ผลของอุณหภูมิตู้ฟักต่อการกำหนดเพศผู้ในไก่โคราช

นางสาวชนกนันท์ คำอุ่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2565

EFFECT OF EGG INCUBATOR TEMPERATURE ON MALE SEX DETERMINATION IN KORAT CHICKENS

CHANOKNAN KHAMOUN

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Animal Production Technology
Suranaree University of Technology
Academic Year 2022

ผลของอุณหภูมิตู้ฟักต่อการกำหนดเพศผู้ในไก่โคราช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รศ. น.สพ. ดร. วรพล เองวานิช)
ประธานกรรมการ

(ผศ. น.สพ. ดร. ภคนิจ คุปพิทยานันท์)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษา)

(รศ. ดร. อมรรัตน์ โมฬี)
กรรมการ

(รศ. ดร. สุทิศา เข็มผะกา)
กรรมการ

(ผศ. ดร. วิทธวัช โมฬี)
กรรมการ

(รศ. ดร. ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพ

(ศ. ดร. หนึ่ง เตียอำรุง)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชนกนันท์ คำอุ่น : ผลของอุณหภูมิตู้ฟักต่อการกำหนดเพศผู้ในไก่โคราช (EFFECT OF EGG INCUBATOR TEMPERATURE ON MALE SEX DETERMINATION IN KORAT CHICKENS) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.ภคนิจ คุปพิทยานันท์, 73 หน้า.

คำสำคัญ: อุณหภูมิ/ฟักไข่/การแปลงเพศ/ไก่โคราช/โครโมโซมเพศเมีย

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิในการฟักไข่ต่อการกำหนดเพศในไก่โคราช โดยใช้อุณหภูมิการฟักตลอดช่วง หรือการใช้อุณหภูมิการฟักบางช่วง และการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมียด้วยเทคนิคปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส เพื่อยืนยันการเปลี่ยนเพศ รวมไปถึงศึกษาถึงโครงสร้างทางจุลกายวิภาคของระบบสืบพันธุ์ในไก่โคราชที่เปลี่ยนเพศโดยอุณหภูมิ โดยการนำไข่ไก่โคราชจำนวน 600 ฟอง แบ่งเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 5 ซ้ำๆ ละ 20 ฟอง (อุณหภูมิการฟักตลอดช่วงและอุณหภูมิการฟักบางช่วง) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ได้แก่ กลุ่มที่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่ามาตรฐานในการฟัก (36.0 องศาเซลเซียส) กลุ่มที่ใช้อุณหภูมิมาตรฐานในการฟัก (37.7 องศาเซลเซียส) (กลุ่มควบคุม) และกลุ่มที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐานในการฟัก (38.0 องศาเซลเซียส) ซึ่งจะศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการแปลงเพศ โดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ให้ตลอดระยะเวลาการฟัก และศึกษาผลของอุณหภูมิที่เพิ่มหรือลดจากอุณหภูมิมาตรฐานในวันที่ 3-6 ของการฟัก ซึ่งผลพบว่าเมื่อฟักไข่ที่อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ไม่ว่าจะตลอดช่วงหรือบางช่วง ไม่ทำให้อัตราการฟักและอัตราการตายแตกต่างจากการฟักที่อุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ($P>0.05$) แต่เมื่อฟักไข่ที่อุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วง ส่งผลให้มีอัตราการฟักออกต่ำกว่ากลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ($P<0.05$) อีกทั้งยังพบว่าการฟักไข่ด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ทั้งตลอดช่วงและบางช่วงมีผลทำให้ไก่สามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระบบสืบพันธุ์จากเพศเมียเป็นเพศผู้ได้ จากการตรวจพบโครโมโซมเพศเมียแต่มีลูกอัณฑะ คิดเป็นร้อยละ 9.7 และ 5.9 ตามลำดับ และเมื่อฟักไข่ด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วงมีผลทำให้ไก่สามารถเปลี่ยนโครงสร้างระบบสืบพันธุ์จากเพศผู้เป็นเพศเมียได้ จากการตรวจไม่พบโครโมโซมเพศเมียแต่มีรังไข่ คิดเป็นร้อยละ 19.4 จากผลการศึกษาในครั้งนี้ทำให้มั่นใจได้ว่า อุณหภูมิมีผลทำให้เปลี่ยนเพศในไก่ได้ โดยมีผลจากการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมีย และการตรวจทางพยาธิวิทยาของรังไข่และอัณฑะจากไก่โคราชที่เปลี่ยนเพศมายืนยัน ถือเป็นการพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นครั้งแรกในไก่เนื้อว่า อุณหภูมิมีผลสามารถทำให้แปลงเพศได้

สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ ลายมือชื่อนักศึกษา ชนกนันท์ คำอุ่น

ปีการศึกษา 2565 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

CHANOKNAN KHAMOUN : EFFECT OF EGG INCUBATOR TEMPERATURE ON MALE SEX DETERMINATION IN KORAT CHICKENS. THESIS ADVISOR :
ASST. PROF. PAKANIT KUPITTAYANANT, Ph.D., 73 PP.

Keyword: Temperature/Egg incubation/Sex reversal/Korat chicken/W chromosome

This study aimed to examine the effect of incubation temperature on sex determination in Korat chickens. Incubation temperature was applied thoroughly or using temperature some period and W sex chromosomes were examined to confirm chicken sex reversal using polymerase chain reaction. Histology of the reproductive in sex reversal Korat chickens were also studied. 600 Korat chicken eggs were separated into 3 groups of 5 repetitions, 20 eggs using a completely randomized design: the group using a temperature below the standard for incubation (36.0°C), the standard incubation temperature group (37.7°C) (control group) and the group using a temperature above the standard for incubation (38.0°C). The effects of incubation temperature were divided into 2 categories: applied throughout the whole period of incubation and applied as interval period by either increasing above standard or decreasing below standard temperature for some periods (day 3-6 of incubation). Applying 38.0°C throughout incubation period resulted in no difference in hatching rate and mortality compared with standard temperature ($P>0.05$). It was also found that incubating eggs at 38.0°C during both throughout and some periods of incubation resulted in changes in the reproductive structure of chickens from female to male by 9.7 and 5.9%, respectively. This was confirmed by the presence of testes with W chromosome. However, applying 36.0°C throughout the period resulted in lower hatching rates compared with standard temperature ($P<0.05$). It was also found that incubating eggs at 36.0°C for some periods could reverse their reproductive structure from male to female accounting for 19.4%. This was confirmed by the presence of ovaries without W chromosome. The result of this study reassures that temperature has a sex reversal in Korat chickens due to the fact that confirmed by W chromosome

detection and histological studies of testes and ovaries. Moreover, this is the first scientific proof in broilers that temperature can reverse sex.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Animal Technology and Innovation Student's Signature C. Khamoun
Academic Year 2023 Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่างๆ ดังนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.ภคนิจ คุปพิทยานันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหาในทุกด้าน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.วรพล เองวานิช อาจารย์ประจำคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่สละเวลาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ตลอดจนให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทธวัช โมฬี รองศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ โมฬี และรองศาสตราจารย์ ดร.สุทิศา เข็มผะกา อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้คำปรึกษาด้านวิชาการ และให้คำแนะนำปรึกษาในการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบพระคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยภายใต้ “แผนการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนา ไก่พื้นเมือง และไก่ลูกผสมพื้นเมือง สู่เชิงพาณิชย์ แผนงานนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาไก่โคราชแบบองค์รวมเพื่อเพิ่ม GDP” ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่อำนวยความสะดวกทางด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่เรียนระดับปริญญาตรี และระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดา และครอบครัว ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอด จนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา จนทำให้ประสบความสำเร็จในชีวิตการเรียนระดับบัณฑิตศึกษา

ชนกนันท์ คำอุ่น

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)..... ค
กิตติกรรมประกาศ..... จ
สารบัญ..... ฉ
สารบัญตาราง..... ฌ
สารบัญภาพ..... ญ

บทที่

1 บทนำ..... 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ..... 1
1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย..... 3
1.3 สมมติฐานงานวิจัย..... 4
1.4 ขอบเขตงานวิจัย..... 4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5
2.1 การกำหนด และพัฒนาทางเพศในสัตว์ปีก..... 5
2.2 กลไกการสร้างฮอร์โมนเพศ และการพัฒนาทางเพศในสัตว์ปีก..... 6
2.3 ความสำคัญและช่วงของอุณหภูมิการฟักไข่..... 9
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง Aromatase และอุณหภูมิ..... 10
2.5 การใช้อุณหภูมิต่อการกำหนดเพศ ในสัตว์ปีก..... 12
2.6 การใช้อุณหภูมิต่ออัตราการฟักและอัตราการตาย ในสัตว์ปีก..... 14
3 วิธีดำเนินการวิจัย และการเก็บข้อมูล..... 17
3.1 สิ่งทดลอง แผนการทดลอง และอาหาร..... 17
3.1.1 สิ่งทดลอง..... 17
3.1.2 แผนการทดลอง..... 17
3.1.3 อาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์ทดลอง..... 17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 การเก็บข้อมูล 18
3.2.1 การศึกษาถึงอัตราส่วนเพศผู้และเพศเมีย 18
3.2.2 การศึกษาถึงโครงสร้างทางจุลกายวิภาคของระบบสืบพันธุ์ 18
3.2.3 การตรวจสอบโครโมโซมเพศเมีย 19
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล 19
3.3.1 อัตราการฟักออก อัตราการตาย และสมรรถนะการเจริญเติบโต 19
3.3.2 อัตราส่วนเพศผู้และเพศเมีย 20
3.4 สถานที่ทำการทดลอง 20
3.5 ระยะเวลาในการทดลอง 20
4 ผลการทดลองและอภิปรายผล 21
4.1 การศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วงต่ออัตราการฟักออก และอัตราการตายในไก่โคราช 21
4.2 การศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วงต่อการกำหนดเพศในไก่โคราช 22
4.3 การศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วงต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชที่เลี้ยงทั้งหมด 25
4.4 ผลของการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วง (อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชที่มีการเปลี่ยนเพศจากเพศเมียเป็นเพศผู้ 28
4.5 การศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histology) ของอัณฑะที่มีผลมาจากการเปลี่ยนเพศ (จากเพศเมียเป็นเพศผู้) โดยใช้อุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐานตลอดช่วง 30
4.6 การศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วงต่ออัตราการฟักออก และอัตราการตายในไก่โคราช 31
4.7 การศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วงต่อการกำหนดเพศในไก่โคราช 32

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.8 การศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วงต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราช 33
4.9 ผลของการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วง (อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ในวันที่ 3-6 ของการฟัก) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชที่มีการเปลี่ยนเพศจากเพศเมียเป็นเพศผู้ 38
4.10 ผลของการลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วง (อุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส ในวันที่ 3-6 ของการฟัก) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชที่มีการเปลี่ยนเพศจากเพศผู้เป็นเพศเมีย 40
4.11 การศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histology) ของอัณฑะที่มีผลมาจากการเปลี่ยนเพศ (จากเพศเมียเป็นเพศผู้) โดยใช้อุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐานบางช่วง 42
4.12 การศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histology) ของรังไข่ที่มีผลมาจากการเปลี่ยนเพศ (จากเพศผู้เป็นเพศเมีย) โดยใช้อุณหภูมิต่ำกว่ามาตรฐาน 43
5 สรุปและข้อเสนอแนะ 46
รายการอ้างอิง 49
ภาคผนวก 55
ภาคผนวก ก ภาพประกอบการดำเนินการทดลอง 56
ภาคผนวก ข วิธีการดำเนินงานในห้องปฏิบัติการ 62
ประวัติผู้เขียน 71

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ผลการปรับอุณหภูมิของตู้ฟักในแต่ละช่วงต่ออัตราการตายของตัวอ่อนในสัตว์ปีกชนิดต่างๆ 15

3.1 โปรแกรมการให้วัคซีน 18

4.1 ผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วงต่ออัตราการฟักออกและอัตราการตายในไก่ 22

4.2 ผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วงต่อสัดส่วนเพศโดยการผ่าเช็คเพศ และการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมีย ในไก่โคราช 23

4.3 การแปลผลจากการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วงต่อสัดส่วนเพศ โดยการผ่าเช็คเพศ และการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมียในไก่โคราช 24

4.4 ผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วงต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชทั้งหมดในแต่ละการทดลอง 27

4.5 ผลของการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วง (อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชที่มีการเปลี่ยนเพศจากเพศเมียเป็นเพศผู้ 29

4.6 ผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วงต่ออัตราการฟักออกและอัตราการตายในไก่โคราช 32

4.7 ผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วงต่อสัดส่วนเพศ โดยการผ่าเช็คเพศและการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมียในไก่โคราช 35

4.8 การแปลผลจากการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วงต่อสัดส่วนเพศโดยการผ่าเช็คเพศและการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมียในไก่โคราช 36

4.9 ผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วงต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชทั้งหมดในแต่ละการทดลอง 37

4.10 ผลของการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วง (อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ในวันที่3-6 ของการฟัก) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชที่มีการเปลี่ยนเพศจากเพศเมียเป็นเพศผู้) 39

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.11 ผลของการลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วง (อุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส ในวันที่ 3-6 ของการฟัก) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชที่มีการเปลี่ยนเพศจากเพศผู้เป็นเพศเมีย..... 41

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 การกำหนดเพศเกิดเนื่องจากการปรากฏของอะโรมาเทสบนรังไข่ข้างซ้ายที่วันที่ 6.5 ของการฟักไข่ และมีการเปลี่ยนเทสโทสเตอโรนเป็นเอสโตรเจน.....6

2.2 กลไกการสร้างฮอร์โมนเพศผู้.....7

2.3 กลไกการสร้างฮอร์โมนเพศเมีย.....8

2.4 การพัฒนาทางเพศในสัตว์ปีก.....9

2.5 อุณหภูมิในการฟักที่มีผลต่อการแสดงออกของอะโรมาเทสในสัตว์เลื้อยคลาน..... 10

2.6 กลไกระดับโมเลกุลที่อยู่ภายใต้การกำหนดเพศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในสัตว์เลื้อยคลาน..... 11

2.7 สัดส่วนเพศในสัตว์ปีกชนิดต่างๆ ที่ฟักในแต่ละอุณหภูมิ..... 13

2.8 ผลของอุณหภูมิต่ออัตราการตายของตัวอ่อนในแต่ละช่วงอายุการฟัก..... 16

4.1 ผลการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมีย..... 25

4.2 จุลกายวิภาคของอัณฑะที่มีผลมาจากการเปลี่ยนเพศ (จากเพศเมียเป็นเพศผู้) โดยใช้อุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐานตลอดช่วง..... 30

4.3 จุลกายวิภาคของอัณฑะที่มีผลมาจากการเปลี่ยนเพศ (จากเพศเมียเป็นเพศผู้) โดยใช้อุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐานบางช่วง..... 42

4.4 จุลกายวิภาคของรังไข่ที่มีผลมาจากการเปลี่ยนเพศ (จากเพศผู้เป็นเพศเมีย) โดยใช้อุณหภูมิต่ำกว่ามาตรฐานบางช่วง..... 44

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

“ไก่โคราช” เป็นที่รู้จักต่อเกษตรกรและผู้บริโภค ซึ่งเป็นไก่เนื้อลูกผสมพื้นเมือง มีคุณสมบัติของไก่เนื้อที่มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วกว่าไก่พื้นเมือง แต่มีรสชาติของเนื้อใกล้เคียงกับไก่พื้นเมือง โดยมาจากพ่อพันธุ์ ไก่เหลืองหางขาว และแม่พันธุ์ ไก่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (มทส.) ในปัจจุบันเกษตรกรให้ความสนใจในการที่จะเลี้ยงไก่โคราชมากขึ้น เนื่องจากไก่โคราชสามารถเลี้ยงในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศได้ อีกทั้งยังมีราคาขายที่สูงกว่าไก่เนื้อทั่วไป ในการผลิตลูกไก่โคราชจากฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีนั้น พบว่ามีปัญหาในเรื่องของสัดส่วนของลูกไก่ที่เกิดขึ้นเป็นเพศเมียมากกว่าเพศผู้ประมาณ 70 : 30 จากที่สัดส่วนเพศเมียต่อเพศผู้ควรจะเป็นประมาณ 50 : 50 ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าไก่เพศผู้นั้นมีน้ำหนักที่มากกว่า และมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่าที่ดีกว่าไก่เพศเมีย การตรวจคัดแยกเพศลูกไก่ได้ตั้งแต่แรกเกิดจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ การแยกระหว่างไก่เพศผู้และเพศเมียจะช่วยให้สามารถวางแผนการจัดการในขั้นตอนต่อไป ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของการเตรียมลงอาหาร อัตราการเจริญเติบโต อายุที่จะเข้าสู่ตลาด รวมทั้งการจัดการอื่นๆ ในแต่ละไลน์การผลิตซึ่งมีความแตกต่างกันระหว่างเพศผู้และเพศเมีย การตรวจคัดแยกเพศลูกไก่แรกเกิด ที่นิยมกันในภาคสนามมี 2 วิธี คือ การจำแนกเพศจากขนปีก (Feather sexing) (Warren, 1976; Gawron & SMYTH JR, 1980; Kalina, Mucksová, Yan, & Trefil, 2012) และการตรวจเปิดก้นตรวจ (cloacal or vent sexing) (Lunn, 1948; Phelps et al., 2003; Cerit & Avanus, 2007; Tran, Ferrell, & Butt, 2010) ซึ่งผู้ตรวจคัดแยกเพศจะต้องมีประสบการณ์ มิเช่นนั้นจะเกิดความผิดพลาดในการตรวจคัดแยกสูง การตรวจคัดแยกเพศลูกไก่ด้วยวิธีดังกล่าวนี้สามารถเกิดความผิดพลาดได้ 3% (Genchev, Kabakchiev, & Mihailov, 2008) และ 5% (Bramwell, 2003; Cerit & Avanus, 2007) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีวิธีอื่นๆ ในการคัดแยกเพศลูกไก่แรกเกิดอีกด้วย เช่น การผ่าตัดส่องกล้องเพื่อตรวจสอบอวัยวะเพศ ซึ่งต้องวางยาสลบและเสี่ยงต่อการกระทบกระเทือนต่ออวัยวะอื่นๆ และการตาย (Halverson & Dvorak, 1993; Cerit & Avanus, 2007) การแยกเพศโดยการป้ายอุจจาระมาตรวจหาอัตราส่วนระหว่าง Estrogen/Testosterone (Hirschenhauser, Möstl, & Kotrschal, 1999; Washburn, Tempel, Millspaugh, Gutiérrez, & Seamans, 2004) ซึ่งวิธีการเหล่านี้ไม่เหมาะกับการนำมาปฏิบัติในภาคสนาม

ในปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนหนึ่งที่กำลังศึกษาถึงวิธีการทำนายเพศลูกไก่ตั้งแต่ก่อนการฟักออกจากไข่ ทั้งที่เป็น Non-invasive methods เช่น การทำนายจากรูปร่างและน้ำหนักของไข่ (Bönner

et al., 2004) ซึ่งยังไม่เป็นที่ยอมรับกันในสากล (Jull, 1934) หรือ Invasive methods โดยการเจาะเก็บตัวอย่างน้ำคร่ำ (Allantois fluids) เช่น การตรวจหาโครโมโซมเพศเมียด้วยเทคนิคปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (Ellegren & Sheldon, 1997; Escamilla-García, Soto-Zarazúa, Toledano-Ayala, & Gastélum-Barrios, 2022) หรือการตรวจหาระดับของ Estrogen (Tran et al., 2010) ซึ่งทั้งสองวิธีนี้มีค่าใช้จ่ายสูงไม่เหมาะในการนำมาปฏิบัติในภาคสนาม นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอีกส่วนหนึ่งที่ศึกษาถึงการกำหนดเพศในสัตว์ปีก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เข้าใจถึงกลไกในการกำหนดเพศ ตลอดจนถึงปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดเพศ ซึ่งในอนาคตจะช่วยให้มนุษย์สามารถกำหนดเพศสัตว์ปีกได้ หากประสบผลสำเร็จจะทำให้สามารถกำหนดเพศได้ในแต่ละไลน์การผลิตตามเพศ (เพศผู้สำหรับไก่เนื้อ เพศเมียสำหรับไก่ไข่ เป็นต้น) โดยไม่ต้องคัดแยกเพศแรกเกิด ซึ่งจะมีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่อย่างยิ่ง (Krautwald-Junghanns et al., 2018) มีงานวิจัยที่ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการกำหนดเพศในสัตว์ปีก ซึ่งผลพบว่าการกระตุ้นไข่ด้วยอุณหภูมิที่สูง หรือต่ำกว่ามาตรฐานจะทำให้สัดส่วนของเพศเปลี่ยนแปลงไปประมาณร้อยละ 10 (Piestun, Druyan, Brake, & Yahav, 2013) แต่ในทางด้านสัตว์ปีกยังไม่มีการระบุกลไกที่แน่ชัดในเรื่องผลของอุณหภูมิต่อการกำหนดเพศ เราจึงตั้งสมมติฐานไว้จากสัตว์เลื้อยคลานเนื่องจากสัตว์ปีกและสัตว์เลื้อยคลานนั้นมีวิวัฒนาการมาด้วยกันว่าอุณหภูมิในการฟักตัวระหว่างการพัฒนามีผลต่อการแสดงออกของเอนไซม์อะโรมาเทส (Aromatase) ซึ่งเป็นเอนไซม์สเตียรอยด์ที่เปลี่ยนแอนโดรเจน (Androgen) เป็นเอสโตรเจน (Estrogen) น่าจะเป็นปัจจัยสำคัญในการที่จะทำให้เกิดเพศผู้จำนวนมากขึ้น (Singh, Das, & Rhen, 2020) ซึ่งในสัตว์เลื้อยคลานมีงานวิจัยที่ได้รายงานว่าการกำหนดเพศ นอกจากจะถูกกำหนดด้วยตามพันธุกรรม เช่น โครโมโซมแล้วยังถูกกำหนดด้วยปัจจัยภายนอก ซึ่งก็คือ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมอีกด้วย (Bull & Vogt, 1979; Janzen, 1994) กล่าวคือ ช่วงอุณหภูมิและระยะเวลาในการฟักตัวในช่วงที่กำหนดเพศ มีอิทธิพลต่อความเป็นไปได้ที่ตัวอ่อนนั้นจะพัฒนาไปเป็นอัณฑะหรือรังไข่ (Lance & Bogart, 1994; Lang & Andrews, 1994; CL Yntema, 1979; CL Yntema & Mrosovsky, 1979; Wibbels, Lutz, Musick, & Wyneken, 2003; Merchant-Larios, Díaz-Hernández, & Marmolejo-Valencia, 2010; Rhen, Fagerlie, Schroeder, Crossley II, & Lang, 2015) เช่น ในเต่า เมื่อใช้อุณหภูมิในการฟักที่สูงกว่ามาตรฐาน ก็จะทำให้มีจำนวนตัวอ่อนของเต่าเพศเมียที่มากกว่า และเมื่อใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาตรฐานก็จะทำให้มีจำนวนตัวอ่อนของเต่าเพศผู้ที่มากกว่าเช่นเดียวกัน (Rhen et al., 2015) ในสัตว์ปีกก็มีการศึกษาทั้งในไก่งวงออสเตรเลีย (Göth & Booth, 2005) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (31.0 องศาเซลเซียส) จะทำให้ลูกไก่ฟักออกมาเป็นเพศผู้สูงที่สุดโดยอยู่ที่ร้อยละ 78 เมื่อเทียบกับการฟักที่ใช้อุณหภูมิมาตรฐาน (34.0 องศาเซลเซียส) และการฟักที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐาน (36.0 องศาเซลเซียส) โดยมีลูกไก่ฟักออกมาเป็นเพศผู้ที่ร้อยละ 52 และร้อยละ 29 ตามลำดับ ในนกกระทา (Yılmaz, Tepeli, Garip, & Çağlayan, 2011) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (37.2 องศาเซลเซียส) จะทำให้ลูกนกฟักออกมาเป็นเพศผู้สูงที่สุดโดยอยู่ที่ร้อยละ 63.3 เมื่อเทียบกับการฟักที่ใช้

อุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) และการฟักที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐาน (38.2 องศาเซลเซียส) โดยมีลูกนกฟักออกมาเป็นเพศผู้ที่ร้อยละ 42.7 และร้อยละ 44.7 ตามลำดับ อีกทั้งในเป็ดป่า (DuRant et al., 2016) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (35.0 องศาเซลเซียส) จะทำให้ลูกเป็ดฟักออกมาเป็นเพศผู้สูงที่สุดโดยอยู่ที่ร้อยละ 63 เมื่อเทียบกับการฟักที่ใช้อุณหภูมิมาตรฐาน (35.9 องศาเซลเซียส) และการฟักที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐาน (37.0 องศาเซลเซียส) โดยมีลูกเป็ดฟักออกมาเป็นเพศผู้ที่ร้อยละ 44 และร้อยละ 56 ตามลำดับ และในนก Zebra finches (Wada, Kriengwatana, Steury, & MacDougall-Shackleton, 2018) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (36.2 องศาเซลเซียส) จะทำให้ลูกนกฟักออกมาเป็นเพศผู้สูงที่สุดโดยอยู่ที่ร้อยละ 71 เมื่อเทียบกับการฟักที่ใช้อุณหภูมิมาตรฐาน (37.4 องศาเซลเซียส) และการฟักที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐาน (38.4 องศาเซลเซียส) โดยมีลูกนกฟักออกมาเป็นเพศผู้ที่ร้อยละ 41.7 และร้อยละ 62.5 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในไก่เนื้อ (Collins, 2013; Elmehdawi, 2013) ผลพบว่าอุณหภูมินั้นไม่มีผลต่อการกำหนดเพศ เนื่องจากสัดส่วนเพศในการฟักแบบมาตรฐาน และการฟักแบบปรับอุณหภูมิไม่ได้มีผลที่แตกต่างกัน ซึ่งในการศึกษานั้นพบว่าวิธีการปรับอุณหภูมิในไก่เนื้อจะเป็นการค่อยๆ ลดอุณหภูมิลงประมาณ 0.1–0.3 องศาเซลเซียสต่อวัน ในขณะที่งานศึกษาอื่นๆ มีวิธีการปรับอุณหภูมิอย่างคงที่ตลอดช่วงระยะเวลาการฟัก อย่างไรก็ตามยังไม่พบการศึกษาในไก่โคราช และงานวิจัยที่ศึกษาก่อนหน้านั้นเป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้นว่าการปรับอุณหภูมิสามารถทำให้สัดส่วนเพศเปลี่ยนไปจากการใช้อุณหภูมิการฟักมาตรฐาน

