

# คุณลักษณะทางสมรรถนะของแผ่นทำความเย็น แบบระเหยต้นแบบใยมะพร้าว Characteristics Performance of Evaporative Cooling Pad Prototype from Coconut Fiber

ผศ. ศิษฐ์ภรณ์ แคนลา  
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยนเรศวร ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000  
ติดต่อ: E-mail : Sitphank@nu.ac.th,  
เบอร์โทรศัพท์ 055964230-31, เบอร์โทรสาร 055964000

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพระหว่างแผ่นทำความเย็นแบบระเหยต้นแบบเส้นใยมะพร้าวกับแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสนำเข้าจากต่างประเทศ โดยแผ่นทำความเย็นใยมะพร้าวต้นแบบทั้ง 5 รูปแบบ ขนาด 30 x 30 ตารางเซนติเมตรหนา 5 เซนติเมตร และ 10 เซนติเมตร จัดเรียงตัวแตกต่างกันดังนี้คือ แบบแผ่นทึบ แบบช่องตาราง แบบช่องทแยงมุม แบบช่องแนวนอนและแบบช่องแนวตั้งถูกนำมาทดสอบในอุโมงค์ลมขนาด 36.2 x 42.6 x 101 ลูกบาศก์เซนติเมตร อุณหภูมิอากาศขาเข้ามีค่า 30-35 องศาเซลเซียส ความเร็วอากาศแตกต่างกัน 5 ระดับ ผลจากการศึกษาเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าค่าการลดอุณหภูมิและค่าการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ อัตราการถ่ายเทความร้อนรวมทั้งประสิทธิภาพอิมตัวสูงของแผ่นเซลลูโลสให้ค่าต่างๆ สูงที่สุด ส่วนค่าความดันตกคร่อมมีค่าแตกต่างกันไม่มาก และหากพิจารณาเฉพาะในกลุ่มของแผ่นใยมะพร้าวที่ใช้ทดสอบพบว่าแบบ

แผ่นทึบมีอัตราการถ่ายเทความร้อนและค่าประสิทธิภาพอิมตัวสูงที่สุด นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลของความหนาพบว่าแบบแผ่นทึบหนา 10 เซนติเมตร มีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพอิมตัวสูงกว่าแผ่นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร 12 -18 % ดังนั้นแผ่นใยมะพร้าวแบบแผ่นทึบสามารถนำมาใช้แทนแผ่นเซลลูโลสได้แต่ต้องมีความหนามากกว่าแผ่นเซลลูโลสเดิม

**คำหลัก:** การทำความเย็นแบบระเหย, แผ่นทำความเย็นแบบ, ผิวเปียง, เส้นใยมะพร้าว

## Abstract

This research aims to study and compare a physical properties between a prototype evaporative cooling pad by using coconut fiber with the imported cellulose ones. Five coconut fiber cooling pads of the size 30x30 cm<sup>2</sup> and the thicknesses of 5 and 10 cm

with different hole arrangements such as solid, checkered, diagonal, horizontal and vertical are tested in a 36.2 x 42.6 x 101 m<sup>3</sup> wind tunnel. Air inlet temperature is 30-35°C and 5 levels different of air velocity. The results show that capacities in reducing air temperature, increasing the relative air humidity, heat transfer rate and saturation efficiency for the cellulose pad performs the best. Pressure drop of each cooling pad are not much different. Considering among the tested coconut-fiber pads, the solid pad gives the highest of heat transfer rate and saturation efficiency. Furthermore, considering the effect of thickness on the heat transfer rate and 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 more thickness of prototype solid coconut fiber pad can be the best representative to replace the cellulose pad.

