินทร์บุรี อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี 25110

#### 2. สัตว์ทดลอง

การศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของสีแข้งและสีขนในไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์เหลืองหางขาว ใช้ไก่เหลืองหางขาวที่เลี้ยงอยู่ในสถานีบำรุงพันธุ์สัตว์เพื่อจัดกลุ่มเป็น 2 การทดสอบคือ การทดสอบสีแข้งและการทดสอบสีขน แต่ละการทดสอบใช้พ่อพันธุ์อย่างละ 30 ตัวและแม่พันธุ์อย่างละ 120 ตัว ภายในกลุ่มผสมทดสอบสีขนจัดแบ่งกลุ่มพ่อพันธุ์และกลุ่มแม่พันธุ์ตามลักษณะสีปลายขนขาว ดังภาพที่ 2 ทำให้ได้กลุ่มคู่การผสมเป็น 6 คู่ ด้วยอัตราส่วนพ่อ : แม่ เท่ากับ 5 : 20 ได้แสดงไว้ตารางที่ 3 ส่วนกลุ่มผสมทดสอบสีแข้ง พ่อพันธุ์ทุกตัวมีแข้งสีเหลือง และแม่พันธุ์ทุกตัวมีแข้งสีดำอมเหลือง ดังภาพที่ 4

#### 3. อุปกรณ์

31. ชุดอุปกรณ์ผสมเทียม ได้แก่ หลอดฉีดยา 1 cc ถ้วยรองน้ำเชื้อ น้ำเกลือ 0.9เปอร์เซ็นต์
32. เข็มฉีครัดสายไฟ
33. เบอร์ปีก
34. วัคซีน และอาหารตาม โปรแกรมของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์กบินทร์บุรี
35. ถังแขวนให้อาหาร
36. อุปกรณ์ให้น้ำ
37. กล้องดิจิทัลและฉากถ่ายภาพ
38. Compact disc (CD) ขนาดความจุ 700 MB และ External Harddisc ขนาดความจุ 80

GB



พ่อขนดำ สร้อยคอ สร้อยหลังเหลือง  
ไม่มีปลายขนขาว (M1)



พ่อขนดำ สร้อยคอ สร้อยหลังเหลือง  
มีปลายขนขาว (M2)



แม่ขนดำ ไม่มีปลายขนขาว (F1)



แม่ขนดำ มีปลายขนขาว (F2)



แม่ขนดำ ไม่มีปลายขนขาว มีขนคอสีทอง (F3)

ภาพที่ 2 ลักษณะพ่อแม่พันธุ์ไก่เหลืองหางขาวที่ใช้ผสมทดสอบพันธุกรรมควบคุมสีขน



ภาพที่ 3 ลักษณะปลายขนขาวของขนปีก ขนลำตัวและกะลวยหางของไก่เหลืองหางขาว

ตารางที่ 3 ลักษณะพ่อแม่พันธุ์ไก่เหลืองหางขาวที่ใช้ผสมทดสอบสีขนในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์

กลุ่มผสมพันธุ์	ลักษณะพ่อแม่พันธุ์
1	พ่อขนดำ สร้อยคอ สร้อยหลังเหลือง ไม่มีปลายขนขาว (M1) แม่ขนดำ ไม่มีปลายขนขาว (F1)
2	พ่อขนดำ สร้อยคอ สร้อยหลังเหลือง ไม่มีปลายขนขาว (M1) แม่ขนดำ มีปลายขนขาว (F2)
3	พ่อขนดำ สร้อยคอ สร้อยหลังเหลือง ไม่มีปลายขนขาว (M1) แม่ขนดำ ไม่มีปลายขนขาว แต่มีขนคอสีทอง (F3)
4	พ่อขนดำ สร้อยคอ สร้อยหลังเหลือง มีปลายขนขาว (M2) แม่ขนดำ ไม่มีปลายขนขาว (F1)
5	พ่อขนดำ สร้อยคอ สร้อยหลังเหลือง มีปลายขนขาว (M2) แม่ขนดำ มีปลายขนขาว (F2)
6	พ่อขนดำ สร้อยคอ สร้อยหลังเหลือง มีปลายขนขาว (M2) แม่ขนดำ ไม่มีปลายขนขาว แต่มีขนคอสีทอง (F3)



พ่อพันธุ์ (แข้งเหลือง, Y)



แม่พันธุ์ (แข้งดำอมเหลือง, YB)

ภาพที่ 4 ลักษณะสีแข้งพ่อแม่พันธุ์ไก่เหลืองหางขาวที่ใช้ผสมทดสอบพันธุกรรมควบคุมสีแข้ง

## วิธีการ

### วิธีการทดลอง

การจับคู่ผสมภายในฝูงผสมทดสอบสีแข่งและสีขน ในแต่ละคู่การผสมนำพ่อพันธุ์ 1 ตัว ผสมกับแม่พันธุ์ 4 ตัว ด้วยวิธีการผสมเทียม ไข่ที่ได้จะถูกบันทึกเบอร์พ่อและเบอร์แม่ที่เปลือกไข่ และนำเข้าฟักจำนวน 7 ชุด แต่ละชุดฟักห่างกัน 7 วัน ไข่ที่อายุฟัก 7, 14 และ 18 วัน จะถูกนำมาส่อง เพื่อแยกไข่ไม่มีเชื้อและไข่เชื้อตายออก นำไข่อายุ 18 วัน ย้ายจากตู้ฟักเข้าสู่ตู้เกิด โดยใส่ตะแกรงลวด แยกตามเบอร์พ่อแม่พันธุ์เพื่อการทำพันธุ์ประวัติในลูกไก่แรกเกิด โดยการติดเบอร์ก๊ิบที่แตกต่างที่ ข้อมาตามเบอร์พ่อและเบอร์แม่ และจะถอดเบอร์ข้อมาเมื่ออายุครบ 2 สัปดาห์ เปลี่ยนเป็นเบอร์ปีก แทน โดยไก่ลูกผสมจะถูกเลี้ยงดูภายใต้สภาพการจัดการเดียวกัน

### การบันทึกข้อมูลผลการทดลอง

การบันทึกข้อมูลสีแข่งและสีขนไก่ทดลอง แบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ แรกเกิด, 2 เดือนและ 5 เดือน ตามลำดับ ในแต่ละระยะมีการบันทึกข้อมูลดังนี้

#### 1. การบันทึกข้อมูลสีขน

1.1 บันทึกสีขนปูยแรกเกิด โดยทำการบันทึกข้อมูลลักษณะลูกไก่ที่เกิดจากแต่ละกลุ่ม ผสมพันธุ์เพื่อใช้เป็นเครื่องหมายลักษณะภายนอกในการจำแนกลักษณะปลายขนขาวจากสีขนแต่ละ ตำแหน่งดังต่อไปนี้

1.1.1 บันทึกขนสีครีมแซมหน้าผาก (frontal) ตามระดับคะแนนที่แตกต่างกัน 3 ระดับคะแนน 0 คือ ไม่มีการแซม, 1 คือ มีการแซมเล็กน้อย และ 2 คือ มีการแซมเป็นบริเวณกว้าง อย่างชัดเจนดังแสดงไว้ภาพที่ 5

1.1.2 บันทึกสีขนปูยบริเวณอก (breast) ที่แตกต่างกัน 2 สี คือ สีขาวและสีเหลือง ดังแสดงไว้ภาพที่ 6

1.1.3 บันทึกการมีจุดสีดำแซมใบหน้า (face) ที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ คือ มีแซมและไม่มีแซม

1.1.4 บันทึกการมีขนสีขาวหรือสีเหลืองแซมไหล่ (shoulder) ที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ คือ มีแซมและไม่มีแซม

1.1.5 บันทึกสีขนต้นขา (thigh) และขนปลายปีก (distal part) ที่มีลักษณะแตกต่างกัน 5 สี คือ ดำ, ขาว, ขาวปนดำ, เหลืองและเหลืองปนดำ

1.1.6 บันทึกสีขนปุยที่ผิดปกติ (abnormal) เช่น สีขนปุยแบบลูกไก่ป่าสีแดง (wild-type) ที่ลักษณะขนลำตัวสีน้ำตาลส้ม มีแถบสีดำ 2 เส้น ตรงส่วนหลังและข้างศีรษะ (Kimball, 1952; Jaap and Hollander, 1954)

## 1.2 บันทึกสีขนเมื่อไก่อายุครบ 2 เดือน

บันทึกสีปลายขนขาวเพื่อใช้เป็นเครื่องหมายลักษณะภายนอกในการจำแนกลักษณะปลายขนขาวตามระดับคะแนนที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คะแนน 0 คือ ไม่มีปลายขนขาว, 1 คือ มีปลายขนขาวแซมเล็กน้อย, 2 คือ มีปลายขนขาวแซมปานกลาง และ 3 คือ มีปลายขนขาวแซมมากอย่างชัดเจน ดังแสดงไว้ภาพที่ 7

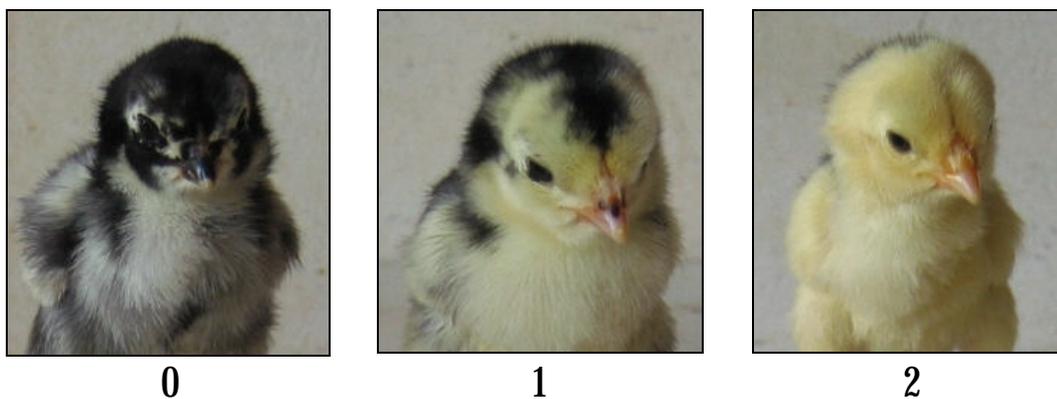
## 1.3 บันทึกสีขนเมื่อไก่อายุครบ 5 เดือน

1.3.1 บันทึกสีขนลำตัว ในเพศผู้ขนลำตัวสีดำ สร้อยคอ สร้อยหลังสีเหลือง ขนหางและขนปีกสีดำ ในเพศเมียขนสีดำทั้งตัวอาจมีขนคอเป็นสีทองปนซึ่งจะเรียกสีขนเพศผู้และเพศเมียแบบนี้ว่า birchen

1.3.2 บันทึกสีปลายขนขาวในเพศผู้เพศเมียที่สีขนเหมือน birchen เพียงแต่ที่ปลายขนสีดำบางเส้นในบริเวณบริเวณศีรษะ (parietal), ไหล่ (shoulder) และต้นขา (thigh) จะมีสีขาวปนเรียกสีขนเช่นนี้ว่า mottling

## 2 การบันทึกข้อมูลสีแข้ง

บันทึกสีแข้งเมื่อไก่อายุ 1 วัน, 2 เดือนและ 5 เดือน จำแนกสีแข้งสัมพันธ์กับตำแหน่งยืน **E, id<sup>+</sup>** และ **w (Jull, 1940)** ทำให้เกิดลักษณะสีแข้งแตกต่างกัน 6 สีดังแสดงไว้ภาพที่ 8 เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงสีแข้งแต่ละช่วงอายุและเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แข้งสีเหลืองของไก่เพศผู้และไก่เพศเมียตามลักษณะประจำพันธุ์เมื่ออายุครบ 5 เดือน



ภาพที่ 5 ระดับคะแนนขนปุยสีครีมแซมใบหน้าลูกไก่แรกเกิด

หมายเหตุ 0= ไม่มีการแซม

1= มีการแซมเล็กน้อย

2= มีการแซมเป็นบริเวณกว้างอย่างชัดเจน



สีขาว



สีเหลือง

ภาพที่ 6 ตัวอย่างขนปุยบริเวณอกสีขาวและสีเหลืองของลูกไก่แรกเกิด



0



1



2



3

ภาพที่ 7 ระดับคะแนนสีปลายขนขาวของไก่อายุ 2 เดือนในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์

หมายเหตุ 0= ไม่มีปลายขนขาว

1= มีปลายขนขาวเล็กน้อย

2= มีปลายขนขาวแซมปานกลาง

3= มีปลายขนขาวแซมมากอย่างชัดเจน



สีขาว  
(W)



สีขาวปนน้ำตาลดำชั้นใน  
เล็กน้อย (WD)



สีดำปนขาว  
(WB)



สีเหลือง  
(Y)



สีเหลืองปนน้ำตาลดำชั้นใน  
เล็กน้อย (YD)



สีดำปนเหลือง  
(YB)

ภาพที่ 8 มาตรฐานสีแข้งไก่ที่ใช้ในการบันทึกผลการทดลอง

#### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

คำนวณเปอร์เซ็นต์สีขนและสีแข้งที่แตกต่างที่ปรากฏในไก่เมื่ออายุ 1 วัน, 2 เดือนและ 5 เดือน ที่ได้จากแต่ละกลุ่มคู่ผสม ส่วนข้อมูลลักษณะขนลำตัวสีดำ สร้อยคอ สร้อยหลังเหลือง (birchen) กับลักษณะปลายขนขาว (mottling) และข้อมูลสีแข้งไก่เมื่ออายุ 5 เดือน จะนำมาทดสอบการถ่ายทอดและทดสอบความเป็นอิสระด้วยวิธีไคสแควร์ (Chi-Square Tests) และเพื่อให้มีความเชื่อมั่นที่ระดับ 99เปอร์เซ็นต์ แม่ไก่จะต้องให้ลูกไก่อย่างน้อย 7 ตัว ตามหลักการทดสอบยีนด้อย (สมชัย, 2530)