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาผลของอุณหภูมิในการฟักไข่ต่อการกำหนดเพศในไก่โคราช โดยจะต้องมีกระบวนการพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยว่าอุณหภูมินั้นสามารถเปลี่ยนเพศได้จริง ซึ่งถือเป็นอีกหนึ่งองค์ความรู้ใหม่ และใช้เป็นแนวทางในการนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการฟักไข่ เพื่อให้เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่มีกำไรจากการเลี้ยงที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในปัจจุบันหลังจากการฟักไข่ไก่โคราช ผู้ฟักไข่จะส่งลูกไก่ขายแบบไม่แยกเพศ ซึ่งหากมีองค์ความรู้ใหม่ว่าอุณหภูมิสามารถกำหนดเพศได้ และทำรายได้เพิ่มขึ้น จะทำให้กลุ่มเกษตรกรไม่ว่าจะเป็นกลุ่มต้นน้ำ กลางน้ำ ปลายน้ำ หันมาเลี้ยงไก่โคราชมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิในการฟักไข่ต่อการกำหนดเพศในไก่โคราช ทั้งในรูปแบบของการปรับลดอุณหภูมิการฟักตลอดช่วง และการปรับลดอุณหภูมิการฟักในบางช่วง โดยวัดผลจาก

1.2.1 การตรวจสอบโครโมโซมเพศเมียเพื่อยืนยันการเปลี่ยนเพศ

1.2.2 เพื่อศึกษาถึงโครงสร้างทางจุลกายวิภาคของระบบสืบพันธุ์ในไก่โคราชที่เปลี่ยนเพศโดยใช้อุณหภูมิ

1.2.3 เพื่อศึกษาสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่ที่เปลี่ยนเพศ

1.3 สมมติฐานของงานวิจัย

1.3.1 อุณหภูมิในการฟักมีผลต่อการกำหนดเพศในไก่โคราช

1.3.2 อุณหภูมิในการฟักมีผลต่อโครงสร้างทางจุลกายวิภาคของระบบสืบพันธุ์ในไก่โคราชที่ได้รับการเปลี่ยนเพศ

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาผลของอุณหภูมิในการฟักต่อการกำหนดเพศในไก่โคราชและระดับอุณหภูมิที่มีผลทำให้ไข่ไก่โคราชฟักออกเป็นเพศผู้มากกว่าเพศเมีย นอกจากนี้ยังมีการวัดผลของอุณหภูมิในการฟักต่อโครงสร้างทางจุลกายวิภาคของระบบสืบพันธุ์และสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราช

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงผลของอุณหภูมิในการฟักไข่ต่อการกำหนดเพศในไก่โคราช

1.5.2 ทราบถึงสมรรถนะการเจริญเติบโตและโครงสร้างทางจุลกายวิภาคของระบบสืบพันธุ์ในไก่ที่เปลี่ยนเพศโดยอุณหภูมิ

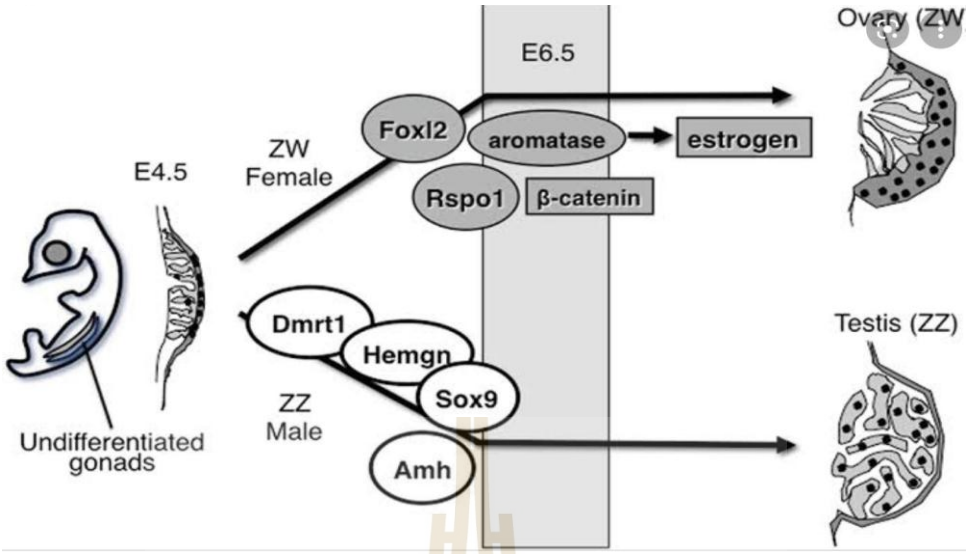
1.5.3 เป็นองค์ความรู้ใหม่ทางวิชาการที่จะนำไปสู่การสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรด้วยการกำหนดอุณหภูมิที่ตู้ฟักไข่เพื่อให้ไข่ฟักเป็นไก่เพศผู้มากกว่าเพศเมีย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การกำหนด และพัฒนาทางเพศในสัตว์ปีก

การกำหนดเพศในสัตว์ปีกนั้นเกิดจากการควบคุมของโครโมโซมเพศ (ตัวผู้ ZZ และตัวเมีย ZW) ซึ่งระบบโครโมโซมเพศในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและสัตว์ปีกจะมีความแตกต่างกัน ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเพศผู้จะเป็นแบบโครโมโซมเพศที่มีลักษณะต่างกัน (heterogametic sex) (XY) และเพศเมียเป็นแบบโครโมโซมเพศที่มีลักษณะเหมือนกัน (homogametic sex) (XX) ส่วนสำหรับในสัตว์ปีก เพศผู้จะเป็นแบบโครโมโซมเพศที่มีลักษณะเหมือนกัน (ZZ) และเพศเมียเป็นแบบโครโมโซมเพศที่มีลักษณะต่างกัน (ZW) (Matsushita, Yamashita, Iwasawa, Tomita, & Ikeda, 2006) โดยโครโมโซมเพศเมียจะเป็นตัวควบคุมการสังเคราะห์อะโรมาเทส ในช่วงแรกเริ่มก่อนที่จะมีการสังเคราะห์เอสโตรเจนตามมา (Shimada, 1998) เอสโตรเจน และตัวรับเอสโตรเจน (Estrogen receptors) มีความจำเป็นต่อการพัฒนาไปเป็นเพศเมีย ต่อมบ่งเพศในตัวอ่อนไก่ในระยะแรกเริ่มมีศักยภาพที่จะพัฒนาไปเป็นทั้งรังไข่และอัณฑะ ระหว่างการพัฒนาไปเป็นเพศเมีย ต่อมบ่งเพศข้างซ้ายจะเจริญไปเป็นรังไข่และท่อนำไข่ ในขณะที่ต่อมบ่งเพศข้างขวาจะสลายไป ต่อจากนั้นก็จะมีการพัฒนาไปเป็นเพศเมียอย่างถาวร การพัฒนาทางเพศเกิดเนื่องจากการปรากฏของอะโรมาเทสบนรังไข่ข้างซ้ายที่วันที่ 6.5 ของการฟักไข่ และมีการเปลี่ยนเทสโทสเตอโรน (Testosterone) เป็นเอสโตรเจน (Yoshida, Shimada, & Saito, 1996; Shimada, 1998) ในตัวผู้ต่อมบ่งเพศทั้งสองข้างพัฒนาไปเป็นลูกอัณฑะ (Shimada, 1998) เวลาและการกำหนดเพศจึงขึ้นอยู่กับการปรากฏของอะโรมาเทส ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ฮอร์โมนสเตียรอยด์ (Steroid hormone) (ภาพที่ 2.1) ซึ่งจะกำหนดอัตราส่วนการสังเคราะห์ระหว่างแอนโดรเจน : เอสโตรเจน ซึ่งผลิตโดยต่อมบ่งเพศซึ่งมีการศึกษามาอย่างต่อเนื่อง (Nishikimi et al., 2000)



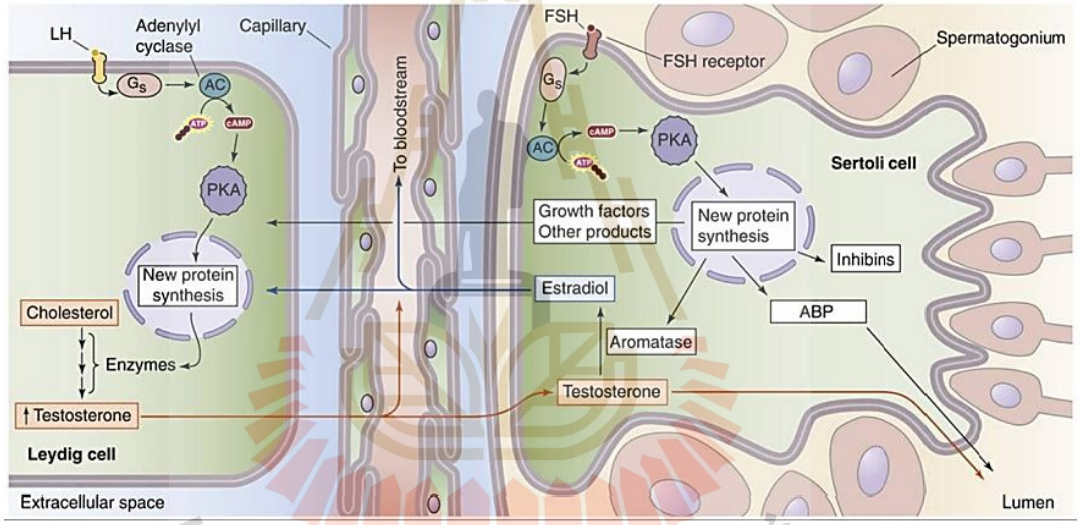
ภาพที่ 2.1 การกำหนดเพศเกิดเนื่องจากการปรากฏของอะโรมาเทสบนรังไข่ข้างซ้ายที่วันที่ 6.5 ของการฟักไข่ และมีการเปลี่ยนเทสโทสเตอโรนเป็นเอสโตรเจน

ที่มา: (Yoshida et al., 1996; Shimada, 1998)

2.2 กลไกการสร้างฮอร์โมนเพศ และการพัฒนาทางเพศในสัตว์ปีก

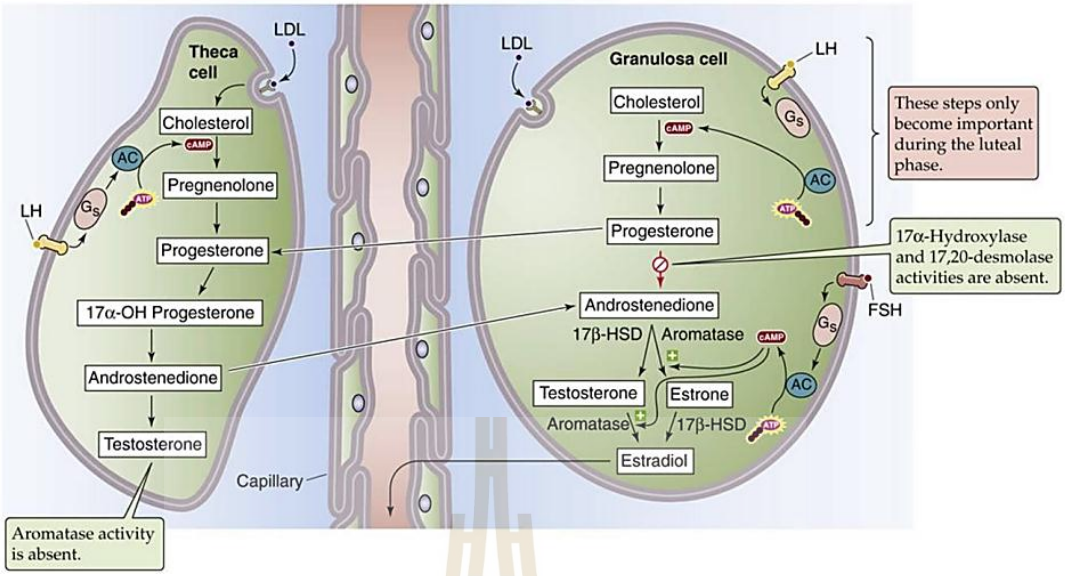
การสร้างฮอร์โมนเพศ จะมาจากทฤษฎี 2 cell 2 gonadotropin ซึ่งสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ฮอร์โมนเพศ ทั้งเพศผู้และเพศเมีย คือ คอเลสเตอรอล (Low Density Lipoprotein Cholesterol, LDL) โดยในเพศผู้จะเริ่มจากการสั่งการของสมองส่วนไฮโพทาลามัส (Hypothalamus) ให้หลั่งฮอร์โมนโกนาโดโทรปิน รีลิสซิ่ง (Gonadotropin releasing hormone, GnRH) ไปที่ต่อมใต้สมองส่วนหน้า (Anterior pituitary) ทำให้สังเคราะห์และปล่อยฮอร์โมนลูทิไนซิง (Luteinizing hormone, LH) มากระตุ้นที่เซลล์เลย์ดิก (Leydig cell) อีกทั้งยังปล่อยฮอร์โมนฟอลลิเคิลสติมิวเลติง (Follicle stimulating hormone, FSH) มากระตุ้นที่เซลล์เซอโทลิ (Sertoli cell) โดยที่บริเวณเซลล์เลย์ดิกจะมีตัวรับ (receptor) สำหรับจับกับฮอร์โมนลูทิไนซิง ซึ่งจะเพิ่มการสังเคราะห์เทสโทสเตอโรน (Testosterone) ให้ไปทำหน้าที่ในเซลล์เซอโทลิ ซึ่งที่บริเวณเซลล์เซอโทลิจะมีตัวรับสำหรับจับกับฮอร์โมนฟอลลิเคิลสติมิวเลติง ซึ่งจะช่วยในการสังเคราะห์โปรตีนที่จับกับฮอร์โมนเพศชาย (Androgen- Binding Protein, ABP) อะโรมาเทส (Aromatase) โกรทแฟคเตอร์ (Growth factor) และอินฮิบิน (Inhibin) สำหรับเทสโทสเตอโรนในเซลล์เซอโทลิจะทำหน้าที่เปลี่ยนเทสโทสเตอโรนบางส่วนให้เป็นฮอร์โมนเพศเมีย (Estradiol) อันเนื่องมาจากการแสดงออกของอะโรมาเทส (ภาพที่ 2.2) ในการสร้างฮอร์โมนเพศเมียก็จะเริ่มจากการสั่งการของสมองส่วนไฮโพทาลามัสเช่นเดียวกัน ให้หลั่งฮอร์โมนโกนาโดโทรปิน รีลิสซิ่งไปที่ต่อมใต้สมองส่วนหน้า ทำให้สังเคราะห์และปล่อยฮอร์โมนลูทิไนซิงมากระตุ้นที่เซลล์ทีคา (Theca cell) โดย

เมื่อจับกับตัวรับจะเพิ่มการสังเคราะห์ ทางชีวภาพของฮอร์โมนโปรเจสติน (Progestin) และแอนโดรเจน (Androgen) อีกทั้งยังปล่อยฮอร์โมนฟอลลิเคิลสติมิวเลติงมากระตุ้นที่เซลล์กรานูโลซา (Granulosa cell) โดยเมื่อจับกับตัวรับจะส่งผลให้เพิ่มการผลิตของเอนไซม์สเตียรอยด์ เช่น แอคทิวิน (Activin) และอินฮิบิน ซึ่งในสัตว์ปีกจะมีเพียงระยะฟอลลิเคิล (follicular phase) โดยฮอร์โมนลูทีไนซิงในเซลล์ทีคาจะเปลี่ยนคลอเรสเตอรอลเป็นฮอร์โมนเพศผู้ (Androstenedione) และเนื่องจากในเซลล์ทีคาขาดอะโรมาเทส ทำให้ไม่สามารถสร้างฮอร์โมนเพศเมียจากฮอร์โมนเพศผู้ได้ ในขณะที่ฮอร์โมนเพศผู้จะแพร่กระจายไปยังเซลล์กรานูโลซาทำให้กิจกรรมของอะโรมาเทสได้รับการกระตุ้นโดฮอร์โมนฟอลลิเคิลสติมิวเลติง อะโรมาเทสจึงเป็นตัวที่ทำให้ฮอร์โมนเพศผู้ และเทสโทสเตอโรน เปลี่ยนเป็นฮอร์โมนเพศเมีย (ภาพที่ 2.3)



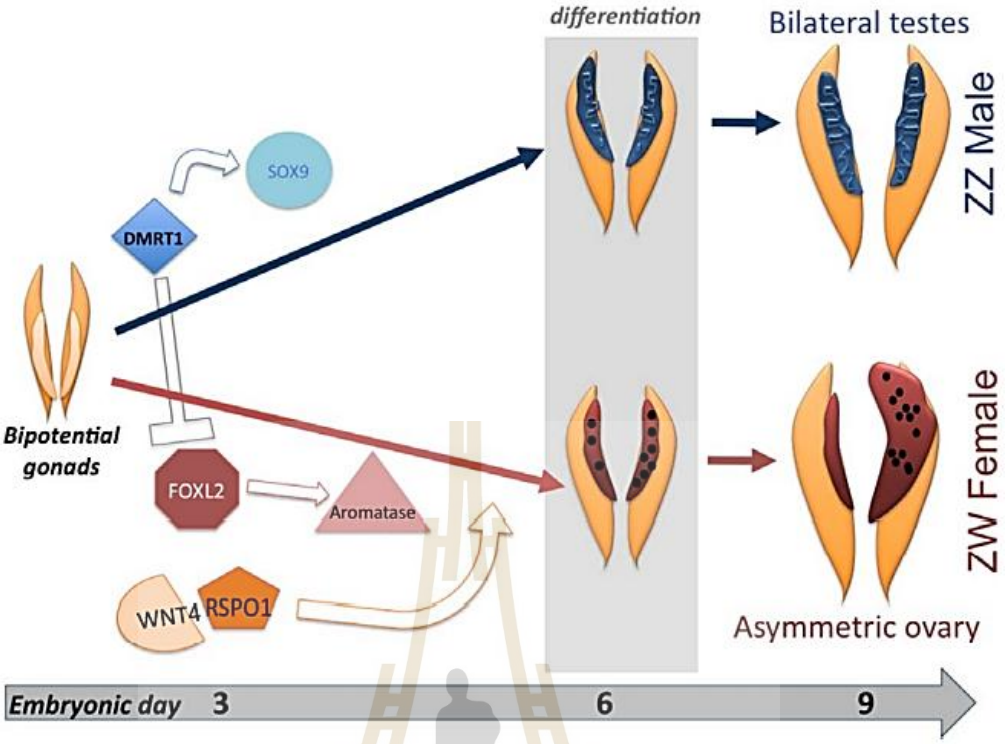
ภาพที่ 2.2 กลไกการสร้างฮอร์โมนเพศผู้
ที่มา: (EE Jones, n.d.)

การกำหนดเพศในสัตว์ปีกนั้นเกิดจากการควบคุมของโครโมโซมเพศ เพศผู้จะเป็นแบบโครโมโซมเพศที่มีลักษณะเหมือนกัน (ZZ) และเพศเมียเป็นแบบโครโมโซมเพศที่มีลักษณะต่างกัน (ZW) โดยในการพัฒนาของตัวอ่อนในสัตว์ปีก จะเริ่มมีการพัฒนาทางเพศในวันที่ 3 ของการฟัก และจะสามารถแยกความแตกต่างระหว่างเพศผู้และเพศเมียได้ในวันที่ 6 ของการฟัก ในการพัฒนาทางเพศจะเห็นได้ว่าการแสดงออกของยีน Foxl2 และ DMRT1 จะแสดงความแตกต่างทางเพศในอวัยวะสืบพันธุ์ของตัวอ่อน โครโมโซม ZZ ส่งผลให้มีการแสดงออกของยีน DMRT1 เฉพาะในเพศผู้ และโครโมโซม ZW ส่งผลให้มีการแสดงออกของยีน Foxl2 เฉพาะในเพศเมีย โดยยีน Foxl2 เป็นตัวควบคุมการแสดงออก



ภาพที่ 2.3 กลไกการสร้างฮอร์โมนเพศเมีย
ที่มา: (EE Jones, n.d.)

ของอะโรมาเทส ซึ่งอะโรมาเทสเป็นเอนไซม์ที่สามารถเปลี่ยนให้ฮอร์โมนเพศผู้เป็นเพศเมียได้ แต่ในขณะเดียวกันยีน Foxl2 ก็ตอบสนองเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงการแสดงออกของยีน Foxl2 จะส่งผลให้มีการเปลี่ยนเพศได้ โดยในสัตว์ปีก นอกจากการแสดงออกทางตรงของยีน Foxl2 จะเป็นตัวควบคุมในการพัฒนาเป็นเพศเมียแล้ว ยีน Foxl2 ยังมีการแสดงออกทางอ้อมได้ โดยหากมีการแสดงออกของยีน Foxl2 ในปริมาณที่มากจะสามารถกดการแสดงออกของยีน DMRT1 ได้ ซึ่งเป็นยีนที่ควบคุมในการพัฒนาเป็นเพศผู้ ส่งผลให้อวัยวะสืบพันธุ์พัฒนาเป็นรังไข่แทนที่จะพัฒนาเป็นอัณฑะ (ภาพที่ 2.4) ก่อนหน้านี้มีงานที่ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงการแสดงออกของยีน Foxl2 และยีน DMRT1 ต่อการเปลี่ยนแปลงเพศ การศึกษาของ Ma et al. (2022) ที่ศึกษาในเต่า พบว่าการแสดงออกของยีน Foxl2จะตอบสนองเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ โดยการยับยั้งการแสดงออกของยีน Foxl2 มีผลทำให้เกิดเพศผู้ในอุณหภูมิที่ฟักให้เป็นเพศเมีย ซึ่งมีการยืนยันโดยการสูญเสียลักษณะภายนอกของเพศเมีย อีกทั้งยังมีการพัฒนาของ seminiferous tubule และการแสดงออกที่เพิ่มขึ้นของยีน DMRT1 และ Sox9 ซึ่งเป็นยีนที่พบได้ในเฉพาะเพศผู้เท่านั้น



ภาพที่ 2.4 การพัฒนาทางเพศในสัตว์ปีก

ที่มา: (Ayers et al., 2013)

2.3 ความสำคัญและช่วงของอุณหภูมิการฟักไข่

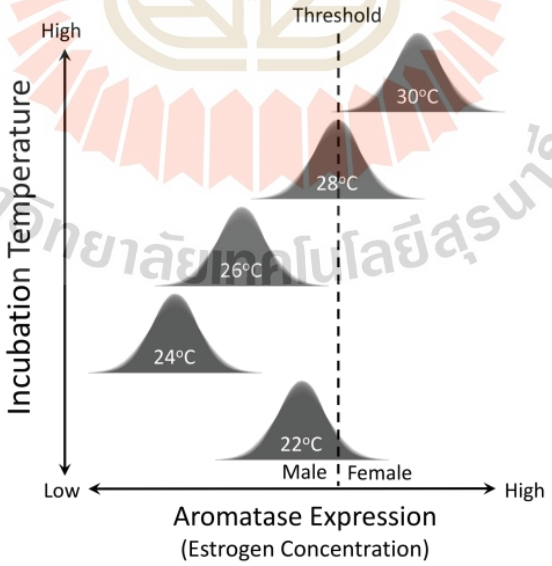
อุณหภูมิถือเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดสำหรับการฟักไข่ หากอุณหภูมิไม่เหมาะสม การพัฒนาของตัวอ่อนจะไม่เกิดขึ้น หรือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยก็อาจส่งผลต่อการฟักออกของลูกไก่อย่างมีนัยสำคัญ การพัฒนาของตัวอ่อนถึงแม้ว่าจะเป็นไปได้ช้ามาก แต่ก็สามารถเกิดขึ้นได้ที่อุณหภูมิมากกว่า 20 องศาเซลเซียส (Edwards, 1902) โดยปกติแล้วเป็นที่รู้กันว่าสัตว์ปีกจะกกไข่ที่อุณหภูมิระหว่าง 30-40 องศาเซลเซียส (Webb, 1987) การใช้อุณหภูมิฟักไข่ที่สูงขึ้นมีแนวโน้มที่จะทำให้การพัฒนาของตัวอ่อนเร็วขึ้น ในขณะที่การใช้อุณหภูมิการฟักไข่ที่ต่ำกว่าจะชะลอการพัฒนา อย่างไรก็ตามการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะมีผลกระทบต่อความเร็วในการพัฒนาน้อยกว่าการใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า (Barott, 1937) โดยทั่วไปแล้ว การใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของตัวอ่อนและอัตราการฟักที่ต่ำกว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า (French, 1997; Willemsen et al., 2010) มีการจำกัดอุณหภูมิที่จะฆ่าตัวอ่อนที่กำลังพัฒนาได้ ในการฆ่าตัวอ่อนภายในไข่ด้วยอุณหภูมิต่ำ ต้องใช้อุณหภูมิภายในไข่ขณะเกิดผลึกน้ำแข็งที่ -1.7 องศาเซลเซียส ถึง -1.11 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 70-95 นาที (Moreng & Shaffner, 1951) ตัวอ่อนที่มีอายุน้อยกว่าจะสามารถทนต่ออุณหภูมิที่เย็นจัดเหล่านี้ได้ดีกว่าตัวอ่อนที่มีอายุมากกว่า และต้องใช้เวลาสัมผัสนานขึ้นเพื่อทำให้ตายได้ ในขณะที่การใช้อุณหภูมิ