**Keywords:** Evaporative Cooling, Cooling Pad, Wetted Surface, Coconut Fiber

## 1. บทนำ

จากปัญหาการแพร่ระบาดของไข้หวัดนก ( Bird Flu ) ในประเทศไทย เกษตรกรหลายคนจึงเปลี่ยนมาเลี้ยงสัตว์ปีกในโรงเรือนปิดซึ่งต้องปรับสภาวะอากาศภายในโรงเรือนให้เหมาะสมเพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพ และการปรับสภาวะอากาศนั้นนิยมใช้ระบบการทำความเย็นแบบระเหยเพราะเป็นระบบไม่ซับซ้อน แต่เนื่องจากระบบดังกล่าวใช้แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูงทำให้มีการศึกษาและพยายามสร้างแผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์มาทดแทน โดยในหลายปีที่ผ่านมาวิธีนี้ คือ การนำผักตบชวาสดกับ

กระดาษสาที่ทำจากผักตบชวามาสร้างเป็นผิวเปียกในระบบการทำความเย็นแบบระเหยเพื่อวิเคราะห์ เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลในอุโมงค์ลมที่สร้างขึ้น [1] การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเส้นเชือกในลอนมาสร้างเป็นแผ่นทำความเย็นแบบระเหยโดยนำมาจัดซี่เรียงตัวในแนวตั้งติดตั้งในโรงเรือนไม้ดอกขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 16.5 เมตร สูง 1 เมตร [2] การนำวัสดุจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ (Technical Textiles) จำนวน 2 ชนิด คือ แผ่นโพลีเอสเตอร์แพตติ้ง ขนาด 100 GSM และวัสดุสปันเลซ (spunlace ; Polyester 30% Rayon 70%) ขนาด 50 GSM มาทดสอบประสิทธิภาพและเปรียบเทียบกับแผ่นเซลลูโลสที่มีวางจำหน่ายโดยทั่วไป [3] และการออกแบบ พัฒนาแผ่นทำความเย็นแบบระเหยต้นแบบจากเส้นใยมะพร้าวเพื่อทดสอบเปรียบเทียบกับวัสดุทางกายภาพกับแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสนำเข้าจากต่างประเทศ [4]

เส้นใยมะพร้าวเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีอยู่อย่างมากมายในประเทศไทย งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาหาแนวทางในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่วัสดุเหลือใช้เพื่อเพิ่มรายได้ และลดต้นทุนของเกษตรกรรวมทั้งยังเป็นการส่งเสริมการพึ่งพาตนเองตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวอีกด้วย

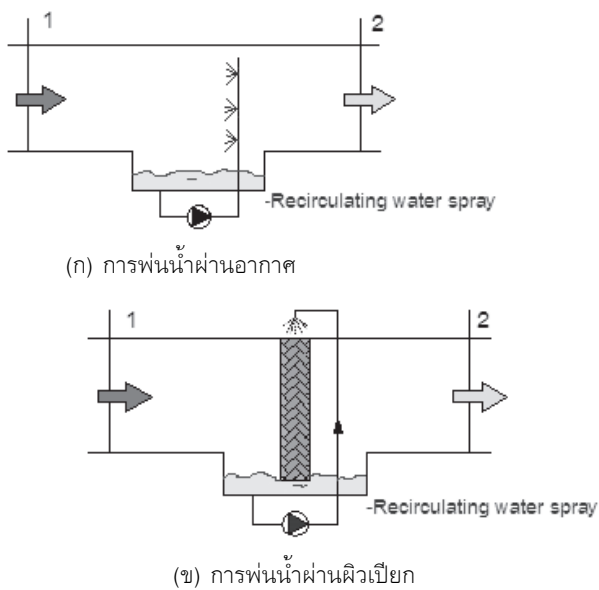
## 2. วัตถุประสงค์

ศึกษาและเปรียบเทียบคุณลักษณะทางสมรรถนะระหว่างแผ่นทำความเย็นแบบระเหยต้นแบบที่พัฒนาขึ้นจากเส้นใยมะพร้าวกับแผ่นทำความเย็นแบบระเหยเซลลูโลสที่นำเข้าจากต่างประเทศ

## 3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการทำความเย็นแบบระเหย คือ Cooling and Humidification Process โดยการพ่นน้ำผ่านกระแส

