



การพัฒนาตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับอนุบาลลูกไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาว Development of Incubator to Control Temperature for Native Chicks (Lueng Hang Khao) Nursery

เอกสิทธิ์ สมคณา* อติรัฐ มากสุวรรณ และณัฐกร อินทรวิชะ
Eakkasit Somkuna*, Atirat Makuwan and Nuttakorn Intaravicha

สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมเพื่อการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
833 ถนนพระราม แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
Department of Environmental Technology for Agriculture, Faculty of Science and Technology,
Pathumwan Institute of Technology, Bangkok 10330, Thailand

*Corresponding author, e-mail: hs4ghn@gmail.com

(Received: Apr 24, 2022; Revised: Aug 30, 2022; Accepted: Sep 1, 2022)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed methods) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับอนุบาลลูกไก่พื้นเมืองเหลืองหางขาว เพื่อเพิ่มอัตราการเลี้ยงรอดของลูกไก่ระยะ 0 ถึง 6 สัปดาห์ เริ่มจากศึกษาลักษณะเฉพาะของพื้นที่โดยการวิจัยเชิงคุณภาพ ได้แก่ คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรแบบเฉพาะเจาะจง เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึกร่วมกับการศึกษาลักษณะเฉพาะของพื้นที่ที่มีผลต่ออัตราการเลี้ยงรอดและการเจริญเติบโตพบว่า ผลการศึกษา มีความสอดคล้องกันคือ อุณหภูมิอากาศช่วง 28 -32 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำมากำหนดเป็นพารามิเตอร์เพื่อออกแบบและทดสอบตู้อนุบาลลูกไก่ด้วยการวิจัยเชิงปริมาณ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 4 ทรีเมนต์ จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างพารามิเตอร์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P < 0.05$) ผลการวิจัยพบว่าการออกแบบและสร้างตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับอนุบาลลูกไก่ ซึ่งได้ตู้อนุบาลขนาด 100x150x80 ลูกบาศก์เซนติเมตร หุ้มด้วยฉนวน (โพลีโพลีสไตรีน) เพื่อกักเก็บพลังงานความร้อนในตัวให้คงที่ ติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เจาะรูด้านข้างและติดตั้งพัดลมเพื่อระบายอากาศ ติดตั้งหลอดเซรามิกเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อน ผลการทดสอบพบว่า การควบคุมอุณหภูมิระหว่าง 3 ระดับ คือ 28±1 30±1 และ 32±1 องศาเซลเซียส มีอัตราการเลี้ยงรอดมากกว่าการไม่ควบคุมอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันและค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังนั้น จากการพัฒนาตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับอนุบาลลูกไก่ โดยใช้การวิจัยแบบผสมผสานนี้ทำให้ได้ตู้อนุบาลลูกไก่ที่ควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมต่อลูกไก่แต่ละช่วงอายุของการอนุบาลและสอดคล้องกับลักษณะเฉพาะพื้นที่

คำสำคัญ : ลูกไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาว ตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับอนุบาลลูกไก่ อัตราการเลี้ยงรอด
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย

Abstract

This study was mixed method research that aims to study and design a temperature control incubator for native chick nursery in terms of increasing the survival rate of chicks over a period of 0 to 6 weeks. The area's niches were analyzed by qualitative research, namely the research samples were obtained by purposive sampling. Data was collected by using in-depth interviews. Together with the study of area characteristics that affect survival and growth rates, it was found that the results were consistent with air temperature in the range of 28 -32 degrees Celsius. After that, it was determined as a treatment to design and test chick nursery cabinets by quantitative research; experimental design by Completely Randomized Design (CRD) divided into 4 treatments 3 replications, Analysis of Variance (ANOVA) and compared mean by Duncan multiple range test (DMRT) at 0.05 level significance. The results showed that

the size of designed temperature control incubator was 100x150x80 cm.³ encapsulated with insulation (Polypropylene; PP) to contain heat transfer control. The automatic climate control was installed together with making the holes on the side and a fan for ventilation. Ceramic heat lamps were used as a heat source in the incubator. The test temperature was controlled for chicks nursing ranged with 28±1 30±1 and 32±1 degrees Celsius. It was shown that survival rate was higher than the control temperature at 0.05 level of significance ($P<0.05$). There was no significant difference ($P>0.05$) in average daily gain (ADG) and feed conversion ratio (FCR) between the three levels of the temperature. The results from the development of a temperature control incubator by using mixed methods could produce an appropriate temperature control incubator for native chicks' nursery in each age of nursery and in accordance with niche area.

Keywords: Lueng Hang Khao native chicks, Incubator native chick nursery, Survival rate, Average daily gain

บทนำ

ปัจจุบันเกษตรกรนิยมเลี้ยงไก่พื้นเมืองแบบหลังบ้านหรือเลี้ยงปล่อยอิสระ โดยปี พ.ศ. 2564 สถิติจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีจำนวน 688,453 ราย โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2563 ที่มีจำนวน 646,438 ราย (Department of Livestock Development, 2021) นอกจากนี้ไก่พื้นเมืองยังเป็นที่ต้องการของตลาดบริเวณชายแดนไทย-กัมพูชา ซึ่งมีความต้องการสูงถึงวันละ 2 ตัน (Somkuna *et al.*, 2019) โดยลักษณะของไก่พื้นเมืองซึ่งเป็นที่ต้องการคือไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาว (Soipeth *et al.*, 2017) ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการ เนื่องจากข้อดีของการเลี้ยงแบบปล่อยอิสระ คือ เกิดความเสี่ยงต่อสวัสดิภาพของลูกไก่ในช่วงอนุบาลหรือระยะกก ซึ่งกระทบต่อปริมาณผลผลิตของไก่เต็มวัย ดังนั้น การลดความเสี่ยงต่อสวัสดิภาพของลูกไก่ในช่วงอนุบาลหรือระยะกก โดยการจัดการในช่วงระยะอนุบาลที่มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจึงมีส่วนทำให้ปริมาณผลผลิตของไก่เต็มวัยเพิ่มขึ้นได้เช่นกัน (Sarmiento-Garcia *et al.*, 2021) จากการศึกษาเบื้องต้นของผู้วิจัยพบว่า เกษตรกรร้อยละ 80 ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ อนุบาลลูกไก่โดยใช้กรงอนุบาลลูกไก่ที่สร้างขึ้นเพื่อเลี้ยงดูลูกไก่ในช่วงอายุแรกเกิดจนถึง 2 เดือน ทำให้มีอัตราการสูญเสียลูกไก่สูงถึงร้อยละ 20 เช่นเดียวกับรายงานของ Pontecha *et al.* (2019) นอกจากนี้ยังมีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการโรงเรือน เช่น Panchan & Mahujchriyawong (2012) พบว่า การระบายอากาศภายในโรงเรือนส่งผลให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนลดลงประมาณ 2 องศาเซลเซียส ช่วยเพิ่มอัตราการกินอาหารและการเจริญเติบโตของไก่ได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Faykaew (2019) พบว่าการระบายอากาศภายในโรงเรือนมีผลต่ออุณหภูมิของร่างกาย ปริมาณก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตลอดจนการระบายก๊าซแอมโมเนียที่เกิดขึ้นออกจากโรงเรือนด้วย ในขณะที่การศึกษาของ Islam *et al.* (2016) พบว่า การกักลูกไก่เนื้อด้วยการใช้ถ่านร่วมกับขี้เลื่อยรองพื้นในเครื่องกกให้ผลดีต่อการเลี้ยงรอดของลูกไก่ สามารถลดต้นทุนการเลี้ยง และอุณหภูมิที่ใช้ในการกักความมากกว่า 28 องศาเซลเซียส

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในด้านการลดความเสี่ยงต่อสวัสดิภาพของลูกไก่ในช่วงอนุบาลหรือระยะกกทั้งหมดที่กล่าวมานั้น แสดงให้เห็นว่านักวิชาการส่วนใหญ่เน้นการวิจัยเพียงลักษณะเดียว คือ การวิจัยเชิงปริมาณ ซึ่งมีข้อดีเกี่ยวกับตัวแปรที่นักวิจัยใช้อย่างไม่ตรงกับความเป็นจริง อีกทั้งทฤษฎีที่นักวิจัยเลือกไว้อาจไม่ตรงกับความเป็นจริง และที่สำคัญ คือ ขาดความเข้าใจในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างแท้จริง เนื่องจากมุ่งเน้นการทดสอบแนวคิดทฤษฎีและสมมติฐาน ดังนั้น การวิจัยนี้จึงเลือกใช้การวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed methods) ซึ่งเป็นกรวิจัยที่ใช้วิธีวิทยาทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพร่วมกันเพื่อหาคำตอบของการวิจัยที่มีความครอบคลุม ลุ่มลึกและชัดเจน ซึ่งจะนำไปสู่ความเข้าใจในปรากฏการณ์ที่ศึกษามากขึ้น (Chalabang, 2017) เพื่อหาข้อสรุปในการเพิ่มผลผลิตไก่เต็มวัยด้วยการสร้างตู้อนุบาลลูกไก่ให้สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ จังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการช่วยเพิ่มผลผลิตของไก่พื้นเมืองให้กับเกษตรกรผู้เพาะพันธุ์ และจำหน่ายไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาวได้เช่นเดียวกัน เพราะเป็นการขยายข้อจำกัดของลักษณะการวิจัยเชิงปริมาณด้วยการใช้การวิจัยเชิงคุณภาพร่วมด้วย (Ngamvichaikit, 2015) อาทิ ผลการศึกษาของ Sriin & Maksudwan (2022) เกี่ยวกับการถอดองค์ความรู้ซ่อนเร้นการเพาะเลี้ยงไรแดงด้วยคลอเรลลา โดยใช้การวิจัยแบบผสมผสานพบว่า ทำให้ได้วิธีการเพาะเลี้ยงไรแดงด้วยคลอเรลลาที่สามารถปฏิบัติได้จริง ได้ผลผลิตสูงสุด เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในพื้นที่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและพัฒนาตู้อบบลูโก้สำหรับควบคุมอุณหภูมิที่มีผลต่ออัตราการเลี้ยงรอดและการเจริญเติบโตของลูกไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาวอายุ 0 – 6 สัปดาห์

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ศึกษาที่มีผลต่ออัตราการเลี้ยงรอดและการเจริญเติบโตของลูกไก่ โดยวิธีการวิจัยแบบต่อเนื่องเชิงสำรวจตามขั้นตอนของ Creswell & Plano Clark (2011) แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเลี้ยงรอดและการเจริญเติบโตของลูกไก่จากเกษตรกรผู้เลี้ยงและขยายพันธุ์ไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาวในชุมชนบ้านสวายสอ ตำบลสะแกโพรง อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ ด้วยวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ ได้แก่ การสัมภาษณ์เชิงลึกร่วมกับการสังเกตแบบมีส่วนร่วมตามวิธีการ และขั้นตอนของ Ngamvichakit (2015) โดยการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างผู้ให้สัมภาษณ์แบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) จำนวน 30 คน ซึ่งมีเงื่อนไขคือ เป็นครัวเรือนเกษตรกรในพื้นที่ที่มีระบบการจัดการกลุ่มสำหรับการเลี้ยง และขยายพันธุ์ไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาวอย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 2 ปี วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการถอดเทปสัมภาษณ์เพื่อกำหนดรหัสเชิงพรรณนาจากคำหรือวลีที่สั่นกระชับจากการวิเคราะห์บทสัมภาษณ์เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเลี้ยงรอดและการเจริญเติบโตของลูกไก่ โดยกำหนดรหัสข้อมูลเชิงพรรณนา (Phothisita, 2019)

ส่วนที่ 2 ศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ศึกษา โดยทำการศึกษาที่แผนกวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีบุรีรัมย์ ($8^{\circ}52'42''N$, $98^{\circ}49'30''E$) โดยบันทึกข้อมูล อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และความเร็วลมเป็นเวลา 20 วัน วันละ 5 ช่วงเวลา คือ 8.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. และ 16.00 น. วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ตามวิธีการของ Hinkle *et al.* (1998) และใช้วิธีการถดถอยเชิงเส้นเพื่อสรุปผลการศึกษา

ส่วนที่ 3 ศึกษาผลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ศึกษาต่ออัตราการเลี้ยงรอดและการเจริญเติบโตของลูกไก่อายุ 0 – 6 สัปดาห์ ด้วยวิธีการวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้หน่วยทดลองซึ่งเป็นกล่องกระดาษ ขนาด 33 X 36 X 26 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 105 กล่อง (หน่วยทดลอง) ภายในแต่ละหน่วยทดลองประกอบด้วย แกลบหนาประมาณ 2-3 เซนติเมตร อุปกรณ์ให้น้ำ อุปกรณ์ให้อาหาร และลูกไก่ 1 ตัวต่อหน่วยทดลอง ทำการเก็บข้อมูลวันละ 3 หน่วยทดลอง ได้แก่ น้ำหนัก ปริมาณน้ำและอาหาร ความชื้นแกลบ และข้อมูลปัจจัยสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และอัตราเร็วลม เป็นเวลา 35 วัน

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบบลูโก้ มีดังนี้

1. ออกแบบและสร้างตู้อบบลูโก้ต้นแบบด้วยการถอดแบบตู้อบบลูโก้จากฐานข้อมูลทางวิชาการ โดยจำแนกที่มาของเอกสารตามวิธีการของ Ngamvichakit (2015) ร่วมกับการวิเคราะห์คุณสมบัติทางอุณหภูมิของวัสดุฉนวนกันความร้อนบนพื้นฐานของกฎการอนุรักษ์พลังงาน (Asako & Nakamura, 1982) เพื่อศึกษาผลการถ่ายโอนพลังงานความร้อนภายในวัสดุต่างชนิดกัน (Bouafia *et al.*, 2015)

2. ประเมินคุณสมบัติการถ่ายโอนความร้อนของวัสดุด้วยการทดลองเชิงคำนวณตามขั้นตอนของ Maksudan (2019) เพื่อคัดเลือกวัสดุฉนวนกันความร้อนที่หาได้ภายในท้องถิ่นจากแบบจำลองอุณหพลศาสตร์ โดยพลังงานความร้อนจากแหล่งกำเนิดจะเริ่มมีการถ่ายโอนพลังงานไปยังวัสดุที่มีค่าการนำความร้อน (k) เพื่อกักเก็บความร้อน (Q_{max}) ทำให้พื้นที่ที่ล้อมรอบด้วยวัสดุที่กักเก็บความร้อนมีอุณหภูมิสูง (T_{in}) จึงเกิดการถ่ายโอนพลังงานความร้อนไปยังพื้นที่ผิวอุณหภูมิสมมุติรูปทรงกระบอก (T_s) ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า จนเกิดสมดุลความร้อนภายในตู้อบบลูโก้ หลังจากนั้นพื้นที่ผิวอุณหภูมิสมมุติรูปทรงกระบอกก็มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม จะเกิดการถ่ายโอนพลังงานความร้อนไปยังสิ่งแวดล้อม (T_{out}) ซึ่งแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 การประเมินคุณสมบัติทางอุณหภูมิจากค่าการนำความร้อน (k) และค่าการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุ และกรณีที่ 2 การประเมินคุณสมบัติทางอุณหภูมิจากค่าการนำความร้อน (k) และค่าการพาความร้อนของวัสดุ ตามลำดับ

3. ทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบบลูโก้ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยกำหนดทรีตเมนต์ ได้แก่ ระดับของอุณหภูมิอากาศที่ได้จากผลการศึกษาจากขั้นตอนที่ 1 ระดับละ 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของ

ค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan' news Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$) โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics Version 23.0

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ศึกษาที่มีผลต่ออัตราการเลี้ยงรอดและการเจริญเติบโตของลูกไก่ ดังนี้

1.1 ผลการศึกษาข้อมูลสาเหตุการสูญเสียลูกไก่ โดยการถอดเทปสัมภาษณ์เกษตรกรพบว่า เกษตรกรร้อยละ 80 ให้ข้อมูลตรงกันว่าอุณหภูมิอากาศมีผลต่ออัตราการรอดของลูกไก่ ลูกไก่จะมีการเชื่องซึม และไม่ค่อยกินอาหารในช่วงที่มีอากาศหนาวและมีฝน นอกจากนี้ความหนาแน่นภายในพื้นที่อนุบาลส่งผลต่ออัตราการรอดของลูกไก่ ตลอดจนเกษตรกรนิยมเลี้ยงไก่พื้นเมืองจำนวนมาก แต่เกษตรกรแต่ละคนต้องทำการเกษตรมากกว่า 1 ประเภท ทำให้ไม่มีเวลาดูแล จึงทำให้ลูกไก่ที่อ่อนแอ ถูกไล่จิกจากลูกไก่ที่แข็งแรงกว่าเพื่อแย่งอาหารเกิดผลติดเชื้อจึงทำให้เกิดการสูญเสียในที่สุด

1.2 ผลการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ศึกษาพบว่า ค่าขนาดของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.832 ในทิศทางตรงกันข้ามอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($P < 0.01$) ดังตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาสมการถดถอยระหว่างอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์พบว่าคอกที่ 5 มีความเหมาะสมมากที่สุดเนื่องจากมีค่าความแม่นยำในการพยากรณ์เท่ากับร้อยละ 69 ดังแสดงในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าได้รับอิทธิพลการรบกวนจากสิ่งแวดล้อมภายนอกพื้นที่ศึกษาเพียงร้อยละ 31 ตามลำดับ อีกทั้งค่าความชื้นสัมพัทธ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วยจะทำให้ค่าอุณหภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดทำให้ส่งผลดีต่อการปรับอุณหภูมิภายในร่างกายของลูกไก่ขณะที่พัฒนาการของอวัยวะภายในของลูกไก่ยังไม่สมบูรณ์

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation analysis) ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ปีกที่ใช้ทดลอง

	อุณหภูมิ	ความชื้นสัมพัทธ์
อุณหภูมิ	1	-.832**
ความชื้นสัมพัทธ์	-.832**	1

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) ของโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติของพื้นที่ศึกษาซึ่งแบ่งเป็น 6 คอกย่อย

	คอกที่ 1	คอกที่ 2	คอกที่ 3	คอกที่ 4	คอกที่ 5	คอกที่ 6
R Square	0.69	0.63	0.50	0.67	0.69	0.60
Equation	$y = -0.16x + 43.31$	$y = -0.18x + 43.96$	$y = -0.13x + 39.79$	$y = -0.16x + 42.76$	$y = -0.14x + 41.24$	$y = -0.13x + 39.71$

หมายเหตุ: y = อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$), x = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

1.3 ผลการศึกษาผลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ศึกษาต่ออัตราการรอดและการเจริญเติบโตของลูกไก่ ภายในพื้นที่ศึกษา พบว่าค่า อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Gain; ADG) ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (Feed Conversion Ratio; FCR) และค่าน้ำหนักอาหารที่ลูกไก่กินมีค่าขนาดของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ร่วมกับช่วงของอุณหภูมิอากาศสูงที่สุดในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($P < 0.01$) ดังตารางที่ 3 อีกทั้งยังพบว่าค่า ADG มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากที่สุดและค่า FCR มีแนวโน้มลดลงมากที่สุดคืออุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 28 – 32 องศาเซลเซียส

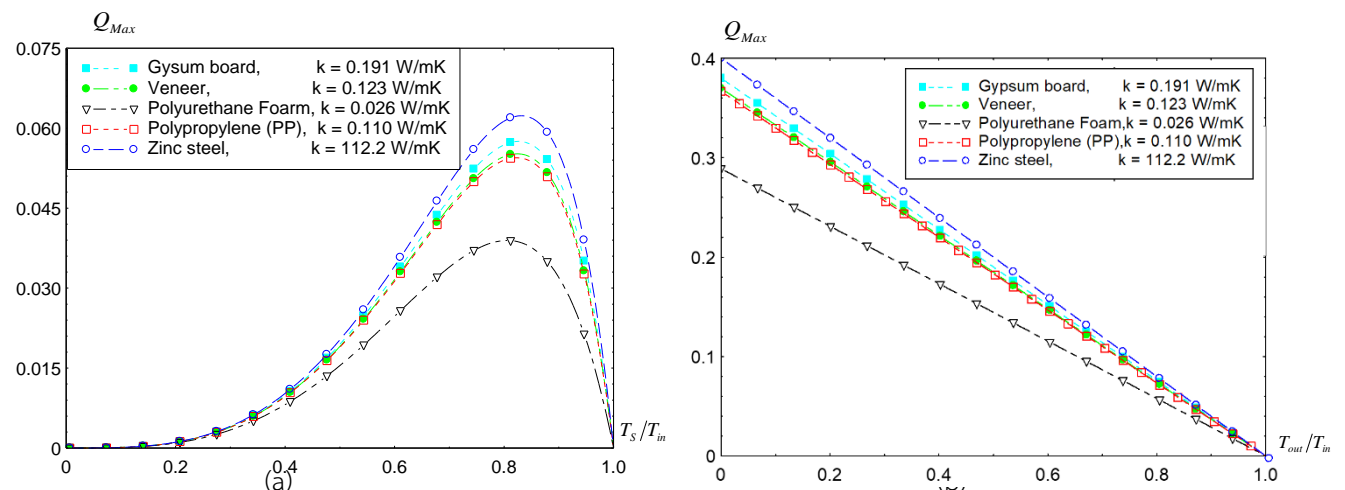
ตารางที่ 3 ค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation) ระหว่างปริมาณอาหารที่กิน (Feed intake) โครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติกับอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของลูกไก่

	ปริมาณอาหารที่กิน	อุณหภูมิ	ความชื้นสัมพัทธ์	ความเข้มแสง
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน	.968**	-.489**	.330	-.377*
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก	.946**	-.464**	.343*	-.364*

**Correlation is significant at the 0.01level (-2tailed), *. Correlation is significant at the 0.05level (-2tailed)

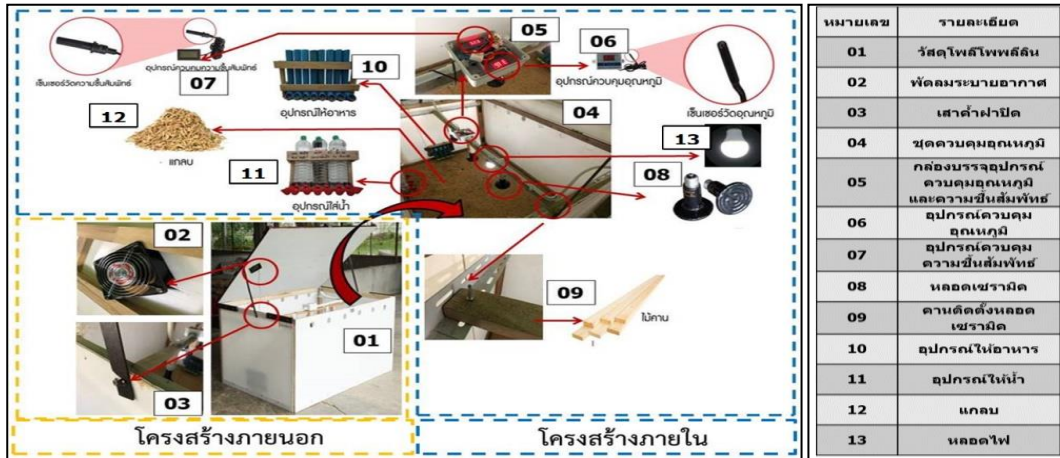
2. จากผลการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ศึกษามีผลต่ออัตราการเลี้ยงรอดและการเจริญเติบโตของลูกไก่ (ข้อ 1) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษามีผลต่ออัตราการรอดและการเจริญเติบโตของลูกไก่ ดังนั้นจึงนำผลการศึกษาจากข้อที่ 1 มาสร้างตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับอนุบาลลูกไก่ ดังนี้

2.1 ผลการประเมินคุณสมบัติการถ่ายโอนความร้อนของวัสดุด้วยการทดลองเชิงคำนวณ เพื่อคัดเลือกวัสดุฉนวนกันความร้อนภายในห้องถิ่นที่มีค่าการนำความร้อน (k) ที่แตกต่างกันสำหรับออกแบบโครงสร้างของตู้อนุบาล 5 ชนิด ได้แก่ แผ่นยิปซัม (Gypsum bord) แผ่นไม้อัด (Veneer) แผ่นโพลียูรีเทน (Polyurethane foam) แผ่นโพลีโพรพิลีนหรือแผ่นพิวเจอร์บอร์ด (Polypropylene; PP) และแผ่นสังกะสี (Zinc steel) จากภาพที่ 1 (a) และ (b) ตามลำดับพบว่าแผ่นโพลียูรีเทนสามารถกักเก็บพลังงานความร้อนได้ดีที่สุด แต่เนื่องจากมีราคาแพง ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น จึงไม่เหมาะกับการใช้งานของเกษตรกร ดังนั้นจึงเลือกแผ่นโพลีโพรพิลีนหรือแผ่นพิวเจอร์บอร์ด ซึ่งสามารถกักเก็บพลังงานความร้อนได้ดีในลำดับรองลงมาสำหรับนำมาสร้างเป็นโครงสร้างหลักของตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับอนุบาลลูกไก่เพื่อควบคุมพลังงานความร้อนภายในตู้อนุบาลให้คงที่



ภาพที่ 1 ผลการประเมินคุณสมบัติทางอุณหภูมิของวัสดุฉนวนกันความร้อน 5 ชนิด (a) กรณีที่ 1 และ (b) กรณีที่ 2 ที่มา : Makuwan (2019)

2.2 ผลการออกแบบและสร้างตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับอนุบาลลูกไก่ พบว่า ตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับอนุบาลลูกไก่ ขนาด 100x150x80 ลูกบาศก์เซนติเมตร หุ้มด้วยฉนวน (โพลีโพรพิลีน หนา 5 มิลลิเมตร) เพื่อกักเก็บพลังงานความร้อนภายในตู้ให้คงที่ ติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เจาะรูด้านข้างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตรสองข้างๆ ละ 6 รู และติดตั้งพัดลมขนาด 12 เซนติเมตร 0.9 วัตต์ เพื่อระบายอากาศ ติดตั้งหลอดเซรามิค ขนาด 150 วัตต์ 3 หลอดเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อน ผลการทดลองพบว่า การควบคุมอุณหภูมิระหว่าง 28 ถึง 32 องศาเซลเซียส สามารถเลี้ยงลูกไก่ได้ 15 ตัวต่อตู้ ดังภาพที่ 2



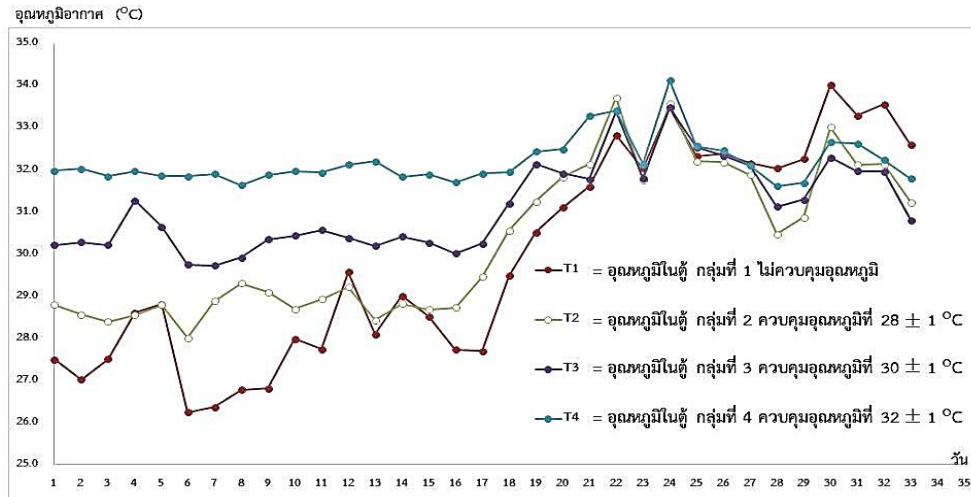
ภาพที่ 2 ผลการออกแบบและสร้างตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับอบบลูกกล้วย 0-6 สัปดาห์

2.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพควบคุมอุณหภูมิอากาศโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยการสร้างตู้ควบคุมอุณหภูมิจำนวน 12 ตู้ กำหนดทรีตเมนต์ที่ได้จากผลการศึกษาใน **ขั้นตอนที่ 1** คืออุณหภูมิอากาศ 4 ระดับ ๆ ละ 3 ซ้ำได้แก่ หน่วยที่ 1 ไม่ควบคุมอุณหภูมิ (T_1) หน่วยที่ 2 ควบคุมอุณหภูมิ 28 ± 1 องศาเซลเซียส (T_2) หน่วยที่ 3 ควบคุมอุณหภูมิ 30 ± 1 องศาเซลเซียส (T_3) และหน่วยที่ 4 ควบคุมอุณหภูมิ 32 ± 1 องศาเซลเซียส (T_4) ผลการทดสอบพบว่าตู้อบบลูกกล้วย T_2 , T_3 และ T_4 สามารถควบคุมอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยได้อย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลา 33 วัน ของการเลี้ยง คือ 29.8 ± 1.5 , 30.8 ± 0.8 และ 32.1 ± 0.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตู้อบบลูกกล้วยในกลุ่ม T_1 ที่ไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิ มีค่าเท่ากับ 29.8 ± 2.4 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 4 เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการอบบลูกกล้วยพบว่าหน่วยทดลอง T_2 , T_3 และ T_4 มีอัตราการเลี้ยงรอดคิดเป็นร้อยละ 100 แต่หน่วยทดลองที่ T_1 มีอัตราการเลี้ยงรอดคิดเป็นร้อยละ 95.56 ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยหน่วยทดลอง T_2 มีค่ามากที่สุดคือ 12.07 กรัมต่อวัน รองลงมาหน่วยทดลอง T_3 และ T_4 คือ 12.03 และ 11.52 กรัมต่อวัน ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักเนื้อเฉลี่ยหน่วยทดลอง T_1 มีค่ามากที่สุดคือ 2.83 รองลงมาหน่วยทดลอง T_3 มีค่าเท่ากับหน่วยทดลอง T_4 คือ 2.78 และ T_2 คือ 2.72 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิของตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับอบบลูกกล้วย

รายการ	T_1	T_2	T_3	T_4	SEM	P-value
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย (กรัม/วัน)	11.88	12.07	12.03	11.52	0.23	0.867
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก	2.83	2.72	2.78	2.78	0.04	0.887
อัตราการเลี้ยงรอด (ร้อยละ)	95.56 ^b	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	0.75	0.052
ความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	22.44	22.13	22.54	21.33	0.36	0.684
ความยาวปีกที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	18.75	18.57	18.38	18.92	0.11	0.346
รอบอกที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	10.51	11.47	11.84	11.36	0.23	0.195
ความยาวขั้วที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	3.26	3.30	3.34	3.24	0.04	0.860
ความยาวรอบขั้วที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	1.41	1.50	1.66	1.58	0.04	0.185
ความชื้นแกลบที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ)	13.37 ^a	6.63 ^b	5.54 ^{bc}	4.39 ^c	1.07	0.000
ระดับแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้น (พีพีเอ็ม)	27.72 ^a	2.00 ^b	1.80 ^b	1.77 ^b	3.38	0.000

^{abc} อักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$)



ภาพที่ 3 การควบคุมอุณหภูมิอากาศที่ระดับ 28 ± 1 30 ± 1 และ 32 ± 1 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลา 33 วัน

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาโดยการวิจัยเชิงคุณภาพพบว่า ลักษณะเฉพาะของพื้นที่ที่มีผลต่ออัตราการเลี้ยงรอดและการเจริญเติบโตของลูกไก่ คือ ระดับอุณหภูมิอากาศในช่วงระหว่าง 28-32 องศาเซลเซียส และความหนาแน่นของการเลี้ยงที่เหมาะสม คือ 15 ตัวต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นการแสวงหาความรู้เพื่อเข้าถึงความจริงโดยวิธี Induction deduction inference อันนำไปสู่การสร้างทฤษฎี (Vichan, 2019) เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาด้านการเกษตรที่มีความเป็นลักษณะเฉพาะเจาะจงของแต่ละพื้นที่

ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิของตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับอนุบาลลูกไก่โดยใช้การวิจัยเชิงปริมาณพบว่า ตู้อนุบาลลูกไก่มีประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิได้สม่ำเสมอทั้ง 3 ระดับ เมื่อควบคุมอุณหภูมิด้วยพลาสติกโพลีโพรพิลีน (Polypropylene) หรือแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดคือ 28 30 และ 32 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 35 วัน ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้พลาสติกโพลีโพรพิลีนหรือแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดที่มีช่องว่างอากาศ มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน โดยสกัดกั้นความร้อนให้อยู่ในบริเวณช่องอากาศจำนวนมากจึงเป็นผลให้การพาความร้อนลดลง สอดคล้องกับ Yang *et al.* (2020) ที่อธิบายว่า ฉนวนเป็นวัสดุที่ประกอบด้วยช่องโพรงเล็ก ๆ และช่องอากาศจะอยู่ระหว่างภายในวัสดุโดยลักษณะเป็นโพรงอากาศทำหน้าที่ด้านการไหลของอากาศจึงลดการถ่ายโอนพลังงานความร้อนระหว่างอากาศ ทำให้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในตู้อนุบาลลูกไก่มีความแปรปรวนน้อย จึงทำให้ควบคุมอุณหภูมิได้อย่างสม่ำเสมอ และเกิดภาวะเข้าสู่สมดุลความร้อนได้ง่าย สอดคล้องกับกฎข้อที่ศูนย์ของอุณหพลศาสตร์ ที่ว่าด้วยการถ่ายเทความร้อนระหว่างวัตถุ 2 ชิ้นที่มีอุณหภูมิต่างกัน โดยความร้อนจะถ่ายเทจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปยังวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำ การถ่ายเทจะหยุดเมื่ออุณหภูมิของวัตถุทั้ง 2 ชิ้นเท่ากัน (สมดุลความร้อน) (Changjan, 2015)

ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการอนุบาลลูกไก่พบว่า ตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับอนุบาลลูกไก่ที่ควบคุมอุณหภูมิทั้ง 3 หน่วยทดลองมีประสิทธิภาพในการอนุบาลลูกไก่ โดยลูกไก่มีความยาวลำตัว ความยาวปีก ความยาวรอบอก ความยาวแข้ง ความยาวรอบแข้ง น้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาจากค่าอัตราการเลี้ยงรอดพบว่า การควบคุมอุณหภูมิทั้ง 3 หน่วยทดลองมีอัตราการเลี้ยงรอดมากกว่ากลุ่มที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เนื่องจากตู้อนุบาลลูกไก่ T₁ ที่ไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิทำให้มีระดับของความชื้นแฉะ และก๊าซแอมโมเนียสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4 สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Noiva *et al.* (2014) และ Faykaew (2019) พบว่า อุณหภูมิอากาศมีผลต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการระบายก๊าซแอมโมเนีย ซึ่งส่งผลต่ออัตราการเลี้ยงรอดของลูกไก่ และจากตารางที่ 4 พบว่า ค่า FCR ทั้ง 3 หน่วยทดลองมีค่าน้อยกว่าการไม่ควบคุมอุณหภูมิส่งผลให้ราคาต้นทุนการผลิตเนื้อ 1 กิโลกรัม (Feed Conversion per Gain; FCG) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60-70 ของราคาต้นทุนทั้งหมด และมีค่าแปร

ผันตามกับราคาอาหารที่ใช้ และค่า FCR มีค่าน้อยกว่าการไม่ควบคุมอุณหภูมิสอดคล้องกับผลการเปรียบเทียบ FCG ของการอนุบาลลูกไก่พันธุ์พื้นเมืองช่วง 0 – 6 สัปดาห์กับการเลี้ยงแบบดั้งเดิม ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบราคาต้นทุนการผลิตเนื้อ 1 กิโลกรัม (Feed Conversion per Gain; FCG) ของการอนุบาลลูกไก่ประเภทไก่เนื้อพันธุ์พื้นเมืองช่วง 0 – 6 สัปดาห์

รูปแบบการเลี้ยง	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	ต้นทุนการผลิตเนื้อ 1 กิโลกรัมต่อหนึ่งหน่วยราคาอาหาร	ต้นทุนการผลิตเนื้อ 1 กิโลกรัม (FCG)* (บาท/ตัว)	หมายเหตุ
ขังใต้ยุงข้าว	2.91	2.91 : 1	128.33	วารสารณ์ จันทร
กึ่งขังกึ่งปล่อย	2.82	2.82 : 1	124.36	วงศ์ (2558)
ผู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 28 องศาเซลเซียส	2.72	2.72 : 1	119.95	
ผู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส และที่ 32 องศาเซลเซียส	2.78	2.78 : 1	122.59	ผลการวิจัย

*อ้างอิงราคาอาหาร 1:35 จาก Department of Livestock Development (2003) คือ 44.1 บาท/ตัว

การพัฒนาผู้ควบคุมอุณหภูมิที่มีประสิทธิภาพสำหรับอนุบาลลูกไก่จึงทำให้ได้ผู้ขนาด 100x150x80 ลูกบาศก์เซนติเมตร หุ้มด้วยฉนวน (โพลีโพลีสไตรีน) เพื่อกักเก็บพลังงานความร้อนภายในตู้ให้คงที่ ติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เจาะรูด้านข้างและติดตั้งพัดลมเพื่อระบายอากาศ ติดตั้งหลอดเซรามิคเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อน ซึ่งใส่จำนวนลูกไก่ได้จำนวน 15 ตัวต่อตู้ ตามคำแนะนำของ Huo & Na-Lampang (2012) ผลการทดสอบพบว่า การควบคุมอุณหภูมิระหว่าง 28 ถึง 32 องศาเซลเซียส มีอัตราการเลี้ยงรอดมากกว่ากลุ่มที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ผลการทดสอบการควบคุมอุณหภูมิ 3 ระดับคือ 28 30 และ 32 องศาเซลเซียสพบว่า อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย และค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ผลจากการพัฒนาตู้อนุบาลลูกไก่โดยใช้การวิจัยแบบผสมผสานครั้งนี้ ทำให้ได้ผู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับอนุบาลลูกไก่ที่เหมาะสมต่อลูกไก่แต่ละช่วงอายุของการอนุบาล เนื่องจากเมื่อลูกไก่ที่ออกจากไข่อุณหภูมิร่างกายจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งมีอุณหภูมิร่างกายที่ใกล้เคียงกับไก่โตเต็มวัย ซึ่งในขณะที่ลูกไก่ยังเล็กอยู่นั้นจะยังไม่มีการกักเก็บความร้อนของร่างกาย ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิในร่างกายจะยังไม่ดีพอ จึงต้องมีการให้ความอบอุ่นแก่ลูกไก่ (Noive *et al.*, 2014)

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การควบคุมอุณหภูมิในตู้อนุบาลลูกไก่ระหว่าง 28 ถึง 32 องศาเซลเซียส มีผลต่ออัตราการเลี้ยงรอดมากกว่าการไม่ควบคุมอุณหภูมิ และการพัฒนาผู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับอนุบาลลูกไก่ อายุ 0-6 สัปดาห์ โดยใช้การวิจัยแบบผสมผสานนี้ทำให้ได้ตู้อนุบาลลูกไก่ที่ควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมต่อลูกไก่ในแต่ละช่วงอายุของการอนุบาลและสอดคล้องกับลักษณะเฉพาะพื้นที่จากการวิจัยครั้งนี้ได้ข้อเสนอแนะการเลือกใช้ผู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับอนุบาลลูกไก่ให้เหมาะสมกับการอนุบาลลูกไก่ในแต่ละช่วงอายุได้ตามข้อเสนอแนะในตารางที่ 6 ดังนี้

ตารางที่ 6 อุณหภูมิภายในตู้อนุบาลลูกไก่ที่ผู้วิจัยแนะนำสำหรับการกักลูกไก่ในแต่ละช่วงอายุ

อายุลูกไก่	อุณหภูมิในการกักที่เหมาะสม ¹	ตู้อนุบาลลูกไก่จากการพัฒนา	ตู้อนุบาลลูกไก่ที่ผู้วิจัยแนะนำ
สัปดาห์ที่ 1	32.2 – 35.0 องศาเซลเซียส	ผู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 32 องศาเซลเซียส	
สัปดาห์ที่ 2	29.4 – 32.2 องศาเซลเซียส	ผู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 32 องศาเซลเซียส หรือ 30 องศาเซลเซียส	ผู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส เนื่องจากใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า 32 องศาเซลเซียส



ตารางที่ 6 (ต่อ)

อายุลูกไก่	อุณหภูมิในการกกที่เหมาะสม ¹	ตัวอนุบาลลูกไก่จากการพัฒนา	ตัวอนุบาลลูกไก่ที่ผู้วิจัยแนะนำ
สัปดาห์ที่ 3 - 6	26.7 – 32.2 องศาเซลเซียส	ตัวควบคุมอุณหภูมิที่ 32 องศาเซลเซียส หรือตัวควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส หรือตัวควบคุมอุณหภูมิที่ 28 องศาเซลเซียส	ตัวควบคุมอุณหภูมิที่ 28 องศาเซลเซียส เนื่องจากใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส และ 32 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ: ¹อุณหภูมิในการกกที่เหมาะสม (Department of Livestock Development, 2003)

เอกสารอ้างอิง

- Asako, Y. & Nakamura, H. (1982). Heat transfer across a parallelogram shaped enclosure. *Bulletin of JSME*, 25, 1412-1424.
- Bouafia, M., Hamimid, S. & Guellal, M. (2015). Non-Boussinesque convection in a square cavity with surface thermal radiation. *International Journal of Thermal Sciences*, 96, 236-247.
- Changjan, A. (2015). *Thermofluids for environment*. Pathum Thani: Rangsit University Printing Company.
- Cresswell, J. W. & Plano Clark, V. (2011). *Designing and conducting mixed methods research* (2nd ed.). U.S.A. SAGE Publications Ltd.
- Department of Livestock Development. (2003). *Handbook of native chicken raising*. Bangkok: Agricultural Cooperative Printing Demonstrations of Thai co., Ltd. (in Thai)
- Department of Livestock Development, Information and Communication Technology Center. (2021). Data of livestock farmers and chickens in each provinces. from: <https://opendata.nesdc.go.th/dataset/d7681470-0120-47ab-8315-5cd28b9539c8/resource/1b116b37-ce19-415d-ae04-d734add184f/download/-2564.pdf>
- Faykaew, P. (2019). Effect of temperature light intensity and wind speed on feed conversion ratio in female broiler. *Khon Laen Agr. J.*, 47(Suppl), 775-780. (in Thai)
- Hinkle, D. E, William, W. & Stephen, G. J. (1998). *Applied statistics for the behavior sciences* (4th ed.). New York: Houghton Mifflin.
- Huo, X. & Na-Lampang, P. (2012). Thai crossbred chickens can be raised in a high stocking density. *Asian Journal of Poultry Science*, 6(4), 146-151.
- Islam, M. S., Masum, M. A., Santa, D. H., Alam, M. J., & Ali, M. M. (2016). Establishment of cost effective brooding method for chicken. *International Journal of Animal Resources*, 1(2), 35-44.
- Chalakbang, W. (2017). Mixed methods research. *Nakhon Phanom University Journal*, 7(2), 124-132.
- Maksuwan, A. (2019). Application of the heat transfer for evaluated urban heat island intensity. *Veridian E-Journal, Science and Technology Silapakorn Univesity*, 6(1), 31-46. (in Thai)
- Ngamvichaikit, A. (2015). Mixed method approach: Qualitative and quantitative research design. *Journal of Modern Management Science*, 13(1), 1-12. (in Thai)
- Noiva, R. M., Menezes, A. C. & Peleterio, M. (2014). Influence of temperature and humidity manipulation on chicken embryonic development. *BMC Veterinary Research*, 10, 234.
- Panchan, C. & Mahujchriyawong, J. (2012). Application of cleaner technology in cooling system process for broiler chicken husbandry. Pp. 526-532. In *Proceedings of the 99th Kasetsart University Kamphaen Saen Campus Conference: Engineering, Science Technology and Environment*. (in Thai)
- Phothisita, C. (2019). *Science and art of qualitative research* (8th ed.). Bangkok: Chulalongkorn University Press. (in Thai)

- Pontecha, P., Suriya, P. & Cansee, S. (2019). Development of semi-automatic Turkey chick rearing device. P. 1-8. In *Proceedings of the 33rd conference of mechanical engineering network of Thailand*. from: <http://www.tsme.org/me-nett/me-nett2019/fullpaper/ETM/ETM025.pdf>. Retrieved on 12 March 2022. (in Thai)
- Soipeth, U., Chirarat, N., Chalermnan, N., Yeankong, S., Rattanapradit, P., Laorodphan, N., *et al.* (2017). Diversity of Thai indigenous leuang Hang Kao Chicken follow standard of perfection in Phitsanulok Province. *Khon Laen Agr. J.*, 1, 684-689. (in Thai)
- Sarmiento-Garcia, A., Revilla, I. Abecia, J. A . & Palacios, C. (2021). Performance evaluation of two slow-medium growing chicken strains maintained under organic production system during different seasons. *Animals*, 11(1090), 1-13.
- Somkuna, N., Somkuna, E. & Rachwicha, P. (2019). Handbook of development of native chicken by herbs. Documents of distribution on the project of knowledge management and technology transfer from research and innovations. Buriram: Vinai Printing 2019 Ltd. (in Thai)
- Sriin, K. & Maksuwan, A. (2022). Tacit knowledge mangement in Moina (*Moina macrocopa*) culture with chlorella: A case study of Nakhon Si Thammarat College of Agriculture and Technology. *Suranaree Journal of Social Science*, 16(2), 1-21 (in Thai)
- Vichan, L. (2019). The relationship between philosophy and research. Lectures Environmental Technology Philosophy for Agriculture. Agricultural Environmental Technology Branch. Faculty of Science and Technology Pathumwan Institute of Technology. (in Thai)
- Yang, C., Zhang, Q., Zhang, W. & Xia, M. (2020). High thermal insulation and compressive strength polypropylene microcellular foams with honeycomb structure. *Polymer Degradation and Stability*, 183(5878), 109406. DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2020.109406.