### สถานที่ทำการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้ทำการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และวิเคราะห์ข้อมูลที่ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

### ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองครั้งนี้เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2549 และสิ้นสุดเมื่อเดือนมิถุนายน 2550

## ผลและวิจารณ์

เมื่อทำการผสมพันธุ์ระหว่างพ่อแม่พันธุ์ไก่เหลืองหางขาวทั้ง 6 กลุ่มคู่ผสมพันธุ์ พบว่า กลุ่มคู่ผสมพันธุ์ที่ 1 ( $M1 \times F1$ ) ให้ลูกผสมที่มีสีขนเมื่ออายุ 5 เดือนแตกต่างกัน 2 ชนิด จึงแบ่งลูกผสมจากคู่ผสมพันธุ์ที่ 1 เป็น 2 ชนิด คือ  $M1 \times F1$  (กลุ่มที่ 1) ให้ลูกไม่มีปลายขนขาวทั้งหมด และ  $M1 \times F1$  (กลุ่มที่ 2) ให้ลูกทั้งแบบมีปลายขนขาวและไม่มีปลายขนขาว

### 1. การพัฒนาสีขน

#### 1.1 สีขนปูยลูกไก่แรกเกิด

##### 1.1.1 ขนปูยสีครีมแซมหน้าผาก

ความแตกต่างของลักษณะสีขนปูยที่มีสีครีม (สีขาวหรือสีเหลือง) แซมหน้าผาก ในลูกไก่ที่เกิดจากแต่ละคู่ผสมพันธุ์ ที่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงไว้ภาพที่ 5 โดยพบว่า กลุ่มคู่ผสมพันธุ์แต่ละกลุ่มให้ลูกที่มีขนปูยสีครีมแซมหน้าผากระดับคะแนน 0, 1 และ 2 ในเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4) ซึ่งผลจากการทดลองนี้ ยังไม่สามารถนำลักษณะสีขนปูยที่ได้มาใช้เป็นเครื่องหมายลักษณะภายนอกคัดเลือกลักษณะปลายขนขาวได้

##### 1.1.2 สีขนปูยบริเวณอก

สีขนปูยบริเวณอกของลูกไก่ที่เกิดจากแต่ละคู่ผสมพันธุ์ จะมีสีขนบริเวณอกแตกต่างกัน 2 รูปแบบ คือ ขนปูยอกสีขาวกับขนปูยอกสีเหลืองดังภาพที่ 6 โดยพบว่า สีขนปูยบริเวณอกของลูกไก่ประมาณ 70.79-95.12 เปอร์เซ็นต์ ของแต่ละกลุ่มคู่ผสมพันธุ์ จะเป็นขนปูยสีเหลือง (ตารางที่ 5) ส่วนลูกไก่ที่มีสีขนปูยบริเวณอกเป็นสีขาว พบในเปอร์เซ็นต์ที่ต่ำในทุกกลุ่มคู่ผสมพันธุ์ โดยกลุ่มคู่ผสมพันธุ์ที่พบลูกไก่อมีขนปูยอกสีขาวต่ำสุดประมาณ 4.88 เปอร์เซ็นต์ คือ คู่ผสมพันธุ์  $M2 \times F2$  ซึ่งเกิดจากพ่อแม่ที่มีลักษณะปลายขนขาวทั้งคู่ Kimball (1952) รายงานว่า ลูกไก่ที่มีขนปูยลำตัวสีดำและขนปูยบริเวณอกสีขาวหรือสีเหลืองจะถูกควบคุมด้วยอัลลีล  $E^R$  (birchen) ของตำแหน่งยีน E ซึ่งจะต้องพิจารณาจากสีขนที่พัฒนาเต็มที่และยืนยันด้วยการทดสอบพันธุกรรมควบคุมสีขนต่อไป

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ลูกไก่แรกเกิดตามระดับคะแนนขนปุยสีครีมแซมหน้าผากในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์

กลุ่มผสมพันธุ์	เปอร์เซ็นต์สีขนปุยหน้าผาก			Wild-type (e <sup>+</sup> e <sup>+</sup> )	จำนวนทั้งหมด (ตัว)
	0 <sup>1/</sup>	1	2		
M1 x F1 (1 <sup>st</sup> group)	36.73	38.78	24.49	0.00	49
M1 x F1 (2 <sup>nd</sup> group)	14.72	44.67	40.10	0.51	197
M1 x F2	15.45	33.33	51.22	0.00	246
M1 x F3	26.51	53.01	20.48	0.00	83
M2 x F1	19.93	45.29	34.78	0.00	276
M2 x F2	12.20	42.28	45.53	0.00	123
M2 x F3	13.48	55.06	31.46	0.00	89

หมายเหตุ <sup>1/</sup> คะแนน 0 คือ ไม่มีการแซมของขนปุยสีครีม, 1 คือ มีการแซมเล็กน้อย และ 2 คือ มีการแซมเป็นบริเวณกว้างอย่างชัดเจน

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ลูกไก่แรกเกิดตามสีขนปุยบริเวณอกในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์

กลุ่มผสมพันธุ์	เปอร์เซ็นต์สีขนปุยอก		wild-type (e <sup>+</sup> e <sup>+</sup> )	จำนวนทั้งหมด (ตัว)
	สีขาว	สีเหลือง		
M1 x F1 (1 <sup>st</sup> group)	14.29	85.71	0.00	49
M1 x F1 (2 <sup>nd</sup> group)	15.23	84.26	0.51	197
M1 x F2	26.42	73.58	0.00	246
M1 x F3	25.30	74.70	0.00	83
M2 x F1	13.77	86.23	0.00	276
M2 x F2	4.88	95.12	0.00	123
M2 x F3	29.21	70.79	0.00	89

### 1.1.3 จุดสีดำแซมบริเวณใบหน้า

ลักษณะจุดสีดำบริเวณใบหน้าของลูกไก่ที่เกิดจากแต่ละคู่ผสมพันธุ์มีลักษณะแตกต่างกัน 2 รูปแบบ คือ ไม่มีจุดสีดำและมีจุดสีดำ (ตารางที่ 6) โดยพบว่า ไก่ที่เกิดจากแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์ให้ลูกไก่ที่มีจุดสีดำบนใบหน้าระหว่าง 55.28 ถึง 81.93 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ลูกไก่ที่ได้จากกลุ่มผสมพันธุ์ M1 x F1 กลุ่มที่ 1 (81.63) และกลุ่มผสมพันธุ์ M1 x F3 (81.93) ที่พ่อแม่พันธุ์ชนสีดำ แต่ไม่มีปลายขนขาว กับกลุ่มผสมพันธุ์ M2 x F2 (70.73) ที่พ่อแม่พันธุ์ต่างมีปลายขนขาวทั้งคู่ แต่ให้เปอร์เซ็นต์ลูกไก่ที่มีจุดสีดำแซมใบหน้าค่อนข้างสูงเช่นกัน แสดงว่าลูกไก่ส่วนใหญ่มีจุดสีดำแซมใบหน้า แต่ลักษณะดังกล่าวไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะปลายขนขาว (mottling) ที่ต้องการจำแนก

### 1.1.4 ขนปุยสีครีมแซมบริเวณไหล่

ลักษณะสีขนปุยบริเวณไหล่เป็นบริเวณหนึ่งที่เส้นขนบางส่วนจะพัฒนาไปเป็นเส้นขนที่มีปลายสีขาวตามลักษณะประจำพันธุ์ของไก่เหลืองหางขาว จากการผสมทดสอบแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์ได้แสดงไว้ตารางที่ 7 พบว่า ให้ลูกไก่ที่มีขนสีครีมแซมไหล่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ คือ มีการแซมและไม่มีการแซม โดยลูกไก่ประมาณ 83.13-95.93 เปอร์เซ็นต์ของแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์ มีขนปุยสีครีมแซมบริเวณไหล่ จากผลการทดลองแสดงว่า ลูกไก่ส่วนใหญ่มีขนปุยสีครีมแซมไหล่เหมือนกัน ทำให้ไม่สามารถนำลักษณะดังกล่าวมาจำแนกไก่ออกกลุ่มที่มีปลายขนขาวและกลุ่มไม่มีปลายขนขาวได้เช่นกัน

### 1.1.5 สีขนปุยบริเวณต้นขา

กลุ่มคู่ผสมพันธุ์แต่ละกลุ่มให้ลูกไก่ที่มีสีขนปุยต้นขาแตกต่างกัน 2 สี คือ สีเหลืองและสีขาว เพียงสีใดสีหนึ่ง หรือปรากฏร่วมกับสีดำ จากผลการทดลองพบว่า ลูกไก่ส่วนใหญ่มีเปอร์เซ็นต์สีเหลืองและเหลืองปนดำดังนี้ กลุ่มผสมพันธุ์ (M1 x F1) กลุ่มที่ 1 (36.73, 48.98) กลุ่มผสมพันธุ์ (M1 x F1) กลุ่มที่ 2 (38.07, 43.15) กลุ่มผสมพันธุ์ M1 x F2 (34.96, 33.74) กลุ่มผสมพันธุ์ M2 x F1 (38.04, 42.39) กลุ่มผสมพันธุ์ M2 x F2 (36.59, 59.35) และกลุ่มผสมพันธุ์ M2 x F3 (25.84, 42.70) ยกเว้นกลุ่มผสมพันธุ์ M1 x F3 ที่ลูกไก่ส่วนใหญ่มีสีขนบริเวณต้นขาเป็นสีเหลืองปนดำ (42.17) และสีขาว (25.30) (ตารางที่ 8) เนื่องจากสีขนปุยต้นขา กับสีขนปุยอกของลูกไก่ที่เกิดจากแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์เป็นสีเดียวกัน ระหว่างสีขาวกับสีเหลือง มีลูกไก่เพียงบางส่วนเท่านั้นที่สีขนปุย

ต้นขาทั้งสองข้างไม่เหมือนกัน เช่น ขนปุยออกเป็นสีเหลืองแต่มีขนปุยต้นขาเป็นสีขาว ทำให้ไม่สามารถจำแนกไก่ที่มีปลายขนขาวและไม่มีปลายขนขาวด้วยสีขนปุยต้นขาได้เช่นกัน

### 1.1.6 สีขนปุยบริเวณปลายปีก

สีขนปุยบริเวณปลายปีกของไก่ที่เกิดจากแต่ละกลุ่มคู่ผสมพันธุ์ มีลักษณะแตกต่างกันดังตารางที่ 9 จากผลการทดลองพบว่า ถ้าขนปุยเป็นสีขาวหรือสีเหลืองสีใดสีหนึ่ง สีขนปุยปลายปีกจะเป็นสีเดียวกัน หรือปรากฏร่วมกับสีดำเช่นเดียวกับสีขนปุยบริเวณต้นขา ทำให้ลูกไก่ส่วนใหญ่ (56.63-91.87 เปอร์เซ็นต์) ที่เกิดจากแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์ มีสีขนปลายปีกเป็นสีเหลืองและสีเหลืองปนดำเช่นเดียวกับขนปุยต้นขา ได้แก่ กลุ่มผสมพันธุ์ (M1 x F1) กลุ่มที่ 1 (36.73, 42.86) กลุ่มผสมพันธุ์ (M1 x F1) กลุ่มที่ 2 (51.78, 26.90) กลุ่มผสมพันธุ์ M1 x F2 (43.09, 24.80) กลุ่มผสมพันธุ์ M1 x F3 (26.51, 30.12) กลุ่มผสมพันธุ์ M2 x F1 (38.77, 38.04) กลุ่มผสมพันธุ์ M2 x F2 (49.59, 42.28) และกลุ่มผสมพันธุ์ M2 x F3 (21.35, 44.94) ทำให้ไม่สามารถจำแนกไก่ที่มีปลายขนขาวและไม่มีปลายขนขาวด้วยสีขนปุยปลายปีกเช่นกัน

### 1.1.7 สีขนปุยผิดปกติ

ลูกไก่ที่ได้จากแต่ละกลุ่มคู่ผสมพันธุ์นอกจากมีขนลำตัวสีดำแล้ว ยังปรากฏลักษณะสีขนปุยแบบลูกไก่ป่าขนสีแดง (wild-type) จำนวน 1 ตัว (ตารางที่ 4 ถึงตารางที่ 9) ที่ได้จากคู่ผสมพันธุ์ M1 x F1 (กลุ่มที่ 2) มีลักษณะขนลำตัวสีน้ำตาลส้ม มีแถบสีดำ 2 เส้น ตรงส่วนหลังและข้างศีรษะ ซึ่งเป็นไปตามลักษณะภายนอกที่ Jaap and Hollander (1954) รายงานไว้ จากผลที่ได้ดังกล่าวแสดงว่า ทั้งพ่อและแม่พันธุ์มีอีโนไทป์ควบคุมลักษณะสีขนอยู่ในสภาพ heterozygous ที่มีอัลลีล  $e^+$  แฝงอยู่ ขณะเดียวกันยังมีโอกาสพบลูกไก่มีขนปุยสีเหลืองอ่อนทั้งตัวที่ไม่ได้เกิดจากกลุ่มผสมพันธุ์ที่ใช้ผสมทดสอบ มีลักษณะคล้ายกับลูกไก่กระทงสายพันธุ์ทางการค้า โดยพี่น้องร่วมพ่อแม่เดียวกันทุกตัวมีขนลำตัวสีดำปกติ จากนั้นก็สีขนรุ่นพ่อแม่พันธุ์พบว่า ไก่ที่มีขนปุยสีเหลืองอ่อนดังกล่าวเมื่อโตขึ้น จะพัฒนาไปเป็นไก่ที่มีขนสีขาวทั้งตัว แสดงว่า ทั้งพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์มีอีโนไทป์ควบคุมลักษณะขนสีขาวอยู่ในสภาพ heterozygous ที่มีอัลลีล  $i$  ของตำแหน่งยีน I (dominant white) และอัลลีล  $c$  ของตำแหน่งยีน C (Color gene) ที่ควบคุมการสร้างเม็ดสีแฝงอยู่ ยีนทั้งสองตำแหน่งเกิดการรวมตัวในสภาพ  $iicc$  ส่งผลให้สีขนไกดังกล่าวไม่มีการสร้างเม็ดสี (ศิริลักษณ์, ม.ป.ป) ส่วนไก่ที่เกิดจากแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์จะมีอีโนไทป์เป็นแบบ  $iic_$  และ  $iicC$  เนื่องจากมีการสร้างเม็ดสีในเส้นขนเป็นปกติ