สูงที่จำเป็นต่อการทำให้ตัวอ่อนตายมีช่วงตั้งแต่ 41.1 องศาเซลเซียส ถึง 48.3 องศาเซลเซียส ในช่วงที่มีอุณหภูมิสูงนี้จะส่งผลทำให้ตัวอ่อนที่มีอายุมากตาย (Moreng & Shaffner, 1951) ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตู้ฟักคืออุณภูมิประมาณช่วง 37.5 องศาเซลเซียส

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอะโรมาเทส และอุณหภูมิ

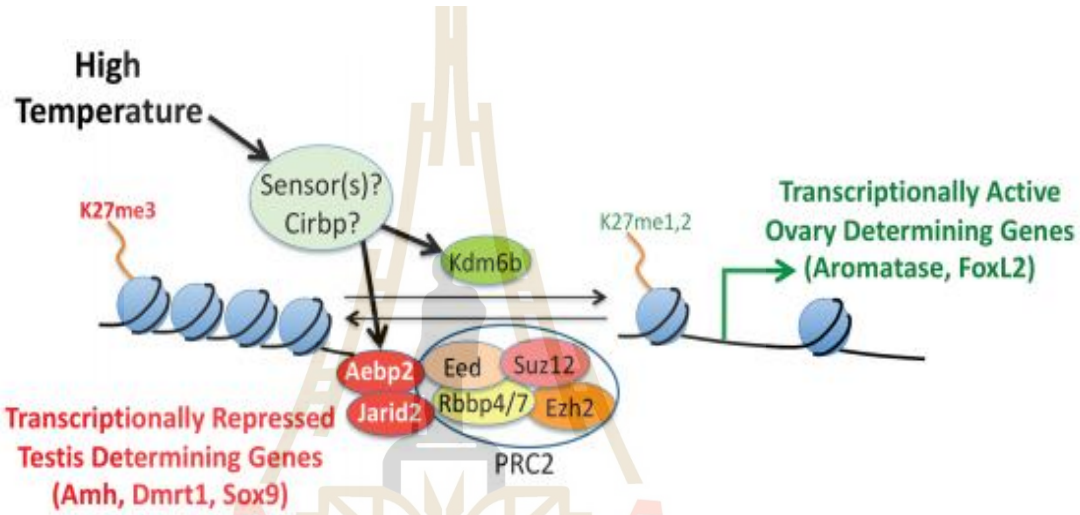
เนื่องจากในทางด้านสัตว์ปีกยังไม่มีการระบุกลไกที่แน่ชัดในเรื่องผลของอุณหภูมิต่อการกำหนดเพศ งานวิจัยจึงใช้ข้อมูลจากสัตว์เลื้อยคลานเพื่อตั้งสมมติฐาน เนื่องจากสัตว์ปีกและสัตว์เลื้อยคลานนั้นมีวิวัฒนาการมาด้วยกัน โดยในสัตว์เลื้อยคลานพบว่าความแปรปรวนทางพันธุกรรมมีความไวต่ออุณหภูมิของตัวอ่อน และปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอก มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอัตราส่วนเพศ เช่น อุณหภูมิ และฮอร์โมนเพศ

อุณหภูมิในการฟักตัวอ่อนระหว่างการพัฒนามีผลต่อการแสดงออกของอะโรมาเทส ซึ่งในการสังเคราะห์เอสโตรเจน จะมีการเปลี่ยนแปลงในการแสดงออกของอะโรมาเทส และความเข้มข้นของเอสโตรเจน โดยปกติแล้วอะโรมาเทสจะมีการกระจายที่อุณหภูมิการฟักในแต่ละช่วงอุณหภูมิ อะโรมาเทสจึงเป็นปัจจัยสำคัญ เนื่องจากเป็นเอนไซม์ที่เปลี่ยนแอนโดรเจนเป็นเอสโตรเจน หากความเข้มข้นของเอสโตรเจนในอวัยวะเพศของตัวอ่อนต่ำกว่าเกณฑ์วิกฤตอวัยวะเพศจะพัฒนาเป็นอัณฑะ หากสูงกว่าเกณฑ์นี้อวัยวะสืบพันธุ์จะพัฒนาเป็นรังไข่ (Singh et al., 2020) (ภาพที่ 2.5)



ภาพที่ 2.5 อุณหภูมิในการฟักที่มีผลต่อการแสดงออกของอะโรมาเทสในสัตว์เลื้อยคลาน
ที่มา: (Singh et al., 2020)

เมื่อพิจารณาในระดับโมเลกุลพบว่า ยีนหนึ่งตัวขึ้นไปเข้ารหัสเซ็นเซอร์ที่เปิดใช้งานเมื่ออุณหภูมิอยู่ในช่วงที่สูง จากนั้นเซ็นเซอร์ จะกระตุ้นให้อวัยวะสืบพันธุ์สองขั้วพัฒนาเป็นรังไข่ เซ็นเซอร์อุณหภูมิมีผลต่อการแสดงออก หรือการต่อกันของตัวควบคุม epigenetic เช่น Jarid2, Aebp2 และ Kdm6b ในทางกลับกันโปรตีนเหล่านี้มีผลต่อระดับเมธิเลชันของฮิสโตน H3 ต่อไลซีน 27 มีการศึกษาเมื่อเร็วๆ นี้ชี้ให้เห็นว่าตัวควบคุม epigenetic ของ histone H3 methylation บนไลซีน 27 (H3K27) อาจเกี่ยวข้องกับผลกระทบของอุณหภูมิที่เป็นสื่อกลางต่อการแสดงออกของยีนกำหนดเพศต่างๆ (Singh et al., 2020) (ภาพที่ 2.6)



ภาพที่ 2.6 กลไกระดับโมเลกุลที่อยู่ภายใต้การกำหนดเพศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในสัตว์เลื้อยคลาน
ที่มา: (Singh et al., 2020)

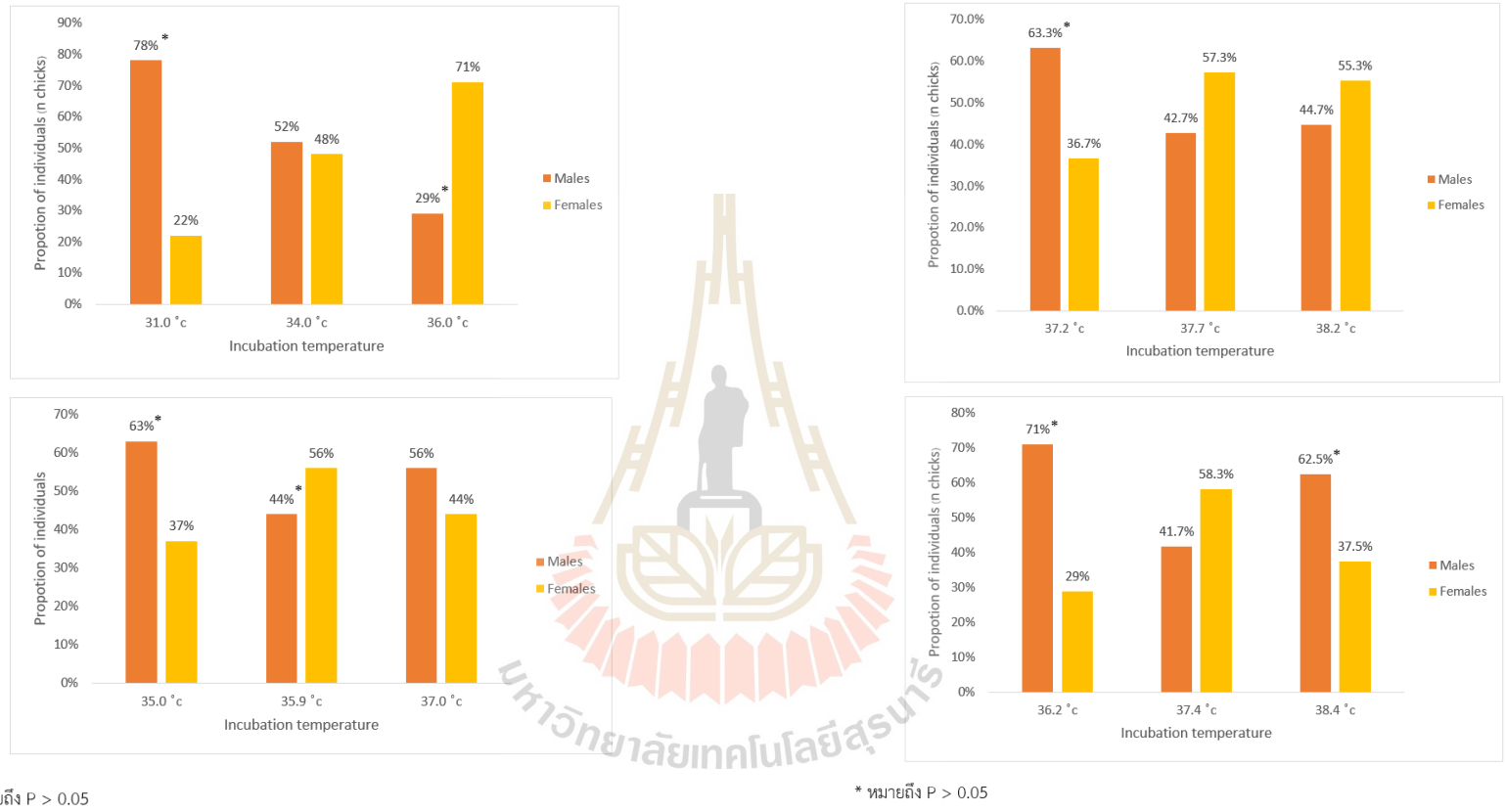
ก่อนหน้านี้มีงานที่ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงการแสดงออกของยีน Foxl2 และยีน DMRT1 ต่อการเปลี่ยนแปลงเพศ การศึกษาของ Ma et al. (2022) ที่ศึกษาในเต่า พบว่าการแสดงออกของยีน Foxl2จะตอบสนองเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ โดยการยับยั้งการแสดงออกของยีน Foxl2 มีผลทำให้เกิดเพศผู้ในอุณหภูมิที่ฟักให้เป็นเพศเมีย ซึ่งมีการยืนยันโดยการสูญเสียลักษณะภายนอกของเพศเมีย อีกทั้งยังมีการพัฒนาของ seminiferous tubule และการแสดงออกที่เพิ่มขึ้นของยีน DMRT1 และ Sox9 ซึ่งเป็นยีนที่พบได้ในเฉพาะเพศผู้เท่านั้น

ในสัตว์ปีกนั้น การพัฒนาทางเพศจะเห็นได้ว่าการแสดงออกของยีน Foxl2 และ DMRT1 จะแสดงความแตกต่างทางเพศในอวัยวะสืบพันธุ์ของตัวอ่อน โครโมโซม ZZ ส่งผลให้มีการแสดงออกของยีน DMRT1 เฉพาะในเพศผู้ และโครโมโซม ZW ส่งผลให้มีการแสดงออกของยีน Foxl2 เฉพาะในเพศเมีย โดยยีน Foxl2 เป็นตัวควบคุมการแสดงออกของอะโรมาเทส ซึ่งอะโรมาเทสเป็นเอนไซม์ที่

สามารถเปลี่ยนให้ฮอร์โมนเพศผู้เป็นเพศเมียได้เช่นเดียวกัน จากข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมดจึงทำให้ตั้งสมมติฐานได้ว่าอุณหภูมิมีผลในการกำหนดเพศในไก่โคราชได้

2.5 การใช้อุณหภูมิต่อการกำหนดเพศ ในสัตว์ปีก

มีงานวิจัยที่รายงานถึงการกำหนดเพศในสัตว์ปีกชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นผลการศึกษาของ Göth et al. (2005) ในไก่งวงออสเตรเลียพบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (31.0 องศาเซลเซียส) จะทำให้ลูกไก่ฟักออกมาเป็นเพศผู้สูงที่สุดโดยอยู่ที่ร้อยละ 78 เมื่อเทียบกับการฟักที่ใช้อุณหภูมิมาตรฐาน (34.0 องศาเซลเซียส) และการฟักที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐาน (36.0 องศาเซลเซียส) โดยมีลูกไก่ฟักออกมาเป็นเพศผู้ที่ร้อยละ 52 และร้อยละ 29 ตามลำดับ (ภาพที่ 2.7A) Yılmaz et al. (2011) ได้ศึกษาในนกกระทาพบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (37.2 องศาเซลเซียส) จะทำให้ลูกนกฟักออกมาเป็นเพศผู้สูงที่สุดโดยอยู่ที่ร้อยละ 63.3 เมื่อเทียบกับการฟักที่ใช้อุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) และการฟักที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐาน (38.2 องศาเซลเซียส) โดยมีลูกนกฟักออกมาเป็นเพศผู้ที่ร้อยละ 42.7 และร้อยละ 44.7 ตามลำดับ (ภาพที่ 2.7B) อีกทั้งยังมีการศึกษาของ Durant et al. (2016) ที่ศึกษาในเป็ดป่าพบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (35.0 องศาเซลเซียส) จะทำให้ลูกเป็ดฟักออกมาเป็นเพศผู้สูงที่สุดโดยอยู่ที่ร้อยละ 63 เมื่อเทียบกับการฟักที่ใช้อุณหภูมิมาตรฐาน (35.9 องศาเซลเซียส) และการฟักที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐาน (37.0 องศาเซลเซียส) โดยมีลูกเป็ดฟักออกมาเป็นเพศผู้ที่ร้อยละ 44 และร้อยละ 56 ตามลำดับ (ภาพที่ 2.7C) และการศึกษาของ Wada et al. (2018) ที่ศึกษาในนก zebra finches พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (36.2 องศาเซลเซียส) จะทำให้ลูกนกฟักออกมาเป็นเพศผู้สูงที่สุดโดยอยู่ที่ร้อยละ 71 เมื่อเทียบกับการฟักที่ใช้อุณหภูมิมาตรฐาน (37.4 องศาเซลเซียส) และการฟักที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐาน (38.4 องศาเซลเซียส) โดยมีลูกนกฟักออกมาเป็นเพศผู้ที่ร้อยละ 41.7 และร้อยละ 62.5 ตามลำดับ (ภาพที่ 2.7D) ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวพบว่าอุณหภูมินั้นมีผลต่อการกำหนดเพศ เนื่องจากมีสัดส่วนเพศผู้ที่สูงกว่าจากการฟัก แต่อย่างไรก็ตามยังไม่ทราบกลไกที่แน่ชัดว่าเกิดจากอะไร นอกจากนี้มีงานวิจัยของ Collins et al. (2013) ที่ศึกษาในไก่เนื้อ ผลพบว่าอุณหภูมินั้นไม่มีผลต่อการกำหนดเพศ ซึ่งในการศึกษานั้นพบว่าวิธีการปรับอุณหภูมิในขณะฟักไข่จะเป็นการค่อยๆ ลดอุณหภูมิลงประมาณ 0.1–0.3 องศาเซลเซียสต่อวันของการฟักไข่ จะแตกต่างจากผลการศึกษาก่อนหน้าที่รายงานว่าอุณหภูมิมีผลต่อการกำหนดเพศ จะใช้วิธีการรักษาระดับอุณหภูมิยาวตลอดช่วงระยะเวลาการฟัก



* หมายถึง P > 0.05

* หมายถึง P > 0.05

ภาพที่ 2.7 สัดส่วนเพศผู้และเพศเมียในสัตว์ปีกชนิดต่างๆ ที่ฟักในแต่ละช่วงอุณหภูมิ : ไก่งวงออสเตรเลีย (A) นกกระทา (B) เป็ดป่า (C) นก zebra finches (D)
ที่มา: DuRant et al. (2016); Göth & Booth (2005); Wada et al. (2018); Yılmaz et al. (2011)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.6 ผลของอุณหภูมิต่ออัตราการฟักและอัตราการตายในสัตว์ปีก

การพัฒนาของตัวอ่อนสามารถเกิดขึ้นได้ในช่วงอุณหภูมิการฟักที่ 26 องศาเซลเซียส ถึง 40.5 องศาเซลเซียส (Conway & Martin, 2000) แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มหรือการลดอุณหภูมิจากช่วงอุณหภูมิมาตรฐานจะส่งผลให้อัตราการตายสูงขึ้น อุณหภูมิในการฟักไข่ที่เหมาะสมในสัตว์ปีกส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 37.0 ถึง 37.8 องศาเซลเซียส (Ensminger, 1992; Woodard, Vohra, & Denton, 1993; Robbins, 1998) มีเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการปรับอุณหภูมิของตู้ฟักในแต่ละช่วงต่ออัตราการตายของตัวอ่อนในสัตว์ปีกชนิดต่างๆ เช่น Göth et al. (2005) ที่ศึกษาในไก่งวงออสเตรเลีย พบว่าเมื่อมีการฟักด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (31.0 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้ตัวอ่อนมีอัตราการตายอยู่ที่ร้อยละ 45.8 ซึ่งสูงกว่า เมื่อเทียบกับการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (34.0 องศาเซลเซียส) จะมีอัตราการตายที่ร้อยละ 23.8 ในขณะที่ Yılmaz et al. (2011) ได้ทำการศึกษาในนกกระทา พบว่าเมื่อมีการฟักด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (37.2 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้ตัวอ่อนมีอัตราการตายอยู่ที่ร้อยละ 23.20 ซึ่งน้อยกว่าการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) มีอัตราการตายที่ร้อยละ 32.09 เช่นเดียวกับการศึกษาของ Durant et al. (2016) ที่ศึกษาในเป็ดป่าพบว่าเมื่อมีการฟักด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (35.0 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้ตัวอ่อนมีอัตราการตายอยู่ที่ร้อยละ 25.74 ซึ่งน้อยกว่าการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.0 องศาเซลเซียส) มีอัตราการตายที่ร้อยละ 30.00 ดังแสดงในตารางที่ 2.1

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาถึงผลของอุณหภูมิต่ออัตราการตายของตัวอ่อนในแต่ละช่วงอายุการฟัก ซึ่งจากการศึกษาในไก่ลูกผสมระหว่าง Leghorn และ Barred Rock พบว่าในช่วงระยะเวลาวันที่ 3–5 ซึ่งเป็นช่วงของการพัฒนาเพศพบว่าอัตราการตายของตัวอ่อนในการฟักทั้งสามช่วงอุณหภูมิไม่ว่าจะเป็นการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.64 องศาเซลเซียส) การฟักด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (36.10 องศาเซลเซียส) และสูงกว่ามาตรฐาน (39.17 องศาเซลเซียส) ไม่แตกต่างกัน แต่ในช่วงระยะเวลาวันที่ 19–21 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อยู่ในตู้เกิดนั้น การฟักด้วยอุณหภูมิที่สูงกว่ามาตรฐาน (39.17 องศาเซลเซียส) จะมีผลทำให้อัตราการตายสูงที่สุด และการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.64 องศาเซลเซียส) จะมีอัตราการตายน้อยที่สุด (Byerly, 1938) (ภาพที่ 2.8A) และมีการศึกษาในไก่งวง พบว่า ที่ตลอดระยะเวลาของการฟักนั้น ทั้งในช่วงวันที่ 3–5 ที่เป็นช่วงเวลาของการพัฒนาเรื่องเพศ และช่วงระยะเวลาวันที่ 19–21 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อยู่ในตู้เกิด เมื่อฟักด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (36.5 องศาเซลเซียส) จะมีอัตราการตายต่ำที่สุด และเมื่อฟักด้วยอุณหภูมิที่สูงกว่ามาตรฐาน (38.5 องศาเซลเซียส) นั้นจะส่งผลให้มีอัตราการตายสูงที่สุด (French, 1994) (ภาพที่ 2.8B)

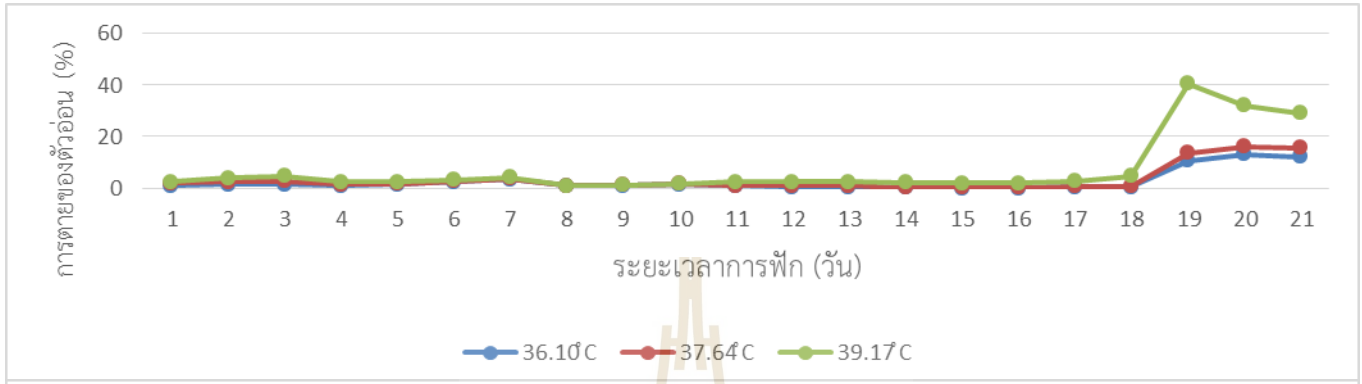
ตารางที่ 2.1 ผลการปรับอุณหภูมิของตู้ฟักในแต่ละช่วงต่ออัตราการตายของตัวอ่อนในสัตว์ปีกชนิดต่างๆ

ชนิดสัตว์ปีก	อุณหภูมิตู้ฟัก (องศาเซลเซียส)	อัตราการตายของตัวอ่อน (ร้อยละ)	อ้างอิง
เป็ดป่า	35.0	25.74	Durant et al. (2016)
	35.9	19.35 *	
	37.0	30.00 *	
ไก่งวงออสเตรเลีย	31.0	45.8	Göth et al. (2005)
	34.0	23.8	
	36.0	34.6	
นกกระทา	37.2	23.20 *	Yılmaz et al. (2011)
	37.7	32.09 *	
	38.2	34.11	

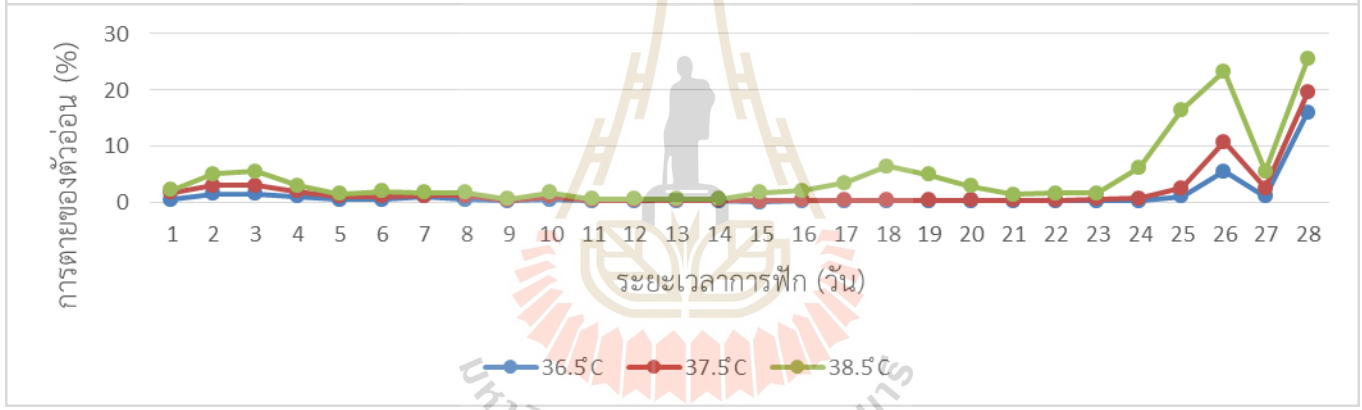
* แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแนวคอลัมน์ ($P < 0.05$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A



B



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาพที่ 2.8 ผลของอุณหภูมิต่ออัตราการตายของตัวอ่อนในแต่ละช่วงอายุการฟัก : ไก่ลูกผสมระหว่าง Leghorn และ Barred Rock (A) ไก่งวง (B)
ที่มา: Göth et al. (2005); Yılmaz et al. (2011); Durant et al. (2016); Wada et al. (2018)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย และการเก็บข้อมูล

3.1 สัตว์ทดลอง แผนการทดลอง และอาหาร

3.1.1 สัตว์ทดลอง

ใช้ไข่ไก่โคราชจำนวน 600 ฟอง ซึ่งเป็นไข่มีเชื้อที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างไก่พ่อพันธุ์เหลืองหางขาว กับไก่แม่พันธุ์ มทส.

