

การออกแบบระบบระบายอากาศและเปลือกอาคารที่เหมาะสม สำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่พันธุ์เนื้อ

A DESIGN OF AN APPROPRIATE VENTILATION SYSTEM AND BUILDING ENVELOPES FOR BROILER HOUSES

วสันต์ เล้ากมณ¹, ธีระ สุทธิญา¹ และ ตุลย์ มณีวัฒนา²

¹นิสิตปริญญาโท

²หัวหน้าห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทร 0-2218-6640 โทรสาร 0-2616-7862 E-mail: tul.m@eng.chula.ac.th

Wasan Laokamon¹, Teera Sutunya¹ and Tul Manewattana²

¹Graduate student

²Director, Building Technology and Environment Laboratory, Department of Mechanical Engineering,

Chulalongkorn University, Phayathai Road, Patumwan, Bangkok, 10330, Thailand

Tel: 0-2218-6640 Fax: 0-2616-7862 E-mail: tul.m@eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาถึงโรงเรือนเลี้ยงไก่พันธุ์เนื้อระบบปิด ในส่วนของการระบายอากาศภายในและการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร โดยนำโรงเรือนกว้าง 12 เมตรที่พบได้ทั่วไปในประเทศไทย เปรียบเทียบกับโรงเรือนกว้าง 24 เมตร นอกจากนั้นจะตรวจสอบอิทธิพลของตัวแปรโรงเรือนต่างๆ ได้แก่ ความสูงหลังคา ทิศทางการวางตัวของโรงเรือนและการติดกันสาด โดยงานวิจัยนี้ได้สร้างโปรแกรมสำหรับคำนวณตัวแปรทางสภาวะแวดล้อมเชิงความร้อนโดยใช้ระเบียบวิธีสมดุลความร้อนและโปรแกรมสำหรับคำนวณการไหลในสองมิติโดยใช้ระเบียบวิธีปริมาตรจำกัด เพื่อทำการคำนวณดัชนีความร้อน (BGHI) ที่ใช้ประเมินสภาวะแวดล้อมของไก่ในตำแหน่งต่างๆ แล้วจึงนำไปหาพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสม ผลการคำนวณที่ได้พบว่า โรงเรือนกว้าง 12 เมตร จะมีร้อยละพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสมใกล้เคียงกับโรงเรือนกว้าง 24 เมตร การที่โรงเรือนมีหลังคาสูงขึ้นจะทำให้พื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสมเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงทิศทางการวางตัวของโรงเรือนจากแนวตะวันออก-ตะวันตกไม่เกิน 15 องศา จะทำให้พื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสมเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยและกันสาดที่เหมาะสมควรมีความยาวประมาณ 1.5 เมตร

Abstract

This research studied the ventilation and the heat transfer through building envelope of the closed-type broiler house. The

12-meter-width house that is commonly found in Thailand is compared with the 24-meter-width house. The influence of parameters that consisted of roof height, orientation and shading were also investigated. The computer program was developed to solve the thermal environment parameters by Heat Balance Method and a two-dimension flow field by Computational Fluid Dynamics (CFD). The results are used for the calculation of Black Globe-Humidity Index (BGHI) to evaluate thermal environment so that the appropriate rearing area can be determined. The results show that the appropriate rearing areas in the 12-meter-width house and the 24-meter-width house are almost the same. The addition of roof height is found to increase the appropriate rearing areas. The adjustment of the orientation of the broiler house for less than 15 degree from east-west solar orientation give only a small impact to the appropriate areas. The suitable length of shading is approximately 1.5 meters.

1. บทนำ

โรงเรือนระบบปิดมีความสำคัญอย่างมากในการเลี้ยงไก่พันธุ์เนื้อในเชิงอุตสาหกรรม เนื่องจากทำให้สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของไก่พันธุ์เนื้อและสามารถเลี้ยงไก่ได้มากขึ้นในพื้นที่ที่เท่ากันเมื่อเทียบกับระบบเปิด รวมถึงมีการจัดการที่สะดวกมากขึ้นซึ่งรวมถึงสามารถจำกัด

พื้นที่การระบาดของโรคติดต่อบางชนิดได้ สำหรับโรงเรือนระบบปิด ระบบระบายอากาศและลักษณะของเปลือกอาคารจะมีอิทธิพลมากต่อ คุณภาพของไก่พันธุ์เนื้อที่เลี้ยงไว้ เนื่องจากสภาวะแวดล้อมภายใน โรงเรือนเป็นตัวแปรที่มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของไก่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่มีสภาวะอากาศร้อนชื้นอย่างประเทศไทย ซึ่งไก่ที่เลี้ยงในโรงเรือนระบบปิดมักจะเกิดปัญหาความเครียดทาง ความร้อน (Heat stress)

การระบายอากาศภายในโรงเรือนจะใช้พัดลมดูดอากาศทำหน้าที่ นำความร้อน ความชื้น และก๊าซต่างๆ ออกจากโรงเรือน ความดัน อากาศภายในโรงเรือนก็จะมีความต่ำกว่าความดันภายนอก ทำให้อากาศ ไหลเข้ามาในโรงเรือนโดยผ่านแผงทำความเย็นแบบเยือกกระต่าย (Cooling pads) ซึ่งติดตั้งที่บริเวณต้นโรงเรือน โดยอากาศที่ไหลเข้ามา จะมีอุณหภูมิลดลงเนื่องจากการระเหยของน้ำที่ผ่าน Cooling pads ซึ่ง เรียกระบบการทำความเย็นแบบนี้ว่า ระบบการทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative cooling system)

โรงเรือนเลี้ยงไก่ในประเทศไทยโดยทั่วไปจะมีขนาดความกว้าง ประมาณ 12 เมตร และยาวประมาณ 120 เมตร แต่ในปัจจุบันได้มีการ ก่อสร้างโรงเรือนที่มีความกว้างประมาณ 24 เมตรขึ้นมาในต่างประเทศ ซึ่งจะมีข้อดีในด้านการประหยัดพื้นที่และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง แต่ สำหรับในด้านของสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือนก็ยังไม่เป็นที่แน่ชัด ว่าจะส่งผลอย่างไรต่อการเจริญเติบโตของไก่บ้าง

ในงานวิจัยนี้จะทำการคำนวณหาพารามิเตอร์ทางความร้อนที่มีผล ต่อการเลี้ยงไก่พันธุ์เนื้อได้แก่ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย ความเร็วลมและความชื้น โดยจะใช้ระเบียบวิธีสมมูลความร้อนรวมกับ การแก้ปัญหาการไหลโดยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (CFD) หลังจากนั้นจะ ใช้ดัชนีความร้อน BGHI (Black Globe Humidity Index) ซึ่งเป็นดัชนีที่ รวมผลของพารามิเตอร์ทางความร้อนดังกล่าว มาเป็นเกณฑ์ในการ กำหนดพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสมต่อไป

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระเบียบวิธีสมมูลความร้อน

ระเบียบวิธีสมมูลความร้อนเป็นวิธีคำนวณที่นำมาใช้หาค่าสภาวะ แวดล้อมเชิงความร้อน ซึ่งการที่จะทราบถึงค่าพารามิเตอร์เชิงความร้อน ต่างๆภายในโซนที่ต้องการได้นั้น จะต้องพิจารณาภาวะสมมูลความร้อน 4 แห่งด้วยกัน ได้แก่ สมมูลความร้อนที่ผิวผนังด้านนอก การนำความร้อนผ่านชั้นผนัง สมมูลความร้อนที่ผิวผนังด้านในและสมมูลความร้อนที่ อากาศภายในโซน

2.1.1 สมมูลความร้อนที่ผิวผนังด้านนอก

ผิวผนังด้านนอกจะได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ และจะมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสิ่งแวดล้อมโดยผ่านการแผ่รังสี คลื่นยาวและการพาความร้อน[9] สมการสมมูลความร้อนที่ผิวผนังด้าน นอกเขียนได้เป็น

$$q_{\alpha sol}'' + q_{LWR}'' + q_{conv}'' - q_{ko}'' = 0 \quad (1)$$

$q_{\alpha sol}''$ คือ ฟลักซ์ความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์, W/m^2

q_{LWR}'' คือ ฟลักซ์ความร้อนจากการแลกเปลี่ยนรังสีคลื่นยาวกับ สิ่งแวดล้อม, W/m^2

q_{conv}'' คือ ฟลักซ์ความร้อนจากการพาความร้อนโดยอากาศ , W/m^2

q_{ko}'' คือ เป็นฟลักซ์ความร้อนจากการนำความร้อนที่พื้นผิวผนัง ด้านนอก, W/m^2

2.1.2 สมมูลความร้อนที่ผิวผนังด้านใน

ผิวผนังด้านในจะได้รับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่าน เข้ามาทางหน้าต่างและจะมีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างแหล่ง ความร้อนภายในผ่านการแผ่รังสีและการพาความร้อน[10] สมการ สมมูลความร้อนที่ผิวผนังด้านในเขียนได้เป็น

$$q_{ki}'' + q_{sw}'' + q_{sol}'' + q_{LWX}'' + q_{LWS}'' + q_{conv}'' = 0 \quad (2)$$

q_{ki}'' คือ ฟลักซ์ความร้อนจากการนำความร้อนที่พื้นผิวผนังด้าน ใน, W/m^2

q_{sw}'' คือ ฟลักซ์ความร้อนจากการแผ่รังสีคลื่นสั้นของแหล่งความ ร้อนภายในโซน, W/m^2

q_{sol}'' คือ ฟลักซ์ความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ซึ่งผ่าน มาทางระบบหน้าต่าง, W/m^2

q_{LWX}'' คือ ฟลักซ์ความร้อนจากการแลกเปลี่ยนรังสีคลื่นยาวกับ ผนังต่างๆ, W/m^2

q_{LWS}'' คือ ฟลักซ์ความร้อนจากการแลกเปลี่ยนรังสีคลื่นยาวกับ แหล่งความร้อนภายในโซน, W/m^2

q_{conv}'' คือ ความร้อนจากการพาความร้อนโดยอากาศ, W/m^2

2.1.3 การนำความร้อนผ่านชั้นผนัง

กระบวนการนำความร้อนผ่านชั้นผนังเป็นกลไกที่เชื่อมโยงระหว่าง สมมูลความร้อนที่พื้นผิวผนังด้านนอกและสมมูลความร้อนที่พื้นผิวผนัง ด้านใน เนื่องจากระเบียบวิธีสมมูลความร้อนจะต้องพิจารณาถึงอุณหภูมิ ผนังและฟลักซ์ความร้อนของผนังด้านนอกและด้านในไปพร้อมๆกัน ระเบียบวิธีที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาต้องสามารถตอบสนองการพิจารณานี้ ได้ วิธีคำนวณด้วยฟังก์ชันการนำความร้อน (Conduction Transfer Function, CTF) จึงได้ถูกนำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ดังกล่าว

$$q_{ki}(t) = -X_0 T_{si,t} - \sum_{k=1}^{nz} X_k T_{si,t-k\delta} + Y_0 T_{so,t} + \sum_{k=1}^{nz} Y_k T_{so,t-k\delta} - \sum_{k=1}^{nq} \phi_k q_{ki,t-k\delta} \quad (3)$$

สำหรับฟลักซ์ความร้อนที่พื้นผิวผนังด้านใน

$$q_{ko}(t) = -Y_0 T_{si,t} - \sum_{k=1}^{nz} Y_k T_{si,t-k\delta} + Z_0 T_{so,t} + \sum_{k=1}^{nz} Z_k T_{so,t-k\delta} - \sum_{k=1}^{nq} \phi_k q_{ko,t-k\delta} \quad (4)$$

สำหรับฟลักซ์ความร้อนที่พื้นผิวผนังด้านนอก

X_k คือ inside CTF เมื่อ $k = 0, 1, \dots, nz$

Y_k คือ cross CTF เมื่อ $k = 0, 1, \dots, nz$

Z_k คือ outside CTF เมื่อ $k = 0, 1, \dots, nz$

ϕ_k คือ flux CTF เมื่อ $k = 0, 1, \dots, nq$

δ คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการคำนวณ, sec

t คือ เวลาขณะคำนวณ

2.1.4 สมดุลความร้อนที่อากาศภายในโซน

$$q_{conv} + q_{CE} + q_{IV} + q_{sys} = 0 \quad (5)$$

q_{conv} คือ การถ่ายเทความร้อนโดยการพาจากพื้นผิวผนังด้านใน, W

q_{CE} คือ การถ่ายเทความร้อนโดยการพาจากแหล่งความร้อนภายใน, W

q_{IV} คือ การถ่ายเทความร้อนจากการรั่วซึมของอากาศและการระบายอากาศ, W

q_{sys} คือ การถ่ายเทความร้อนจากระบบปรับอากาศ, W

การคำนวณหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวและอุณหภูมิอากาศภายในโซนที่ชั่วโมงใดๆ จำเป็นจะต้องคำนวณ สมการที่ (1) ถึง (5) ไปพร้อมๆ กัน โดยจะต้องอาศัยกระบวนการทำซ้ำไปมาระหว่าง 5 สมการนี้ทุกผนังจนกว่าอุณหภูมิพื้นผิวและอุณหภูมิอากาศที่คำนวณได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ขั้นตอนการคำนวณจะเป็นเช่นนี้ไปจนครบ 24 ชั่วโมง จากนั้นจะต้องทำการตรวจสอบผลลัพธ์การนำความร้อนที่ผิวผนังด้านนอกและด้านใน ซึ่งผลรวมฟลักซ์ความร้อนทั้งวันจะต้องเท่ากันทั้งด้านนอกและด้านใน[8]

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณเชิงเลขสำหรับปัญหาการไหล

2.2.1 สมการพื้นฐานของการไหล

ในงานวิจัยนี้จะกำหนดให้การไหลของอากาศภายในเป็นการไหลแบบอัดตัวไม่ได้ (Incompressible flow), มีความหนืด, คุณสมบัติของไหลไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ, เป็นการไหลแบบปั่นป่วนและอยู่ในสภาวะคงตัว ซึ่งสมการควบคุมจะประกอบไปด้วยสมการที่อยู่ในรูปค่าเฉลี่ยของเวลา (Time-averaged) ดังนี้

สมการความต่อเนื่อง

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = 0 \quad (6)$$

สมการโมเมนตัม

$$\rho \bar{u}_j \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\rho \overline{u'_i u'_j}) \quad (7)$$

สมการอนุรักษ์พลังงาน

$$\rho \bar{u}_j \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{k}{c_p} \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_j} \right) + \frac{\bar{q}'''}{c_p} - \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \overline{u'_j T'}) \quad (8)$$

สมการที่ (7) และ (8) ไม่สามารถแก้หาคำตอบได้โดยตรงเนื่องจากมีจำนวนตัวแปรมากกว่าสมการ จึงทำการประมาณโดยใช้ Boussinesq approximation สำหรับ Reynolds stress และ Scalar variable ในเทอมสุดท้ายของสมการทั้งสอง ดังนี้

$$-\rho \overline{u'_i u'_j} = \mu_t \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij} \quad (9)$$

$$-\rho \overline{u'_i \phi'} = \Gamma_t \frac{\partial \bar{\phi}}{\partial x_i} \quad (10)$$

โดยที่ μ_t คือ Turbulent eddy viscosity ($\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$),

$$\Gamma_t \text{ คือ Turbulent diffusivity และ } \delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}$$

สำหรับแบบจำลองความปั่นป่วนที่ใช้ร่วมกับสมการโมเมนตัมจะใช้แบบจำลอง Standard $k - \varepsilon$ [1] ซึ่งประกอบด้วยสมการ Turbulent kinetic energy (k) และสมการ Turbulent dissipation rate (ε) ดังต่อไปนี้

$$\rho \bar{u}_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + P - \rho \varepsilon \quad (11)$$

$$\rho \bar{u}_j \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + \frac{C_{\varepsilon 1} \varepsilon}{k} P - \frac{\rho C_{\varepsilon 2} \varepsilon^2}{k} \quad (12)$$

โดยที่ P คือ Rate of turbulent kinetic energy production หาได้จากสมการ

$$P = \mu_t \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \quad (13)$$

ค่าคงที่ในสมการแบบจำลองความปั่นป่วนและ Turbulent viscosity จะมีค่าเท่ากับ

$$C_\mu = 0.09, C_{\varepsilon 1} = 1.44, C_{\varepsilon 2} = 1.92, \sigma_k = 1.0, \sigma_\varepsilon = 1.3$$

เนื่องจากบริเวณใกล้ผนัง ค่าความหนืดของของไหลจะมีอิทธิพลต่อการไหลมาก ดังนั้นการคำนวณความเร็วและอุณหภูมิในบริเวณนี้จะใช้ Wall function [2] ร่วมกับสมการการไหลแบบปั่นป่วน

2.2.2 ระเบียบวิธีปริมาตรจำกัด (Finite Volume Method)

จากสมการสำหรับการไหลแบบปั่นป่วนข้างต้นสามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการที่ประกอบด้วยเทอมการพา (Convection), การแพร่ (Diffusion) และ Source ได้ดังนี้

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j \phi) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma \frac{\partial \phi}{\partial x_j} \right) + S_\phi \quad (14)$$

เมื่อประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่ม โดยการแบ่งพื้นที่ภายในโรงเรือนเป็นปริมาตรควบคุมย่อยๆ แล้วดิสครีไทส์สมการที่ (7) และ (8) โดยทำการอินทิเกรตสมการนี้ตลอดทั้งปริมาตรควบคุม จะได้สมการพีชคณิตซึ่งมีรูปแบบทั่วไป คือ

$$a_P \phi_P = a_W \phi_W + a_E \phi_E + a_S \phi_S + a_N \phi_N + \bar{S}_\phi \Delta V \quad (15)$$

การหาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ (15) จะใช้ Hybrid scheme [3] ประมาณค่าฟลักซ์การพาที่ผิวของปริมาตรควบคุม จากนั้นก็จะแก้สมการตามขั้นตอนของ SIMPLE algorithm [3] เพื่อให้ค่า u และ p ที่ได้มีค่าสอดคล้องกัน

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พันธุ์เนื้อ

2.3.1 โครงสร้างโรงเรือน

โรงเรือนส่วนใหญ่จะใช้ขนาด 12m X 120m แต่ในบางแห่งก็จะมี การใช้ขนาด 24m X 120m โรงเรือนที่มีข้ออยู่ในปัจจุบันมักจะเป็นระบบ ปิด ผึงข้างมักทำเป็นชุดผ้าผ่านพลาสติก P.V.C. หรือ P.E. เพื่อ ประโยชน์ในการระบายอากาศหากเกิดการฉีกฉีกเงิน หลังจากทำการทำจาก สังกะสีหรือกระเบื้องซีเมนต์ สร้างเป็นรูปหน้าจั่วและมักทำการติดตั้ง ฉนวนกันความร้อนเพื่อลดความร้อน พื้นจะทำจากคอนกรีต มักจะมี วัสดุรองพื้นทำหน้าที่ดูดซับความชื้นที่เกิดจากมูลไก่และน้ำที่หก ซึ่ง จะต้องแห้งง่าย เช่น แกลบ ทราฟและฟางสับ การวางตัวของโรงเรือน มักจะวางตัวในแนวตามตะวันเพื่อลดปริมาณความร้อนจากแดดที่ส่อง ทางผึงด้านข้าง โดยทั่วไปมักมีการติดตั้งลมเพื่อใช้ในการปรับ ความเร็วลมให้อยู่ในระดับที่ต้องการโดยเฉพาะการเลี้ยงในช่วงไก่โตซึ่ง เป็นช่วงที่ต้องการสภาวะอากาศที่มีความเร็วมากกว่าไก่เล็ก

2.3.2 ระบบระบายอากาศ

วัตถุประสงค์หลักของการนำระบบระบายอากาศมาใช้ในโรงเรือน เลี้ยงไก่พันธุ์เนื้อระบบปิดก็คือการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นและการ ระบายก๊าซที่เป็นอันตรายออกไป ในประเทศไทยนิยมใช้เป็นระบบทำ ความเย็นแบบระเหย (Evaporative Cooling) โดยประสิทธิภาพการทำให้ ความเย็นของ Cooling pad จะขึ้นอยู่กับ ความเร็วลม ประเภทของ Cooling pad ขนาด พื้นที่และความชื้นของอากาศ โดยอุณหภูมิของ อากาศที่ไหลออกจาก Cooling pad สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$t_{2db} = t_{1db} - \frac{\eta \times (t_{1db} - t_{1wb})}{100} \quad (16)$$

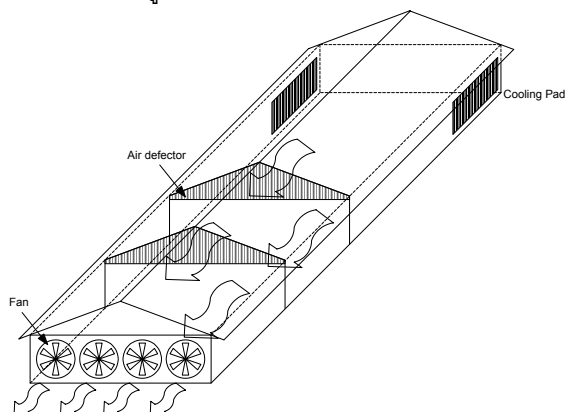
t_{1db} คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศที่เข้า Cooling pad

t_{1wb} คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศที่เข้า Cooling pad

t_{2db} คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศที่ออกจาก Cooling pad

η คือ ประสิทธิภาพการอิ่มตัวของ Cooling pad

การระบายอากาศจะใช้วิธีระบายอากาศให้เกิดความดันลบ (Negative Pressure) ปริมาณอากาศที่ไหลเวียนในโรงเรือนขั้นต่ำ จะต้องมีการทดแทนอากาศให้หมดในโรงเรือนภายใน 1 นาที (1 air change per minute) [4] โดยลักษณะการระบายอากาศในโรงเรือน ระบบปิดแสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะการระบายอากาศในโรงเรือนระบบปิด

2.3.3 สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงไก่พันธุ์เนื้อ

สภาวะอากาศที่เหมาะสม หมายถึง สภาวะอากาศที่มีอุณหภูมิ ความเร็วลมและความชื้น ที่ทำให้ไก่ที่เลี้ยงไว้สามารถระบายความร้อน ออกจากร่างกายได้อย่างปกติ สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการ เลี้ยงไก่พันธุ์เนื้อจะแตกต่างกันไปตามอายุและน้ำหนักตัว โดยกรมปศุ สัตว์[4] ได้แนะนำสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงไก่พันธุ์ เนื้อไว้ดังนี้

อุณหภูมิอากาศ : 20 – 30 °C

ความชื้น : 50 – 80 %

ความหนาแน่น : 34 กิโลกรัม ต่อ ตารางเมตร

การระบายอากาศ : 1 air change ต่อ นาที

การให้แสง : ควรให้มีระยะมืดอย่างน้อยวันละ 1 ชั่วโมง

2.4 ดัชนีความร้อน BGHI

ดัชนีเปรียบเทียบสภาวะทางความร้อนของไก่ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ Black Globe Humidity Index [5] สามารถหาได้จากสมการ

$$BGHI = t_{bg} + 0.36t_{dp} + 41.5 \quad (17)$$

โดยที่ t_{dp} คือ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point), °C

สำหรับค่า Black globe temperature (t_{bg}) เป็นค่าอุณหภูมิที่วัด ได้จาก Globe thermometer โดยอาศัยสมมูลระหว่างการพาและการแผ่ รังสีความร้อนดังสมการต่อไปนี้ [6]

$$h_c(t_{bg} - t_{air}) = \sigma \epsilon_g ((t_{mrt} + 273.15)^4 - (t_{bg} + 273.15)^4) \quad (18)$$

และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (h_c) ของการพาความร้อน แบบเชิงกล สามารถหาได้จาก

$$h_c = 6.3V^{0.6}d^{-0.4} \quad (19)$$

โดยที่ σ คือ Stefan-Boltzmann constant ($= 5.67 \times 10^{-8}$),

ϵ_g คือ ค่าการปล่อยรังสีของ Globe (≈ 0.95)

V คือ ค่าความเร็วลม (m/s)

และ d คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ Globe

สำหรับค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยนั้นสามารถหาได้จาก แบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิการ แผ่รังสีระนาบ (Plane Radiant Temperature) ตาม ASHRAE[7] ซึ่ง เมื่อพิจารณาสมการที่ (18) ค่า Black Globe Temperature สามารถหา ได้จากการขบวนการคำนวณซ้ำจนกระทั่งค่า Black Globe Temperature มีค่าคงที่

3. ลักษณะของปัญหา

โรงเรือนระบบปิดที่ใช้ในการคำนวณจะมีอยู่ 2 ขนาดคือโรงเรือนกว้าง 12 เมตรและ 24 เมตร โดยโรงเรือนระบบปิดแบบพื้นฐานของทั้งสองขนาดจะมีค่าระยะต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

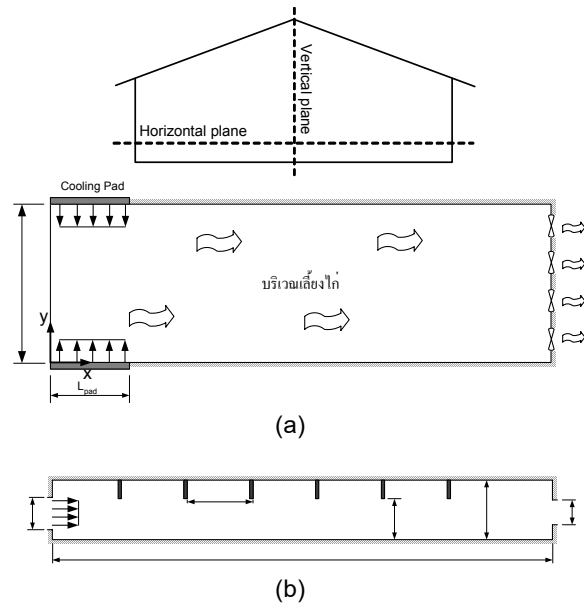
ตารางที่ 1 องค์ประกอบและขนาดของโรงเรือนระบบปิดที่ทำการศึกษา

องค์ประกอบ และขนาดของโรงเรือน	ความกว้างโรงเรือน	
	12 เมตร	24 เมตร
ความยาวโรงเรือน (m)	120	120
ความสูงกึ่งกลางโรงเรือน (m)	4.5	4.5
ความสูงผนังข้างโรงเรือน (m)	2.2	2.2
ความยาว Cooling pad (m) แต่ละด้านของโรงเรือน	10.5	21
จำนวนซี่ลม	7	7
จำนวนพัดลมขนาด 48"	8	16

ในการศึกษาการไหลของอากาศภายในโรงเรือนเนื่องจากมีผลของซี่ลม (Air deflector) ที่ติดตั้งเพื่อลดพื้นที่หน้าตัดภายในโรงเรือนทำให้ความเร็วลมที่ระดับตัวไก่มีค่ามากขึ้นซึ่งควรนำมาพิจารณาด้วย ดังนั้นสำหรับการคำนวณการไหลของอากาศแบบสองมิติจึงต้องทำการแบ่งการคำนวณออกเป็นสองระนาบ คือ ระนาบการคำนวณแนวนราบ (Horizontal plane) และระนาบการคำนวณแนวตั้ง (Vertical plane) ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยที่ระนาบการคำนวณแนวนราบจะอยู่ที่ระดับความสูง 0.3 เมตรจากพื้นซึ่งเป็นระดับความสูงโดยประมาณของตัวไก่ และระนาบการคำนวณแนวตั้งจะวางไว้ที่กึ่งกลางโรงเรือน

การคำนวณหาความเร็วลมและ BGHI ที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในโรงเรือนจะเริ่มจากการคำนวณหาความเร็วลมในระนาบการคำนวณแนวตั้งเพื่อหาความเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับตัวไก่ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจากการติดซี่ลม จากนั้นก็นำความเร็วลมเฉลี่ยที่ได้ไปเป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ยสำหรับระนาบการคำนวณแนวนราบ ทำให้สามารถหาค่าความเร็วลมที่ตำแหน่งต่างๆ ในระดับตัวไก่ได้ เมื่อได้ผลของความเร็วลมก็จะนำมาพิจารณารวมกับผลที่คำนวณได้จากระเบียบวิธีสมดุลความร้อนเพื่อหาค่า BGHI ที่แต่ละตำแหน่งในช่วงเวลา 8.00 – 17.00 น. ต่อไป

การพิจารณาพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสมนั้นจำเป็นต้องมีขอบเขตของค่า BGHI ที่บ่งบอกถึงสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดขอบเขตของค่า BGHI จากค่าที่แนะนำไว้ในหัวข้อ 2.3.3 เมื่อทำการคำนวณค่า BGHI จากทุกค่าที่อยู่ในช่วงที่ได้มีการแนะนำไว้ จะได้ค่า BGHI ที่อยู่ในช่วง 68.4 – 83.0 ซึ่งจะถือว่าพื้นที่ที่มีค่า BGHI ที่อยู่ในช่วงนี้จะมีความเหมาะสมในการเลี้ยงไก่พันธุ์เนื้อ



รูปที่ 2 ระนาบการคำนวณเชิงเลขที่นำมาคำนวณการไหลของอากาศภายในโรงเรือน (a) ระนาบการคำนวณแนวนราบ (b) ระนาบการคำนวณแนวตั้ง

4. ผลการคำนวณ

ผลการคำนวณในงานวิจัยนี้จะนำเสนอผลการคำนวณในช่วงเวลา 8.00 – 17.00 น. ในระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนกรกฎาคม เนื่องจากจะเป็นช่วงที่โรงเรือนระบบปิดมักจะเกิดปัญหาทางด้านความร้อน

4.1 อิทธิพลของความกว้างโรงเรือน

เมื่อทำการปรับเปลี่ยนความกว้างของโรงเรือนจาก 12 เมตรเป็น 24 เมตร จะได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 2 และ 3 พบว่าโรงเรือนทั้ง 2 ขนาดจะมีพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสมไม่ต่างกันมากนัก สาเหตุที่โรงเรือนกว้าง 24 เมตร มีพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสมมากกว่าเล็กน้อย เนื่องจากโรงเรือนมีสัดส่วนของพื้นที่ผนังข้างต่อพื้นที่การเลี้ยงน้อยกว่าโรงเรือนกว้าง 12 เมตร ทำให้มีความร้อนที่ผ่านผนังเข้าสู่โรงเรือนน้อยกว่า

ตารางที่ 2 จำนวนชั่วโมงที่เกิดค่าร้อยละพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสมในช่วง 40%-100% สำหรับโรงเรือนกว้าง 12 เมตร

Month	ร้อยละของพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสม					
	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
มีนาคม	0	0	0	1	3	306
เมษายน	2	9	17	27	43	202
พฤษภาคม	1	3	14	23	38	231
มิถุนายน	0	0	5	8	14	273
กรกฎาคม	0	0	0	1	3	306

ตารางที่ 3 จำนวนชั่วโมงที่เกิดค่าร้อยละพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสมในช่วง 40%-100% สำหรับโรงเรือนกว้าง 24 เมตร

Month	ร้อยละของพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสม					
	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
มีนาคม	0	0	0	0	4	306
เมษายน	2	5	15	21	46	211
พฤษภาคม	0	4	6	20	29	251
มิถุนายน	0	0	2	4	17	277
กรกฎาคม	0	0	0	0	3	307

4.2 อิทธิพลของความสูงหลังคา

เมื่อทำการปรับเปลี่ยนความสูงหลังคาจากเดิมที่ใช้ความสูง 2.3 เมตร เป็นความสูง 4.3 เมตรสำหรับโรงเรือนกว้าง 12 เมตร จะได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 4 พบว่าการที่โรงเรือนมีความสูงหลังคาเพิ่มขึ้นจะทำให้โรงเรือนมีพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสมเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคม

ตารางที่ 4 จำนวนชั่วโมงที่เกิดค่าร้อยละพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสมในช่วง 40%-100% สำหรับโรงเรือนกว้าง 12 เมตร ที่มีความสูงหลังคา

4.3 เมตร

Month	ร้อยละของพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสม					
	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
มีนาคม	0	0	0	0	0	310
เมษายน	0	2	8	15	24	251
พฤษภาคม	0	0	4	8	24	274
มิถุนายน	0	0	0	4	5	291
กรกฎาคม	0	0	0	0	1	309

4.3 อิทธิพลของทิศทางการวางตัวของโรงเรือน

จากเดิมที่โรงเรือนวางตัวในแนวตะวันออก-ตะวันตก เมื่อทำการปรับเปลี่ยนทิศทางการวางตัวไปเป็นมุม 15 องศา สำหรับโรงเรือนกว้าง 12 เมตร จะได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 5 พบว่าการที่โรงเรือนมีทิศทางการวางตัวต่างจากแนวตะวันออก-ตะวันตกไปเป็นมุม 15 องศา นั้น โรงเรือนจะมีพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสมไม่ต่างกันมากนัก

ตารางที่ 5 จำนวนชั่วโมงที่เกิดค่าร้อยละพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสมในช่วง 40%-100% สำหรับโรงเรือนกว้าง 12 เมตร ที่มีทิศทางการวางตัว 15 องศาจากแนวตะวันออก-ตะวันตก

Month	ร้อยละของพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสม					
	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
มีนาคม	0	0	0	4	1	305
เมษายน	3	9	18	28	45	197
พฤษภาคม	1	3	16	19	41	230
มิถุนายน	0	0	4	7	17	272
กรกฎาคม	0	0	0	1	3	306

4.4 อิทธิพลของกันสาด

การติดตั้งกันสาดบังแดดในโรงเรือนเลี้ยงไก่จะช่วยลดภาระความร้อนที่เข้าสู่โรงเรือน ทำให้ร้อยละของพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสมเพิ่มขึ้นเล็กน้อยดังตารางที่ 6 เนื่องจากบริเวณด้านข้างโรงเรือนมีอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ยลดลง โดยจากการตรวจสอบพบว่าความยาวของกันสาดที่เหมาะสมสำหรับโรงเรือนที่ทำการศึกษาค่าจะมีค่าประมาณ 1.5 เมตร

ตารางที่ 6 จำนวนชั่วโมงที่เกิดค่าร้อยละพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสมในช่วง 40%-100% สำหรับโรงเรือนกว้าง 12 เมตร ซึ่งติดตั้งกันสาดที่ผนังด้านข้างยาว 1.5 เมตร

Month	ร้อยละของพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสม					
	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
มีนาคม	0	0	0	0	4	306
เมษายน	2	8	15	18	43	214
พฤษภาคม	0	4	9	17	29	251
มิถุนายน	0	0	2	4	15	279
กรกฎาคม	0	0	0	0	4	306

5. สรุป

การปรับเปลี่ยนขนาดและองค์ประกอบของโรงเรือนซึ่งส่งผลให้โรงเรือนมีพื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสมเพิ่มมากขึ้นได้แก่ การเพิ่มความสูงของหลังคา ส่วนการเพิ่มความกว้างของโรงเรือนจาก 12 เมตรเป็น 24 เมตรและการเปลี่ยนแปลงทิศทางการวางตัวของโรงเรือนไปไม่เกิน 15 องศาจากแนวตะวันออก-ตะวันตก จะไม่ทำให้พื้นที่การเลี้ยงที่เหมาะสมภายในโรงเรือนเปลี่ยนแปลงไปมากนัก และสำหรับความยาวของกันสาดที่เหมาะสมควรมีความยาวประมาณ 1.5 เมตร

เอกสารอ้างอิง

- [1] Launder, B.E. and Spalding, D.B. The Numerical Computational of Turbulent Flows, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 3(1974): 269-289.
- [2] Versteeg, H.K. and Malalasekera, W. An Introduction of Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method, Longman Scientific & Technical, London, 1995.
- [3] Patankar, S.V. Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1980.
- [4] กรมปศุสัตว์. ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่องมาตรฐานฟาร์มเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทย พ.ศ. 2542, กรุงเทพมหานคร: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2542.
- [5] Moura, D.J., Welker, J.S., Naas, I.A. and Siliva, I.J.O. Thermal Efficiency Evaluation of High Density Poultry Housing in Different Environmental Control System, 2001 ASAE Annual Meeting, Paper number 014063, 2001.
- [6] Awbi, H. Ventilation of Buildings. London: Spon, 1991.
- [7] ASHRAE. 2001 ASHRAE Fundamental Handbook. Atlanta : American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineering, 2001.
- [8] Pederson, C.O.; Fisher, D.E. and Liesen, R.J. Development of a heat balance based procedure for calculating cooling load. ASHRAE Transaction 103(1997) : 459-468.
- [9] McClellan, T.M., Pederson, C.O. Investigation of outside heat balance models for use in a heat balance cooling load calculation procedure. ASHRAE Transaction 103(1997) : 469-484.
- [10] Liesen, R.J. and Pederso, C.O. An evaluation of inside surface heat balance models for cooling load calculation. ASHRAE Transaction 103(1997) : 469-484.