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไก่แรกเกิดตามจุดสีดำบริเวณใบหน้าในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์

กลุ่มผสมพันธุ์	เปอร์เซ็นต์สีขนที่ปรากฏจุดสีดำ		wild-type (e <sup>+</sup> e <sup>+</sup> )	จำนวนทั้งหมด (ตัว)
	ไม่ปรากฏ	ปรากฏ		
M1 x F1 (1 <sup>st</sup> group)	18.37	81.63	0.00	49
M1 x F1 (2 <sup>nd</sup> group)	39.59	59.90	0.51	197
M1 x F2	44.72	55.28	0.00	246
M1 x F3	18.07	81.93	0.00	83
M2 x F1	40.94	59.06	0.00	276
M2 x F2	29.27	70.73	0.00	123
M2 x F3	21.35	78.65	0.00	89

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไก่แรกเกิดตามสีขนปุยแฉมบริเวณไหล่ในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์

กลุ่มผสมพันธุ์	เปอร์เซ็นต์สีขนปุยแฉมไหล่		wild-type (e <sup>+</sup> e <sup>+</sup> )	จำนวนทั้งหมด (ตัว)
	ไม่มีแฉม	มีแฉม		
M1 x F1 (1 <sup>st</sup> group)	4.08	95.92	0.00	49
M1 x F1 (2 <sup>nd</sup> group)	12.18	87.31	0.51	197
M1 x F2	9.76	90.24	0.00	246
M1 x F3	16.87	83.13	0.00	83
M2 x F1	9.78	90.22	0.00	276
M2 x F2	4.07	95.93	0.00	123
M2 x F3	5.62	94.38	0.00	89

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไก่แรกเกิดตามลักษณะขนปุยบริเวณต้นขาในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์

กลุ่ม ผสมพันธุ์	เปอร์เซ็นต์ลักษณะขนปุยต้นขา					wild-type (e <sup>+</sup> e <sup>+</sup> )	จำนวน ทั้งหมด (ตัว)
	ดำ	ขาว	ขาว ปนดำ	เหลือง	เหลือง ปนดำ		
M1 x F1 (1 <sup>st</sup> group)	408	612	408	36.73	48.98	0.00	49
M1 x F1 (2 <sup>nd</sup> group)	457	457	914	38.07	43.15	0.51	197
M1 x F2	854	1423	854	34.96	33.74	0.00	246
M1 x F3	25.30	6.02	13.25	13.25	42.17	0.00	83
M2 x F1	6.52	6.52	6.52	38.04	42.39	0.00	276
M2 x F2	0.00	0.00	4.07	36.59	59.35	0.00	123
M2 x F3	3.37	4.49	23.60	25.84	42.70	0.00	89

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไก่แรกเกิดตามลักษณะขนปุยบริเวณปลายปีกในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์

กลุ่ม ผสมพันธุ์	เปอร์เซ็นต์ลักษณะขนปุยปลายปีก					wild-type (e <sup>+</sup> e <sup>+</sup> )	จำนวน ทั้งหมด (ตัว)
	ดำ	ขาว	ขาว ปนดำ	เหลือง	เหลือง ปนดำ		
M1 x F1 (1 <sup>st</sup> group)	8.16	6.12	6.12	36.73	42.86	0.00	49
M1 x F1 (2 <sup>nd</sup> group)	7.61	7.11	6.09	51.78	26.90	0.51	197
M1 x F2	10.98	15.04	6.10	43.09	24.80	0.00	246
M1 x F3	22.89	13.25	7.23	26.51	30.12	0.00	83
M2 x F1	10.51	8.70	3.99	38.77	38.04	0.00	276
M2 x F2	4.88	0.00	3.25	49.59	42.28	0.00	123
M2 x F3	6.74	8.99	17.98	21.35	44.94	0.00	89

## 1.2 สีสันใก่อายุ 2 เดือน

ลักษณะปลายขนขาวของใก่อายุ 2 เดือนที่เกิดจากแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์ สามารถจำแนกตามการกระจายของปลายขนขาวได้ 4 ระดับคะแนน ดังแสดงไว้ภาพที่ 7 จากการทดลองพบว่าแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์ใก่ใก่ที่มีปลายขนขาวระดับคะแนน 1 ระหว่าง 25.30-35.96 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นกลุ่มผสมพันธุ์  $M2 \times F2$  (9.76 เปอร์เซ็นต์) ที่ต่ำกว่าช่วงของใก่ส่วนใหญ่ภายในระดับคะแนน 1 ในขณะที่เดียวกันกลุ่มผสมพันธุ์  $M1 \times F1$  (กลุ่มที่ 1) ให้ใก่ที่มีปลายขนขาวระดับคะแนน 2 เท่ากับ 12.24 เปอร์เซ็นต์ซึ่งต่ำกว่าช่วงของใก่ส่วนใหญ่เช่นกัน โดยภายในระดับคะแนน 2 ส่วนใหญ่แต่ละกลุ่มผสมมีค่าระหว่าง 32.53-40.58 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเพียงพอที่จะใช้จำแนกใก่ที่เกิดจากคู่ผสมที่พ่อแม่มีปลายขนขาวทั้งคู่ ( $M2 \times F2$ ) ออกจากใก่ที่เกิดจากคู่ผสมที่พ่อแม่ไม่มีปลายขนขาวทั้งคู่ ( $M1 \times F1$  กลุ่มที่ 1)

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์สีขนสูงสุดเป็นสามอันดับแรกของระดับคะแนน 0 กับระดับคะแนน 3 ในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์ พบว่าสามารถจำแนกใก่ที่เกิดจากคู่ผสมที่มีปลายขนขาวและไม่มีปลายขนขาวได้เช่นกัน โดยสามอันดับแรกที่มีเปอร์เซ็นต์ระดับคะแนน 0 สูงสุดเกิดจากคู่ผสมที่ไม่มีปลายขนขาวทั้งหมด ได้แก่ กลุ่มผสมพันธุ์  $M1 \times F1$  กลุ่มที่ 1 (57.14) กลุ่มผสมพันธุ์  $M1 \times F3$  (32.53) และกลุ่มผสมพันธุ์  $M1 \times F1$  กลุ่มที่ 2 (25.89) ที่เกิดจากพ่อแม่ที่สีขนแบบเดียวกัน คือ มีขนดำ สร้อยคอ สร้อยหลังเหลือง ไม่มีปลายขนขาว แต่แม่ต่างกันคือ  $F1$  เป็นแม่ไม่มีลักษณะปลายขนขาวและ  $F3$  เป็นแม่ขนสีดำ ไม่มีปลายขนขาว แต่มีขนคอสีทอง ในทางตรงข้าม สามอันดับแรกที่มีเปอร์เซ็นต์ระดับคะแนน 3 สูงสุด ได้แก่ กลุ่มผสมพันธุ์  $M2 \times F2$  (49.59) กลุ่มผสมพันธุ์  $M1 \times F2$  (24.80) และกลุ่มผสมพันธุ์  $M2 \times F1$  (17.75) (ตารางที่ 10) ซึ่งเกิดจากคู่ผสมที่ทั้งพ่อกับแม่มีปลายขนขาว และคู่ผสมที่พ่อหรือแม่พันธุ์ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งมีปลายขนขาว นั้นแสดงว่าระดับคะแนนปลายขนขาวในใก่อายุ 2 เดือน สามารถจำแนกกลุ่มผสมพันธุ์ที่พ่อพันธุ์หรือแม่พันธุ์มีปลายขนขาวเป็นคู่ผสมได้ อาจเป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทำให้สีปลายขนขาวเริ่มปรากฏให้เห็นเมื่อใก่อายุ 2 เดือน โดยลักษณะปลายขนขาวจะปรากฏชัดเจนเมื่อใก่อายุมากขึ้น (Some, 1980)

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไก่อายุ 2 เดือนตามระดับคะแนนสีปลายขนขาวในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์

กลุ่มผสมพันธุ์	เปอร์เซ็นต์สีปลายขนขาว				wild-type (e <sup>+</sup> e <sup>+</sup> )	จำนวน ทั้งหมด (ตัว)
	0	1	2	3		
M1 x F1 (1 <sup>st</sup> group)	57.14	30.61	12.24	0.00	0.00	49.00
M1 x F1 (2 <sup>nd</sup> group)	25.89	32.99	33.50	7.11	0.51	197.00
M1 x F2	9.35	26.42	39.43	24.80	0.00	246.00
M1 x F3	32.53	25.30	32.53	9.64	0.00	83.00
M2 x F1	13.77	27.90	40.58	17.75	0.00	276.00
M2 x F2	2.44	9.76	38.21	49.59	0.00	123.00
M2 x F3	14.61	35.96	40.45	8.99	0.00	89.00

### 1.3 สีขนไก่อายุ 5 เดือน

สีขนไก่เมื่ออายุ 5 เดือนที่เกิดจากทุกกลุ่มผสมพันธุ์ได้แสดงไว้ตารางที่ 11 โดยพบว่าไก่ที่เกิดจากพ่อแม่พันธุ์ที่ไม่มีปลายขนขาวทั้งคู่ M1 x F1 (กลุ่มที่ 1) จะมีสีขนลำตัวดำ สร้อยคอและสร้อยหลังเหลือง ไม่มีปลายขนขาว (birchen) ส่วนไก่ที่เกิดจากกลุ่มผสมพันธุ์ M1 x F1 (กลุ่มที่ 2) ซึ่งพ่อแม่พันธุ์ไม่มีปลายขนขาวเช่นกัน จะให้ลูกมีสีขน 2 แบบ คือ birchen (ไม่มีปลายขนขาว) และ mottling ที่มีปลายขนขาวในเปอร์เซ็นต์ 69.54 และ 29.95 ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มผสมพันธุ์ (M2 x F2) ซึ่งเป็นพ่อแม่พันธุ์ที่มีปลายขนขาวทั้งคู่ ลูกที่ได้มีปลายขนขาว (mottling) ทั้งหมด 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบไก่อะหว่างกลุ่มผสมพันธุ์ M1 x F3 กับกลุ่มผสมพันธุ์ M2 x F3 ซึ่งแม่พันธุ์เป็นแม่ไก่ขนลำตัวดำ มีขนคอสีทองเหมือนกัน ต่างกันที่พ่อพันธุ์มีปลายขนขาว (M2) และพ่อพันธุ์ไม่มีปลายขนขาว (M1) พบว่า ไก่ที่เกิดจากพ่อพันธุ์ที่มีปลายขนขาว (M2) ให้เปอร์เซ็นต์ลูกที่มีปลายขนขาวเท่ากับ 53.93 เปอร์เซ็นต์ซึ่งสูงกว่าไก่ที่เกิดจากพ่อพันธุ์ที่ไม่มีปลายขนขาว (M1) ที่ให้ลูกมีปลายขนขาวเพียง 24.10 เปอร์เซ็นต์

ไก่ที่เกิดจากแต่ละคู่ผสมพันธุ์นอกจากมีลักษณะ birchen (ขนดำ ไม่มีปลายขนขาว) และ mottling ที่มีปลายขนขาวแล้ว ยังพบลักษณะไก่ป่าสีแดงเทศเมียที่เกิดจากกลุ่มผสมพันธุ์ M1 x F1

(กลุ่มที่ 2) ที่พบตั้งแต่แรกเกิด มีลักษณะขนลำตัวสีเหลืองน้ำตาลอ่อน ภายในเส้นขนมีจุดสีดำ (stipping) กระจายตัวอย่างหนาแน่น ยกเว้นขนบริเวณอกมีสีส้มจางๆ ที่ไม่มีจุดสีดำ เป็นลักษณะที่ยืนยันว่า ลูกไก่ตัวดังกล่าวถูกควบคุมด้วยอัลลีล **wild-type** (Kimball, 1952) โดยอุดมศรี (2548) รายงานว่า การสร้างฝูงต้นพันธุ์รวบรวมไก่เหลืองหางขาวจากทุกภาคของประเทศ มีโอกาสปนเชื้อสายไก่ป่าหรือไก่พื้นเมืองสายพันธุ์อื่นที่มีปลายปีกแดง เช่น ไก่นกกด (กองบำรุงพันธุ์สัตว์, 2546) ส่งผลให้ปรากฏลักษณะ **wild-type** ภายในฝูงไก่ทดสอบ แต่มีไก่ที่เกิดจากแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์บางส่วน มีสีขนบริเวณอก ลำตัว สร้อยปีกและบริเวณปลายปีกมีสีดำปนสีน้ำตาลแดงเล็กน้อย คล้ายกับลักษณะประจำของอัลลีล **wild-type** เพศผู้ ลักษณะดังกล่าวเป็นผลเนื่องมาจากยีนตำแหน่งอื่น (modifying gene) ที่ยับยั้งการสะสมเมลานินของยีนตำแหน่ง **E (Extension black)** ดังนั้นจะไม่นำลักษณะดังกล่าวมาพิจารณาพร้อมกับอัลลีล **e<sup>+</sup> (wild-type)**

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไก่อายุ 5 เดือนตามลักษณะ **Birchen, Mottling** และ **Wild-type** ในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์

กลุ่มผสมพันธุ์	เปอร์เซ็นต์สีขนแต่ละลักษณะ			จำนวนทั้งหมด (ตัว)
	Birchen	Mottling	Wild-type	
M1 x F1 (1 <sup>st</sup> group)	100.00	0.00	0.00	49
M1 x F1 (2 <sup>nd</sup> group)	69.54	29.95	0.51	197
M1 x F2	52.03	47.97	0.00	246
M1 x F3	75.90	24.10	0.00	83
M2 x F1	54.35	45.65	0.00	276
M2 x F2	0.00	100.00	0.00	123
M2 x F3	46.07	53.93	0.00	89

## 2. การทดสอบพันธุกรรมควบคุมสีขน

ลักษณะสีขนลำตัวในไก่ 5 เดือนที่ได้จากทุกกลุ่มผสม ยกเว้นกลุ่มผสม **M1 x F1** (กลุ่มที่ 2) มีปลายปีกเป็นสีดำหรือปลายปีกสีดำที่มีสีขาวแซม จะไม่พบตัวที่มีปลายปีกแดง ซึ่งลักษณะปลายขนปีกแดงเป็นลักษณะประจำของไก่ป่าสีแดง จึงสามารถคาดคะเนยีนโนไทป์สีขนของยีนตำแหน่ง **E** ในทุกกลุ่มผสมจะอยู่ในรูป **E<sup>R</sup>E<sup>R</sup> x E<sup>R</sup>** หรือ **E<sup>R</sup> x E<sup>R</sup>E<sup>R</sup>** ลูกที่ได้จึงเป็นขนสีดำ (birchen) หรือขนดำปลายขาว (mottling) ทั้งหมด ส่วนกลุ่มผสม **M1 x F1** (กลุ่มที่ 2) ให้ลูกมี

ลักษณะปลายปีกแดงซึ่งเป็นลักษณะของไก่ป่าขนสีแดง 1 ตัว แสดงว่าพ่อแม่พันธุ์ในกลุ่มคู่ผสมนี้ที่ทั้งพ่อและแม่อย่างน้อย 1 ตัว ต้องมีอีโนไทป์ในรูป  $E^{Re+}$  ทั้งคู่

สีปลายขนขาวของไก่ที่เกิดจากทุกกลุ่มคู่ผสมพันธุ์เมื่ออายุ 5 เดือนที่คำนวณจากตารางที่ 11 ไก่ที่เกิดจากกลุ่มคู่ผสม  $M1 \times F1$  (กลุ่มที่ 1) ที่ทั้งพ่อและแม่ไม่มีปลายขนขาว มีลักษณะไม่มีปลายขนขาวทั้งหมดเช่นกัน ผลดังกล่าวทำให้คาดการณ์ได้ว่า อีโนไทป์ของพ่อแม่ต้องเป็น  $MoMo$  หรือ  $Mo_$  ส่วนกลุ่มคู่ผสม  $M1 \times F1$  (กลุ่มที่ 2) และกลุ่มคู่ผสม  $M1 \times F3$  ทั้งสองกลุ่มคู่ผสมพันธุ์ใช้พ่อที่มีลักษณะเหมือนกัน คือ ไม่มีปลายขนขาว แต่แม่พันธุ์สีขนต่างกัน คือ  $F1$  เป็นแม่ไม่มีปลายขนขาว และ  $F3$  เป็นแม่ขนสีดำไม่มีปลายขนขาวแต่มีขนสีทองที่บริเวณคอให้ลูกที่ไม่มีปลายขนขาว : มีปลายขนขาวเท่ากับ 137 : 59 และ 63 : 20 ตามลำดับ (คำนวณจากตารางที่ 11) เมื่อนำข้อมูลไปทดสอบไคสแควร์พบว่า ยอมรับสมมติฐานของสัดส่วนไม่มีปลายขนขาว : มีปลายขนขาวเท่ากับ 3:1 ( $P>0.05$ ) (ตารางที่ 12) ตามทฤษฎีของเมนเดลแสดงว่า อีโนไทป์ของกลุ่มผสมเหล่านี้ [ $M1 \times F1$  (กลุ่มที่ 2) และ  $M1 \times F3$ ] เป็นแบบ  $Momo$  และ  $Momo$

กลุ่มคู่ผสม  $M1 \times F2$ ,  $M2 \times F1$  และ  $M2 \times F3$  เป็นคู่ผสมพันธุ์ที่พ่อหรือแม่พันธุ์ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งมีลักษณะปลายขนขาวและอีกฝ่ายหนึ่งไม่มีปลายขนขาว พบว่า กลุ่มคู่ผสม  $M1 \times F2$  ให้ลูกที่มีสัดส่วนไม่มีปลายขนขาว : มีปลายขนขาวเท่ากับ 128 : 118 (คำนวณจากตารางที่ 11) กลุ่มคู่ผสม  $M2 \times F1$  และ  $M2 \times F3$  ให้ลูกที่มีสัดส่วนไม่มีปลายขนขาว : มีปลายขนขาวเท่ากับ 150 : 126 และ 41 : 48 ตามลำดับ (คำนวณจากตารางที่ 11) เมื่อนำข้อมูลไปทดสอบไคสแควร์พบว่า ผลการทดสอบยอมรับข้อสมมติฐานที่ลูกจะมีสัดส่วนไม่มีปลายขนขาว : มีปลายขนขาวเท่ากับ 1 : 1 ( $P>0.05$ ) (ตารางที่ 12) แสดงว่า อีโนไทป์พ่อแม่พันธุ์ของกลุ่มคู่ผสม  $M1 \times F2$  ต้องเป็น  $Momo$  และ  $momo$  ส่วนอีโนไทป์พ่อแม่พันธุ์ของกลุ่มคู่ผสม  $M2 \times F1$  และ  $M2 \times F3$  ต้องเป็น  $momo$  และ  $Momo$

กลุ่มคู่ผสม  $M2 \times F2$  เป็นคู่ผสมที่ทั้งพ่อและแม่มีปลายขนขาว ลูกที่เกิดจากกลุ่มคู่ผสมนี้ทั้งหมดมีปลายขนขาวเช่นกัน จึงเป็นที่แน่ชัดว่า อีโนไทป์ของพ่อแม่พันธุ์ คือ  $momo$  กับ  $momo$  จากผลการทดลองที่ได้จากกลุ่มคู่ผสมเหล่านี้สามารถยืนยันและระบุได้ว่า สีปลายขนขาวถูกควบคุมด้วยยีนด้อยเพียงหนึ่งคู่ ( $momo$ ) ซึ่งเมื่อเทียบสีปลายขนขาวของไก่เหลืองหางขาวกับไก่ *Ancona* และ *Houdan* ซึ่งเป็นไก่ในบัญชีของ *American Standard of Perfection (1966)* ที่ถูกควบคุมด้วยยีน *mottling (mo)* (Hutt, 1949) พบว่า มีลักษณะปลายขนขาวเหมือนกัน *Some (1980)* รายงานว่า ภายในขนสีดำ 2-5 เส้น มีโอกาสที่จะพบขนที่มีสีปลายขาว 1 เส้น และยังพบว่ายีน *mottling* ไม่มี

อิทธิพลต่อการแสดงออกของสีขนในระยะลูกไก่แรกเกิด ดังนั้นสีขนปุยลูกไก่จึงขึ้นอยู่กับอิทธิพลของตำแหน่งยีน **E**

ลักษณะปรากฏของสีขนในรุ่นลูกและการทดสอบไคสแควร์พอที่จะยืนยัน ยีนโนโทปีของ ยีน **2** ตำแหน่งคือ **E** (ควบคุมสีดำ) และ **mo** (ควบคุมปลายขนสีขาว) ในพ่อพันธุ์ที่ไม่มีปลายขนขาว (**M1**) และแม่พันธุ์ที่ไม่มีปลายขนขาว (**F1**) และแม่พันธุ์ที่ไม่มีปลายขนขาวแต่ขนคอเป็นสีทอง (**F3**) คือ  $E^R E^R Mo_$  ใน **M1** และ  $E^R Mo mo$  ใน **F1** และ **F3** ส่วนยีนโนโทปีของพ่อพันธุ์ (**M2**) และแม่พันธุ์ (**F2**) ที่มีปลายขนขาว คือ  $E^R E^R mo mo$  และ  $E^R mo mo$  ดังนั้นในการอนุรักษ์ไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์เหลืองหางขาวให้มีลักษณะสีขนคงที่ หากจะปรับปรุงไก่เหลืองหางขาวแบบห้าพระองค์ที่มีปลายขนขาวแซม 5 ตำแหน่งควรใช้คู่ผสม **M2 x F2** ที่มีพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์มีปลายขนขาวทั้งคู่ แต่ถ้าต้องการปรับปรุงไก่เหลืองหางขาวแบบธรรมดาที่ไม่มีปลายขนขาวแซมควรใช้คู่ผสม **M1 x F1** (กลุ่มที่ 1) ที่พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไม่มีปลายขนขาวทั้งคู่ จึงจะได้ลักษณะไก่เหลืองหางขาวที่ต้องการ

### 3 การทดสอบความเป็นอิสระของยีนควบคุมสีขน

ผลการทดสอบความเป็นอิสระระหว่างยีน **2** ตำแหน่งคือ  $E^R$  (ควบคุมขนสีดำ สร้อยคอและสร้อยหลังเหลือง) และ **mo** (ควบคุมปลายขนสีขาว) ดังแสดงไว้ตารางที่ 13 พบว่า กลุ่มคู่ผสมพันธุ์ **M1 x F2** (กลุ่มที่ 2) และ **M1 x F3** ที่พ่อแม่พันธุ์มีขนลำตัวดำ ไม่มีปลายขนขาว ( $E^R Mo mo$ ) แต่ให้ลักษณะรุ่นลูกที่มีปลายขนขาว ( $E^R mo mo$ ) แสดงว่าลักษณะรุ่นลูกที่แตกต่างไปจากพ่อแม่ เกิดจากยีนทั้งสองที่อยู่ต่างโครโมโซมกันเกิด **crossing over** ได้ เนื่องจากยีนทั้งสองตำแหน่งอยู่ต่างโครโมโซมกัน มีอิสระที่จะเข้าร่วมตัวกันในเซลล์สืบพันธุ์ตาม **Law of independent assortment**

ตารางที่ 12 การทดสอบไคสแควร์ของยีน **mottling** ที่ควบคุมลักษณะปลายขนขาวในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์

กลุ่มผสมพันธุ์	จำนวนทั้งหมด (ตัว)	ค่าสังเกต (Observed)		ค่าไคสแควร์
		Birchen	Mottling	
M1 x F1 (1 <sup>st</sup> group)	49	49.00	0.00	0.00 <sup>ns</sup>
M1 x F1 (2 <sup>nd</sup> group)	196	137.00	59.00	2.72 <sup>ns</sup>
M1 x F2	246	128.00	118.00	0.40 <sup>ns</sup>
M1 x F3	83	63.00	20.00	0.04 <sup>ns</sup>
M2 x F1	276	150.00	126.00	2.08 <sup>ns</sup>
M2 x F2	123	0.00	123.00	0.00 <sup>ns</sup>
M2 x F3	89	41.00	48.00	0.56 <sup>ns</sup>

หมายเหตุ <sup>ns</sup> สัญลักษณ์กำกับค่าไคสแควร์แสดงค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ )

ตารางที่ 13 การทดสอบความเป็นอิสระของยีน **E** และยีน **mottling** ในแต่ละกลุ่มผสมพันธุ์

กลุ่มผสมพันธุ์	จำนวนทั้งหมด (ตัว)	ค่าสังเกต (Observed)				ค่าไคสแควร์
		E <sup>R</sup> _Mo_	E <sup>R</sup> _momo	eeMo_	eemomo	
M1 x F1 (2 <sup>nd</sup> group)	196	137.00	59.00	0.00	0.00	0.00 <sup>ns</sup>
M1 x F2	246	128.00	118.00	0.00	0.00	0.00 <sup>ns</sup>
M1 x F3	83	63.00	20.00	0.00	0.00	0.00 <sup>ns</sup>
M2 x F1	276	150.00	126.00	0.00	0.00	0.00 <sup>ns</sup>
M2 x F3	89	41.00	48.00	0.00	0.00	0.00 <sup>ns</sup>

หมายเหตุ <sup>ns</sup> สัญลักษณ์กำกับค่าไคสแควร์แสดงค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ )

#### 4 การพัฒนาสีแข่ง

ไก่ที่เกิดจากพ่อแข่งเหลืองผสมกับแม่แข่งดำอมเหลืองในแต่ละคู่การผสมให้สีแข่งไก่แรกเกิดที่แตกต่างกัน 6 สีแสดงไว้ภาพที่ 8 ได้แก่ สีขาว (W), สีขาวปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อย (WD), สีดำปนขาว (WB), สีเหลือง (Y), สีเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อย (YD) และสีดำปนเหลือง (YB) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสีแข่งไก่แรกเกิดถึงอายุ 2 เดือนดังตารางที่ 14 ที่เกิดจากอิทธิพลของเม็ดสี 2 ชนิด คือ แคโรทีนอยด์ที่ให้สีเหลืองและเมลานินที่ให้สีดำ โดยแข่งที่สะสมแคโรทีนอยด์มีทั้งหมด 3 สี คือ แข่งสีเหลือง (Y), สีเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อย (YD) และสีดำปนเหลือง (YB) ส่วนแข่งที่สะสมเมลานินมีทั้งหมด 4 สี คือ แข่งสีขาวปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อย (WD) สีดำปนขาว (WB) สีเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อย (YD) และสีดำปนเหลือง (YB) จากผลการทดลองพบว่า ไก่เพศผู้เมื่ออายุ 2 เดือนจะมีแข่งที่สะสมแคโรทีนอยด์ในเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้น มาจากเปอร์เซ็นต์แข่งสีเหลืองและสีเหลืองปนดำที่ลดลง (0.24 และ 5.48) แต่มีเปอร์เซ็นต์แข่งสีเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อยที่เพิ่มขึ้นมากกว่า (18.93) ขณะเดียวกันไก่เพศเมียจะมีแข่งที่สะสมแคโรทีนอยด์ในเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งมาจากการเปลี่ยนแปลงสีแข่งดังนี้ แข่งสีเหลืองลดลง 1310 เปอร์เซ็นต์ แต่มีแข่งสีเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อยและแข่งสีดำปนเหลืองเพิ่มขึ้น (13.21 และ 16.67 เปอร์เซ็นต์).

ส่วนแข่งที่สะสมเมลานินในไก่เพศผู้อายุ 2 เดือน จะให้เปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นเช่นกัน เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสีแข่งดังนี้ แข่งสีขาวปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อยและแข่งสีเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อยที่เพิ่มขึ้น (0.36 และ 18.93 เปอร์เซ็นต์) แต่เปอร์เซ็นต์แข่งสีดำปนขาวและแข่งสีดำปนเหลืองที่ลดลง (5.00 และ 5.48) ขณะเดียวกันไก่เพศเมียจะมีแข่งที่สะสมเมลานินในเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสีแข่งดังนี้ แข่งสีขาวปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อยและแข่งสีดำปนขาวลดลง (0.12 และ 5.36 เปอร์เซ็นต์) แต่มีแข่งสีเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อยและแข่งสีดำปนเหลืองเพิ่มขึ้น (13.21 และ 16.67 เปอร์เซ็นต์) นั่นแสดงว่า การเปลี่ยนแปลงสีแข่งไก่ทั้งเพศผู้และเพศเมียไก่ในช่วงแรกเกิดถึง 2 เดือน เปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน ที่มีการสะสมแคโรทีนอยด์และเมลานินเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 14)

การเปลี่ยนแปลงสีแข่งไก่เกิดจากการพัฒนาของเม็ดสีเมลานินและแคโรทีนอยด์ ไก่บางสายพันธุ์เริ่มพัฒนาเม็ดสีตั้งแต่ช่วงเป็นตัวอ่อนในไข่ฟัก ตัวอ่อนไก่ *Silkie* สามารถตรวจพบจุดสีดำของเมลานินในรูปของ *melanoblasts* ในผิวหนังชั้นในเมื่อวันที่ 3 ของการฟัก ต่างจากตัวอ่อนไก่ *Banded Plymouth Rock* ที่ตรวจเมื่อวันที่ 4 ไม่สามารถพบจุดสีดำดังกล่าว (*White and Eastlick*,

1953) ไก่พันธุ์ที่มีแข้งสีเหลืองจะให้ลูกไก่ที่มีสีแข้งแรกเกิดได้ทั้งสีเหลืองและแข้งสีขาว แข็งสองสีดังกล่าวอาจเป็นแบบเดียวกันหรือปรากฏรวมกับสีดำ เนื่องจากช่วงดังกล่าวลูกไก่มีการสะสมเม็ดสีแคโรทีนนอยด์ช้า (Smyth, 1990e) ความแตกต่างของสีแข้งจะเริ่มแยกได้เมื่อไก่อายุมากกว่า 3 เดือน (Hutt, 1949) จากรายงานของ Jull (1940); Hays and Klein (1943) กล่าวว่า การสะสมแคโรทีนนอยด์จะถูกควบคุมด้วยพันธุกรรม แต่ยังมีคามผันแปรตามปัญหาสุขภาพและแหล่งให้เม็ดสีที่พบในอาหารสัตว์ (Jaap, 1954) จากลักษณะในรุ่นลูกและผลการทดสอบพบว่า แข็งที่ไม่มี การสะสมความเหลืองที่พบเมื่ออายุ 1 วันและ 2 เดือน จะพัฒนาไปเป็นแข้งที่สะสมความเหลืองเมื่ออายุ 5 เดือนทั้งหมด โดยสาเหตุที่ไก่อายุ 2 เดือนมีทั้งแข้งสีเหลืองและแข้งสีขาวที่ยังไม่สะสมความเหลืองปนกัน เกิดจากสภาพการเลี้ยงในพื้นที่ต่อตัวน้อยกว่า ไก่ที่โตกว่าจะแก่งแย่งอาหาร ส่งผลให้ไก่ที่ตัวเล็กกว่าได้รับอาหารไม่เพียงพอ สัดส่วนที่จะได้รับสารสีจากอาหารไปสะสมภายในเนื้อเยื่อจึงน้อยไปด้วย ประกอบกับหลังเก็บข้อมูล 2 เดือน ทำการย้ายไก่แต่ละรุ่นไปเลี้ยงแบบปล่อยพื้น และมีการเสริมถาดน้ำถาดอาหารทำให้ไก่ได้รับอาหารอย่างทั่วถึงมากขึ้น และส่วนหนึ่งเกิดจากการจัดการแยกไก่ป่วยเพื่อป้องกันการเกิดโรคระบาด ไก่ที่อ่อนแอจะถูกแยกออกไปด้วย ทำให้เหลือแต่ไก่อายุ 5 เดือนที่สะสมความเหลืองบริเวณแข้งทั้งหมด โดยมีเปอร์เซ็นต์แข้งเหลืองเพศผู้ (Y) : แข็งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อยเพศผู้ (YD) : แข็งดำปนเหลืองเพศผู้ (YB) : แข็งเหลืองเพศเมีย (Y) : แข็งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อยเพศเมีย (YD) : แข็งดำปนเหลืองเพศเมีย (YB) ที่ได้จากพ่อพันธุ์ 30 ตัว เท่ากับ 30.48 : 18.45 : 2.62 : 1.67 : 15.60 : 31.19 (ตารางที่ 14) จะพบว่า เปอร์เซ็นต์แข้งเหลือง (Y) ตามลักษณะประจำพันธุ์ของไก่เหลืองหางขาว (กองบำรุงพันธุ์ สัตว์, 2546) ในไก่เพศผู้ (30.48 เปอร์เซ็นต์) มากกว่าไก่เพศเมีย (1.67 เปอร์เซ็นต์) แต่ในทางกลับกัน เปอร์เซ็นต์แข้งดำอมเหลืองของไก่เพศผู้ (YB) (2.62 เปอร์เซ็นต์) น้อยกว่าไก่เพศเมีย (31.19 เปอร์เซ็นต์)

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สีแข็งไก่แรกเกิด 2 เดือนและ 5 เดือนจำแนกตามเพศ

เพศ	สีแข็ง	อายุไก่		
		1 วัน	2 เดือน	5 เดือน
เพศผู้	W <sup>1/</sup>	869	0.12	0.00
	WD	0.48	0.83	0.00
	WB	5.48	0.48	0.00
	Y	24.76	24.52	30.48
	YD	0.48	19.40	18.45
	YB	11.67	6.19	2.62
	รวมเพศผู้		11.31	0.00
เพศเมีย	W	0.48	0.36	0.00
	WD	7.62	2.26	0.00
	WB	18.93	5.83	1.67
	Y	0.12	13.33	15.60
	YD	10.00	26.67	31.19
	YB			
	รวมทั้งหมด		100.00	100.00

หมายเหตุ <sup>1/</sup> สัญลักษณ์ W=สีขาว, WD= สีขาวปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อย, WB=สีดำปนขาว, Y=สีเหลือง, YD=สีเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อย และ YB =ดำปนเหลือง

## 5. การทดสอบพันธุกรรมของสีแข็ง

สีแข็งไก่ถูกควบคุมด้วยยีนหลัก 3 ตำแหน่ง คือ E, id<sup>+</sup> และ w (Jull, 1940) ทำให้เกิดอิทธิพลร่วมของยีนต่างตำแหน่ง (epistatic effect) เป็นผลให้สีแข็งไก่แตกต่างกัน ตำแหน่งยีน E เป็นตำแหน่งแบบ multiple allele ซึ่งมีลำดับการข่ม 8 อัลลิลดังนี้ E > E<sup>R</sup> > e<sup>Wh</sup> > e<sup>+</sup> > e<sup>b</sup> > e<sup>s</sup> > e<sup>bc</sup> > e<sup>y</sup> (Smyth, 1990f) ทำหน้าที่ควบคุมการสะสมความดำของเมลานินภายในเส้นขน อย่างไรก็ตามยีน E ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อสีขนเพียงอย่างเดียว ยังทำให้แข็งไก่มีสีดำด้วย จากการทดสอบสีขนในฝูงพ่อแม่พันธุ์ดังกล่าว พบว่า อัลลิลที่ควบคุมสีขนคือ E<sup>R</sup> ซึ่งอัลลิล E<sup>R</sup> จะถูกยับยั้งโดยอัลลิล Id (Smyth, 1990c) ยีน id<sup>+</sup> ทำหน้าที่ควบคุมความดำของผิวหนังชั้นใน เป็นยีนที่มีตำแหน่งบนโครโมโซมเพศซึ่งไก่เพศผู้จะมีโครโมโซมเพศแบบ homogametic (ZZ) ส่วนเพศเมียจะโครโมโซม

เพศแบบ heterogametic (ZW) คู่อัลลีลของ  $id^+$  คือ อัลลีล  $Id$  ทำหน้าที่ยับยั้งความดำของผิวหนังชั้นใน ทำให้สีดำไม่สามารถแสดงออก จึงปรากฏสีแข็งเป็นสีขาวหรือสีเหลืองขึ้นอยู่กับยีนตำแหน่ง  $w$  โดย  $Id$  แสดงการข่ม  $id^+$  แบบไม่สมบูรณ์ (Smyth, 1990e) ตำแหน่งยีน  $w$  เกี่ยวข้องกับการสะสมแคโรทีนในนอยด์บริเวณผิวหนังเป็นผลให้ผิวหนังเป็นสีเหลือง ส่วนคู่อัลลีลของมันคือ  $W^+$  จะยับยั้งการสะสมแคโรทีนในนอยด์บริเวณผิวหนัง อัลลีล  $W^+$  และ  $w$  สามารถแสดงอิทธิพลร่วมกับความดำของผิวหนังชั้นใน ( $id^+$ ) ทำให้เกิดสีน้ำเงิน (แข็งสีขาวปนผิวสีดำชั้นใน) และแข็งสีเขียว (แข็งสีเหลืองปนผิวสีดำชั้นใน) ตามลำดับ (Hutt, 1949)

ผลของลักษณะสีแข็งในลูกที่ได้จากแต่ละคู่ผสมและผลจากการทดสอบสีขนไก่เหลืองหางขาวในพ่อแม่พันธุ์ดังตารางที่ 11 สามารถคาดคะเนชนิดยีนโนไทป์ของสีแข็งในพ่อแม่พันธุ์ดังนี้ พ่อแข็งเหลือง และแม่แข็งดำอมเหลือง จะมียีนโนไทป์เป็น  $E^R_Z Id Z ww$  และ  $E^R E^R Z id^+ W ww$  ตามลำดับ แต่จากข้อมูลสีแข็งที่สังเกตได้ในไก่อายุ 5 เดือน (ตารางที่ 14) ปรากฏลูกไก่เพศเมียที่ได้มีแข็งดำอมเหลืองในทุกคู่ผสม ย่อมแสดงว่าพ่อพันธุ์แข็งเหลืองตามที่คาดคะเน ( $E^R_Z Id Z ww$ ) ควรจะมียีนโนไทป์อยู่ในรูป  $E^R_Z Id Z id^+ ww$  ดังนั้นสัดส่วนแข็งลูกไก่ที่ได้จากการผสมระหว่างพ่อพันธุ์ ( $E^R_Z Id Z id^+ ww$ ) กับแม่พันธุ์ ( $E^R E^R Z id^+ W ww$ ) คือ แข็งเหลืองเพศผู้ (Y) : แข็งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อยเพศผู้ (YD) : แข็งดำปนเหลืองเพศผู้ (YB) : แข็งเหลืองเพศเมีย (Y) : แข็งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อยเพศเมีย (YD) : แข็งดำปนเหลืองเพศเมีย (YB) เท่ากับ 1:1:2 1:1:2

เนื่องจากผลการทดสอบสีแข็งที่ได้จากพ่อแม่พันธุ์แต่ละตัว (ตารางที่ 14) มีการกระจายไม่ครบทั้ง 6 ลักษณะ เป็นไปได้ว่ามียีนอื่นเข้ามาเกิดอิทธิพลร่วม ทำให้ปรากฏสีแข็งเพียงบางส่วน จึงจัดกลุ่มความแตกต่างของสีแข็งไก่อายุ 5 เดือนจำแนกตามพ่อพันธุ์ทั้งหมด 3 กลุ่ม คือ พ่อพันธุ์ที่ให้ไก่ที่มีสีแข็งแตกต่างกันเพียง 4 สี (G1) พ่อพันธุ์ที่ให้ไก่ที่มีสีแข็งแตกต่างกันเพียง 5 สี (G2) และพ่อพันธุ์ที่ให้ไก่ที่มีสีแข็งแตกต่างกันครบทั้ง 6 สี (G3) ทดสอบพันธุกรรมควบคุมสีแข็งด้วยวิธีไคสแควร์ พบว่า ค่าไคสแควร์ของไก่ทั้ง 3 กลุ่ม (G1, G2 และ G3) มีค่าเท่ากับ 270.85, 190.62 และ 71.81 ซึ่งมากกว่าค่าไคสแควร์จากการเปิดตาราง จึงสรุปได้ว่า สัดส่วนแข็งเหลืองเพศผู้ (Y) : แข็งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อยเพศผู้ (YD) : แข็งดำปนเหลืองเพศผู้ (YB) : แข็งเหลืองเพศเมีย (Y) : แข็งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อยเพศเมีย (YD) : แข็งดำปนเหลืองเพศเมีย (YB) ของไก่ที่เกิดจากพ่อพันธุ์ทั้ง 3 กลุ่ม ไม่เท่ากับ 1:1:2 1:1:2 ( $P < 0.01$ ) (ตารางที่ 15)

การทดสอบไคสแควร์ข้างต้น ทำให้สันนิษฐานว่า การสะสมเม็ดสีเมลานินที่ถูกควบคุมด้วย ยีนตำแหน่ง **E** ขึ้นกับเพศ เนื่องจากลักษณะสีขนไก่เหลืองหางขาวเพศผู้และเพศเมีย ไม่เหมือนกัน (**dichromatism**) สอดคล้องกับ **Smyth (1990b)** กล่าวว่า พันธุ์ไก่ที่มีลักษณะสีขนเพศผู้ และเพศเมียที่ถูกควบคุมด้วยยีนตำแหน่ง **E** มีลักษณะสีขนไม่เหมือนกันไม่ได้เกิดจากพันธุกรรม แต่เกิดจากอิทธิพลของฮอร์โมนเอสโตรเจน สัมพันธ์กับระดับฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ ทำให้การ สะสมเมลานินในเส้นขนเพศเมียมากกว่า อาจส่งผลต่อการสะสมเมลานินบริเวณแข้งในเพศเมีย มากกว่าเพศผู้ ทำให้การยับยั้งยีนตำแหน่ง **E** ของอัลลีล **Id** ในไก่เพศผู้และเพศเมียแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีโอกาสที่ยีนตำแหน่งอื่น (**modifying gene**) มาเกิดอิทธิพลร่วม **Smyth (1990f)** กล่าวว่า การสะสมเมลานินภายในเส้นขนและผิวหนังยังขึ้นกับ **modifying gene** ที่ส่งผลต่อการ กระตุ้นหรือยับยั้งการสะสมเม็ดสีดังกล่าว แต่อาจไม่แสดงลักษณะปรากฏอย่างชัดเจน ส่งผลให้ สีแข้งไก่ไม่เป็นไปตามสัดส่วนดังสมมุติฐาน ซึ่งอาจใช้เครื่องหมายทางพันธุกรรม (**molecular genetic marker**) ในการจำแนกต่อไป

ในการคัดเลือกลักษณะสีแข้งไก่เหลืองหางขาว จะเป็นประโยชน์ในการผลิตไก่ลูกผสม สามสายให้มีสีแข้งสอดคล้องกับความต้องการของตลาด เนื่องจากผลการทดสอบสีแข้งที่ได้มีการถ่ายทอดไม่เป็นไปตามสมมุติฐาน ดังนั้นในการนำไปใช้ประโยชน์จำเป็นต้องทราบตำแหน่งยีน ที่ทำให้สีแข้งเปลี่ยนแปลง หรือดำเนินการผสมทดสอบแข่งสีอื่นด้วย ช่วยในการเปรียบเทียบ เปอร์เซ็นต์สีแข้งแต่ละกลุ่มผสม เพื่อเป็นข้อมูลในการจับคู่ผสมให้ได้สีแข้งตามความต้องการต่อไป

ตารางที่ 15 การทดสอบไคสแควร์ของยีนควบคุมสีแข้งตามพ่อพันธุ์แต่ละกลุ่ม (G1, G2 และ G3)

กลุ่ม	ค่าสังเกต (Observed)						จำนวน ทั้งหมด	ค่าไค สแควร์
	เพศผู้			เพศเมีย				
พ่อ พันธุ์	Y <sup>1/</sup>	YD	YB	Y	YD	YB		
G1	118.00	58.00	2.00	2.00	62.00	97.00	339.00	270.85**
G2	103.00	59.00	13.00	7.00	51.00	113.00	346.00	190.62**
G3	35.00	38.00	7.00	5.00	18.00	52.00	155.00	71.81**

หมายเหตุ <sup>1/</sup> สัญลักษณ์ Y=สีเหลือง, YD=สีเหลืองปนผิวหนังน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อย และ YB=ดำปน เหลือง

\*\* สัญลักษณ์กำกับค่าไคสแควร์แสดงค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ )

## สรุปผลการทดลอง

จากการผสมทดสอบพันธุกรรมที่ควบคุมสีแข่งกับสีขน และติดตามการเปลี่ยนแปลงของทั้งสองลักษณะในไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์เหลืองหางขาวตั้งแต่แรกเกิด 2 เดือนและ 5 เดือนสามารถสรุปดังนี้

1. ลักษณะเหลืองหางขาวในไก่พื้นเมืองจะถูกควบคุมด้วยยีนหลัก 2 ตำแหน่ง ที่จะมีบทบาทต่อการปรากฏของลักษณะเหลืองหางขาว คือ ตำแหน่ง **E** โดยอัลลีลที่เกี่ยวข้องเป็นอัลลีล **birchen** ( $E^R$ ) ที่จะมีอิทธิพลทำให้เกิดขนลำตัวสีดำ สร้อยคอและสร้อยหลังเหลือง และยีนตำแหน่ง **mottling** โดยอัลลีลที่เกี่ยวข้องเป็นอัลลีลด้อย (**mo**) ที่จำเป็นต้องคู่ในสภาพ **homozygosity** จึงจะทำให้เกิดปลายขนขาว ทำให้สามารถคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์ไก่เหลืองหางขาวให้ตรงตามประเภทที่ต้องการได้ ถ้าต้องการไก่เหลืองหางขาวแบบห้าพระองค์จำเป็นต้องใช้พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ที่มีสี **birchen** และมีปลายขนขาวในบางบริเวณ ลูกไก่ที่ได้จึงจะมีลักษณะปลายขนขาว 5 ตำแหน่ง แต่ถ้าต้องการไก่เหลืองหางขาวแบบธรรมดาที่ไม่มีปลายขนขาวให้ใช้พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ที่มีสี **birchen** แต่ไม่มีปลายขนขาวโดยวิธีการคัดเลือกด้วยสีขนปู่ลูกไก่แรกเกิดในบริเวณหน้าผาก ใบหน้า ออก ดันขา ปลายปีกและไหล่ไม่สามารถนำไปคัดเลือกลักษณะปลายขนขาวในไก่พื้นเมืองได้ เส้นขนที่มีปลายขนขาวบางส่วนจะเริ่มปรากฏให้เห็นหลังขนแท้ขึ้นเต็มเมื่ออายุ 2 เดือนและสามารถจำแนกได้ชัดเจนเมื่ออายุ 5 เดือน

2. การเกิดอิทธิพลร่วมกัน (**epistatic effect**) ของยีนหลักที่ควบคุมสีแข่งไก่เหลืองหางขาว คือ **E**,  $Z^{th}$  และ **w** ให้ผลการทดสอบไม่เป็นไปตามสัดส่วนที่คาดคะเน การคัดเลือกลักษณะสีแข่งในช่วงแรกเกิด และ 2 เดือนจะให้สีแข่งที่คัดเลือกไม่ตรงกับสีแข่งที่พัฒนาเต็มที่ ควรทำการคัดเลือกที่อายุ 5 เดือน และต้องได้รับแคโรทีนน้อยคี่ที่เพียงพอในอาหาร

### ข้อเสนอแนะ

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบพันธุกรรมควบคุมสีขนของไก่เหลืองหางขาวสามารถใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกได้ แต่ภายในฝูงทดสอบยังมีลักษณะ **wild-type** ของไก่ป่าแฝงอยู่ และพ่อแม่พันธุ์บางส่วนที่ไม่สามารถระบุยีนโทป์ของไก่เป็นรายตัวได้ ควรดำเนินการผสมทดสอบ (**testcross**) หรือผสมกลับ (**backcross**) เพื่อให้ทราบยีนโทป์ของไก่ที่เหลืองและสามารถยืนยันความถูกต้องของยีนโทป์สีขนที่ได้ ซึ่งจะเป็นข้อมูลในการคัดเลือกลักษณะ **wild-type** ที่ไม่ต้องการให้หมดไปจากฝูง ในการวิจัยครั้งนี้ทำในไก่เหลืองหางขาวเพียงบางส่วนควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อได้ข้อมูลยีนโทป์ของไก่ทั้งฝูง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการอนุรักษ์ไก่เหลืองหางขาวโดยที่ยังคงความแปรปรวนทางพันธุกรรมไว้

ผลการผสมทดสอบสีแข้งที่ให้อัตราส่วนสีแข้งไม่เป็นไปตามสมมุติฐาน ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยการผสมทดสอบย้อนแฝงด้วยไก่พันธุ์อื่น เพื่อดูการกระจายของสีแข้งในรุ่นลูก หรือตรวจสอบย้อนแฝงด้วยเครื่องหมายทางพันธุกรรม (**molecular genetic marker**) เพื่อเป็นข้อมูลในการคัดเลือกสีแข้งไก่เหลืองหางขาวต่อไป

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์. 2546. ลักษณะและมาตรฐานไก่พื้นเมืองไทย. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

เกรียงไกร โชประการ, วัชรพงษ์ วัฒนกุล, กิตติ วงศ์วิเศษฐ และ วรพงษ์ สุริยจันทร์ธาทอง. 2543. ไก่พื้นเมืองและไก่ลูกผสมพื้นเมือง: อดีตและปัจจุบัน. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

ธงชัย สาระกุล. 2543. ไก่ป่าเมืองไทย. สี่แควการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

พน นิลผึ้ง. 2543. อุดมทัศนียุ่ไก่ชนไทย. สำนักพิมพ์เอส พลัส (1999) จำกัด, กรุงเทพฯ.

ศิริลักษณ์ พรสุขศิริ. ม.ป.ป. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาพันธุกรรมและการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ปีก. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. (อัดสำเนา)

สมาคมอนุรักษ์และพัฒนาไก่พื้นเมืองไทย. 2541. อุดมทัศนียุ่ไก่ไทย. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.

สมชัย จันทร์สว่าง. 2530. การปรับปรุงพันธุ์สัตว์. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วีระเดช พระยาศิริพงศ์. 2543. ไก่ชนยุคโลกาภิวัตน์. ห้างหุ้นส่วนจำกัด กรีนฟอยท์โปรดักท์ (1999), กรุงเทพฯ.

อภิชัย รัตนวราหะ. 2534. ไก่พื้นเมืองในระดับไร่นาสวนผสม. สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้, เชียงใหม่.

อรวรรณ ชินราศรี. 2547. เทคโนโลยีการผลิตสัตว์ปีก. ห้างหุ้นส่วนจำกัด อภิชาติการพิมพ์, มหาสารคาม.

อุดมศรี อินทรโชติ. 2548. โครงการวิจัยการสร้างฝูงไก่พื้นเมืองไทยจำนวน 4 พันธุ์, น. 1-7. ใน การประชุมรายงานความก้าวหน้าชุดโครงการ: การพัฒนาไก่พื้นเมือง ครั้งที่ 2 สำนักงาน ประสานงานชุดโครงการ: การพัฒนาไก่พื้นเมือง. อุบลราชธานี.

American standard of perfection. 1966. The American Standard of Perfection. The American Poultry Association, Inc., Great Falls, Montana.

Asmundson, V.S. and H.L. Milne. 1930. Inheritance of plumage and skin color in the Ancona. *Sci. Agric.* 10: 293-304.

Bowling, A.T. and A. Ruvinsky. 2000. The Genetics of the Horse. CABI Publishing Company, New York.

Brumbaugh, J.A. 1968. Ultrastructural differences between forming eumelanin and pheomelanin as revealed by the pink-eye mutation in the fowl. *Devel. Biol.* 18: 375-390.

Campo, J.L. and C. Alvarez. 1988. Genetics of the black-tailed red plumage pattern in Villafranca chickens. *Poult. Sci.* 67: 351-356.

Hays, F.A. and G.T. Klein. 1943. Poultry Breeding Applied. Watt Publishing Company Mount Morris, Illinois.

Hutt, F.B. 1949. Genetic of the Fowl. McGraw-Hill Book Co, New York.

Jaap, R.G. and W.F. Hollander. 1954. Wild type as standard in poultry genetics. *Poult. Sci.* 33: 94-100.

Jull, M.A. 1940. Poultry Breeding 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., London.

- Kimball, E. 1952. Genetics relation of extended black to wild-type plumage patterns in the fowl. *Poult. Sci.* 31: 73-79.
- \_\_\_\_\_. 1953. Genetics of buttercup plumage patterns in the fowl. *Poult. Sci.* 32: 683-692.
- \_\_\_\_\_. 1960. Genetics of wheaten plumage in the fowl. *Poult. Sci.* 39: 768-774.
- Ling MK., MC. Langerstrom, R. Fredriksson, R. Okimoto, N.I. Mundy, S. Takeuchi and H.S. Schioth. 2003. Association of feather colour with constitutively active melanocortin 1 receptors in chicken. *Eur. J. Biochem.* 270: 1441-1449.
- Majjala K. 1991. Genetic Resources of Pig, Sheep and Goat. Elsevier Science Publishing Company, New York.
- Morejohn, G.V. 1955. Plumage color allelism in the Red Jungle fowl (*Gallus Gallus*) and related domestic forms. *Genetics* 40: 519-530.
- Ruvinsky, A. and J. Sampson. 2001. The Genetics of the Dog. CABI Publishing Company, New York.
- Searle, A.G. 1968. Comparative Genetics of Coat Color in Mammals. Academic Press, New York.
- Smyth Jr., J.R. 1990a. Genetics of plumage, skin and eye pigmentation in chickens, pp. 109-167. *In* R. D. Crawford, ed. Poultry Breeding and Genetic. Elsevier Science Publishing Company, New York.
- \_\_\_\_\_. 1990b. Genetics of plumage, skin and eye pigmentation in chickens, pp. 109-167. *In* R. D. Crawford, ed. Poultry Breeding and Genetic. Elsevier Science Publishing Company, New York. *Cited* A.M. Lucas. and P.R. Stettenheim. 1972. Avian Anatomy: Integument Part II. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

- \_\_\_\_\_. 1990c. Genetics of plumage, skin and eye pigmentation in chickens, pp. 109-167. *In* R. D. Crawford, ed. *Poultry Breeding and Genetic*. Elsevier Science Publishing Company, New York. *Cited* H.R. Barrow. 1914. The histological basis of the different shank colors in the domestic fowl. *Maine Agric. Exp. Sta. Bull.* 232.
- \_\_\_\_\_. 1990d. Genetics of plumage, skin and eye pigmentation in chickens, pp. 109-167. *In* R. D. Crawford, ed. *Poultry Breeding and Genetic*. Elsevier Science Publishing Company, New York. *Cited* J.A. Brumbaugh. 1971. The ultrastructural effects of the I and S loci upon black-red melanin differentiation in the fowl. *Devel. Biol.* 24: 392-412.
- \_\_\_\_\_. 1990e. Genetics of plumage, skin and eye pigmentation in chickens, pp. 109-167. *In* R. D. Crawford, ed. *Poultry Breeding and Genetic*. Elsevier Science Publishing Company, New York. *Cited* L.C. Dunn. 1925. The genetic relationship of some shank color of the domestic fowl. *Anat Rec.* 31: 343-344.
- \_\_\_\_\_. 1990f. Genetics of plumage, skin and eye pigmentation in chickens, pp. 109-167. *In* R. D. Crawford, ed. *Poultry Breeding and Genetic*. Elsevier Science Publishing Company, New York. *Cited* W.C. Carefoot. 1981. Notes on the "wheaten" plumage phenotype of the domestic fowl. *Brit Poult. Sci.* 22: 499-502.
- \_\_\_\_\_, H.L. Classen, G.W. Molane and J.W. Moore. 1980. Genetic of the buttercup plumage pattern. *Poult. Sci.* 59: 2373-2378.
- Some, R.G. 1980. The mottling gene, the basic of six plumage color pattern in the domestic fowl. *Poult. Sci.* 59: 1370-1374.
- Vincent, J. H. 2005. Biogenesis of pigment granules: a sensitive way to regulate melanocyte function. *Dermato. Sci.* 37: 3-14.