3.1.2 แผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งเป็น 2 การทดลอง โดยใช้ไข่ไก่โคราชจำนวน 300 ฟองในแต่ละการทดลอง ซึ่งจัดแบ่งไข่ออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 5 ซ้ำๆ ละ 20 ฟอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 : การเพิ่มหรือลดอุณหภูมิตลอดช่วงระยะเวลาการฟัก จากอุณหภูมิมาตรฐานต่อการกำหนดเพศ

กลุ่มที่ 1 ไข่ที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส)

กลุ่มที่ 2 ไข่ที่ฟักด้วยอุณหภูมิสูงตลอดช่วง (38.0 องศาเซลเซียส)

กลุ่มที่ 3 ไข่ที่ฟักด้วยอุณหภูมิต่ำตลอดช่วง (36.0 องศาเซลเซียส)

การทดลองที่ 2 : การเพิ่มหรือลดอุณหภูมิบางช่วงจากอุณหภูมิมาตรฐานต่อการกำหนดเพศ ซึ่งเป็นการปรับอุณหภูมิในช่วงระยะเวลาที่ตัวอ่อนมีการพัฒนาทางเพศ (วันที่ 3 - 6) จากนั้นจะปรับมาเป็นอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ดังเดิม

กลุ่มที่ 1 ไข่ที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส)

กลุ่มที่ 2 ไข่ที่ฟักด้วยอุณหภูมิสูงบางช่วง (38.0 องศาเซลเซียส)

กลุ่มที่ 3 ไข่ที่ฟักด้วยอุณหภูมิต่ำบาง ช่วง (36.0 องศาเซลเซียส)

เมื่อครบ 21 วันของการฟัก ลูกไก่โคราชที่ฟักออกมาในแต่ละการทดลองจะถูกนำไปเลี้ยงต่อในคอกแบบปล่อยพื้นจนมีอายุถึง 5 สัปดาห์ ในการใช้โรงเรือนและการจัดการให้อาหารปฏิบัติตามคำแนะนำและอยู่ภายใต้การควบคุมของฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.1.3 อาหารสำหรับเลี้ยงไก่โคราช

ใช้อาหารทดลองทางการค้าบริษัท ซีพี (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ที่มีระดับพลังงาน โปรตีนเท่ากัน และมีองค์ประกอบของโภชนะเพียงพอกับความต้องการของไก่โคราชแต่ละช่วงอายุ โดยไก่อายุ 0-3 สัปดาห์ โปรตีนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 21 (ไฮโปรไวท์ 510) และไก่อายุ 3-5 สัปดาห์ โปรตีนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 19 (ซีพี 911) ในการเลี้ยงสัตว์เป็นการให้อาหารแบบเต็มที่ (ad

libitum) มีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา และได้รับวัคซีนตามเวลาที่กำหนด (ตารางที่ 3.1) จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองที่อายุ 5 สัปดาห์

ตารางที่ 3.1 โปรแกรมการให้วัคซีน

อายุไก่ (วัน)	วัคซีน	วิธีการให้
วันที่ 7	โรคนิวคาสเซิล และโรคหลอดลมอักเสบติดต่อ (Newcastle disease and infections bronchitis)	หยอดตา
วันที่ 14	โรคกัมโบโร (Gumboro; Infections bursal disease)	หยอดปาก
วันที่ 21	โรคนิวคาสเซิล และโรคหลอดลมอักเสบติดต่อ (Newcastle disease and infections bronchitis)	หยอดตา

3.2 การเก็บข้อมูล

ในการทดลองที่ 1 ที่เป็นการศึกษาถึงผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิตลอดช่วงระยะเวลาการฟัก จากอุณหภูมิมาตรฐานต่อการกำหนดเพศ และในการทดลองที่ 2 ที่เป็นการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิบางช่วงจากอุณหภูมิมาตรฐานต่อการกำหนดเพศ ซึ่งเป็นการปรับอุณหภูมิในช่วงระยะเวลาที่ตัวอ่อนมีการพัฒนาทางเพศ (วันที่ 3 - 6) จากนั้นจะปรับมาเป็นอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ดังเดิม มีการเก็บข้อมูล ดังนี้

3.2.1 การศึกษาถึงอัตราส่วนเพศผู้และเพศเมีย

เมื่อลูกไก่ฟักทำการตรวจสอบเพศโดยการปลิ้นก้น (Yousaf, 2016) จากนั้นทำการติดป้ายที่ปีกแยกเพศผู้เพศเมีย เมื่อนำไปเลี้ยงจนครบ 5 สัปดาห์ ทำการตรวจสอบดูเพศอีกครั้งโดยเป็นการสังเกตลักษณะภายนอก รวมไปถึงการผ่าตรวจสอบเพศดูอัณฑะและรังไข่

3.2.2 การศึกษาถึงโครงสร้างทางจุลกายวิภาคของระบบสืบพันธุ์

เมื่อเลี้ยงไก่ครบ 5 สัปดาห์ จะทำการเก็บตัวอย่างอัณฑะและรังไข่ ก่อนถึงวันเก็บตัวอย่าง 1 วัน จะให้ไก่อดอาหาร แต่ให้กินน้ำสะอาดเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ในการเก็บตัวอย่างจะทำให้ไก่ตายอย่างสงบ โดยการทำ cervical dislocation ตามวิธีการของ Song and Silversides (2006) จากนั้นจะทำการผ่าเปิดช่องท้องเพื่อเก็บตัวอย่างอัณฑะและรังไข่ แล้วนำไปใส่ลงในขวดพลาสติกที่มีสารละลายบัฟเฟอร์ฟอร์มาลินร้อยละ 10 เพื่อรักษาสภาพเนื้อเยื่อ และทำให้เนื้อเยื่อมีความแข็งสามารถตัดเป็นชิ้นบางๆ ได้ เมื่อต้องการที่จะศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histology) นำไปผ่านกระบวนการโดยใช้เครื่อง Automatic tissue processer (Sarabia Fragoso et al., 2013)

3.2.3 การตรวจสอบโครโมโซมเพศเมีย

เมื่อครบ 21 วันของการฟักไข่ (ลูกไก่อายุ 1 วัน) ลูกไก่โคราชทุกตัวทั้งในการทดลองที่ 1 และ 2 ที่ฟักออกมาจะถูกนำมาเก็บเลือด โดยเก็บเลือดที่เส้นเลือดบริเวณคอ (jugular vein) ในปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ก่อนนำลูกไก่เข้าโรงเรือนไปเลี้ยงต่อ จากนั้นเลือดที่เก็บมาจะนำไปสกัด DNA และทำการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมียด้วยเทคนิคปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (Haunshi et al., 2008) ในลำดับถัดไป เพื่อทำการตรวจสอบเพศ และยืนยันผลการศึกษาการเปลี่ยนเพศ

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการทดลองที่ 1 ที่เป็นการศึกษาถึงผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิตลอดช่วงระยะเวลาการฟัก จากอุณหภูมิมาตรฐานต่อการกำหนดเพศ และในการทดลองที่ 2 ที่เป็นการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิบางช่วงจากอุณหภูมิมาตรฐานต่อการกำหนดเพศ ซึ่งเป็นการปรับอุณหภูมิในช่วงระยะเวลาที่ตัวอ่อนมีการพัฒนาทางเพศ (วันที่ 3 - 6) จากนั้นจะปรับมาเป็นอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ดังเดิม มีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.3.1 อัตราการฟักออก อัตราการตาย และสมรรถนะการเจริญเติบโต

คำนวณหาอัตราการฟักออก อัตราการตาย และสมรรถนะการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักตัวในแล่ละช่วงอายุ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average Daily Gain, ADG) และอัตราการแลกเนื้อ (Feed conversion ratio, FCR) ได้ดังนี้

$$\text{อัตราการฟักออก} = \frac{\text{จำนวนลูกไก่ที่เกิด} * 100}{\text{จำนวนไข่มีเชื้อ}}$$

$$\text{อัตราการตาย} = \frac{\text{จำนวนไข่ที่ไม่ฟัก} * 100}{\text{จำนวนไข่มีเชื้อ}}$$

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน} = \frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

$$\text{อัตราการแลกเนื้อ} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น}}$$

นำผลที่คำนวณได้ทั้งหมดไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ ANOVA ในโปรแกรม IBM SPSS Statistics 26.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Duncan tests โดยทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3.2 อัตราส่วนเพศผู้และเพศเมีย

อัตราส่วนเพศผู้และเพศเมียที่เกิดขึ้นทั้งหมด ทั้งจากการตรวจสอบดูอัณฑะและรังไข่และการตรวจโครโมโซมเพศ จะไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) ซึ่งแบ่งการทดสอบได้ดังนี้

3.3.2.1 การทดสอบภาวสารูปสนิทดี (test of goodness of fit) มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบอัตราส่วนเพศผู้และเพศเมียที่เกิดขึ้นในการศึกษา เป็นไปตามทฤษฎีสัดส่วนเพศผู้และเพศเมียโดยธรรมชาติ 50 : 50 หรือไม่ โดยทดสอบได้จากสูตร

$$X^2 = \sum_{i=1}^{K} \frac{(O-E)^2}{E}$$

3.3.2.2 การทดสอบความเป็นอิสระ (test of independence) มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบว่าอุณหภูมิมีผลต่ออัตราส่วนเพศผู้และเพศเมียที่เกิดขึ้นหรือไม่ โดยทดสอบได้จากสูตร

$$X^2 = \sum_{i=1}^{r} \sum_{j=1}^{c} \frac{(O-E)^2}{E}$$

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

3.4.1 งานสัตว์ปีก ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.4.2 ห้องปฏิบัติการปรับปรุงพันธุ์สัตว์และสรีรวิทยาสัตว์ อาคารเครื่องมือ 10

3.4.3 ห้องปฏิบัติการโภชนศาสตร์สัตว์กระเพาะเดี่ยว อาคารเครื่องมือ 14

3.4.4 ห้องปฏิบัติการสุขภาพสัตว์ อาคารเครื่องมือ 14

3.5 ระยะเวลาการทดลอง

เริ่มทำการทดลอง เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2564

สิ้นสุดการทดลอง เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2565

บทที่ 4
ผลการทดลอง และการอภิปรายผล

การทดลองที่ 1 : การเพิ่มหรือลดอุณหภูมิตลอดช่วงระยะเวลาการฟักจากอุณหภูมิมาตรฐานต่อการกำหนดเพศ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิตู้ฟักต่อการกำหนดเพศในไก่โคราช โดยศึกษาการใช้อุณหภูมิการฟักตลอดช่วง และการตรวจโครโมโซมเพศ เพื่อยืนยันการเปลี่ยนเพศ รวมถึงการศึกษาโครงสร้างทางจุลกายวิภาคของระบบสืบพันธุ์ในไก่โคราชที่เปลี่ยนเพศโดยอุณหภูมิ และศึกษาสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่ที่เปลี่ยนเพศ

4.1 การศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วงต่ออัตราการฟักออก และอัตราการตายในไก่โคราช

เมื่อนำไข่เข้าการทดลองกลุ่มละ 100 ฟอง แล้วคัดไข่ไม่มีเชื้อออกในวันที่ 15 ของการฟัก พบว่าในกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐานมีร้อยละของไข่มีเชื้อสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิสูงตลอดช่วง และกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิต่ำตลอดช่วง ในการศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วงต่อการกำหนดเพศ พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิเป็น 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงส่งผลให้มีอัตราการฟักออกและอัตราการตายไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) และเมื่อมีการลดอุณหภูมิเป็น 36.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงส่งผลให้มีอัตราการฟักออกต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยอยู่ที่ร้อยละ 44.73 และมีอัตราการตายสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยอยู่ที่ร้อยละ 55.27 เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Göth et al. (2005) ที่ศึกษาในไก่งวงออสเตรเลียพบว่าเมื่อมีการฟักด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (31.0 องศาเซลเซียส) จะส่งผลให้ตัวอ่อนมีอัตราการตายอยู่ที่ร้อยละ 45.8 ซึ่งสูงกว่า เมื่อเทียบกับการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (34.0 องศาเซลเซียส) จะมีอัตราการตายที่ร้อยละ 23.8 ในขณะที่ต่างจากการศึกษาของ Yılmaz et al. (2011) ได้ทำการศึกษาในนกกระทาพบว่าเมื่อมีการฟักด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (37.2 องศาเซลเซียส)จะส่งผลให้ตัวอ่อนมีอัตราการตายอยู่ที่ร้อยละ 23.20 ซึ่งน้อยกว่าการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) จะมีอัตราการตายที่ร้อยละ 32.09 เช่นเดียวกับการศึกษาของ Durant et al. (2016) ที่ศึกษาในเป็ดป่าพบว่าเมื่อมีการฟักด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (35.0 องศาเซลเซียส) จะส่งผลให้ตัวอ่อนมีอัตราการตายอยู่ที่ร้อยละ

25.74 ซึ่งน้อยกว่าการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.0 องศาเซลเซียส) จะมีอัตราการตายที่ร้อยละ 30.00 ดังผลที่แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วงออัตราการฟักออกและอัตราการตายในไก่โคราช

กลุ่ม	ไข่มีเชื้อ (ร้อยละ)	อัตราการฟักออก (ร้อยละ)	อัตราการตาย (ร้อยละ)
อุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส)	87.00 ± 2.55 [a]	79.45 ± 5.88 [a]	20.55 ± 5.88 [a]
อุณหภูมิสูงตลอดช่วง (38.0 องศาเซลเซียส)	74.00 ± 3.67 [b]	79.86 ± 3.07 [a]	20.14 ± 3.07 [a]
อุณหภูมิต่ำตลอดช่วง (36.0 องศาเซลเซียส)	76.00 ± 4.00 [b]	44.73 ± 4.87 [b]	55.27 ± 4.87 [b]

*a,b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติในแนวคอลัมน์ ($P < 0.05$)

4.2 การศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วงต่อการกำหนดเพศในไก่โคราช

การศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วงต่อการกำหนดเพศ โดยผลการศึกษาสัดส่วนเพศจากการผ่าเช็คเพศไก่ที่อายุ 5 สัปดาห์ พบว่าลูกไก่ที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงมีสัดส่วนเพศผู้ที่สูงกว่าเพศเมียโดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเทียบกับลูกไก่ที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wada et al. (2018) ที่ศึกษาในนก zebra finches พบว่าที่อุณหภูมิที่สูงกว่ามาตรฐาน (38.4 องศาเซลเซียส) พบว่าจะมีสัดส่วนเพศผู้สูงที่สุด แต่ขัดแย้งกับการศึกษาของ Göth and Booth (2005) ที่ศึกษาในไก่งวงออสเตรเลียพบว่า อุณหภูมิที่สูงกว่ามาตรฐาน (36.0 องศาเซลเซียส) จะมีสัดส่วนเพศผู้ต่ำที่สุด อีกทั้งยังขัดแย้งกับการศึกษาของ Collins et al. (2013) ที่ศึกษาในไก่เนื้อ ผลพบว่าอุณหภูมินั้นไม่มีผลต่อการกำหนดเพศ ซึ่งในการศึกษานั้นพบว่าวิธีการปรับอุณหภูมิในขณะฟักไข่จะเป็นการค่อยๆ ลดอุณหภูมิลงประมาณ 0.1–0.3 องศาเซลเซียส ต่อวันของการฟักไข่ จึงแตกต่างจากวิธีการในการศึกษาครั้งนี้

เมื่อนำสัดส่วนเพศที่เกิดขึ้นไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการทดสอบภาวสารูปสนิทดี (test of goodness of fit) พบว่าการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) การฟักด้วยอุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐาน (38.0 องศาเซลเซียส) และการฟักด้วยอุณหภูมิต่ำกว่ามาตรฐาน (36.0 องศาเซลเซียส) สัดส่วนเพศที่เกิดขึ้นนั้นเป็นไปตามทฤษฎีสัดส่วนเพศผู้และเพศเมียโดยธรรมชาติ 50 : 50 และจาก

การทดสอบความเป็นอิสระ (test of independence) พบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่ออัตราส่วนเพศผู้และเพศเมียที่เกิดขึ้น

ในการนำเลือดจากลูกไก่ที่ฟักอายุ 1 วัน ไปสกัด DNA และทำการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมียด้วยเทคนิคปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสนั้นพบว่ามีลูกไก่มีการเปลี่ยนเพศ ทั้งเปลี่ยนจากเพศเมียเป็นเพศผู้ และเพศผู้เป็นเพศเมีย โดยเมื่อใช้อุณหภูมิการฟักที่ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงส่งผลให้ลูกไก่เปลี่ยนจากเพศเมียเป็นเพศผู้ ร้อยละ 9.7 ในขณะที่ใช้อุณหภูมิการฟักที่ 36.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงไม่พบการเปลี่ยนเพศในลูกไก่ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Piestun et al. (2013) ว่าการกระตุ้นไข่ด้วยอุณหภูมิที่สูง หรือต่ำกว่ามาตรฐานจะทำให้สัดส่วนของเพศเปลี่ยนแปลงไปประมาณร้อยละ 10 เมื่อพิจารณาจากลักษณะทางภายนอกของสัตว์

จากการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าการฟักไข่ด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ไก่สามารถเปลี่ยนจากเพศเมียเป็นเพศผู้ได้ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนของ Secondary sex characteristic (ลักษณะภายนอกและอวัยวะสืบพันธุ์) แต่ Primary sex characteristic (โครโมโซมเพศ) นั้นยังคงเดิม ดังผลที่แสดงในตารางที่ 4.2 4.3 และภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 ผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วงต่อสัดส่วนเพศโดยการผ่าเช็คเพศและการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมียในไก่โคราช

กลุ่ม	สัดส่วนเพศจากการผ่าเช็คเพศ		X^2	สัดส่วนเพศจากการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมีย		X^2
	อัณฑะ (ร้อยละ)	รังไข่ (ร้อยละ)		เพศผู้ (ร้อยละ)	เพศเมีย (ร้อยละ)	
อุณหภูมิสูงตลอดช่วง (38.0 องศาเซลเซียส)	52.5	47.5	0.125	47.5	52.5	0.125
อุณหภูมิต่ำตลอดช่วง (36.0 องศาเซลเซียส)	47.1	52.9	0.168	47.1	52.9	0.168
อุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส)	49.3	50.7	0.01	49.3	50.7	0.01
	X^2 = 0.602			X^2 = 0.111		

* X^2 ในแนวคอลัมน์แสดงถึงการทดสอบภาวสารูปสนิทดี (test of goodness of fit) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

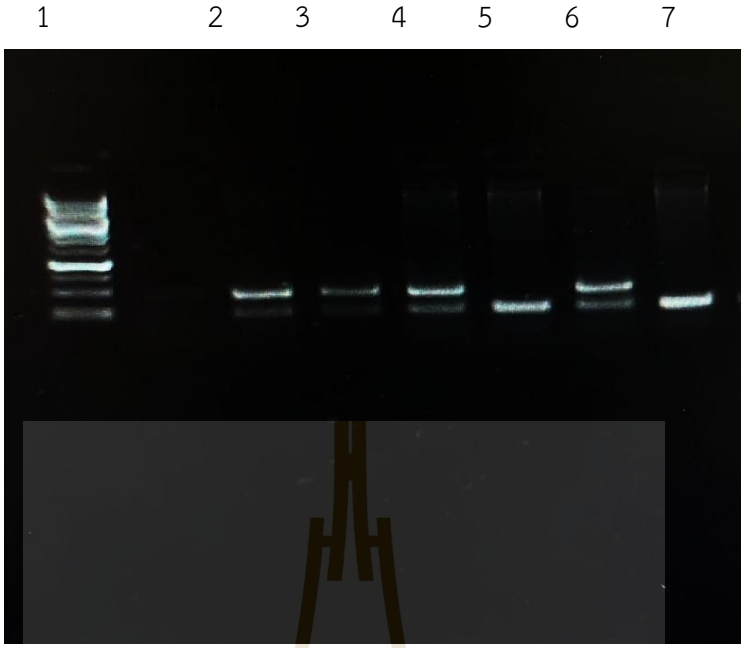
* X^2 ในแนวแถวแสดงถึงการทดสอบความเป็นอิสระ (test of independence) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 การแปลผลจากการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วงต่อสัดส่วนเพศ โดยการผ่าเช็คเพศและการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมียในไก่โคราช

กลุ่ม	สัดส่วนเพศจากการผ่าเช็คเพศ		สัดส่วนเพศจากการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมีย		การแปลผลจากการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมีย (ร้อยละ)
	อัณฑะ (ตัว)	รังไข่ (ตัว)	อัณฑะ (ตัว)	รังไข่ (ตัว)	
อุณหภูมิสูงตลอดช่วง (38.0 องศาเซลเซียส)	31	28	28	31	เพศเมีย $\rightarrow$ เพศผู้ = $\frac{3 * 100}{31}$ = 9.7
อุณหภูมิต่ำตลอดช่วง (36.0 องศาเซลเซียส)	16	18	16	18	-
อุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส)	34	35	34	35	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาพที่ 4.1 ผลการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมีย

การตรวจสอบโครโมโซมเพศเมียด้วยเทคนิคปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส โดยใช้ DNA ที่สกัดจากเลือดลูกไก่อายุ 1 วัน ในช่องที่ 1 จะเป็น Marker ในช่องที่ 2-4 และ 6 จะแสดงถึงเพศเมีย ในช่องที่ 5 และ 7 จะแสดงถึงเพศผู้ โดยแบนแถบล่างจะแสดงถึง 18S ribosomal gene สามารถพบได้ทั้งในไก่เพศผู้และเพศเมีย สำหรับแบนแถบบนจะแสดงถึง W chromosome ซึ่งจะพบได้เฉพาะไก่เพศเมียเท่านั้น

4.3 การศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วงต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชที่เลี้ยงทั้งหมด

การศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วงต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชแบบคละเพศพบว่าในวันแรกที่ลูกไก่เกิด กลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงและอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงมีน้ำหนักแรกเกิดที่ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) เมื่อไก่มีอายุครบ 1 สัปดาห์ กลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) มีน้ำหนักมากที่สุด ($P < 0.05$) ซึ่งมีน้ำหนักอยู่ที่ 89.66 กรัม แต่เมื่ออายุ 2 - 5 สัปดาห์ กลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส มีน้ำหนักไม่ต่างจากกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) การฟักด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วง ไก่จะมีน้ำหนักน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ในทุกช่วงอายุตั้งแต่ 1-5 สัปดาห์ และในค่าของอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average Daily Gain, ADG) พบว่าเมื่อมีการใช้อุณหภูมิการฟัก 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงระยะเวลาการฟัก จะมีค่า

อัตราการเจริญเติบโตต่อวันไม่ต่างจากการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) (14.56 ± 0.32, 15.31 ± 0.29) แต่เมื่อใช้อุณหภูมิการฟัก 36.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงระยะเวลาการฟัก จะมีค่าค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันต่ำกว่ากลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (13.70 ± 0.36, 15.31 ± 0.29)

เมื่อพิจารณาในกลุ่มไก่โคราชเพศผู้พบว่าในวันแรกที่ลูกไก่เกิด - สัปดาห์ที่2 กลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) มีน้ำหนักไม่ต่างจากกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงและเมื่ออายุ 3 และ 4 สัปดาห์ กลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) มีน้ำหนักสูงกว่ากลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (340.47 ± 5.15, 317.95 ± 7.80) และ (509.52 ± 8.83, 474.70 ± 10.47) แต่เมื่อถึงอายุ 5 สัปดาห์ กลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิสูง 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงมีน้ำหนักไม่ต่างจากกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) การใช้อุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วง ไก่มีน้ำหนักน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในทุกช่วงอายุตั้งแต่ 1-5 สัปดาห์ และเมื่อพิจารณาถึงค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันพบว่า เมื่อมีการใช้อุณหภูมิการฟัก 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงระยะเวลาการฟัก มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันไม่ต่างจากการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) (16.02 ± 0.36, 17.14 ± 0.32) แต่เมื่อใช้อุณหภูมิการฟัก 36.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงระยะเวลาการฟัก มีค่าค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันกว่ากลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (15.02 ± 0.50, 17.14 ± 0.32)

ในกลุ่มไก่โคราชเพศเมียพบว่าในวันแรกที่ลูกไก่เกิด กลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงและอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงมีน้ำหนักแรกเกิดไม่ต่างกัน ($P > 0.05$) ที่อายุ 2-5 สัปดาห์ กลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงมีน้ำหนักไม่ต่างจากกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) และการใช้อุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงพบว่าไก่มีน้ำหนักน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในทุกช่วงอายุตั้งแต่ 1-5 สัปดาห์ และเมื่อพิจารณาถึงค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันพบว่าเมื่อมีการใช้อุณหภูมิการฟัก 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงระยะเวลาการฟัก มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันไม่ต่างจากการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) (12.95 ± 0.30, 13.53 ± 0.21) แต่เมื่อใช้อุณหภูมิการฟัก 36.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงระยะเวลาการฟัก มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันต่ำกว่ากลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (12.53 ± 0.33, 13.53 ± 0.21) ในค่าของอัตราการแลกเนื้อก็เช่นเดียวกัน การใช้อุณหภูมิการฟัก 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงระยะเวลาการฟักมีค่าอัตราการแลกเนื้อไม่ต่างจากการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) (3.19 ± 0.06, 3.01 ± 0.06) แต่เมื่อใช้อุณหภูมิการฟัก 36.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงระยะเวลาการฟัก มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันต่ำกว่ากลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (3.38 ± 0.06, 3.01 ± 0.06) ดังผลที่แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วงต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชทั้งหมดในแต่ละการทดลอง

