

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเลี้ยงไก่

Mathematical Model

of Temperature and Relative Humidity variation in the Poultry House

นิพนธ์ เกตุข้อย ศิริชัย เทพา และรุ่งโรจน์ สงค์ประกอบ

กลุ่มวิจัยระบบพลังงานสะอาด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ถนนประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเลี้ยงไก่ โดยทำการศึกษาจากโรงเรือนขนาดความกว้าง 3 เมตร ยาว 6 เมตร สูง 3.5 เมตร ผนังและเพดานคลุมด้วยพลาสติกพีวีซี หลังคากระเบื้องลอนคู่มีมุมเอียง 30 องศา ติดตั้งระบบทำความเย็นแบบระเหย ไว้ที่ผนังทางด้านทิศใต้ เป็นแบบสเปรย์น้ำ ประสิทธิภาพการทำความเย็น 80 เปอร์เซ็นต์ มีตาข่ายในลอนช่วยในการดักจับละอองน้ำ และติดตั้งพัดลมดูดอากาศไว้ที่ผนังทางด้านทิศเหนือ ผลการศึกษาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลอง พบว่ามีความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อย ทำให้สามารถนำแบบจำลองนี้ไปใช้ในการทำนายอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนได้ เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างก่อนและหลังใช้ระบบทำความเย็นพบว่าระบบทำความเย็นแบบระเหยสามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนลงได้ถึง 4.6 องศาเซลเซียส

Abstract

This article describes a development of a mathematical model of temperature changing and relative humidity in the poultry house. The configuration of the house is 3 m wide, 6 m long and 3.5 m high with 30 degree angle incline roof. The wall and ceiling are covered with PVC. The water spray evaporative cooling system (EC) is installed at the south wall, this system has 80% efficiency. The exhaust fan is located at the north wall. Comparing results of mathematical model with experimental ones, it is found that errors are negligible. So the model can be used as a predictive temperature and relative humidity inside the poultry house. Comparing the temperature before and after using EC, it is found that the EC is able to reduce the temperature inside the poultry house by 4.6 °C.

1. บทนำและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเลี้ยงสัตว์ เช่น ไก่เนื้อ ไก่ไข่ สุกร ฯลฯ ปัจจุบันเลี้ยงกันภายในโรงเรือนปิดหรือระบบ Evaporative Cooling ทั้งนี้ทำให้สามารถควบคุมและดูแลได้ง่าย นอกจากนี้การเลี้ยงภายในโรงเรือนยังทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม สำหรับการเลี้ยงสัตว์แต่ละชนิดได้ ในปัจจุบันระบบทำความเย็นแบบระเหยเป็นที่นิยมใช้กันมากในการนำมาปรับอากาศภายในโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ปีก ซึ่งระบบมีข้อดีข้อเสียดังต่อไปนี้ [1]

ข้อดีของระบบทำความเย็นแบบระเหย

1. เสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการหรือการติดตั้งอุปกรณ์น้อย
2. ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ เนื่องจากใช้การระเหยของน้ำในการลดอุณหภูมิของอากาศแทนการใช้สารทำความเย็น และยังช่วยกรองเชื้อโรคและสิ่งสกปรกที่ปนมากับอากาศได้โดยมีน้ำและแผ่นระเหยน้ำ (Evaporative Pad) เป็นตัวกรองสิ่งสกปรก และเชื้อโรคต่างๆ

3. ประหยัดพลังงานมากกว่าระบบทำความเย็นแบบอื่น

ข้อเสียของระบบทำความเย็นแบบระเหย

1. ระบบทำความเย็นแบบระเหยจะเพิ่มความชื้นในอากาศภายในห้องจนทำให้มนุษย์มีความรู้สึกไม่สบาย ไม่เหมาะที่จะใช้เป็นระบบปรับอากาศสำหรับมนุษย์

2. มีขีดจำกัดในการลดอุณหภูมิ เนื่องจากความสามารถในการลดอุณหภูมิจะขึ้นอยู่กับปริมาณไอน้ำในอากาศ

สถานะของอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อสัตว์ปีก [2]

1. สถานะอากาศในอุดมคติสำหรับสัตว์ปีก คือ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 20 - 27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

2. อุณหภูมิที่เหมาะสมภายในโรงเรือนสามารถแบ่งได้ 2 วิธี คือ

- อ่านค่าจากการวัดโดยเทอร์โมมิเตอร์

- สังเกตจากลักษณะอาการของสัตว์ปีกภายในโรงเรือน ถ้าสัตว์ปีกมีอาการที่ไม่ค่อยดี เช่น มีอาการเหนื่อยหอบ แสดงว่าอุณหภูมิ

และความชื้นภายในโรงเรือนสูงเกินไป ซึ่งทำให้ลดลงได้โดยทำการระบายอากาศภายในโรงเรือนออกสู่ภายนอก การลดอุณหภูมิซึ่งส่งผลต่อความรู้สึกของสัตว์ปีก (effective temperature feels) โดยการระบายอากาศเรียกว่า "wind chill"

ตารางที่ 1 แนวทางสำหรับการทำความเย็นในโรงเรือน [2]

Temperature:	
Ideal temperature for poultry rearing:	20° - 27°C (68° - 80°F)
Temperature above which heat stress being:	30°C (85°F)
Cooling Achievable with:	
Tunnel Ventilation:	4° - 6°C (7° - 10°F)
EC pads or foggers with tunnel ventilation:	6° - 12°C (10° - 20°F)
Humidity:	
Humidity increases with drop in temperature	
Maximum RH is just before dawn	
Minimum RH is after midday	
Every 20° - 30°C (30° - 50°F) of evaporative cooling increases RH by 10%	
Fans:	
Air moving capacity of exhaust fans:	
36" fan - 10,000 cfm	
48" fan - 20,000 cfm	

ตารางที่ 2 ช่วงของอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของระบบทำความเย็นแบบต่างๆ [2]

	Ambient Temperature	Relative Humidity
Tunnel Ventilation	< 35°C (95°F)	N/A
Foggers and Tunnel Ventilation	> 30°C (85°F)	< 80%
EC Pads and Tunnel Ventilation	> 30°C (85°F)	< 80%
Cooling potential by evaporation:		
cooling potential = (Max. day temperature - Min. night temperature)/2		

3. แหล่งความร้อนที่สัตว์ปีกได้รับ มาจาก 2 แหล่งคือ

- อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม
- ความร้อนจากกระบวนการเมตาบอลิซึมภายในร่างกาย

4. ความร้อนส่วนเกินที่เกิดขึ้นภายในตัวสัตว์ปีก จะถูกกำจัดไปโดยการระเหยในระหว่างการหายใจ

5. ถ้าผลรวมของความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ (°F) เกิน 180 สัตว์ปีกจะมีอาการเหนื่อยหอบและเสียชีวิตในที่สุด

$$RH + \text{Temperature} (°F) < 180$$

ตารางที่ 3 ลักษณะของระบบทำความเย็นแบบต่างๆ [2]

	Tunnel Ventilation	Evaporative Cooling	
		Foggers	EC Pads
Typical house size	400' x 40' x 48'	400' x 40' x 48'	400' x 40' x 48'
Number of fans required 36" or 48"	1/50' house length	13	13
	1/100' house length	7	7
Inlet area required	20 sqft/36" fan	20 sqft/36" fan	-
	40 sqft/48" fan	40 sqft/48" fan	-
4" EC pad area required	-	-	40 sqft/36" fan
	-	-	80 sqft/48" fan
Wind velocity required	400 cfm	400 cfm	350 cfm
Max foggers/min	-	15-20	-
Fogger output	-	3.5 liter/hr	-
Water pressure	-	100-180 psi	-

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเลี้ยงไก่ ซึ่งมีระบบทำความเย็นแบบระเหยติดตั้งอยู่ ใน การศึกษานี้จะทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรงเรือนเลี้ยงไก่ ซึ่งใช้ในการทำนายอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนได้ ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาลักษณะของโรงเรือนและระบบทำความเย็นแบบระเหยที่เหมาะสมสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่หรือโรงเรือนอื่นๆ ต่อไป

2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

2.1 สมมุติฐานที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1. อุณหภูมิภายในโรงเรือนสม่ำเสมอเท่ากันทุกจุด
2. อุณหภูมิผนัง เพดาน และหลังคา ทั้งด้านในและด้านนอก มีค่าเท่ากัน เมื่อเวลาเริ่มต้น ($T_w = T_c = T_r = T_{wi} = T_{wo}$ เมื่อ $t = 0$)
3. คุณสมบัติทางความร้อนของผนัง เพดาน และหลังคาคงที่
4. ผนัง เพดาน และหลังคาบางมาก
5. ความจุความร้อนของโครงสร้างโรงเรือนมีค่าน้อยมาก
6. ไม่มีการแผ่รังสีความร้อนระหว่างผนัง เพดาน หลังคาด้านในโรงเรือน และตัวไก่
7. การรั่วของอากาศเข้าโรงเรือนน้อยมากเมื่อเทียบกับการระบายอากาศโดยพัดลม

2.2 สมดุลพลังงานที่ผนังโรงเรือน

$$Q_w = \rho_w C_w V_w \frac{dT_w}{dt} = Q_{in} - Q_{ak} + A_w h_{wo} (T_o - T_w) + A_w h_{wi} (T_i - T_w) \quad (1)$$

เมื่อ

Q_w คือ อัตราความร้อนที่สะสมที่ผนังโรงเรือน (kW)

ρ_w คือ ความหนาแน่นของผนังโรงเรือน (kg/m^3)

C_w คือ ความจุความร้อนของผนังโรงเรือน ($\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$)

V_w คือ ปริมาตรของผนังโรงเรือน (m^3)

t คือ เวลา (s)

T_w คือ อุณหภูมิของผนังโรงเรือน ($^{\circ}C$)

Q_{su} คือ อัตราความร้อนที่ผนังหรือหลังคาได้รับจากรังสีดวงอาทิตย์ (kW)

Q_{sk} คือ อัตราความร้อนที่สูญเสียสู่ท้องฟ้าหรือสิ่งแวดล้อม (kW)

A_w คือ พื้นที่ผนังโรงเรือน (m^2)

h_{wo} คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของผนังด้านนอก ($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$)

h_{wi} คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของผนังด้านใน ($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$)

T_o คือ อุณหภูมิอากาศแวดล้อม ($^{\circ}C$)

T_a คือ อุณหภูมิของอากาศชั้นภายในโรงเรือน ($^{\circ}C$)

2.3 สมดุลพลังงานที่หลังคาโรงเรือน

$$Q_r = \rho_r C_r V_r \frac{dT_r}{dt} = Q_{su} - Q_{sk} + A_r h_{ro}(T_o - T_r) + A_r h_{ri}(T_a - T_r) \quad (2)$$

เมื่อ

Q_r คือ อัตราความร้อนที่สะสมที่หลังคาของโรงเรือน (kW)

ρ_r คือ ความหนาแน่นของวัสดุผนังหลังคา (kg/m^3)

C_r คือ ความจุความร้อนของกระเบื้องผนังหลังคา ($kJ/kg \cdot ^{\circ}C$)

V_r คือ ปริมาตรของหลังคา (m^3)

T_r คือ อุณหภูมิของหลังคา ($^{\circ}C$)

T_o คือ อุณหภูมิอากาศในช่องใต้หลังคา ($^{\circ}C$)

A_r คือ พื้นที่หลังคา (m^2)

h_{ro} คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวด้านนอกหลังคา ($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$)

h_{ri} คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวด้านในหลังคา ($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$)

2.4 สมดุลพลังงานที่เพดานโรงเรือน

$$Q_{ce} = \rho_c C_c V_c \frac{dT_c}{dt} = A_c h_{co}(T_o - T_c) + A_c h_{ci}(T_a - T_c) \quad (3)$$

เมื่อ

Q_{ce} คือ อัตราความร้อนที่สะสมที่เพดานของโรงเรือน (kW)

ρ_c คือ ความหนาแน่นของวัสดุเพดาน (kg/m^3)

C_c คือ ความจุความร้อนของเพดาน ($kJ/kg \cdot ^{\circ}C$)

V_c คือ ปริมาตรของเพดาน (m^3)

T_c คือ อุณหภูมิของเพดาน ($^{\circ}C$)

A_c คือ พื้นที่เพดาน (m^2)

h_{co} คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวด้านนอก

ของเพดาน ($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$)

h_{ci} คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวด้านในของเพดาน ($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$)

2.5 ความร้อนเนื่องจากการระบายอากาศเข้าสู่โรงเรือน

$$Q_{vent} = \dot{m}_a C_{pa}(T_a - T_o) \quad (4)$$

เมื่อ

Q_{vent} คือ อัตราความร้อนสัมผัสเนื่องจากการระบายอากาศเข้าสู่โรงเรือน (kW)

$\dot{m}_a$ คือ อัตราการไหลโดยมวลของอากาศ (kg/s)

2.6 การแลกเปลี่ยนความร้อนที่พื้นโรงเรือน

$$Q_g = U_g A_g (T_a - T_g) \quad (5)$$

เมื่อ

Q_g คือ อัตราความร้อนที่สูญเสียผ่านพื้นของโรงเรือน (kW)

U_g คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของดิน ($kW/m^2 \cdot ^{\circ}C$)

A_g คือ พื้นที่ของโรงเรือน (m^2)

T_g คือ อุณหภูมิของดินที่ความลึก L_g ($^{\circ}C$)

2.7 ความร้อนเนื่องจากตัวไก่ [3]

$$Q_{ch} = N \times SH \quad (6)$$

เมื่อ

Q_{ch} คือ อัตราความร้อนสัมผัสของไก่ (kW)

N คือ จำนวนไก่ในโรงเรือน (ตัว)

SH คือ ความร้อนสัมผัสจากตัวไก่หนึ่งตัว (kW)

2.8 สมดุลพลังงานของโรงเรือน

$$Q_{room} = \rho_a C_{pa} V_a \frac{dT_a}{dt} = \sum_{i=1}^4 Q_w + Q_{ce} + Q_{vent} + Q_g + Q_{ch} \quad (7)$$

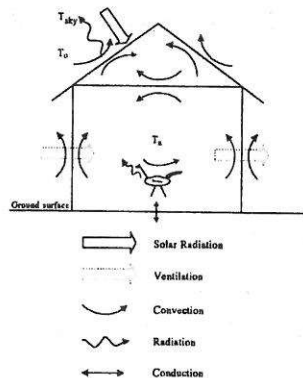
เมื่อ

Q_{room} คือ อัตราความร้อนภายในโรงเรือน (kW)

ρ_a คือ ความหนาแน่นของอากาศชั้นภายในโรงเรือน (kg/m^3)

C_{pa} คือ ความจุความร้อนของอากาศขึ้นภายในโรงเรือน
ที่ความดันคงที่ ($\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$)

V_a คือ ปริมาตรภายในโรงเรือน (m^3)



รูปที่ 1 สมดุลความร้อนภายในโรงเรือน

2.9 การหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

1. การคำนวณหาสัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างผนังและหลังคาโรงเรือนกับอากาศภายนอก และระหว่างเพดานด้านบนกับอากาศภายในช่องใต้หลังคา [4]

$$h_o = h_{wo} = h_{co} = 2.8 + 3V \quad (8)$$

เมื่อ

V คือ ความเร็วลมภายนอกโรงเรือน (m/s)

2. การคำนวณหาสัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างผนังและเพดานด้านบนกับอากาศภายในโรงเรือน และระหว่างหลังคาด้านในกับอากาศภายในช่องใต้หลังคา [5,6]

$$h_{wi} = h_{ci} = h_n = Nu \left(\frac{k}{L} \right) \quad (9)$$

- กรณีผนังแนวตั้ง (vertical flat plate)

$$Nu_L = \left[0.825 + \frac{0.387 Ra_L^{1/4}}{\left[1 + (0.492 / Pr)^{9/16} \right]^{4/5}} \right]^2 \quad (10)$$

สำหรับ $10^{-1} < Ra_L < 10^{12}$

$$Gr_L = \frac{g\beta(T_w - T_a)L^3}{\nu^2} \quad (11)$$

เมื่อ

Nu_L คือ นัสเซลท์นัมเบอร์ (Nusselt number)

Ra_L คือ ราเลย์นัมเบอร์ (Rayleigh number)

Pr คือ แพรนด์เติลนัมเบอร์ (Prandtl number)

Gr_L คือ กราซฮอฟนัมเบอร์ (Grashof number)

L คือ ความสูงของผนัง (m)

k คือ ค่าการนำความร้อนของอากาศ (W/m K)

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก $= 9.81 \text{ m/s}^2$

ν คือ ความหนืดจลน์ (m^2/s)

β คือ สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเชิงปริมาตร (K^{-1})

- กรณีผนังเอียง (inclined surface) ทำมุม θ กับแนวระนาบซึ่งใช้ในกรณีหลังคา จะใช้สมการในการคำนวณเหมือนกับกรณีผนังแนวตั้ง ต่างกันตรงที่สมการ (11) จะเปลี่ยนเป็น

$$Gr_L = \frac{g\beta \cos \theta (T_r - T_a)L^3}{\nu^2} \quad (12)$$

เมื่อ

θ คือ มุมที่ทำกับแนวระนาบหรือมุมเอียงของหลังคา

$$0 \leq \theta \leq 60 \text{ (องศา)}$$

- กรณีผนังในแนวราบ (horizontal surface) ใช้ในกรณีเพดานด้านบน

$$\overline{Nu}_L = C(Gr_L Pr)^n \quad (13)$$

เมื่อ

C คือ ค่าคงที่ $= 0.58$ [8]

n คือ ค่าคงที่ $= 1/5$ [8]

3. การคำนวณหาสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนของผนังและหลังคาด้านนอก

$$h_{w,r} = \sigma \epsilon_{w,r} (T_{w,r} + T_{so}) (T_{w,r}^2 + T_{so}^2) \quad (14)$$

เมื่อ

σ คือ Stefan - Boltzmann constant $= 5.669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$

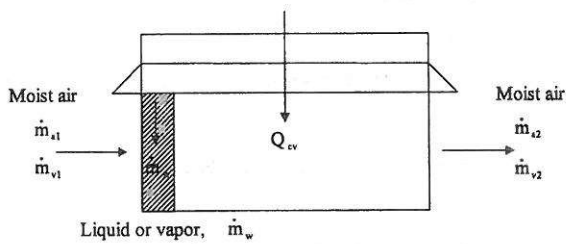
$\epsilon_{w,r}$ คือ ค่าการแผ่รังสี (emissivity) ของผนังและหลังคา

$T_{w,r}$ คือ อุณหภูมิผนังและหลังคา (K)

2.10 สมดุลความร้อนภายในโรงเรือน [7,8]

ความร้อนภายในโรงเรือนประกอบไปด้วยไอน้ำจากภายนอกไอน้ำที่ระเหยจากระบบสเปรย์น้ำ (ไอน้ำที่เกิดจากการหายใจของไก่มีค่า

น้อยมาก) สมการแสดงความชื้นของอากาศภายในโรงเรือนสามารถเขียนได้ดังนี้



รูปที่ 2 สมดุลความชื้นภายในโรงเรือน

ที่สถานะสม่ำเสมอปริมาณของอากาศแห้ง และไอน้ำที่อยู่ในโรงเรือนจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

$$\text{อากาศแห้ง} \quad \dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} \quad (15)$$

$$\text{ไอน้ำ} \quad \dot{m}_{v1} + \dot{m}_w = \dot{m}_{v2} \quad (16)$$

เมื่อ อัตราการไหลโดยมวลของอากาศแห้งที่ อัตราการไหลโดยมวลของไอน้ำสามารถเขียนให้อยู่ในเทอมของอัตราส่วนความชื้น คือ

$$\dot{m}_w = \dot{m}_a (\omega_2 - \omega_1) \quad (17)$$

อัตราส่วนความชื้นในโรงเรือน

$$\omega_1 = \frac{0.622 P_v}{P - P_v} \quad (18)$$

อากาศที่ออกจากระบบทำความเย็นแบบระเหย

$$\omega_{\text{evap}} = \frac{h - 1.006 T_{db,o}}{2501 + 1.775 T_{db,o}}$$

อัตราส่วนความชื้นภายในโรงเรือนหาได้จาก

$$\omega_a = \frac{\omega_i + \omega_{\text{evap}}}{2} \quad (20)$$

ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนหาได้จาก

$$RH_a = \frac{\omega_a P}{(0.622 + \omega_a) P_g} \quad (21)$$

เมื่อ

$\dot{m}_a$ คือ อัตราการไหลโดยมวลของอากาศแห้ง (kg/s)

$\dot{m}_v$ คือ อัตราการไหลโดยมวลของอากาศชื้น (kg/s)

$\dot{m}_w$ คือ อัตราการไหลโดยมวลของไอน้ำจากระบบสปเรย์น้ำ (kg/s)

ω_1 คือ อัตราส่วนความชื้นของอากาศแวดล้อม
(kg water vapor/kg dry air)

$\omega_{2,a}$ คือ อัตราส่วนความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน
(kg water vapor/kg dry air)

ω_i คือ อัตราส่วนความชื้นของอากาศภายในโรงเรือนเมื่อยังไม่คิดผลจากระบบทำความเย็นแบบระเหย (kg water vapor/kg dry air)

ω_{evap} คือ อัตราส่วนความชื้นของอากาศที่ออกจากระบบทำความเย็นแบบระเหย (kg water vapor/kg dry air)

P_v คือ ความดันไอน้ำ (kPa)

P_g คือ ความดันไอน้ำอิ่มตัว (kPa)

P คือ ความดันของอากาศชื้น (kPa)

h คือ เอนทัลปีของอากาศชื้นที่ออกจากระบบทำความเย็นแบบระเหย (kJ/kg)

T_{evap} คือ อุณหภูมิของอากาศเมื่อออกจากระบบทำความเย็นแบบระเหย (°C)

RH_a คือ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงเรือน (เศษส่วน)

3.11 ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหย [9, 10]

ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหย โดยทั่วไปจะแสดงอยู่ในรูปของประสิทธิภาพอิ่มตัว (Saturating Efficiency) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างอุณหภูมิของระบบที่ลดได้จริงต่ออุณหภูมิที่ลดได้สูงสุดตามทฤษฎี เขียนได้ดังนี้

$$E_s = \frac{T_{db,i} - T_{db,o}}{T_{db,i} - T_{wb,i}} \quad (22)$$

เมื่อ

(19)

E_s คือ ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็น

$T_{db,i}$ คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศก่อนผ่านระบบสปเรย์น้ำ (°C)

$T_{db,o}$ คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศหลังผ่านระบบสปเรย์น้ำ (°C)

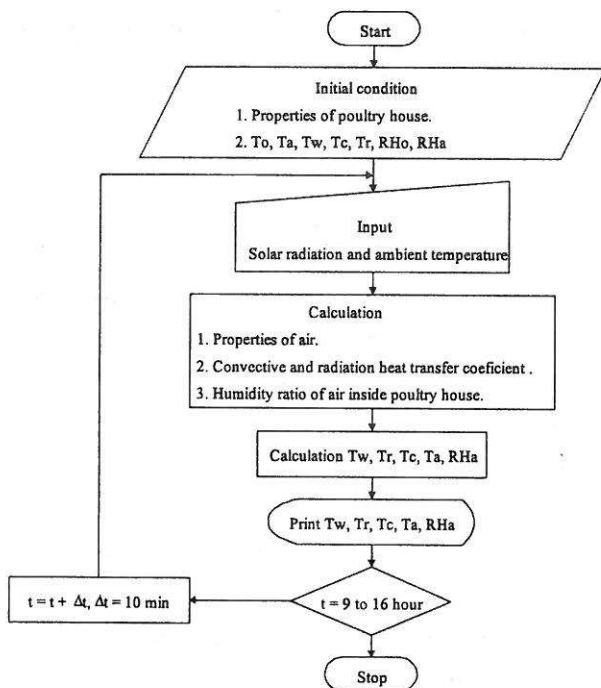
$T_{wb,i}$ คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศก่อนผ่านระบบสปเรย์น้ำ (°C)

3. ขั้นตอนการคำนวณ

3.1 คำนวณค่ารังสีดวงอาทิตย์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ [11]

โดยกำหนดวันและเดือนให้ตรงกับช่วงที่ทำการทดลอง

3.2 คำนวณหาอุณหภูมิอากาศแวดล้อม จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดวันเดือนให้ตรงกับช่วงที่ทำการทดลอง



3.3 คำนวณหาอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

3.3.1 กำหนดสมบัติต่าง ๆ ของโรงเรือน

3.3.2 ป้อนค่ารังสีดวงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมทุก ๆ ครั้งชั่วโมง

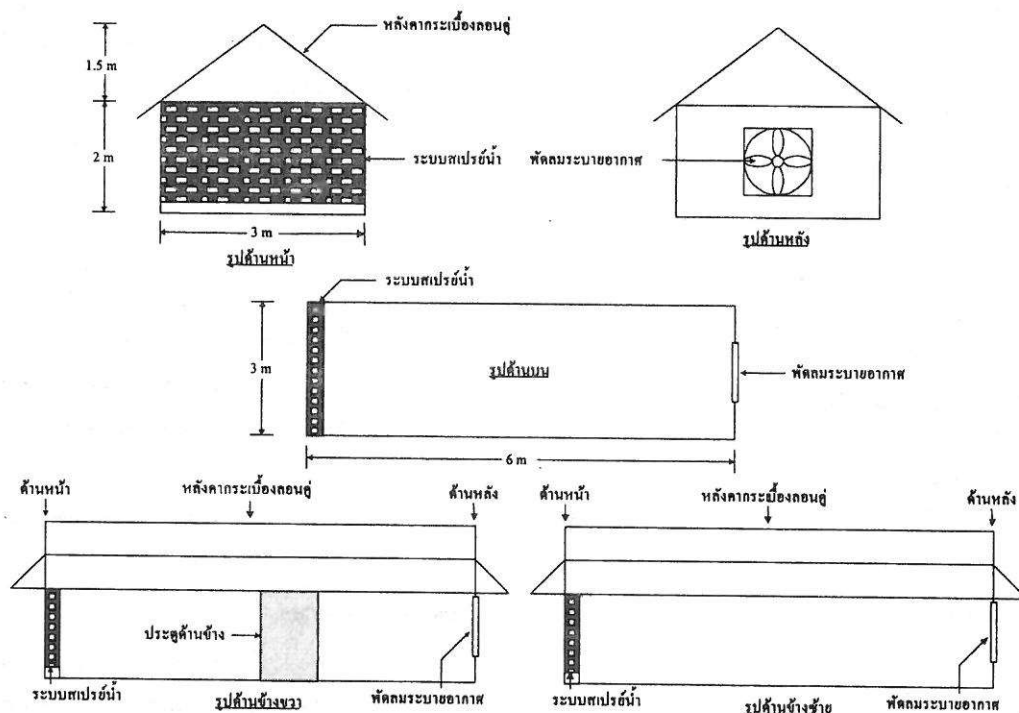
3.3.3 กำหนดค่าเริ่มต้นในการคำนวณ T_o , T_a , T_w , T_c , T_r , RH_o และ RH_a

3.3.4 คำนวณหาอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนทุก ๆ 10 นาที แล้วนำมาเฉลี่ยต่อครึ่งชั่วโมงตลอดช่วงเวลา 9.00 - 16.00 น.

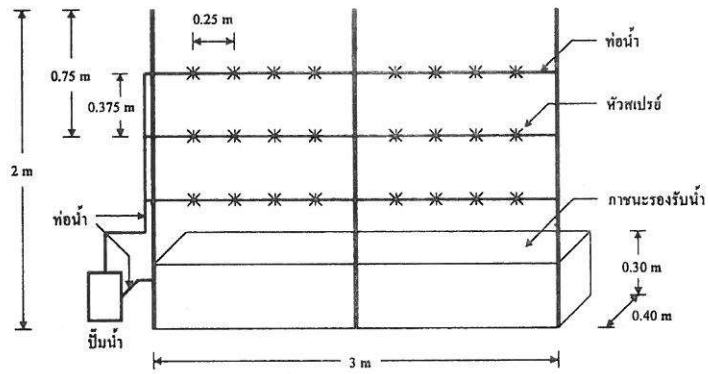
4. วิธีการทดลอง

ในงานวิจัยนี้จะสร้างโรงเรือนขนาดความกว้าง 3 เมตร ยาว 6 เมตร สูง 3.5 เมตร ผนังและเพดานคลุมด้วยพลาสติกพีวีซี หลังคารูปหน้าจั่วเป็นกระเบื้องลอนคู่มีมุมเอียง 30 องศา ติดตั้งระบบทำความเย็นแบบระเหยไว้ที่ผนังทางด้านทิศใต้แบบสเปรย์น้ำ โดยใช้หัวสเปรย์แบบพลาสติกซึ่งอาศัยแรงดันจากระบบน้ำประปา ร่วมกับตาข่ายในลอนช่วยในการดักจับละอองน้ำ และจะติดตั้งพัดลมดูดอากาศไว้ที่ผนังทางด้านทิศเหนือ ดังรูปที่ 4,5 และ 6

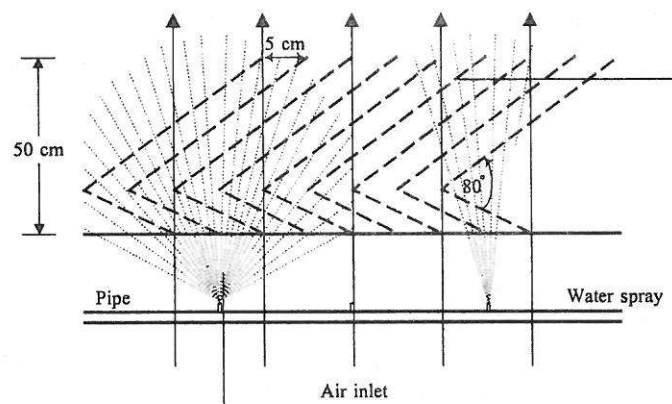
รูปที่ 3 ขั้นตอนการคำนวณอุณหภูมิและความชื้นอากาศ ภายในโรงเรือน



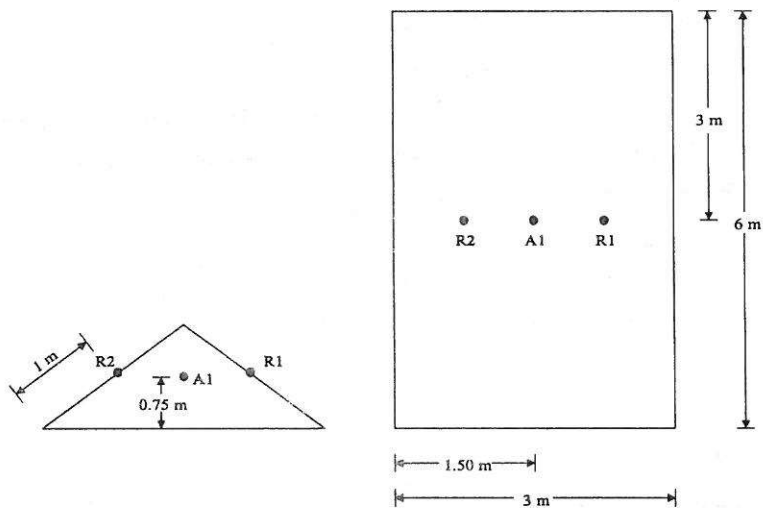
รูปที่ 4 ลักษณะโครงสร้างของโรงเรือนที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ 5 ลักษณะของระบบสเปรย์น้ำ



รูปที่ 6 ลักษณะในแนวตั้งของแสงตาข่ายที่ใช้ดักจับละอองน้ำ



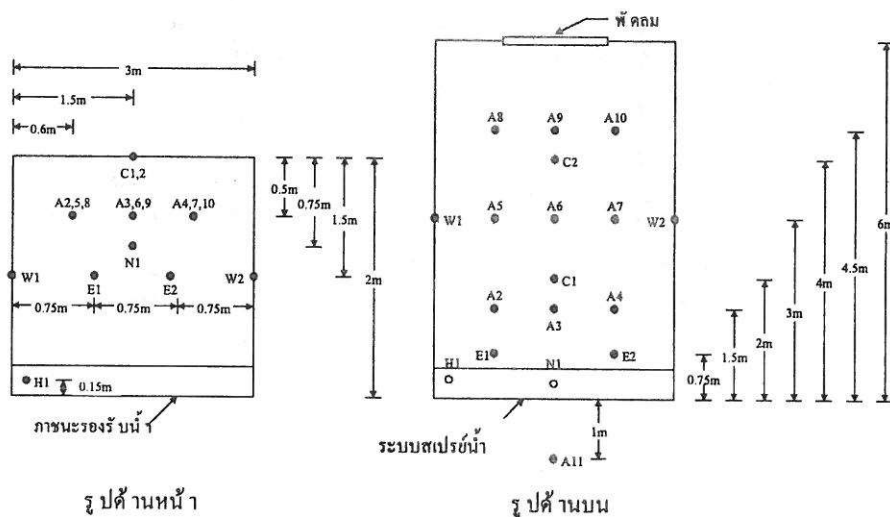
รูปด้านหน้า

รูปด้านบน

A = อุณหภูมิอากาศ

R = อุณหภูมิหลังคา

รูปที่ 7 ตำแหน่งของเทอร์โมคัปเปิลที่ช่องหลังคา



A = อุณหภูมิอากาศ

C = อุณหภูมิเพดาน

E = อุณหภูมิอากาศหลังผ่านระบบสเปรย์น้ำ

H = อุณหภูมิน้ำ

N = อุณหภูมิระบบสเปรย์น้ำ

W = อุณหภูมิผนัง

รูปที่ 8 ตำแหน่งของเทอร์โมคัปเปิลภายในโรงเรียน

ทำการวัดอุณหภูมิของ ผนัง เพดาน หลังคา อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในโรงเรียนและอากาศแวดล้อม วัดความชื้นของอากาศภายในและภายนอกโรงเรียน วัดความเร็วลมของอากาศที่ทางเข้าโรงเรียน และค่ารังสีอาทิตย์ บันทึกค่าทั้งหมดทุกๆ ครึ่งชั่วโมง โดยทำการวัดตั้งแต่เวลา 9.00-16.00 น. ตามรูปที่ 7 และ 8

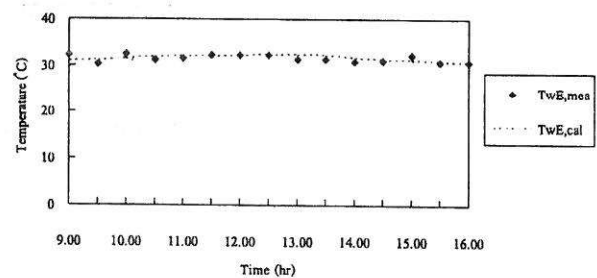
นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จนกระทั่งได้แบบจำลองที่ได้ให้ผลการคำนวณใกล้เคียงกับผลการทดลอง หลังจากนั้นนำแบบจำลองที่ได้ ไปศึกษาถึงผลกระทบของพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีต่ออุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรียน ดังนี้ ผลกระทบต่ออุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรียน เมื่อระบบทำความเย็นแบบระเหยมีประสิทธิภาพพร้อมตัวที่ต่างกัน ผลกระทบเมื่อขนาดของโรงเรียนเปลี่ยนไป ผลกระทบเมื่อมีการระบายอากาศ ผลกระทบเมื่ออุณหภูมิ ความชื้นอากาศแวดล้อมเปลี่ยนแปลง

5. ผลการทดลองและวิจารณ์

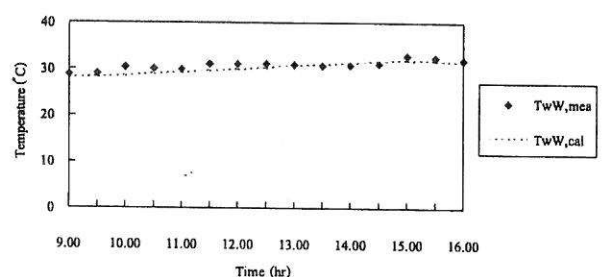
5.1 เปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการคำนวณจาก

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

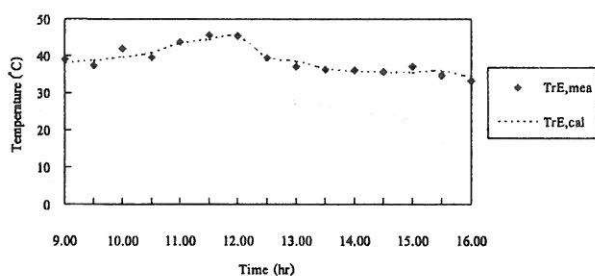
ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ได้จากการทดลองในวันนั้นๆ โดยเริ่มจากการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ผนังโรงเรียน อุณหภูมิหลังคา อุณหภูมิเพดาน รวมทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรียน ดังรูปที่ 9, 10, 11, 12, 13, 14 และ 15



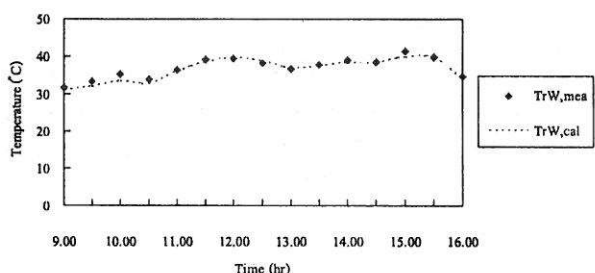
รูปที่ 9 เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิที่ผนังโรงเรียนด้านทิศตะวันออกที่ได้จากการวัดและคำนวณ



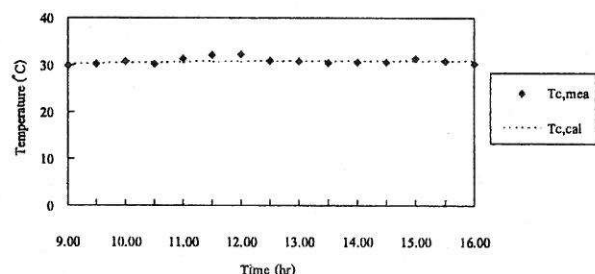
รูปที่ 10 เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิที่ผนังโรงเรียนด้านทิศตะวันตกที่ได้จากการวัดและคำนวณ



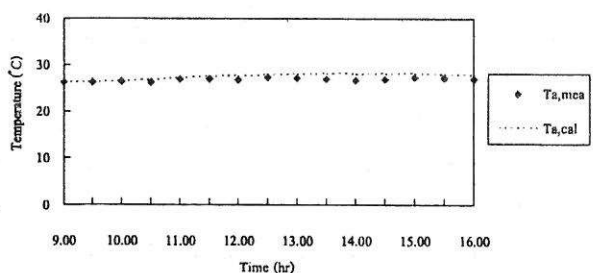
รูปที่ 11 เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิที่หลังคาโรงเรียนด้านทิศตะวันออกที่ได้จากการวัดและคำนวณ



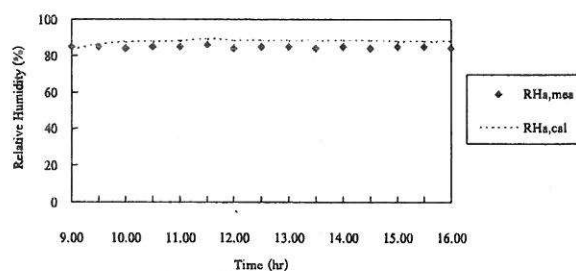
รูปที่ 12 เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิที่หลังคาโรงเรียนด้านทิศตะวันตกที่ได้จากการวัดและคำนวณ



รูปที่ 13 เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิที่เพดานที่ได้จากการวัดและคำนวณ



รูปที่ 14 เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในโรงเรียนที่ได้จากการวัด 9 จุดที่ระดับความสูงเท่ากับระดับตัวไก่ในกบดและคำนวณ

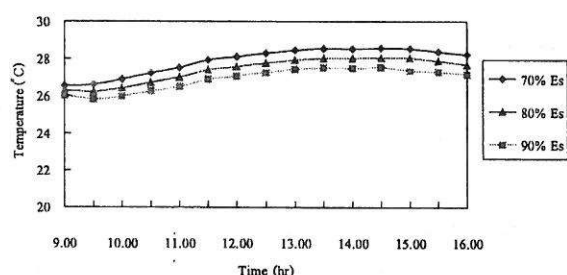


รูปที่ 15 เปรียบเทียบผลของความชื้นภายในโรงเรียนที่ได้จากการวัดและคำนวณ

จากรูปที่ 9, 10, 11, 12 และ 13 พบว่า อุณหภูมิที่ได้จากการวัดใกล้เคียงกับการคำนวณ ส่วนรูปที่ 14 อุณหภูมิภายในโรงเรียนที่ได้จากการคำนวณมีความแตกต่างไม่เกิน 1.4°C และรูปที่ 15 ความชื้นภายในโรงเรียนแตกต่างกันไม่เกิน 4 %

จากการเปรียบเทียบกราฟรูปที่ 9 – 15 พบว่า ผลที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวัด สามารถนำแบบจำลองนี้ไปใช้ในการศึกษาอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรียน เพื่อหาผลกระทบของพารามิเตอร์ต่างๆ และช่วยร่นระยะเวลาในการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมได้รวดเร็วและสะดวก รวมทั้งยังประหยัดเงินในการศึกษาที่สภาวะโรงเรียนขนาดต่างๆ ดังนั้นจึงนำแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ได้ไปศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรียนจากพารามิเตอร์ต่างๆ ได้ ดังนี้

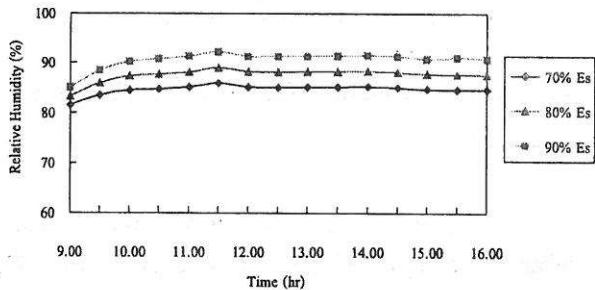
5.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการทำความเย็นของระบบทำความเย็นแบบระเหย



รูปที่ 16 อุณหภูมิภายในโรงเรียนเมื่อทำความเย็นแบบระเหย (E_r) เป็น 70 80 และ 90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากรูปที่ 16 พบว่าอุณหภูมิภายในโรงเรียนจะสูงขึ้นเมื่อประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหยต่ำลง และอุณหภูมิจะลดลงเมื่อประสิทธิภาพสูงขึ้น จากการศึกษาพบว่าที่ประสิทธิภาพของระบบ 90 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถลดอุณหภูมิได้ต่ำสุด คือ 25.8°C และจะมีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 27.5°C ฉะนั้นในการติด

ตั้งระบบทำความเย็นแบบระเหยสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่เนื้อควรเลือกระบบที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่ต่ำ อยู่ในช่วง 20-27 °C ไก่จะระบายความร้อนออกจากผิวหนัง ดังนั้นถึงแม้ความชื้นสัมพัทธ์จะสูงแต่ไม่มีผลต่อการระบายความร้อนออกจากตัวไก่



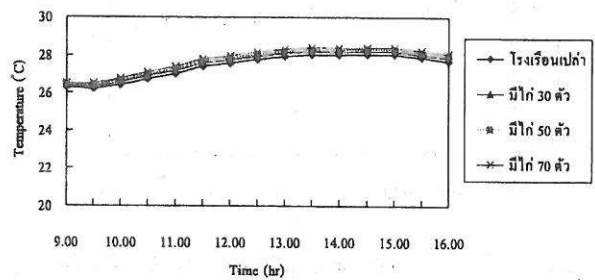
รูปที่ 17 ความชื้นภายในโรงเรือนเมื่อทำความเย็นแบบระเหย (E) เป็น 70 80 และ 90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากรูปที่ 17 จะเห็นว่า เมื่อประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหยลดลง ความชื้นภายในโรงเรือนจะลดลง และเมื่อประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้นความชื้นก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า เมื่อระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้นจะทำให้ให้น้ำในระบบสามารถระเหยได้ดีขึ้น น้ำที่ระเหยจะกลายเป็นไอน้ำในอากาศ จึงทำให้อากาศที่ออกจากระบบมีความชื้นเพิ่มสูงขึ้น โดยปกติไก่จะระบายความร้อนได้ 2 ทาง คือการระบายความร้อนทางผิวหนังและการระบายความร้อนโดยการคายความชื้นออกจากปอดและถุงลมผ่านทางปาก ดังนั้นถึงแม้ความชื้นในโรงเรือนสูงแต่ถ้าอุณหภูมิต่ำ ไก่จะระบายความร้อนออกจากผิวหนังมากกว่าที่จะระบายโดยการหายใจ สำหรับในกรณีที่อุณหภูมิต่ำ ความชื้นสูงจึงไม่มีผลกระทบต่อไก่

ดังนั้นในการเลือกระบบทำความเย็นแบบระเหยสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่จึงควรเลือกระบบที่มีความเหมาะสม โดยพิจารณาทั้งอุณหภูมิและความชื้นที่ได้จากระบบ เพราะวาระบบที่มีประสิทธิภาพสูงอาจไม่ใช่ระบบที่ดีที่สุดเสมอไป

5.3 ผลการศึกษาความหนาแน่นของไก่ภายในโรงเรือน

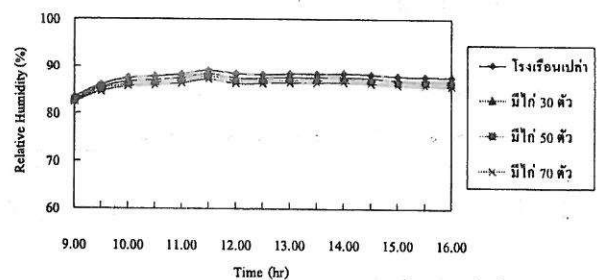
จากรูปที่ 18 เป็นการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ศึกษาผลกระทบความหนาแน่นของไก่ จะเห็นได้ว่าเมื่อภายในโรงเรือนมีไก่จำนวนมากขึ้น อุณหภูมิภายในโรงเรือนก็จะสูงขึ้น จากรูปจะสังเกตเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นแต่ก็น้อยมาก แสดงว่าจำนวนไก่ที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิภายในโรงเรือน เนื่องจากระบบทำความเย็นที่ติดตั้งอยู่ยังสามารถรับภาระความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากตัวไก่ได้ ถึงกระนั้นก็ตามจำนวนไก่ภายในโรงเรือนจะต้องมีความเหมาะสมกับขนาดของพื้นที่ภายในโรงเรือนมิฉะนั้นจะเกิดความแออัดจนเกินไป



รูปที่ 18 อุณหภูมิภายในโรงเรือนเมื่อมีไก่อยู่ 30, 50 และ 70 ตัว ตามลำดับ ประสิทธิภาพการทำความเย็น 80 เปอร์เซ็นต์

และรูปที่ 19 พบว่าเมื่อภายในโรงเรือนมีไก่จำนวนมากขึ้น ความชื้นภายในโรงเรือนจะลดต่ำลงแต่ไม่มากนัก สาเหตุที่ความชื้นลดลงเนื่องจาก อากาศภายในโรงเรือนได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นจากจำนวนไก่ที่มากขึ้น

เนื่องจากอุณหภูมิอากาศจะมีความสัมพันธ์กันโดยตรงกับความชื้นสัมพัทธ์ ดังนั้นถ้าอัตราส่วนความชื้นของอากาศคงที่ จะพบว่าเมื่ออุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้น ความชื้นในอากาศก็จะลดต่ำลง



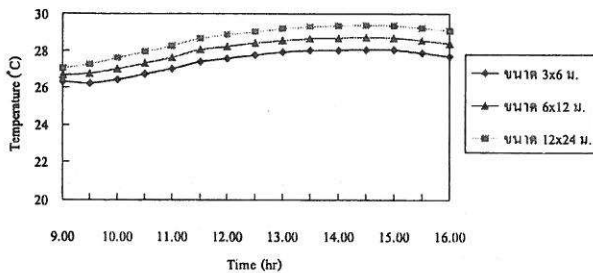
รูปที่ 19 ความชื้นภายในโรงเรือนเมื่อมีไก่อยู่ 30 50 และ 70 ตัว ตามลำดับ ประสิทธิภาพการทำความเย็น 80 เปอร์เซ็นต์

5.4 ผลการศึกษาขนาดของโรงเรือน

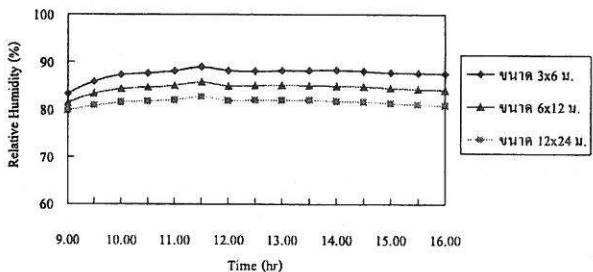
จากรูปที่ 20 และ 21 จะเห็นว่าเมื่อขนาดของโรงเรือนใหญ่ขึ้น อุณหภูมิ และความชื้นภายในโรงเรือนก็จะเปลี่ยนแปลงไป โดยอุณหภูมิจะสูงขึ้นเมื่อโรงเรือนมีขนาดใหญ่ ทั้งนี้เนื่องมาจากมีความร้อนถ่ายเทเข้าสู่โรงเรือนมากขึ้น ในขณะที่ระบบทำความเย็นที่ใช้มีขนาดเท่ากันจึงทำให้ระบบทำความเย็นไม่สามารถที่จะรับภาระความร้อนที่เพิ่มขึ้นได้ ในส่วนของความชื้นนั้นจะตรงกันข้ามกับอุณหภูมิเมื่อโรงเรือนมีขนาดใหญ่ขึ้นความชื้นภายในโรงเรือนก็จะลดต่ำลง สาเหตุเนื่องมาจากปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นภายในโรงเรือนนั่นเอง

ดังนั้นเมื่อมีการขยายขนาดของโรงเรือนจึงจำเป็นต้องพิจารณาถึงขนาดของระบบทำความเย็นที่จะติดตั้งด้วย โดยจะต้องให้มี

ขนาดที่เหมาะสมกับโรงเรียนทั้งนี้เพื่อให้สามารถรับภาระความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากทั้งตัวโรงเรียนและจำนวนของไก่ที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 20 อุณหภูมิภายในโรงเรียนเมื่อโรงเรียนมีขนาดความกว้างและความยาวเป็น 3x6 6x12 และ 12x24 เมตร ตามลำดับ ประสิทธิภาพการทำความเย็น 80 เปอร์เซ็นต์

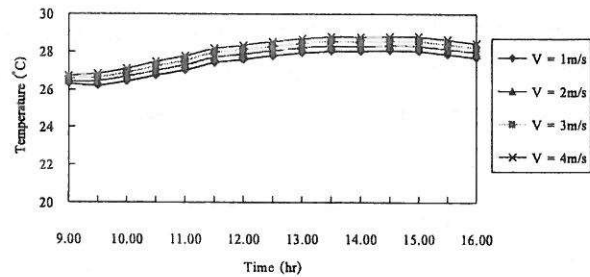


รูปที่ 21 ความชื้นภายในโรงเรียนเมื่อโรงเรียนมีขนาดความกว้างและความยาวเป็น 3x6 6x12 และ 12x24 เมตร ตามลำดับ ประสิทธิภาพการทำความเย็น 80 เปอร์เซ็นต์

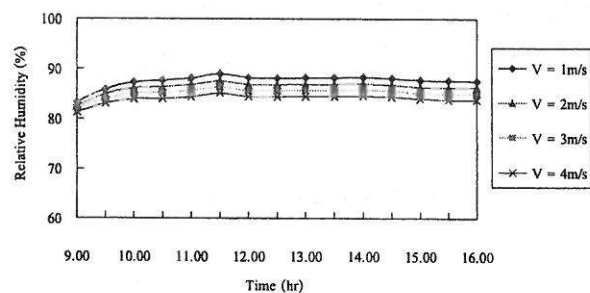
5.5 ผลการศึกษาอัตราการระบายอากาศ

จากรูปที่ 22 และ 23 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรียนจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อความเร็วของอากาศเปลี่ยนไป โดยเมื่อความเร็วลมที่ช่องอากาศเข้า (Air inlet) สูงขึ้นอุณหภูมิก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย ในส่วนของความชื้นจะตรงกันข้ามกันคือ เมื่อความเร็วลมสูงขึ้นความชื้นจะลดลง

สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงนี้เนื่องจากความเร็วลมที่ช่องอากาศเข้าสูงขึ้น กระแสอากาศจะไหลเข้าสู่ระบบทำความเย็นด้วยความเร็วที่สูงขึ้น อากาศจึงมีระยะเวลาในการสัมผัสกับละอองน้ำในระบบทำความเย็นได้สั้นลงมีผลให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนได้น้อยลง อากาศที่ออกจากระบบทำความเย็นจึงมีอุณหภูมิสูงกว่าที่ความเร็วมต่ำ เมื่อต้องไปปรับภาระความร้อนภายในโรงเรียนที่เท่ากันทำให้ไม่สามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรียนได้ตามที่ต้องการ ในส่วนของความชื้นที่ลดลงนั้นเนื่องมาจากเมื่อระยะเวลาในการแลกเปลี่ยนความร้อนสั้นลงแสดงว่าเกิดการระเหยของน้ำที่ลดลง จึงทำให้มีไอน้ำในอากาศลดลงไปด้วย ความชื้นของอากาศจึงต่ำกว่าที่ความเร็วมสูง



รูปที่ 22 อุณหภูมิภายในโรงเรียนเมื่อความเร็วลมของอากาศที่เข้าโรงเรียนเป็น 1, 2, 3 และ 4 เมตร/วินาที ตามลำดับ



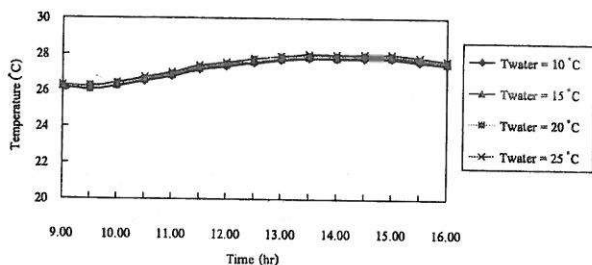
รูปที่ 23 ความชื้นภายในโรงเรียนเมื่อความเร็วลมของอากาศที่เข้าโรงเรียนเป็น 1, 2, 3 และ 4 เมตร/วินาที ตามลำดับ

การระบายอากาศสำหรับโรงเรียนเป็นอีกเรื่องที่ควรพิจารณา จำนวนของพัดลม และขนาดช่องอากาศเข้า ของระบบทำความเย็นแบบระเหยจะต้องมีความเหมาะสมกัน เนื่องจากมีความสัมพันธ์กันโดยตรง เพราะไม่จำเป็นเสมอไป ว่าความเร็วลมที่ต่ำๆ จะเป็นความเร็วที่เหมาะสมเสมอไป บางโรงเรียนที่มีช่องอากาศเข้าขนาดเล็กเกินไป จะทำให้พัดลมทำงานหนักและประสิทธิภาพตกลง และถ้าช่องอากาศเข้ามีขนาดใหญ่เกินไป จะทำให้ความเร็วลมในโรงเรียนลดลง ความดันของอากาศลดลง การกระจายของอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air) ไม่ดี และยังทำให้ประสิทธิภาพพัดลมลดลงเช่นกัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วความเร็วลมที่ผ่านช่องอากาศเข้าจะเปลี่ยนไปตามชนิดของระบบทำความเย็นที่ใช้

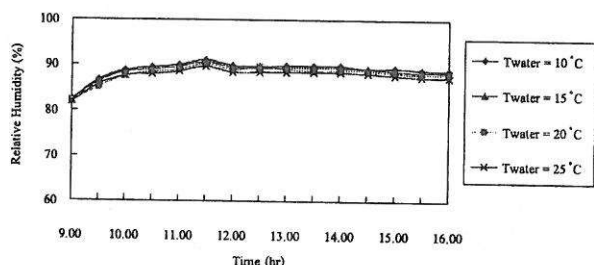
5.6 ผลการศึกษาอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในระบบทำความเย็นแบบระเหย

จากรูปที่ 24 และ 25 จะพบว่า เมื่ออุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในระบบทำความเย็นแบบระเหยเปลี่ยนแปลงไป อุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรียนก็จะเปลี่ยนไปเช่นกัน จะเห็นได้ว่า เมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น อุณหภูมิภายในโรงเรียนก็จะสูงขึ้นในขณะที่ความชื้นลดลง สาเหตุเนื่องมาจากอุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนไปส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหย ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิ และความชื้นที่ออกจาก

ระบบเปลี่ยนแปลงไป โดยเมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นประสิทธิภาพของระบบจะลดลง เนื่องจากน้ำที่มีอุณหภูมิสูงจะมีความร้อนสัมผัสส่วนหนึ่งไปเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศทำให้อากาศที่ออกจากระบบมีอุณหภูมิสูงขึ้นแม้ว่าจะสามารถระเหยน้ำได้มากขึ้นก็ตาม ดังนั้นเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของระบบ (สมการที่ 22) จะพบว่าระบบมีประสิทธิภาพต่ำลง



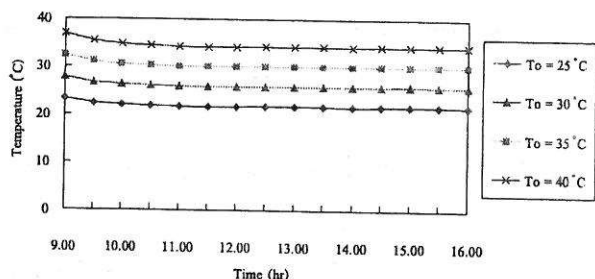
รูปที่ 24 อุณหภูมิภายในโรงเรือนเมื่ออุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในระบบทำความเย็นเป็น 10,15,20 และ 25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ



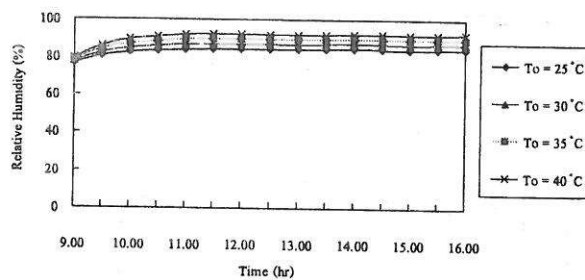
รูปที่ 25 ความชื้นภายในโรงเรือนเมื่ออุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในระบบทำความเย็นเป็น 10,15,20 และ 25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

5.7 ผลการศึกษาอุณหภูมิและความชื้นอากาศแวดล้อม

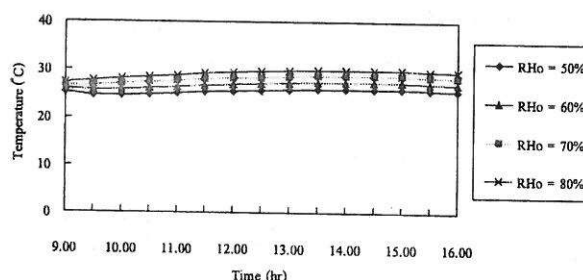
จากรูปที่ 26, 27, 28 และ 29 พบว่าอุณหภูมิและความชื้นอากาศแวดล้อมมีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนมาก ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นอากาศแวดล้อม มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหย



รูปที่ 26 อุณหภูมิภายในโรงเรือนเมื่ออุณหภูมิอากาศแวดล้อมเป็น 25, 30,35 และ 40 องศาเซลเซียส $T_{water} = 25$ องศาเซลเซียส

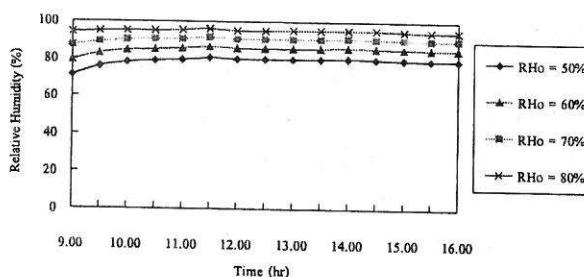


รูปที่ 27 ความชื้นภายในโรงเรือนเมื่ออุณหภูมิอากาศแวดล้อมเป็น 25,30,35 และ 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ $T_{water} = 25$ องศาเซลเซียส



รูปที่ 28 อุณหภูมิภายในโรงเรือนเมื่อความชื้นอากาศแวดล้อมเป็น 50, 60,70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ $T_{water} = 25$ องศาเซลเซียส

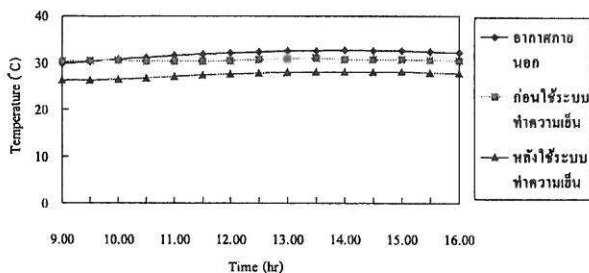
จะเห็นได้ว่า เมื่ออากาศแวดล้อมมีอุณหภูมิสูง อุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย (ดูรูปที่ 26 และ 27) ทั้งนี้เนื่องมาจากระบบทำความเย็นแบบระเหยมีขีดจำกัดในการลดอุณหภูมิจึงทำให้ไม่สามารถปรับอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงไก่ได้ ในส่วนของความชื้นที่เพิ่มขึ้นสามารถอธิบายได้ว่าเมื่ออากาศแวดล้อมมีอุณหภูมิสูง อากาศจะมีความร้อนสัมผัสเพิ่มขึ้น น้ำในระบบทำความเย็นที่สัมผัสกับอากาศระเหยได้มากขึ้น มีผลทำให้ความชื้นในอากาศเพิ่มขึ้น



รูปที่ 29 ความชื้นภายในโรงเรือนเมื่อความชื้นอากาศแวดล้อมเป็น 50, 60,70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ $T_{water} = 25$ องศาเซลเซียส

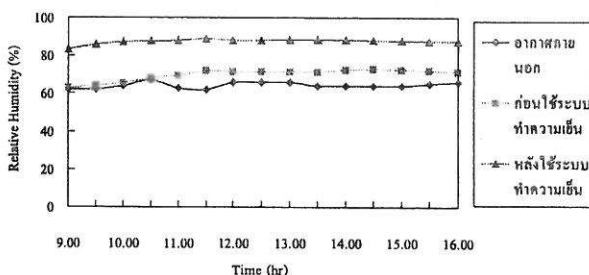
จากรูปที่ 28 และ 29 จะเห็นได้ว่า ความชื้นอากาศแวดล้อมที่สูง ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน เพราะความชื้นในอากาศส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหยเช่นกัน อากาศที่มีความชื้น 80 เปอร์เซ็นต์ จะมีความสามารถในการเก็บสะสมไอน้ำและความร้อนแฝงได้น้อยกว่าอากาศที่มีความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้กระบวนการเปลี่ยนความร้อนสัมผัสไปเป็นความร้อนแฝงเกิดขึ้นลดลง เมื่ออากาศนี้ผ่านเข้าระบบทำความเย็นแบบระเหย

5.8 อุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนก่อนและหลังมีการใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหย



รูปที่ 30 อุณหภูมิภายในโรงเรือนก่อนและหลังการใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหย

จากรูปที่ 30 จะเห็นได้ว่า เมื่อมีการใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหยแล้วจะสามารถช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนลงได้เป็นอย่างมาก โดยที่เวลา 14.00 น. อุณหภูมิอากาศแวดล้อมที่ 32.6 องศาเซลเซียส ก่อนใช้ระบบทำความเย็นอุณหภูมิภายในโรงเรือนเป็น 30.6 องศาเซลเซียส แต่เมื่อมีการใช้ระบบทำความเย็นแล้วอุณหภูมิจะลดลงเป็น 28.0 องศาเซลเซียส ซึ่งลดลงจากอุณหภูมิอากาศแวดล้อม 4.6 องศาเซลเซียส แต่ถึงแม้ว่าอุณหภูมิจะลดลง ความชื้นภายในโรงเรือนกลับสูงขึ้นมาก



รูปที่ 31 ความชื้นภายในโรงเรือนก่อนและหลังการใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหย

และรูปที่ 31 แสดงให้เห็นถึงความชื้นภายในโรงเรือนที่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหย โดยที่เวลา 11.30 น. ความชื้นของอากาศภายนอกโรงเรือนอยู่ที่ 62 เปอร์เซ็นต์ ก่อนมีการใช้ระบบทำความเย็น ความชื้นภายในโรงเรือนอยู่ที่ 72 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อมีการใช้ระบบ

ทำความเย็นความชื้นจะเพิ่มขึ้นเป็น 89 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเพิ่มขึ้นจากอากาศภายนอกถึง 27 เปอร์เซ็นต์

6. สรุป

จากการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปสาระที่สำคัญได้ดังนี้

1. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีความถูกต้องสูง
2. สามารถนำแบบจำลองมาใช้ในการศึกษาหาเงื่อนไขของโรงเรือนที่เหมาะสม ซึ่งช่วยในการประหยัดพลังงานและเวลาในการศึกษา

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนใคร่ขอขอบคุณ ส่วนอนุรักษ์พลังงานและพลังงานหมุนเวียน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Watt, J.R., 1986, *Evaporative Air Conditioning Handbook*, 2nd ed., New York, Chapman & Hall, 455 p.
- [2] Rosario, K.J., 1997, "Cooling Poultry Houses," *Poultry International*, pp. 68-72.
- [3] จักรกริณี เนื่องจางค์, 2539, โรงเรือนไก่, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 1-45.
- [4] Bansal, N.K., Shail and Garg, S.N., 1997, "Calculation of Solar Radiation Intercepted by Nubian Vault and Dome Shaped Buildings," *International Journal of Energy Research*, Vol. 21, pp. 723-736.
- [5] Duffie, J.A. and Beckman, W.A., 1991, *Solar Engineering of Thermal Processes*, New York, John Wiley & Son, pp. 1-181.
- [6] Holman, J.P., 1992, *Heat Transfer*, 7th ed., London, McGraw-Hill, pp. 1-368, 654-665.
- [7] สุนันท์ ศรีษณิตย์, 2538, การถ่ายเทความร้อน, พิมพ์ครั้งที่ 5, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 285 หน้า.
- [8] Moran, M.J. and Shipiro, H.N., 1995, *Fundamentals of Engineering Thermodynamic*, 3rd ed., New York, John Wiley & Son, pp. 557-614.
- [9] สมชาติ โสภณธนฤทธิ์, 2540, การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท, พิมพ์ครั้งที่ 7, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 1-34.
- [10] Jan, F.K. and Ari, R., 1994, *Heating and Cooling of Buildings Design for Efficiency*, Singapore, McGraw-Hill, pp. 501-513.
- [11] American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineerings, 1964, *ASHRAE Guide and Data Book 1964 Applications*, New York, ASHRAE, pp. 953-962.