White, R. F. and H. L. Eastlick 1953. The development of melanophores in the down feathers and skin of the silkie fowl. *Poult. Sci.* 32: 235-247.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การทดสอบไคสแควร์ของยีน **mottling** ที่ควบคุมลักษณะปลายขนขาวในกลุ่มผสมพันธุ์ **M1 x F1** (กลุ่มที่ 1)

กำหนดสมมติฐาน

$H_0$ : อัตราส่วนลูกไก่ไม่มีปลายขนขาวต่อลูกไก่มีปลายขนขาว เท่ากับ **1:0**

$H_a$ : อัตราส่วนลูกไก่ไม่มีปลายขนขาวต่อลูกไก่มีปลายขนขาว ไม่เท่ากับ **1:0**

คำนวณค่าสถิติ (ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$ )

ลักษณะ	Observed (O) <sup>1/</sup>	Expected (E) <sup>2/</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E	Ratio
ไม่มีปลายขนขาว	49	49	0.00	1
มีปลายขนขาว	0	0	0.00	0
<b>Total</b>	49	49	0.00	

หมายเหตุ <sup>1/</sup> สัญลักษณ์ **O** คือ ค่าที่ได้จากการสังเกต

<sup>2/</sup> สัญลักษณ์ **E** คือ ค่าคาดหวัง

ค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ **0.00** ซึ่งน้อยกว่าค่าไคสแควร์ตาราง **df = 1** ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (**0.05**) มีค่าเท่ากับ **3.84** จึงยอมรับสมมติฐาน  $H_0$  และปฏิเสธสมมติฐาน  $H_a$

ตารางผนวกที่ 2 การทดสอบไคสแควร์ของยีน **mottling** ที่ควบคุมลักษณะปลายขนขาวในกลุ่มผสมพันธุ์ **M1 x F1** (กลุ่มที่ 2)

กำหนดสมมติฐาน

$H_0$ : อัตราส่วนลูกไก่ไม่มีปลายขนขาวต่อลูกไก่มีปลายขนขาว เท่ากับ **3:1**

$H_a$ : อัตราส่วนลูกไก่ไม่มีปลายขนขาวต่อลูกไก่มีปลายขนขาว ไม่เท่ากับ **3:1**

คำนวณค่าสถิติ

ลักษณะ	Observed (O) <sup>1/</sup>	Expected (E) <sup>2/</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E	Ratio
ไม่มีปลายขนขาว	137	147	0.68	3
มีปลายขนขาว	59	49	2.04	1
<b>Total</b>	<b>196</b>	<b>196</b>	<b>2.72</b>	

หมายเหตุ <sup>1/</sup> สัญลักษณ์ **O** คือ ค่าที่ได้จากการสังเกต

<sup>2/</sup> สัญลักษณ์ **E** คือ ค่าคาดหวัง

ค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ **2.72** ซึ่งน้อยกว่าค่าไคสแควร์ตาราง **df = 1** ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (**0.05**) มีค่าเท่ากับ **3.84** จึงยอมรับสมมติฐาน **H<sub>0</sub>** และปฏิเสธสมมติฐาน **H<sub>a</sub>**

ตารางผนวกที่ **3** การทดสอบไคสแควร์ของยีน **mottling** ที่ควบคุมลักษณะปลายขนขาวในกลุ่มผสมพันธุ์ **M1 x F2**

กำหนดสมมติฐาน

**H<sub>0</sub>**: อัตราส่วนลูกไก่ไม่มีปลายขนขาวต่อลูกไก่มีปลายขนขาว เท่ากับ **1:1**

**H<sub>a</sub>**: อัตราส่วนลูกไก่ไม่มีปลายขนขาวต่อลูกไก่มีปลายขนขาว ไม่เท่ากับ **1:1**

คำนวณค่าสถิติ

ลักษณะ	Observed (O) <sup>1/</sup>	Expected (E) <sup>2/</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E	Ratio
ไม่มีปลายขนขาว	128	123	0.20	1
มีปลายขนขาว	118	123	0.20	1
<b>Total</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>0.40</b>	

หมายเหตุ <sup>1/</sup> สัญลักษณ์ **O** คือ ค่าที่ได้จากการสังเกต

<sup>2/</sup> สัญลักษณ์ **E** คือ ค่าคาดหวัง

ค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ **0.40** ซึ่งน้อยกว่าค่าไคสแควร์ตาราง **df = 1** ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (**0.05**) มีค่าเท่ากับ **3.84** จึงยอมรับสมมติฐาน  $H_0$  และปฏิเสธสมมติฐาน  $H_a$

**ตารางผนวกที่ 4** การทดสอบไคสแควร์ของยีน **mottling** ที่ควบคุมลักษณะปลายขนขาวในกลุ่มผสมพันธุ์ **M1 x F3**

กำหนดสมมติฐาน

$H_0$ : อัตราส่วนลูกไก่ไม่มีปลายขนขาวต่อลูกไก่มีปลายขนขาว เท่ากับ **3:1**

$H_a$ : อัตราส่วนลูกไก่ไม่มีปลายขนขาวต่อลูกไก่มีปลายขนขาว ไม่เท่ากับ **3:1**

คำนวณค่าสถิติ

ลักษณะ	Observed (O) <sup>1/</sup>	Expected (E) <sup>2/</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E	Ratio
ไม่มีปลายขนขาว	63	62.25	0.01	3
มีปลายขนขาว	20	20.75	0.03	1
<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>83</b>	<b>0.04</b>	

หมายเหตุ <sup>1/</sup> สัญลักษณ์ **O** คือ ค่าที่ได้จากการสังเกต

<sup>2/</sup> สัญลักษณ์ **E** คือ ค่าคาดหวัง

ค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ **0.04** ซึ่งน้อยกว่าค่าไคสแควร์ตาราง **df = 1** ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (**0.05**) มีค่าเท่ากับ **3.84** จึงยอมรับสมมติฐาน  $H_0$  และปฏิเสธสมมติฐาน  $H_a$

**ตารางผนวกที่ 5** การทดสอบไคสแควร์ของยีน **mottling** ที่ควบคุมลักษณะปลายขนขาวในกลุ่มผสมพันธุ์ **M2 x F1**

กำหนดสมมติฐาน

$H_0$ : อัตราส่วนลูกไก่ไม่มีปลายขนขาวต่อลูกไก่มีปลายขนขาว เท่ากับ **1:1**

$H_a$ : อัตราส่วนลูกไก่ไม่มีปลายขนขาวต่อลูกไก่มีปลายขนขาว ไม่เท่ากับ **1:1**

คำนวณค่าสถิติ

ลักษณะ	Observed (O) <sup>1/</sup>	Expected (E) <sup>2/</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E	Ratio
ไม่มีปลายขนขาว	150	138	1.04	1
มีปลายขนขาว	126	138	1.04	1
<b>Total</b>	<b>276</b>	<b>276</b>	<b>2.08</b>	

หมายเหตุ <sup>1/</sup> สัญลักษณ์ **O** คือ ค่าที่ได้จากการสังเกต

<sup>2/</sup> สัญลักษณ์ **E** คือ ค่าคาดหวัง

ค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ **2.08** ซึ่งน้อยกว่าค่าไคสแควร์ตาราง **df = 1** ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (**0.05**) มีค่าเท่ากับ **3.84** จึงยอมรับสมมติฐาน **H<sub>0</sub>** และปฏิเสธสมมติฐาน **H<sub>a</sub>**

ตารางผนวกที่ 6 การทดสอบไคสแควร์ของยีน **mottling** ที่ควบคุมลักษณะปลายขนขาวในกลุ่มผสมพันธุ์ **M<sub>2</sub> x F<sub>2</sub>**

กำหนดสมมติฐาน

**H<sub>0</sub>**: อัตราส่วนลูกไก่ไม่มีปลายขนขาวต่อลูกไก่มีปลายขนขาว เท่ากับ **0:1**

**H<sub>a</sub>**: อัตราส่วนลูกไก่ไม่มีปลายขนขาวต่อลูกไก่มีปลายขนขาว ไม่เท่ากับ **0:1**

คำนวณค่าสถิติ

ลักษณะ	Observed (O) <sup>1/</sup>	Expected (E) <sup>2/</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E	Ratio
ไม่มีปลายขนขาว	0	0	0.00	0
มีปลายขนขาว	123	123	0.00	1
<b>Total</b>	<b>123</b>	<b>123</b>	<b>0.00</b>	

หมายเหตุ <sup>1/</sup> สัญลักษณ์ **O** คือ ค่าที่ได้จากการสังเกต

<sup>2/</sup> สัญลักษณ์ **E** คือ ค่าคาดหวัง

ค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ **0.00** ซึ่งน้อยกว่าค่าไคสแควร์ตาราง **df = 1** ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (**0.05**) มีค่าเท่ากับ **3.84** จึงยอมรับสมมติฐาน  $H_0$  และปฏิเสธสมมติฐาน  $H_a$

ตารางผนวกที่ 7 การทดสอบไคสแควร์ของยีน **mottling** ที่ควบคุมลักษณะปลายขนขาวในกลุ่มผสมพันธุ์ **M2 x F3**

กำหนดสมมติฐาน

$H_0$ : อัตราส่วนลูกไก่ไม่มีปลายขนขาวต่อลูกไก่มีปลายขนขาว เท่ากับ **1:1**

$H_a$ : อัตราส่วนลูกไก่ไม่มีปลายขนขาวต่อลูกไก่มีปลายขนขาว ไม่เท่ากับ **1:1**

คำนวณค่าสถิติ

ลักษณะ	Observed (O) <sup>1/</sup>	Expected (E) <sup>2/</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E	Ratio
ไม่มีปลายขนขาว	41	44.5	0.28	1
มีปลายขนขาว	48	44.5	0.28	1
<b>Total</b>	<b>89</b>	<b>89</b>	<b>0.56</b>	

หมายเหตุ <sup>1/</sup> สัญลักษณ์ **O** คือ ค่าที่ได้จากการสังเกต

<sup>2/</sup> สัญลักษณ์ **E** คือ ค่าคาดหวัง

ค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ **0.56** ซึ่งน้อยกว่าค่าไคสแควร์ตาราง **df = 1** ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (**0.05**) มีค่าเท่ากับ **3.84** จึงยอมรับสมมติฐาน  $H_0$  และปฏิเสธสมมติฐาน  $H_a$

ตารางผนวกที่ 8 เปรียบเทียบจำนวนสี่แข้งไก่แรกเกิดจำแนกตามเพศและเบอร์ฟอ์พันธุ์

เบอร์ฟอ์ พันธุ์	เพศผู้						เพศเมีย						รวม	จำนวน ลักษณะ
	W <sup>1/</sup>	WD	WB	Y	YD	YB	W	WD	WB	Y	YD	YB		
A255	1	1	2	5	1	8	-	1	4	3	-	4	30	10
A588	1	-	-	3	-	3	1	-	1	3	-	3	15	7
A954	3	-	-	10	-	-	2	-	2	9	-	-	26	5
A966	2	-	1	6	-	8	3	-	6	6	-	14	46	8
F1003	1	-	1	7	-	-	2	-	-	8	-	-	19	5
F1269	8	-	2	6	-	3	8	-	1	7	-	2	37	8
F1408	2	1	-	5	-	1	1	-	1	6	-	-	17	7
F1653	2	-	1	3	-	1	5	-	-	2	-	-	14	6
F1745	3	-	-	16	1	7	3	-	1	8	-	4	43	8
F1775	2	-	1	6	-	1	1	-	2	1	-	-	14	7
F2436	4	-	-	8	-	1	4	1	-	7	-	3	28	7
F2768	2	1	4	5	-	2	3	-	2	5	-	2	26	9
Y520	-	-	1	13	-	1	-	1	-	6	-	2	24	6
A902	2	-	-	3	1	-	4	-	-	8	-	1	19	6
A994	-	-	4	7	-	7	1	-	5	9	-	3	36	7
F0579	1	-	-	10	-	3	-	-	-	5	-	3	22	5
F0689	-	-	-	3	1	-	1	-	-	4	-	3	12	5

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

เบอร์พ่อบ้าน	เพศผู้						เพศเมีย						รวม	จำนวน ลักษณะ
	W <sup>1/</sup>	WD	WB	Y	YD	YB	W	WD	WB	Y	YD	YB		
F1076	5	-	-	4	-	-	3	-	-	1	-	1	14	5
F1439	1	-	1	18	-	1	7	-	-	8	-	3	39	7
F1665	4	-	3	2	-	2	5	1	5	2	-	6	30	9
F1795	2	1	6	6	-	2	7	-	3	4	-	-	31	8
F2071	4	-	7	-	-	12	5	-	11	2	-	6	47	7
F2265	1	-	4	5	-	11	3	-	7	1	-	3	35	8
F2519	5	-	1	10	-	-	7	-	5	7	1	3	39	8
F2788	6	-	1	8	-	-	2	-	-	5	-	-	22	5
A203	5	-	2	1	-	4	4	-	-	3	-	5	24	7
A321	1	-	-	16	-	5	2	-	3	5	-	1	33	7
F1357	3	-	-	3	-	-	2	-	2	3	-	-	13	5
F1640	1	-	1	13	-	5	6	-	-	15	-	5	46	7
F2443	1	-	3	6	-	10	3	-	3	6	-	7	39	8
จำนวนทั้งหมด	73	4	46	208	4	98	95	4	64	159	1	84	840	

หมายเหตุ <sup>1/</sup> สัญลักษณ์ W=สีขาว, WD= สีขาวปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อย, WB=สีดำปนขาว, Y=สีเหลือง, YD=สีเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อย และ YB=ดำปนเหลือง

ตารางผนวกที่ 9 เปรียบเทียบจำนวนสี่แข้งใกว่าอายุ 2 เดือนจำแนกตามเพศและเบอร์ฟอพันธุ์

เบอร์ฟอ พันธุ์	เพศผู้						เพศเมีย						รวม	จำนวน ลักษณะ
	W <sup>1/</sup>	WD	WB	Y	YD	YB	W	WD	WB	Y	YD	YB		
A255	-	-	-	11	6	1	-	-	-	-	4	8	30	5
A588	-	-	-	3	2	2	-	-	-	4	1	3	15	6
A954	-	-	-	7	5	1	-	-	-	2	1	10	26	6
A966	-	-	-	9	6	2	-	1	-	2	7	19	46	7
F1003	-	-	-	2	7	-	-	-	1	-	4	5	19	5
F1269	-	-	-	14	5	-	-	-	-	1	7	10	37	5
F1408	-	-	-	8	1	-	-	-	-	7	-	1	17	4
F1653	-	-	-	2	4	1	-	-	-	-	6	1	14	5
F1745	-	2	-	11	13	1	-	-	3	2	6	5	43	8
F1775	-	-	-	1	6	3	-	-	-	-	-	4	14	4
F2436	-	-	-	6	5	2	-	-	1	1	7	6	28	7
F2768	-	-	-	11	3	-	-	-	1	5	6	-	26	5
Y520	-	-	-	12	3	-	-	-	-	1	3	5	24	5
A902	-	1	-	1	4	-	-	-	-	-	2	11	19	5
A994	-	-	-	12	6	-	-	-	-	2	9	7	36	5
F0579	-	-	-	9	3	2	-	-	-	2	2	4	22	6
F0689	-	-	-	3	1	-	-	-	1	1	4	2	12	6

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

เบอร์พ่อบ้าน	เพศผู้						เพศเมีย						รวม	จำนวน ลักษณะ
	W <sup>1/</sup>	WD	WB	Y	YD	YB	W	WD	WB	Y	YD	YB		
F1076	-	1	-	1	5	2	-	-	-	-	1	4	14	6
F1439	-	-	-	7	10	4	-	-	-	2	3	13	39	6
F1665	-	-	1	5	1	4	-	-	-	3	2	14	30	7
F1795	-	-	1	6	4	6	-	-	3	1	4	6	31	8
F2071	-	-	-	8	12	3	-	-	2	3	9	10	47	7
F2265	1	1	1	2	12	4	-	-	1	-	-	13	35	8
F2519	-	-	-	10	2	4	-	-	-	-	2	21	39	5
F2788	-	-	-	9	6	-	-	-	-	1	2	4	22	5
A203	-	1	-	4	4	3	-	2	2	-	3	5	24	8
A321	-	-	-	12	8	2	-	-	-	2	3	6	33	6
F1357	-	-	-	3	3	-	-	-	-	-	3	4	13	4
F1640	-	-	-	13	5	2	-	-	-	5	9	12	46	6
F2443	-	1	1	4	11	3	-	-	4	2	2	11	39	9
จำนวนทั้งหมด	1	7	4	206	163	52	0	3	19	49	112	224	840	

หมายเหตุ <sup>1/</sup> สัญลักษณ์ W=สีขาว, WD= สีขาวปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อย, WB=สีดำปนขาว, Y=สีเหลือง, YD=สีเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อย และ YB=ดำปนเหลือง

ตารางผนวกที่ 10 เปรียบเทียบจำนวนสีแห้งใก่อายุ 5 เดือนจำแนกตามเพศและเบอร์พ้อพันธุ์

เบอร์ พ้อพันธุ์	เพศผู้			เพศเมีย			รวม	จำนวน ลักษณะ
	Y <sup>1/2</sup>	YD	YB	Y	YD	YB		
A255	13	5	-	-	4	8	30	4
A588	4	3	-	-	3	5	15	4
A954	7	6	-	1	-	12	26	4
A966	12	5	-	-	9	20	46	4
F1003	6	3	-	-	1	9	19	4
F1269	18	1	-	-	8	10	37	4
F1408	9	-	-	1	6	1	17	4
F1653	1	6	-	-	4	3	14	4
F1745	14	13	-	-	7	9	43	4
F1775	6	2	2	-	-	4	14	4
F2436	4	9	-	-	5	10	28	4
F2768	11	3	-	-	11	1	26	4
Y520	13	2	-	-	4	5	24	4
A902	3	2	1	-	1	12	19	5
A994	15	3	-	1	5	12	36	5
F0579	11	2	1	-	3	5	22	5
F0689	2	2	-	1	3	4	12	5
F1076	5	3	1	-	2	3	14	5
F1439	10	9	2	-	6	12	39	5
F1665	7	4	-	2	7	10	30	5
F1795	6	9	2	-	4	10	31	5
F2071	22	1	-	2	13	9	47	5
F2265	9	10	2	-	2	12	35	5
F2519	5	7	4	-	3	20	39	5
F2788	8	7	-	1	2	4	22	5
A203	7	4	1	1	2	9	24	6
A321	10	11	1	1	3	7	33	6

## ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ)

เบอร์ พ้อพันธุ์	เพศผู้			เพศเมีย			รวม	จำนวน ลักษณะ
	Y <sup>1/</sup>	YD	YB	Y	YD	YB		
F1357	2	3	1	1	2	4	13	6
F1640	13	6	1	1	9	16	46	6
F2443	3	14	3	1	2	16	39	6
จำนวน ทั้งหมด	256	155	22	14	131	262	840	

หมายเหตุ <sup>1/</sup> สัญลักษณ์ Y=สีเหลือง, YD=สีเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อย และ YB=ดำปนเหลือง

ตารางผนวกที่ 11 การทดสอบไคสแควร์ของยีนควบคุมสีแข็งตามพ่อพันธุ์กลุ่ม G1 ที่มีสีแข็ง  
แตกต่างกันเพียง 4 สี

กำหนดสมมติฐาน

$H_0$ : อัตราส่วนลูกไก่มี แข็งเหลืองเพศผู้ (Y) : แข็งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อย  
เพศผู้ (YD) : แข็งดำปนเหลืองเพศผู้ (YB) : แข็งเหลืองเพศเมีย (Y) : แข็งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำ  
ชั้นนอกเล็กน้อยเพศเมีย (YD) : แข็งดำปนเหลืองเพศเมีย (YB) เท่ากับ 1:1:2:1:2

$H_a$ : อัตราส่วนลูกไก่มี แข็งเหลืองเพศผู้ (Y) : แข็งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อย  
เพศผู้ (YD) : แข็งดำปนเหลืองเพศผู้ (YB) : แข็งเหลืองเพศเมีย (Y) : แข็งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำ  
ชั้นนอกเล็กน้อยเพศเมีย (YD) : แข็งดำปนเหลืองเพศเมีย (YB) ไม่เท่ากับ 1:1:2:1:2

คำนวณค่าสถิติ (ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.01$ )

ลักษณะ		Observed (O) <sup>1/</sup>	Expected (E) <sup>2/</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E	Ratio
Male	Y	118	42.38	134.96	1
	YD	58	42.38	5.76	1
	YB	2	84.75	80.80	2
Female	Y	2	42.38	38.47	1
	YD	62	42.38	9.09	1
	YB	97	84.75	1.77	2
Total		339	339	270.85	

หมายเหตุ <sup>1/</sup> สัญลักษณ์ O คือ ค่าที่ได้จากการสังเกต

<sup>2/</sup> สัญลักษณ์ E คือ ค่าคาดหวัง

ค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 270.85 ซึ่งมากกว่าค่าไคสแควร์ตาราง  $df = 5$  ที่ระดับ  
นัยสำคัญทางสถิติ (0.01) มีค่าเท่ากับ 15.09 จึงปฏิเสธสมมติฐาน  $H_0$  และยอมรับสมมติฐาน  $H_a$

ตารางผนวกที่ 12 การทดสอบไคสแควร์ของยีนควบคุมสีแข็งตามพ่อพันธุ์กลุ่ม G2 ที่มีสีแข็ง  
แตกต่างกันเพียง 5 สี

กำหนดสมมติฐาน

$H_0$ : อัตราส่วนลูกไก่มี แข็งเหลืองเพศผู้ (Y) : แข็งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อย  
เพศผู้ (YD) : แข็งดำปนเหลืองเพศผู้ (YB) : แข็งเหลืองเพศเมีย (Y) : แข็งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำ  
ชั้นนอกเล็กน้อยเพศเมีย (YD) : แข็งดำปนเหลืองเพศเมีย (YB) เท่ากับ 1:1:2:1:2

$H_a$ : อัตราส่วนลูกไก่มี แข็งเหลืองเพศผู้ (Y) : แข็งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อย  
เพศผู้ (YD) : แข็งดำปนเหลืองเพศผู้ (YB) : แข็งเหลืองเพศเมีย (Y) : แข็งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำ  
ชั้นนอกเล็กน้อยเพศเมีย (YD) : แข็งดำปนเหลืองเพศเมีย (YB) ไม่เท่ากับ 1:1:2:1:2

คำนวณค่าสถิติ (ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.01$ )

ลักษณะ		Observed (O) <sup>1/</sup>	Expected (E) <sup>2/</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E	Ratio
Male	Y	103	43.25	82.54	1
	YD	59	43.25	5.74	1
	YB	13	86.50	62.45	2
Female	Y	7	43.25	30.38	1
	YD	51	43.25	1.39	1
	YB	113	86.50	8.12	2
Total		346	346	190.62	

หมายเหตุ <sup>1/</sup> สัญลักษณ์ O คือ ค่าที่ได้จากการสังเกต

<sup>2/</sup> สัญลักษณ์ E คือ ค่าคาดหวัง

ค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 190.62 ซึ่งมากกว่าค่าไคสแควร์ตาราง  $df = 5$  ที่ระดับ  
นัยสำคัญทางสถิติ (0.01) มีค่าเท่ากับ 15.09 จึงปฏิเสธสมมติฐาน  $H_0$  และยอมรับสมมติฐาน  $H_a$

ตารางผนวกที่ 13 การทดสอบไคสแควร์ของยีนควบคุมสีแข็งตามพ่อพันธุ์กลุ่ม G3 ที่มีสีแข็ง  
แตกต่างกันครบทั้ง 6 สี

กำหนดสมมติฐาน

$H_0$ : อัตราส่วนลูกไก่มี แข็งเหลืองเพศผู้ (Y) : แข็งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อย  
เพศผู้ (YD) : แข็งดำปนเหลืองเพศผู้ (YB) : แข็งเหลืองเพศเมีย (Y) : แข็งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำ  
ชั้นนอกเล็กน้อยเพศเมีย (YD) : แข็งดำปนเหลืองเพศเมีย (YB) เท่ากับ 1:1:2:1:2

$H_a$ : อัตราส่วนลูกไก่มี แข็งเหลืองเพศผู้ (Y) : แข็งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำชั้นนอกเล็กน้อย  
เพศผู้ (YD) : แข็งดำปนเหลืองเพศผู้ (YB) : แข็งเหลืองเพศเมีย (Y) : แข็งเหลืองปนผิวน้ำตาลดำ  
ชั้นนอกเล็กน้อยเพศเมีย (YD) : แข็งดำปนเหลืองเพศเมีย (YB) ไม่เท่ากับ 1:1:2:1:2

คำนวณค่าสถิติ (ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.01$ )

ลักษณะ		Observed (O) <sup>1/</sup>	Expected (E) <sup>2/</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E	Ratio
Male	Y	35	19.38	12.60	1
	YD	38	19.38	17.90	1
	YB	7	38.75	26.01	2
Female	Y	5	19.38	10.67	1
	YD	18	19.38	0.10	1
	YB	52	38.75	4.53	2
Total		155	155	71.81	

หมายเหตุ <sup>1/</sup> สัญลักษณ์ O คือ ค่าที่ได้จากการสังเกต

<sup>2/</sup> สัญลักษณ์ E คือ ค่าคาดหวัง

ค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 71.81 ซึ่งมากกว่าค่าไคสแควร์ตาราง  $df = 5$  ที่ระดับ  
นัยสำคัญทางสถิติ (0.01) มีค่าเท่ากับ 15.09 จึงปฏิเสธสมมติฐาน  $H_0$  และยอมรับสมมติฐาน  $H_a$

**ประวัติการศึกษา และการทำงาน**

ชื่อ -นามสกุล

นายอาทิตย์ ใหญ่ลา

วัน เดือน ปี ที่เกิด

**26** กันยายน **2525**

สถานที่เกิด

จังหวัดจันทบุรี

ประวัติการศึกษา

วท.บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. **2548**