	กลุ่ม	น้ำหนักไก่โคราชในแต่ละช่วงอายุ						ADG	FCR
		สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5		
ไก่คละเพศ	อุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส)	46.09 ± 0.53	89.66 ± 1.17 [a]	190.16 ± 2.71 [a]	311.99 ± 4.94 [a]	461.46 ± 7.96 [a]	581.98 ± 10.26 [a]	15.31 ± 0.29 [a]	3.01 ± 0.06 [a]
	อุณหภูมิสูงตลอดช่วง (38.0 องศาเซลเซียส)	45.55 ± 0.48	86.02 ± 1.15 [b]	184.09 ± 2.84 [a]	297.00 ± 5.75 [a]	437.51 ± 8.74 [a]	555.29 ± 11.18 [ab]	14.56 ± 0.32 [ab]	3.19 ± 0.06 [ab]
	อุณหภูมิต่ำตลอดช่วง (36.0 องศาเซลเซียส)	44.60 ± 0.57	65.10 ± 1.16 [c]	150.58 ± 2.58 [b]	263.85 ± 4.65 [b]	398.74 ± 8.42 [b]	524.11 ± 12.63 [b]	13.70 ± 0.36 [b]	3.38 ± 0.06 [b]
ไก่เพศผู้	อุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส)	46.83 ± 0.81 [a]	93.59 ± 1.43 [a]	204.09 ± 2.81 [a]	340.47 ± 5.15 [a]	509.52 ± 8.83 [a]	646.84 ± 11.47 [a]	17.14 ± 0.32 [a]	
	อุณหภูมิสูงตลอดช่วง (38.0 องศาเซลเซียส)	46.09 ± 0.66 [ab]	89.21 ± 1.55 [a]	195.89 ± 2.94 [a]	317.95 ± 7.80 [b]	474.70 ± 10.47 [b]	606.78 ± 13.32 [ab]	16.02 ± 0.36 [ab]	
	อุณหภูมิต่ำตลอดช่วง (36.0 องศาเซลเซียส)	43.98 ± 0.84 [b]	64.51 ± 1.58 [b]	153.64 ± 3.68 [b]	279.59 ± 6.03 [c]	429.33 ± 11.04 [c]	569.84 ± 17.50 [b]	15.02 ± 0.50 [b]	
ไก่เพศเมีย	อุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส)	45.36 ± 0.69	85.85 ± 1.62 [a]	176.62 ± 3.24 [a]	284.32 ± 5.07 [a]	414.77 ± 6.79 [a]	518.98 ± 7.38 [a]	13.53 ± 0.21 [a]	
	อุณหภูมิสูงตลอดช่วง (38.0 องศาเซลเซียส)	44.94 ± 0.71	82.48 ± 1.47 [a]	171.02 ± 3.73 [a]	273.81 ± 6.09 [a]	396.34 ± 9.56 [a]	498.29 ± 10.88 [ab]	12.95 ± 0.30 [ab]	
	อุณหภูมิต่ำตลอดช่วง (36.0 องศาเซลเซียส)	45.14 ± 0.77	65.63 ± 1.70 [b]	147.85 ± 3.59 [b]	249.86 ± 5.14 [b]	371.55 ± 8.47 [b]	483.47 ± 11.76 [b]	12.53 ± 0.33 [b]	

*a,b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติในแนวคอลัมน์ ($P < 0.05$)

ADG แสดงถึงค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม/วัน) FCR แสดงถึงค่าอัตราการแลกเนื้อ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4 ผลของการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วง (อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชที่มีการเปลี่ยนเพศจากเพศเมียเป็นเพศผู้

ผลของการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วง (อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชที่มีการเปลี่ยนเพศจากเพศเมียเป็นเพศผู้ โดยผลการศึกษาพบว่าในวันแรกที่ลูกไก่เกิด – 1 สัปดาห์ ลูกไก่ที่เปลี่ยนเพศมีน้ำหนักตัวไม่แตกต่างจากลูกไก่เพศผู้และเพศเมีย ไม่ว่าจะเป็นการใช้อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วง หรืออุณหภูมิมาตรฐานในการฟัก (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) เมื่อไก่อายุ 2 สัปดาห์ ลูกไก่ที่เปลี่ยนเพศมีน้ำหนักตัวไม่แตกต่างจากลูกไก่เพศผู้ที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วง และเพศเมียที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) ในขณะที่ลูกไก่ที่เปลี่ยนเพศมีน้ำหนักตัวสูงกว่าลูกไก่เพศเมียที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อพิจารณาน้ำหนักไก่ที่อายุ 3-5 สัปดาห์ และเมื่อพิจารณาถึงค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน พบว่าลูกไก่ที่เปลี่ยนเพศมีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันไม่แตกต่างจากลูกไก่เพศเมีย ทั้งการใช้อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วง และอุณหภูมิมาตรฐานในการฟัก (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) (13.60 ± 3.53, 12.95 ± 1.60, 13.53 ± 1.22) ในขณะที่ลูกไก่เพศผู้ที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วง และอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงกว่าลูกไก่ที่เปลี่ยนเพศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (16.28 ± 1.87, 17.14 ± 1.88, 13.60 ± 3.53) ดังผลที่แสดงในตารางที่ 4.5

แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้พบไก่ที่เปลี่ยนเพศเพียงแค่ 3 ตัว ซึ่งมีน้ำหนักที่อายุ 5 สัปดาห์ ดังนี้ 404.48 , 649.92 และ 510.92 กรัม จะเห็นได้ว่ามีไก่ที่เปลี่ยนเพศบางตัวที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกับน้ำหนักเฉลี่ยของไก่เพศผู้ที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (649.92, 646.84) และยังสูงกว่าน้ำหนักเฉลี่ยของไก่เพศผู้ที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงอีกด้วย (649.92, 615.89) จากการที่พบไก่ที่เปลี่ยนเพศจำนวน 3 ตัว ข้อมูลยังมีการกระจายตัวที่สูงอยู่ ซึ่งอาจยังไม่เพียงพอหากจะนำไปเปรียบเทียบในด้านสมรรถนะการเจริญเติบโตกับไก่ในกลุ่มอื่นๆ

ตารางที่ 4.5 ผลของการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วง (อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชที่มีการเปลี่ยนเพศจากเพศเมียเป็นเพศผู้

กลุ่ม		น้ำหนักไก่โคราชในแต่ละช่วงอายุ						ADG
		สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	
ไก่ที่เปลี่ยนเพศ (จากเพศเมียเป็นเพศผู้)		45.85 ± 0.31	88.79 ± 5.14 ^{ab}	187.19 ± 14.55 ^{bc}	261.63 ± 78.36 ^{b}	392.26 ± 98.28 ^{b}	521.77 ± 123.08 ^{b}	13.60 ± 3.53 ^{b}
อุณหภูมิสูงตลอดช่วง (38.0 องศาเซลเซียส)	ไก่เพศผู้	45.12 ± 3.84	89.26 ± 8.96 ^{ab}	196.82 ± 16.53 ^{ab}	323.98 ± 35.35 ^{a}	483.53 ± 47.17 ^{a}	615.89 ± 64.04 ^{a}	16.28 ± 1.87 ^{a}
	ไก่เพศเมีย	44.94 ± 3.78	82.48 ± 7.76 ^{b}	171.02 ± 19.76 ^{d}	273.81 ± 32.20 ^{b}	396.34 ± 50.60 ^{b}	498.29 ± 57.55 ^{b}	12.95 ± 1.60 ^{b}
อุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส)	ไก่เพศผู้	46.83 ± 4.74	93.59 ± 8.34 ^{a}	204.09 ± 16.37 ^{a}	340.47 ± 30.04 ^{a}	509.52 ± 51.48 ^{a}	646.84 ± 66.88 ^{a}	17.14 ± 1.88 ^{a}
	ไก่เพศเมีย	45.36 ± 4.06	85.85 ± 9.55 ^{ab}	176.62 ± 19.18 ^{cd}	284.32 ± 29.97 ^{b}	414.77 ± 40.16 ^{b}	518.98 ± 43.65 ^{b}	13.53 ± 1.22 ^{b}

*a-d แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติในแนวคอลัมน์ ($P<0.05$)

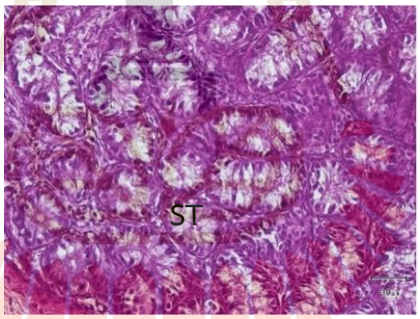
ADG แสดงถึงค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม/วัน)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

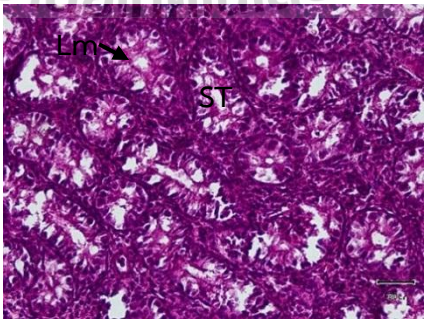
4.5 การศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histology) ของอัณฑะที่มีผลมาจากการเปลี่ยนเพศ (จากเพศเมียเป็นเพศผู้) โดยใช้อุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐานตลอดช่วง

สำหรับการศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histology) ของอัณฑะที่มีผลมาจากการเปลี่ยนเพศ จากการฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วง เมื่อนำอัณฑะที่ตรวจพบโครโมโซมเพศเมียมาตรวจสอบลักษณะโครงสร้างทางจุลกายวิภาค โดยเปรียบเทียบกับอัณฑะที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า โครงสร้างทางจุลกายวิภาคเปลี่ยนเป็นอัณฑะเช่นเดียวกับเพศผู้ที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นการยืนยันว่าสามารถเปลี่ยนเพศได้จริง เมื่อศึกษาถึงจำนวนท่อสร้างอสุจิ (seminiferous tubules) ที่อยู่ในโครงสร้างอัณฑะ โดยเปรียบเทียบเป็นการให้คะแนนพบว่า ในไก่เปลี่ยนเพศที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียสตลอดช่วง พบจำนวนท่อสร้างอสุจิอยู่ที่ระดับ 4 คะแนน (จำนวนท่อสร้างอสุจิอยู่ระหว่าง 17-24 ท่อ) และเมื่อพิจารณาในไก่ที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) พบจำนวนท่อสร้างอสุจิอยู่ที่ระดับ 5 คะแนน (จำนวนท่อสร้างอสุจิอยู่ระหว่าง 25-30 ท่อ) ดังแสดงในภาพที่ 4.2

อัณฑะที่ตรวจพบโครโมโซมเพศเมีย ในไก่ที่เปลี่ยนเพศ โดยเปลี่ยนจากเพศผู้เป็นเพศเมีย



อัณฑะในไก่ที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน



ST = seminiferous tubules, Lm = Lumen

ภาพที่ 4.2 จุลกายวิภาคของอัณฑะ

ภาพจุลกายวิภาคของอัณฑะของกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วง ที่ตรวจพบโครโมโซมเพศเมีย และอัณฑะของกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน ที่ย้อมด้วยสี Hematoxylin และ Eosin (40x)

การทดลองที่ 2 : การเพิ่มหรือลดอุณหภูมิบางช่วงจากอุณหภูมิมาตรฐานต่อการกำหนดเพศ

จากในการทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาถึงผลของอุณหภูมิตู้ฟักต่อการกำหนดเพศในไก่โคราช โดยศึกษาการใช้อุณหภูมิการฟักตลอดช่วง พบว่าในการปรับอุณหภูมิต่ำกว่ามาตรฐานที่อุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วง ส่งผลให้มีอัตราการตายที่สูงกว่าการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน จึงนำมาสู่การทดลองที่ 2 คือ การศึกษาผลของอุณหภูมิตู้ฟักต่อการกำหนดเพศในไก่โคราช โดยปรับอุณหภูมิในช่วงระยะเวลาที่ตัวอ่อนมีการพัฒนาทางเพศ (วันที่ 3-6 ของการฟัก) จากนั้นจะปรับมาเป็นอุณหภูมิมาตรฐานในการฟัก (37.7 องศาเซลเซียส) ดังเดิม

ดังนั้น ในการทดลองที่ 2 จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิตู้ฟักต่อการกำหนดเพศในไก่โคราช โดยศึกษาการใช้อุณหภูมิการฟักบางช่วง ซึ่งเป็นการปรับอุณหภูมิในช่วงระยะเวลาที่ตัวอ่อนมีการพัฒนาทางเพศ (วันที่ 3-6 ของการฟัก) จากนั้นจะปรับมาเป็นอุณหภูมิมาตรฐานในการฟัก (37.7 องศาเซลเซียส) ดังเดิม และการตรวจโครโมโซมเพศ เพื่อยืนยันการเปลี่ยนเพศ รวมถึงการศึกษาโครงสร้างทางจุลกายวิภาคของระบบสืบพันธุ์ในไก่โคราชที่เปลี่ยนเพศโดยอุณหภูมิ และศึกษาสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่ที่เปลี่ยนเพศ

4.6 การศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วงต่ออัตราการฟักออก และอัตราการตายในไก่โคราช

เมื่อนำไข่เข้าการทดลองกลุ่มละ 100 ฟอง แล้วคัดไข่ไม่มีเชื้อออกในวันที่ 15 ของการฟัก พบว่าทุกกลุ่มมีร้อยละของไข่มีเชื้อที่ไม่ต่างกัน ($P > 0.05$) ไม่ว่าจะเป็นกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน กลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิสูงตลอดช่วง หรือกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิต่ำตลอดช่วง เมื่อพิจารณาถึงผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วง (ในวันที่ 3-6 ของการฟัก) ต่อการกำหนดเพศ โดยพบว่าเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 38.0 องศา เซลเซียส บางช่วงหรือลดอุณหภูมิเป็น 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วงส่งผลให้มีอัตราการฟักออก และอัตราการตายไม่ได้แตกต่างกัน ($P > 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในไก่ลูกผสมระหว่าง Leghorn และ Barred Rock พบว่าในช่วงระยะเวลาวันที่ 3–5 ที่เป็นช่วงของการพัฒนาเรื่องเพศนั้น อัตราการตายของตัวอ่อนในการฟักทั้งสามช่วงอุณหภูมิ ไม่ว่าจะเป็นการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.64 องศาเซลเซียส) การฟักด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (36.10 องศาเซลเซียส) และสูงกว่ามาตรฐาน (39.17 องศาเซลเซียส) ไม่ได้มีความแตกต่างกัน (Byerly, 1938) ในขณะที่ต่างจากการศึกษา

ในไก่งวง ที่ระยะเวลา 3-5 วันของการฟักนั้น เมื่อฟักด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (36.5 องศาเซลเซียส) จะมีอัตราการตายต่ำที่สุด และเมื่อฟักด้วยอุณหภูมิที่สูงกว่ามาตรฐาน (38.5 องศาเซลเซียส) จะส่งผลให้มีอัตราการตายสูงที่สุด (French, 1994) ดังผลที่แสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วงต่ออัตราการฟักออกและอัตราการตายในไก่โคราช

กลุ่ม	ไข่มีเชื้อ (ร้อยละ)	อัตราการฟักออก (ร้อยละ)	อัตราการตาย (ร้อยละ)
อุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส)	88.00 ± 4.06	78.21 ± 2.28	21.79 ± 2.28
อุณหภูมิสูงบางช่วง (38.0 องศาเซลเซียส วันที่ 3-6)	88.00 ± 3.00	87.73 ± 2.42	12.27 ± 2.42
อุณหภูมิต่ำบางช่วง (36.0 องศาเซลเซียส วันที่ 3-6)	83.00 ± 2.00	81.88 ± 4.94	18.12 ± 4.94

*a,b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติในแนวคอลัมน์ ($P < 0.05$)

4.7 การศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วงต่อการกำหนดเพศในไก่โคราช

การศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานในบางช่วงต่อการกำหนดเพศ โดยผลการศึกษาสัดส่วนเพศจากการผ่าเช็คเพศไก่ที่อายุ 5 สัปดาห์ พบว่าลูกไก่ที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) และลูกไก่ที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงมีสัดส่วนเพศผู้ที่สูงกว่าเพศเมียโดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wada et al. (2018) ที่ศึกษาในนก zebra finches พบว่าที่อุณหภูมิที่สูงกว่ามาตรฐาน (38.4 องศาเซลเซียส) พบว่าจะมีสัดส่วนเพศผู้สูงที่สุด แต่ขัดแย้งกับการศึกษาของ Göth and Booth (2005) ที่ศึกษาในไก่งวงออสเตรเลียพบว่า อุณหภูมิที่สูงกว่ามาตรฐาน (36.0 องศาเซลเซียส) จะมีสัดส่วนเพศผู้ต่ำที่สุด อีกทั้งยังขัดแย้งกับการศึกษาของ Collins et al. (2013) ที่ศึกษาในไก่เนื้อ ผลพบว่าอุณหภูมินั้นไม่มีผลต่อการกำหนดเพศ ซึ่งในการศึกษานั้นพบว่าวิธีการปรับอุณหภูมิในขณะฟักไข่จะเป็นการค่อยๆ ลดอุณหภูมิลงประมาณ 0.1–0.3 องศาเซลเซียส ต่อวันของการฟักไข่จึงแตกต่างจากวิธีการในการศึกษาครั้งนี้

เมื่อมีการปรับอุณหภูมิตู้ฟักเป็น 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วงพบว่าลูกไก่มีสัดส่วนเพศเมียที่สูงกว่าเพศผู้ เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ Göth and Booth (2005) ที่ศึกษาในไก่งวงออสเตรเลีย, Yılmaz et al. (2011) ที่ศึกษาในนกกระทา, Durant et al. (2016) ที่ศึกษาในเป็ดป่า และ Wada et al. (2018) ที่ศึกษาในนก zebra finches ที่พบว่าการปรับอุณหภูมิการฟักให้ต่ำกว่ามาตรฐานจะทำให้ฟักออกมาเป็นเพศผู้สูงที่สุด

และเมื่อนำเลือดจากลูกไก่ที่ฟักอายุ 1 วัน ไปสกัด DNA และทำการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมียด้วยเทคนิคปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสนั้นพบว่ามีลูกไก่มีการเปลี่ยนเพศ ทั้งเปลี่ยนจากเพศเมียเป็นเพศผู้ และเพศผู้เป็นเพศเมีย โดยเมื่อใช้อุณหภูมิการฟักที่ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วงส่งผลให้ลูกไก่เปลี่ยนจากเพศเมียเป็นเพศผู้ ร้อยละ 5.9 ในขณะที่ใช้อุณหภูมิการฟักที่ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วงยังส่งผลให้ลูกไก่เปลี่ยนจากเพศผู้เป็นเพศเมีย ร้อยละ 19.4 ได้อีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Piestun et al. (2013) ว่า การกระตุ้นไข่ด้วยอุณหภูมิที่สูง หรือต่ำกว่ามาตรฐานจะทำให้สัดส่วนของเพศเปลี่ยนแปลงไปประมาณร้อยละ 10 เมื่อพิจารณาจากลักษณะทางภายนอกของสัตว์

จากการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าการฟักไข่ด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ไก่สามารถเปลี่ยนจากเพศเมียเป็นเพศผู้ได้ และการฟักไข่ด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วงมีผลทำให้ไก่สามารถเปลี่ยนจากเพศผู้เป็นเพศเมียได้ด้วยเช่นกัน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนของ Secondary sex characteristic (ลักษณะภายนอกและอวัยวะสืบพันธุ์) แต่ Primary sex characteristic (โครโมโซมเพศ) นั้นยังคงเดิม ดังผลที่แสดงในตารางที่ 4.7 และ 4.8

4.8 การศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วงต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราช

การศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานในบางช่วงต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชแบบคละเพศ พบว่าในวันแรกที่ลูกไก่เกิด กลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วงและอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วงมีน้ำหนักแรกเกิดไม่ต่างกัน ($P > 0.05$) เมื่อไก่มีอายุครบ 1 สัปดาห์ กลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วงมีน้ำหนักไม่ต่างจากกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วงพบว่า กลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วงมีน้ำหนักน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่อายุ 2-5 สัปดาห์ กลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) มีน้ำหนักสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีน้ำหนักอยู่ที่ 581.55 กรัม เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วงและกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วง และเมื่อพิจารณาถึงค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน

พบว่าการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับการใช้อุณหภูมิการฟัก 38.0 องศาเซลเซียส และ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วงระยะเวลาการฟัก (15.29 ± 0.26, 14.07 ± 0.24, 14.33 ± 0.22)

เมื่อพิจารณาในกลุ่มไก่โคราชเพศผู้พบว่าในวันแรกที่ลูกไก่เกิด กลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วงและอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วงมีน้ำหนักแรกเกิดไม่ต่างกัน ($P > 0.05$) เมื่อไก่มีอายุครบ 1 สัปดาห์ กลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วงมีน้ำหนักไม่ต่างจากกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) และกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วงมีน้ำหนักน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่อายุ 2 - 5 สัปดาห์ กลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) มีน้ำหนักสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การฟักด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วงมีน้ำหนักน้อยกว่ากลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (187.47 ± 3.28, 197.20 ± 3.39) ในสัปดาห์ที่ 2 แต่เมื่อที่อายุ 3-5 สัปดาห์ กลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วง และอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วงมีน้ำหนักไม่ต่างกัน ($P < 0.05$) และเมื่อพิจารณาถึงค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน พบว่าเมื่อมีการใช้อุณหภูมิการฟัก 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วงระยะเวลาการฟัก จะมีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันไม่ต่างจากการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) (15.55 ± 0.28, 16.55 ± 0.25) แต่เมื่อใช้อุณหภูมิการฟัก38.0 องศาเซลเซียส บางช่วงระยะเวลาการฟัก จะมีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันต่ำกว่ากลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (15.20 ± 0.38, 16.55 ± 0.25)

ในกลุ่มไก่โคราชเพศเมียพบว่าในวันแรกที่ลูกไก่เกิด จนกระทั่งไก่มีอายุ 5 สัปดาห์ กลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วงและอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วง มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันไม่ต่างกัน ($P > 0.05$) ในค่าของอัตราการแลกเนื้อพบว่าการใช้อุณหภูมิการฟัก 36.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงระยะเวลาการฟัก มีค่าอัตราการแลกเนื้อไม่ต่างจากการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) (3.27 ± 0.09, 3.03 ± 0.04) แต่เมื่อใช้อุณหภูมิการฟัก 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงระยะเวลาการฟัก มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันต่ำกว่ากลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (3.30 ± 0.08, 3.03 ± 0.04) ดังผลที่แสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.7 ผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วงต่อสัดส่วนเพศ โดยการผ่าเช็คเพศและการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมียในไก่โคราช

กลุ่ม	สัดส่วนเพศจากการผ่าเช็คเพศ		X^2	สัดส่วนเพศจากการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมีย		X^2
	อัณฑะ (ร้อยละ)	รังไข่ (ร้อยละ)		เพศผู้ (ร้อยละ)	เพศเมีย (ร้อยละ)	
อุณหภูมิสูงบางช่วง (38.0 องศาเซลเซียส วันที่ 3-6)	56.7	43.3	1.80	54.1	45.9	0.68
อุณหภูมิต่ำบางช่วง (36.0 องศาเซลเซียส วันที่ 3-6)	41.7	58.3	2.76	51.7	48.3	0.12
อุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส)	56.5	43.5	1.7	56.5	43.5	1.7
	X^2 = 5.93			X^2 = 0.48		

* X^2 ในแนวคอลัมน์แสดงถึงการทดสอบภาวสารูปสนิทดี (test of goodness of fit) $X^2 \geq 3.841$ ($P < 0.05$)

* X^2 ในแนวแถวแสดงถึงการทดสอบความเป็นอิสระ (test of independence) $X^2 \geq 5.991$ ($P < 0.05$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.8 การแปลผลจากการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วงต่อสัดส่วนเพศ โดยการผ่าเช็คเพศและการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมียในไก่โคราช

กลุ่ม	สัดส่วนเพศจากการผ่าเช็คเพศ		สัดส่วนเพศจากการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมีย		การแปลผลจากการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมีย (ร้อยละ)
	อัณฑะ (ตัว)	รังไข่ (ตัว)	อัณฑะ (ตัว)	รังไข่ (ตัว)	
อุณหภูมิสูงตลอดช่วง (38.0 องศาเซลเซียส วันที่ 3-6)	34	40	32	42	เพศเมีย $\rightarrow$ เพศผู้ $= \frac{2 * 100}{34} = 5.9$
อุณหภูมิต่ำตลอดช่วง (36.0 องศาเซลเซียส วันที่ 3-6)	25	35	31	29	เพศผู้ $\rightarrow$ เพศเมีย $= \frac{6 * 100}{31} = 19.4$
อุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส)	39	30	39	30	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.9 ผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วงต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชทั้งหมดในแต่ละการทดลอง

	กลุ่ม	น้ำหนักไก่โคราชในแต่ละช่วงอายุ						ADG	FCR
		สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5		
ไก่คละเพศ	อุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส)	47.13 ± 0.44	92.71 ± 1.05 [a]	197.15 ± 2.58 [a]	307.67 ± 4.15 [a]	462.15 ± 7.02 [a]	581.55 ± 9.04 [a]	15.31 ± 0.29 [a]	3.03 ± 0.04 [a]
	อุณหภูมิสูงบางช่วง (38.0 องศาเซลเซียส วันที่ 3-6)	46.40 ± 0.41	90.21 ± 1.16 [a]	186.47 ± 2.58 [b]	288.46 ± 4.02 [b]	427.81 ± 6.94 [b]	539.01 ± 8.63 [b]	14.56 ± 0.32 [ab]	3.30 ± 0.08 [b]
	อุณหภูมิต่ำบางช่วง (36.0 องศาเซลเซียส วันที่ 3-6)	46.70 ± 0.53	85.12 ± 1.19 [b]	179.93 ± 2.48 [b]	288.37 ± 3.89 [b]	430.79 ± 7.09 [b]	548.33 ± 8.00 [b]	13.70 ± 0.36 [b]	3.27 ± 0.09 [ab]
ไก่เพศผู้	อุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส)	47.00 ± 0.54	95.02 ± 1.18 [a]	207.32 ± 2.60 [a]	327.68 ± 3.74 [a]	498.95 ± 6.04 [a]	628.52 ± 8.24 [a]	17.14 ± 0.32 [a]	
	อุณหภูมิสูงบางช่วง (38.0 องศาเซลเซียส วันที่ 3-6)	45.96 ± 0.64	93.26 ± 1.58 [a]	197.20 ± 3.39 [b]	306.73 ± 5.72 [b]	459.01 ± 11.04 [b]	577.76 ± 13.72 [b]	16.02 ± 0.36 [ab]	
	อุณหภูมิต่ำบางช่วง (36.0 องศาเซลเซียส วันที่ 3-6)	47.48 ± 0.92	85.59 ± 1.97 [b]	187.47 ± 3.28 [c]	300.00 ± 5.07 [b]	464.92 ± 10.48 [b]	591.77 ± 10.24 [b]	15.02 ± 0.50 [b]	
ไก่เพศเมีย	อุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส)	47.31 ± 0.73	89.71 ± 1.75 [a]	183.92 ± 3.72	281.65 ± 5.28	414.30 ± 8.00	520.50 ± 9.91	13.53 ± 0.21 [a]	
	อุณหภูมิสูงบางช่วง (38.0 องศาเซลเซียส วันที่ 3-6)	46.81 ± 0.52	87.34 ± 1.56 [ab]	176.29 ± 3.07	271.16 ± 4.01	398.25 ± 5.23	502.29 ± 6.51	12.95 ± 0.30 [ab]	
	อุณหภูมิต่ำบางช่วง (36.0 องศาเซลเซียส วันที่ 3-6)	46.15 ± 0.63	84.78 ± 1.50 [b]	174.55 ± 3.28	271.49 ± 4.71	406.41 ± 7.25	517.30 ± 8.35	12.53 ± 0.33 [b]	

*a,b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติในแนวคอลัมน์ ($P < 0.05$)

ADG แสดงถึงค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม/วัน) FCR แสดงถึงค่าอัตราการแลกเนื้อ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.9 ผลของการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วง (อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ในวันที่ 3-6 ของการฟัก) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชที่มีการเปลี่ยนเพศจากเพศเมียเป็นเพศผู้

ผลของการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วง (อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ในวันที่ 3-6 ของการฟัก) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชที่มีการเปลี่ยนเพศจากเพศเมียเป็นเพศผู้ โดยผลการศึกษาพบว่าในวันแรกที่ลูกไก่เกิด – 1 สัปดาห์ ลูกไก่ที่เปลี่ยนเพศมีน้ำหนักตัวไม่แตกต่างจากลูกไก่เพศผู้ และเพศเมีย ไม่ว่าจะเป็นการใช้อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วง หรืออุณหภูมิมาตรฐานในการฟัก (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) เมื่อไก่อายุ 2-5 สัปดาห์ ลูกไก่ที่เปลี่ยนเพศมีน้ำหนักตัวไม่แตกต่างจากลูกไก่เพศผู้ที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วง และเพศผู้ในกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) ในขณะที่ลูกไก่ที่เปลี่ยนเพศมีน้ำหนักตัวสูงกว่าลูกไก่เพศเมียทั้งในกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วง และกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อพิจารณาค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันพบว่าลูกไก่ที่เปลี่ยนเพศมีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันไม่แตกต่างจากลูกไก่เพศผู้ที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วง และเพศผู้ในกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) (16.31 ± 1.65, 15.20 ± 2.38, 16.62 ± 1.47) ในขณะที่ลูกไก่ที่เปลี่ยนเพศมีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงกว่าลูกไก่เพศเมียทั้งในกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วง และกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (16.31 ± 1.65, 13.01 ± 1.12, 13.52 ± 1.54) ดังผลที่แสดงในตารางที่ 4.10

แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้พบไก่ที่เปลี่ยนเพศโดยการใช้อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วง เพียงแค่ 2 ตัว ซึ่งมีน้ำหนักที่อายุ 5 สัปดาห์ คือ 655.91 และ 573.71 กรัม จะเห็นได้ว่ามีไก่ที่เปลี่ยนเพศบางตัวที่มีน้ำหนักสูงกว่าน้ำหนักเฉลี่ยของไก่เพศผู้ทั้งกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (655.91, 628.52) และยังสูงกว่าน้ำหนักเฉลี่ยของไก่เพศผู้ที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วงอีกด้วย (655.91, 577.90) จากการที่พบไก่ที่เปลี่ยนเพศจำนวน 2 ตัว ข้อมูลอาจยังไม่เพียงพอหากจะนำไปเปรียบเทียบในด้านสมรรถนะการเจริญเติบโตกับไก่ในกลุ่มอื่นๆ จากการที่พบไก่ที่เปลี่ยนเพศจำนวน 2 ตัว ซึ่งอาจยังไม่เพียงพอ หากจะนำไปเปรียบเทียบในด้านสมรรถนะการเจริญเติบโตกับไก่ในกลุ่มอื่นๆ

ตารางที่ 4.10 ผลของการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วง (อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ในวันที่ 3-6 ของการฟัก) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชที่มีการเปลี่ยนเพศจากเพศเมียเป็นเพศผู้

กลุ่ม		น้ำหนักไก่โคราชในแต่ละช่วงอายุ						ADG
		สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	
ไก่ที่เปลี่ยนเพศ (จากเพศเมียเป็นเพศผู้)		44.12 ± 0.28	95.72 ± 4.06	206.76 ± 20.07 [a]	331.82 ± 23.02 [a]	498.22 ± 40.75 [a]	614.81 ± 58.12 [a]	16.31 ± 1.65 [a]
อุณหภูมิสูงบางช่วง (38.0 องศาเซลเซียส)	ไก่เพศผู้	46.04 ± 3.94	93.18 ± 9.73	197.32 ± 20.81 [ab]	307.23 ± 34.44 [ab]	461.21 ± 66.90 [a]	577.90 ± 84.77 [ab]	15.20 ± 2.38 [a]
	ไก่เพศเมีย	46.81 ± 3.20	87.32 ± 9.65	176.29 ± 18.92 [c]	271.16 ± 24.70 [c]	398.25 ± 32.25 [b]	502.29 ± 40.10 [c]	13.01 ± 1.12 [b]
อุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส)	ไก่เพศผู้	47.00 ± 7.39	95.02 ± 7.39	207.32 ± 16.22 [a]	327.68 ± 23.35 [a]	498.95 ± 37.70 [a]	628.52 ± 51.41 [a]	16.62 ± 1.47 [a]
	ไก่เพศเมีย	47.31 ± 4.00	89.71 ± 9.56	183.92 ± 20.37 [bc]	281.65 ± 28.93 [bc]	414.30 ± 43.81 [b]	520.50 ± 77.79 [bc]	13.52 ± 1.54 [b]

*a-c แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติในแนวคอลัมน์ ($P<0.05$)

ADG แสดงถึงค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม/วัน)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.10 ผลของการลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วง (อุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส ในวันที่ 3-6 ของการฟัก) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชที่มีการเปลี่ยนเพศจากเพศผู้เป็นเพศเมีย

ผลของการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วง (อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ในวันที่ 3-6 ของการฟัก) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชที่มีการเปลี่ยนเพศจากเพศผู้เป็นเพศเมีย โดยผลการศึกษาพบว่าในวันแรกที่ลูกไก่เกิด ลูกไก่ที่เปลี่ยนเพศมีน้ำหนักตัวไม่แตกต่างจากลูกไก่เพศผู้และเพศเมีย ไม่ว่าจะเป็นการใช้อุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วง หรืออุณหภูมิมาตรฐานในการฟัก (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) เมื่อไก่อายุ 1-2 สัปดาห์ ลูกไก่เพศผู้ที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) มีน้ำหนักสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ลูกไก่ที่เปลี่ยนเพศมีน้ำหนักไม่ต่างจากกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วง และลูกไก่เพศเมียที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) เมื่อไก่มีอายุ 3 สัปดาห์ ลูกไก่ที่เปลี่ยนเพศมีน้ำหนักตัวไม่แตกต่างจากลูกไก่เพศผู้ที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วง และเพศเมียในกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) ในขณะที่ลูกไก่ที่เปลี่ยนเพศมีน้ำหนักตัวสูงกว่าลูกไก่เพศเมียที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และเมื่ออายุ 4-5 สัปดาห์ ลูกไก่ที่เปลี่ยนเพศมีน้ำหนักตัวสูงกว่าลูกไก่เพศเมียที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วง และลูกไก่เพศเมียที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อพิจารณาค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันพบว่าลูกไก่ที่เปลี่ยนเพศมีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันไม่แตกต่างจากลูกไก่เพศผู้ที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วง และเพศผู้ในกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ($P > 0.05$) (15.23 ± 0.67, 16.28 ± 1.87, 16.62 ± 1.47) ในขณะที่ลูกไก่ที่เปลี่ยนเพศมีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงกว่าลูกไก่เพศเมียทั้งในกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วง และกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (15.23 ± 0.67, 12.95 ± 1.60, 13.52 ± 1.54) ดังผลที่แสดงในตารางที่ 4.11

แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้พบไก่ที่เปลี่ยนเพศโดยการใช้อุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วง เพียงแค่ 6 ตัว ซึ่งมีน้ำหนักที่อายุ 5 สัปดาห์ ดังนี้ 582.65, 616.74, 553.17, 586.7, 590.47 และ 548.20 กรัม จะเห็นได้ว่ามีไก่ที่เปลี่ยนเพศทุกตัวที่มีน้ำหนักสูงกว่าน้ำหนักเฉลี่ยของไก่เพศเมียทั้งกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน และกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วง นอกจากนี้ยังมีไก่ที่เปลี่ยนเพศจำนวน 4 ตัว ที่มีน้ำหนักสูงกว่าน้ำหนักเฉลี่ยของไก่เพศผู้ที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วง จากการที่พบไก่ที่เปลี่ยนเพศจำนวน 6 ตัว ข้อมูลอาจยังไม่เพียงพอ หากจะนำไปเปรียบเทียบในด้านสมรรถนะการเจริญเติบโตกับไก่ในกลุ่มอื่นๆ

ตารางที่ 4.11 ผลของการลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานบางช่วง (อุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส ในวันที่ 3-6 ของการฟัก) ต่อน้ำหนักในไก่โคราชที่มีการเปลี่ยนเพศจากเพศผู้เป็นเพศเมีย

กลุ่ม		น้ำหนักไก่โคราชในแต่ละช่วงอายุ						ADG
		สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	
ไก่ที่เปลี่ยนเพศ (จากเพศผู้เป็นเพศเมีย)		45.65 ± 4.82	85.66 ± 6.89 ^{b}	185.32 ± 9.29 ^{b}	296.60 ± 14.99 ^{bc}	476.18 ± 35.30 ^{ab}	579.66 ± 25.46 ^{b}	15.23 ± 0.67 ^{b}
อุณหภูมิต่ำบางช่วง (36.0 องศาเซลเซียส วันที่ 3-6)	ไก่เพศผู้	48.06 ± 4.48	85.57 ± 10.80 ^{b}	188.15 ± 18.25 ^{b}	301.08 ± 28.09 ^{b}	461.37 ± 57.08 ^{b}	559.59 ± 57.04 ^{ab}	16.28 ± 1.87 ^{ab}
	ไก่เพศเมีย	46.15 ± 3.73	84.78 ± 8.90 ^{b}	174.55 ± 19.40 ^{b}	271.49 ± 27.86 ^{d}	406.41 ± 42.88 ^{c}	517.30 ± 49.40 ^{c}	12.95 ± 1.60 ^{c}
อุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส)	ไก่เพศผู้	47.00 ± 7.39	95.02 ± 7.39 ^{a}	207.32 ± 16.22 ^{a}	327.68 ± 23.35 ^{a}	498.95 ± 37.70 ^{a}	628.52 ± 51.41 ^{a}	16.62 ± 1.47 ^{a}
	ไก่เพศเมีย	47.31 ± 4.00	89.71 ± 9.56 ^{ab}	183.92 ± 20.37 ^{b}	281.65 ± 28.93 ^{cd}	414.30 ± 43.81 ^{c}	520.50 ± 77.79 ^{c}	13.52 ± 1.54 ^{c}

*a-d แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติในแนวคอลัมน์ ($P<0.05$)

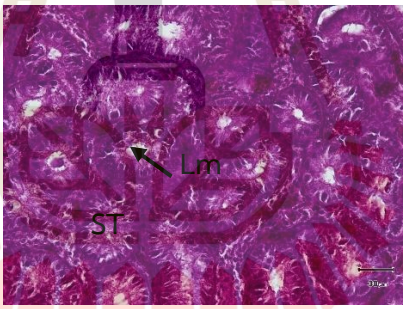
ADG แสดงถึงค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม/วัน)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

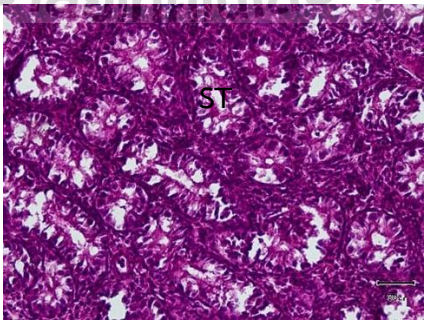
4.11 การศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histology) ของอัณฑะที่มีผลมาจากการเปลี่ยนเพศ (จากเพศเมียเป็นเพศผู้) โดยใช้อุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐานบางช่วง

สำหรับการศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histology) ของอัณฑะที่มีผลมาจากการเปลี่ยนเพศ จากการฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วง เมื่อนำอัณฑะที่ตรวจพบโครโมโซมเพศเมีย มาตรวจสอบลักษณะโครงสร้างทางจุลกายวิภาค โดยเปรียบเทียบกับอัณฑะที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า โครงสร้างทางจุลกายวิภาคเปลี่ยนเป็นอัณฑะเช่นเดียวกับเพศผู้ที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นการยืนยันว่าสามารถเปลี่ยนเพศได้จริง เมื่อศึกษาถึงจำนวนท่อสร้างอสุจิ (seminiferous tubules) ที่อยู่ในโครงสร้างอัณฑะ โดยเปรียบเทียบเป็นการให้คะแนนพบว่า ในไก่เปลี่ยนเพศที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วง พบจำนวนท่อสร้างอสุจิอยู่ที่ระดับ 4 คะแนน (จำนวนท่อสร้างอสุจิอยู่ระหว่าง 17-24 ท่อ) และเมื่อพิจารณาในไก่ที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) พบจำนวนท่อสร้างอสุจิอยู่ที่ระดับ 5 คะแนน (จำนวนท่อสร้างอสุจิอยู่ระหว่าง 25-30 ท่อ) ดังแสดงในภาพที่ 4.3

อัณฑะที่ตรวจพบโครโมโซมเพศเมีย ในไก่ที่เปลี่ยนเพศ โดยเปลี่ยนจากเพศผู้เป็นเพศเมีย



อัณฑะในไก่ที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน



ST = seminiferous tubules , Lm = Lumen

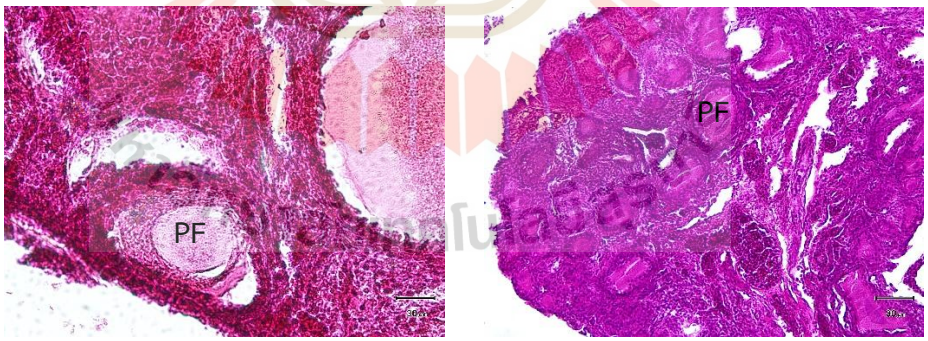
ภาพที่ 4.3 จุลกายวิภาคของอัณฑะ

ภาพจุลกายวิภาคของอัณฑะของกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วง ที่ตรวจพบโครโมโซมเพศเมีย และอัณฑะของกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน ที่ย้อมด้วยสี Hematoxylin และ Eosin (40x)

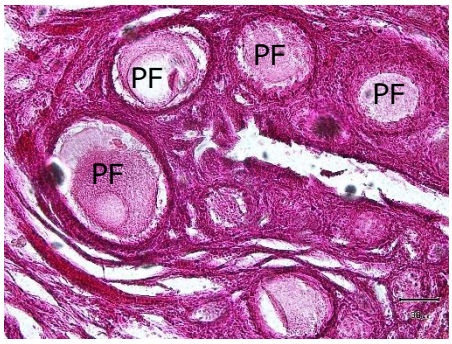
4.12 การศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histology) ของรังไข่ที่มีผลมาจากการเปลี่ยนเพศ (จากเพศผู้เป็นเพศเมีย) โดยใช้อุณหภูมิต่ำกว่ามาตรฐาน

สำหรับการศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histology) ของรังไข่ที่มีผลมาจากการเปลี่ยนเพศจากการฟักด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วง เมื่อนำรังไข่ที่ตรวจไม่พบโครโมโซมเพศเมียมาตรวจสอบลักษณะโครงสร้างทางจุลกายวิภาค โดยเปรียบเทียบกับรังไข่ที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ที่ตรวจพบโครโมโซมเพศเมีย ซึ่งจากการศึกษาพบว่า โครงสร้างทางจุลกายวิภาคเปลี่ยนเป็นรังไข่เช่นเดียวกับรังไข่ของเพศเมียฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) เมื่อศึกษาถึงจำนวนถุงไข่ (follicles) ที่อยู่ในโครงสร้างรังไข่ โดยเปรียบเทียบเป็นการให้คะแนนพบว่าในไก่เปลี่ยนเพศที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วง พบจำนวนถุงไข่อยู่ที่ระดับ 5 คะแนน (จำนวนถุงไข่อยู่ระหว่าง 8-10 ถุง) และเมื่อพิจารณาในไก่ที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) พบจำนวนถุงไข่อยู่ที่ระดับ 5 คะแนนเช่นเดียวกัน (จำนวนถุงไข่อยู่ระหว่าง 8-10 ถุง) ดังแสดงในภาพที่ 4.4

รังไข่ที่ตรวจไม่พบโครโมโซมเพศเมีย ในไก่ที่เปลี่ยนเพศ โดยเปลี่ยนจากเพศผู้เป็นเพศเมีย



รังไข่ในไก่ที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน



PF = a primary follicle

ภาพที่ 4.4 จุลกายวิภาคของรังไข่

ภาพจุลกายวิภาคของรังไข่ของกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิต่ำกว่ามาตรฐาน ที่ตรวจไม่พบโครโมโซมเพศเมีย และรังไข่ของกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน ที่ตรวจพบโครโมโซมเพศเมีย ที่ย้อมด้วยสี Hematoxylin และ Eosin (40x)

สรุปผลการศึกษาในการทดลองที่ 1 เป็นการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิตลอดช่วงระยะเวลาการฟักจากอุณหภูมิมาตรฐาน และการทดลองที่ 2 เป็นการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิบางช่วงจากอุณหภูมิมาตรฐาน โดยปรับอุณหภูมิในวันที่ 3-6 ของการฟัก จากนั้นจะปรับมาใช้อุณหภูมิมาตรฐานดังเดิม จากในการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการกำหนดเพศในไก่โคราช พบว่าอุณหภูมิสามารถมีผลทำให้เปลี่ยนเพศได้ ในการใช้อุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐาน (38.0 องศาเซลเซียส) สามารถทำให้ไก่โคราชเปลี่ยนจากเพศเมียเป็นเพศผู้ได้ ทั้งการใช้อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงระยะเวลาการฟัก และการใช้อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ในช่วงวันที่ 3-6 ของการฟัก เนื่องจากเป็นช่วงที่ตัวอ่อนมีการพัฒนาทางเพศ สำหรับการใช้อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงระยะเวลาการฟัก พบว่าไก่สามารถเปลี่ยนจากเพศเมียไปเป็นเพศผู้ได้ร้อยละ 9.7 ซึ่งมีการยืนยันโดยผลของการตรวจสอบโครโมโซมเพศ ในการเปลี่ยนเพศนั้นเป็นการเปลี่ยนของลักษณะภายนอก จากรังไข่เปลี่ยนเป็นอัณฑะ โดยโครงสร้างทางจุลกายวิภาคก็เปลี่ยนด้วยเช่นกัน ซึ่งคาดว่าเป็นผลจากกลไกการสร้างฮอร์โมนเพศที่อุณหภูมิสูงไปยับยั้งการทำงานของอะโรมาเทส ส่งผลให้ฮอร์โมนเพศผู้ไม่สามารถถูกเปลี่ยนเป็นฮอร์โมนเพศเมียได้ อวัยวะสืบพันธุ์จึงถูกพัฒนาไปเป็นอัณฑะ (ตามกลไกในภาพที่ 2.3 อ้างโดย EE Jones, n.d. ในบทที่ 2) ในขณะที่โครโมโซมนั้นยังตรวจพบโครโมโซมเพศเมียคงเดิม เมื่อพิจารณาถึงน้ำหนักของไก่เปลี่ยนเพศที่อายุ 5 สัปดาห์ พบว่ามีน้ำหนักที่สูงกว่าเพศเมีย แต่ต่ำกว่าเพศผู้ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) (521.77 ± 123.08, 519.74 ± 48.97, 637.68 ± 59.15) อีกทั้งอัตราการฟักออกและอัตราการตายก็ไม่ต่างจากการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ในขณะที่การใช้อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ในช่วงวันที่ 3-6 ของการฟัก พบว่าไก่สามารถเปลี่ยนจากเพศเมียไปเป็นเพศผู้ได้ร้อยละ 5.9 ซึ่งมีการยืนยันโดยผลของการตรวจสอบโครโมโซมเพศ ในการ

เปลี่ยนเพศนั้นเป็นการเปลี่ยนของลักษณะภายนอก จากรังไข่เปลี่ยนเป็นอัณฑะ โดยโครงสร้างทางจุลกายวิภาคก็เปลี่ยนด้วยเช่นกัน ในขณะที่โครโมโซมนั้นยังตรวจพบโครโมโซมเพศเมียคงเดิม เมื่อพิจารณาถึงน้ำหนักของไก่เปลี่ยนเพศที่อายุ 5 สัปดาห์ พบว่ามีน้ำหนักที่สูงกว่าเพศเมีย แต่ต่ำกว่าเพศผู้ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) เช่นเดียวกัน (614.81 ± 58.12, 519.74 ± 48.97, 637.68 ± 59.15) อีกทั้งยังมีอัตราการฟักออกที่สูงกว่าและอัตราการตายที่ต่ำกว่าจากการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส)

การใช้อุณหภูมิต่ำกว่ามาตรฐาน (36.0 องศาเซลเซียส) สามารถทำให้ไก่โคราชเปลี่ยนจากเพศผู้เป็นเพศเมียได้ ซึ่งพบได้ในการใช้อุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส ในช่วงวันที่ 3-6 ของการฟักเท่านั้น การใช้อุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงไม่พบการเปลี่ยนเพศในไก่โคราช สำหรับการใช้อุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส ในวันที่ 3-6 ของการฟัก พบว่าไก่สามารถเปลี่ยนจากเพศผู้ไปเป็นเพศเมียได้ร้อยละ 19.4 ซึ่งมีการยืนยันโดยผลของการตรวจสอบโครโมโซมเพศ ในการเปลี่ยนเพศนั้นเป็นการเปลี่ยนของลักษณะภายนอก จากอัณฑะเปลี่ยนเป็นรังไข่ โดยโครงสร้างทางจุลกายวิภาคก็เปลี่ยนด้วยเช่นกัน ซึ่งคาดว่าเป็นผลจากกลไกการสร้างฮอร์โมนเพศที่อุณหภูมิต่ำไปกระตุ้นการทำงานของอะโรมาเทส ส่งผลให้ฮอร์โมนเพศผู้ถูกเปลี่ยนเป็นฮอร์โมนเพศเมียได้สูงขึ้นกว่าปกติ อวัยวะสืบพันธุ์จึงถูกพัฒนาไปเป็นรังไข่ (ตามกลไกในภาพที่ 2.2 อ้างโดย EE Jones, n.d. ในบทที่ 2) ในขณะที่โครโมโซมนั้นยังคงเป็นโครโมโซมเพศผู้คงเดิม เมื่อพิจารณาถึงน้ำหนักของไก่เปลี่ยนเพศที่อายุ 5 สัปดาห์ พบว่ามีน้ำหนักที่สูงกว่าเพศเมีย แต่ต่ำกว่าเพศผู้ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) (579.66 ± 24.46, 519.74 ± 48.97, 637.68 ± 59.15) และยังมีอัตราการฟักออกที่สูงกว่าและอัตราการตายที่ต่ำกว่าจากการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ใขณะที่การใช้อุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงไม่พบการเปลี่ยนเพศในไก่โคราช น้ำหนักของไก่ที่อายุ 5 สัปดาห์ ก็มีน้ำหนักที่น้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) ทั้งในเพศผู้ (569.84 ± 70.00, 637.68 ± 59.15) และในเพศเมีย (483.47± 49.90, 519.74 ± 48.97) นอกจากนี้ยังมีอัตราการฟักออกที่ต่ำกว่าและอัตราการตายที่สูงกว่าจากการฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) อีกด้วย ดังนั้นในการฟักไข่จึงไม่แนะนำให้ปรับอุณหภูมิต่ำกว่ามาตรฐานตลอดช่วง