อากาศ ทำให้น้ำบางส่วนระเหยเข้าผสมกับอากาศมีผลทำให้ อุณหภูมิอากาศลดต่ำลง ความชื้นอากาศเพิ่มสูงขึ้น ส่วน น้ำที่ไม่ระเหยจะถูกนำกลับมาหมุนเวียนในระบบต่อไป ซึ่งมีด้วยกันอยู่ 2 ลักษณะ คือการทำความเย็นแบบระเหยโดยการพ่นน้ำผ่านอากาศโดยตรง และการทำความเย็นแบบระเหยโดยการพ่นน้ำผ่านผิวเปียกหรือแผ่นทำความเย็นซึ่งสามารถทำให้เกิดการระเหยของน้ำได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 1 (ก) และ (ข) ตามลำดับ



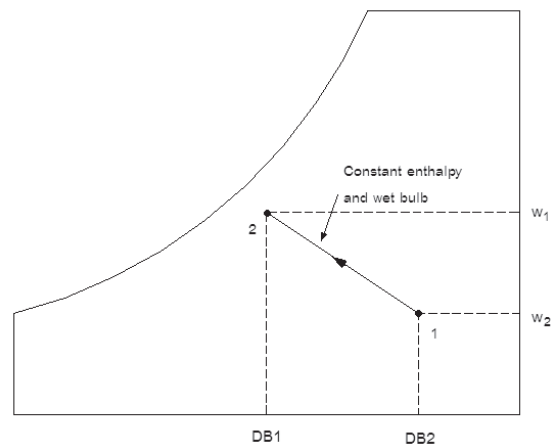
รูปที่ 1 ภาพการทำความเย็นแบบระเหย

ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยจะแสดงอยู่ในรูปประสิทธิภาพอิ่มตัว (Saturating Efficiency,  $\eta$ ) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างอุณหภูมิที่ลดได้จริงของระบบต่ออุณหภูมิที่ลดได้สูงสุดตามทฤษฎี ดังแสดงในสมการที่ 1

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

อุณหภูมิที่ลดได้จริงของระบบ คือ ผลต่างระหว่างอุณหภูมิกระเปาะแห้งก่อนผ่าน ( $T_{db1}$ ) และหลังผ่าน ( $T_{db2}$ ) ระบบ ส่วนอุณหภูมิที่ลดได้สูงสุดตามทฤษฎี คือ ผลต่าง

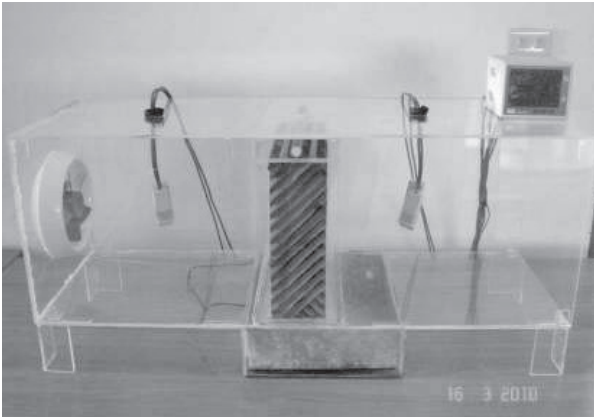
ระหว่างอุณหภูมิกระเปาะแห้งก่อนผ่าน ( $T_{db1}$ ) และอุณหภูมิกระเปาะเปียกก่อนผ่าน ( $T_{wb}$ ) ระบบ โดยกระบวนการทำความเย็นแบบระเหยอาจเรียกว่าเป็นกระบวนการอุณหภูมิกระเปาะเปียกคงที่หรือเอนทัลปีคงที่ [กระบวนการแบบอะเดียแบติก (Adiabatic Process) คือ ไม่มีการถ่ายเทความร้อนเข้าและออกจากระบบและไม่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานรวมของระบบ] ดังแสดงในแผนภาพไซโครเมตริก รูปที่ 2



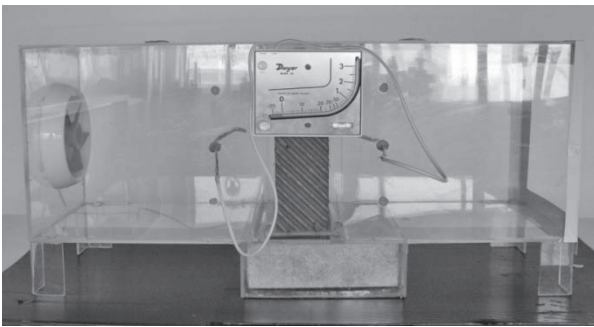
รูปที่ 2 ภาพไซโครเมตริกแสดงกระบวนการทำความเย็นแบบระเหย

#### 4. การออกแบบและสร้างอุโมงค์ลม

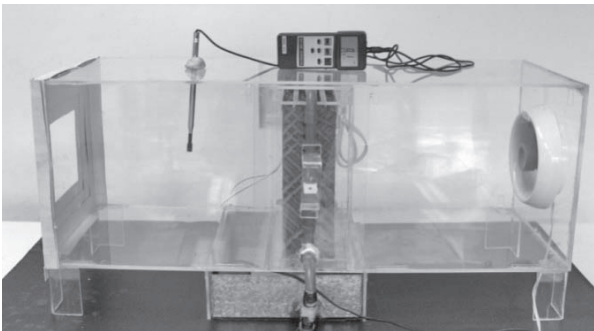
อุโมงค์ลมถูกออกแบบมาให้มีรูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาด  $36.2 \times 42.6 \times 101 \text{ cm}^3$  สร้างขึ้นจากแผ่นอะคริลิกใสหนา 5 mm ตรงกลางติดตั้งอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนแผ่นทำความเย็น พร้อมด้วยระบบหมุนเวียนน้ำ ซึ่งประกอบไปด้วยท่อ น้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 cm เครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก อัตราการไหล 600 L/hr เซต 0.65 m และถาดรองรับน้ำ ปลายด้านหนึ่งของอุโมงค์ลมติดตั้งพัดลมดูดอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 cm อัตราการไหล  $0.058 \text{ m}^3/\text{s}$  และติดตั้งมอโนมิเตอร์ พร้อมด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนและหลังผ่านแผ่นทำความเย็นแบบระเหย ดังแสดงในรูปที่ 3-5 ตามลำดับ



รูปที่ 3 อุโมงค์ลมติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิและเครื่องวัดความชื้นของอากาศ



รูปที่ 4 อุโมงค์ลมติดตั้งமானอมิเตอร์



รูปที่ 5 อุโมงค์ลมติดตั้งเครื่องวัดความเร็วลม

การทดสอบจะควบคุมให้อากาศก่อนเข้าอุโมงค์ลมมีค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งประมาณ 31 และ 35°C ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 60 – 65 %RH อัตราการไหลของน้ำหมุนเวียนมีค่า 600 L/hr อุณหภูมิน้ำหมุนเวียนมีค่า 24°C ความเร็วอากาศปรับให้มีค่าแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0.6, 0.9, 1.5, 2.2 และ 2.8 m/s ตามลำดับ

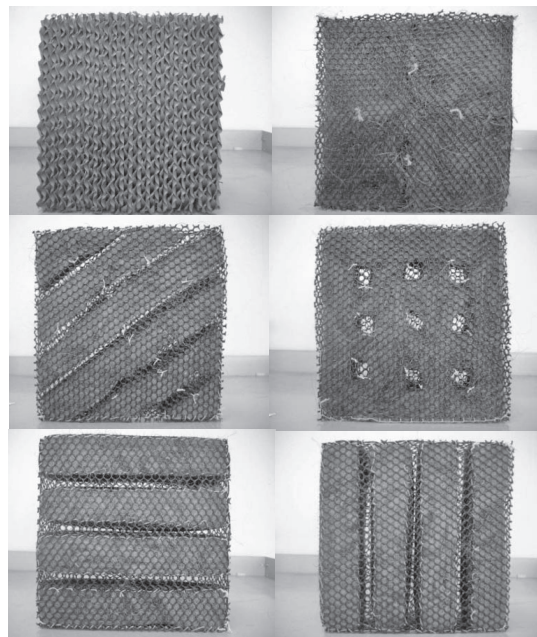
## 5. การออกแบบและสร้างแผ่นทำความเย็น

แผ่นทำความเย็นที่ใช้ทดสอบกำหนดให้มีขนาดพื้นที่หน้าตัด 30 x 30 cm<sup>2</sup> มีความหนา 5 cm และ 10 cm ตามลำดับ ( โดยกำหนดให้แผ่นทำความเย็นทั้งแบบเซลลูโลสและแผ่นโยมะพร้าวตันแบบ หนา 5 cm มีมวล 0.12 kg และความหนา 10 cm มีมวล 0.24 kg ตามลำดับ ) ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 การติดตั้งแผ่นทำความเย็นเข้ากับอุปกรณ์

แผ่นทำความเย็นโยมะพร้าวตันแบบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบนี้ ถูกกำหนดให้มีการจัดเรียงตัวของเส้นโยมะพร้าวแตกต่างกันทั้งสิ้น 5 รูปแบบ ได้แก่ แผ่นทึบ ช่องทแยงมุม ช่องตาราง ช่องแนวนอนและช่องแนวตั้ง โดยแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสและแผ่นทำความเย็นโยมะพร้าวตันแบบที่ใช้ทดสอบสามารถพิจารณาได้ในรูปที่ 7

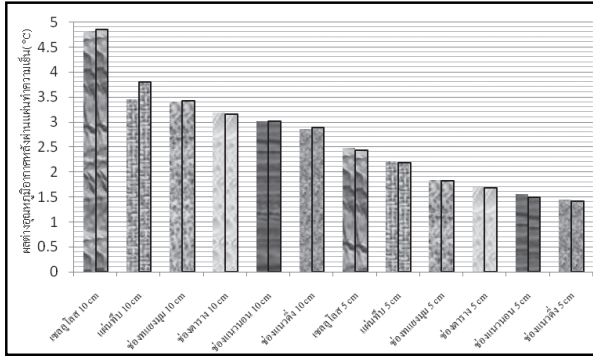


รูปที่ 7 แผ่นทำความเย็นแบบระเหยเซลลูโลสและแผ่นทำความเย็นตันแบบโยมะพร้าว ทั้ง 5 รูปแบบ

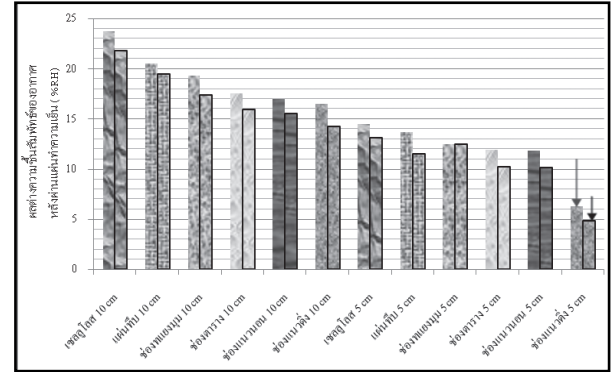
## 6. ผลการศึกษา

ผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะทางสมรรถนะ ได้แก่ ความสามารถในการลดอุณหภูมิ การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ประสิทธิภาพอิมิตัว อัตราการ

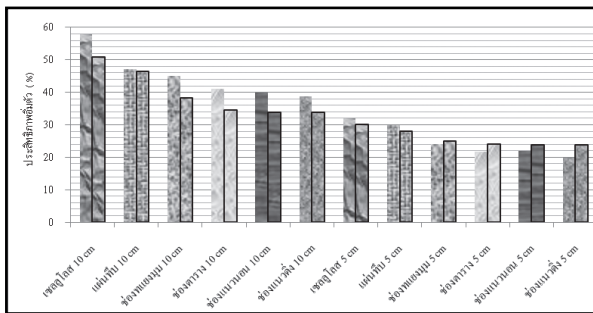
ถ่ายเทความร้อนและความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นทำความเย็นเซลล์ลูโลสกับแผ่นทำความเย็นต้นแบบใยมะพร้าวที่สร้างขึ้น สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 8 –13 ดังนี้



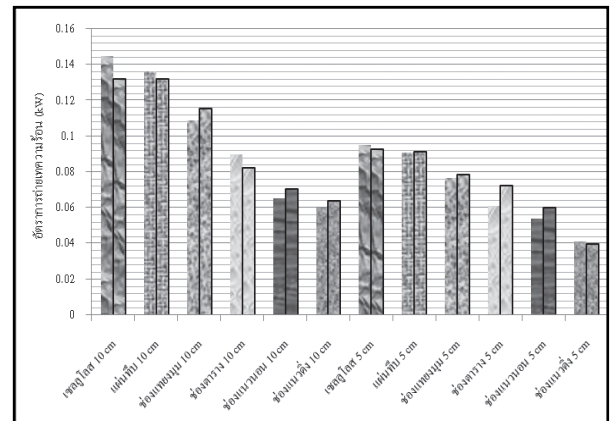
รูปที่ 8. กราฟแสดงความสามารถในการลดอุณหภูมิอากาศ ณ. สภาวะอากาศขาเข้ามีค่า  $31^{\circ}\text{C} / 35^{\circ}\text{C}$



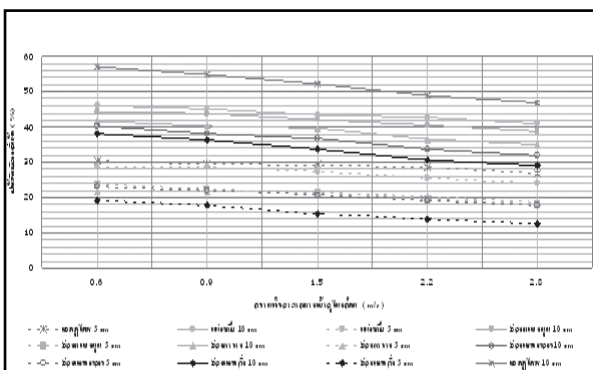
รูปที่ 9. กราฟแสดงความสามารถในการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ. สภาวะอากาศขาเข้ามีค่า  $31^{\circ}\text{C} / 35^{\circ}\text{C}$



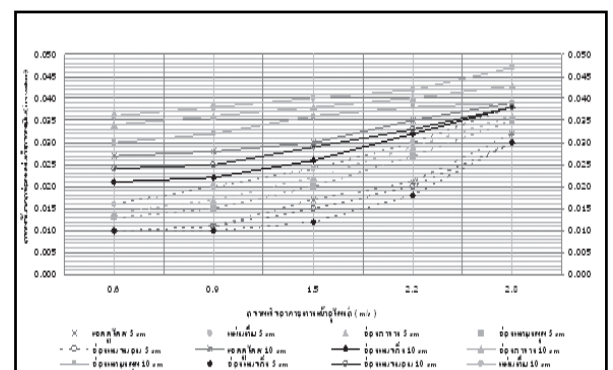
รูปที่ 10. กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพอิมิตัวของแผ่นทำความเย็น ณ. สภาวะอากาศขาเข้ามีค่า  $31^{\circ}\text{C} / 35^{\circ}\text{C}$



รูปที่ 11. กราฟแสดงค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของแผ่นทำความเย็น ณ. สภาวะอากาศขาเข้ามีค่า  $31^{\circ}\text{C} / 35^{\circ}\text{C}$



รูปที่ 12. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพอิมิตัวของแผ่นทำความเย็นกับความเร็วอากาศ



รูปที่ 13. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมของแผ่นทำความเย็นกับความเร็วอากาศ

## 7. อภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์ และเปรียบเทียบคุณลักษณะทางสมรรถนะสามารถพิจารณาได้ ดังนี้

1. ความสามารถในการลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ อัตราการถ่ายเทความร้อนรวมถึงประสิทธิภาพอิมิตัวของแผ่นทำความเย็นสามารถแบ่งแยกออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มแผ่นทำความเย็นหนา 5 cm และ 10 cm โดยกลุ่มที่มีความหนา 10 cm สามารถลดอุณหภูมิ เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนรวมถึงค่าประสิทธิภาพอิมิตัวสูงกว่ากลุ่มที่มีความหนา 5 cm

2. เมื่อพิจารณาแผ่นทำความเย็นที่มีความหนาเท่ากันทั้งในกลุ่มที่มีความหนา 5 cm และ 10 cm พบว่าแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสสามารถลดอุณหภูมิ เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนรวมถึงมีค่าประสิทธิภาพอิมิตัวสูงกว่าแผ่นทำความเย็นต้นแบบโยมะพร้าวทุกชนิด

3. เมื่อพิจารณาเฉพาะในกลุ่มของแผ่นทำความเย็นต้นแบบโยมะพร้าวพบว่าทั้งความหนา 5 cm และ 10 cm แผ่นทำความเย็นต้นแบบโยมะพร้าวแบบแผ่นทึบสามารถลดอุณหภูมิ เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนรวมถึงมีค่าประสิทธิภาพอิมิตัวสูงกว่าแผ่นทำความเย็นโยมะพร้าวแบบอื่นๆ

4. ความสามารถในการลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนรวมถึงค่าประสิทธิภาพอิมิตัวของแผ่นทำความเย็นทั้งในกลุ่มที่มีความหนา 5 cm และ 10 cm สามารถเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ คือ 1) แผ่นเซลลูโลส 2) แผ่นโยมะพร้าวแบบแผ่นทึบ 3) แผ่นโยมะพร้าวแบบช่องแท่งมุม 4) แผ่นโยมะพร้าวแบบช่องตาราง 5) แผ่นโยมะพร้าวแบบช่องแนวนอน และ 6) แผ่นโยมะพร้าวแบบช่องแนวตั้งตามลำดับ

5. ค่าประสิทธิภาพอิมิตัวของแผ่นทำความเย็นทุกแบบมีค่าลดลงเมื่อความเร็วอากาศเพิ่มสูงขึ้น แต่ค่าความดันตกคร่อมของแผ่นทำความเย็นทุกแบบมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อความเร็วอากาศเพิ่มสูงขึ้น

6. ค่าความดันตกคร่อมของแผ่นทำความเย็นมีค่าใกล้เคียงกันมาก แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยทั้งในกลุ่มที่มีความหนา 5 cm และ 10 cm ซึ่งสามารถเรียงลำดับค่าความดันตกคร่อมจากน้อยไปหามากได้ดังนี้ คือ 1) แผ่นโยมะพร้าวแบบช่องแนวตั้ง 2) แผ่นโยมะพร้าวแบบช่องแนวนอน 3) แผ่นเซลลูโลส 4) แผ่นโยมะพร้าวแบบช่องแท่งมุม 5) แผ่นโยมะพร้าวแบบช่องตาราง และ 6) แผ่นโยมะพร้าวแบบแผ่นทึบตามลำดับ

## 8. สรุปผลการศึกษา

ผลการวิจัยในการศึกษาและเปรียบเทียบคุณลักษณะทางสมรรถนะระหว่างแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสกับแผ่นทำความเย็นต้นแบบโยมะพร้าวที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า

1. ที่ความหนาเดียวกันแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสมีความสามารถในการลดอุณหภูมิ เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนรวมถึงค่าประสิทธิภาพอิมิตัวสูงที่สุด

2. ในกลุ่มของแผ่นทำความเย็นโยมะพร้าวพบว่าแบบแผ่นทึบมีความสามารถในการลดอุณหภูมิ เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนรวมถึงค่าประสิทธิภาพอิมิตัวสูงที่สุด

3. ที่ความหนาเดียวกันอัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพอิมิตัวของแผ่นทำความเย็นโยมะพร้าวแบบแผ่นทึบมีค่าน้อยกว่าแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสเพียง 5-8 %

4. ที่ความหนาและรูปแบบการเรียงตัวของแผ่นทำความเย็นที่ต่างกันในงานวิจัยนี้พบว่าเมื่อผลต่อค่าความดันตกคร่อมของแผ่นทำความเย็นน้อยมาก นั่นคือค่าความดันตกคร่อมมีค่าใกล้เคียงกันแตกต่างกันน้อยมาก

5. ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนและค่าประสิทธิภาพอิมิตตัวของแผ่นทำความเย็นใยมะพร้าวแบบแผ่นที่หนา 10 cm มีค่าสูงกว่าแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 cm ถึง 12 -18 % แต่ค่าความดันตกคร่อมแตกต่างกันน้อยมาก ดังนั้นหากจะนำแผ่นทำความเย็นใยมะพร้าวมาใช้ทดแทนแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสจำเป็นต้องใช้แบบที่บีบและสร้างให้มีความหนามากกว่าแผ่นเซลลูโลสที่ใช้อยู่เดิม

6. จากการทดสอบด้วยการฉีดน้ำแรงดันสูงเพื่อทำความสะอาดแผ่นทำความเย็นต้นแบบใยมะพร้าวพบว่าไม่มีการเสียรูปแต่อย่างใด ดังนั้นหากนำมาใช้งานจริงสามารถล้างทำความสะอาดได้และจากการทดสอบในห้องทดลองมาเป็นระยะเวลากว่า 1 ปี พบว่าแผ่นทำความเย็นต้นแบบใยมะพร้าวยังสามารถใช้งานได้ดี และหากนำไปใช้จริงก็น่าจะมีอายุการใช้งานยาวนานประมาณ 2-3 ปี ในขณะที่แผ่นเซลลูโลสมีอายุการใช้งานเฉลี่ย 3-4 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพน้ำและการบำรุงรักษา

7. แผ่นทำความเย็นใยมะพร้าวแบบแผ่นที่หนา 10 cm ที่สร้างขึ้นนี้มีต้นทุนเพียง 150 บาท/m<sup>2</sup> ในขณะที่แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสนำเข้าจากต่างประเทศมีราคา 1,500 บาท/m<sup>2</sup> (กรกฎาคม 2554) มีผลทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายของระบบทำความเย็นแบบระเหยของโรงเรือนปิดลงได้มาก และแผ่นทำความเย็นใยมะพร้าวต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถช่วยเพิ่มมูลค่าของเหลือใช้ทางการเกษตรพร้อมทั้งสามารถขยายเป็นอาชีพเสริมของเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจได้อีกด้วย

## 9. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่อำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

## 10. เอกสารอ้างอิง

- [1] จินตนา อุบลวัฒน์. (2544). การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ผักตบชวาเป็นผิวเปียกในระบบทำความเย็นแบบระเหย. สืบค้นเมื่อ ธันวาคม 2552 จาก <http://opac.lib.kmutt.ac.th/vufind/Author/Home?author>
- [2] จุมพล ประสงค์ทรัพย์. (2541). การศึกษาความเป็นไปได้ในการทำความเย็นในโรงเรือนไม้ดอกโดยใช้เทคนิคการทำความเย็นแบบระเหย วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [3] มานพ แยมแพง. (2550). ประยุกต์สิ่งทอทำแผ่นระเหยเป็นอุปกรณ์คุมอุณหภูมิโรงเรือนปิด, การวิจัยจากสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, กระทรวงอุตสาหกรรม จังหวัดกรุงเทพมหานคร.
- [4] ศิษฐ์ภักดิ์ แคนลา. (2553). การออกแบบและพัฒนาแผ่นทำความเย็นแบบระเหยต้นแบบจากเส้นใยมะพร้าวสำหรับโรงเรือนเกษตรกรรม, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี.