

ผลของโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติที่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกไก่พื้นเมือง (พันธุ์เหลืองหางขาว)

Effects of Natural Environmental Structure on Growth Performance of Indigenous Chicks (Lueng Hang Khao)

เอกสิทธิ์ สมकुณา^{1*}, ณัฐกร อินทรวิชะ¹ และอติรัฐ มากสุวรรณ¹

Eakkasit Somkuna^{1*}, Nuttakorn Intaravicha¹

and Atirat Maksuwan¹

ได้รับบทความ: 11 ส.ค. 2565

ได้รับบทความแก้ไข: 16 ก.ย. 2565

ยอมรับตีพิมพ์: 17 ก.ย. 2565

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือเพื่อศึกษาโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติที่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาว 0- 6 สัปดาห์และสร้างแบบจำลองเพื่อคาดการณ์ต้นทุนค่าอาหาร โดยวิเคราะห์ค่าดัชนีอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์และค่าดัชนีความเครียดเนื่องจากความร้อนของพื้นที่ศึกษาเพื่อทำการทดลองเลี้ยงลูกไก่จำนวน 105 ตัว เก็บข้อมูล อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ความเร็วลม ค่าความชื้นของแกลบ ปริมาณอาหาร และน้ำหนักลูกไก่เป็นเวลา 35 วัน ผลการวิจัยพบว่าอุณหภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษามีค่าขนาดของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงร่วมกับค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และปริมาณอาหารที่กิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$) เมื่อวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้นร่วมกับการแปลงข้อมูลโดยใช้ลอการิทึมฐานธรรมชาติเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองสำหรับคาดการณ์ต้นทุนค่าอาหาร ผลการทดสอบสมรรถนะของแบบจำลองพบว่าค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับค่าที่ได้จากผลการทดลองจริง โดยมีความแตกต่างของข้อมูลในรูปของค่าที่แสดงถึงความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าคำนวณจากแบบจำลองกับค่าการทดลองจริงเท่ากับ 6.36% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าแบบจำลองถดถอยพหุคูณเชิงเส้นที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปและค่า

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมเพื่อการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

¹ Department of Environmental Technology for Agriculture, Faculty of Science and Technology, Pathumwan Institute of Technology, Bangkok 10330.

*ผู้พิมพ์ประสานงาน (Corresponding author) e-mail: hs4ghn@gmail.com

ความเอนเอียงของข้อมูลมีทิศทางไปทางด้านค่าจากการทดลองจริงมากกว่าค่าจากการคำนวณเท่ากับ 0.26% ตามลำดับ ผลการวิจัยในครั้งนี้นอกจากจะทราบผลของโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติที่มีต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกไก่และแบบจำลองการคาดการณ์ต้นทุนค่าอาหารแล้ว ยังสามารถนำผลการศึกษาที่ได้มาพัฒนาต่อยอดเป็นเทคโนโลยีอย่างง่ายเพื่อควบคุมโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติได้ต่อไป

คำสำคัญ: ไก่พื้นเมือง โครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ ดัชนีอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ ค่าดัชนีความเครียดเนื่องจากความร้อน สมรรถภาพการเจริญเติบโต

ABSTRACT

The objectives of this research were to study natural environmental structures affected the growth performance and to create a forecast model estimating the feed conversion per gain (FCG) cost of indigenous chicks (Lueng Hang Khao) at 0-6 weeks of age. The temperature humidity index (THI) and heat stress index (HSI) of the study area were analyzed for 105 chick rearing experiments. Data collection, namely, air temperature, relative humidity, light intensity, wind speed, rice husk moisture value, feed quantity and chick weight were carried out for 45 days. The results of this research revealed that air temperature had a high correlation coefficient and statistically significant at 99% confidence level for feed intake, average daily gain (ADG) and feed conversion ratio (FCR). Analysis of multiple linear regressions together with the natural logarithm transformation to create a linear regression with natural logarithm transformation model (LRNLT-Model) to forecast the FCG cost was carried out. To investigate the model's performance, the model was created from actual data. The results of the efficacy test of the forecast model showed that the values from the model was consistent with the results from the actual trial. The values of the calculation of the model and those obtained from actual data were in reasonable agreement with the root mean square difference (RMSD) of 6.36%, which was less than the commonly used multiple linear regression model and the mean bias difference (MBD) of 0.26%. The results of this research, besides the effects of natural environmental structure on chick growth performance and feed cost forecasting model, could also be used to develop a simple technology to control the natural environmental structure.

Keywords: Indigenous Chicken; Environmental Structure; Temperature Humidity Index (THI); Heat Stress Index (HSI); Growth Performance

บทนำ

ปัจจุบันไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาวเป็นที่ต้องการของตลาดบริเวณชายแดนไทย-กัมพูชาโดยมีความต้องการสูงถึงวันละ 2 ตัน [1] อีกทั้งความต้องการของผู้บริโภคที่มีความห่วงใยต่อสุขภาพ และหันมาบริโภคอาหารที่มาจากกระบวนการผลิตตามธรรมชาติ ลดการใช้สารเคมีหรือสารเร่งการเจริญเติบโตเพื่อความปลอดภัยมีมากขึ้น [2] แต่เกษตรกรยังนิยมเลี้ยงแบบดั้งเดิมคือ แบบปล่อยอิสระ (Free-range

system) เพื่อลดต้นทุนด้านอาหารซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60-70 ของราคาต้นทุนทั้งหมด [3] จึงทำให้อิทธิพลของโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติของพื้นที่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกไก่ช่วงระยะ 0 – 6 สัปดาห์ ซึ่งผลการสำรวจเบื้องต้นพบว่าร้อยละ 80 ของการอนุบาลลูกไก่ช่วงอายุแรกเกิดจนถึง 2 เดือนของเกษตรกรในพื้นที่ภาคอีสานมีอัตราการสูญเสียลูกไก่สูงถึงร้อยละ 20 [4] ส่งผลต่อจำนวนผลผลิตไก่เต็มวัยที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่า นักวิชาการส่วนใหญ่มีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มผลผลิตของไก่พื้นเมืองในหลายประการ อาทิเช่น การศึกษาของ [5] เกี่ยวกับการปรับปรุงพันธุ์โดยนำเอาสายพันธุ์ไก่เนื้อทางการค้า ผสมกับไก่พื้นเมืองแท้จนได้ไก่พื้นเมืองลูกผสม พบว่าทำให้มีสมรรถนะการผลิตที่ดีขึ้น โดยการศึกษาถึงในระดับยีนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง [6-7] ในด้านอาหารไก่พื้นเมืองมีรายงานมากมายถึงผลการใช้ไบพัสเสริมโปรตีนและสมุนไพรที่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่พื้นเมืองที่ดีขึ้น [8-19] เป็นต้น

อย่างไรก็ตามการเลี้ยงไก่พื้นเมืองนั้นเกษตรกรมักนิยมเลี้ยงแบบปล่อยอิสระ ดังนั้นการศึกษาโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติของพื้นที่ที่มีต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกไก่ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการช่วยเพิ่มผลผลิตของไก่พื้นเมืองได้เช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติของแต่ละที่มีความเฉพาะเจาะจง อาทิเช่น ในด้านการศึกษาเกี่ยวกับการปรับสภาพแวดล้อมในการเลี้ยงไก่พื้นเมือง มีรายงานของ [20-22] ศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมแสงมีความสอดคล้องกัน โดยพบว่า แสงมีผลต่อพัฒนาการของกระดูก โครงร่างของร่างกาย การสะสมแร่ธาตุในกระดูก และกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนเมลาโทนินของลูกไก่ อีกทั้งผลการศึกษาของ [23-27] ที่รายงานถึงความสำคัญของการควบคุมอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์มีความสอดคล้องกัน โดยพบว่า มีผลต่อขนาดร่างกาย และน้ำหนักตัวของลูกไก่ รวมไปถึงรายงานผลการศึกษาของ [28] เกี่ยวกับการระบายอากาศ พบว่า มีผลต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และช่วยระบายความร้อนที่ตัวลูกไก่สร้างขึ้นออกสู่ภายนอกร่างกาย นอกจากนี้ [21] พบว่า วัสดุรองพื้นที่มีความชื้นสูงทำให้เกิดก๊าซแอมโมเนียที่ส่งผลกระทบต่อทางเดินหายใจ เนื้อเยื่อตาของลูกไก่ ด้วยหลักการดังกล่าวจึงนำไปสู่วัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้คือเพื่อศึกษาโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติที่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกไก่และนำข้อมูลจากการศึกษาไปสร้างแบบจำลองสำหรับคาดการณ์ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตเนื้อ 1 กิโลกรัม (Feed Conversion per Gain; FCG) ซึ่งผลการวิจัยในครั้งนี้ นอกจากจะทราบโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติที่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกไก่ที่จะส่งผลต่อการคาดการณ์ต้นทุนค่าอาหารแล้ว ยังสามารถนำผลการศึกษาที่ได้มาพัฒนาต่อยอดเป็นเทคโนโลยีอย่างง่ายเพื่อให้เกษตรกรใช้เป็นประโยชน์ได้ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เก็บข้อมูลพื้นที่ศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และความเร็วลมของโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ปีก วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีบุรีรัมย์ ($8^{\circ}52'42''\text{N}$, $98^{\circ}49'30''\text{E}$) กว้าง 10 เมตร ยาว 36 เมตร สูง 4 เมตร โดยภายในถูกแบ่งออกเป็น 6 คอกย่อย แต่ละคอกย่อยมีพื้นที่ขนาด 36 ตารางเมตร ตรงจุดกึ่งกลางของแต่ละคอก สูงจากพื้น 60 เซนติเมตร โดยเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 20 วัน แต่ละวันเก็บข้อมูล 5 ช่วงเวลา คือ 08.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น.
2. คัดเลือกคอกย่อยที่เหมาะสมของพื้นที่ศึกษาด้วยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เพื่อหาขนาดและทิศทางของความสัมพันธ์ และการถดถอยเชิงเส้น เพื่อหาทิศทางอัตราการเปลี่ยนแปลงของความสัมพัทธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และความเร็วลม
3. ทดลองเลี้ยงลูกไก่ จำนวน 105 ตัว ภายในคอกย่อยที่เหมาะสม โดยออกแบบหน่วยทดลองด้วยกล่องกระดาษขนาดกว้าง 33 เซนติเมตร ยาว 36 เซนติเมตร และสูง 26 เซนติเมตร ไม่ปิดฝาจำนวน 105

กล่อง มีตาข่ายพลาสติกคลุมเพื่อป้องกันการกระโดดของลูกไก่ ภายในกล่องประกอบด้วย แกลบหนาประมาณ 2-3 เซนติเมตรที่ผ่านการชั่งน้ำหนักแล้ว อุปกรณ์ให้น้ำ อุปกรณ์ให้อาหาร และลูกไก่ (อายุ 11 วัน) 1 ตัว ตลอดการทดลองลูกไก่ได้รับอาหารไก่เล็กซึ่งมีโปรตีน 21 เปอร์เซ็นต์ ทำการเก็บข้อมูล อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และความเร็วลม ตรงจุดกึ่งกลางของแต่ละคอกย่อย สูงจากพื้น 60 เซนติเมตร ทุกวันๆ ละ 5 ช่วงเวลา คือ 08.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น. เก็บข้อมูลระยะเวลานาน 35 วัน และแต่ละวันนำกล่องออกวันละ 3 กล่อง เพื่อชั่งน้ำหนักของลูกไก่ทุกตัว วัดค่าความชื้นของแกลบ และคำนวณหาปริมาณอาหารที่ลูกไก่กินทุกวันจนลูกไก่อายุครบ 45 วัน (โดยทำการทดลองในช่วงเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม 2564)

4. วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เพื่อหาขนาดและทิศทางของความสัมพันธ์ และการถดถอยเชิงเส้น เพื่อหาทิศทางอัตราการเปลี่ยนแปลงของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และความเร็วลม น้ำหนักของลูกไก่ ปริมาณอาหารที่ลูกไก่กิน เพื่อสร้างแบบจำลอง Stepwise regression model (SR-Model) เปรียบเทียบกับแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น โดยใช้วิธีการถดถอยเชิงพหุคูณ ร่วมกับการแปลงข้อมูลโดยใช้ลอการิทึมฐานธรรมชาติ (Natural Logarithm Transformation) เพื่อสร้างเป็นแบบจำลอง ในรูปแบบของ Linear Regression with Natural Logarithm Transformation Model หรือ LRNLT-Model สำหรับคาดการณ์ค่า FCG

5. ทดสอบประสิทธิภาพของ LRNLT-Model เทียบกับ SR-Model โดยการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองและค่าที่บันทึกจริง ด้วยรากที่สองของค่าเฉลี่ยความแตกต่างยกกำลังสอง (Root mean square difference; RMSD) และ ความแตกต่างในรูปความเอนเอียง (Mean bias difference; MBD) [29]

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์โครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติของโรงเรียนสัตว์ปีกพื้นที่ศึกษา ดังภาพที่ 1 พบว่า ค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงที่สุดในทิศทางตรงกันข้ามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % ($P < 0.01$) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรียนเลี้ยงสัตว์ปีกที่ถูกกำหนดเป็นพื้นที่ศึกษา

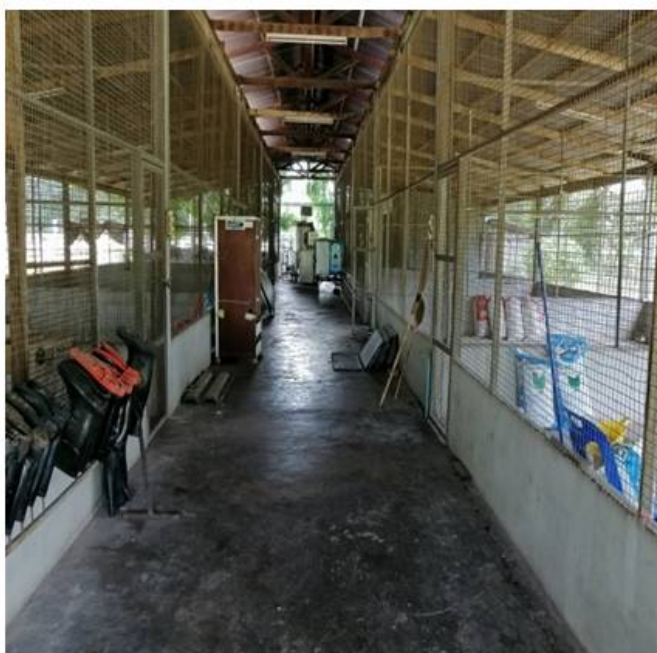
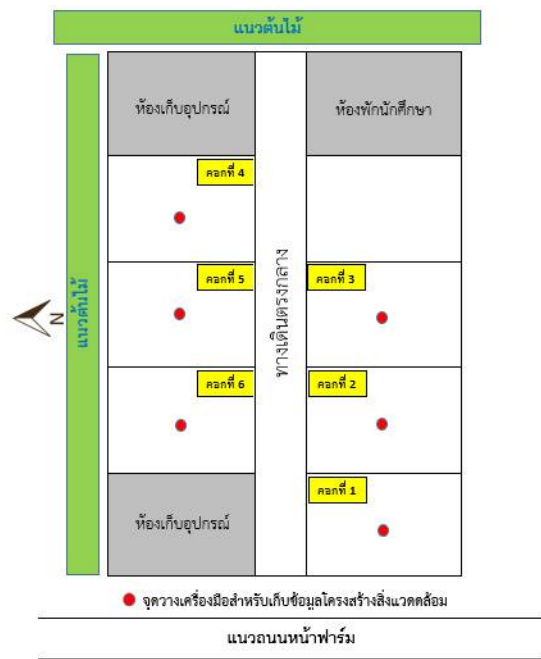
	อุณหภูมิอากาศ	ความชื้นสัมพัทธ์
อุณหภูมิอากาศ	1	.832**
ความชื้นสัมพัทธ์	.832**	1

** ความสัมพันธ์มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (2-tailed)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นของโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติของพื้นที่ศึกษา

	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 (%)

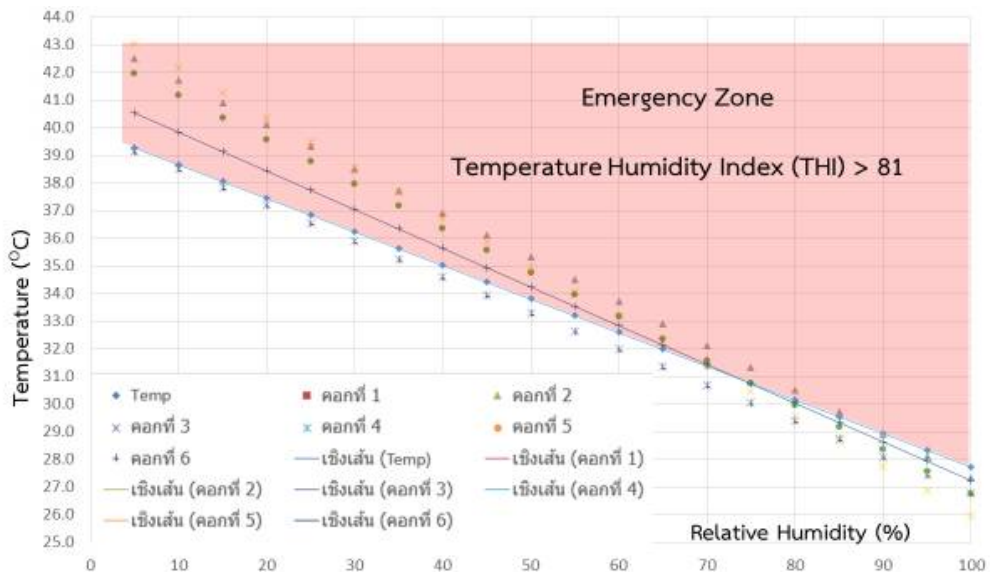


ภาพที่ 1 การวิเคราะห์โครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติของโรงเรือนสัตว์ปีกพื้นที่ศึกษา ภายในแบ่งออกเป็น 6 คอกย่อย

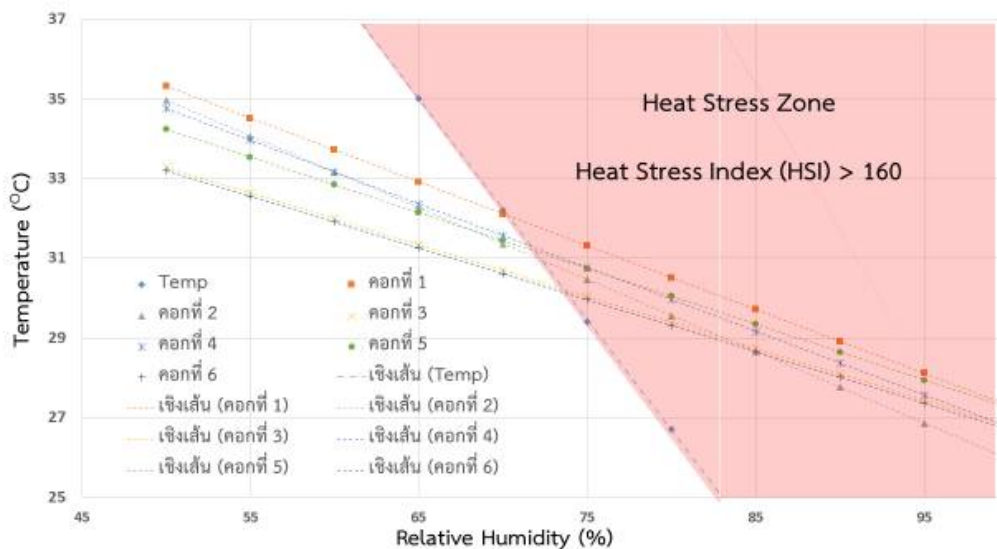
2. ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยที่ได้จากทั้ง 6 คอกย่อยจาก ตารางที่ 2 พบว่า ค่าความแม่นยำในการพยากรณ์หรืออิทธิพลของอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าอุณหภูมิอากาศของคอกย่อยที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความแม่นยำในการพยากรณ์ร้อยละ 69, 63, 50, 67, 69 และ 60 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปัจจัยภายนอกที่ทำให้ค่าความแม่นยำในการพยากรณ์แต่ละคอกย่อย เกิดความคลาดเคลื่อนเท่ากับร้อยละ 31, 37, 50, 37, 31 และ 40 ตามลำดับ ดังนั้นคอกย่อยที่ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยภายนอกคอกย่อยน้อยที่สุดคือ คอกย่อยที่ 1 และคอกย่อยที่ 5 แต่เมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์มีการเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย จะทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศของคอกย่อยที่ 1 มากกว่าคอกที่ 5 ดังนั้นคอกย่อยที่ 5 มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับถูกเลือกใช้เป็นคอกย่อยสำหรับการศึกษาลผลของโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติที่มีต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกไก่

3. ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ที่มีผลต่อการวิเคราะห์ค่าดัชนีอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ (Temperature humidity index; THI) ของโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ปีก ดังภาพที่ 2 พบว่า คอกย่อยที่ 5 จะมีค่า THI อยู่ 2 ช่วงคือ ความชื้นสัมพัทธ์ช่วง 10% – 60% จะมีค่า THI อยู่ในเขต Emergency Zone (THI > 81) [30] และความชื้นสัมพัทธ์มีค่ามากกว่า 60% ขึ้นไปค่า THI อยู่ในเขตต่ำกว่า Emergency Zone

4. ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ที่มีผลต่อการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเครียดเนื่องจากความร้อน (Heat stress index; HSI) ของโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ปีก ดังภาพที่ 3 พบว่า คอกย่อยที่ 5 จะมีค่า HSI อยู่ 2 ช่วงคือ ความชื้นสัมพัทธ์ช่วง 45% – 75% จะมีค่า HSI อยู่ในเขตต่ำกว่า Heat Stress Zone และความชื้นสัมพัทธ์มีค่ามากกว่า 75% ขึ้นไปค่า HSI อยู่ในเขต Heat Stress Zone (HSI > 160) [31-32]



ภาพที่ 2 แสดง Emergency Zone ของ THI ภายในโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ปีก



ภาพที่ 3 แสดง Heat Stress Zone ของ HSI ภายในโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ปีก

5. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากค่าอิทธิพลร่วมระหว่างโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติที่มีผลต่อการอนุบาลลูกไก่ในพื้นที่ศึกษาคอกย่อยที่ 5 ดังภาพที่ 4 พบว่า โครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ มีค่าขนาดของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ร่วมกับค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน (Average Daily Gain; ADG) ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (Feed Conversion Ratio; FCR) และปริมาณการกินได้สูงที่สุดในทิศทางตรงกันข้ามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % ($P < 0.01$) ดังตารางที่ 3



ภาพที่ 4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากค่าอิทธิพลร่วมระหว่างโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติที่มีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของลูกไก่ในพื้นที่ศึกษาคอกย่อยที่ 5

บทความวิจัย (Research Article)

วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร

ปีที่ 6 • ฉบับที่ 2 • กรกฎาคม-ธันวาคม 2565

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอาหารที่กิน, โครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ กับ อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของลูกไก่

	ปริมาณอาหารที่กิน	อุณหภูมิ	ความชื้นสัมพัทธ์	ความเข้มแสง
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน	.968**	-.489**	-.330	-.377
อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก	.946**	-.464**	.343*	-.363*

**ความสัมพันธ์มีนัยสัมพันธ์ที่ระดับ 0.01 (2-tailed); *ความสัมพันธ์มีนัยสัมพันธ์ที่ระดับ 0.05 (2-tailed)

6. กำหนดให้ค่า ADG และค่า FCR เป็นค่าตัวแปรตอบสนอง เนื่องจากค่า ADG และ ค่า FCR เป็นค่าที่มีผลโดยตรงต่อต้นทุนการผลิต ซึ่งต้นทุนการผลิตที่ต่ำจะทำให้การผลิตได้ผลกำไรที่สูงขึ้น [34] และกำหนดให้ปริมาณการกินได้และค่าอุณหภูมิอากาศ เป็นตัวแปรทำนาย เนื่องจากปริมาณการกินได้สามารถใช้เป็นส่วนหนึ่งเพื่อเป็นตัวสะท้อนถึงต้นทุนการผลิต และค่าอุณหภูมิอากาศสามารถใช้เป็นตัวสะท้อนถึงโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติซึ่งมีลักษณะเฉพาะ (Niche) ขึ้นอยู่กับพื้นที่ศึกษาได้ ดังนั้นผลการวิเคราะห์การถดถอยสำหรับแบบจำลองในรูปแบบของ SR-Model สมการที่ (1) และ (2) เปรียบเทียบกับแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น ในรูปแบบของ LRNL-Model สมการที่ (3) และ (4) เมื่อ X_1 คือน้ำหนักอาหารที่ลูกไก่กินต่อหนึ่งวันมีหน่วยเป็นกรัม และ X_2 คืออุณหภูมิอากาศมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยผลการทดสอบประสิทธิภาพของ LRNL-Model เทียบกับ SR-Model แสดงได้ดังตารางที่ 4

$$ADG = 2.978 + 0.005X_1 + 0.118X_2 \quad (1)$$

$$FCR = -0.519 + 0.002X_1 + 0.053X_2 \quad (2)$$

$$\ln(ADG) = -25.387 + 0.218\ln X_1 + 15.507\ln X_2 - 0.1391\ln X_1 \ln X_2 + 0.041(\ln X_1)^2 - 2.171(\ln X_2)^2 \quad (3)$$

$$\ln(FCR) = -6.635 - 0.941\ln X_1 + 4.823\ln X_2 + 0.251\ln X_1 \ln X_2 + 0.042(\ln X_1)^2 - 0.867(\ln X_2)^2 \quad (4)$$

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของ LRNL-Model เทียบกับ SR-Model

ตัวแปรตอบสนอง	แบบจำลอง	R Square	%RMSD	%MBD
ADG	SR-Model	0.919	5.88	1.25
	LRNL-Model	0.959	4.23	0.13
FCR	SR-Model	0.917	26.23	22.71
	LRNL-Model	0.986	6.36	0.26

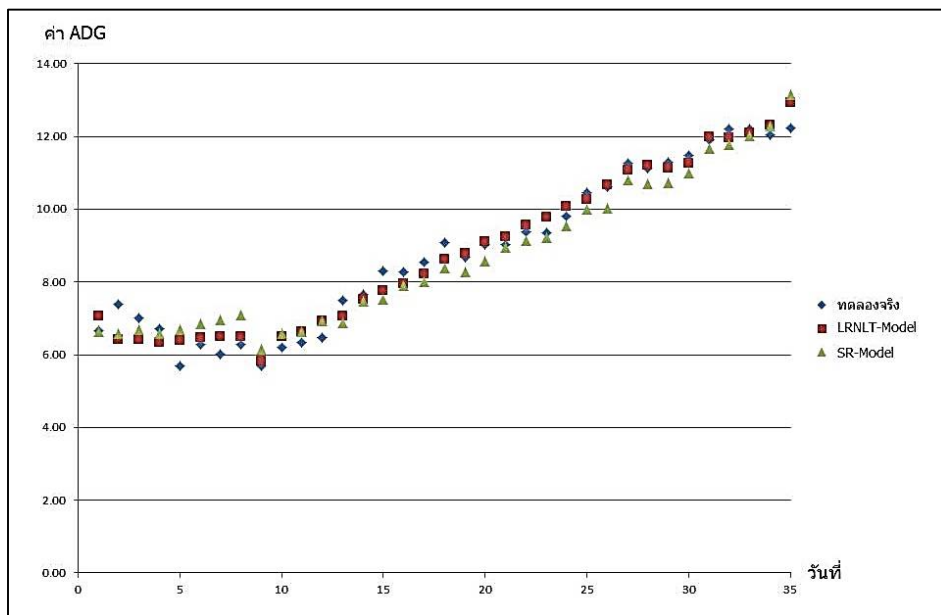
7. ผลการศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างค่า ADG และ FCR ร่วมกับ อุณหภูมิอากาศ และค่าปริมาณอาหารที่ลูกไก่กินได้ จากการอนุบาลลูกไก่เป็นเวลา 35 วัน จากภาพที่ 5 ถึงภาพที่ 8 สามารถแบ่งผลการศึกษานี้ที่น่าสนใจออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่ 1 คือ ช่วงระหว่างวันที่ 1-14 พบว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าอุณหภูมิอากาศมีช่วงของการเปลี่ยนแปลงกว้างที่สุด และอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าน้ำหนักอาหารมีอัตราการเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับช่วงที่ 2 และช่วงที่ 3 ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า ADG และอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า FCR จาก LRNL-Model มีความใกล้เคียงกับผลการทดลองจริงมากกว่าจาก SR-Model ช่วงที่ 2 คือช่วงระหว่างวันที่ 15-24 พบว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าอุณหภูมิอากาศมีช่วงของการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด คือ อยู่ในช่วง 29 – 32 องศาเซลเซียส และอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณอาหารที่กินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างทันที่ทันใด เมื่อเทียบกับช่วงที่ 1 ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า ADG และอัตราการเปลี่ยนแปลง

ของค่า FCR จาก LRNLT-Model และ SR-Model มีความใกล้เคียงกับผลการทดลองจริง และช่วงที่ 3 คือ ช่วงระหว่างวันที่ 25-35 วัน พบว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าอุณหภูมิอากาศมีช่วงของการเปลี่ยนแปลงกว้างมากกว่าช่วงที่ 2 แต่น้อยกว่าช่วงที่ 1 และอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณอาหารที่กินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า ADG และอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า FCR จาก LRNLT-Model มีความใกล้เคียงกับผลการทดลองจริงมากกว่าจาก SR-Model แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า FCR แนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงเมื่อเทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า FCR ในช่วงที่ 2 อย่างชัดเจน

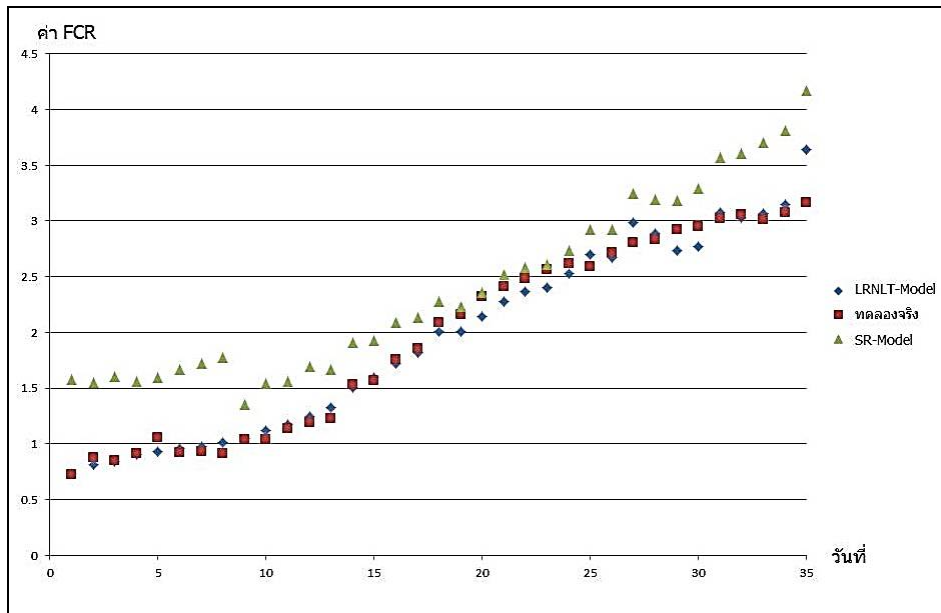
8. การประเมินค่า FCG จากสมการที่ (4) เนื่องจากค่า FCG แปรผันตามกับราคาอาหารที่ใช้ และค่า FCR ดังสมการที่ (5) [34] ดังนี้

$$FCG = FCR \times \text{ราคาอาหารต่อกิโลกรัม (หน่วยเป็นบาท)} \quad (5)$$

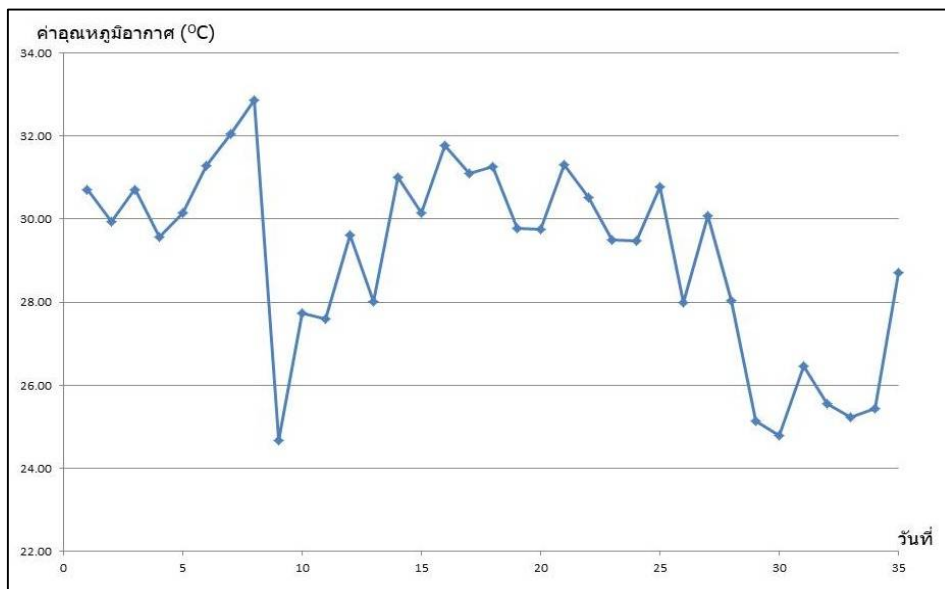
จากสมการที่ (5) แสดงให้เห็นว่าการคาดการณ์ค่า FCG จะมีความแม่นยำมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความแม่นยำของแบบจำลอง FCR โดยพิจารณาจากค่า RMSD ระหว่าง SR-Model จากสมการที่ (2) และ LRNLT-Model จากสมการที่ (4) จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การคาดการณ์ค่า FCG จากแบบจำลอง FCR ของ LRNLT-Model จากสมการที่ (4) มีความคลาดเคลื่อนเพียงร้อยละ 6.36 เมื่อเทียบกับค่า FCG จากการเลี้ยงจริง



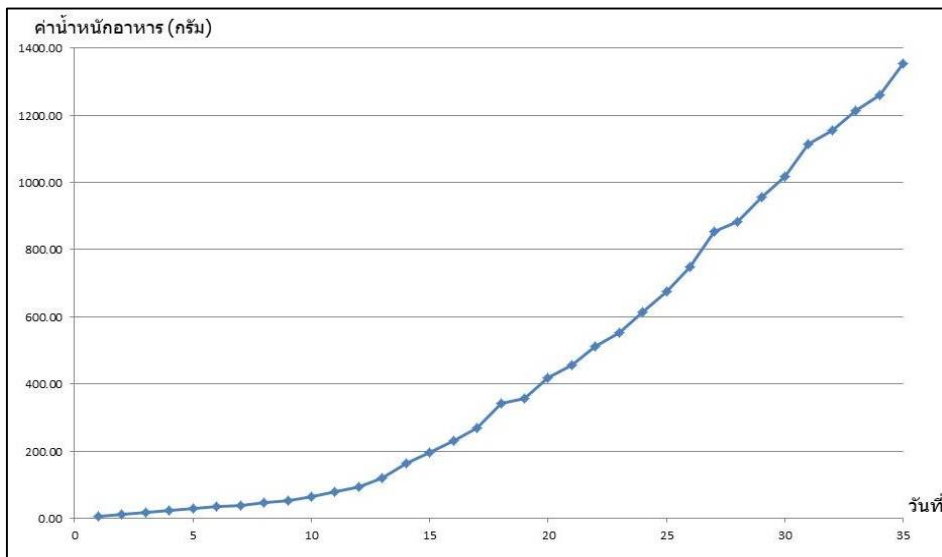
ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของอัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน) และวันที่เลี้ยงลูกไก่พื้นเมือง จาก LRNLT-Model และ SR-Model



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และวันที่เลี้ยงลูกไก่พื้นเมืองจาก LRNLT-Model และ SR-Model



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศในคอกย่อยที่ 5 ในโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ปีก



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักอาหารที่ลูกไก่อกิน

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติของคอกที่ 5 พบว่า อุณหภูมิอากาศมีความสัมพันธ์กับค่า ADG ค่า FCR และค่าน้ำหนักอาหารที่ลูกไก่อกิน ในทิศทางตรงกันข้ามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นสูงสุดคือ 99% แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิอากาศในช่วง 29 – 32 องศาเซลเซียสและระดับความชื้นสัมพัทธ์ของพื้นที่ศึกษาเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 60 % มีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของลูกไก่ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่า THI ซึ่งอยู่ในเขตต่ำกว่า Emergency Zone ที่ความชื้นสัมพัทธ์มีระดับมากกว่า 60% ขึ้นไป และค่า HSI ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ 45% – 75% ซึ่งอยู่ในเขตต่ำกว่า Heat Stress Zone เนื่องจากลูกไก่อายุแรกเกิดจนถึง 6 สัปดาห์อวัยวะภายในยังพัฒนาได้ไม่สมบูรณ์ทำให้กลไกการปรับอุณหภูมิของร่างกายจึงขึ้นอยู่กับเปลี่ยนแปลงของระดับอุณหภูมิอากาศที่เหมาะสมของสภาพแวดล้อม สอดคล้องกับผลการศึกษาของ [35] พบว่า การกักลูกไก่ในสัปดาห์แรกควรใช้อุณหภูมิที่ 32-35 องศาเซลเซียส สัปดาห์ที่ 2 อุณหภูมิลดลง 2 องศาเซลเซียส สัปดาห์ที่ 3 และ 4 ลดลงสัปดาห์ละ 2 องศาเซลเซียส จนถึงสัปดาห์ที่ 5-6 อุณหภูมิ ควรอยู่ที่ 18-24 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ผลการศึกษาของ [36] พบว่า อุณหภูมิในการกักลูกไก่เนื้อที่เหมาะสมคือ 31.3, 25.5 และ 21.8 องศาเซลเซียส ที่อายุ 1, 2 และ 3 สัปดาห์ตามลำดับ เพราะจะส่งผลต่อการเพิ่มน้ำหนักของลูกไก่เนื้อ เนื่องจากอุณหภูมิอากาศมีผลต่อของลักษณะการเจริญเติบโตของลูกไก่พื้นเมือง เพราะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศจะส่งผลต่อระดับของสารแอนโนเรกซิกิน นิวโรเปปไทด์ (Anorexigenic neuropeptides) ซึ่งเปปไทด์ชนิดนี้สัมพันธ์กับฮอร์โมนเกรลิน ที่เป็นฮอร์โมนชนิดเปปไทด์ (Peptide hormone) ที่ถูกสร้างจากกระเพาะอาหารเป็นหลัก มีการทำงานสัมพันธ์กับสมอง สามารถกระตุ้นให้เกิดการหลั่งฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโต (Growth hormone) ที่อาจส่งผลต่อความอยากกินอาหาร [37-38]

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างค่า ADG จากภาพที่ 5 และอัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างค่า FCR และจำนวนวันที่ทำการอนุบาลลูกไก่จากภาพที่ 6 พบว่า ช่วงที่ 1 (อายุ 1-14 วัน) ลูกไก่อมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นระยะแรกของช่วงชีวิตที่ต้องปรับตัวกับ

สภาพแวดล้อมและอาหารใหม่ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ [39] พบว่าสมรรถภาพการผลิตของไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาวบินบุรีที่มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักที่ 0-4 สัปดาห์ เฉลี่ย 6.71 ± 1.32 กรัมต่อตัว และเมื่ออายุ 4-8 สัปดาห์ มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักเฉลี่ยถึง 15.11 ± 2.81 กรัมต่อตัว และที่อายุ 8-12 สัปดาห์ มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักเฉลี่ย 16.70 ± 3.89 ซึ่งสูงกว่าช่วงสัปดาห์ที่ 4-8 เล็กน้อย ช่วงที่ 2 (อายุ 15-24 วัน) ลูกไก่มีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้น โดยพิจารณาได้จากน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการกินอาหารได้มากขึ้น ทั้งนี้ การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัว ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงระบบทางชีววิทยาในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ๆ แสดงถึงการมีการเจริญเติบโตของเซลล์กล้ามเนื้อ [40-41] ซึ่งกราฟการเจริญเติบโตเป็นการแสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของสัตว์ในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ จะมีลักษณะเป็นรูปตัวเอส (Sigmoidal curve) โดยจะเป็นลักษณะการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเรื่อยไปจนถึงช่วงที่ 3 (อายุ 25-35 วัน) เนื่องจากการเจริญเติบโตเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อน และถูกควบคุมด้วยปัจจัยจากการทำงานร่วมกันของระบบประสาทและต่อมไร้ท่อ (Neuroendocrine pathway) ซึ่งถือเป็นปัจจัยภายในที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของกระดูกและเซลล์กล้ามเนื้อในแต่ละระยะของลูกไก่ [37, 41] เมื่อพิจารณาจากกราฟที่แสดงอัตราการเจริญเติบโตในภาพที่ 5 จะเป็นในลักษณะเช่นเดียวกับไก่เนื้อ เพียงแต่การเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง ซึ่งถือว่าเป็นไก่ที่มีการเจริญเติบโตช้า (Slow grower chicken) นั้นจะน้อยกว่าไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้า 5 เท่า [37] ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ [42] ที่รายงานการศึกษาการเจริญเติบโตผลผลิตของไก่เบตงเปรียบเทียบกับไก่พื้นเมืองและไก่ลูกผสมเบตงกับไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงในโรงเรือน พบว่า น้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่พื้นเมืองอายุ 2, 4 และ 6 สัปดาห์เท่ากับ 0.09, 0.209 และ 0.432 กรัมต่อตัว ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเท่ากับ 1.93, 2.80 และ 2.95 โดยอัตราการเจริญเติบโตของไก่ทั้ง 4 สายพันธุ์ เพิ่มขึ้นหลักจากการฟักออกและเพิ่มอย่างรวดเร็วในช่วงอายุ 6-8 สัปดาห์ หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง เช่นเดียวกับ [39] รายงานผลการศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองในประเทศภูฐาน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองหลังสัปดาห์ที่ 7 จะสูงมาก และค่อย ๆ ลดลงที่สัปดาห์ที่ 20 นอกจากนี้ [43] รายงานว่ามีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญระหว่างน้ำหนักตัวกับความยาวลำตัว ความยาวหลัง ความยาวแข้ง และความยาวปีก เนื่องน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นจะนำไปสู่การพัฒนาของอวัยวะภายนอกของร่างกายด้วย (Conformation trait) และสามารถนำความสัมพันธ์ดังกล่าวมาสร้างเป็นสมการในการทำนายน้ำหนักของไก่ จากการวัดลักษณะภายนอกของร่างกาย จะเห็นได้ว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตต่าง ๆ ได้แก่ อาหาร สภาพแวดล้อม อุณหภูมิ ความเข้มแสงความเร็วลม อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและความเร็วลม และอิทธิพลร่วมระหว่างความเข้มแสงและความเร็วลม การจัดการสภาพความเป็นอยู่ของสัตว์ตามหลักสวัสดิภาพสัตว์ (Animal welfare) [33, 44] มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารของไก่เนื้ออย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้นผลการศึกษาโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติที่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาวระยะ 0-6 สัปดาห์ พบว่า โครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติได้แก่ อุณหภูมิอากาศในช่วง 29 – 32 องศาเซลเซียสและระดับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 60 % แต่ไม่เกิน 75 % ทำให้ค่า THI และค่า HSI ของพื้นที่ศึกษาอยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือค่า THI ต่ำกว่า Emergency Zone และค่า HSI อยู่ต่ำกว่า Heat Stress Zone ทำให้ลักษณะการเจริญเติบโตของลูกไก่ที่เหมาะสมคือมีลักษณะเป็น Sigmoidal curve หลังจากนั้นนำผลการวิจัยไปสร้างแบบจำลองสำหรับคาดการณ์ต้นทุนค่าอาหาร พบว่า ค่า FCG แปรผันตามกับราคาอาหารที่ใช้ และค่า FCR ดังนั้นเมื่อเราแทนสมการที่ (4) ลงในสมการที่ (5) จะทำให้เราได้แบบจำลองสำหรับคาดการณ์ต้นทุนค่าอาหาร ดังสมการที่ (6)

$$FCG = \text{สมการที่ (4)} \times \text{ราคาอาหารต่อ กก. (หน่วยเป็นบาท)} \quad (6)$$

ผลการศึกษาที่ได้จากการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางในการต่อยอดไว้คือ การสร้างอุปกรณ์หรือตู้ควบคุมอุณหภูมิอากาศ (Incubator) ขนาดเล็กสำหรับการอนุบาลลูกไก่ในช่วงระยะ 0-6 สัปดาห์เพื่อควบคุมอุณหภูมิอากาศในช่วง 29 – 32 องศาเซลเซียสและระดับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 60 % แต่ไม่เกิน 75 % โดยสามารถใช้ร่วมกับแบบจำลองสำหรับคาดการณ์ต้นทุนค่าอาหารจากสมการที่ (6) เพื่อวางแผนเกี่ยวกับค่าอาหาร เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศจะส่งผลต่ออัตราการกินอาหารเพื่อเปลี่ยนไปเป็นเนื้อของลูกไก่ อย่างไรก็ตามการเก็บข้อมูลโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติในการวิจัยนี้ได้เก็บเพียงช่วงเวลาหนึ่งปีและเป็นตัวแทนพื้นที่ศึกษาของจังหวัดบุรีรัมย์เท่านั้น ดังนั้นในการต่อยอดงานวิจัยครั้งต่อไปควรเก็บข้อมูลโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติของพื้นที่ตลอดทั้งปีครอบคลุมทุกพื้นที่ที่มีการเลี้ยงและขยายพันธุ์ไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาวแบบปล่อยอิสระ เพื่อปรับปรุงแบบจำลองให้มีความแม่นยำและเหมาะสมกับพื้นที่มากยิ่งขึ้น เนื่องจากโครงสร้างสิ่งแวดล้อมธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละพื้นที่ซึ่งจะส่งผลต่อค่า THI และ HSI ที่เหมาะสมด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] นฤมล สมคณา และคณะ. (2552). คู่มือการพัฒนาการผลิตไก่พื้นเมืองด้วยสมุนไพร. เอกสารเผยแพร่โครงการจัดการความรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีจากผลงานวิจัยและนวัตกรรม. บุรีรัมย์: บริษัท โรงพิมพ์วินัย 2509 จำกัด.
- [2] สาโรจน์ คำเจริญ และเยาวมาลย์ คำเจริญ. (2560). อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง. พิมพ์ครั้งที่ 3. ขอนแก่น: คลังนาโนวิทยา.
- [3] คมกริช นันทะโรจวงศ์ และประสพชัย พสุนนท์. (2561). การเชื่อมโยงวิถีวิทยาการสร้างทฤษฎีฐานรากสู่การวิจัยเชิงปริมาณ เพื่อการศึกษาวิจัยพฤติกรรมองค์การในยุคหลังนวมัย. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 11(2), 317-336.
- [4] พลวัฒน์ พลเดช และคณะ. (2562). การพัฒนาอุปกรณ์อนุบาลลูกไก่วงกตอัตโนมัติ. ใน *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33* (น. 1-8). มหาสารคาม: เครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย.
- [5] Choprakarn, K., & Wongpichet. K. (2007). *Village chicken production systems in Thailand. A review paper*. From <http://www.fao.org.ag/>.
- [6] Dou, T., et al. (2017). Biological mechanisms discriminating growth rate and adult body weight phenotypes in two Chinese indigenous chicken breeds. *BMC Genomics*, 18(469), 1-12.
- [7] Promket, D. & Ruangwittayanusorn, K. (2021). The comparatives of growth and carcass performance of the thai native chicken between economic selection (Chee KKU12) and natural selection (Chee N.). *Veterinary Integrative Sciences*, 19(2), 247-257.
- [8] วาที คงบรรทัด และรจนา ประนัตโส. (2544). ผลของกาวเครือขาว (*Pueraria mirifica*) ระดับต่างๆ ต่อประสิทธิภาพการผลิตไก่พื้นเมือง. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39* (น.279-284). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [9] นฤมล สมคณา และคณะ. (2554). ผลการใช้กาวเครือขาวแห้งบดต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อสามสายเลือด. *แก่นเกษตร*, 39(ฉบับพิเศษ), 256-259.
- [10] ยงยุทธ หมายเย็นกลาง และคณะ. (2555). ผลของการเสริมกาวเครือขาว (*Pueraria mirifica*) ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ระดับคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์และคุณภาพซาก ในไก่เนื้อสามสาย

- พันธุ์. *แก่นเกษตร*. 40(ฉบับพิเศษ1), 42-46.
- [11] Gadzirayi, C. T. & Mupangwa, J. F. (2014). The Nutritive Evaluation and Utilisation of *Moringa oleifera* Lam in Indigenous and Broiler Chicken Production: A Review. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 4(1), 015-021.
- [12] Hossein, S. & Dahlan, I. (2015). Growth performance of free-range village chickens fed dehydrated processed food waste. *Malaysian Society of Animal Production*, 18(1), 77-86.
- [13] Panja, P. (2015). Effects of Dietary Supplementation of *Moringa oleifera* Leaves Powder on Production Performances and Plasma Lipid in Broiler. *Journal of Science and Technology*, 23(2), 283-292.
- [14] Somkuna, N., et al. (2015). Utilization of Local Thai Herbs on Productive Performances of Native Crossbred Chickens. *KHON KEAN AGRICULTURAL JOURNAL*, 43(Suppl), 117-121.
- [15] Somkuna, E. (2017). Effect of dietary supplementation of turmeric (*Curcumin longa* L.) on production performance and skin color of broilers. In *The 6th National Animal Science Annual Conference of Thailand 2017* (p. 418-424). Nakhonpathom: Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University.
- [16] Somkuna, N., et al. (2017). Increasing Productive Performance of Native Chickens by Herbs in Rural Community. In *The 2nd International Conference on Animal Nutrition and Environment 2017*. Khon Kaen: Khon Kaen University.
- [17] นฤมล สมคุณา และคณะ. (2560). ผลของอาหารเสริมขมิ้นชันและยีสต์ต่อประสิทธิภาพการผลิตและเปอร์เซ็นต์ซากของไก่พื้นเมืองลูกผสม. ใน *การประชุมวิชาการประจำปีสัตวศาสตร์แห่งชาติ ครั้งที่ 6 ประจำปี 2560* (น. 425-430). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- [18] นฤมล สมคุณา และเอกสิทธิ์ สมคุณา. (2561). ภูมิปัญญาท้องถิ่นและองค์ความรู้ของเกษตรกรในการเลี้ยงไก่พื้นเมือง. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์*, 10(2), 49-61.
- [19] ญัฐญา ดวงหะคลัง และคณะ. (2563). ผลของการเสริมอาหารสมุนไพรต่อการเจริญเติบโตและการตอบสนองทางชีวเคมีโลหิตในไก่พื้นเมืองไทย ไก่ไทยสายพันธุ์สังเคราะห์และไก่ลูกผสมพื้นเมือง. *แก่นเกษตร*, 48(6), 1414-1421.
- [20] Classen, H. L., et al. (2004). The effects of lighting programs with twelve hours of darkness per day provided in one, six or twelve hour intervals on the productivity and health of broiler chickens. *British Poultry Science*, 45(sup 1), S31-S32.
- [21] Fanatico, A. (2007). Poultry house management for alternative production. National Sustainable Agriculture Information Service. from www.attra.ncat.org.
- [22] Mousa-Balabel, T. M., et al. (2017). Useful management practices for mitigating the effect of transportation stress on broiler under Egyptian conditions. *Life Science Journal*, 14(11), 57-63.
- [23] Deeming, D. C. (2000). What is chick quality?. *World Poultry Science Journal*, 11, 34-35.
- [24] Lourens, S. (2003). Residual yolk and egg weight loss during incubation under controlled eggshell temperatures. *Avian and Poultry Biology Reviews*, 14, 209-211.
- [25] Preez, J. H. (2007). *The effect of different incubation temperatures on chick quality*. (Master Philosophy Thesis, University of Stellenbosch).

- [26] Willemssen, H., et al. (2008). Critical assessment of chick quality measurements as an indicator of posthatch performance. *Poultry Science*, 87, 2358-2366.
- [27] Sarmiento-Garcia, A., et al. (2021). Performance evaluation of two slow-medium growing chicken strains maintained under organic production system during different seasons. *Animals*, 11(4), 1090(1-13).
- [28] Decuyperet, E., et al. (2001). The day-old chick: a crucial hinge between breeders and broilers. *World's Poultry Science Journal*, 57(2), 127-138.
- [29] Chanklan, R., et al. (2017). Development model for predict runoff in Mun basin. *RMUTP Research Journal*, 11(2), 37-47.
- [30] นิตติยา ประกอบแสง และคณะ. (2560). การศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงไก่ไข่บนทรงตัวภายใต้โรงเรือนระบบปิดในช่วงฤดูร้อน (รายงานผลการวิจัย). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- [31] มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี และคณะ. (2560). ผลการเสริมบีเทนแอนไฮดรัสในน้ำดื่มของไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการผลิต การย่อยได้ของโภชนะ ลักษณะเลือด ลักษณะซากและคุณภาพเนื้อ. *วารสารเกษตร*, 33(1), 91-107.
- [32] วรางคณา กิจพิพิธ และมนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี. (2561). ผลกระทบของค่าดัชนีความเครียดเนื่องจากความร้อนต่อสมรรถภาพการให้ผลผลิตไข่ภายใต้การเลี้ยงแบบระบบเปิด (รายงานผลการวิจัย). เพชรบุรี: มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี.
- [33] ประชัน ฝ่ายแก้ว. (2562). ผลของอุณหภูมิ ความเข้มแสงและความเร็วลมต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารในไก่เนื้อเพศเมีย. *แก่นเกษตร*, 47(ฉบับพิเศษ 1), 775-780.
- [34] มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี และคณะ. (2562). ผลการเสริมไบโอควาลเคดเป็นแหล่งโปรตีนและเยื่อใยอาหารต่อการย่อยได้ปรากฏของโภชนะ สมรรถภาพการผลิต ลักษณะซากและคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 21(2), 21-33.
- [35] Molenaar, R. (2012). The importance of brooding period. In *XXIV World's Poultry Congress* (p. 5-9). Salvador: World's Poultry Science Association.
- [36] Cassuce, D., et al. (2013). Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age. *Engenharia Agricola*, 33(1), 28-36.
- [37] Antar, R. I., et al. (2020). Genetic and hormonal differences between high (Cobb broiler) and low native (Fayoumi) growth rate breeds of chicken. *Benha Veterinary Medical Journal*, 39, 28-33.
- [38] Yi, J., et al. (2016). Anorexia is Associated with Stress-Dependent Orexigenic Responses to Exogenous Neuropeptide Y. *Journal of Neuroendocrinology*, 28(5), 10.1111/jne.12378(1-12).
- [39] Soponchit, S., & Chormai, T. (2018). Productive performance of Thai indigenous chicken (Leung Hang Kao Kabin) raising in government farm and local farms at Chachoengsao province. *BAHGI e-journal*, 1, 28-35.
- [40] Lawrence, T. L. J., & Fowler, V. R. (2002). *Growth of Farm Animals*. 2nd ed. Wallingford: CAB Int.
- [41] Safari, A., et al. (2020). Comparative study of growth patterns for three strains of broiler

- using mathematical models. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 86(1), 75-82.
- [42] Gongruttananun, N., & R. Chotesangasa. (1996). A study of growth and carcass yield of Betong chickens compared with those of native and crossbred Betong X native chickens. *Agriculture and Natural Resources*, 30(3), 312-321.
- [43] Ukwo, H. O., et al. (2014). Statistical modelling of body and linear body measurements in Nigerian indigenous chicken. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7(1), 27-30.
- [44] Rizzi, C., et al. (2013). Growth patterns of Italian local chicken populations. *Poultry Science*, 92, 2226-2235.