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

5.1.1 การศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วง และบางช่วงต่ออัตราการฟักออก และอัตราการตายในไก่โคราช พบว่า เมื่อมีการฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงส่งผลให้มีอัตราการฟักออกและอัตราการตายไม่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) เมื่อมีการฟักด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส ส่งผลให้มีอัตราการฟักออกต่ำกว่ากลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และเมื่อมีการฟักด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วงหรือฟักด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วง โดยปรับอุณหภูมิในวันที่ 3-6 ของการฟัก ส่งผลให้มีอัตราการฟักออกและอัตราการตายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส)

5.1.2 การศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐานตลอดทั้งช่วง และบางช่วงต่อการกำหนดเพศในไก่โคราช พบว่าการฟักไข่ด้วยอุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ทั้งตลอดช่วงและบางช่วง มีผลทำให้ไก่สามารถเปลี่ยนโครงสร้างระบบสืบพันธุ์จากเพศเมียเป็นเพศผู้ได้ คิดเป็นร้อยละ 9.7 และ 5.9 ตามลำดับ และเมื่อฟักไข่ด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วง มีผลทำให้ไก่สามารถเปลี่ยนโครงสร้างระบบสืบพันธุ์จากเพศผู้เป็นเพศเมียได้ คิดเป็นร้อยละ 19.4

5.1.3 การศึกษาผลของการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิมาตรฐาน ต่อการเปลี่ยนโครงสร้างของระบบสืบพันธุ์ในไก่โคราช พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิการฟักที่ 38.0 องศาเซลเซียส ทั้งตลอดช่วงและบางช่วง ไก่เพศเมียเปลี่ยนจากรังไข่เป็นอัณฑะในเพศผู้ และเมื่อนำอัณฑะไปศึกษาทางจุลกายวิภาคศาสตร์ พบว่าเนื้อเยื่อข้างในเปลี่ยนเป็นเนื้อเยื่ออัณฑะเหมือนในไก่เพศผู้ที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) และเมื่อใช้อุณหภูมิการฟักที่ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วง ไก่เพศผู้เปลี่ยนจากอัณฑะเป็นรังไข่ในเพศเมีย และเมื่อนำรังไข่ไปศึกษาทางจุลกายวิภาคศาสตร์ พบว่าเนื้อเยื่อข้างในเปลี่ยนเป็นเนื้อเยื่อรังไข่เหมือนในไก่เพศเมียที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) แต่อย่างไรก็ตาม เป็นการเปลี่ยนของลักษณะภายนอกและอวัยวะสืบพันธุ์ (Secondary sex characteristic) แต่โครโมโซมเพศ (Primary sex characteristic) นั้นยังคงเดิม

5.1.4 การศึกษาผลของการเจริญเติบโตในไก่ที่เปลี่ยนเพศ ในการศึกษาผลของน้ำหนักในไก่โคราชที่เปลี่ยนเพศ จากเพศเมียเป็นเพศผู้ โดยใช้อุณหภูมิการฟักที่ 38.0 องศาเซลเซียส เทียบกับไก่

ในกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) พบว่าในวันแรกที่ลูกไก่เกิด - 1 สัปดาห์ จะเห็นได้ว่าลูกไก่ที่เปลี่ยนเพศมีน้ำหนักตัวไม่ได้แตกต่างจากลูกไก่เพศผู้ และเพศเมียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อไก่มีอายุที่ 3 - 5 สัปดาห์ ไก่ที่เปลี่ยนเพศมีน้ำหนักน้อยกว่าไก่เพศผู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างจากไก่เพศเมีย ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้สำหรับการใช้อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส ตลอดช่วง พบไก่ที่เปลี่ยนเพศเพียงแค่ 3 ตัว (คิดเป็นร้อยละ 9.7) ซึ่งมีน้ำหนักที่อายุ 5 สัปดาห์ ดังนี้ 404.48 , 649.92 และ 510.92 กรัม และการใช้อุณหภูมิ 38.0 องศาเซลเซียส บางช่วง พบไก่ที่เปลี่ยนเพศเพียงแค่ 2 ตัว (คิดเป็นร้อยละ 5.9) มีน้ำหนักที่อายุ 5 สัปดาห์เป็น 573.71 และ 655.91 กรัม และในการศึกษาครั้งนี้ยังพบไก่ที่เปลี่ยนเพศ จากเพศผู้เป็นเพศเมีย โดยการใช้อุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วง เพียงแค่ 6 ตัว (คิดเป็นร้อยละ 19.4) ซึ่งมีน้ำหนักที่อายุ 5 สัปดาห์ ดังนี้ 582.65, 616.74, 553.17, 586.7, 590.47 และ 548.20 กรัม ซึ่งมีน้ำหนักตัวสูงกว่าไก่เพศเมียในกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิ 36.0 องศาเซลเซียส บางช่วง และกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน (37.7 องศาเซลเซียส) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จากการที่พบไก่ที่เปลี่ยนเพศในการศึกษาครั้งนี้ยังอาจไม่เพียงพอ หากจะนำไปเปรียบเทียบน้ำหนักกับไก่ในกลุ่มอื่นๆ

5.2 ข้อจำกัดในการศึกษา

เนื่องด้วยในงานนี้เป็นการศึกษาถึงการเปลี่ยนเพศในไก่ที่ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยง 5 สัปดาห์ ยังไม่ถึงในช่วงที่ไก่โคราชเจริญเติบโตได้เต็มที่ ทำให้ไม่สามารถพิจารณาถึงสมรรถนะการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ รวมไปถึงการพัฒนาของระบบสืบพันธุ์ในไก่ที่เปลี่ยนเพศด้วยว่าไก่ที่เปลี่ยนจากเพศเมียเป็นเพศผู้สามารถผลิตอสุจิได้หรือไม่ และไก่ที่เปลี่ยนเพศจากเพศผู้เป็นเพศเมีย สามารถสร้างไข่ และให้ผลผลิตไข่ได้หรือไม่

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ทำให้มั่นใจได้ว่า อุณหภูมิมีผลทำให้เปลี่ยนเพศในไก่ได้ ซึ่งพบว่ามีไก่เพศเมียแปลงไปเป็นเพศผู้ได้ร้อยละ 9.7 และ 5.9 จากการใช้อุณหภูมิสูงตลอดช่วงและบางช่วงตามลำดับ และไก่เพศผู้แปลงไปเป็นเพศเมียได้ร้อยละ 19.4 จากการใช้อุณหภูมิต่ำบางช่วง โดยมีผลจากการตรวจสอบโครโมโซมเพศ และการตรวจทางจุลกายวิภาคของอัณฑะจากไก่โคราชที่เปลี่ยนเพศมายืนยัน ถือเป็นการพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นครั้งแรกในไก่เนื้อว่า อุณหภูมิมีผลสามารถทำให้แปลงเพศได้ และมีอัตราการฟักออกที่ไม่ได้แตกต่างจากการฟักแบบปกติ แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาเพิ่มเติม คือ หาช่วงอุณหภูมิการฟักที่สามารถทำให้ไก่แปลงเพศได้ร้อยละ 100 แต่อย่างไรก็ตามก็ต้องคำนึงถึงเรื่องอัตราการฟักออก และอัตราการตายควบคู่ไปด้วย อีกทั้งยังต้องศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การเปลี่ยนแปลงในระดับยีน และฮอร์โมนเพศในไก่ที่เปลี่ยนเพศ เพื่อพิจารณาในด้านของระบบสืบพันธุ์และการให้ผลผลิต

รายการอ้างอิง

Ayers, K. L., Smith, C. A., & Lambeth, L. S. (2013). The molecular genetics of avian sex determination and its manipulation. *Genesis,* 51(5), 325-336.

Barott, H. G. (1937). *Effect of temperature, humidity, and other factors on hatch of hens' eggs and on energy metabolism of chick embryos*: US Department of Agriculture.

Bönner, B. M., Lutz, W., Redmann, T., Jäger, S., Reinhardt, B., Wissing, J. (2004). Morphometric and allometric studies on eggshells and embryos of free-living Canada geese (Branta c. Canadensis Linnaeus, 1758). *Wildlife Research,* 50, 179-186.

Bramwell, R. (2003). Sexing chicks in the backyard flock. *Avian advice,* 5, 4-5.

Bull, J., & Vogt, R. C. (1979). Temperature-dependent sex determination in turtles. *Science,* 206(4423), 1186-1188.

Byerly, T. (1938). Effect of different incubation temperatures on mortality of chick embryos. *Poultry Science,* 17(3), 200-205.

Cerit, H., & Avanus, K. (2007). Sex identification in avian species using DNA typing methods. *World's Poultry Science,* 63(1), 91-100.

Collins, K. E. (2013). *Incubation temperature effects on broiler chicken embryos.* (Master of Science PhD Thesis). University of Georgia,

Conway, C. J., & Martin, T. E. (2000). Effects of ambient temperature on avian incubation behavior. *Behavioral Ecology,* 11(2), 178-188.

DuRant, S. E., Hopkins, W. A., Carter, A. W., Kirkpatrick, L. T., Navara, K. J., & Hawley, D. M. (2016). Incubation temperature causes skewed sex ratios in a precocial bird. *Journal of Experimental Biology,* 219(13), 1961-1964.

Edwards, C. L. (1902). The physiological zero and the index of development for the egg of the domestic fowl, Gallus Domesticus: A contribution to the subject of the influence of temperature on growth. *American Journal of Physiology-Legacy Content,* 6(6), 351-397.

Ellegren, H., & Sheldon, B. C. (1997). New tools for sex identification and the study of sex allocation in birds. *Trends in Ecology Evolution,* 12(7), 255-259.

Elmehdawi, A. S. (2013). *The effects of altering incubation temperature on broiler chick hatchability, chick quality, sex ratio, and subsequent performance under field conditions.* (PhD Thesis). Clemson University,

Ensminger, M. (1992). Incubación and brooding. *Animal Agriculture Series,* 3, 34.

Barott, H. G. (1937). *Effect of temperature, humidity, and other factors on hatch of hens' eggs and on energy metabolism of chick embryos*: US Department of Agriculture.

Bönner, B. M., Lutz, W., Redmann, T., Jäger, S., Reinhardt, B., Wissing, J. (2004). Morphometric and allometric studies on eggshells and embryos of free-living Canada geese (Branta c. Canadensis Linnaeus, 1758). *Wildlife Research,* 50, 179-186.

Bramwell, R. (2003). Sexing chicks in the backyard flock. *Avian advice,* 5, 4-5.

Bull, J., & Vogt, R. C. (1979). Temperature-dependent sex determination in turtles. *Science,* 206(4423), 1186-1188.

Byerly, T. (1938). Effect of different incubation temperatures on mortality of chick embryos. *Poultry Science,* 17(3), 200-205.

Cerit, H., & Avanus, K. (2007). Sex identification in avian species using DNA typing methods. *World's Poultry Science,* 63(1), 91-100.

Collins, K. E. (2013). *Incubation temperature effects on broiler chicken embryos.* (Master of Science PhD Thesis). University of Georgia,

Conway, C. J., & Martin, T. E. (2000). Effects of ambient temperature on avian incubation behavior. *Behavioral Ecology,* 11(2), 178-188.

DuRant, S. E., Hopkins, W. A., Carter, A. W., Kirkpatrick, L. T., Navara, K. J., & Hawley, D. M. (2016). Incubation temperature causes skewed sex ratios in a precocial bird. *Journal of Experimental Biology,* 219(13), 1961-1964.

Edwards, C. L. (1902). The physiological zero and the index of development for the egg of the domestic fowl, Gallus Domesticus: A contribution to the subject of the influence of temperature on growth. *American Journal of Physiology-Legacy Content,* 6(6), 351-397.

Ellegren, H., & Sheldon, B. C. (1997). New tools for sex identification and the study of sex allocation in birds. *Trends in Ecology Evolution,* 12(7), 255-259.

Elmehdawi, A. S. (2013). *The effects of altering incubation temperature on broiler chick hatchability, chick quality, sex ratio, and subsequent performance under field conditions.* (PhD Thesis). Clemson University,

Ensminger, M. (1992). Incubación and brooding. *Animal Agriculture Series,* 3, 34.

Escamilla-García, A., Soto-Zarazúa, G. M., Toledano-Ayala, M., & Gastélum-Barrios, A. (2022). A new application of morphometric variables and image processing to determine day-old chicken sex. *Journal of Applied Research and Technology,* 20(5), 564-569.

French, N. (1994). Effect of incubation temperature on the gross pathology of turkey embryos. *British poultry science,* 35(3), 363-371.

French, N. (1997). Modeling incubation temperature: the effects of incubator design, embryonic development, and egg size. *Poultry Science,* 76(1), 124-133.

Gawron, M., & SMYTH JR, J. R. (1980). The use of blue-splashed white down in color sexing crosses. *Poultry Science,* 59(11), 2369-2372.

Genchev, A., Kabakchiev, M., & Mihailov, R. (2008). Potential of using sexual dimorphism in plumage colour for sexing Manchurian Golden quails. *Trakia Journal of Sciences,* 6(2), 10-15.

Göth, A., & Booth, D. T. (2005). Temperature-dependent sex ratio in a bird. *Biology letters,* 1(1), 31-33.

Halverson, J., & Dvorak, J. (1993). Genetic control of sex determination in birds and the potential for its manipulation. *Poultry Science,* 72(5), 890-896.

Haunshi, S., Pattanayak, A., Bandyopadhaya, S., Saxena, S. C., & Bujarbaruah, K. M. (2008). A simple and quick DNA extraction procedure for rapid diagnosis of sex of chicken and chicken embryos. *Poultry Science,* 45(1), 75-81.

Hirschenhauser, K., Möstl, E., & Kotrschal, K. (1999). Seasonal patterns of sex steroids determined from feces in different social categories of greylag geese (Anser anser). *General and Comparative Endocrinology,* 114(1), 67-79.

Janzen, F. J. (1994). Climate change and temperature-dependent sex determination in reptiles. *Proceedings of the National Academy of Sciences,* 91(16), 7487-7490.

Jull, M. A. (1934). The feasibility of sex segregation in day-old chicks. *Poultry Science,* 13(4), 250-254.

Kalina, J., Mucksová, J., Yan, H., & Trefil, P. (2012). Rapid sexing of selected Galliformes by polymerase chain reaction. *Animal science journal,* 57(4), 187-192.

Krautwald-Junghanns , M.-E., Cramer, K., Fischer, B., Förster, A., Galli, R., Kremer, F., Mapesa, EU., Meissner, S., Preisinger, R., Preusse, G. (2018). Current approaches to avoid the culling of day-old male chicks in the layer industry, with special reference to spectroscopic methods. Poultry Science, 97(3), 749-757.

Lance, V. A., & Bogart, M. H. (1994). Studies on sex determination in the American alligator Alligator mississippiensis. *Journal of Experimental Zoology,* 270(1), 79-85.

Lang, J. W., & Andrews, H. V. (1994). Temperature-dependent sex determination in crocodilians. *Journal of Experimental Zoology,* 270(1), 28-44.

Lunn, J. H. (1948). Chick sexing. *American Scientist,* 36(2), 280-287.

Matsushita, S., Yamashita, J., Iwasawa, T., Tomita, T., & Ikeda, M. (2006). Effects of in ovo exposure to imazalil and atrazine on sexual differentiation in chick gonads. *Poultry Science,* 85(9), 1641-1647.

Merchant-Larios, H., Díaz-Hernández, V., & Marmolejo-Valencia, A. (2010). Gonadal morphogenesis and gene expression in reptiles with temperature-dependent sex determination. *Sexual Development,* 4(1-2), 50-61.

Moreng, R. E., & Shaffner, C. (1951). Lethal internal temperatures for the chicken, from fertile egg to mature bird. *Poultry Science,* 30(2), 255-266.

Nishikimi, H., Kansaku, N., Saito, N., Usami, M., Ohno, Y., & Shimada, K. (2000). Sex differentiation and mRNA expression of P450c17, P450arom and AMH in gonads of the chicken. *Molecular reproduction and development,* 55(1), 20-30.

Phelps, P., Bhutada, A., Bryan, S., Chalker, A., Ferrell, B., Neuman, S., Ricks, C., Tran, H., Butt, T. (2003). Automated identification of male layer chicks prior to hatch. World's Poultry Science, 59(1), 33-38.

Piestun, Y., Druyan, S., Brake, J., & Yahav, S. (2013). Thermal treatments prior to and during the beginning of incubation affect phenotypic characteristics of broiler chickens posthatching. *Poultry Science,* 92(4), 882-889.

Rhen, T., Fagerlie, R., Schroeder, A., Crossley II, D. A., & Lang, J. W. (2015). Molecular and morphological differentiation of testes and ovaries in relation to the thermosensitive period of gonad development in the snapping turtle, Chelydra serpentina. *Differentiation,* 89(1-2), 31-41.

Robbins, G. E. (1998). *Partridges and francolins: their conservation, breeding and management*: World Pheasant Association.

Sarabia Fragoso, J., Pizarro Díaz, M., Abad Moreno, J., Casanovas Infesta, P., Rodriguez‐Bertos, A., & Barger, K. (2013). Relationships between fertility and some parameters in male broiler breeders (body and testicular weight, histology and immunohistochemistry of testes, spermatogenesis and hormonal levels). *Reproduction in Domestic Animals,* 48(2), 345-352.

Shimada, K. (1998). Gene expression of steroidogenic enzymes in chicken embryonic gonads. *Journal of Experimental Zoology,* 281(5), 450-456.

Singh, S. K., Das, D., & Rhen, T. (2020). Embryonic temperature programs phenotype in reptiles. *Frontiers in Physiology*, 35.

Song, Y., & Silversides, F. (2006). The technique of orthotopic ovarian transplantation in the chicken. *Poultry Science,* 85(6), 1104-1106.

Tran, H., Ferrell, W., & Butt, T. (2010). An estrogen sensor for poultry sex sorting. *American journal of science,* 88(4), 1358-1364.

Wada, H., Kriengwatana, B. P., Steury, T. D., & MacDougall-Shackleton, S. A. (2018). Incubation temperature influences sex ratio and offspring's body composition in Zebra Finches (Taeniopygia guttata). *Canadian Journal of Zoology,* 96(9), 1010-1015.

Warren, D. (1976). Feather-sexing chicks. *Poultry tribune,* 82(2), 30,32-34.

Washburn, B. E., Tempel, D. J., Millspaugh, J. J., Gutiérrez, R., & Seamans, M. E. (2004). Factors related to fecal estrogens and fecal testosterone in California spotted owls. *The Condor,* 106(3), 567-579.

Webb, D. (1987). Thermal tolerance of avian embryos: a review. *The Condor,* 89(4), 874-898.

Wibbels, T., Lutz, P., Musick, J., & Wyneken, J. (2003). Critical approaches to sex determination in sea turtles. *The biology of sea turtles,* 2, 103-134.

Willemsen, H., Kamers, B., Dahlke, F., Han, H., Song, Z., Pirsaraei, Z. A., Tona, K., Decuypere, E., Everaert, N. (2010). High-and low-temperature manipulation during late incubation: effects on embryonic development, the hatching process, and metabolism in broilers. *Poultry Science,* 89(12), 2678-2690.

Woodard, A., Vohra, P., & Denton, V. (1993). *Commercial and ornamental game bird breeders: handbook*: Hancock Wildlife Research Center.

Yılmaz, A., Tepeli, C., Garip, M., & Çağlayan, T. (2011). The effects of incubation temperature on the sex of Japanese quail chicks. *Poultry Science,* 90(10), 2402-2406.

Yntema, C. (1979). Temperature levels and periods of sex determination during incubation of eggs of Chelydra serpentina. *Journal of Morphology,* 159(1), 17-27.

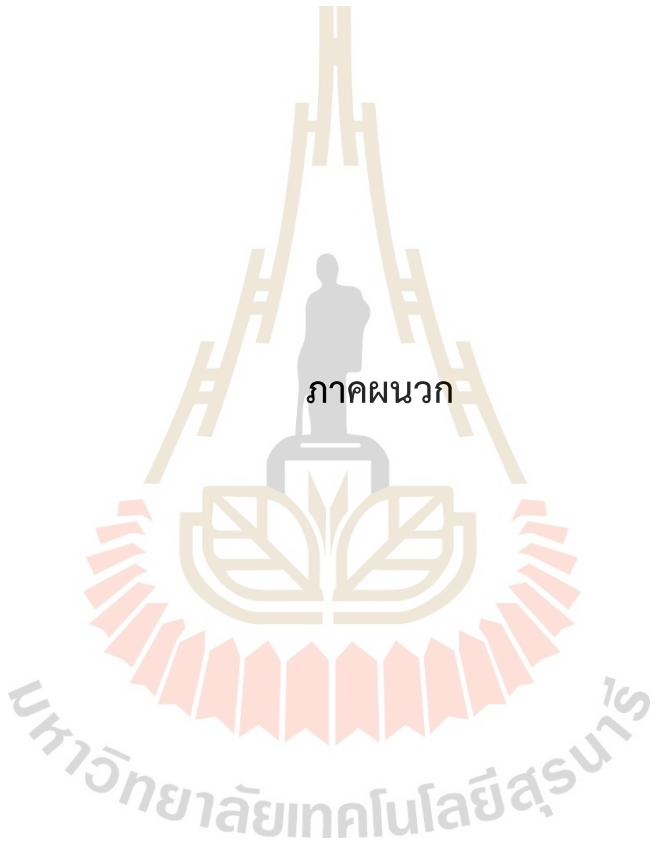
Yntema, C., & Mrosovsky, N. (1979). Incubation temperature and sex ratio in hatchling loggerhead turtles: a preliminary report. *Marine Turtle Newsletter,* 11, 9-10.

Yoshida, K., Shimada, K., & Saito, N. (1996). Expression of P45017αHydroxylase and P450 aromatase genes in the chicken gonad before and after sexual differentiation. *General and Comparative Endocrinology,* 102(2), 233-240.

Yousaf, A. (2016). Impact of gender determination through vent sexing on Cobb-500 broiler performance and carcass yield. *Online J. Anim. Feed Res,* 6(6), 125-129.

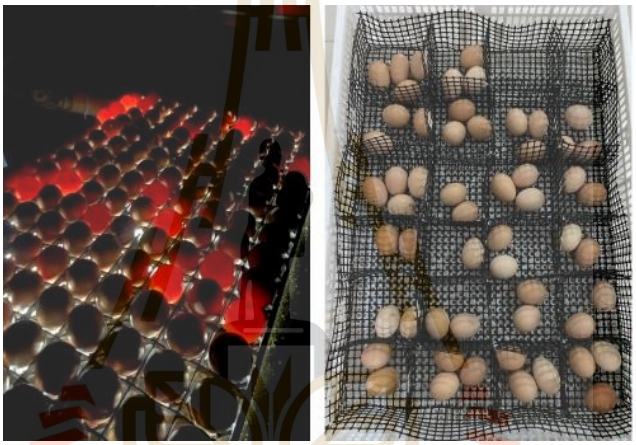
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
ภาพประกอบการดำเนินการทดลอง

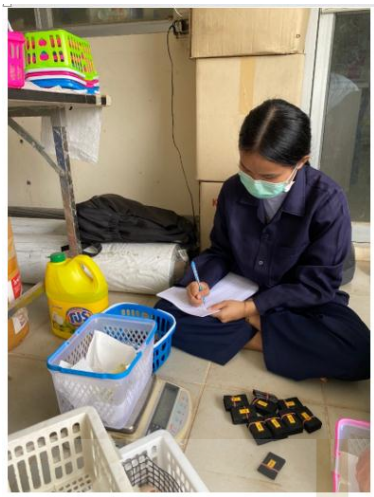
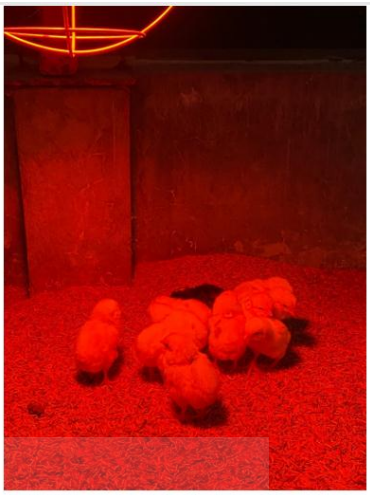
การเตรียมไข่เข้าตู้ฟัก



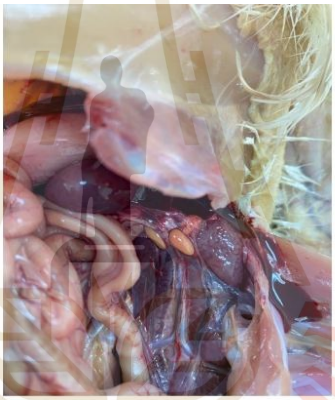
การส่องไข่ และย้ายไข่เข้าตู้เกิด

การเตรียมโรงเรือน

ภาพที่ ก.1 ขั้นตอนการเตรียมเลี้ยงสัตว์ทดลอง

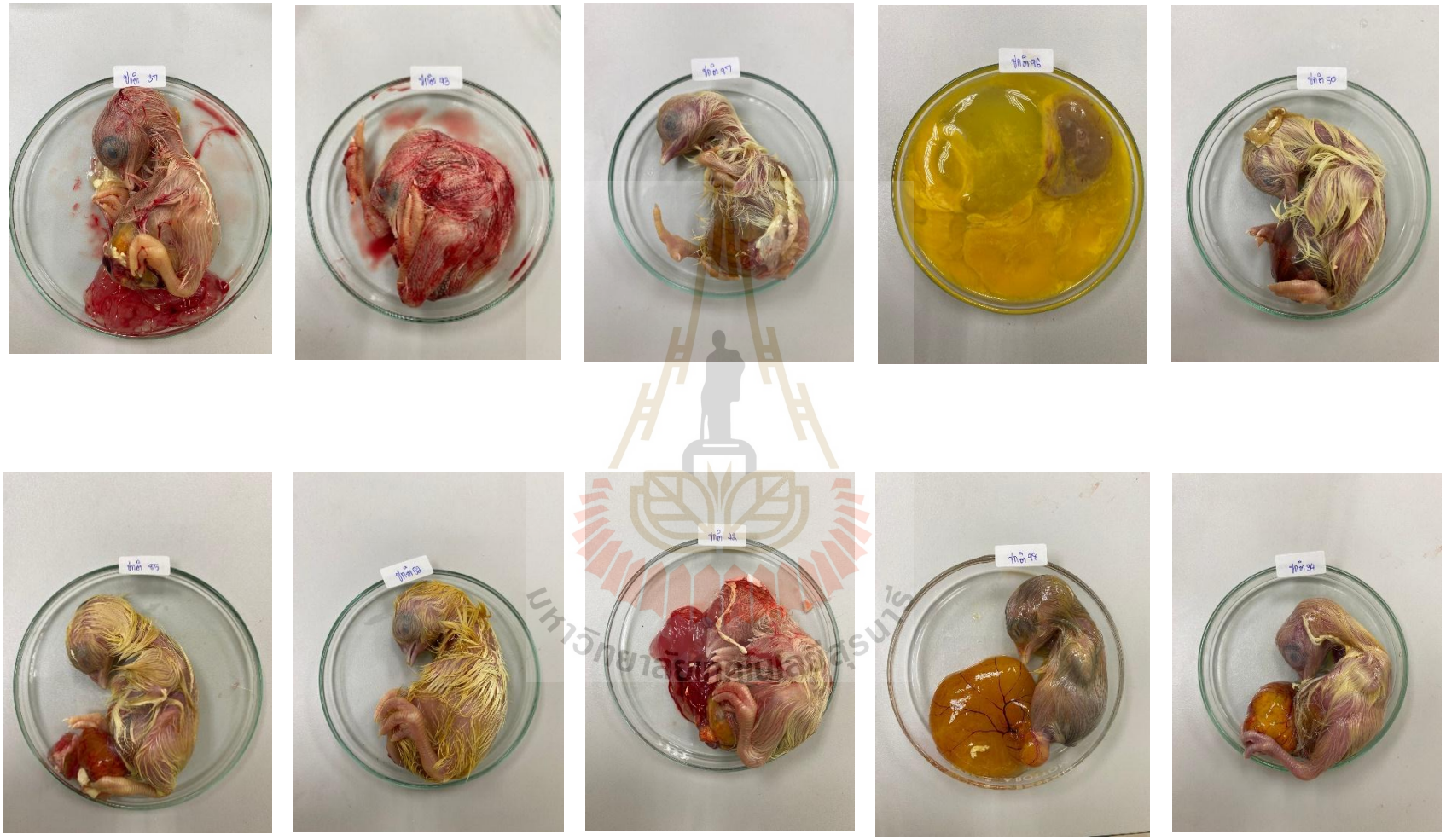
ชั่งน้ำหนักลูกไก่แรกเกิดแล้วแยกเข้ากรง



ผ่าช่องท้องเก็บตัวอย่าง อัณฑะ รังไข่

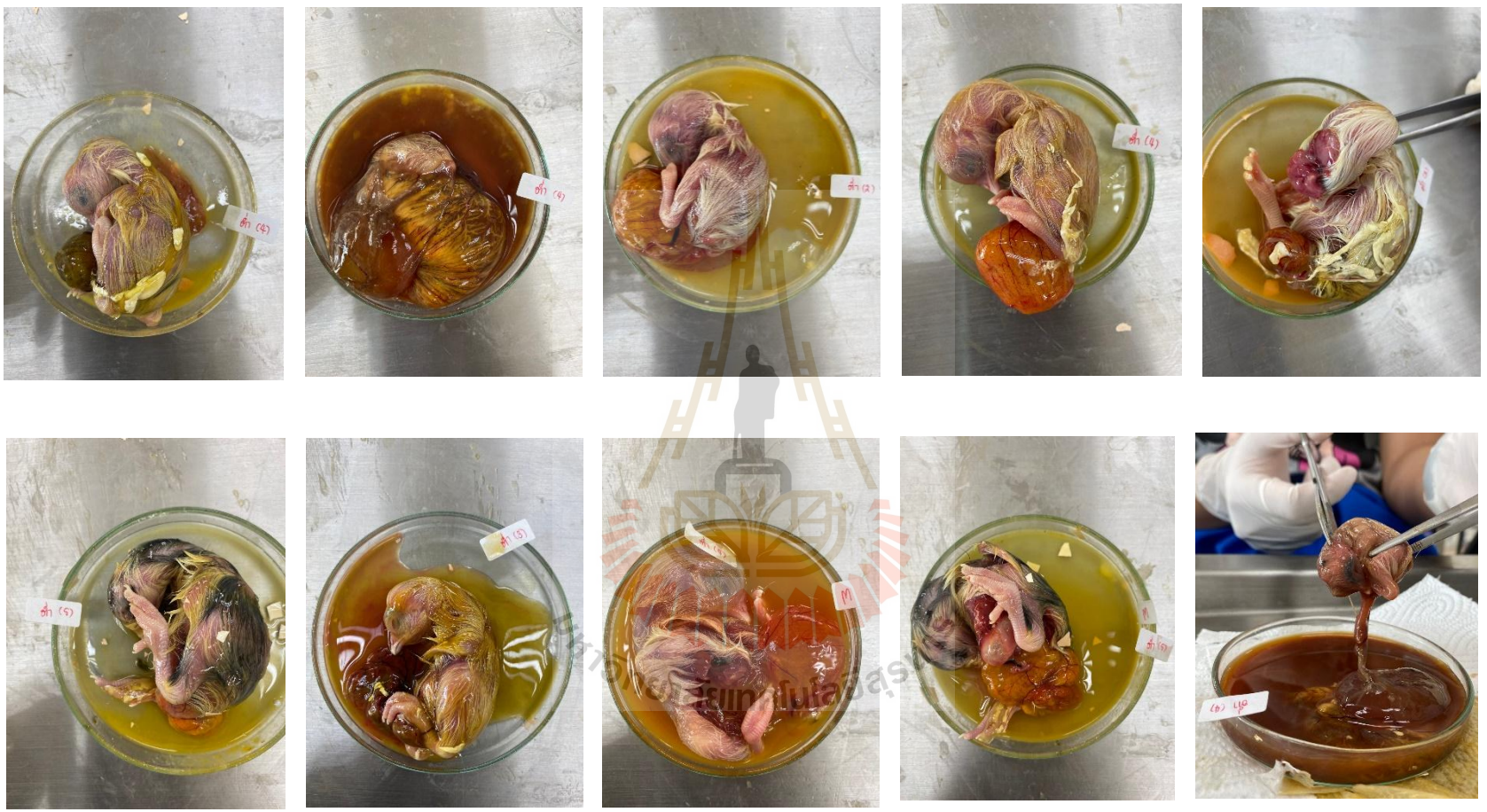
ภาพที่ ก.2 ขั้นตอนการเลี้ยงสัตว์ทดลอง และการเก็บตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาพที่ ก.3 ไข่ที่ไม่ฟักในกลุ่มที่ใช้อุณหภูมิมาตรฐานในการฟัก (37.7 องศาเซลเซียส)

ภาพที่ ก.4 ไข่ที่ไม่ฟักในกลุ่มที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐานในการฟัก (38.0 องศาเซลเซียส)



ภาพที่ ก.5 ไข่ที่ไม่ฟักในกลุ่มที่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่ามาตรฐานในการฟัก (36 .0 องศาเซลเซียส)

ภาคผนวก ข
วิธีการดำเนินงานในห้องปฏิบัติการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. การสกัด DNA และการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมีย

ในการทดลองนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิตู้ฟักต่อการกำหนดเพศในไก่โคราช เมื่อพิจารณาถึงการใช้อุณหภูมิการฟักตลอดช่วง การใช้อุณหภูมิการฟักบางช่วง และโครโมโซมเพศ โดยเมื่อครบ 21 วันของการฟัก ลูกไก่โคราชทุกตัวในการทดลองที่ 1 และ 2 ที่ฟักออกมาจะถูกเก็บเลือด จากนั้นนำไปสกัด DNA โดยใช้ GF-1 Blood DNA Extraction Kit (Vivantis, Malaysia) และการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมียด้วยเทคนิคปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส เพื่อทำการตรวจสอบเพศ และยืนยันผลการศึกษาการเปลี่ยนเพศ (Haunshi et al., 2008)

1.2 วัสดุและอุปกรณ์

1.2.1 หลอด microcentrifuge 1.5 มิลลิลิตร

1.2.2 เครื่อง Homogenize

1.2.3 เครื่อง Vortex

1.2.4 เครื่อง Spindown

1.2.5 เครื่อง Incubate

1.2.6 เครื่อง Centrifuge

1.2.7 Collection Tubes

1.2.8 GF-1 Columns

1.2.9 เครื่อง Nanodrop

1.2.10 เครื่อง PCR

1.2.11 เครื่อง Gel Doc

1.3 สารเคมี

1.3.1 Ethanol Absolute (VWR BDH, France)

1.3.2 Blood Lysis Buffer (Vivantis, Malaysia)

1.3.3 Wash Buffer 1 (Vivantis, Malaysia)

1.3.4 Wash Buffer 2 (Vivantis, Malaysia)

1.3.5 Elution Buffer (Vivantis, Malaysia)

1.3.6 Proteinase K (Vivantis, Malaysia)

1.3.7 W chromosome primer (Vivantis, Malaysia)

SaC-F primer 5’ TAACACGCTTCACTCACA 3’

SaC-R primer 5’ ATGTTTGGACAGAGGTGC 3’

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.3.8 Ribosomal Gene primer (Vivantis, Malaysia)

18S R-F primer 5’ AGCTCTTTCTCGATTCCGTG 3’

18S R-R primer 5’ GGGTAGACACAAGCTGAG 3’

1.3.9 Dream Taq (Vivantis, Malaysia)

1.3.10 DI water

1.4 วิธีการสกัด DNA

1.4.1 นำ Elution Buffer เข้าไปบ่มในเครื่อง Incubate ที่ 65 องศาเซลเซียส

1.4.2 นำเลือดใส่หลอด Microcentrifuge ปริมาตร 100 ไมโครลิตร จากนั้นเติม Blood Lysis Buffer ลงไป 100 ไมโครลิตร

1.4.3 นำหลอดตัวอย่างไปปั่นด้วยเครื่อง Homogenize 5 นาที แล้วพัก 5 นาที จากนั้นปั่นต่อในรอบสองอีก 5 นาที

1.4.4 Spindown หลังออกจากเครื่อง Homogenize แล้วจึงเติม Proteinase K ลงไป 10 ไมโครลิตร

1.4.5 Vortex แล้ว Spindown อีกครั้งก่อนนำเข้าเครื่อง Incubate 65 องศา เป็นเวลา 5 นาที จากนั้น Vortex แล้ว Spindown ก่อนนำเข้าเครื่องต่ออีก 5 นาที

1.4.6 เติม Ethanol Absolute ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ตามด้วย Vortex แล้ว Spindown จากนั้นตั้งทิ้งไว้ 5 นาที

1.4.7 ย้ายตัวอย่างที่อยู่ในหลอด Microcentrifuge ลงใน GF-1 Columns โดยใช้ปิเปตดูดเฉพาะส่วนใสที่อยู่ด้านบนให้ได้มากที่สุด

1.4.8 นำ GF-1 Columns เข้าเครื่อง Centrifuge 5000 RCF เป็นเวลา 3 นาที

1.4.9 จากนั้นเติม Wash Buffer 1 ปริมาตร 250 ไมโครลิตร แล้วนำเข้าเครื่อง Centrifuge 5000 RCF เป็นเวลา 3 นาที

1.4.10 เติม Wash Buffer 2 ปริมาตร 250 ไมโครลิตร แล้วนำเข้าเครื่อง Centrifuge 5000 RCF เป็นเวลา 3 นาที

1.4.11 เติม Wash Buffer 2 ปริมาตร 250 ไมโครลิตร ในรอบที่ 2 จากนั้นนำเข้าเครื่อง Centrifuge 14000 RCF เป็นเวลา 3 นาที โดยในขั้นตอนนี้ต้องให้ Wash Buffer ที่อยู่ใน GF-1 Columns ลงมาอยู่ที่ Collection Tubes ให้หมด

1.4.12 นำส่วน Collection Tubes ถอดทิ้ง แล้วย้าย GF-1 Columns ต่อเข้ากับหลอด Microcentrifuge

1.4.13 เติม Elution Buffer 50 ไมโครลิตร ที่บ่มไว้ลงไปในหลอดตัวอย่าง แล้วตั้งหลอดตัวอย่างทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 นาที

1.4.14 นำหลอดไปเข้าเครื่อง Centrifuge 5000 RCF เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำส่วน GF-1 Columns ถอดทิ้ง

1.4.15 นำ DNA ที่ได้อยู่ในหลอด Microcentrifuge ไปวัดความบริสุทธิ์ด้วยเครื่อง Nanodrop

1.5 วิธีการทำ PCR (Polymerase chain reaction) ในการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมียละลาย Primer ด้วยน้ำ DI (ปริมาตรตามในสินค้า)

1.5.1 นำ Primer มา Dilute โดยใช้ปิเปตดูด Primer มาปริมาตร 10 ไมโครลิตร และ DI water 90 ไมโครลิตร

1.5.2 เตรียม Master mix ต่อตัวอย่าง 1 หลอด ประกอบด้วย Dream Taq 10 ไมโครลิตร, DI water 7 ไมโครลิตร, Forward primer 0.5 ไมโครลิตร, Reward primer 0.5 ไมโครลิตร และ DNA sample 2 ไมโครลิตร โดยในการทดลองนี้จะใช้ primer 2 ชนิด ได้แก่ W chromosome primer ซึ่งจะตรวจพบได้เฉพาะในไก่เพศเมีย และ Ribosomal Gene primer ที่จะพบได้ทั้งในไก่เพศผู้และเพศเมีย

1.5.3 เมื่อนำสารทุกอย่างใส่ลงหลอด Microcentrifuge แล้ว ให้นำไป Vortex แล้ว Spindown

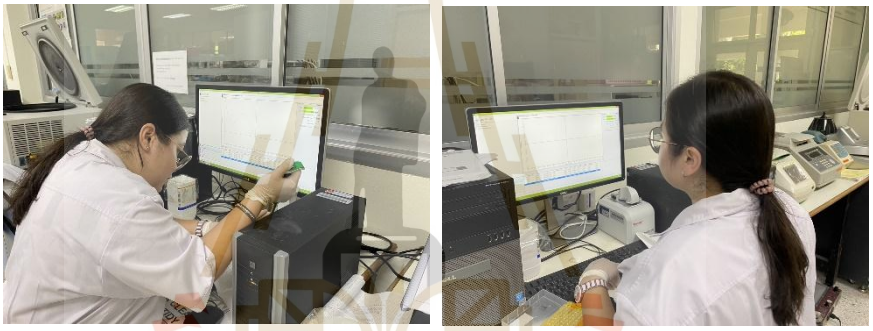
1.5.4 นำหลอดตัวอย่างเข้าเครื่อง PCR โดยตั้งโปรแกรมไว้ที่ จำนวน 25 cycles ใน 1 cycle ประกอบด้วย Initial Denaturation ที่ 94ºC ระยะเวลา 2 นาที, Denaturation ที่ 94ºC ระยะเวลา 5 วินาที, Extension ที่ 72ºC ระยะเวลา 5 วินาที และ Final Extension ที่ 72ºC ระยะเวลา 5 นาที

1.5.5 นำผลิตภัณฑ์ PCR ไปวิเคราะห์ผลจากปฏิกิริยา PCR (Gel electropholesis) โดยตั้งโปรแกรมให้กระแสไฟฟ้าเป็น 100 volt เวลา 30 นาที

1.5.6 เมื่อครบเวลาตามกำหนดแล้วให้นำเจลไปถ่ายรูปเพื่อตรวจสอบแถบโครโมโซมโดยใช้เครื่อง Gel Doc

เก็บเลือดจากลูกไก่อายุ 1 วัน กระบวนการสกัด DNA

ภาพที่ ข.1 การเก็บเลือดจากลูกไก่อายุ 1 วัน เพื่อนำเลือดไปสกัด DNA



ภาพที่ ข.2 การนำ DNA ไปวัดด้วยเครื่อง Nanodrop ก่อนนำไปทำ PCR

กระบวนการตรวจสอบโครโมโซมเพศเมีย

ภาพที่ ข.3 การตรวจหา W chromosome ด้วยวิธี Electrophoresis

ภาพที่ ข.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานทดลอง

2. การศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histology)

ในการทดลองนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histology) ของอัณฑะและรังไข่ที่มีผลมาจากการเปลี่ยนเพศโดยใช้อุณหภูมิ ซึ่งจะตรวจอัณฑะและรังไข่ที่เก็บจากไก่ อายุ 5 สัปดาห์ ที่เปลี่ยนเพศ ไปตรวจสอบลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histology) โดยย้อมสี Hematoxylin และ Eosin จากนั้นนำไปศึกษาลักษณะด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Compound microscope, Olympus รุ่น BX51 ต่อเข้ากับกล้องดิจิตอล Olympus รุ่น DP20)

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

2.1.1 เครื่อง Tissue Processor (Model: ATP140 Amos scientific)

2.1.2 เครื่อง TEC2800 Embedding Center

2.1.3 เครื่อง TEC2800 Cryo Console

2.1.4 เครื่อง TEC2601 Water Bath

2.1.5 เครื่อง ASP220 Slide Dryer

2.1.6 เครื่อง Erma Microtome blades

2.1.7 Microscope slides

2.1.8 Cover glass

2.1.9 Microscope (Olympus รุ่น BX51 40/40FL)

2.1.10 กล้องดิจิตอล (Olympus รุ่น DP20)

2.1.11 Tissue cassettes

2.1.12 Tissue forceps

2.1.13 Dropper

2.1.14 Patho cutter-r 35° 80 mm

2.2 สารเคมี

2.2.1 10% Neutral buffered formalin (Bio-Optica, Italy)

2.2.2 Dehyol absolute (Bio-Optica, Italy)

2.2.3 X-free (Bio-Optica, Italy)

2.2.4 Mayer hematoxylin (Bio-Optica, Italy)

2.2.5 Eosin Y 1% aqueous solution (Bio-Optica, Italy)

2.2.6 Bio mouth HM. Mounting medium (Bio-Optica, Italy)

2.2.7 95% Alcohol (VWR BDH, France)

2.2.8 Paraffin (Bio-Optica, Italy)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2.9 DI water

2.3 วิธีการ

2.3.1 นำตัวอย่างมาตัดในแนวระนาบ จากนั้นนำตัวอย่างใส่ลงใน cassettes แล้วจึงนำเข้าเครื่อง Tissue Processor โดยกระบวนการในเครื่อง มีดังนี้

2.3.1.1 แช่ใน 10% Neutral buffered formalin 1 ครั้ง ครั้งละ 89 นาที

2.3.1.2 แช่ใน 95% Alcohol 2 ครั้ง ครั้งละ 90 นาที

2.3.1.3 แช่ใน Dehyol absolute 3 ครั้ง ครั้งละ 60 นาที

2.3.1.4 แช่ใน X-free 3 ครั้ง ครั้งละ 60 นาที

2.3.1.5 แช่ใน Paraffin 4 ครั้ง ครั้งละ 60 นาที

รวมทั้งสิ้นใช้เวลา 14 ชั่วโมง

2.3.2 จากนั้น นำเนื้อเยื่อมาฝังใน Paraffin โดยใช้เครื่อง TEC2800 Embedding Center ทิ้งไว้ให้ Paraffin แข็งตัว โดยเครื่อง TEC2800 Cryo Console นำบล็อค Paraffin ที่มีชิ้นเนื้อฝังอยู่มาตัดหน้าบล็อค แล้วนำไปตัดด้วยเครื่อง Erma Microtome blades ให้เนื้อเยื่อมีความหนาขนาด 5 ไมโครเมตร

2.3.3 นำเนื้อเยื่อที่ตัดแล้ว (Section) มาติดกับกระจกสไลด์ โดยนำเนื้อเยื่อที่ตัดแล้วลอยใน Water Bath ที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส แล้วนำกระจกสไลด์พร้อมเนื้อเยื่อที่ตัดแล้วมาใส่เครื่อง ASP220 Slide Dryer ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ข้ามคืนให้สไลด์แห้ง

2.3.4 นำสไลด์ ไปย้อมสี โดยสีที่ใช้ คือ Hematoxylin และ Eosin โดยมีขั้นตอนการย้อมดังนี้

2.3.4.1 ขจัดพาราฟิน (Deparaffinization) โดยทำการจุ่มกระจกสไลด์ที่มีอยู่ลงไปใน X-free 2 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที

2.3.4.2 จากนั้นเอาน้ำเข้าเนื้อเยื่อ (Hydration) โดยเริ่มจากจุ่มใน Dehyol absolute 2 ครั้ง ครั้งละ 2 นาที ตามด้วยจุ่มใน 95% Alcohol 2 ครั้ง ครั้งละ 2 นาที

2.3.4.3 ล้างด้วยน้ำประปา โดยเปิดน้ำให้ไหลผ่านตลอดเวลา ประมาณ 5 นาที

2.3.4.4 ทำการย้อมสีครั้งแรก (Primary stain) โดยย้อมด้วยสี Hematoxylin จุ่มไว้นานประมาณ 5 นาที แล้วล้างด้วยน้ำประปา

โดยเปิดให้น้ำไหลผ่านตลอดเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปจุ่มใน 95% Alcohol 10 วินาที

2.3.4.5 นำสไลด์มาล้างด้วยน้ำประปา โดยเปิดน้ำให้ไหลผ่านตลอดเวลาประมาณ 5 นาที

2.3.4.6 ทำการย้อมสีซ้ำ (Counterstain) โดยย้อมด้วยสี Eosin จุ่มไว้นานประมาณ 1 นาที จากนั้นทำการขจัดน้ำ (Dehydration) โดยเริ่มจากจุ่มใน 95% Alcohol 2 ครั้ง ครั้งละ 1 นาที แล้วจุ่มใน Dehyol absolute 2 ครั้ง ครั้งละ 2 นาที

2.3.4.7 การขจัดแอลกอฮอล์ และทำให้เนื้อเยื่อใส (Clearing) โดยการจุ่มกระจกสไลด์ที่มีเนื้อเยื่ออยู่ลงใน X-free 3 ครั้ง ครั้งละ 2 นาที

2.3.5 นำสไลด์ขึ้นมาทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้น หยด Mounting median ลงบนกระจกสไลด์แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์

2.3.6 นำกระจกสไลด์ที่มีเนื้อเยื่อที่ย้อมสีเสร็จแล้วไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์เพื่อศึกษาดูความแตกต่างของโครงสร้างอัณฑะในกลุ่มที่ฟักด้วยอุณหภูมิปกติ และอัณฑะของไก่ที่มีการเปลี่ยนเพศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นางสาวชนกนันท์ คำอุ่น เกิดวันที่ 17 เมษายน พ.ศ. 2541 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร เริ่มศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียนสารสาสน์พิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนสตรีศรีสุริโยทัย จังหวัดกรุงเทพมหานคร และเข้าศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยทุนเรียนดี ในสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำเร็จการศึกษา (เกียรตินิยมอันดับ 1) เมื่อ พ.ศ. 2562 จากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปีการศึกษา 2563 ด้วยทุนการศึกษาสำหรับผู้มีผลการเรียนดีเด่น ภายใต้อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.ภคนิจ คุปพิทยานันท์ ได้มีโอกาสนำเสนองาน และตีพิมพ์ลงในวารสารแก่นเกษตร ในหัวข้อเรื่อง การเปรียบเทียบผลของการใช้ถุงถั่วเขียวและเครื่องให้น้ำเกลืออุ่นต่ออุณหภูมิร่างกายและระยะเวลาการฟื้นตัวของสุนัขหลังการผ่าตัด และเรื่องการใช้น้ำมันหอมระเหยจากใบกะเพราช้างต่ออัตราการตายของเห็บสุนัข ในงานประชุมวิชาการสัตวศาสตร์แห่งชาติ ครั้งที่ 9 ประจำปี 2564

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี