

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

**การออกแบบและการพัฒนาแผ่นทำความเย็นแบบระเหยต้นแบบ
จากเส้นใยมะพร้าวสำหรับโรงเรือนเกษตรกรรม
(Design and Development of Evaporative Cooling Pad Prototype
from Coconut Fiber for a Agricultural House)**

ศิษย์ภัณฑ์ แคนลา

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ต.ท่าโพธิ์ อ. เมือง จ.พิจิตร 65000
E-mail: Sitphank@nu.ac.th ,โทรศัพท์: 055 964 230-31, โทรสาร: 055 964 000

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาแผ่นทำความเย็นแบบระเหยต้นแบบที่สร้างจากเส้นใยเปลือกมะพร้าวเพื่อนำมาใช้ทดแทนแผ่นทำความเย็นแบบระเหยเซลลูโลสที่นำเข้าจากต่างประเทศสำหรับนำมาใช้ควบคุมสภาวะอากาศในโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ปีก แผ่นทำความเย็นใยมะพร้าวต้นแบบทั้ง 5 รูปแบบ ขนาด 30 × 30 ตารางเซนติเมตรหนา 5 เซนติเมตร และ 10 เซนติเมตร ถูกสร้างขึ้นให้มีความแตกต่างกันในการจัดเรียงตัวของช่องอากาศดังนี้ คือ แบบแผ่นทึบ (ไม่มีช่องอากาศ) แบบช่องตาราง แบบช่องทแยงมุม แบบช่องแนวนอนและแบบช่องแนวตั้งถูกนำมาทดสอบในอุโมงค์ลมขนาด 36.2 x 42.6 x 101 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อทดสอบหาความสามารถในการลดอุณหภูมิของอากาศ การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และประสิทธิภาพพัดของแผ่นใยมะพร้าวต้นแบบพร้อมทั้งเปรียบเทียบกับแผ่นเซลลูโลสที่ขนาดเดียวกัน ผลจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าแผ่นเซลลูโลสให้ค่าต่างๆ สูงที่สุด แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะในกลุ่มของแผ่นใยมะพร้าวที่ใช้ทดสอบพบว่าแบบแผ่นทึบมีค่าประสิทธิภาพพัดสูงที่สุดซึ่งมีค่าต่ำกว่าแผ่นเซลลูโลสเพียง 5-8 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลของความหนาพบว่าแบบแผ่นทึบหนา 10 เซนติเมตร มีค่าประสิทธิภาพพัดสูงกว่าแผ่นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร 12 -18 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเหตุนี้แผ่นใยมะพร้าวแบบแผ่นทึบต้นแบบจึงสามารถนำมาใช้ทดแทนแผ่นเซลลูโลสได้ โดยแผ่นใยมะพร้าวต้นแบบที่สร้างขึ้นนี้มีต้นทุนเพียง 150 บาท / ตารางเมตร ในขณะที่แผ่นเซลลูโลสมีราคาสูงถึง 1,300 – 1,500 บาท/ตารางเมตร

คำหลัก: แผ่นทำความเย็นแบบระเหย; ผิวเปียก; เส้นใยมะพร้าว

Abstract

This research aims to design and develop a prototype evaporative cooling pad by using coconut fiber to replace the imported cellulose ones and to be used in an indoor air-controlled poultry farm houses. Five coconut fiber cooling pads of the size 30×30 cm² and the thicknesses of 5 and 10 cm with different hole arrangements such as solid (no holes), checkered, diagonal, horizontal and vertical are tested in a 36.2 x 42.6 x 101 m³ wind tunnel. Capacities in reducing air temperature, increasing the relative air

humidity and saturation efficiency for each coconut fiber pad are examined and compared with those obtained from the conventional cellulose pad of the same size. The results show that the cellulose pad performs the best. Considering among the tested coconut-fiber pads, the solid pad gives the highest saturation efficiency with 5-8% lower than that of the cellulose one. Furthermore, considering the effect of thickness on the saturation efficiency, the solid configuration of 10 cm thickness shows 12-18% higher than that of the cellulose one of 5 cm thickness. Therefore, the prototype solid coconut fiber pad can be the best representative to replace the conventional pad together with the fact that the price of prototype coconut fiber pad is 150 baht/m² while the cellulose pad costs 1,300 – 1,500 baht/m².

Keywords: Evaporative Cooling Pad ; Wetted Surface; Coconut Fiber

1. บทนำ

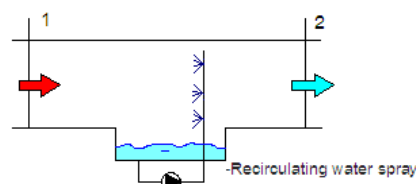
หลายปีที่ผ่านมาปัญหาการแพร่ระบาดของไข้หวัดนก (Bird Flu) ในประเทศไทย ส่งผลทำให้การเลี้ยงสัตว์ปีกของเกษตรกรในพื้นที่เปิดโล่งนั้นเสี่ยงต่อการแพร่ระบาดของเชื้อโรค เกษตรกรหลายคนจึงเปลี่ยนมาเลี้ยงสัตว์ปีกในโรงเรือนปิด ซึ่งการเลี้ยงสัตว์ปีกในโรงเรือนปิดนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องปรับสภาพอากาศภายในโรงเรือนให้เหมาะสมกับสัตว์เพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพคุ้มค่ากับการลงทุน ซึ่งการปรับสภาพอากาศนั้นนิยมใช้ระบบการทำความเย็นแบบระเหยเพราะเป็นระบบไม่ซับซ้อน แต่เนื่องจากระบบดังกล่าวต้องใช้วัสดุผิวเปียกหรือแผ่นทำความเย็นแบบระเหยซึ่งสร้างขึ้นจากแผ่นเซลลูโลสนำเข้าจากต่างประเทศมีราคาสูงกว่า 1,500 บาท / ตารางเมตร และเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายของเกษตรกรในส่วนนี้ของผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำการศึกษาค้นคว้าและพัฒนาแผ่นทำความเย็นแบบระเหยต้นแบบจากเส้นใยของเปลือกมะพร้าวสำหรับโรงเรือนปิดเพื่อนำมาใช้แทนแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งจะมีส่วนช่วยให้ต้นทุนของเกษตรกรลดต่ำลง อีกทั้งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และสามารถนำมาเป็นอาชีพเสริมของเกษตรกรเพื่อเพิ่มรายได้รวมทั้งยังเป็นการส่งเสริมการพึ่งพาตนเองตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวอีกด้วย

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

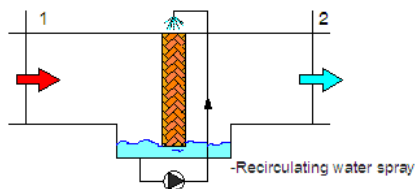
โครงการวิจัยนี้เป็นออกแบบ พัฒนาและศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ รวมถึงประสิทธิภาพอิมิตเตอร์ระหว่างแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสกับแผ่นทำความเย็นใยมะพร้าวต้นแบบที่สร้างขึ้น

2.1 กระบวนการทำความเย็นแบบระเหย

กระบวนการทำความเย็นแบบระเหย คือ กระบวนการทำความเย็นและเพิ่มความชื้นให้แก่อากาศ (Cooling and Humidification Process) โดยการสเปรย์น้ำผ่านกระแสน้ำอากาศ ทำให้น้ำบางส่วนระเหยเข้าผสมกับอากาศมีผลให้อุณหภูมิอากาศลดต่ำลง ความชื้นอากาศเพิ่มสูงขึ้น ส่วนน้ำที่ไม่ระเหยจะถูกนำกลับมาหมุนเวียนในระบบต่อไป ซึ่งกระบวนการทำความเย็นแบบระเหยนี้มีด้วยกันอยู่ 2 ลักษณะ คือ การทำความเย็นแบบระเหยโดยการสเปรย์น้ำผ่านอากาศโดยตรงและการทำความเย็นแบบระเหยโดยการสเปรย์น้ำผ่านผิวเปียกหรือแผ่นทำความเย็นซึ่งสามารถทำให้เกิดการระเหยของน้ำได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ตามลำดับ

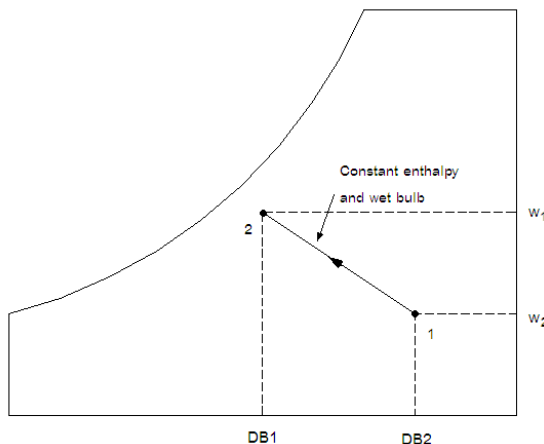


รูปที่ 1 ภาพการสเปรย์น้ำผ่านอากาศโดยตรง



รูปที่ 2 ภาพการสเปรย์น้ำผ่านแผ่นทำความเย็น

ซึ่งกระบวนการทำความเย็นแบบระเหยที่เกิดขึ้นข้างต้นนี้ ค่าเอนทัลปีของอากาศจะมีคงที่ [กระบวนการแบบอะเดียแบติก (Adiabatic Process) คือ ไม่มีการถ่ายเทความร้อนเข้าและออกจากระบบและไม่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานรวมของระบบ] กระบวนการนี้อาจเรียกว่าเป็นกระบวนการอุณหภูมิกะเปาะเปียกคงที่ก็ได้ ดังแสดงในแผนภาพไซโครเมตริกชาร์ต รูปที่ 3



รูปที่ 3 ภาพไซโครเมตริกชาร์ตแสดงกระบวนการทำความเย็นแบบระเหย

2.2 ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหย

ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยนี้โดยทั่วไปจะแสดงอยู่ในรูปประสิทธิภาพอิมตัว (Saturating Efficiency, η) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างอุณหภูมิที่ลดได้จริงของระบบต่ออุณหภูมิที่ลดได้สูงสุดตามทฤษฎี ดังแสดงในสมการที่ 1 โดยอุณหภูมิที่ลดได้จริงของระบบ คือผลต่างระหว่างอุณหภูมิกะเปาะแห้งก่อนผ่าน (T_{db1}) และหลังผ่าน (T_{db2}) ระบบ ส่วนอุณหภูมิที่ลดได้สูงสุดตามทฤษฎี คือผลต่างระหว่างอุณหภูมิกะเปาะแห้งก่อนผ่าน

(T_{db1}) และอุณหภูมิกะเปาะเปียกก่อนผ่าน (T_{wb}) ระบบ

$$\eta = \frac{T_{db1} - T_{db2}}{T_{db1} - T_{wb}} \quad (1)$$

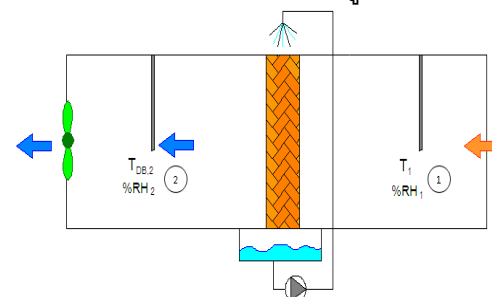
ประสิทธิภาพอิมตัวของระบบการทำความเย็นแบบระเหยจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีค่าลดลง (อุณหภูมิกะเปาะแห้งมีค่าสูงขึ้น) และความสามารถในการลดอุณหภูมิกะเปาะแห้งของอากาศสามารถทำได้ต่ำที่สุดเท่ากับอุณหภูมิกะเปาะเปียกในขณะนั้น

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างอุโมงค์ลมเพื่อใช้ทดสอบ ดังนี้

3.1 การออกแบบและสร้างอุโมงค์ลม

อุโมงค์ลมถูกออกแบบมาให้มีรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด $36.2 \times 42.6 \times 101 \text{ cm}^3$ สร้างขึ้นจากแผ่นอะคริลิกใสหนา 5 mm ตรงกลางอุโมงค์ลมติดตั้งอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนแผ่นทำความเย็นเซลล์ลูโลสกับแผ่นทำความเย็นใยมะพร้าวต้นแบบ พร้อมด้วยระบบหมุนเวียนน้ำ ซึ่งประกอบไปด้วยท่อน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 cm เครื่องสูบน้ำขนาดเล็กอัตราการไหล 600 L/hr เฮด 0.65 m และถาดรองรับน้ำ ปลายด้านหนึ่งของอุโมงค์ลมติดตั้งพัดลมดูดอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 cm อัตราการไหล $0.058 \text{ m}^3/\text{s}$ พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนและหลังผ่านแผ่นทำความเย็นแบบระเหย ดังแสดงในรูปที่ 4-5 ตามลำดับ



รูปที่ 4 ภาพแสดงหลักการทำงานของอุโมงค์ลม



รูปที่ 5 ภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

ในการทดสอบจะควบคุมให้อากาศก่อนเข้า อุปกรณ์มีค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งประมาณ 31 – 32 °C ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 60 – 65 %RH อัตราการไหลของน้ำหมุนเวียนมีค่า 600 L/hr อุณหภูมิน้ำสเปรย์ใส่แผ่นทำความเย็นมีค่า 24 °C อัตราการไหลของอากาศมีค่า 0.058 m³/s

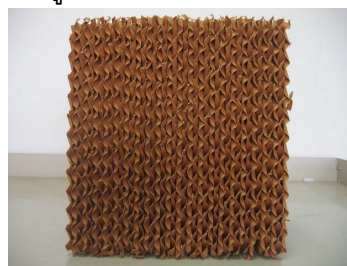
3.2 การออกแบบและสร้างแผ่นทำความเย็น

การทดสอบนี้จะใช้แผ่นทำความเย็นเซลล์ลูโลส และแผ่นทำความเย็นโม่ระพร้าวต้นแบบขนาดพื้นที่หน้าตัด 30 x 30 cm² มีความหนา 2 ขนาด คือ 5 cm และ 10 cm ตามลำดับ (โดยกำหนดให้แผ่นทำความเย็นทั้งแบบแผ่นเซลล์ลูโลสและแผ่นโม่ระพร้าวต้นแบบ ที่มีความหนา 5 cm มีมวลเท่ากัน คือ 0.12 kg ส่วนแผ่นทำความเย็นทั้งแบบแผ่นเซลล์ลูโลสและแผ่นโม่ระพร้าวต้นแบบ ที่มีความหนา 10 cm มีมวลเท่ากัน คือ 0.24 kg ตามลำดับ) และแผ่นทำความเย็นแต่ละแผ่นสามารถยึดเข้ากับอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนแผ่นทำความเย็นตรงกลางอุปกรณ์ได้ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ภาพการติดตั้งแผ่นทำความเย็นเข้ากับอุปกรณ์

แผ่นทำความเย็นโม่ระพร้าวต้นแบบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบนี้จะสร้างขึ้นโดยกำหนดให้มีการจัดเรียงตัวของเส้นโม่ระพร้าวที่แตกต่างกันทั้งสิ้น 5 รูปแบบ คือ แบบแผ่นทึบ แบบช่องทแยงมุม แบบช่องตาราง แบบช่องแนวนอนและแบบช่องแนวตั้งตามลำดับ ซึ่งอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนแผ่นทำความเย็นเซลล์ลูโลสกับแผ่นทำความเย็นโม่ระพร้าวต้นแบบ และแผ่นทำความเย็นทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบนี้สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 7 - 12 ตามลำดับ



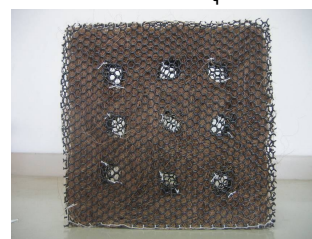
รูปที่ 7 ภาพแผ่นทำความเย็นเซลล์ลูโลส



รูปที่ 8 ภาพแผ่นทำความเย็นโม่ระพร้าวต้นแบบ
(แบบแผ่นทึบ)



รูปที่ 9 ภาพแผ่นทำความเย็นโม่ระพร้าวต้นแบบ
(แบบช่องทแยงมุม)



รูปที่ 10 ภาพแผ่นทำความเย็นโม่ระพร้าวต้นแบบ
(แบบช่องตาราง)



รูปที่ 11 ภาพแผ่นทำความเย็นใยมะพร้าวตันแบบ
(แบบช่องแนวนอน)



รูปที่ 12 ภาพแผ่นทำความเย็นใยมะพร้าวตันแบบ
(แบบช่องแนวตั้ง)

3.3 ขั้นตอนการทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบในโครงการวิจัย มีดังนี้

- 3.3.1 ติดตั้งอุปกรณ์ชุดทดสอบดังรูปที่ 5 พร้อมเติมน้ำในถาดรองน้ำ
- 3.3.2 เปิดเครื่องสูบน้ำและพัดลมดูดอากาศ
- 3.3.3 เปิดเครื่องวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

3.3.4 ควบคุมให้อากาศก่อนเข้าอุโมงค์ลมมีอุณหภูมิกระเปาะแห้งประมาณ $31 - 32^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 60 – 65 %RH

3.3.5 บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศโดยเก็บข้อมูลทุกๆ 1 นาที เป็นเวลา 120 นาที

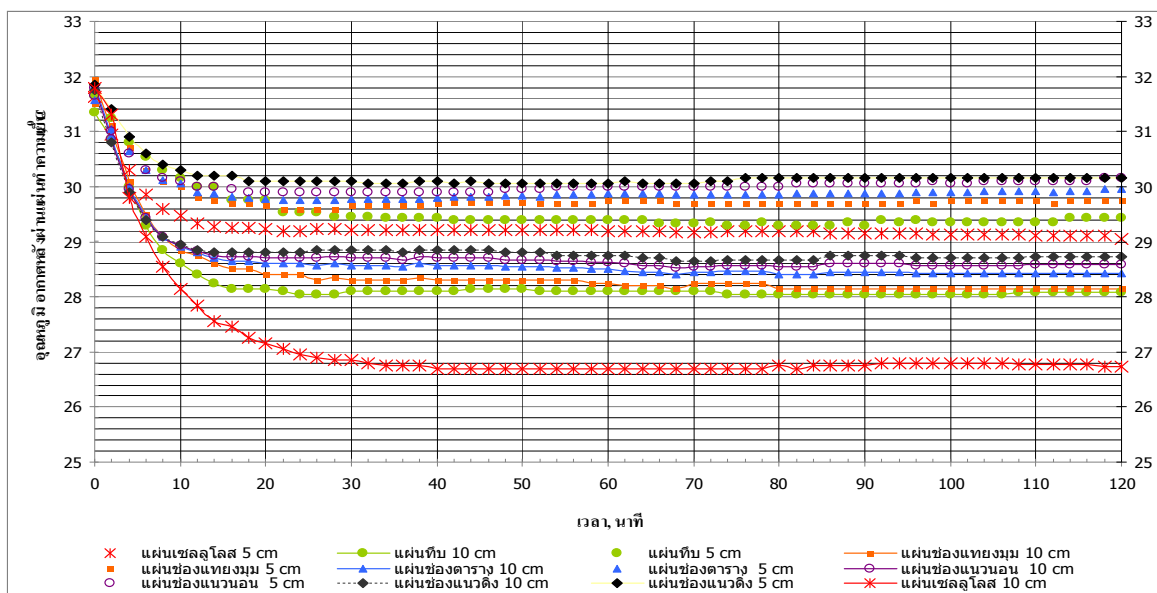
3.3.6 ทำการทดสอบซ้ำในขั้นตอนที่ 3.3.1-3.3.5 แต่ให้เปลี่ยนแผ่นทำความเย็นเป็นแผ่นทำความเย็นแบบอื่นๆ

3.3.7 นำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์ และเปรียบเทียบความสามารถในการลดอุณหภูมิ การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และประสิทธิภาพอ้อมตัวรวมถึงค่าทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสกับแผ่นทำความเย็นใยมะพร้าวตันแบบ

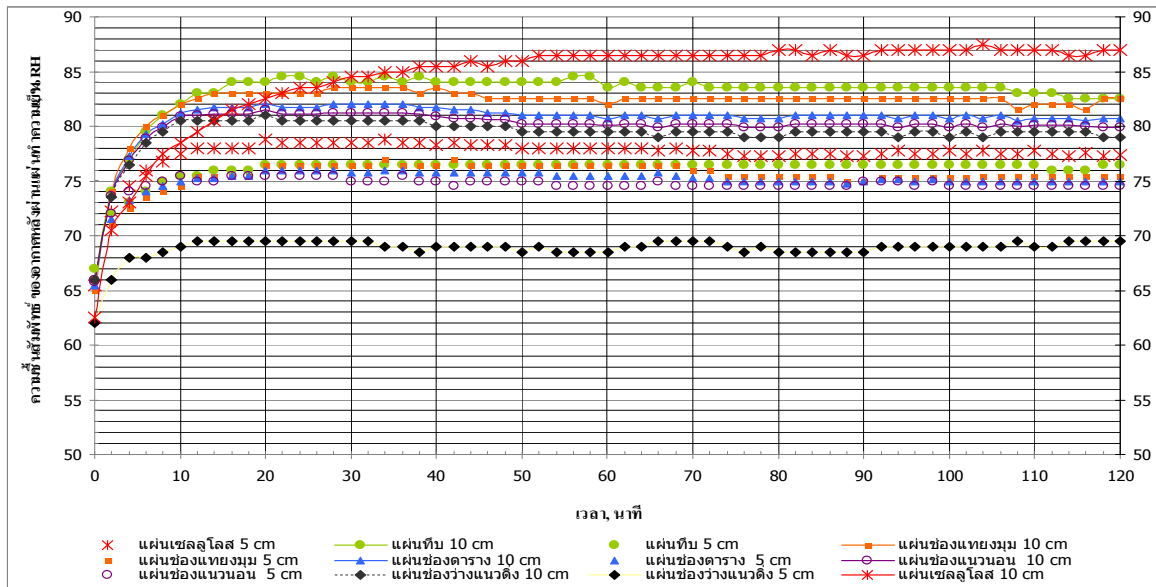
4. ผลการทดสอบและผลการวิเคราะห์

4.1 ผลการทดสอบ

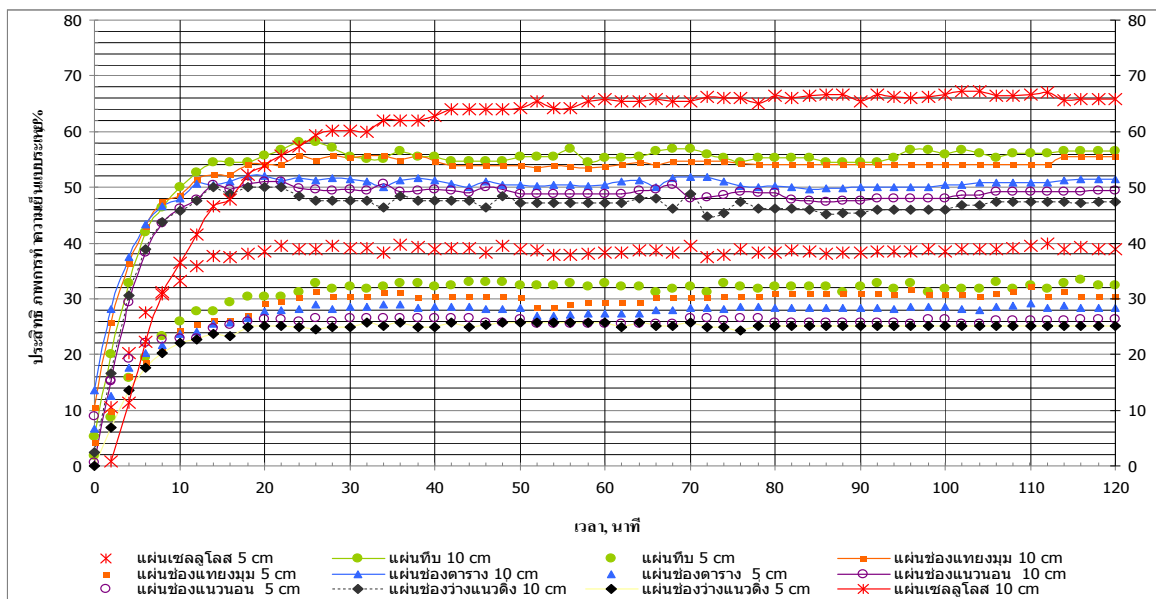
ผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการลดอุณหภูมิ การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และประสิทธิภาพอ้อมตัวระหว่างแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสกับแผ่นทำความเย็นใยมะพร้าวตันแบบที่สร้างขึ้น สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 13 -15 ดังนี้



รูปที่ 13 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นแบบต่างๆ



รูปที่ 14 กราฟแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแห้งหลังผ่านแผ่นทำความเย็นแบบต่างๆ



รูปที่ 15 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพอ้อมตัวของแผ่นทำความเย็นแบบต่างๆ

4.2 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ

ผลจากวิเคราะห์ และเปรียบเทียบระหว่าง แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสกับแผ่นทำความเย็นใยมะพร้าวต้นแบบที่สร้างขึ้น ในรูปที่ 13 - 15 สามารถพิจารณาได้ ดังนี้

4.2.1 ความสามารถในการลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ รวมถึงประสิทธิภาพอ้อมตัวของแผ่นทำความเย็นสามารถแบ่งแยกออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มแผ่นทำความเย็นหนา 5

cm และ 10 cm โดยกลุ่มที่มีความหนา 10 cm สามารถลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ รวมถึงประสิทธิภาพอ้อมตัวสูงกว่ากลุ่มที่มีความหนา 5 cm

4.2.2 เมื่อพิจารณาแผ่นทำความเย็นที่ความหนาเท่ากันทั้งในกลุ่มที่มีความหนา 5 cm และ 10 cm พบว่าแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสสามารถลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศได้รวดเร็วกว่าแผ่นทำความเย็นใยมะพร้าวต้นแบบทุกชนิด

4.2.3 เมื่อพิจารณาแผ่นทำความเย็นที่ความหนาเท่ากันทั้งในกลุ่มที่มีความหนา 5 cm และ 10 cm พบว่าแผ่นทำความเย็นเซลล์โลสสามารถลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ รวมถึงมีค่าประสิทธิภาพอ้อมตัวสูงกว่าแผ่นทำความเย็นใบมะพร้าวแบบทุกชนิด

4.2.4 เมื่อพิจารณาเฉพาะในกลุ่มของแผ่นทำความเย็นใบมะพร้าวต้นแบบพบว่าทั้งความหนา 5 cm และ 10 cm แผ่นทำความเย็นใบมะพร้าวแบบแผ่นทึบสามารถลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ รวมถึงมีค่าประสิทธิภาพอ้อมตัวสูงกว่าแผ่นทำความเย็นใบมะพร้าวแบบอื่นๆ

4.2.5 ความสามารถในการลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ รวมถึงค่าประสิทธิภาพอ้อมตัวของแผ่นทำความเย็นทั้งในกลุ่มที่มีความหนา 5 cm และ 10 cm สามารถเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ คือ 1) แผ่นเซลล์โลส 2) แผ่นใบมะพร้าวแบบแผ่นทึบ 3) แผ่นใบมะพร้าวแบบช่องแตร 4) แผ่นใบมะพร้าวแบบช่องตาราง 5) แผ่นใบมะพร้าวแบบช่องแนวนอน และ 6) แผ่นใบมะพร้าวแบบช่องแนวตั้ง ตามลำดับ

5. บทสรุป

ผลการวิจัยในการออกแบบ และพัฒนาแผ่นทำความเย็นจากเส้นใบมะพร้าวต้นแบบครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า

5.1 ที่ความหนาเดียวกันแผ่นทำความเย็นเซลล์โลสมีความสามารถในการลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ รวมถึงมีค่าประสิทธิภาพอ้อมตัวสูงที่สุด

5.2 ในกลุ่มของแผ่นทำความเย็นใบมะพร้าวพบว่าแบบแผ่นทึบมีความสามารถในการลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ รวมถึงมีค่าประสิทธิภาพอ้อมตัวสูงที่สุด

5.3 ที่ความหนาเดียวกันประสิทธิภาพอ้อมตัวของแผ่นทำความเย็นใบมะพร้าวแบบแผ่นทึบมีค่าน้อยกว่าแผ่นทำความเย็นเซลล์โลสเพียง 5-8 %

5.4 ที่ความหนาต่างกันประสิทธิภาพอ้อมตัวของแผ่นทำความเย็นใบมะพร้าวแบบแผ่นทึบหนา 10 cm มีค่าสูงกว่าแผ่นทำความเย็นเซลล์โลสหนา 5 cm ถึง 12 - 18 % ดังนั้นหากจะนำแผ่นทำความเย็นใบมะพร้าวมาใช้ทดแทนแผ่นทำความเย็นเซลล์โลสจำเป็นต้องใช้แบบทึบและสร้างให้มีความหนามากกว่าแผ่นเซลล์โลสที่ใช้อยู่เดิม

5.5 แผ่นทำความเย็นใบมะพร้าวแบบแผ่นทึบหนา 10 cm ที่สร้างขึ้นนี้มีต้นทุนเพียง 150 บาท / m^2 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าแผ่นทำความเย็นเซลล์โลสอย่างมาก มีผลทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายของระบบการทำความเย็นแบบระเหยของโรงเรือนปิดลงได้มาก

5.6 แผ่นทำความเย็นใบมะพร้าวต้นแบบสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าของเหลือใช้ทางการเกษตรพร้อมทั้งสามารถขยายเป็นอาชีพเสริมของเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจได้อีกด้วย

6. การอภิปราย

สำหรับแนวทางในการวิจัยเพื่อพัฒนาต่อไปในอนาคต และให้ผลลัพธ์มีความเชื่อถือมากยิ่งขึ้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการพิจารณาถึงสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้ คือ

6.1 การควบคุมสภาวะอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นให้มีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุดในการทดลองแต่ละครั้ง และควรเพิ่มสภาวะอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นให้มีค่าสูงขึ้น

6.2 ปรับปรุงอุปกรณ์ทดสอบให้สามารถปรับอัตราการไหลของอากาศและน้ำได้ และมีการศึกษาเรื่องขนาดของช่องอากาศว่ามีผลกับการทำความเย็นอย่างไร

6.3 มีการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ควบคู่กับการทดสอบ

6.4 มีการนำแผ่นทำความเย็นใบมะพร้าวแบบแผ่นทึบไปติดตั้งใช้งานจริงในโรงเรือนปิดเพื่อศึกษาถึงความสามารถในการลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ รวมถึงประสิทธิภาพอ้อมตัว และอายุการใช้งานจริง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่จัดสรรทุนอุดหนุนการวิจัยของ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2552 ให้แก่โครงการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และ เครื่องมือรวมถึงอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการ ดำเนินการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] มานพ แยมแฟง, 2550, ประยุกต์สิ่งทอทำแผ่น ระเหย เป็นอุปกรณ์คุมอุณหภูมิโรงเรือนปิด, ทุน สนับสนุนการวิจัยจากสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่ง ทอ กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร, 95 หน้า

[2] Zahra, G. and Ballinge J.A., 1996, A Passive Cooling System by Natural Ventilation ", Building and Enviroment, Vol. 40, pp. 901-904.

[3] จินตนา อุบลวัฒน์ และคณะ, 2544 , การศึกษา ความเป็นไปได้ในการใช้ผักตบชวาเป็นผิวเปียกใน ระบบการทำความเย็นแบบระเหย, วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 214 หน้า

[4] นิรันดร์ หันไชยงวาท, 2546, การศึกษาความ ความเป็นไปได้และความสิ้นเปลืองพลังงานในการทำความ เย็นแบบระเหยในโรงเรือนเพาะเห็ดหอม, วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 72 หน้า

[5] จุมพล ประสงค์ทรัพย์ และคณะ, 2541, การศึกษา ความเป็นไปได้ในการทำความเย็นในโรงเรือนไม้ดอก โดยใช้เทคนิคการทำความเย็นแบบระเหย วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 85 หน้า

[6] ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา และคณะ, 2550, อุปกรณ์ช่วย ระบายความร้อนบริเวณคอยล์ร้อนของระบบปรับอากาศ , รางวัลรองชนะเลิศอันดับ ที่ 1 ระดับอุดมศึกษา, โครงการ ปตท. ร่วมสานฝันนัก ประดิษฐ์ใช้พลังงานอย่างยั่งยืน

[7] นายชโลธร ธนาวัฒน์ ,นายพิชัย สุดตามัย และ นางสาวธิติมา ชุ่มทวี, 2552, ศึกษาความเป็นไปได้ใน การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาสร้างเป็นแผ่น ทำความเย็นแบบระเหย, วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร

[8] ASHRAE Fundamental. American Society of Heating, refrigerating and Air Conditioning Engineers.2000