



การศึกษาวัดุดแทนในระบบทำความเย็นแบบระเหย



โดย

นางสาวกมลวรรณ มุขอ่อน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การศึกษาวัดุดทดแทนในระบบทำควมเย็นแบบระเหย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

THE STUDY OF SUBSTITUTE MATERIALS IN EVAPORATIVE COOLING SYSTEM



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Master of Engineering (ENERGY ENGINEERING)
Department of MECHANICAL ENGINEERING
Graduate School, Silpakorn University
Academic Year 2021
Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ การศึกษาวัสดุทดแทนในระบบทำความเย็นแบบระเหย
โดย นางสาวกมลวรรณ มุขอ่อน
สาขาวิชา วิศวกรรมพลังงาน แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ญัฐวุฒิ ธาราวดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.จตุรนต์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทิพาพร คำแดง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

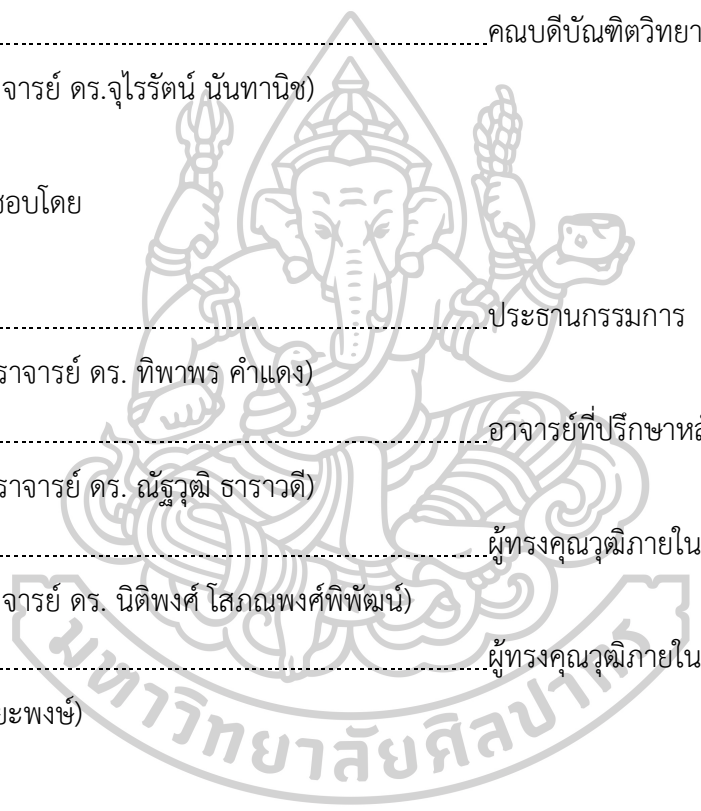
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ญัฐวุฒิ ธาราวดี)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

(รองศาสตราจารย์ ดร. นิตินงค์ โสภณพงศ์พิพัฒน์)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

(ดร. ญัฐ รัชยะพงษ์)



620920056 : วิศวกรรมพลังงาน แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทบัณฑิต

คำสำคัญ : ระบบทำความเย็นแบบระเหย, แผ่นทำความเย็น, ประสิทธิภาพการทำความเย็น, ความดันตกคร่อม, วัสดุพูน

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาระบบทำความเย็นแบบระเหยที่ใช้แผ่นผิวเปียกในการปรับสถานะของอากาศให้เหมาะสมต่อการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ เมื่ออากาศผ่านระบบและสัมผัสกับน้ำ อุณหภูมิในอากาศจะลดลง โดยน้ำจะถูกปั๊มขึ้นมาสเปรย์ลงบนแผ่นผิวเปียก อากาศที่ไหลผ่านแผ่นผิวเปียก ความร้อนในอากาศจะถูกดูดซับโดยน้ำ จากนั้นอุณหภูมิภายในห้องจึงลดลง อย่างไรก็ตาม ต้นทุนของแผ่นเซลล์โลสมีราคาแพง ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการทำความเย็นและต้นทุนของวัสดุทดแทนเปรียบเทียบกับแผ่นเซลล์โลส โดยทำการศึกษาวัสดุที่ใช้เป็นผิวเปียก 6 ชนิด ได้แก่ แผ่นเซลล์โลส เส้นใยมะพร้าว ตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน ตาข่ายพรางแสง 60% แนวตั้ง ตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน และตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง โดยวัสดุถูกติดตั้งเข้าไปในแผงใส่วัสดุขนาด 22X22 ตารางเซนติเมตร แล้วนำมาทดสอบในอุโมงค์ลมขนาด 25X25X160 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งอุโมงค์ลมจะมีการติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยในการทดลอง ได้ควบคุมอุณหภูมิอากาศทางเข้าที่ 30 ± 1 องศาเซลเซียส ความเร็วลมทางเข้า 1 เมตรต่อวินาที และความชื้นสัมพัทธ์ทางเข้าที่ 60 ± 2 , 70 ± 2 และ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ โดยวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำความเย็นและความดันตกคร่อมของวัสดุ จากผลการทดลอง พบว่า เซลล์โลส มีประสิทธิภาพดีที่สุดเท่ากับ 60.25, 66.26 และ 81.89 ตามลำดับ รองลงมา คือ เส้นใยมะพร้าว ตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน ตาข่ายพรางแสง 60% แนวตั้ง ตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน และประสิทธิภาพน้อยที่สุด คือ ตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง เท่ากับ 21.21, 24.90 และ 40.87 ตามลำดับ หลังจากวิเคราะห์ผลประสิทธิภาพเปรียบเทียบกับต้นทุนวัสดุ สามารถสรุปได้ว่า วัสดุทดแทนที่เหมาะสมคือ เส้นใยมะพร้าว เนื่องจาก มีต้นทุนต่ำ และมีประสิทธิภาพการทำความเย็นที่ยอมรับได้ และเส้นใยมะพร้าวยังหาได้ง่ายในประเทศไทยอีกด้วย

620920056 : Major (ENERGY ENGINEERING)

Keyword : Evaporative cooling, cooling pad, cooling efficiency, pressure drop, porous material

MISS KAMONWAN MUK-ON : THE STUDY OF SUBSTITUTE MATERIALS IN EVAPORATIVE COOLING SYSTEM THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR DR. NATTAWUT THARAWADEE

The purpose of this research was to study an evaporative cooling system. In an evaporative cooling system, the temperature and humidity in plant and animal farms were commonly controlled using a cooling pad (known as cellulose). The air was cooled by water from the outside test set. Water is pumped onto the cooling pads (porous material), the air passes over, and the air loses its heat to the water. The electrical power goes to the pumps wetting the cooling pads and the blower fan. Then, the room temperature decreased. However, the cost of the cellulose was expensive. So, this research investigated the performance and cost of substitute material compared with cellulose. The six types of cooling material were cellulose, coconut fiber, filter net 60% horizontal, filter net 60% vertical, filter net 80% horizontal, and filter net 80% vertical, respectively. The Cooling pad compartment and wind tunnel size were fixed at 0.22X0.22 m² and 0.25X0.25X1.60 m³. The controlled parameter was inlet air temperature (30±1 °C) and inlet wind speed (1 m/s). The study parameters in this research were relative inlet humidity (60±2%, 70±2%, and 80±2 %RH). The cooling efficiency and pressure drop were collected and analyzed. From the result, the highest efficiency material was cellulose (89.89% at 80%RH), followed by coconut fiber (74.99% at 80%RH) and filter net 60% horizontal (70.30% at 80%RH). On the other hand, the highest pressure drop of cellulose, coconut fiber, and filter net 60% horizontal was 0.18, 0.21, and 0.29, respectively. On the contrary, after analyzing the results with each material cost. It was concluded that the suitable substitute material was coconut fiber because of the lowest material cost and cooling efficiency was acceptable. Also, coconut fiber was easy to find in Thailand as agricultural waste.



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับการดูแลเอาใจใส่ และได้รับความช่วยเหลืออย่างดีจากอาจารย์ที่ปรึกษา คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ ธาราวดี และได้รับคำแนะนำให้คำปรึกษา ตรวจสอบแก้ไขและให้ข้อเสนอแนะจากกรรมการหลายๆท่าน คือ รองศาสตราจารย์ ดร.นิติพงศ์ โสภณพงศ์พิพัฒน์ และ อาจารย์ ดร.ณัฐ รัชยะพงศ์ ผู้วิจัยรู้สึกทราบบ้างถึงความกรุณาของอาจารย์ทุกท่านและขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพาพร คำแดง อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งให้เกียรติเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปปรับแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เชี่ยวชาญ ที่สละเวลาในการตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัย ตรวจทานความถูกต้องของภาษาในการจัดพิมพ์เล่มวิทยานิพนธ์เล่มนี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับความช่วยเหลือและกำลังใจจากคุณพ่อ คุณแม่ พี่น้องและเพื่อนๆ ตลอดจนบุคคลต่างๆที่ให้ความช่วยเหลือ ซึ่งผู้วิจัยไม่อาจกล่าวนามได้หมด ผู้วิจัยรู้สึกขอบพระคุณในความปรารถนาดีของท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบคุณมาไว้ ณ โอกาสนี้

นางสาว กมลวรรณ มุขอ่อน



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูปภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	16
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	16
1.2 วัตถุประสงค์	17
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	17
1.4 ขั้นตอนการวิจัย	17
1.5 นิยามคำศัพท์เฉพาะ.....	17
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	18
2.1 ระบบทำความเย็นแบบระเหย.....	18
2.2 การถ่ายเทความร้อน	19
2.3 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน.....	20
2.4 คุณสมบัติไฮโครเมตริกของอากาศ.....	20
2.5 หลักการของกระบวนการอะเดียบาติก (Adiabatic Saturation Process).....	24
2.6 กระบวนการปรับอากาศ	26
2.7 ระบบทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative Cooling System).....	26
2.7.1 แผ่นทำความเย็นแบบระเหย หรือแผ่นผิวเปียก (Cooling pad)	27

2.7.2	คุณสมบัติที่ใช้ในการเลือกวัสดุทดแทนที่นำมาเป็นแผ่นผิวเปียก.....	35
2.8	การคำนวณหาประสิทธิภาพการทำความเย็น	37
2.9	การคำนวณต้นทุน.....	39
2.9.1	ต้นทุน (Cost).....	39
2.9.2	ต้นทุนต่อประสิทธิภาพ (Cost Efficiency).....	40
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	41
3.1	เครื่องมือสำหรับงานวิจัย.....	41
3.1.1	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	41
3.1.2	วัสดุที่ใช้เป็นผิวเปียก.....	53
3.2	สถานที่ทำการวิจัย	54
3.3	ระยะเวลาของการดำเนินงานวิจัย	54
3.4	การวางแผนการวิจัย	55
3.4.1	แผนการดำเนินงาน.....	55
3.4.2	แผนการทดลอง	56
3.5	ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	57
3.5.1	ขั้นตอนการทดลองความอุ่มน้ำของวัสดุ.....	57
3.5.2	ขั้นตอนการทดสอบการซึมผ่านวัสดุ.....	57
3.5.3	ขั้นตอนการทดลอง	58
3.6	สมการที่ใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพของวัสดุผิวเปียก	59
3.7	การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	61
บทที่ 4	สรุปผลและอภิปรายผล.....	64
4.1	ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปของวัสดุทดแทนแต่ละชนิด ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60, 70, และ 80%	64

4.3 ผลการเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุแต่ละชนิด.....	67
4.4 ค่าความอุ้มน้ำ (Water holding capacity).....	68
4.5 ผลการเปรียบเทียบค่าความอุ้มน้ำของวัสดุแต่ละชนิดที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60, 70 และ 80%.....	69
4.7 ผลการเปรียบเทียบค่าความดันตกคร่อมของวัสดุแต่ละชนิดที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60, 70 และ 80%	72
4.7 ค่าการซึมผ่านของน้ำผ่านวัสดุ.....	73
4.8 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำความเย็นต่อต้นทุนของวัสดุทดแทนแต่ละชนิด	75
บทที่ 5 สรุปผลวิจัย.....	76
5.1 ประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุทดแทนแต่ละชนิด	76
5.2 ค่าความอุ้มน้ำ (Water holding capacity).....	76
5.3 ความดันตกคร่อมของวัสดุทดแทนแต่ละชนิด	76
5.4 ค่าการซึมผ่านวัสดุ.....	77
5.4 ต้นทุนต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุทดแทนแต่ละชนิด	77
5.5 แนวทางการวิจัยในอนาคต.....	78
รายการสัญลักษณ์.....	79
รายการอ้างอิง	81
ภาคผนวก ก ผลการทดลอง.....	84
ประวัติผู้เขียน.....	141

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงค่าความหนาแน่นของวัสดุที่ใช้ในการนำมาเป็นผิวเปียก	54
ตารางที่ 3.2 ระยะเวลาของการดำเนินงานวิจัย	54



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แผนภูมิไซโครเมตริก	24
รูปที่ 2.2 หลักการของกระบวนการอะเดียบาติก	25
รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความเร็วลมที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแผ่นเซลล์โลส [16].....	27
รูปที่ 2.4 กราฟแสดงความเร็วลมที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแผ่นเซลล์โลส [17].....	28
รูปที่ 2.5 กราฟแสดงความเร็วลมที่มีผลต่อประสิทธิภาพอิมตัวของแผ่นเซลล์โลส [18].....	29
รูปที่ 2.6 กราฟของความเร็วที่มีผลต่อประสิทธิภาพอิมตัวและความดันตกคร่อม.....	30
รูปที่ 2.7 แผ่นทำความเย็นจากกระดาษสาและแผ่นทำความเย็นเชิงพาณิชย์ [22].....	31
รูปที่ 2.8 รูปแบบการจัดเรียงแผ่นทำความเย็นจากเส้นใยมะพร้าว [23]	32
รูปที่ 2.9 แผ่นทำความเย็นที่ทำจากกระดาษเซลล์โลส.....	33
รูปที่ 2.10 ตาข่ายกรองแสง.....	34
รูปที่ 2.11 เส้นใยมะพร้าว.....	34
รูปที่ 2.12 การหาความพรุนของวัสดุ.....	35
รูปที่ 3.1 ชุดทดลองระบบทำความเย็นแบบระเหย	41
รูปที่ 3.2 ห้องควบคุมอุณหภูมิ.....	41
รูปที่ 3.3 ฮีตเตอร์แบบขดลวด.....	42
รูปที่ 3.4 พัดลมแกนลูกปืนความเร็วรอบ 7,500 RPM.....	42
รูปที่ 3.5 Power Supply	42
รูปที่ 3.6 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ รุ่น STC1000.....	43
รูปที่ 3.7 ห้องควบคุมความชื้น	44
รูปที่ 3.8 ถังพักน้ำเครื่องสร้างความชื้น.....	44
รูปที่ 3.9 เครื่องทำความชื้น.....	44

รูปที่ 3.10	พัดลมขนาด 1.5 นิ้ว.....	45
รูปที่ 3.11	เครื่องควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ.....	45
รูปที่ 3.12	พัดลมสำหรับเป่าหมอกเข้าอุโมงค์ลม.....	46
รูปที่ 3.13	อุโมงค์ลม.....	46
รูปที่ 3.14	แผงใส่ผิวเปียก.....	46
รูปที่ 3.15	หัวสเปรย์น้ำ.....	47
รูปที่ 3.16	ถาดรองน้ำจากแผ่นผิวเปียก.....	47
รูปที่ 3.17	พัดลมแกนลูกปืนความเร็วรอบ1,200 RPM.....	47
รูปที่ 3.18	ปั๊ม Fog easy.....	48
รูปที่ 3.19	ถังพักน้ำ.....	48
รูปที่ 3.20	Power Supply 3Aและ Power Supply 5A.....	48
รูปที่ 3.21	เครื่องบันทึกอุณหภูมิ Graphtec midi logger GL220.....	49
รูปที่ 3.22	เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์.....	49
รูปที่ 3.23	เซนเซอร์วัดความชื้น.....	49
รูปที่ 3.24	เครื่องวัดความเร็วลม.....	50
รูปที่ 3.25	กระบอกตวงพลาสติก.....	50
รูปที่ 3.26	ถังพักน้ำจากการซึมผ่านของวัสดุ.....	50
รูปที่ 3.27	เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล.....	51
รูปที่ 3.28	กล่องทดสอบค่าความอุ้มน้ำและค่าการซึมผ่านวัสดุได้.....	51
รูปที่ 3.29	แท่นวางกล่องทดสอบค่าความอุ้มน้ำ.....	51
รูปที่ 3.30	โรตารีเตอร์.....	52
รูปที่ 3.31	ชุดทดสอบค่าการซึมผ่านวัสดุได้.....	52
รูปที่ 3.32	แสดงลักษณะทางกายภาพของวัสดุแต่ละชนิด.....	53
รูปที่ 3.33	ลักษณะการจัดเรียงวัสดุในแผงใส่วัสดุ.....	53

รูปที่ 3.34 แผนการดำเนินงานวิจัย.....	55
รูปที่ 3.35 แผนการทดลอง.....	56
รูปที่ 3.36 ขั้นตอนการทดลอง.....	58
รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ของชนิดวัสดุที่มีผลต่ออุณหภูมิแตกต่างกัน (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60%).....	64
รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ของชนิดวัสดุที่มีผลต่ออุณหภูมิแตกต่างกัน (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 70%).....	65
รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ของชนิดวัสดุที่มีผลต่ออุณหภูมิแตกต่างกัน (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80%).....	65
รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการทำความเย็นที่มีผลต่อวัสดุแต่ละชนิด (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60%).....	66
รูปที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการทำความเย็นที่มีผลต่อวัสดุแต่ละชนิด (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 70%).....	66
รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการทำความเย็นที่มีผลต่อวัสดุแต่ละชนิด (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80%).....	67
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความชื้นสัมพัทธ์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุแต่ละชนิด.....	67
รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุแต่ละชนิดที่มีผลต่อค่าความอุ้มน้ำของวัสดุ.....	68
รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ของค่าความอุ้มน้ำของวัสดุแต่ละชนิดที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60, 70 และ 80%	69
รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ของความดันตกคร่อมที่มีผลต่อวัสดุแต่ละชนิด (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60%).....	70
รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ของความดันตกคร่อมที่มีผลต่อวัสดุแต่ละชนิด (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 70%).....	71
รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ของความดันตกคร่อมที่มีผลต่อวัสดุแต่ละชนิด (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80%).....	71
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความดันตกคร่อมที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุแต่ละชนิดที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60, 70 และ 80%	72
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของน้ำและเวลาที่ใช้ในการซึมผ่านวัสดุ	74

รูปที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างชนิดวัสดุที่มีผลต่อต้นทุนต่อประสิทธิภาพการทำความเย็น... 75



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยได้ขึ้นชื่อว่าเป็นประเทศเกษตรกรรมมาช้านาน เนื่องจากตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีทรัพยากร สิ่งแวดล้อม ภูมิประเทศ และภูมิอากาศที่เอื้ออำนวยต่อการทำการเกษตร ซึ่งประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทางการเกษตร [1] อย่างไรก็ตามภูมิอากาศในปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไปเป็นอย่างมาก ซึ่งก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศของโลกได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในช่วงยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมา ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนที่รุนแรงมากขึ้น ส่งผลให้ภูมิอากาศของประเทศเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และมีผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงไป อุณหภูมิของอากาศในแต่ละวันที่ [2] สูงขึ้น การใช้พลังงานเพิ่มขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ได้ซึ่งนำไปสู่ปัญหาสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันจะเห็นได้ว่าในช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิของอากาศค่อนข้างเย็นไม่มีปัญหานัก ขณะที่ช่วงเวลากลางวันอุณหภูมิของอากาศจะสูงขึ้น อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้พืชผลทางการเกษตรได้ผลผลิตลดลง [3] ส่งผลให้การปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์มีปัญหา นอกจากนี้ปัญหาสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปแล้วนั้น ยังมีปัญหาเรื่องโรคระบาดในสัตว์อีกด้วย เกษตรกรจึงหันมาปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ในโรงเรือนปิด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับอากาศภายในโรงเรือนให้เหมาะสมแก่การเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ จึงได้มีการนำระบบการทำความเย็นแบบระเหยมาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว [4] เนื่องจากการปรับอากาศวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่าย และประหยัดมากที่สุด เมื่อเทียบกับระบบทำความเย็นแบบอื่น

ระบบการทำความเย็นแบบระเหย เป็นวิธีการปรับอากาศแบบธรรมชาติ โดยการใช้น้ำในการลดอุณหภูมิของอากาศที่มีอุณหภูมิสูง หลักการทำงานของระบบทำความเย็นลักษณะนี้ คือการแบ่งอนุภาคของน้ำให้มีขนาดเล็กบนพื้นที่ผิวที่มาก เมื่ออากาศร้อนผ่านผิวน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า อากาศร้อนนั้นก็จะมียุณหภูมิลดลง เนื่องจากน้ำได้ดูดซับความร้อนออกไป และน้ำมาบางส่วนที่ได้รับความร้อนจะระเหยเป็นไอน้ำ ทำให้อากาศเย็นลง เหมือนกับเวลาที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำจะรู้สึกเย็น [5, 6] แต่อย่างไรก็ตามวัสดุที่ใช้ในระบบทำความเย็นแบบระเหย มีราคาสูงมาก เช่น เซลลูโลส ซึ่งทำให้เกิดข้อจำกัดในการนำไปใช้กันโดยทั่วไป ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาและทดสอบวัสดุทดแทนและวัสดุภายในท้องถิ่น เพื่อใช้ในระบบการปรับอากาศด้วยวิธีนี้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของวัสดุทดแทนในระบบทำความเย็นแบบระเหยในการลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้น

1.2.2 ศึกษาและวิเคราะห์ความดันตกคร่อมและประสิทธิภาพของวัสดุทดแทน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ใช้อุณหภูมิน้ำที่ $30 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ ในการทดลอง

1.3.2 ควบคุมความเร็วอากาศขาเข้า 1.0 เมตรต่อวินาที

1.3.3 กำหนดพื้นที่ผิวเปียก $0.22 \times 0.22 \times 0.15$ เมตร

1.3.4 ศึกษาและทดสอบวัสดุทดแทนและรูปแบบการจัดเรียง 6 ชนิด ได้แก่ แผ่นเซลล์โลส เส้นใยมะพร้าว และตาข่ายพรางแสง 60 และ 80% เป็นต้น

1.3.5 สภาวะอากาศขาเข้าในการทดลอง $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$

1.3.6 ความชื้นขาเข้าในการทดลอง 60 ± 2 , 70 ± 2 และ $80 \pm 2\%$ RH

1.4 ขั้นตอนการวิจัย

1.4.1 รวบรวมข้อมูลและศึกษาเกี่ยวกับระบบทำความเย็นแบบระเหยและหลักการทำงานของเครื่องผิวเปียก

1.4.2 ทำการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุทดแทนแต่ละชนิดที่นำมาใช้เป็นผิวเปียก

1.4.3 วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการทดลอง

1.5 นิยามคำศัพท์เฉพาะ

1.5.1 ระบบทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative Cooling) คือ ระบบปรับอากาศที่ลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นในอากาศ ทำให้อากาศเย็นลง โดยมีหลักการทำให้อุณหภูมิในอากาศลดลงเมื่ออากาศร้อนสัมผัสกับน้ำ ความชื้นในอากาศจะเพิ่มขึ้น ทำให้อุณหภูมิในอากาศลดลง

1.5.2 แผ่นผิวเปียก หรือแผ่นทำความเย็น (Cooling pad) คือ วัสดุตัวกลางที่ใช้เป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนในอากาศ โดยการทำให้แผ่นผิวเปียกหรือแผ่นทำความเย็นเปียก เมื่ออากาศร้อนผ่านแผ่นผิวเปียกจะทำให้อากาศที่ไหลผ่านมีอุณหภูมิลดลง

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบทำความเย็นแบบระเหย

ปัจจัยที่สำคัญของการลดลงของผลผลิตทางการเกษตร คือ อากาศ อุณหภูมิ และความชื้น เนื่องจากอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปในปัจจุบัน อุณหภูมิที่สูงขึ้น และความชื้นที่ไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ เครื่องปรับอากาศระบบทำความเย็นแบบระเหย เป็นทางเลือกที่ดีทางหนึ่งในการปรับอากาศ [7] หลักการของการทำความเย็นแบบระเหย เป็นวิธีการปรับอากาศเก่าแก่ที่มนุษย์เรารู้จักกันดี โดยการใช้น้ำในการแลกเปลี่ยนความร้อนในการอากาศ เมื่ออากาศร้อนผ่านผิวน้ำ จะทำให้อากาศมีอุณหภูมิที่ลดลงจากเดิม ในยุคก่อนวิทยาศาสตร์ในเขตภูมิอากาศที่ร้อนมากๆ Hassan Fathy (1900-1989) [3] สถาปนิกชาวอิยิปต์ ได้ทำการวางแผนดินเหนียวที่มีรูพรุน และเหยือกดินเผาที่ใส่น้ำวางไว้ตรงหน้าต่าง เพื่อระบายอากาศ เรียกกระบวนการนี้ว่า การทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง เนื่องจากอากาศจากภายนอกสัมผัสกับน้ำโดยตรง แนวคิดนี้ถือเป็นต้นแบบของระบบทำความเย็นแบบระเหย

ระบบการทำความเย็นแบบระเหยมี 3 แบบ คือ ระบบทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง (Direct evaporative cooling : DEC) เป็นระบบที่ทำให้อากาศ สัมผัสกับน้ำโดยตรง เพื่อลดอุณหภูมิของอากาศที่เข้ามา ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ แบบที่ไม่มีตัวกลาง ลักษณะนี้จะเป็นการสัมผัสโดยตรงระหว่างน้ำและอากาศ และแบบมีตัวกลาง (Media) ทำหน้าที่เพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างน้ำและอากาศ และทำหน้าที่เป็นตัวหน่วงเวลาในการสัมผัสระหว่างน้ำและอากาศอีกด้วย และระบบทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม (Indirect evaporative cooling : IEC) เป็นระบบที่พัฒนามาจาก DEC โดยนำอากาศที่ออกจากระบบทำความเย็นมาแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อลดความชื้นในอากาศและทำให้ประสิทธิภาพของอากาศเพิ่มมากขึ้นด้วย และการทำความเย็นแบบรวมทั้งโดยตรงและโดยอ้อมนั้น เป็นการเพิ่มความสามารถในการลดอุณหภูมิทำให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ระบบการทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง เป็นพื้นฐานของระบบการทำความเย็นและนิยมใช้กัน ซึ่งมีกระบวนการง่ายๆ คือ ให้อากาศสัมผัสกับน้ำโดยตรง ก็ทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลงได้ จะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์เชิงกลและความร้อนของอากาศและน้ำ [8] ขณะที่ระบบการทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม จะขึ้นอยู่กับการถ่ายเทความร้อนและมวลระหว่างกระแสอากาศ อุณหภูมิอากาศที่ทิ้งไว้จะลดลงโดยการแปลงความร้อนที่เหมาะสมเป็นความร้อนแฝงผ่านการระเหยของน้ำ [9]

การทำความเย็นแบบระเหยเป็นหนึ่งในวิธีการทำความเย็นแบบยั่งยืน ที่สามารถลดอุณหภูมิอากาศภายในอาคารได้ ซึ่งระบบนี้ช่วยลดการใช้พลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เมื่ออากาศไหล

ผ่านผิวหนัง น้ำจะระเหยกลายเป็นไอน้ำสู่อากาศ ส่งผลให้อุณหภูมิลดลง และความชื้นเพิ่มขึ้น [7] ระบบทำความเย็นแบบระเหยเป็นที่นิยมในการทำความเย็นในครัวเรือนในพื้นที่แห้งแล้ง เนื่องจากต้นทุนเริ่มแรกและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่ำ เมื่อเทียบการทำความเย็นแบบตู้เย็น [10]

2.2 การถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อน คือ การที่ความร้อนเคลื่อนที่จากบริเวณหนึ่งสู่บริเวณหนึ่งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยที่จะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งการถ่ายเทความร้อนจะเกี่ยวข้องกับงาน การเคลื่อนที่ของความร้อนสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด [11, 12] ดังนี้

2.2.1 การนำความร้อน คือ การถ่ายเทความร้อนของของแข็งโดยวัตถุอยู่กับที่ มีเพียงความร้อนเท่านั้นที่เคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิที่สูงกว่าไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า การนำความร้อนจะเกิดขึ้นเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิและพลังงานจลน์ โดยทั่วไปของแข็งจะมีการนำความร้อนได้ดีกว่าของเหลวและแก๊ส ส่วนมากจะเป็นพวกที่ทึบแสง ซึ่งโลหะที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีจะเป็นตัวนำความร้อนที่ดีด้วย ได้แก่ ทองแดง เหล็ก และเงิน เป็นต้น

สมการของการนำความร้อน

$$Q_x = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.1)$$

หรือ

$$q_x = \frac{Q_x}{A} = -k \frac{dT}{dx} \quad (2.2)$$

โดยที่ Q_x คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้นที่หน้าตัดในทิศทางที่พิจารณา (W)

q_x คือ ปริมาณความร้อนต่อหน่วยหนึ่งพื้นที่ (W / m^2)

k คือ ค่าการนำความร้อนของวัสดุ ($W / m^{\circ}C$)

2.2.2 การพาความร้อน คือ การถ่ายเทความร้อนในของไหล (ของเหลวและแก๊ส) โดยที่อุณหภูมิของไหลและผิวของของแข็งมีค่าแตกต่างกัน จะเกิดขึ้นเมื่อของไหลเคลื่อนที่สัมผัสกับผิวของของแข็ง

การพาความร้อนมี 2 วิธี คือ เคลื่อนที่โดยอาศัยและไม่อาศัยแรงจากภายนอก

1. การพาความร้อนโดยอาศัยแรงจากภายนอก หรือ การพาความร้อนแบบบังคับ (Forced convection) คือ การเคลื่อนที่ของของไหลเกิดขึ้นโดยการทำขึ้นเองโดยใช้ปั๊มหรือพัดลม เป็นตัวทำให้เกิดแรงกระทำของไหลไหลผ่านบนพื้นผิว

2. การพาความร้อนโดยไม่อาศัยแรงจากภายนอก หรือ การพาความร้อนแบบอิสระ หรือแบบธรรมชาติ (Free or natural convection) คือ การเคลื่อนที่ของของไหลเกิดจาก

แรงลอยตัว ซึ่งเป็นผลมาจากความหนาแน่นที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในของไหล

2.2.3 การแผ่รังสีความร้อน วัตถุทุกชนิดมีการแผ่และดูดซับรังสีความร้อนหรือที่เรียกว่า "รังสีอินฟราเรด (Infrared Radiation, IR)" โดยรังสีอินฟราเรดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้โดยไม่ต้องผ่านตัวกลาง จึงแตกต่างจากการนำความร้อนและการพาความร้อนที่ต้องอาศัยอนุภาคของตัวกลางในการถ่ายโอนความร้อน

การแผ่รังสีความร้อนจะมีลักษณะการแผ่ออกไปในทุกทิศทางรอบจุดกำเนิดหรือวัตถุ โดยวัตถุที่มีความร้อนมากกว่าจะแผ่รังสีได้มากกว่า เช่น ดวงอาทิตย์แผ่รังสีความร้อนได้มากกว่ากาแล็กซี่ในแก้ว ส่วนความสามารถในการดูดซับความร้อนก็จะแตกต่างกันออกไปขึ้นกับลักษณะและสมบัติของวัตถุนั้น ๆ เช่น วัสดุสีเข้ม ด้าน จะสามารถแผ่และดูดซับความร้อนได้ดีกว่าวัตถุที่มีสีอ่อนและมันวาว หรือหากวัตถุสองชิ้นทำจากวัสดุชนิดเดียวกัน ปริมาณเท่ากัน วัตถุที่มีลักษณะแบนและบาง จะสามารถแผ่รังสีความร้อนได้เร็วกว่าวัตถุที่หนา

2.3 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

เนื่องจากค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนนั้น จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการไม่ว่าจะเป็นความเร็วของการไหล คุณสมบัติของการไหล เป็นต้น ซึ่งในการกำหนดสมการจะให้ตัวแปรที่อยู่ในสมการมีค่อนข้างน้อยการกำหนดในรูปกลุ่มตัวแปรไร้มิติ ก็คือ การนำสมการดังกล่าวไปใช้จะมีความสะดวกมากยิ่งขึ้นในกรณีที่ลักษณะของการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลมีลักษณะคล้ายกันแต่มีขนาดต่างกัน การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวล

2.4 คุณสมบัติไซโครเมตริกของอากาศ

ไซโครเมตริกเป็นการศึกษาถึงคุณสมบัติของผสมระหว่างอากาศและไอน้ำ ซึ่งมีความสำคัญมากต่อการปรับอากาศ เนื่องจากในอากาศจะมีไอน้ำปนอยู่ ทำให้ไม่ได้แห้งสนิท ซึ่งในเรื่องไซโครเมตริกได้อธิบายถึงกระบวนการเพิ่มและลดไอน้ำออกจากอากาศ [12]

2.4.1 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature) อากาศที่อุณหภูมิใด ๆ เหนืออุณหภูมิอิ่มตัวกระทำต่อความดันของไอน้ำ ส่งผลทำให้ไอน้ำในอากาศเป็นไอร้อนยิ่งยวด ในอีกทางหนึ่งเมื่ออากาศมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิอิ่มตัวกระทำกับความดันของไอน้ำ ไอน้ำในอากาศจะกลายเป็นไอน้ำอิ่มตัว อุณหภูมิซึ่งไอน้ำในอากาศเป็นน้ำอิ่มตัวเรียกว่า อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (DP) ของอากาศ เมื่อรู้ค่าความดันของไอน้ำอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศสามารถที่จะคำนวณได้จากตารางไอน้ำ ในทางกลับกันเมื่อรู้อุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศ ความดันของไอน้ำสามารถที่จะคำนวณได้จากตารางไอน้ำเช่นเดียวกัน อุณหภูมิของจุดน้ำค้างจะขึ้นอยู่กับปริมาณมวลของไอน้ำในอากาศเท่านั้น ในขณะที่มวลของไอน้ำต่อหน่วยปริมาตรของอากาศไม่เปลี่ยนแปลง อุณหภูมิจุดน้ำค้างก็จะคงที่ด้วย

การเพิ่มของจำนวนไอน้ำในอากาศ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความดันไอน้ำและอุณหภูมิจุดน้ำค้างก็จะเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันเมื่อจำนวนไอน้ำในอากาศลดลง ความดันไอน้ำก็จะลดลงและอุณหภูมิจุดน้ำค้างก็จะลดลง

2.4.2 ความชื้นสมบูรณ์ (Absolute Humidity)

ความชื้นสมบูรณ์ คือ มวลไอน้ำของอากาศต่อปริมาตรของสภาวะอากาศนั้น ความชื้นสมบูรณ์ยังมีอีกชื่อหนึ่งว่าความหนาแน่นไอน้ำ มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (g/m^3) หรือกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3)

2.4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

ความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นจำเพาะของอากาศ ปริมาณของไอน้ำในอากาศอาจถูกกำหนดได้หลายวิธี วิธีที่นิยมใช้คือการกำหนดมวลของไอน้ำที่มีอยู่ในหนึ่งหน่วยมวลของอากาศแห้ง ซึ่งเราจะเรียกการกำหนดโดยวิธีนี้ว่าความชื้นสมบูรณ์หรือความชื้นจำเพาะ (Absolute or specific humidity) และอาจถูกกำหนดด้วยสัญลักษณ์

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} \text{ (kg water vapor/kg dry air)} \quad (2.3)$$

นอกจากนี้ความชื้นจำเพาะยังสามารถถูกกำหนดได้ดังนี้ คือ

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = \frac{P_v / R_v}{P_a / R_a} = 0.622 \frac{P_v}{P_a} \quad (2.4)$$

หรือ

$$\omega = \frac{0.622P_v}{P - P_v} \text{ (kg water vapor/kg dry air)} \quad (2.5)$$

เมื่อ P คือความดันรวม

พิจารณาอากาศแห้ง 1 kg จากนิยามที่กำหนด อากาศแห้งที่ไม่มีไอน้ำอยู่จะมีค่าความชื้นจำเพาะเท่ากับศูนย์ ถ้าเติมไอน้ำบางส่วนเข้าไปในอากาศแห้งนี้ความชื้นจำเพาะก็จะเพิ่มมากขึ้น และถ้าเติมไอน้ำหรือความชื้นเพิ่มต่อไปอีกความชื้นจำเพาะของอากาศก็จะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งอากาศจะไม่สามารถความชื้นเพิ่มมากขึ้นได้อีก อากาศจุดนี้เป็นอากาศที่อิ่มตัวด้วยความชื้นและจะถูกเรียกว่าอากาศอิ่มตัว (saturated air) ความชื้นที่ถูกป้อนให้กับอากาศอิ่มตัวจะเกิดการควบแน่น ปริมาณของไอน้ำในอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิและความดันใดๆ โดยแทนเทอม P_v ด้วย P_g ซึ่งเป็นค่าความดันอิ่มตัวของน้ำที่อุณหภูมินั้นๆ ปริมาณความชื้นในอากาศจะมีผลต่อความรู้สึกในความสบายของร่างกาย แต่ระดับความรู้สึกในความสบายนั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ m_g เทียบกับปริมาณความชื้น

มากที่สุดที่จะมีอยู่ได้ในอากาศที่อุณหภูมิเดียวกัน m_v มากกว่าซึ่งอัตราส่วนระหว่างปริมาณทั้งสองนี้ จะถูกเรียกว่าความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity: ϕ)

$$\phi = \frac{m_v}{m_g} = \frac{P_v / (R_v T)}{P_a / (R_a T)} = \frac{P_v}{P_g} \quad (2.6)$$

$$P_g = P_{\text{sat}@T} \quad (2.7)$$

เมื่อเรารวมสมการ 2.5 และ 2.6 เข้าด้วยกัน เราสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับความชื้นสัมบูรณ์ได้ดังนี้

$$\phi = \frac{\omega P}{(0.622 + \omega) P_g} \quad \text{และ} \quad \omega = \frac{0.622 \phi P_g}{P - \phi P_g} \quad (2.8)$$

ความชื้นสัมพัทธ์จะมีค่าตั้งแต่ 0 สำหรับอากาศแห้งจนถึง 1 สำหรับอากาศอิ่มตัวข้อสังเกตคือปริมาณความชื้นที่สามารถมีอยู่ได้ในอากาศจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศดังนั้นความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิเมื่อความชื้นจำเพาะจะมีค่าคงที่

2.4.4 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature, DBT)

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง หมายถึงอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะแห้ง ในการวัดจะต้องให้กระเปาะอยู่ในที่อากาศ ถ่ายเทได้สะดวก เพื่อที่อ่านได้ถูกต้องและป้องกันค่าที่ผิดพลาดจากการแผ่รังสี

2.4.5 อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature, WBT)

อุณหภูมิกระเปาะเปียก หมายถึงอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะหุ้มด้วยผ้าที่ชื้น โดยมีกระแสลมที่มีความเร็วระหว่าง 5 และ 10 เมตรต่อวินาที ที่พัดผ่านกระเปาะ

2.4.6 เอนทาลปีของอากาศ (Enthalpy of air)

อากาศจะประกอบด้วย ความร้อนสองลักษณะ คือ ความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝง ความร้อนของอากาศทั้งหมดของ อากาศที่สภาวะใดๆ เป็นผลรวมของ ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง

1. ความร้อนสัมผัสของอากาศ (Sensible heat of air, H_s)

สำหรับค่าที่กำหนดให้ใดๆของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง ความร้อนสัมผัสของอากาศ หาได้จากสมการดังนี้

$$H_s = m C_p (DB) \quad (2.9)$$

เมื่อ H_s = ความร้อนสัมผัสของอากาศ

m = จำนวนมวลของอากาศ

C_p = ความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่ = 1 kJ/kg.K

DB = อุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง

h_s = เอนทัลปีจำเพาะของอากาศแห้ง

2. ความร้อนแฝงของอากาศ (Latent heat of air, H_L)

ความร้อนแฝงของอากาศ คือ ความร้อนแฝงของไอน้ำในอากาศ เพราะว่าจำนวนความร้อนแฝงที่กำหนดปริมาณของอากาศจะขึ้นอยู่กับมวลของไอน้ำในอากาศ และความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำจะตรงกับอุณหภูมิอิ่มตัวของน้ำ

$$H_L = (m)(w)h_w \quad (2.10)$$

เมื่อ H_L = ความร้อนแฝงของอากาศ (kJ) ที่มีอัตราส่วนความชื้น

m = จำนวนมวลของอากาศ

w = อัตราส่วนความชื้น

h_w = เอนทัลปีจำเพาะของไอน้ำในอากาศโดยปกติใช้ค่า hg ของไอน้ำ (hg) สำหรับอากาศ 1 kg

3. ความร้อนของอากาศ (Total heat of air, h_t)

ความร้อน (เอนทัลปี) ของอากาศ คือการรวมผลของความร้อนสัมผัสของอากาศ (เอนทัลปีของอากาศแห้ง) และความร้อนแฝงของอากาศ(เอนทัลปีของไอน้ำ)ตั้งนั้นสำหรับอากาศ 1 kg

$$h_L = h_t + h_s \quad (2.11)$$

เมื่อ h_t = เอนทัลปีของอากาศชื้น (kJ/kg)

h_s = เอนทัลปีของอากาศแห้ง (kJ/kg)

h_L = เอนทัลปีของไอน้ำ (kJ/kg) สำหรับอากาศ m/kg

$$H_t = (m)(h_t) \quad (2.12)$$

H_t = เอนทัลปีของอากาศจำนวน m/kg

การถ่ายเทความร้อนทั้งหมด (Q) ที่อากาศได้รับหรือคายออก เมื่ออากาศได้รับความร้อนหรือความเย็นตามลำดับ อาจจะคำนวณจากสมการต่อไปนี้

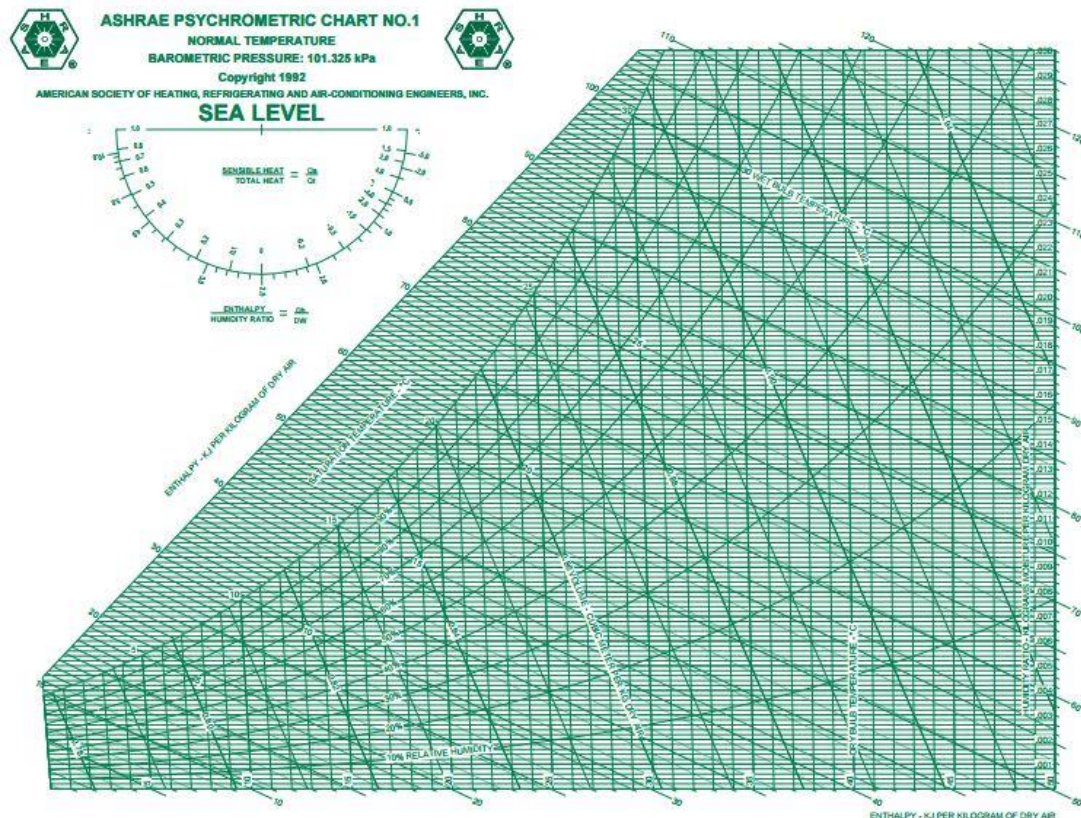
$$h_L = h_t + h_s \quad (2.13)$$

2.4.7 ความดันไอ (Vapor Pressure)

ความดันไอ คือ ความดันย่อยที่กระทำโดยโมเลกุลของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศชื้น ถ้าอากาศชื้นอิ่มตัวไปด้วยไอน้ำ เรียกว่าความดันไออิ่มตัว (Saturated Vapor Pressure) ซึ่งค่าความดันไอนี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

2.4.8 แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychometrics charts)

แผนภูมิไซโครเมตริก เป็นแผนภาพแสดงสภาวะอากาศที่เกิดขึ้นในกระบวนการปรับอากาศจากแผนภูมิไซโครเมตริกทำให้เราทราบถึงค่าคุณสมบัติของอากาศในจุดต่าง ๆ และยังสามารถประเมินภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศเพื่อนำไปสู่การหาค่าพลังงานปรับอากาศต่อไป



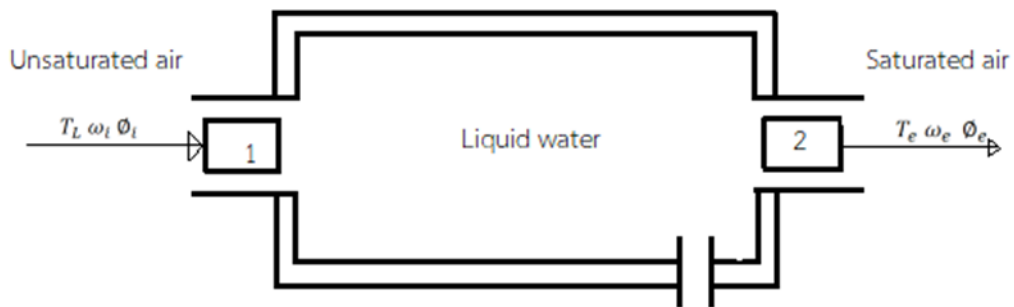
รูปที่ 2.1 แผนภูมิไซโครเมตริก

ที่มา: <https://ienergyguru.com/2015/09/psychometric-charts/>

2.5 หลักการของกระบวนการอะเดียบาติก (Adiabatic Saturation Process)

ระบบอะเดียบาติกประกอบด้วยช่องความยาวที่หุ้มฉนวนที่บรรจุน้ำอยู่ภายใน เมื่ออากาศที่ไม่อิ่มตัวที่สภาวะคงตัว (Steady) มีสัดส่วนความชื้น (Humidity Ratio, ω_1), ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity, ϕ), อุณหภูมิ (T_1) และเอนทาลปี (h_1) เคลื่อนที่ผ่านช่องตำแหน่งที่ 1 ขณะที่อากาศไหลผ่านน้ำน้ำจะดึงเอาความร้อนจากอากาศมาใช้ในการระเหยจากของเหลวเป็นไอทำให้อากาศที่ทางออกมีปริมาณไอน้ำเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิลดต่ำลงเป็น T_e โดย ($T_e < T_1$) และมีสัดส่วนส่วนความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น ω_e ซึ่ง ($\omega_e > \omega_1$) และถ้ากระแสอากาศที่ทางออกเป็นอากาศอิ่มตัว ($\phi = 100\%$) ที่อุณหภูมิ T_e ซึ่งจะเรียกว่าเป็น Adiabatic Saturation Temperature จะเห็นได้ว่าอากาศถูกดึงความร้อนสัมผัสมาใช้ในการเปลี่ยนสถานะของน้ำแต่ก็มีความร้อนแฝง

ของการระเหย ถ่ายเทกลับไปให้อากาศ ดังนั้นกระบวนการอะเดียบาติกจึงถือได้ว่าเป็นกระบวนการเอนทัลปีคงที่ ($h_i = h_e$) สำหรับระบบความเย็นแบบระเหยถึงแม้จะทำงานตามกระบวนการ แต่ก็มีข้อแตกต่างกันตรงที่ระบบทำความเย็นแบบระเหยจะไม่สามารถทำให้อากาศที่ทางออกถึงจุดอิ่มตัวได้ จึงเป็นกระบวนการที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนในระบบทำความเย็นแบบระเหยจะทำให้สมบูรณ์ จะต้องจ่ายน้ำในปริมาณที่มากพอที่จะระเหยทำให้อากาศอิ่มตัวไปด้วยน้ำ แต่ในระบบทำความเย็นจะถูกจำกัด โดยคุณสมบัติของผิวเปียกหรือตัวกลางที่ใช้ในการเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศ [13]



รูปที่ 2.2 หลักการของกระบวนการอะเดียบาติก

กระบวนการอะเดียบาติกจะพิจารณาเป็นกระบวนการไหลแบบคงตัว (Steady Flow) ซึ่งไม่มีความร้อนหรืองานเข้ามาเกี่ยวข้องกับพลังงานจลน์และพลังงานศักย์จะไม่นำมาคิดในสมดุลพลังงานนี้ สมการพลังงานสำหรับส่วนผสมของไอน้ำระหว่างอากาศกับน้ำสามารถแยกพิจารณาได้ 2 ส่วน

2.5.1 กฎอนุรักษ์มวลการไหลคงตัว

$$\dot{m}_{a_i} = \dot{m}_{a_e} = \dot{m}_a \quad (2.14)$$

อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศแห้งคงที่

$$\dot{m}_a \omega_i + \dot{m}_e = \dot{m}_a \omega_a \quad (2.15)$$

อัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำในอากาศจะเพิ่มขึ้นในปริมาณที่เท่ากับอัตราของการระเหยของน้ำ (\dot{m}_e)

2.5.2 กฎการอนุรักษ์พลังงานของการไหลคงตัว

$$q - \dot{w} = \Delta H + \Delta KE + \Delta PE \quad (2.16)$$

เมื่อ q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน (kJ/s)

\dot{W} คือ งาน (kJ)

ΔH คือ ผลต่างของเอนทัลปี (kJ)

ΔKE คือ ผลต่างของพลังงานจลน์ (kJ)

ΔPE คือ ผลต่างของพลังงานศักย์ (kJ)

ในกรณีที่ไม่มี การเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์ พลังงานจลน์ และงาน เกิดขึ้นตั้งนั้น $\Delta KE \Delta PE$ และ \dot{W} มีค่าเท่ากับศูนย์ จะได้

$$q = \Delta H \quad (2.17)$$

$$\sum m_i h_i = \sum m_e h_e + q \quad (2.18)$$

$$\dot{m}_a h_i + \dot{m}_e h_w = \dot{m}_a h_e + q \quad (2.19)$$

แทนค่า \dot{m}_e ลงในสมการ โดยที่ $\dot{m}_e = \dot{m}_a (\omega_e - \omega_i)$ จะได้

$$\dot{m}_a h_i + \dot{m}_a (\omega_e - \omega_i) h_w = \dot{m}_a h_e + q \quad (2.20)$$

หาร \dot{m}_a ตลอดสมการได้

$$h_i + (\omega_e - \omega_i) h_w = h_e + \frac{q}{\dot{m}_a} \quad (2.21)$$

จาก $h = h_a + \omega h_g$ และจัดรูปสมการใหม่ จะได้

$$(h_{a_i} + \omega h_{g_i}) + (\omega_e - \omega_i) h_w = (h_{a_e} + \omega h_{g_e}) + \frac{q}{\dot{m}_a} \quad (2.22)$$

2.6 กระบวนการปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศ คือ กระบวนการรักษาสภาวะอากาศโดยการควบคุม อุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาด การกระจายลม และเสียง ให้เกิดความรู้สึกสบายต่อผู้อยู่อาศัยในอาคารธุรกิจและ/หรือ เกิดสภาวะอากาศตามความต้องการในโรงงานอุตสาหกรรม [14]

ระบบปรับอากาศเป็นการประยุกต์การใช้งานของระบบทำความเย็น ดังนั้น การทำงานในอุปกรณ์หลักจะเหมือนระบบทำความเย็น ส่วนใหญ่เราใช้ระบบปรับอากาศเพื่อความสบายโดยเฉพาะ ในส่วนสำนักงาน เพราะประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น สำหรับอุตสาหกรรมบางประเภทมีการใช้ระบบปรับอากาศในกระบวนการผลิตเพื่อรักษาอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสม รวมทั้งการใช้เพื่อระบายความร้อนให้กับอุปกรณ์หรือเครื่องจักรในกระบวนการผลิต

2.7 ระบบทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative Cooling System)

ระบบทำความเย็นแบบระเหย เป็นระบบพื้นฐานของการทำความเย็นที่สามารถทำได้ง่าย ๆ โดยการทำให้อากาศร้อนสัมผัสกับน้ำโดยตรง เมื่ออากาศร้อนสัมผัสกับน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า จะเกิดการถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปสู่ น้ำ ทำให้อากาศมีอุณหภูมิลดลงและเพิ่มอุณหภูมิในอากาศอีกด้วย

2.7.1 แผ่นทำความเย็นแบบระเหย หรือแผ่นผิวเปียก (Cooling pad)

แผ่นผิวเปียก หรือแผ่นทำความเย็น (Cooling pad) คือ วัสดุที่ใช้เป็นตัวกลางในการลดอุณหภูมิในระบบทำความเย็นแบบระเหย โดยวัสดุจะถูกทำให้เปียกน้ำด้วยการสเปรย์น้ำลงบนผิวเปียก เมื่ออากาศไหลผ่านเข้าระบบ และผ่านตัวกลางผิวเปียก น้ำจะแลกเปลี่ยนความร้อนในอากาศ ทำให้อากาศที่ไหลออกจากระบบมีอุณหภูมิลดลง และน้ำที่เหลือจะไหลลงสู่ถาดรองน้ำด้านล่าง และถูกปล่อยลงสู่ถังพักน้ำ จากนั้นจะถูกดูดกลับไปสเปรย์ลงบนแผ่นผิวเปียกอีกครั้งด้วยปั้มน้ำ และจะทำในลักษณะนี้ซ้ำตลอดระยะเวลาของการทำงานของระบบทำความเย็นแบบระเหย [3] ซึ่งแผ่นทำความเย็นที่นิยมใช้โดยทั่วไป คือ แผ่นเซลลูโลส (Cellulose pad) ที่มีราคาสูง ไม่เหมาะกับการนำมาใช้ปรับอากาศในโรงเรือนเพาะปลูกหรือเลี้ยงสัตว์ เนื่องจากค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง จึงต้องหาวัสดุอื่นมาทดแทน โดยจากการศึกษาก่อนหน้าวัสดุที่ใช้ในเป็นแผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากเส้นใยพืชหลายชนิดถูกนำมาใช้ เช่น แกลบ ไยบวบ ไยมะพร้าว เป็นต้น นอกจากนี้วัสดุที่ไม่ใช่ธรรมชาติเหล่านี้สามารถนำมาใช้เป็นแผ่นทำความเย็นได้ ได้แก่ เซรามิก พลาสติก และกระดาษ [15] ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิที่ดี

Abdollah et al. (2011) [16] ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของแผ่นเซลลูโลส 2 ชนิด คือ 5090 และ 7090 ขนาด $0.5 \times 0.5 \text{ m}^2$ กำหนดความหนา 3 ขนาด คือ 75, 100 และ 150 mm และความเร็วลมที่ 1.8, 2.3, 2.6, 3, 3.2, 3.6 และ 4 m/s โดยทำการทดสอบในอุโมงค์ลมที่ทำด้วยพลาสติก จากการทดลองพบว่า เซลลูโลส 5090 ที่มีขนาด 150 mm มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ความเร็วลม 1.8 m/s ในทางตรงกันข้ามที่ความเร็วที่ 1.8 m/s ความดันตกคร่อมต่ำที่สุด สรุปได้ว่า ความหนาของแผ่นเซลลูโลสและความเร็วลมมีผลต่อประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็น ความหนามากทำให้ได้ประสิทธิภาพมากกว่าตรงข้ามกับความเร็วลม

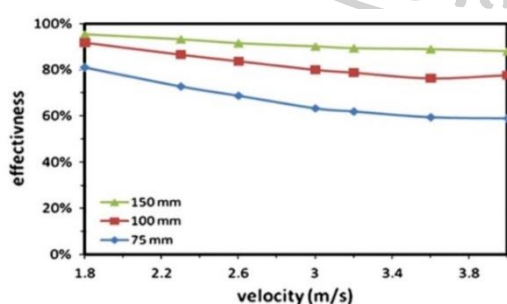


Fig. 8a. Effectiveness of pad 5090.

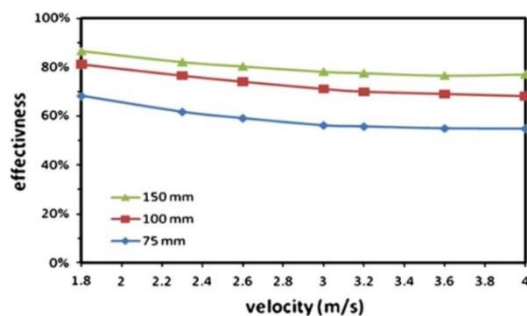


Fig. 8b. Effectiveness of pad 7090.

รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความเร็วลมที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแผ่นเซลลูโลส [16]

Warke et al. (2017) [17] ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของแผ่นเซลลูโลส 2 ชนิด คือ 5090 และ 7090 ขนาด $0.35 \times 0.35 \text{ m}^2$ กำหนดความหนา 3 ขนาด คือ 50, 100 และ 150 mm และความเร็วมวลที่ 1.6, 2.3, 2.6, 3, 3.2, 3.6 และ 4 m/s ได้ทำการทดสอบในอุโมงค์ลมโดยควบคุมอุณหภูมิและความชื้น จากการทดสอบพบว่า แผ่นเซลลูโลส 5090 จะมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ความเร็วมวล 1.6 m/s ที่ความหนา 150 mm ขณะที่ความดันตกคร่อมต่ำสุด คือแผ่นเซลลูโลส 7090 ที่ความหนา 50 mm ความเร็วมวล 1.6 m/s และอัตราการระเหยน้ำต่ำสุดประมาณ 0.06 Lit/min ประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นทำความเย็น ประสิทธิภาพของแผ่นเซลลูโลสที่ความหนา 150 mm มีประสิทธิภาพอิมตัวมากกว่าวัสดุอื่นที่นำมาใช้เป็นแผ่นผิวเปียก ประสิทธิภาพสูงสุดของเซลลูโลส เท่ากับ 90.37% ในขณะที่แผ่นผิวเปียกจาก aspen ที่มีความหนา 36 mm มีประสิทธิภาพอิมตัวสูงสุด

จะเห็นได้ว่างานวิจัยของ Abdollah et al. (2011) [16] และ Warke et al. (2017) [17] มีลักษณะคล้ายกันมาก เนื่องจากทำการศึกษาแผ่นเซลลูโลส 5090 และ 7090 เหมือนกัน โดยผลการทดลองมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ ความหนาที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในขณะที่ความเร็วมวลที่ต่ำ ๆ จะส่งผลให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

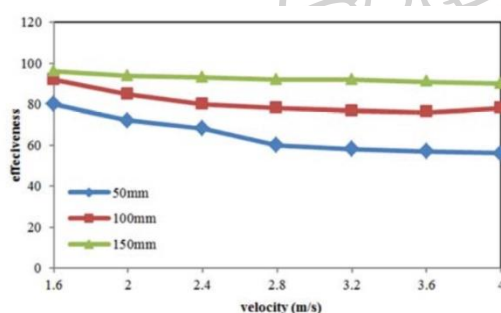


Figure 8a. Effectiveness for pad 5090.

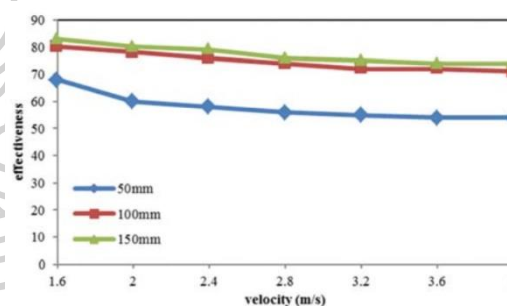


Figure 8b. Effectiveness for pad 7090.

รูปที่ 2.4 กราฟแสดงความเร็วมวลที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแผ่นเซลลูโลส [17]

Maurya et al. (2014) [18] ได้ทำการศึกษาแผ่นทำความเย็น 3 ชนิด ได้แก่ เซลลูโลส เส้นใย aspen และเส้นใยมะพร้าว ศึกษาในช่วงฤดูร้อนในโบปอล อินเดีย ซึ่งมี DBT สูงสุดที่ 41.2°C และ WBT สูงสุดที่ 26.1°C ความชื้นสัมพัทธ์ 31.1% กำหนดความเร็วมวล 2 ค่า คือ 0.5 และ 3.0 m/s จากการศึกษพบว่า ประสิทธิภาพอิมตัวของเซลลูโลส aspen และเส้นใยมะพร้าวอยู่ระหว่าง 64.55 – 55.29%, 80.99 – 68.86% และ 68.15 – 50.79% ตามลำดับ สรุปได้ว่า ประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นทำความเย็น เพราะว่าความหนาที่มากกว่าทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่า ประสิทธิภาพอิมตัวขึ้นอยู่กับความเร็วมวลที่ไหลผ่านแผ่นผิวเปียก ยิ่งความเร็วมวลมากยิ่งทำให้อัตราการระเหยน้ำลดลง

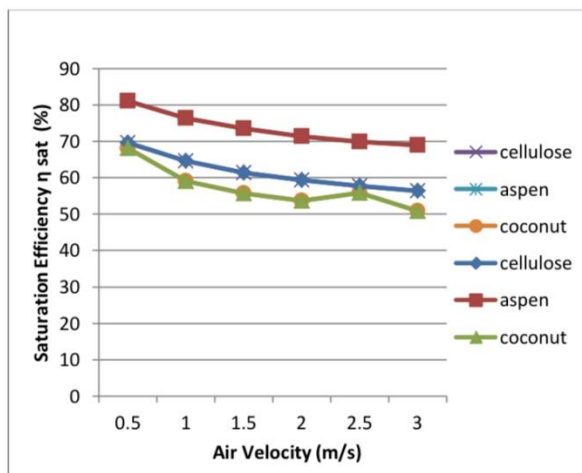


Fig. 3 Saturation efficiency of different media

รูปที่ 2.5 กราฟแสดงความเร็วลมที่มีผลต่อประสิทธิภาพอิมตัวของแผ่นเซลลูโลส [18]

งานวิจัยเกี่ยวกับระบบทำความเย็นแบบระเหยนี้ ส่วนใหญ่จะทำการศึกษาแผ่นทำความเย็นหรือแผ่นผิวเปียกที่มาจากพืช เพราะหาได้ง่าย ตามท้องถิ่นนั้นๆ และยังเป็นการใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อลดปัญหาการเผาทำลาย นอกจากนี้ยังเป็นการลดต้นทุนของวัสดุอีกด้วย เช่น แกรบ [7, 19] เส้นใยมะพร้าว [15, 18, 20] เส้นใยปาล์ม [21] เส้นใยยูคาลิปตัส [3] jute [20, 21] aspen [18, 20, 21] khus [15] luffa [21]

นอกจากการนำวัสดุจากธรรมชาติหรือจากพืชมาใช้ในการทำเป็นแผ่นผิวเปียกแล้วนั้น ยังมีการนำวัสดุอื่นๆ มาใช้อีกด้วย ซึ่งวัสดุที่นำมาใช้นั้น จะต้องเป็นวัสดุที่ความพรุน เพื่อให้อากาศสามารถไหลผ่านได้สะดวก มีความสามารถในการซับน้ำได้ดี เพื่อนำมาใช้ในการลดอุณหภูมิ และเพิ่มความชื้นในอากาศ ทำให้อากาศที่ไหลเข้ามาสู่ห้องที่ต้องการปรับอากาศ มีอากาศเย็นกว่าอากาศด้านนอกห้องวัสดุอื่น ที่ไม่ใช่พืช เช่น ขวดพลาสติก กระสอบป่าน กระดาษสา ผ้า เป็นต้น

Soponpongpiat & Kositchaimongkol (2011). [7] ได้ทำการศึกษาแผ่นผิวเปียกจากขวดพลาสติก HDPE และแกลบ โดยทำการเปรียบเทียบกับแผ่นทำความเย็นเชิงพาณิชย์ กำหนดความเร็วลมที่ 1, 2 และ 3 m/s^{-1} ควบคุมอุณหภูมิกระเปาะแห้งและเปียกที่ขาเข้า เท่ากับ $30.1 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $23.2 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ ซึ่งวัสดุผิวเปียกที่ทำการทดสอบมีความหนา 25.4 และ 50.8 mm จากผลการทดสอบพบว่า ประสิทธิภาพอิมตัวของแกลบมีค่าเท่ากับ 55.9% ซึ่งมากกว่า HDPE 26.8% ผลของความดันตกคร่อมของแกลบและ HDPE มากกว่าแผ่นทำความเย็นเชิงพาณิชย์อย่างมีนัยสำคัญผลจากการเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมส่งผลให้ประสิทธิภาพอิมตัวลดลง ขณะที่ความดันตกคร่อมเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่า แผ่นทำความเย็นที่ทำจากแกลบมีศักยภาพเทียบเท่ากับแผ่นทำความเย็นเชิงพาณิชย์ และยังมีต้นทุนต่ำกว่า เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นแผ่นผิวเปียกทดแทนแผ่นทำความเย็นเชิงพาณิชย์ที่มีราคาแพง

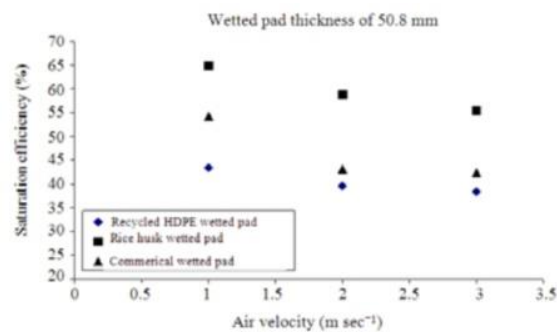


Fig. 5: Shows relationship between saturation efficiency and air velocity of 50.8 mm thickness of husk, recycled HDPE and commercial wetted pad

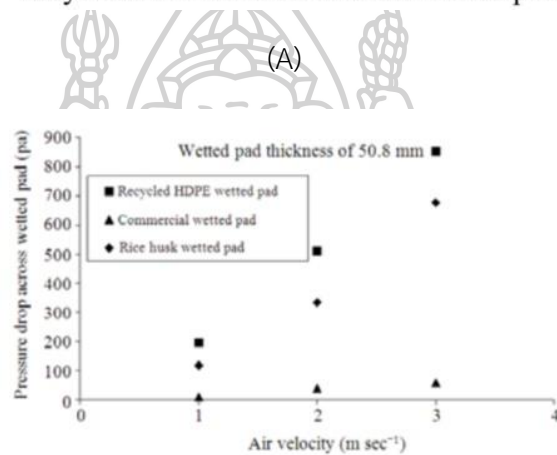


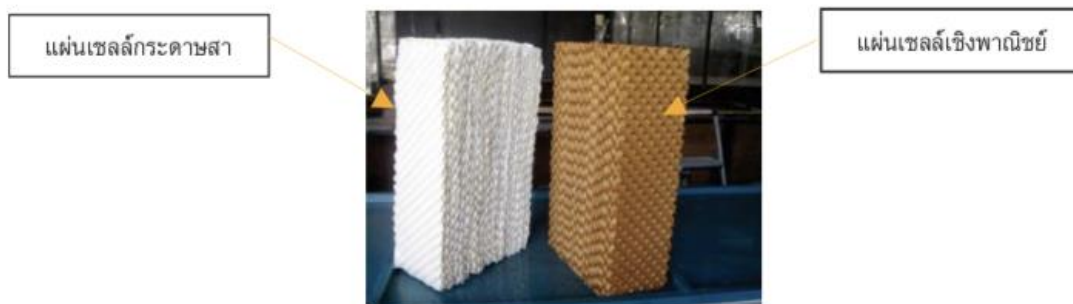
Fig. 7: Shows the relationship of air velocity and pressure drop across 50.8 mm wetted pad

รูปที่ 2.6 กราฟของความเร็วมที่มีผลต่อประสิทธิภาพอิมตัวและความดันตกคร่อม

(A) กราฟของความเร็วมที่มีผลต่อประสิทธิภาพอิมตัว (B) กราฟของความเร็วมที่มีผลต่อความดันตกคร่อมของแผ่นทำความเย็น [7]

สมชาย มณีวรรณ และชัยวัฒน์ ยิ้มช่าง (2550) [22] ได้ทำการศึกษาแผ่นเซลล์กระดาษสาเพื่อใช้ทดแทนแผ่นเซลล์โลสที่มีราคาแพง โดยขึ้นรูปกระดาษสาให้มีลักษณะ ขนาด และรูปร่างให้เหมือนกันกับแผ่นเซลล์โลส มี 2 วิธีในการขึ้นรูป คือ ใช้เซลล์โลสเป็นแบบในการขึ้นรูป และใช้แท่งเหล็ก ในการขึ้นรูป โดยกำหนดความเร็วมที่ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 m/s และอัตราการไหลของน้ำ 0.03, 0.06, 0.15 และ 0.22 kg/s จากผลการทดลองที่ได้พบว่า ประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็นทั้ง 3 แบบจะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อใช้ความเร็วมที่ 0.1 m/s และอัตราการไหลน้ำ 0.03 kg/s โดยทำการทดสอบเป็นเวลา 12 ชั่วโมง อุณหภูมิแวดล้อมในวันที่ทดสอบใกล้เคียงกันประมาณ

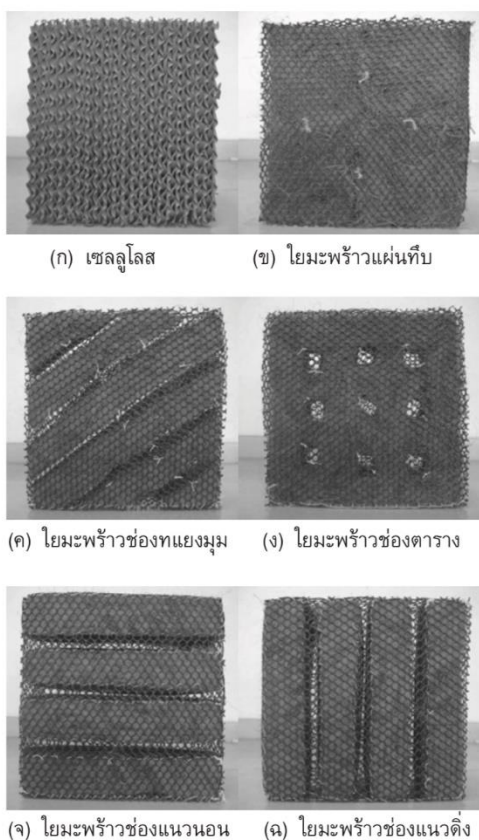
28-31°C โดยประสิทธิภาพของเซลลูโลส แผ่นทำความเย็นจากกระดาษสาที่ขึ้นรูปจากแท่งเหล็ก และแผ่นทำความเย็นที่ขึ้นรูปด้วยเซลลูโลส คือ 53.38, 50.95 และ 47.77% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพใกล้เคียงกับแผ่นทำความเย็นเชิงพาณิชย์หรือเซลลูโลสมาก ทั้งนี้แผ่นทำความเย็นที่ขึ้นรูปด้วยแท่งเหล็กมีประสิทธิภาพมากกว่าแผ่นทำความเย็นที่ขึ้นรูปด้วยเซลลูโลส เพราะมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่า



รูปที่ 3 แผ่นทำความเย็นจากกระดาษสากับแผ่นทำความเย็นเชิงพาณิชย์ที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพ

รูปที่ 2.7 แผ่นทำความเย็นจากกระดาษสาและแผ่นทำความเย็นเชิงพาณิชย์ [22]

ศิษย์ผู้วิจัย แคนลา (2549) [23] ได้ศึกษาการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของแผ่นทำความเย็นแบบกระดาษสาและแผ่นทำความเย็นเชิงพาณิชย์ โดยได้ทำการออกแบบและสร้างแผ่นทำความเย็นขนาด $30 \times 30 \text{ cm}^2$ โดยทั้ง 2 วัสดุ ความหนาที่ 5 cm มีมวล 0.12 kg และ 10 cm มีมวล 0.24 kg แผ่นทำความเย็นใยมะพร้าวที่สร้างขึ้น ถูกกำหนดให้มีการจัดเรียงทั้งสิ้น 5 รูปแบบ ดังรูปที่ ซึ่งได้แก่ แผ่นทึบ ช่องทแยงมุม ช่องตาราง ช่องแนวนอน และช่องแนวตั้ง จากการทดสอบพบว่าความหนาที่ 10 cm สามารถลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ และประสิทธิภาพอ้อมตัวสูงกว่าความหนา 5 cm เมื่อความเร็วลมเพิ่มสูงขึ้น จากการพิจารณารูปแบบของการจัดเรียงพบว่าแผ่นทำความเย็นใยมะพร้าวแบบแผ่นทึบมีประสิทธิภาพมากกว่ารูปแบบอื่น ซึ่งความสามารถในการลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้น เรียงจากมากไปน้อยได้ดังนี้ คือ แผ่นเซลลูโลส แผ่นใยมะพร้าวแบบแผ่นทึบ แผ่นใยมะพร้าวแบบทแยงมุม แผ่นใยมะพร้าวแบบช่องตาราง แผ่นใยมะพร้าวแบบช่องแนวนอน และแผ่นใยมะพร้าวแบบช่องแนวตั้ง ตามลำดับ ขณะที่ความดันตกคร่อมของแผ่นทำความเย็นมีค่าใกล้เคียงกันทั้งความหนา 5 และ 10 cm เรียงลำดับค่าความดันตกคร่อมจากน้อยไปมากได้ดังนี้ คือ แผ่นใยมะพร้าวแบบแนวตั้ง แบบแนวนอน แผ่นเซลลูโลส แผ่นใยมะพร้าวแบบช่องทแยงมุม แบบช่องตาราง และแบบทึบ



รูปที่ 6 ภาพแผ่นทำความเย็น

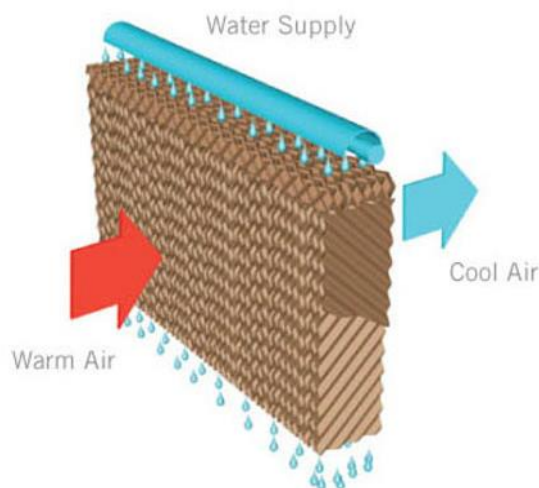
รูปที่ 2.8 รูปแบบการจัดเรียงแผ่นทำความเย็นจากเส้นโยมะพร้าว [23]

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับวัสดุทดแทนที่นำมาใช้เป็นผิวเปียก เพื่อทดแทนแผ่นเซลลูโลส (Cellulose pad) ที่มีราคาสูง เกษตรกรทั่วไปอาจไม่กำลังมากพอที่จะนำมาใช้ได้ ดังนั้น จึงได้หาวัสดุทดแทนท้องถิ่น หรือที่หาได้ง่าย โดยทั่วไป และมีราคาถูกกว่า เพื่อให้เกษตรกรสามารถนำมาใช้กันได้โดยทั่วไป โดยวัสดุทดแทนที่นำมาศึกษาเป็นผิวเปียก มีดังนี้

2.7.1.1 วัสดุที่นำมาศึกษาความเป็นผิวเปียก

- แผ่นเซลลูโลส หรือแผ่นทำความเย็น (Cellulose pad หรือ Cooling pad) ทำจากกระดาษเซลลูโลสที่ทำมาจากวัสดุฟลูอูมิเนชั่นที่ผ่านการตัดเป็นพิเศษ ผ่านการเคลือบสารเคมีให้มีความแข็งแรงและทนต่อการเกิดเชื้อรา การนำมาใช้งานจะมีการขึ้นรูปเป็นลอน กำหนดมุมไหลผ่านของน้ำและมุมไหลผ่านของอากาศ และรวมเป็นแผ่นให้มีความหนาเชื่อมต่อกัน ซึ่งมุมที่กำหนดจะมีผลต่อประสิทธิภาพของการทำความเย็น ปกติแผ่นทำความเย็นชนิดนี้จะมีความหนา 20 เซนติเมตร หรือ

30 เซนติเมตร สามารถดูดซับและกักเก็บน้ำได้ มีประสิทธิภาพในการระบายความร้อนสูง สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ตราบใดที่เกลือหรือแร่ธาตุไม่สะสมบนแผ่นอย่างเห็นได้ชัด



รูปที่ 2.9 แผ่นทำความเย็นที่ทำจากกระดาษเซลลูโลส

ที่มา : [https://www.indiantradebird.com/suvidha-cooling-towers-pvt-ltd/cellulose-cooling-pads\(product-code--sct-56\)/ITB-D53C2E](https://www.indiantradebird.com/suvidha-cooling-towers-pvt-ltd/cellulose-cooling-pads(product-code--sct-56)/ITB-D53C2E)

วัสดุแผ่นเซลลูโลสซึ่งมีคุณสมบัติดูดซับน้ำได้ดี และมีรูพรุนให้อากาศผ่านสะดวก โดยแผ่นเซลลูโลสนี้จะถูกเติมน้ำให้เปียกตลอดเวลาที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน เพื่อให้พัดลมดูดเอาไอน้ำเข้าไประบายความร้อนที่แผงคอยล์ร้อน เมื่อไอน้ำสัมผัสกับความร้อนกลายเป็นไอ จะเกิดกระบวนการดึงความร้อนแฝงจากอากาศรอบๆ ตัว ทำให้อุณหภูมิของอากาศที่ผ่านแผงคอยล์ร้อนลดลงมาก ช่วยให้เครื่องปรับอากาศระบายความร้อนออกจากระบบทำความเย็นได้ดีขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความเย็นให้กับระบบ

หลักการทำงานของแผ่นทำความเย็น คือ เมื่ออากาศสัมผัสกับน้ำพลังงานความร้อนในอากาศจะถูกนำไปใช้ในการเปลี่ยนสถานะของน้ำให้กลายเป็นไอ ทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลงมาโดยใช้แผ่นคูลิ่งแพดเป็นสื่อ คูลิ่งแพด ประกอบด้วยวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้อย่างดีเยี่ยมมาจัดเรียงในรูปแบบที่มีการจัดสรรพื้นที่สัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศสูงสุด

- ตาข่ายกรองแสง หรือที่เรานิยมเรียกกันว่า สแลน ซึ่งมีลักษณะเป็นผืน สีเขียวหรือดำ มักจะนำมาใช้กรองแสง เพื่อช่วยลดอุณหภูมิของแสงแดดให้เบาบางลง นิยมใช้ในการบังแดดให้กับพืชพรรณต่างๆ และยังช่วยบังแดดให้เราได้อีกด้วย ตาข่ายกรองแสงนั้น จะมีปริมาณเปอร์เซ็นต์การกรองแสงหลายปริมาณ เช่น กรองแสงได้ 50 60 70 หรือ 80% เป็นต้น แล้วแต่การใช้งาน



รูปที่ 2.10 ตาข่ายกรองแสง

ที่มา: <https://www.baanandbeyond.com/th/outdoor-garden/>

- เส้นใยมะพร้าว เป็นเส้นใยที่ได้มาจากส่วนที่เป็นเปลือกชั้นในที่อยู่ระหว่างผลและเปลือกชั้นนอก เป็นเส้นใยเหนียวที่มีความทนทานสูง ทนต่อความชื้นและน้ำได้ดี ซึ่งการนำใช้งาน จำเป็นจะต้องนำเส้นใยมะพร้าว แยกออกจากเปลือกนอวก่อน จากนั้นนำไปแช่น้ำ ล้างฝุ่นต่างๆออก แล้วนำมาจัดเรียงในรูปแบบต่างๆ จึงจะสามารถนำมาใช้งานได้



รูปที่ 2.11 เส้นใยมะพร้าว

ที่มา: <https://sites.google.com/a/samakkhi.ac.th/maphraw-hlak-prayochn/>

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวัดคุณสมบัติที่นำมาใช้เป็นแผ่นทำความเย็นจากวัสดุที่ไม่ใช่มาจากธรรมชาติ และเป็นวัสดุเหลือใช้ที่สามารถนำมารีไซเคิล หรือนำกลับมาใช้ซ้ำได้ เนื่องจากขวดพลาสติกและหลอดพลาสติกเป็นวัสดุที่ทนทาน มีอายุการใช้งานได้นานกว่าวัสดุที่มาจากธรรมชาติ เช่น เส้นใยมะพร้าว เส้นใยบวบ เส้นใยยูคาลิปตัส เป็นต้น ขวดและหลอดพลาสติกสามารถหาได้ง่าย เนื่องจากเป็นสิ่งที่ใช้อยู่เป็นประจำ และแน่นอนว่าการนำขวดพลาสติกมาใช้เป็นแผ่นทำความเย็นนั้น ถือเป็นวิธีการรีไซเคิลทางหนึ่ง

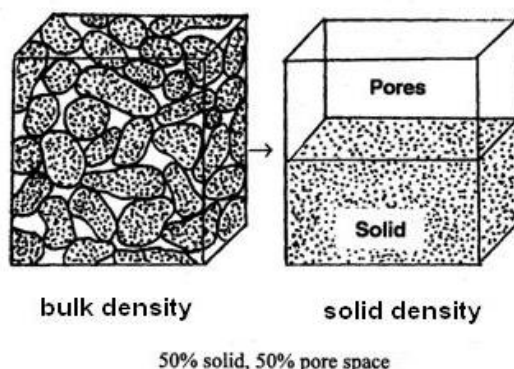
2.7.1.2 ลักษณะของการจัดเรียง

ลักษณะของการจัดรูปแบบของวัสดุที่นำมาใช้เป็นแผ่นผิวเปียกมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากจะต้องมีช่องเพื่อให้ลมผ่าน และมีองศาของช่องมุมที่เหมาะสม จากการศึกษาก่อนหน้านี้ได้มีการศึกษาการจัดเรียงหลายลักษณะ จากการศึกษาของศิษฐ์ภักดิ์ แคนลา (2549) [23] ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยระหว่างวัสดุต้นแบบโพลิเอทิลีนและเซลลูโลส ซึ่งได้ศึกษาลักษณะของการจัดเรียงเส้นโพลิเอทิลีนในลักษณะต่างๆ ในเฟรมที่ซึ่งตาย เช่น แบบแผ่นทึบ, ช่องทแยงมุม, ช่องตาราง, ช่องแนวนอน และช่องแนวตั้ง จากการศึกษาพบว่าลักษณะการจัดเรียงที่มีช่องว่างให้ลมผ่านนั้นทำให้ประสิทธิภาพในการทำควมเย็นมีมากกว่าแบบที่มีช่องให้ลมไหลผ่านได้น้อยหรือไม่มีเลย นอกจากนี้ความหนาของแผ่นทำความเย็นก็มีผลต่อประสิทธิภาพการทำควมเย็นอีกด้วย ยังมีความหนาของแผ่นทำความเย็นก็ยังมีผลตามไปด้วย เนื่องจากสามารถเก็บกักน้ำได้มาก

2.7.2 คุณสมบัติที่ใช้ในการเลือกวัสดุทดแทนที่นำมาเป็นแผ่นผิวเปียก

2.7.2.1 ความพรุน (Porosity, \mathcal{E})

ความพรุนคือ สัดส่วนช่องว่างที่มีอยู่ในกองวัสดุปริมาตรมวล หรือ อาจหมายถึงช่องว่างภายในชิ้นวัสดุ ความพรุนมีค่าเท่ากับอัตราส่วนของปริมาตร ช่องว่างหรืออากาศในกองวัสดุ หรือในชิ้นวัสดุนั้นต่อปริมาตรรวมทั้งหมด โดยความพรุนเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของวัสดุที่มีความพรุน ซึ่งนอกจากจะมีความสัมพันธ์กับปริมาตรรวมและความหนาแน่นรวม (bulk density) ของวัสดุพรุนแล้ว ยังบ่งบอกถึงความสามารถในการถ่ายเทความร้อนและความต้านทานการไหลของอากาศผ่านวัสดุ [24]



รูปที่ 2.12 การหาความพรุนของวัสดุ

ที่มา : <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0445/porosity>

ความพรุน หาได้จากการคำนวณ เมื่อทราบค่าความหนาแน่นรวม และความหนาแน่นเนื้อของวัสดุ สามารถหาค่าความพรุนได้จากสมการ

$$\mathcal{E} = \frac{V_b - V_s}{V_b} \times 100\% \quad (2.23)$$

เมื่อ \mathcal{E} = ความพรุน (%)
 V_b = ปริมาตรช่องว่างรวม
 V_s = ปริมาตรเนื้อของแข็ง (solid volume) ในวัสดุพรุน

2.7.1.2 ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่านได้ (Permeability capacity)

ความสามารถในการซึมผ่านได้ เนื่องจากมีช่องว่างที่เชื่อมต่อกัน ทำให้น้ำสามารถไหลผ่านได้ โดยทิศทางการไหลจากจุดที่มีพลังงานสูงไปยังจุดที่มีพลังงานต่ำ การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่านได้ จะใช้ความสัมพันธ์จากสมการของ Darcy เป็นทฤษฎีพื้นฐานในการทดสอบโดย Darcy พบว่า อัตราการไหลของน้ำผ่านวัสดุ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความลาดชันทางชลศาสตร์ น้ำไหลผ่านวัสดุ ด้วยความเร็วที่ช้ามาก การไหลจะอยู่ในสภาพลามินาร์ [25, 26] โดยสมการที่ใช้ในการคำนวณจะมีดังต่อไปนี้

$$Q = Aki$$

$$k = \frac{Q}{Ait} = \frac{QL}{Ath} \quad (2.24)$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำที่ไหลซึมผ่านของวัสดุ (cm^3 / s)
 A = พื้นที่หน้าตัดของวัสดุ (cm^2)
 t = เวลาของน้ำที่ไหลซึมผ่านวัสดุ (s)
 h = ระดับน้ำในช่วงความยาวการไหลซึม (cm)
 L = ความยาวของวัสดุ (cm)

2.7.1.3 ค่าสมรรถนะการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) คือ ความสามารถในการอุ้มน้ำ และถ่ายเทอากาศ สัมพันธ์กับจำนวนและขนาดของช่องว่างในดิน ดินที่มีความหนาแน่นที่มาก ก็จะมี ความสามารถในการอุ้มน้ำที่ตึมากกว่าดินที่มีความหนาแน่นที่น้อย เมื่อดินมีความหนาแน่นมากจะ แสดงว่าดินนั้นมีค่าความพรุนน้อย และจากผลการทดลองได้พบว่าการที่วัสดุมีความอุ้มน้ำน้อย แสดง ว่าภายในวัสดุมีความพรุนมาก ทำให้อากาศสามารถผ่านได้ง่ายและทำให้อากาศสัมผัสกับน้ำมากขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำความเย็นเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย [27]

$$\text{Water holding capacity} = \frac{(w_1 - w_2)}{w_1} \times 100\% \quad (2.25)$$

เมื่อ w_1 = น้ำหนักของวัสดุก่อนทำการทดสอบ (g)

w_2 = น้ำหนักของวัสดุหลังทำการทดสอบ (g)

2.8 การคำนวณหาประสิทธิภาพการทำความเย็น

2.8.1 ประสิทธิภาพอิมตัว (Saturation Efficiency, η_c)

ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหยขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศที่ใกล้สภาวะอิมตัวซึ่ง จะเป็นตัวบอกสมรรถนะในการทำงานของระบบการทำความเย็นแบบระเหย โดยทั่วไปจะแสดงในรูป ประสิทธิภาพอิมตัว (Saturation efficiency) ซึ่งพิจารณาจากผลของอุณหภูมิของการระเหยของน้ำ เมื่อมีอากาศไหลผ่านผิวเปียก สามารถเขียนในรูปของสมการที่ 2.23 [3] ดังนี้

$$\eta_c = \frac{(T_{db,i} - T_{db,o})}{(T_{db,i} - T_{wb,i})} \times 100 \quad (2.24)$$

เมื่อ η_c = ประสิทธิภาพอิมตัว (Saturation efficiency)

$T_{db,i}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งขาเข้าอากาศผ่านผิวเปียก ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{db,o}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศผ่านผิวเปียก ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{wb,i}$ = อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศผ่านผิวเปียก ($^{\circ}\text{C}$)

โดยสามารถหาค่าได้จาก Psychometric charts

2.8.2 ความต่างของอุณหภูมิตั้งแต่อุณหภูมิอากาศเข้าและขาออก (Difference temperature, ΔT)

$$\Delta T = T_{db,i} - T_{db,o} \quad (2.25)$$

เมื่อ ΔT = ประสิทธิภาพอิ่มตัว (Saturation efficiency)
 $T_{db,i}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งอากาศเข้าผ่านผิวเปียก ($^{\circ}\text{C}$)
 $T_{db,o}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศผ่านผิวเปียก ($^{\circ}\text{C}$)

2.8.3 อัตราการไหลของลมที่ไหลผ่านวัตถุผิวเปียก

$$\dot{m}_a = \rho V A_c \quad (2.26)$$

เมื่อ \dot{m}_a = อัตราการไหลของลมที่ไหลผ่านวัตถุ (kg/s)
 ρ = ความหนาแน่นของอากาศที่ขาเข้า (kg/m³)
 V = ความเร็วของอากาศ (m/s)
 A_c = พื้นที่หน้าตัด (m²)

2.8.4 สมรรถนะการทำความเย็น

$$Q_c = \dot{m}_a C_p (T_{db,i} - T_{db,o}) \quad (2.27)$$

เมื่อ Q_c = พลังงานความร้อน (W)
 \dot{m}_a = อัตราการไหลของลมที่ไหลผ่านวัตถุ (kg/s)
 C_p = ความร้อนจำเพาะของอากาศ
 $T_{db,i}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งอากาศเข้าผ่านผิวเปียก ($^{\circ}\text{C}$)
 $T_{db,o}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศผ่านผิวเปียก ($^{\circ}\text{C}$)

2.8.5 ประสิทธิภาพของสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น (Coefficient of performance, COP)

$$COP = \frac{Q_c}{W_p + W_f} \quad (2.28)$$

เมื่อ COP = ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อน
 Q_c = พลังงานความร้อน (W)
 W_p = งานที่ให้กับปั๊ม (W)
 W_f = งานที่ให้กับพัดลม (W)

2.8.6 อัตราการระเหยน้ำ (Evaporation rate)

$$m_w = \dot{m}_a (w_2 - w_1) \quad (2.29)$$

- เมื่อ m_w = ความชื้นสมบูรณ์ของอากาศ (kg)
 \dot{m}_a = อัตราการไหลของลมที่ไหลผ่านวัตถุ (kg/s)
 w_1 = ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขาเข้าก่อนผ่านแผ่นผิวเปียก
 w_2 = ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขาออกหลังผ่านแผ่นผิวเปียก

2.8.7 สัมประสิทธิ์ของการทำความเย็น (Specific Cooling Capacity, SCC)

$$SCC = \frac{CC}{ER} \quad (2.30)$$

- เมื่อ SCC = สัมประสิทธิ์การทำความเย็น
 CC = ขนาดของเครื่องทำความเย็น
 ER = อัตราการระเหยน้ำ

2.8.9 ความดันตกคร่อม (Pressure Drop, ΔT)

ค่าความดันตกคร่อม เป็นผลจากแรงเสียดทานในระบบ ขึ้นอยู่กับความเร็วของของไหลในเส้นท่อ ความยาวท่อ ขนาดท่อ สภาพท่อ (ผิวเรียบหรือขรุขระ) ความเร็วสูง แรงเสียดทานมาก แรงดันก็ลดลง นอกจากนี้แรงดันลดจะเกิดจากความเสียดทานจากการไหลผ่านช่องอ วาล์ว ฯลฯ อีกด้วย ค่าความดันตกคร่อมที่แผ่นผิวเปียก หาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho (V_1^2 - V_2^2) \quad (2.31)$$

- เมื่อ $\Delta P = P_1 - P_2$ = ค่าความดันตกคร่อม
 ρ = ความหนาแน่นของอากาศที่ทางเข้า (kg/m³)
 V_1 = ความเร็วลมอากาศขาเข้า (m/s)
 V_2 = ความเร็วลมอากาศขาเข้า (m/s)

2.9 การคำนวณต้นทุน

2.9.1 ต้นทุน (Cost)

เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการดำเนินการผลิตสินค้า หรือบริการ หรือถ้าพูดกันแบบภาษาชาวบ้าน ต้นทุนคือ จำนวนเงินที่ได้จ่ายไปในการซื้อ สินค้า ข้าวของ วัตถุดิบต่างๆ เพื่อนำมาผลิตหรือขายสินค้า

ดวงมณี โกมารทัต (2544) [28] ได้ให้ความหมายคำว่า ต้นทุน ว่าเป็นมูลค่าที่วัดได้เป็นจำนวนเงินของสินทรัพย์หรือความเสียสละที่กิจการได้ลงทุนไปเพื่อให้ได้สินค้า สินทรัพย์หรือบริการ

ต่าง ๆ ซึ่งกิจการคาดว่าจะนำไปใช้ประโยชน์ในภายหลัง กล่าวคือ ต้นทุนเกิดจากการจ่ายเงินสดหรือมีภาระหนี้สินที่เกิดจากการซื้อสินค้าและบริการ มาไว้เพื่อขายหรือใช้ให้เกิดประโยชน์ในกิจการ และการเสียผลประโยชน์ที่ควรจะได้รับเมื่อปฏิเสธทางเลือกอื่น เช่น นำเงินที่จะนำไปฝากธนาคารไปลงทุนเปิดร้านแทน ซึ่งต้นทุนจะอยู่ในลักษณะผลของรายการที่เกิดขึ้นแล้ว โดยมีหลักฐานในการเกิดต้นทุนคือ ใบสำคัญต่างๆ เช่น บิลเงินสด ใบเสร็จรับเงิน ใบกำกับภาษี เป็นต้น

นราทิพย์ ชูติวงศ์ (2547) [29] กล่าวถึงความหมายของต้นทุนในทางเศรษฐศาสตร์ คือ การวิเคราะห์ต้นทุนในทางเศรษฐศาสตร์จะมีความหมายที่มีความแตกต่างจากการคิดต้นทุนในทางบัญชีในทางบัญชีหรือต้นทุนทั่วไป

- ต้นทุนเริ่มแรก หรือเงินลงทุน (First cost or investment) คือ เงินสดหรือรายการเทียบเท่าเงินสดที่ต้องลงทุนในสินทรัพย์หรือโครงการ ซึ่งรวมถึงต้นทุนด้านการขนส่ง ต้นทุนการบริหารจัดการ ต้นทุนการทดสอบสินทรัพย์เพื่อให้สินทรัพย์อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ของการลงทุน

- ต้นทุนการดำเนินงาน หรือค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (Operating cost) คือ ค่าใช้จ่ายจากการดำเนินงานนั้นๆ โดยตรง ในส่วนของเครื่องจักร เช่น ค่าน้ำมัน (Fuel), ค่าน้ำมันหล่อลื่น (Lubricants), ค่ายาง (Tires), ค่าซ่อมเครื่องจักร (Repair), ค่าบำรุงรักษา (Maintenance) เป็นต้น

2.9.2 ต้นทุนต่อประสิทธิภาพ (Cost Efficiency)

เป็นกลยุทธ์ทางธุรกิจที่พยายามลดต้นทุนในการสร้างผลิตภัณฑ์หรือทำกิจกรรมโดยไม่กระทบต่อคุณภาพ กำหนดให้มีการเปรียบเทียบผลประโยชน์ที่ได้รับกับต้นทุนที่เสียไป โดยการวัดรายได้ที่เกิดขึ้นกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น แสดงถึงสิ่งที่จะต้องควรปรับปรุง เพื่อลดต้นทุนและปรับปรุงประสิทธิภาพให้ดีขึ้น [30]

โดยในงานวิจัยนี้ ต้นทุนต่อประสิทธิภาพ จะเป็นตัวแปรที่แสดงถึงต้นทุนต่อประสิทธิภาพของระบบ เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการใช้งาน โดยค่าที่น้อยที่สุด จะแสดงถึงความคุ้มค่ามากที่สุด โดยหาได้จากสมการดังนี้

$$\text{Cost Efficiency} = \frac{\text{Cost of material}}{\text{Saturation Efficiency}} \quad (2.32)$$

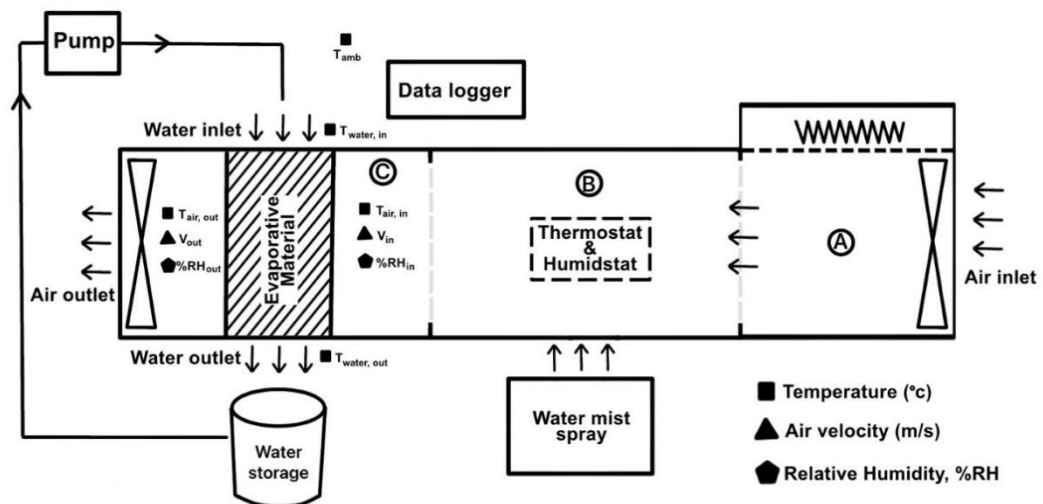
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานที่วิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการใช้วัสดุทดแทนในระบบทำความเย็นแบบระเหย โดยการศึกษาวัดอุณหภูมิที่ใช้เป็นแผ่นผิวเปียก

3.1 เครื่องมือสำหรับงานวิจัย

ในการวิจัยและการทดลองมีเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาแบ่งออกเป็น อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และวัสดุที่ใช้เป็นแผ่นผิวเปียก ดังนี้



รูปที่ 3.1 ชุดทดลองระบบทำความเย็นแบบระเหย

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1.1 ห้องควบคุมอุณหภูมิ (ส่วน A) ห้องควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองทำจากแผ่นพลาสติกมีขนาด $50 \times 50 \times 60 \text{ cm}^3$ เป็นส่วนขาเข้าของอากาศ



รูปที่ 3.2 ห้องควบคุมอุณหภูมิ

3.1.1.2 ฮีทเตอร์แบบขดลวด 1,000 W 220 VAC ขนาด 5x5x23 cm³ ทำหน้าที่ให้ความร้อนในส่วนของห้องควบคุมอุณหภูมิ เพื่อควบคุมอุณหภูมิของอากาศขาเข้า



รูปที่ 3.3 ฮีทเตอร์แบบขดลวด

3.1.1.3 พัดลมแกนลูกปืน ขนาด 120 mm ความเร็วรอบ 7,500 RPM ทำหน้าที่ระบายความร้อนฮีทเตอร์ และทำหน้าที่ดูดอากาศจากภายนอกเข้าสู่ห้องควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 3.4 พัดลมแกนลูกปืนความเร็วรอบ 7,500 RPM

3.1.1.4 Power Supply 3A แปลงไฟจาก 220V เป็น 12V และ Power Supply 5A แปลงไฟจาก 220V เป็น 12V



รูปที่ 3.5 Power Supply

3.1.1.5 เครื่องควบคุมอุณหภูมิรุ่น STC1000 ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิและตัดการทำงานของขดลวดความร้อน (Heater) มีช่วงทำงานอุณหภูมิหลักที่ -50 ถึง 99 °C ความแตกต่างอุณหภูมิที่ 0 ถึง 60 °C และความชื้นที่ 20 ถึง 85 %RH ความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิ ± 1 % °C



รูปที่ 3.6 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ รุ่น STC1000

วิธีตั้งค่าเครื่อง

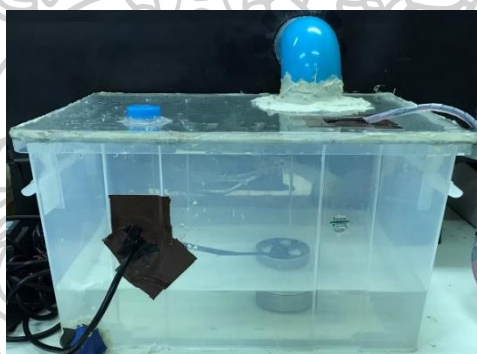
- กดเปิดเครื่อง
- กดปุ่ม S ค้างไว้จะเข้าโหมดการตั้งค่าอุณหภูมิ กดปุ่มลูกศรชี้ขึ้นหรือชี้ลง เลือกฟังก์ชัน F1
- กดปุ่ม S เพื่อเข้าฟังก์ชัน F1 แล้วทำการตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการโดยกดปุ่ม S ค้างไว้พร้อมกับกดปุ่มลูกศรชี้ขึ้นหรือชี้ลง
- เมื่อได้อุณหภูมิที่ต้องการแล้วให้กดปุ่ม S กับปุ่ม เปิด/ปิด พร้อมกันเพื่อบันทึกการตั้งค่า
- กดปุ่ม S ค้างไว้ หน้าจอจะเข้าโหมดตั้งค่าอุณหภูมิ กดปุ่มลูกศรชี้ขึ้นหรือชี้ลงเลือกฟังก์ชัน F2 เป็นการตั้งค่าความแตกต่างอุณหภูมิ
- กดปุ่ม S เพื่อเข้าฟังก์ชัน F2 แล้วทำการตั้งค่าความแตกต่างอุณหภูมิโดยกดปุ่ม S ค้างไว้พร้อมกันกดปุ่มลูกศรชี้ขึ้นหรือชี้ลง (ในการทดลองนี้จะตั้งเป็น 1 เพื่อความละเอียดที่สุด)
- เมื่อได้ค่าแตกต่างอุณหภูมิที่ต้องการแล้วให้กดปุ่ม S กับปุ่ม เปิด/ปิด พร้อมกันเพื่อบันทึกการตั้งค่า

3.1.1.6 ห้องควบคุมความชื้นที่ใช้ในการทดลอง (ส่วน B) ทำจากอะคริลิกขนาด 25x25x70cm³



รูปที่ 3.7 ห้องควบคุมความชื้น

3.1.1.7 ถังพักน้ำเครื่องสร้างความชื้น ใช้สำหรับสร้างหมอก



รูปที่ 3.8 ถังพักน้ำเครื่องสร้างความชื้น

3.1.1.8 เครื่องทำความชื้น Ultrasonic Mist Maker ขนาด 60 W 220VAC Maximum evaporation: 900ml/h โดยนำเครื่องทำความชื้น ใส่ลงในถังพักน้ำ (รูปที่ 19) เพื่อผลิตหมอกให้ไหลเข้าสู่ห้องทำความชื้น (ส่วน B)



รูปที่ 3.9 เครื่องทำความชื้น

ที่มา : <http://www.phuphan-incubator.com/product/119/ชุดหัวฟ่นหมอก3หัว>

3.1.1.9 พัดลมขนาด 1.5 นิ้ว 12 VDC ทำหน้าที่ควบคุมทิศทางของหมอก



รูปที่ 3.10 พัดลมขนาด 1.5 นิ้ว

3.1.1.10 เครื่องควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ 220 VAC ความละเอียดอุณหภูมิ 0.1 °c และความชื้นสัมพัทธ์ $\pm 5\%$ RH มีช่วงการทำงานที่ -10-70 °c และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 90% RH ทำหน้าที่ควบคุมความชื้นให้ได้ตามที่ต้องการ



รูปที่ 3.11 เครื่องควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ

วิธีการตั้งค่าเครื่อง

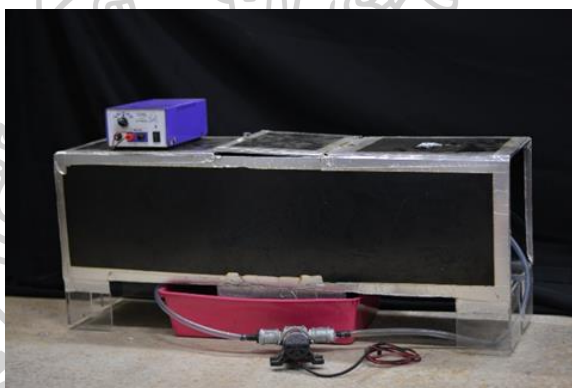
- กดปุ่มเปิดเครื่อง
- กดปุ่ม SET แล้วกดปุ่มขึ้นหรือขี้นลง เพื่อเลือกฟังก์ชัน SET2 เป็นการตั้งค่าความชื้น
- กดปุ่ม SET เพื่อเข้าฟังก์ชันการตั้งค่าความชื้น หน้าจอจะเข้าฟังก์ชัน HU-H เป็นการตั้งค่าความชื้นสูงสุด กดปุ่มขึ้นหรือขี้นลงเพื่อตั้งค่าความชื้นสูงสุดที่ต้องการ
- เมื่อได้ค่าความชื้นที่ต้องการแล้วทำการกดปุ่ม ENT เพื่อบันทึกการตั้งค่า
- จากนั้นหน้าจอจะเข้าฟังก์ชัน HU-L เป็นการตั้งค่าความชื้นต่ำสุด กดปุ่มขึ้นหรือขี้นลงเพื่อทำการตั้งค่าความชื้นต่ำสุดที่ต้องการ
- เมื่อได้ค่าความชื้นที่ต้องการแล้วทำการกดปุ่ม ENT เพื่อบันทึกการตั้งค่า
- กดปุ่ม ENT สองครั้งเพื่อกลับไปยังหน้าจอหลัก

3.1.1.11 พัดลม ขนาด 1.5 นิ้ว ทำหน้าที่เป่าหมอกเข้าอุโมงค์ลม



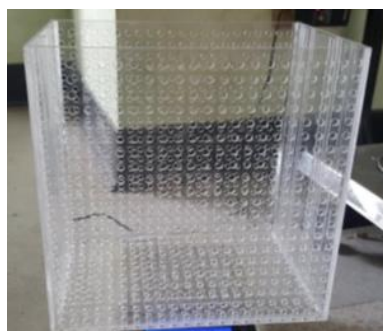
รูปที่ 3.12 พัดลมสำหรับเป่าหมอกเข้าอุโมงค์ลม

3.1.1.12 อุโมงค์ลมที่ใช้ในการทดสอบเป็นส่วนที่ใส่วัสดุผิวเปียก (ส่วน C) ทำมาจากอะคริลิกสีใสความหนา 4 mm มีขนาด $25 \times 25 \times 90 \text{ cm}^3$ หุ้มฉนวนด้วยปะเก็นยาง ความหนา 3 mm ขนาด $100 \times 100 \text{ cm}^2$



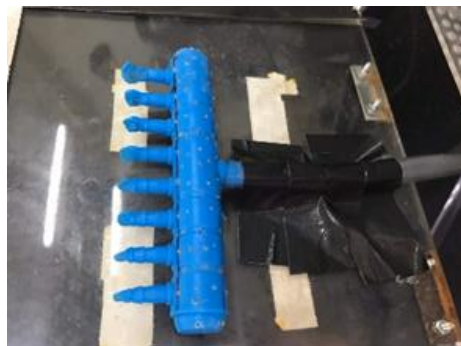
รูปที่ 3.13 อุโมงค์ลม

3.1.1.13 แผงใส่วิวเปียก ทำมาจากอะคริลิกใส ความหนา 3 mm. มีขนาด $22 \times 22 \times 15 \text{ cm}^3$ เจาะรูให้อากาศไหลผ่านผิวเปียกได้สองด้านและเจาะรูด้านใต้เพื่อระบายน้ำออกสู่ภาตรองน้ำ



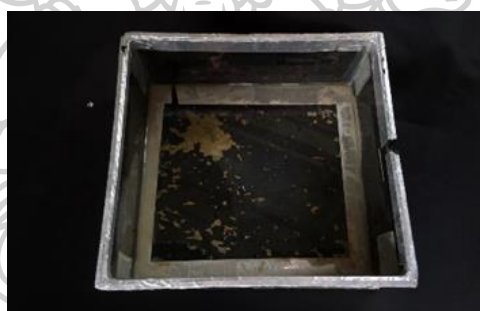
รูปที่ 3.14 แผงใส่วิวเปียก

3.1.1.14 หัวสเปร์ยน้ำ ประดิษฐ์มาจากท่อแยกลม 6 ทางนำมาเจาะรู ใช้สำหรับฉีดน้ำเข้าผิวเปียก



รูปที่ 3.15 หัวสเปร์ยน้ำ

3.1.1.15 ถาดรองน้ำด้านใต้แผงผิวเปียก ทำจากอะคริลิกสีใส ความหนา 3 mm ขนาด 23x25x10 cm³ หุ้มฉนวนด้วยปะเก็นยาง ความหนา 3 mm ทุกด้านรอบนอกของถาดรองน้ำ



รูปที่ 3.16 ถาดรองน้ำจากแผ่นผิวเปียก

3.1.1.16 พัดลมแกนลูกปืน ขนาด 120 mm ความเร็วรอบ 1,200 RPM ทำหน้าที่ดูดความร้อนจากห้องฮีทเตอร์ เข้าสู่โมังค์ลม



รูปที่ 3.17 พัดลมแกนลูกปืนความเร็วรอบ1,200 RPM

3.1.1.17 ปืน Fog easy อัตราการไหล 4.0 L/min ความดัน 10 bar 12 VDC 4.0A
ทำหน้าที่สูบน้ำจากถาดรองน้ำด้านใต้แผงผิวเปียกเข้าสู่แผงผิวเปียก



รูปที่ 3.18 ปืน Fog easy

3.1.1.18 ถังพักน้ำ



รูปที่ 3.19 ถังพักน้ำ

3.1.1.19 Power Supply 3A แปลงไฟจาก 220V เป็น 12V และ Power Supply
5A แปลงไฟจาก 220V เป็น 12V



รูปที่ 3.20 Power Supply 3A และ Power Supply 5A

3.1.1.20 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ Graphtec midi logger GL220 100-240 VDC มี 10 ช่องสัญญาณช่วงการวัดอุณหภูมิที่ -200 ถึง 2000 °c



รูปที่ 3.21 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ Graphtec midi logger GL220

3.1.1.21 เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ TENMARS รุ่น TM-183P ช่วงการวัด 1% ~ 99%RH ± 3%RH ที่ 25°C



รูปที่ 3.22 เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์

3.1.1.22 เซนเซอร์วัดความชื้น DHT21 Temperature and Humidity Sensor, Operating rang ความชื้น 100%RH มีช่วงอุณหภูมิที่ 0 ถึง 80 °c ความแม่นยำ ความชื้น ±3 %RH อุณหภูมิ ±0.5 °c



รูปที่ 3.23 เซนเซอร์วัดความชื้น

3.1.1.23 เครื่องวัดความเร็วลม Testo 410-2 ช่วงการวัด 0.4 ถึง 20 m/s ค่าความแม่นยำ 0.1 m/s



รูปที่ 3.24 เครื่องวัดความเร็วลม

3.1.1.24 ครอบงอตวงพลาสติก (Cylinder) ขนาด 50-1000 ml



รูปที่ 3.25 ครอบงอตวงพลาสติก

3.1.1.25 ถังพักน้ำจากการซึมผ่านของวัสดุ



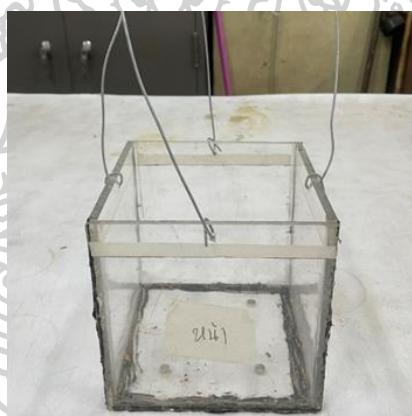
รูปที่ 3.26 ถังพักน้ำจากการซึมผ่านของวัสดุ

3.1.1.26 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง



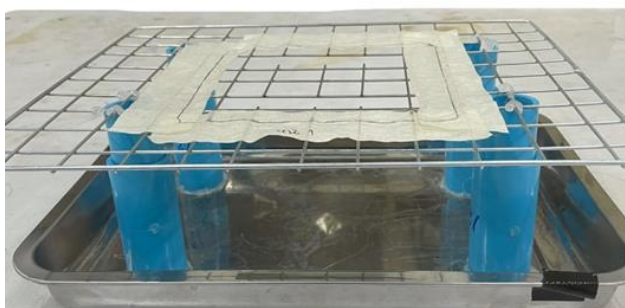
รูปที่ 3.27 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล

3.1.1.27 กล่องทดสอบค่าความอุ้มน้ำและค่าซึมผ่านวัสดุได้ ขนาด
0.15×0.15×0.15 เมตร



รูปที่ 3.28 กล่องทดสอบค่าความอุ้มน้ำและค่าการซึมผ่านวัสดุได้

3.1.1.28 แทนวางกล่องทดสอบค่าความอุ้มน้ำ



รูปที่ 3.29 แทนวางกล่องทดสอบค่าความอุ้มน้ำ

3.1.1.29 เครื่องวัดอัตราการไหล หรือโรตاميเตอร์ (Z-5008 อัตราการไหล 0.5-4 ลิตรต่อนาที ความแม่นยำ $\pm 5\%$)



รูปที่ 3.30 โรตاميเตอร์

3.1.1.30 ชุดทดสอบค่าการซึมผ่านวัสดุได้



รูปที่ 3.31 ชุดทดสอบค่าการซึมผ่านวัสดุได้

3.1.2 วัสดุที่ใช้เป็นผิวเปียก

วัสดุที่ใช้ในการศึกษาเป็นผิวเปียกมี 4 ชนิด คือ แผ่นเซลลูโลส หรือแผ่นทำความเย็นเชิงพาณิชย์ ขนาด $0.22 \times 0.22 \times 0.15$ เมตร (รูปที่ 3.25ก) เส้นใยมะพร้าว จะใช้เฉพาะในส่วนของเส้นใย และนำไปสับในเครื่องสับหยาบ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการลดขนาดชีวมวลให้มีขนาดเล็กกลง โดยจะมีขนาดในช่วง 1-5 เซนติเมตร (รูปที่ 3.25ข) ตาข่ายพรางแสง 60 และ 80% (รูปที่ 3.25ค - 3.25ง) มีการจัดเรียงการวางวัสดุลงในแผงใสผิวเปียกใน 2 ลักษณะคือ จัดวางแบบแนวนอน และแนวตั้ง กับตาข่ายพรางแสงทั้ง 2 ขนาด (ดังรูปที่ 3.26ก และ 3.26ข)



รูปที่ 3.32ก แผ่นเซลลูโลส



รูปที่ 3.32ข เส้นใยมะพร้าว



รูปที่ 3.32ค ตาข่ายพรางแสง 60%

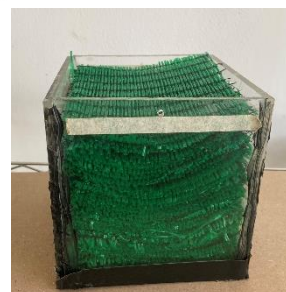


รูปที่ 3.32ง ตาข่ายพรางแสง 80%

รูปที่ 3.32 แสดงลักษณะทางกายภาพของวัสดุแต่ละชนิด



รูปที่ 3.33ก การจัดเรียงวัสดุแนวตั้ง



รูปที่ 3.33ข การจัดเรียงวัสดุแนวนอน

รูปที่ 3.33 ลักษณะการจัดเรียงวัสดุในแผงใสวัสดุ

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าความหนาแน่นของวัสดุที่ใช้ในการนำมาเป็นผิวเปียก

วัสดุผิวเปียกที่ใช้ในการทดสอบ	ความหนาแน่น (Density: kg/m ³)
แผ่นเซลลูโลส	21.14
เส้นใยมะพร้าว	11.53
ตาข่ายพรางแสง 60%	25.29
ตาข่ายพรางแสง 80%	29.42

3.2 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการนวัตกรรมเชื้อเพลิงและพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม

3.3 ระยะเวลาของการดำเนินงานวิจัย

สำหรับระยะเวลาในการวิจัย ช่วงแรกจะทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่เกี่ยวข้องกับระบบทำความเย็นแบบระเหยตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2562 จากนั้นเริ่มทำการทดลองใช้ชุดทดลองระบบทำความเย็นแบบระเหย เริ่มทำการทดลองและเก็บผลตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2562 จนถึงเดือนมิถุนายน 2563 วิเคราะห์การทดลองและสรุปผลการทดลองตั้งแต่เดือนกรกฎาคมเป็นต้นไป ซึ่งระยะเวลาการดำเนินงานวิจัยจะแสดงดังในตารางที่ 3.1

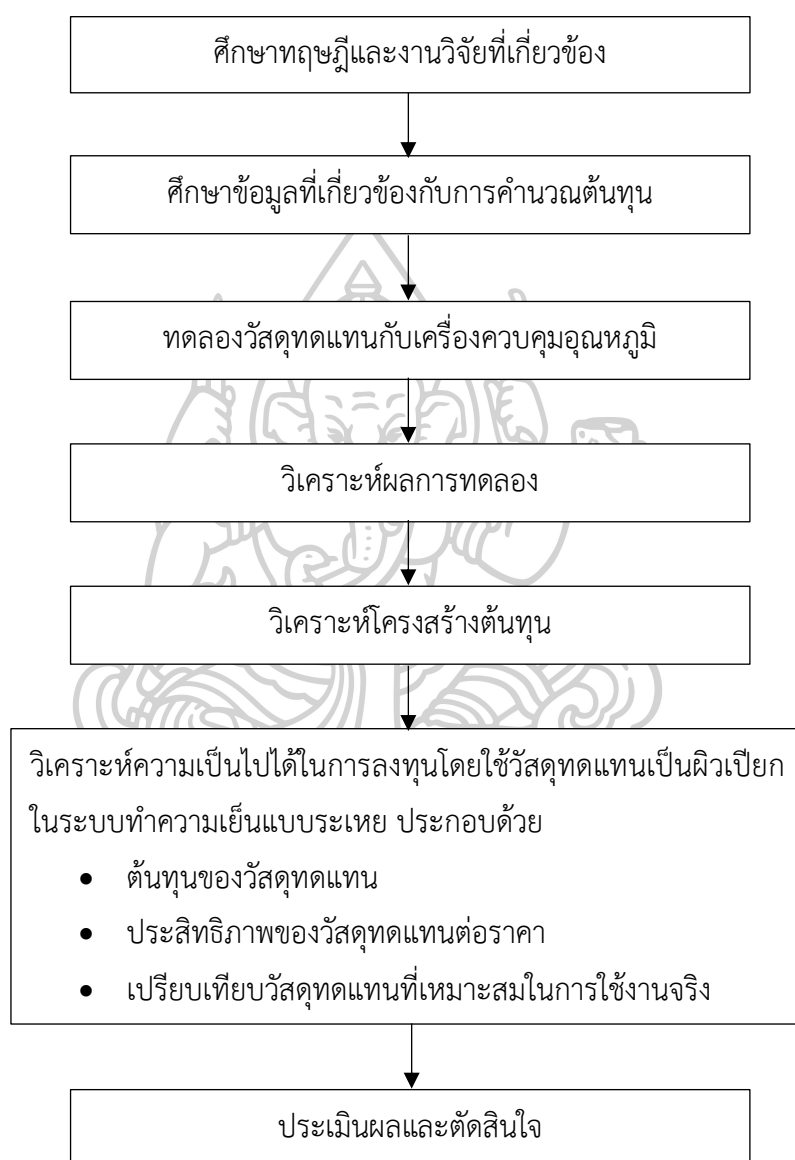
ตารางที่ 3.2 ระยะเวลาของการดำเนินงานวิจัย

รายงานการดำเนินงานวิจัย	ระยะเวลาของการดำเนินงานวิจัย
- ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบทำความเย็นแบบระเหย	สิงหาคม – ตุลาคม 2562
- ทดลองใช้ชุดทดลองระบบทำความเย็นแบบระเหยและศึกษาตัวแปร	พฤศจิกายน – ธันวาคม 2562
- เริ่มทำการทดลองและเก็บข้อมูล	มกราคม – มิถุนายน 2563
- วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการทดลอง	กรกฎาคม – ธันวาคม 2563
- สรุป อภิปรายผลการทดลอง และเขียนรายงานวิจัย	มกราคม – พฤษภาคม 2563

3.4 การวางแผนการวิจัย

3.4.1 แผนการดำเนินงาน

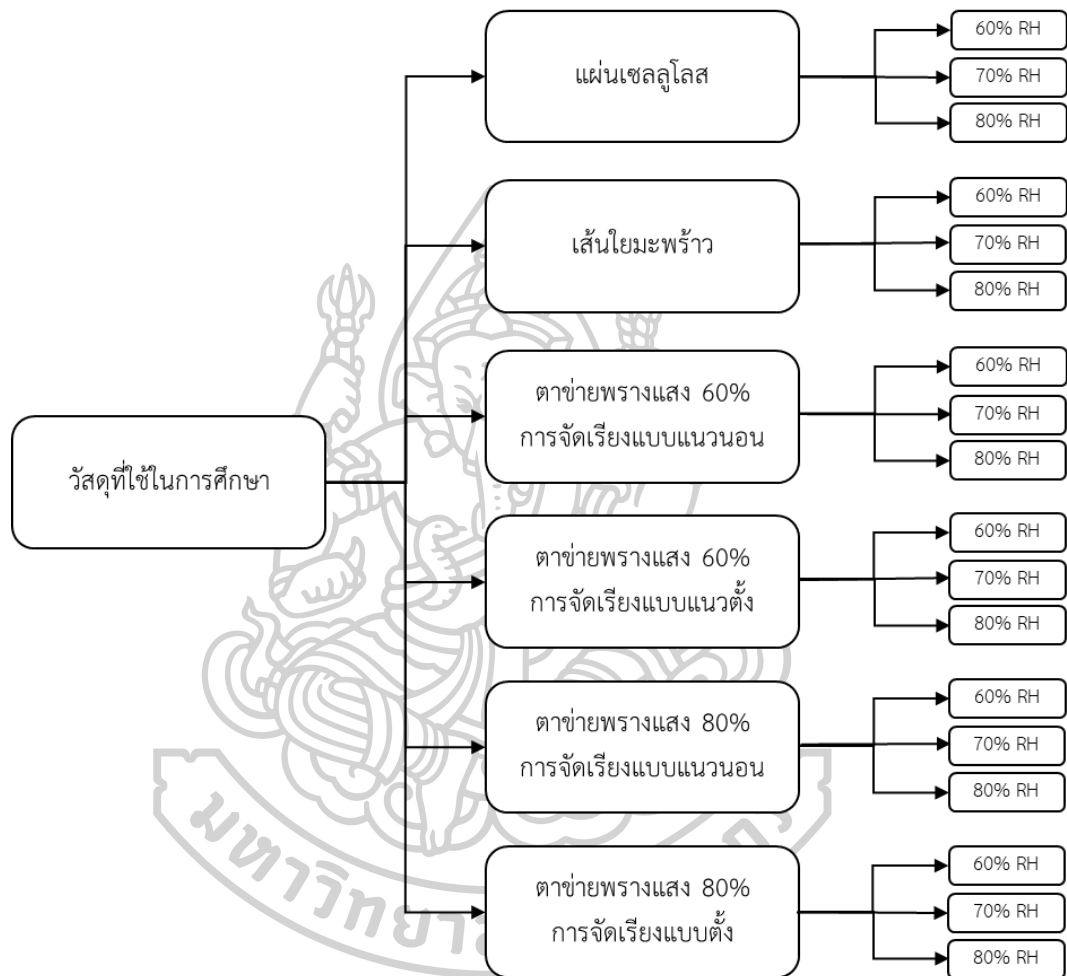
แผนการศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการลงทุนโดยใช้วัสดุทดแทนเป็นผิวเปียกในระบบทำความเย็นแบบระเหย



รูปที่ 3.34 แผนการดำเนินงานวิจัย

3.4.2 แผนการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ใช้วัสดุทดแทนที่ใช้เป็นผิวเปียกในการทดลองจำนวนทั้งสิ้น 4 ชนิดได้แก่ เซลลูโลส, ขวดพลาสติก, และตาข่ายพรางแสง 60, และ 80% โดยตาข่ายพรางแสงจะมีการจัดเรียง 2 แบบ คือ จัดวางในกล่องวัสดุแบบแนวนอน และแนวตั้ง



รูปที่ 3.35 แผนการทดลอง

3.5 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

จากรูปที่ 3.1 หลักการทดลองพัฒนาจะดูอากาศเข้าไปยังห้องควบคุมอุณหภูมิ (ส่วน A) โดยมี Temperature controller เป็นตัวควบคุมการทำงานของขดลวดทำความร้อนที่มีเซนเซอร์คอยวัดอุณหภูมิ เมื่อถึงอุณหภูมิที่ต้องการ ขดลวดทำความร้อนจะตัดการทำงาน จากนั้นอากาศจะไหลผ่านเข้าสู่ห้องควบคุมความชื้น (ส่วน B) ซึ่งจะมีสเปรย์คอยเพิ่มความชื้นควบคุมโดยเครื่อง Humidity controller เป็นตัวตัดการทำงานของปั้มน้ำ จะมีเซนเซอร์วัดความชื้น เมื่อถึงความชื้นที่ต้องการ สเปรย์จะหยุดทำงาน จากนั้นอากาศจะไหลเข้าสู่ห้องทดลอง (ส่วน C) โดยผ่านแผ่นผิวเปียกที่มีการสเปรย์น้ำอยู่ข้างบน จากนั้นอากาศจะไหลออกจากแผ่นผิวเปียกไปยังอากาศภายนอก โดยมี Data Logger คอยวัดอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ

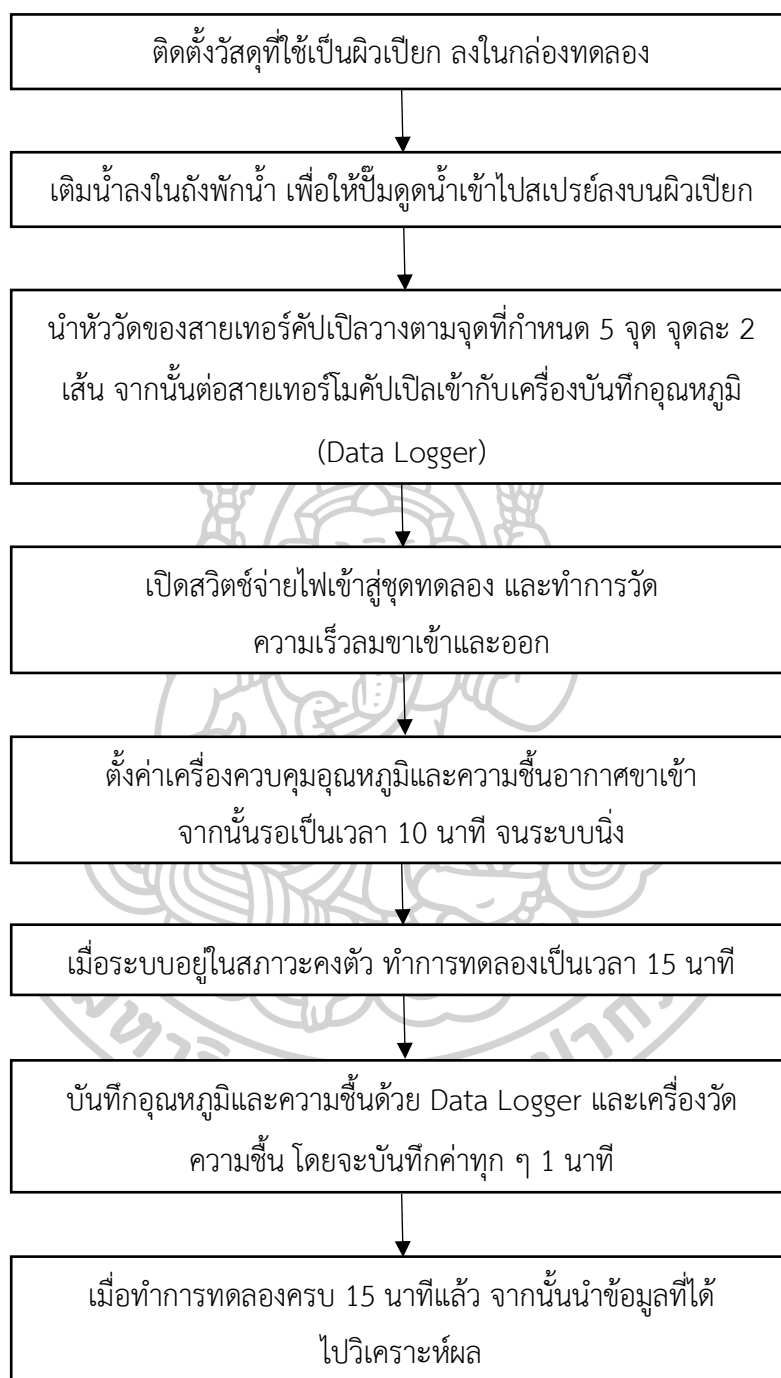
3.5.1 ขั้นตอนการทดลองความอ้วนน้ำของวัสดุ

ทำการชั่งน้ำหนักของกล่องทดสอบค่าความอ้วนน้ำ จัดเรียงวัสดุลงในกล่องทดสอบค่าความอ้วนน้ำ และทำการชั่งน้ำหนักก่อนการทดสอบ จากนั้นนำกล่องทดสอบค่าความอ้วนน้ำวางลงบนแท่นวาง และทำการเติมน้ำลงในกล่องจนถึงปริมาตรที่กำหนด เริ่มทำการทดสอบโดยการทำการปล่อยน้ำออกจากกล่องทดสอบ ในขณะเดียวกันให้เริ่มจับเวลา 10 นาที หลังจากปล่อยน้ำออกจากกล่องทดสอบครบ 10 นาที ให้ทำการยกกล่องทดสอบออกจากแท่นวางวัสดุ และทำการชั่งน้ำหนักหลังทำการทดสอบ จากนั้นนำผลไปคำนวณตามสมการค่าความอ้วนน้ำ สมการที่ 3.9

3.5.2 ขั้นตอนการทดสอบการซึมผ่านวัสดุ

ทำการจัดเรียงวัสดุลงในกล่องทดสอบ จากนั้นวางกล่องทดสอบในชุดทดสอบการซึมผ่านวัสดุได้ ดังรูปที่ 3.31 โดยควบคุมอัตราการไหลของน้ำ โดยโรตารีเตอร์ (Z-5008 อัตราการไหล 0.5-4 ลิตรต่อนาที ความแม่นยำ $\pm 5\%$) กำหนดอัตราการไหลของน้ำ 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 ลิตรต่อนาที เริ่มต้นจับเวลาเมื่อน้ำเริ่มไหลผ่านวัสดุ และหยุดจับเวลาเมื่อน้ำไหลออกจากกล่องทดสอบ จากนั้นเพิ่มอัตราไหลตามค่าที่ได้กำหนดไว้ และนำข้อมูลที่ได้ไปบันทึกข้อมูล

3.5.3 ขั้นตอนการทดลอง



รูปที่ 3.36 ขั้นตอนการทดลอง

การติดตั้ง ทำการติดตั้งวัสดุที่ใช้เป็นผิวเปียก ลงในกล่องทดลองวางมุมทำฉากกับทิศทางการไหล เติมน้ำใส่ถังพักน้ำ เพื่อให้ปั๊มดูดน้ำเข้าไปสเปรย์น้ำใส่ผิวเปียก จากนั้นนำหัววัดของสายเทอร์โมคัปเปิลวางไว้ที่จุดวัด ได้แก่ อากาศขาเข้าอุโมงค์ลม อากาศขาออกอุโมงค์ลม อุณหภูมิหน้าที่

เข้าผิวเปียก อุณหภูมิน้ำที่ออกผิวเปียก และอุณหภูมิอากาศ จุดละ 2 เส้น จากนั้นต่อสายเทอโมคัปเปิลอีกด้านเข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ Graphtec midi logger GL220 ตั้งแต่ช่องที่ 1 ถึงช่องที่ 10

เริ่มการทดสอบ เปิดสวิตช์จ่ายไฟไปยังชุดควบคุมของแต่ละเครื่อง ได้แก่ ป้อนน้ำ Fogeasy 10 bar และเครื่องทำความชื้น Ultrasonic Mist Maker ทำการวัดความเร็วลมขาเข้าและออก เปิดเครื่องบันทึกอุณหภูมิ Graphtec midi logger GL220 ทำการรันระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยตั้งค่าเครื่องควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นขาเข้าตามที่ต้องการ รอจนระบบคงที่ประมาณ 10 นาที เมื่อค่าอุณหภูมิและความชื้นในระบบนิ่งแล้ว ให้เริ่มทำการทดลอง และบันทึกค่า ด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ Graphtec midi logger GL220 โดยจะบันทึกค่าทุก ๆ 1 นาทีบันทึกความชื้นที่บรรยากาศห้องและทางออกอุโมงค์ลมโดยใช้เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ ทำการรันระบบเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำค่าที่บันทึกได้มาวิเคราะห์ผล

3.6 สมการที่ใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพของวัสดุผิวเปียก

3.6.1 ประสิทธิภาพอิ่มตัว (Saturation Efficiency, η_s)

$$\eta_s = \frac{(T_{db,i} - T_{db,o})}{(T_{db,i} - T_{wb,i})} \times 100 \quad (3.1)$$

โดย η_s = ประสิทธิภาพอิ่มตัว (Saturation efficiency)

$T_{db,i}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งขาเข้าอากาศผ่านผิวเปียก ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{db,o}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศผ่านผิวเปียก ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{wb,i}$ = อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศผ่านผิวเปียก ($^{\circ}\text{C}$)

โดยสามารถหาค่าได้จาก Psychrometric charts

3.6.2 ความต่างระหว่างอุณหภูมิขาเข้าและขาออก (Difference temperature, ΔT)

$$\Delta T = T_{db,i} - T_{db,o} \quad (3.2)$$

โดย ΔT = ประสิทธิภาพอิ่มตัว (Saturation efficiency)

$T_{db,i}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งขาเข้าอากาศผ่านผิวเปียก ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{db,o}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศผ่านผิวเปียก ($^{\circ}\text{C}$)

3.6.3 อัตราการไหลของลมที่ไหลผ่านวัตถุผิวเปียก

$$\dot{m}_a = \rho VA_c \quad (3.3)$$

โดย \dot{m}_a = อัตราการไหลของลมที่ไหลผ่านวัตถุ (kg/s)
 ρ = ความหนาแน่นของอากาศที่เข้า (kg/m³)
 V = ความเร็วของอากาศ (m/s)
 A_c = พื้นที่หน้าตัด (m²)

3.6.4 ความดันตกคร่อม (Pressure Drop, ΔP)

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho (V_1^2 - V_2^2) \quad (3.7)$$

โดย $\Delta P = P_1 - P_2$ = ค่าความดันตกคร่อม
 ρ = ความหนาแน่นของอากาศที่ทางเข้า (kg/m³)
 V_1 = ความเร็วลมอากาศเข้า (m/s)
 V_2 = ความเร็วลมอากาศเข้า (m/s)

3.6.5 ค่าความอุ้มน้ำของวัสดุแต่ละชนิด (Water holding capacity)

หลังจากการเก็บน้ำหนักของวัสดุทั้งก่อนและหลังทำการทดสอบค่าความอุ้มน้ำ จะสามารถหาความสามารถในการอุ้มน้ำได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

$$\text{Water holding capacity} = \frac{(w_1 - w_2)}{w_1} \times 100\% \quad (3.9)$$

โดย w_1 = น้ำหนักของวัสดุก่อนทำการทดสอบ (g)
 w_2 = น้ำหนักของวัสดุหลังทำการทดสอบ (g)

3.6.6 ประสิทธิภาพการทำความเย็นต่อต้นทุนของวัสดุ (Cost Efficiency)

เป็นตัวแปรที่แสดงถึงต้นทุนต่อประสิทธิภาพของระบบ เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการใช้งาน โดยค่าที่น้อยที่สุด จะแสดงถึงความคุ้มค่ามากที่สุด

$$\text{Cost Efficiency} = \frac{\text{Cost of material}}{\text{Saturation Efficiency}} \quad (3.10)$$

3.7 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาวัดคุณสมบัติแทนในระบบทำความเย็นแบบระเหย โดยจะวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ ผลของค่าความอุ้มน้ำ ผลของค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน ผลของค่าความดันตกคร่อม ประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุแต่ละชนิด

3.7.1 การวิเคราะห์ผลค่าความอุ้มน้ำของวัสดุแต่ละชนิด (Water holding capacity)

การวิเคราะห์ผลค่าความอุ้มน้ำของวัสดุแต่ละชนิด โดยการทดสอบค่าความอุ้มน้ำ จะทำการทดสอบโดยใช้กล่องทดสอบ (รูปที่ 3.21) ขนาด $0.15 \times 0.15 \times 0.15$ เมตร ด้านล่างของกล่องมีรูเพื่อปล่อยน้ำ ก่อนทำการทดสอบ นำกล่องใส่วัสดุเปล่าไปชั่งก่อน จากนั้นใส่วัสดุลงในกล่องแล้วนำกล่องไปชั่งน้ำหนักพร้อมวัสดุเป็นน้ำหนักของวัสดุก่อนการทดสอบ จากนั้นวางกล่องใส่วัสดุแทนวางกล่องทดสอบ (รูปที่ 3.22) โดยต้องปิดรูปล่อยน้ำที่ด้านล่างของกล่องเสียก่อนโดยการแปะเทป (ต้องสามารถแกะออกได้) เริ่มการทดสอบโดยการเทน้ำลงในกล่องผ่านวัสดุจนท่วมถึงขีดที่กำหนด ต่อจากนั้น ทำการแกะเทปปิดรูปล่อยน้ำ พร้อมจับเวลา 15 นาทีในการปล่อยน้ำออก เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำกล่องใส่วัสดุไปชั่งน้ำหนักพร้อมวัสดุหลังการทดสอบ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณตามสมการดังนี้

$$\text{Water holding capacity} = \frac{(w_1 - w_2)}{w_1} \times 100\%$$

โดย w_1 = น้ำหนักของวัสดุก่อนทำการทดสอบ (g)

w_2 = น้ำหนักของวัสดุหลังทำการทดสอบ (g)

โดยหลังจากได้ข้อมูลการทดลอง จะนำไปพิจารณาเปรียบเทียบกับตัวแปรอื่น เช่น ประสิทธิภาพของวัสดุ เพื่อดูแนวโน้ม และความเชื่อมโยงของผลการทดลอง

3.7.2 การวิเคราะห์ผลค่าการซึมผ่านน้ำได้ของวัสดุแต่ละชนิด

การวิเคราะห์ค่าการซึมผ่านน้ำได้ของวัสดุแต่ละชนิด ด้วยการหาเวลาที่น้ำสามารถไหลผ่านวัสดุได้ โดยการทดสอบค่าการซึมผ่านจะทดสอบโดยใช้กล่องทดสอบ (รูปที่ 3.21) ขนาด $0.15 \times 0.15 \times 0.15$ เมตร ด้านล่างของกล่องมีรูระบายน้ำ 4 รู เริ่มทดสอบโดยการนำวัสดุใส่ลงในกล่องทดสอบ จากนั้นวางกล่องทดสอบในชุดทดสอบการซึมผ่านดังรูปที่ 3.31 โดยควบคุมอัตราการไหลของน้ำ โดยโรตاميเตอร์ (Z-5008 อัตราการไหล 0.5-4 ลิตรต่อนาที ความแม่นยำ $\pm 5\%$) กำหนดอัตราการไหลของน้ำ 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 ลิตรต่อนาที เริ่มต้นจับเวลาเมื่อน้ำเริ่มไหล

ผ่านวัสดุ และหยุดจับเวลาเมื่อน้ำไหลออกจากกล่องทดสอบ จากนั้นเพิ่มอัตราไหลตามค่าที่ได้กำหนดไว้ และนำข้อมูลที่ได้ไปบันทึกข้อมูล

3.7.3 การวิเคราะห์ผลค่าความดันตกคร่อมของวัสดุแต่ละชนิด (Pressure drop)

การวิเคราะห์ผลค่าความดันตกคร่อมของวัสดุ ทำโดยการวัดความเร็วขาเข้าที่จุดก่อนอากาศไหลผ่านวัสดุ และวัดความเร็วลมขาออกที่จุดหลังอากาศไหลผ่านวัสดุ และนำข้อมูลมาคำนวณตามสมการดังนี้

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho (V_1^2 - V_2^2)$$

โดย $\Delta P = P_1 - P_2$ = ค่าความดันตกคร่อม

ρ = ความหนาแน่นของอากาศที่ทางเข้า (kg/m^3)

V_1 = ความเร็วลมอากาศขาเข้า (m/s)

V_2 = ความเร็วลมอากาศขาเข้า (m/s)

โดยหลังจากได้ข้อมูลการทดลอง จะนำไปพิจารณาเปรียบเทียบกับตัวแปรอื่น เช่น ประสิทธิภาพของวัสดุ เพื่อดูแนวโน้ม และความเชื่อมโยงของผลการทดลอง

3.7.4 การวิเคราะห์ผลประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุแต่ละชนิด (Saturation Efficiency)

การวิเคราะห์ผลประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุแต่ละชนิด ทำโดยการนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ ตามขั้นตอนการทดสอบ ดังรูปที่ 3.29 โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากเครื่องบันทึกอุณหภูมิ Graphtec midi logger GL220 ซึ่งจะได้ข้อมูลอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศขาเข้าผ่านผิวเปียก และอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศผ่านผิวเปียก และอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศผ่านผิวเปียก จะสามารถหาได้การใช้ Psychometric charts จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาคำนวณในสมการดังนี้

$$\eta_s = \frac{(T_{db,i} - T_{db,o})}{(T_{db,i} - T_{wb,i})} \times 100$$

โดย η_s = ประสิทธิภาพอิมิตัว (Saturation efficiency)

$T_{db,i}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศขาเข้าผ่านผิวเปียก ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{db,o}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศผ่านผิวเปียก ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{wb,i}$ = อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศผ่านผิวเปียก ($^{\circ}\text{C}$)
โดยสามารถหาค่าได้จาก Psychometric charts

โดยหลังจากได้ข้อมูลการทดลอง จะนำไปพิจารณาเปรียบเทียบกับตัวแปรอื่น เช่น ค่าความ
อุ้มน้ำ ค่าความดันตกคร่อมวัสดุ เพื่อดูแนวโน้ม และความเชื่อมโยงของผลการทดลอง



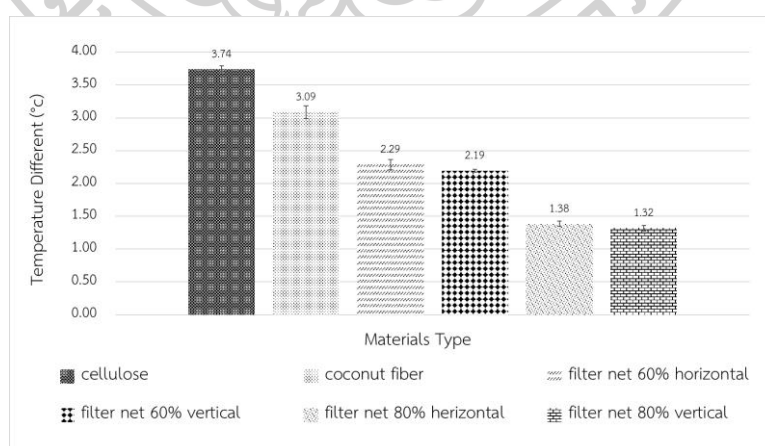
บทที่ 4

สรุปผลและอภิปรายผล

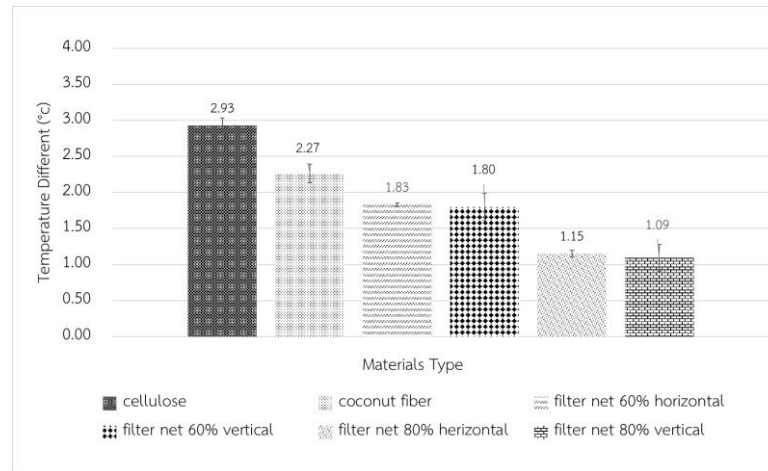
จากการทดลอง เพื่อศึกษาวัสดุทดแทนในระบบทำความเย็นแบบระเหย ค่าความอุ้มน้ำ ค่าการซึมผ่าน ค่าความดันตกคร่อม และประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุแต่ละชนิด ได้แก่ แผ่นเซลลูโลส เส้นใยมะพร้าว และตาข่ายพรางแสง 60 และ 80% ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60, 70, และ 80% สามารถอภิปรายผลได้ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปของวัสดุทดแทนแต่ละชนิด ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60, 70, และ 80%

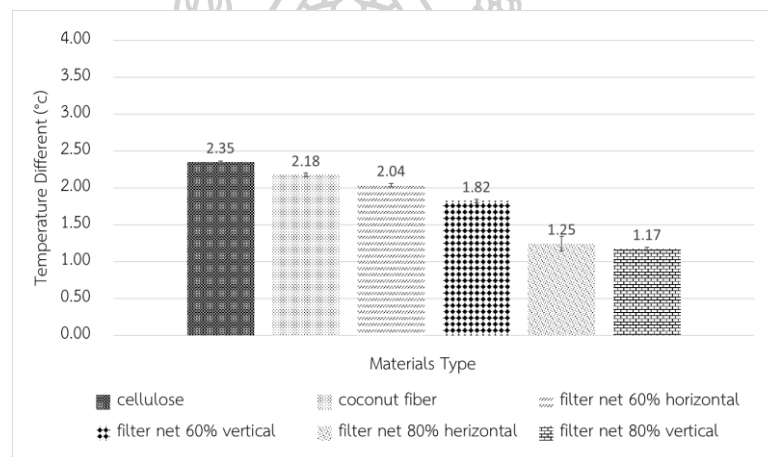
จากรูปที่ 4.1-4.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของชนิดวัสดุที่มีผลต่ออุณหภูมิที่แตกต่าง (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60, 70 และ 80% ตามลำดับ) จะเห็นว่า อุณหภูมิที่แตกต่างของแต่ละวัสดุในความชื้นสัมพัทธ์ มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน โดยแผ่นเซลลูโลสมีค่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันมากที่สุด (3.74, 2.93 และ 2.35°C ตามลำดับ) รองลงมาคือเส้นใยมะพร้าว (3.09, 2.27 และ 2.18 °C ตามลำดับ) ตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน (2.29, 1.83 และ 2.04 °C ตามลำดับ) ตาข่ายพรางแสง 60% แนวตั้ง (2.19, 1.80 และ 1.82°C ตามลำดับ) ตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน (1.38, 1.15 และ 1.25°C ตามลำดับ) และตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง มีค่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันน้อยที่สุด (1.32, 1.04 และ 1.17°C ตามลำดับ)



รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ของชนิดวัสดุที่มีผลต่ออุณหภูมิแตกต่าง (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60%)



รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ของชนิดวัสดุที่มีผลต่ออุณหภูมิแตกต่าง (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 70%)

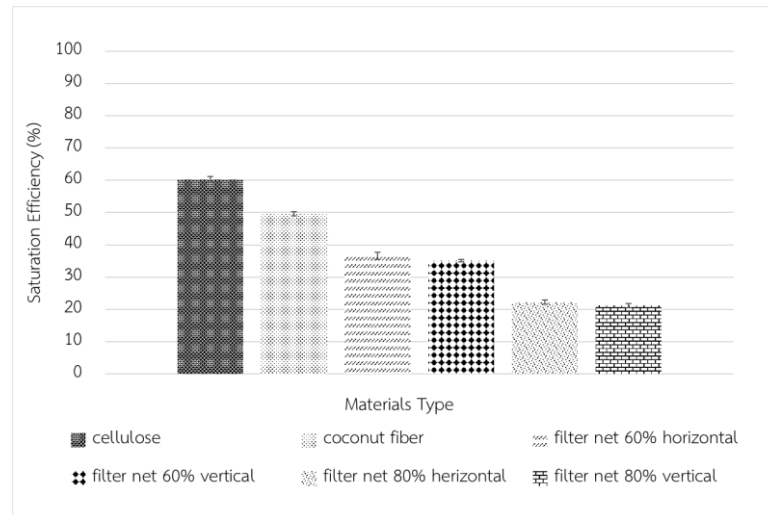


รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ของชนิดวัสดุที่มีผลต่ออุณหภูมิแตกต่าง (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80%)

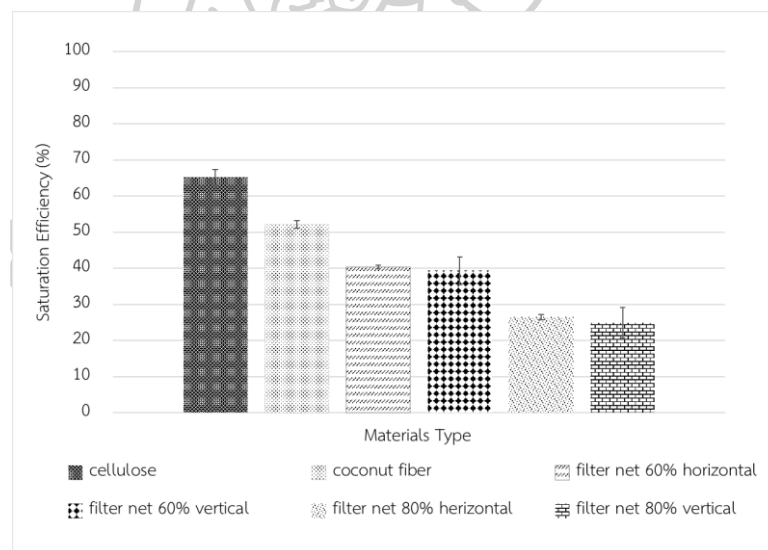
4.2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุทดแทนแต่ละชนิด ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60, 70, และ 80%

จากรูปที่ 4.4-4.6 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของชนิดวัสดุที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็น (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60, 70 และ 80% ตามลำดับ) ซึ่งค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ใช้มาจากช่วงของค่าความชื้นในประเทศไทย จะเห็นว่า ประสิทธิภาพการทำความเย็นของแต่ละวัสดุในแต่ละความชื้นสัมพัทธ์ มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน โดยแผ่นเซลลูโลสมีประสิทธิภาพการทำความเย็นสูงที่สุด (60.25, 65.25 และ 81.89% ตามลำดับ) รองลงมาคือเส้นใยมะพร้าว (49.65, 52.20 และ 74.99% ตามลำดับ) ตาข่ายพราส่ง 60% แนวนอน (36.56, 40.39 และ 70.30%ตามลำดับ) ตาข่ายพราส่ง 60% แนวตั้ง (35.09, 39.32 และ 68.27% ตามลำดับ) ตาข่ายพราส่ง 80% แนวนอน

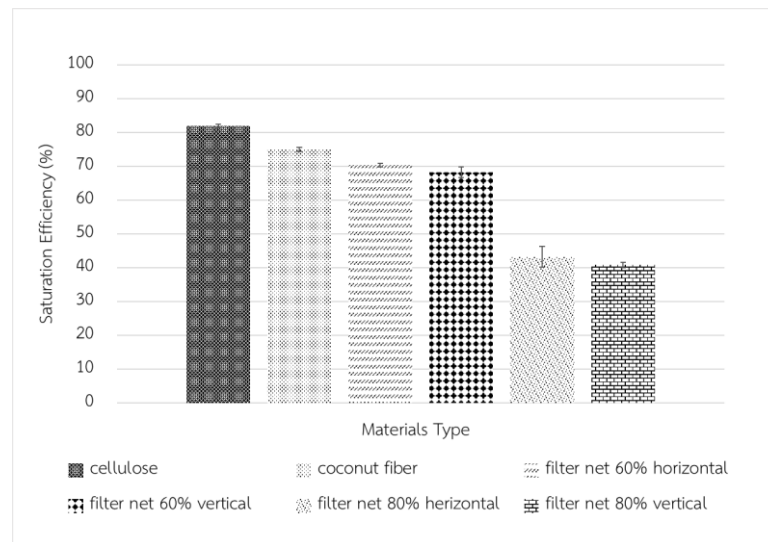
(22.23, 26.53 และ 43.24% ตามลำดับ) และตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง มีประสิทธิภาพการทำความเย็นต่ำที่สุด (21.21, 24.90 และ 40.87% ตามลำดับ)



รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการทำความเย็นที่มีผลต่อวัสดุแต่ละชนิด (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60%)

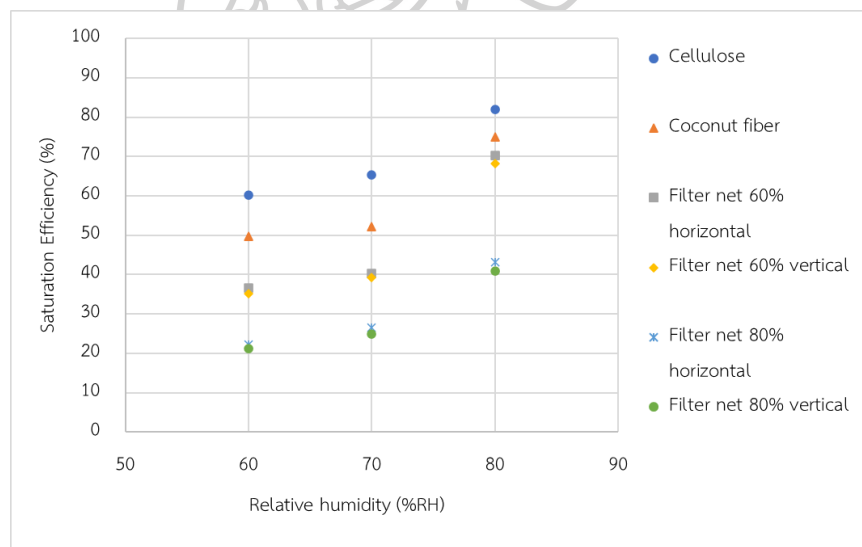


รูปที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการทำความเย็นที่มีผลต่อวัสดุแต่ละชนิด (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 70%)



รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการทำความเย็นที่มีผลต่อวัสดุแต่ละชนิด (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80%)

4.3 ผลการเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุแต่ละชนิด



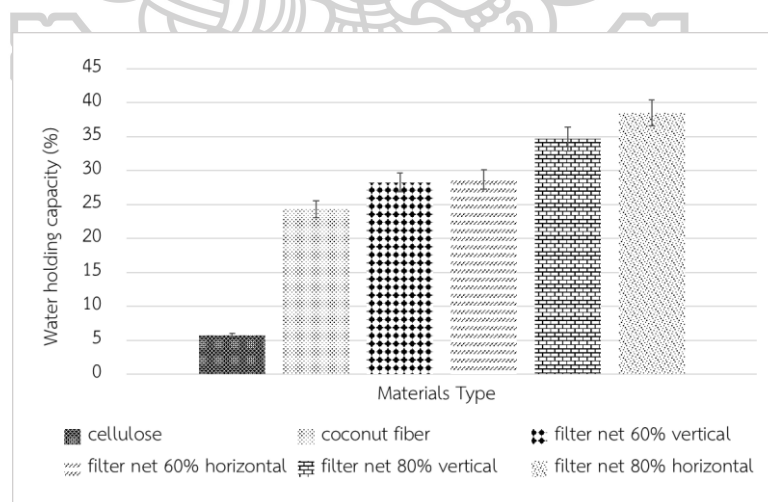
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความชื้นสัมพัทธ์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุแต่ละชนิด

จากรูปที่ 4.7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของความชื้นสัมพัทธ์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุแต่ละชนิด จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุแต่ละชนิด ในแต่ละความชื้นสัมพัทธ์ มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ แผ่นเซลล์โลสมิมีประสิทธิภาพการทำความเย็นสูงที่สุด รองลงมาคือ เส้นใยมะพร้าว ตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน ตาข่ายพรางแสง 60% แนวตั้ง

ตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน และตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง มีประสิทธิภาพการทำความเย็นต่ำที่สุด โดยเมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย โดยที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 80 มีประสิทธิภาพการทำความเย็นสูงกว่า 70 และ 60% ตามลำดับ เนื่องจากความชื้นที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศลดลงได้มากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง มีค่ามากกว่าประสิทธิภาพการทำความเย็นที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

4.4 ค่าความอุ้มน้ำ (Water holding capacity)

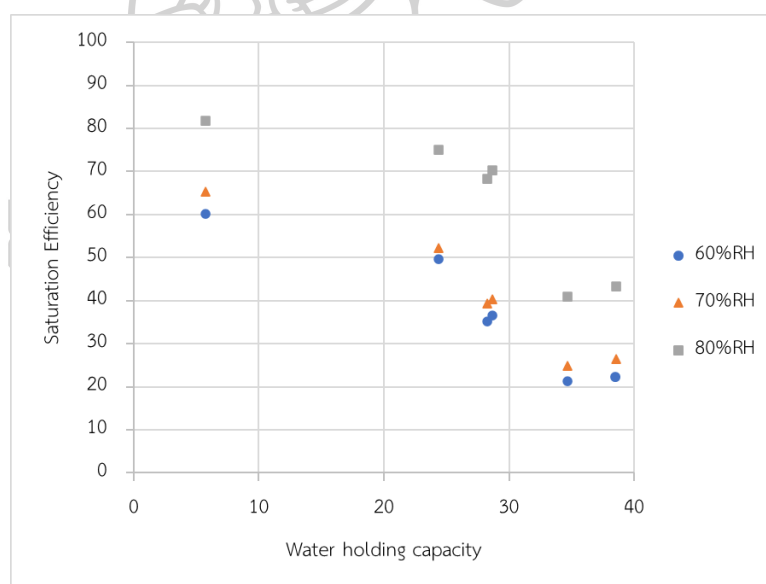
ความสัมพันธ์ของวัสดุแต่ละชนิดที่มีผลต่อค่าความอุ้มน้ำ จะแสดงอยู่ในรูปที่ 4.8 โดยจากกราฟจะเห็นว่า ค่าความอุ้มน้ำของแผ่นเซลลูโลส เส้นใยมะพร้าว ตาข่ายพรางแสง 60% แนวตั้ง ตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน ตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง และตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน คือ 5.71, 24.34, 28.26, 28.68, 34.67 และ 38.53% ตามลำดับ ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าแผ่นเซลลูโลสมีค่าความอุ้มน้ำต่ำที่สุด รองลงมาคือ เส้นใยมะพร้าว ตาข่ายพรางแสง 60% แนวตั้ง ตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน ตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง และตาข่ายพรางแสง 80% มีค่าความอุ้มน้ำสูงที่สุด ซึ่งสามารถบอกได้ว่า แผ่นเซลลูโลสจะมีประสิทธิภาพการทำความเย็นสูง เนื่องจากมีค่าความอุ้มน้ำต่ำ ขณะที่ตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอนจะมีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นต่ำ เนื่องจากมีค่าความอุ้มน้ำสูง วัสดุที่มีค่าความอุ้มน้ำน้อย ทำให้อากาศสามารถไหลผ่านวัสดุได้ง่าย ทำให้อากาศถ่ายเทมาก และแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดี



รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุแต่ละชนิดที่มีผลต่อค่าความอุ้มน้ำของวัสดุ

4.5 ผลการเปรียบเทียบค่าความอุ้มน้ำของวัสดุแต่ละชนิดที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60, 70 และ 80%

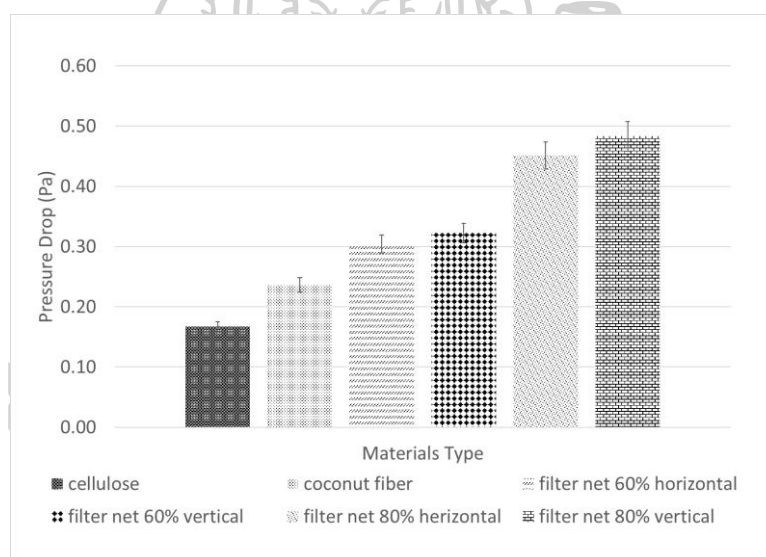
จากรูปที่ 4.9 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของชนิดวัสดุที่มีผลต่อค่าความอุ้มน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการทำความเย็นของแต่ละวัสดุในแต่ละความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60, 70 และ 80% ตามลำดับ ที่แสดงดังรูปที่ 52 จะเห็นได้ว่า วัสดุที่มีค่าความอุ้มน้ำที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นสูงสุด คือ แผ่นเซลล์ลูโลส รองลงมาคือ เส้นใยมะพร้าว ตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน ตาข่ายพรางแสง 60% แนวตั้ง ตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน และตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง เป็นวัสดุที่มีค่าความอุ้มน้ำที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นต่ำที่สุด โดยค่าความอุ้มน้ำ บ่งบอกถึงการที่อากาศจะสามารถไหลผ่านวัสดุได้ง่าย และสัมผัสกับน้ำเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนได้ง่าย ทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลง ดังนั้น วัสดุที่มีค่าความอุ้มน้ำน้อย จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในเป็นวัสดุผิวเปียกในระบบทำความเย็นแบบระเหย ซึ่งจากผลการศึกษาเป็นไปตามงานวิจัยของ พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์ [27] ที่ระบุไว้ว่า วัสดุที่มีค่าความอุ้มน้ำสูง จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นต่ำ หรือ วัสดุที่มีค่าความอุ้มน้ำต่ำ จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นสูง



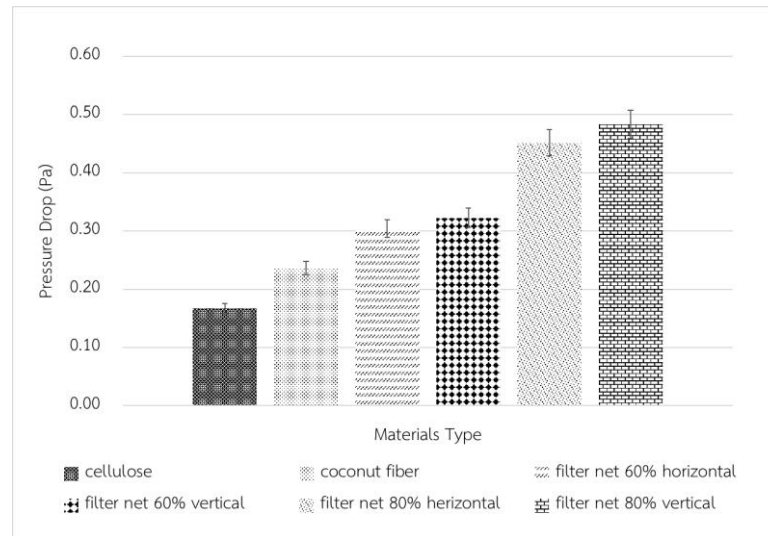
รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ของค่าความอุ้มน้ำของวัสดุแต่ละชนิดที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60, 70 และ 80%

4.6 ผลการเปรียบเทียบความดันตกคร่อมของวัสดุทดแทนแต่ละชนิด ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60, 70, และ 80%

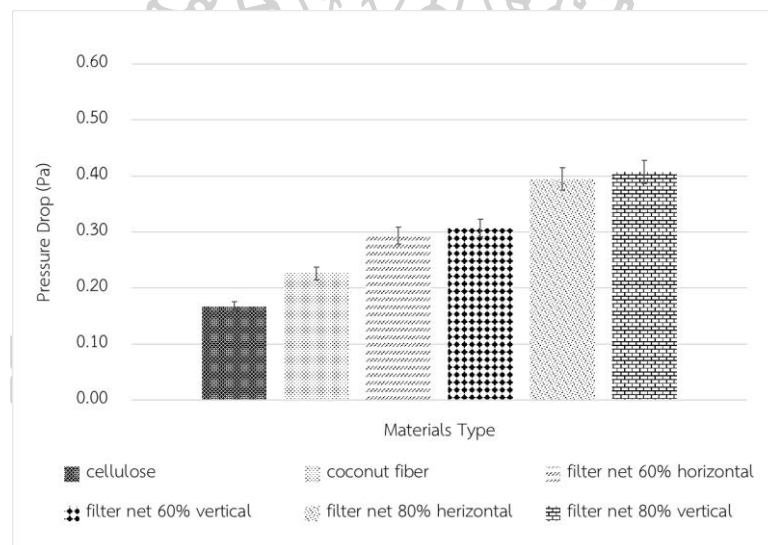
จากรูปที่ 4.10-4.12 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของชนิดวัสดุที่มีผลต่อความดันตกคร่อม (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60, 70 และ 80% ตามลำดับ) จะเห็นว่า ค่าความดันตกคร่อมของแต่ละวัสดุในแต่ละความชื้นสัมพัทธ์ มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน โดยแผ่นเซลลูโลสมีค่าความดันตกคร่อมต่ำที่สุด (0.18, 0.17 และ 0.17 Pa ตามลำดับ) รองลงมาคือเส้นใยมะพร้าว (0.21, 0.24 และ 0.23 Pa ตามลำดับ) ตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน (0.29, 0.30 และ 0.29 Pa ตามลำดับ) ตาข่ายพรางแสง 60% แนวตั้ง (0.31, 0.32 และ 0.31 Pa ตามลำดับ) ตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน (0.43, 0.45 และ 0.39 Pa ตามลำดับ) และตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง มีค่าความดันตกคร่อมมากที่สุด (0.42, 0.48 และ 0.41 Pa ตามลำดับ)



รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ของความดันตกคร่อมที่มีผลต่อวัสดุแต่ละชนิด (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60%)

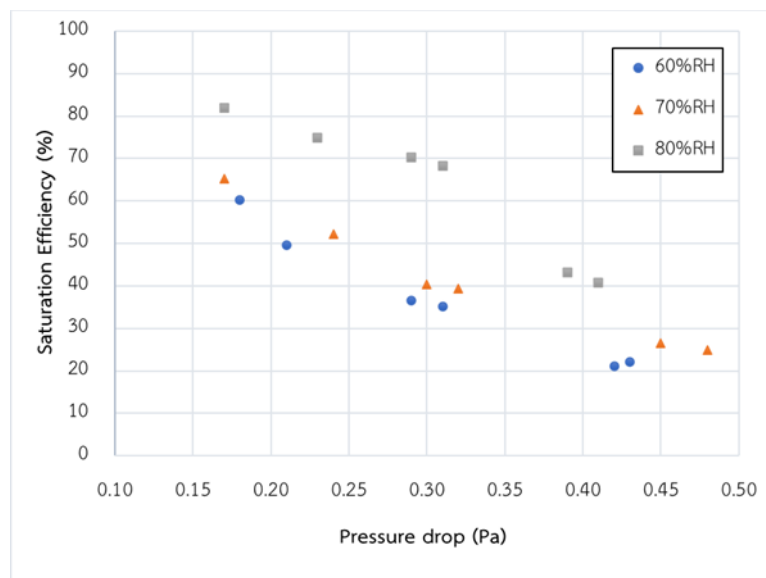


รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ของความดันตกคร่อมที่มีผลต่อวัสดุแต่ละชนิด (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 70%)



รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ของความดันตกคร่อมที่มีผลต่อวัสดุแต่ละชนิด (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80%)

4.7 ผลการเปรียบเทียบค่าความดันตกคร่อมของวัสดุแต่ละชนิดที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60, 70 และ 80%

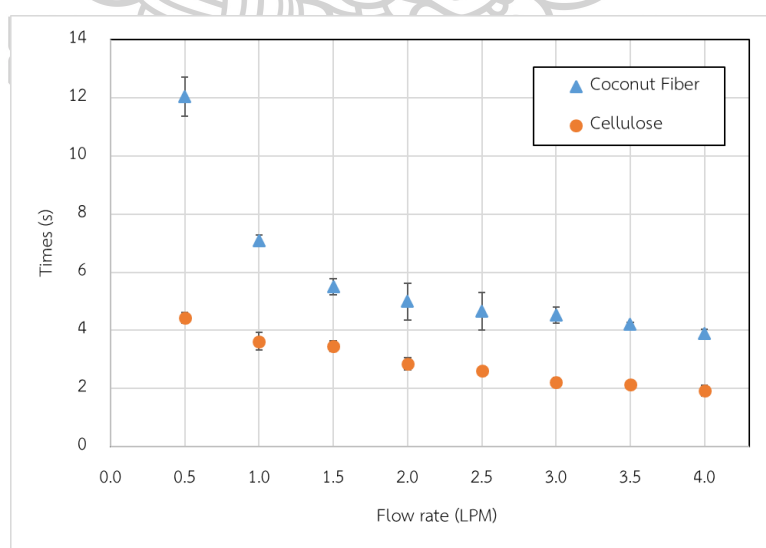


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความดันตกคร่อมที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุแต่ละชนิดที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60, 70 และ 80%

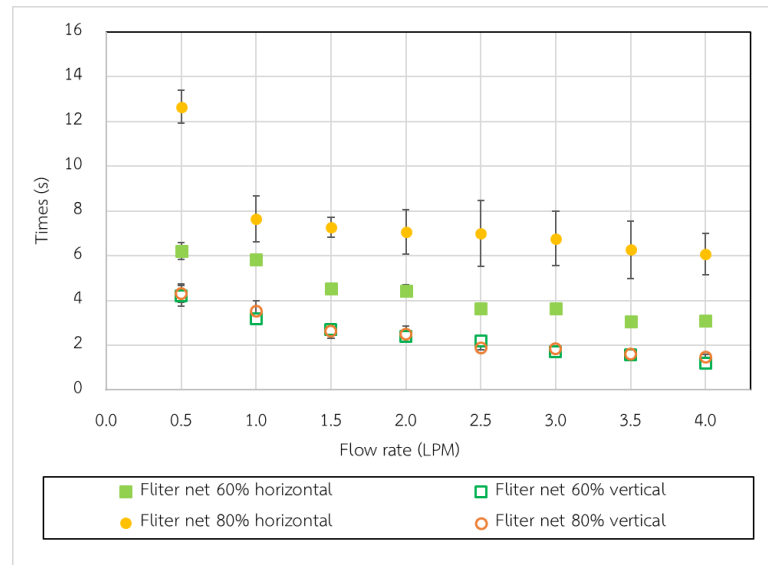
จากรูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ของค่าความดันตกคร่อมที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุแต่ละชนิดที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60, 70 และ 80% จากกราฟจะเห็นได้ว่า ค่าความดันตกคร่อมมีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นของแต่ละวัสดุ ซึ่งเมื่อวัสดุมีค่าความดันตกคร่อมต่ำจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นสูง ในขณะที่หากวัสดุมีค่าความดันตกคร่อมสูงก็จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นต่ำ จากตารางที่ 3.1 แสดงค่าความหนาแน่นของวัสดุแต่ละชนิด (ตามปริมาตรของแผงใส่วัสดุ) ซึ่งเป็นตัวแปรหนึ่งในการเลือกใช้วัสดุ เนื่องจากค่าความหนาแน่นของการจัดเรียงวัสดุแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน โดยวัสดุที่มีค่าความหนาแน่นน้อย สามารถบอกได้ว่าวัสดุนั้นมีช่องว่างมาก ส่งผลให้น้ำสามารถไหลผ่านวัสดุได้ง่าย ขณะเดียวกัน วัสดุที่มีค่าความหนาแน่นมาก แปลว่า ช่องว่างน้อย ทำให้น้ำสามารถไหลผ่านได้ยาก ดังนั้น วัสดุที่มีความหนาแน่นน้อย จึงเป็นวัสดุที่จะมีค่าความดันตกคร่อมต่ำ และมีประสิทธิภาพการทำความเย็นสูง ซึ่งผลการศึกษามีแนวโน้มเป็นไปตามงานวิจัยของ Soponponpipat N. [7] และ Abdollah M. [16] ที่เมื่อความดันตกคร่อมของวัสดุต่ำ ส่งผลให้ประสิทธิภาพสูง

4.7 ค่าการซึมผ่านของน้ำผ่านวัสดุ

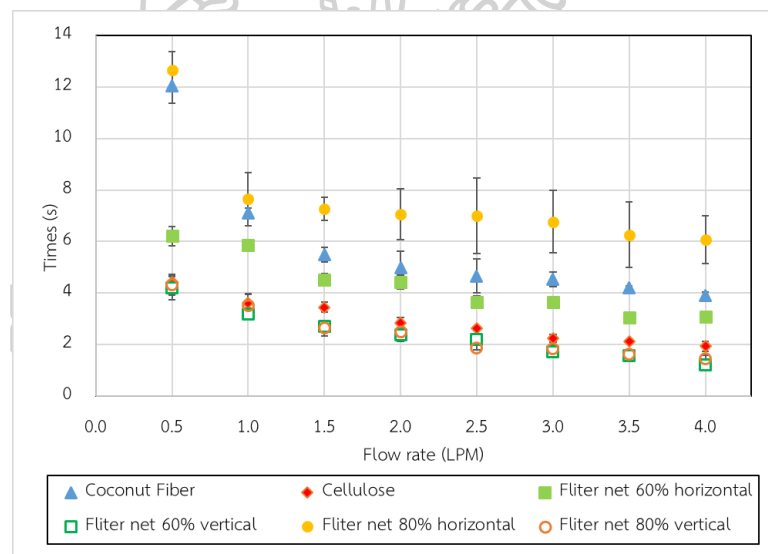
จากรูปที่ 4.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของน้ำและเวลาที่ใช้ในการซึมผ่านวัสดุ โดยรูปที่ 4.14ก แสดงถึงความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของน้ำและเวลาที่ใช้ในการซึมผ่านวัสดุของแผ่นเซลลูโลสและเส้นใยมะพร้าว โดยจากกราฟจะเห็นว่า เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น ระยะเวลาการซึมผ่านวัสดุจะลดลง โดยค่าของเส้นใยมะพร้าวจะใช้เวลามากกว่าแผ่นเซลลูโลส เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของเส้นใยมะพร้าวมีลักษณะเป็นเส้นใย การเรียงตัวของเส้นใยมะพร้าวไม่มีรูปแบบที่แน่นอน (ดังรูปที่ 4.15ข) ทำให้น้ำไหลผ่านได้ยากกว่าแผ่นเซลลูโลส (ดังรูปที่ 4.15ก) จึงทำให้ใช้เวลาานกว่า รูปที่ 4.14ข แสดงถึงความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของน้ำและเวลาที่ใช้ในการซึมผ่านวัสดุของตาข่ายพรางแสง 60 และ 80% ที่จัดวางแบบแนวนอนและแนวตั้ง โดยจากกราฟจะเห็นได้ว่า มีแนวโน้มเหมือนกับรูปที่ 4.14ก คือ เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น ระยะเวลาของการซึมผ่านจะลดลง โดยตาข่ายพรางแสง 60 และ 80% จัดเรียงแบบแนวนอนจะใช้ระยะเวลาในการซึมผ่านมากกว่าแบบแนวตั้ง เนื่องจากการจัดเรียงวัสดุตาข่ายพรางแสงแบบแนวตั้ง ทำให้น้ำสามารถไหลลงตามแนวตาข่ายได้ง่าย ใช้เวลาน้อยกว่าการจัดเรียงแบบแนวนอน ที่มีช่องว่างน้อยกว่า และตาข่ายพรางแสง 60% ใช้ระยะเวลาในการซึมผ่านน้อยกว่า ตาข่ายพรางแสง 80% เนื่องจากตาข่ายพรางแสง 80% มีความถี่กว่า มีช่องให้น้ำไหลผ่านได้น้อยกว่า (ดังรูปที่ 4.15ค และ 4.15ง และรูปที่ 4.14ค) แสดงถึงความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของน้ำและเวลาที่ใช้ในการซึมผ่านวัสดุแต่ละชนิด



รูปที่ 4.14ก กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของน้ำและเวลาที่ใช้ในการซึมผ่านวัสดุของเส้นใยมะพร้าวและแผ่นเซลลูโลส



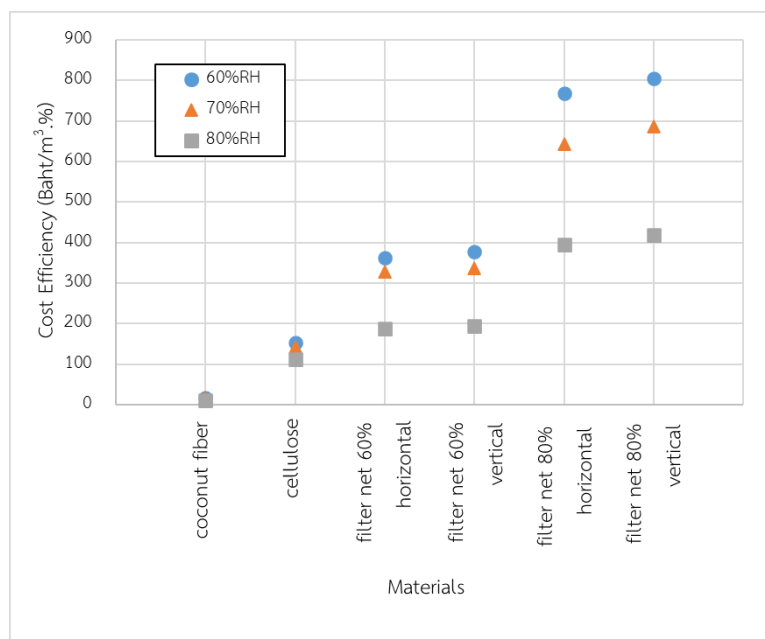
รูปที่ 4.14ข กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของน้ำและเวลาที่ใช้ในการซึมผ่านวัสดุของตาข่ายพรางแสง 60 และ 80% จัดวางแบบแนวนอนและแนวตั้ง



รูปที่ 4.14ค กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของน้ำและเวลาที่ใช้ในการซึมผ่านวัสดุของวัสดุแต่ละชนิด

รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของน้ำและเวลาที่ใช้ในการซึมผ่านวัสดุ

4.8 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำความเย็นต่อต้นทุนของวัสดุทดแทนแต่ละชนิด



รูปที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างชนิดวัสดุที่มีผลต่อต้นทุนต่อประสิทธิภาพการทำความเย็น

จากรูปที่ 4.16 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างชนิดวัสดุที่มีผลต่อต้นทุนต่อประสิทธิภาพการทำความเย็น โดยต้นทุนต่อประสิทธิภาพเป็นตัวแปรที่แสดงถึงต้นทุนต่อประสิทธิภาพของระบบ เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการใช้งาน โดยค่าที่น้อยที่สุด จะแสดงถึงความคุ้มค่ามากที่สุดจากการศึกษาพบว่า เส้นใยมะพร้าวมีต้นทุนต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุต่ำกว่าแผ่นเซลลูโลส รองลงมาคือ ตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน ตาข่ายพรางแสง 60% แนวตั้ง ตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน และ ตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60, 70 และ 80% ตามลำดับ โดยต้นทุนต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นของเส้นใยมะพร้าว คือ 17.05, 16.22 และ 11.29 baht/m³.% ตามลำดับ แผ่นเซลลูโลส คือ 153.69, 141.90 และ 113.07 baht/m³.% ตามลำดับ ตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน คือ 361.76, 327.47 และ 188.13 baht/m³.% ตามลำดับ ตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน คือ 768.72, 644.05 และ 395.19 baht/m³.% ตามลำดับ และตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง คือ 805.65, 686.23 และ 418.15 baht/m³.% ตามลำดับ ดังนั้น เส้นใยมะพร้าวเป็นวัสดุที่จะนำมาใช้ในระบบทำความเย็นแบบระเหย ทดแทนแผ่นเซลลูโลสที่มีราคาแพง แม้ประสิทธิภาพการทำความเย็นของเส้นใยมะพร้าวจะต่ำกว่าเซลลูโลส แต่เมื่อเปรียบเทียบกับราคาแล้ว ถือว่ามีความเหมาะสมแก่การนำมาใช้ทดแทนเซลลูโลสในระบบทำความเย็นแบบระเหยได้

บทที่ 5

สรุปผลวิจัย

จากการศึกษาวัสดุทดแทนในระบบทำความเย็นแบบระเหย เพื่อนำมาทดแทนแผ่นเซลล์โลส หรือแผ่นทำความเย็นเชิงพาณิชย์ที่มีราคาแพง ค่าความอุ้มน้ำ ค่าการซึมผ่าน ค่าความดันตกคร่อม และประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุแต่ละชนิด ได้แก่ แผ่นเซลล์โลส เส้นใยมะพร้าว และตาข่ายพรางแสง 60 และ 80% ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60, 70, และ 80% สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.1 ประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุทดแทนแต่ละชนิด

จากการศึกษาประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุทดแทนแต่ละชนิด ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60, 70 และ 80% สามารถสรุปได้ว่า เมื่อค่าความดันตกคร่อมของวัสดุมีค่าสูง จะทำให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นต่ำ ขณะเดียวกัน เมื่อค่าความดันตกคร่อมต่ำของวัสดุมีค่าต่ำ จำส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุสูง ซึ่งจากการศึกษาจะเห็นได้ว่า แผ่นเซลล์โลสมีประสิทธิภาพการทำความเย็นสูงที่สุด เมื่อเทียบกับวัสดุทดแทนอื่นๆ รองลงมาคือ เส้นใยมะพร้าว และตาข่ายพรางแสง 80% มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด

5.2 ค่าความอุ้มน้ำ (Water holding capacity)

จากการศึกษาค่าความอุ้มน้ำของแต่ละวัสดุ สามารถสรุปได้ว่าค่าความอุ้มน้ำของวัสดุ มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุ เนื่องจากวัสดุที่มีความสามารถอุ้มน้ำได้น้อย หมายความว่า วัสดุจะมีช่องว่างให้อากาศไหลผ่านได้ง่าย และอากาศที่ไหลผ่านวัสดุจะสามารถสัมผัสกับน้ำ เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีกว่า วัสดุที่มีค่าความอุ้มน้ำมาก ดังนั้น วัสดุที่เหมาะสมจะนำมาใช้เป็นผิวเปียกควรจะมีค่าความอุ้มน้ำน้อย ทำให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นมากขึ้นตามไปด้วย กล่าวคือ วัสดุที่นำมาใช้เป็นแผ่นทำความเย็นควรมีค่าความอุ้มน้ำต่ำ ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นสูง จากการทดสอบ พบว่า แผ่นเซลล์โลส มีค่าความอุ้มน้ำต่ำที่สุด รองลงมาคือ เส้นใยมะพร้าว และตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง มีค่าความอุ้มน้ำสูงที่สุด

5.3 ความดันตกคร่อมของวัสดุทดแทนแต่ละชนิด

จากการศึกษาความดันตกคร่อมของวัสดุทดแทนแต่ละชนิด ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60, 70 และ 80% สามารถสรุปได้ว่า หากวัสดุมีความหนาแน่นมาก จะส่งผลให้ความดันตกคร่อมวัสดุต่ำ และหากวัสดุมีความหนาแน่นน้อย จะส่งผลให้ความดันตกคร่อมสูง ซึ่งจากการทดสอบพบว่า วัสดุที่มีค่าความ

ต้นตกร่อมต่ำที่สุดคือ เซลลูโลส รองลงมาคือ เส้นใยมะพร้าว ตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน ตาข่ายพรางแสง 60% แนวตั้ง ตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน และตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง มีความต้นตกร่อมวัสดุสูงที่สุด

5.4 ค่าการซึมผ่านวัสดุ

จากการศึกษาค่าการซึมผ่านวัสดุของวัสดุแต่ละชนิด สามารถสรุปได้ว่า ค่าการซึมผ่านวัสดุแสดงถึงวัสดุมีความพรุนมาก ทำให้น้ำสามารถไหลผ่านวัสดุได้ง่าย โดยอัตราการไหลของน้ำมีผลต่อเวลาของการซึมผ่านวัสดุ ซึ่งอัตราการไหลของน้ำต่ำ จะใช้เวลาในการไหลผ่านวัสดุได้ช้ากว่า อัตราการไหลของน้ำที่สูง โดยวัสดุที่มีความพรุนหรือช่องว่างในตัวมาก จะทำให้น้ำไหลผ่านได้ง่าย ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ตาข่ายพรางแสง 80% ที่จัดเรียงในลักษณะแนวนอน ใช้ระยะเวลาการไหลผ่านวัสดุมากที่สุด เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของตาข่ายพรางแสงชนิดนี้มีความถี่มาก มีช่องให้น้ำไหลผ่านเล็กมาก เมื่อวางแผ่นตาข่ายซ้อนกัน ทำให้น้ำไหลผ่านได้ยากมาก และใช้เวลานานที่สุด รองลงมาคือ เส้นใยมะพร้าว เนื่องจากลักษณะการจัดเรียงของเส้นใยมะพร้าวไม่แน่นอน มีช่องว่างให้น้ำไหลผ่านได้หลายทิศทาง และนอกจากนี้เส้นใยมะพร้าวยังสามารถดูดซับน้ำได้ จึงทำให้ใช้เวลาในการไหลผ่านวัสดุมาก ถัดไปคือ ตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน พบปัญหาเดียวกับตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน แต่เนื่องจากมีช่องความถี่มากกว่า จึงทำให้ใช้เวลาในการไหลผ่านได้ง่ายกว่า แผ่นเซลลูโลสใช้เวลาในการซึมผ่านวัสดุไม่มาก เนื่องจากแผ่นเซลลูโลส มีช่องว่างที่น้ำสามารถไหลผ่านได้ง่าย และตาข่ายพรางแสง 60 และ 80% ที่จัดเรียงแบบแนวตั้งใช้เวลาในการซึมผ่านวัสดุน้อยที่สุด เนื่องจากน้ำไหลลงตามแนวตั้งตามแรงโน้มถ่วงของโลก และเส้นใยของตาข่ายเป็นแนวตั้งตรงไม่มีสิ่งขวางกั้น ทำให้น้ำสามารถไหลผ่านได้ดี

5.4 ต้นทุนต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุทดแทนแต่ละชนิด

จากการศึกษาต้นทุนต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุแต่ละชนิด สามารถสรุปได้ว่า เส้นใยมะพร้าว เป็นวัสดุผิวเปียกที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ทดแทนแผ่นเซลลูโลสมากที่สุด แม้ว่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของแผ่นเซลลูโลสจะสูงกว่าเส้นใยมะพร้าว แต่หากเปรียบเทียบต้นทุนต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นของวัสดุแล้วนั้น เส้นใยมะพร้าวถือว่าเป็นวัสดุที่มีต้นทุนต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นต่ำที่สุด และเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นแผ่นผิวเปียกทดแทนแผ่นเซลลูโลสที่มีราคาที่สุด

5.5 แนวทางการวิจัยในอนาคต

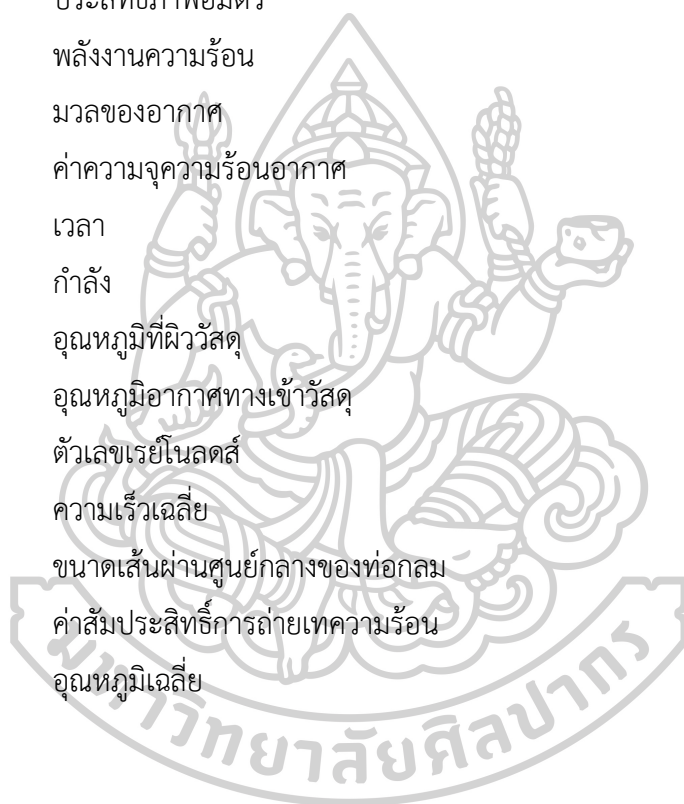
- ศึกษาวัสดุทดแทนให้หลากหลายมากขึ้น
- ศึกษาตัวแปรอื่นๆ เช่น อุณหภูมิเข้า ผลของอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านผิวเปียก
- ศึกษาการใช้งานวัสดุระยะยาว การย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradation)



รายการสัญลักษณ์

A_s	พื้นที่ผิวเปียกที่สัมผัสกับอากาศ	m/s
$C_{p,a}$	ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ	$\text{kJ/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$
$C_{p,w}$	ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ	$\text{kJ/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$
D_h	ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ	m
H_e	ค่าเอนทาลปีของอากาศที่ทางออก	kJ/kg
H_g	ค่าเอนทาลปีของไอน้ำ	Kj/kg
h_H	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน	$\text{W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$
H_i	ค่าเอนทาลปีของอากาศทางเข้า	kJ/kg
\dot{m}_{ae}	อัตราการไหลของมวลอากาศที่ทางออก	kg/s
\dot{m}_{ai}	อัตราการไหลของมวลอากาศที่ทางเข้า	kg/s
\dot{m}_e	อัตราการระเหยของไอน้ำ	kg/s
m_v	มวลของไอน้ำ	Kg
m_w	มวลของน้ำ	kg
P_a	ความดันของอากาศ	kPa
P_v	ความดันของไอน้ำ	kPa
\dot{Q}	อัตราการถ่ายเทความร้อน	kJ/s
R_a	ค่าคงที่ของอากาศ	$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$
R_v	ค่าคงที่ของไอน้ำ	$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$
Nu	Nusselt Number	-
Pr	Prandtl Number	-
Re	Reynold Number	-
$T_{db,e}$	อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศที่ทางออก	$^{\circ}\text{C}$
$T_{db,i}$	อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศขาออก	$^{\circ}\text{C}$
T_e	อุณหภูมิทางออก	$^{\circ}\text{C}$
T_i	อุณหภูมิทางเข้า	$^{\circ}\text{C}$
$T_{wb,e}$	อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศที่ทางออก	$^{\circ}\text{C}$
$T_{wb,i}$	อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศที่ขาเข้า	$^{\circ}\text{C}$
\dot{W}	งาน	W

Z	ค่าความต้านทางทางความร้อน	W/ °C
ϕ_e	ความชื้นสัมพัทธ์ทางออก	%
ϕ_i	ความชื้นสัมพัทธ์ทางเข้า	%
ΔT_m	ชุดอุณหภูมิแตกต่างทางค่าเฉลี่ยเชิงลึอกของอากาศ	°C
ω_e	ความชื้นจำเพาะของอากาศที่ทางออก	kg-water/kg-dry air
ω_i	ความชื้นจำเพาะของอากาศที่ทางเข้า	kg-water/kg-dry air
V	ความหนืดจลศาสตร์ของอากาศ	m/s
ϵ_{sat}	ประสิทธิภาพอัดตัว	%
Q	พลังงานความร้อน	J
m	มวลของอากาศ	kg
C_p	ค่าความจุความร้อนอากาศ	kJ/kg·K
t	เวลา	Second
P	กำลัง	W
T_s	อุณหภูมิที่ผิววัสดุ	°C
T_∞	อุณหภูมิอากาศทางเข้าวัสดุ	°C
Re_D	ตัวเลขเรย์โนลด์ส์	-
V	ความเร็วเฉลี่ย	m/s
D	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อกลม	m
h_m	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน	W/m ² ·K)
T_{bm}	อุณหภูมิเฉลี่ย	°C



รายการอ้างอิง

- [1] P. Phetcharat, Pocherd, P., Khuansuwong, B., Agricultural production patterns of Thai households in rural areas in, 2019.
- [2] ต. สุทธิแพทย์, ภาวะโลกร้อนและผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต, เชียงใหม่สัตว์แพทย์สาร, 5 (2550) 1-3.
- [3] P. Abohorlu Doğramacı, S. Riffat, G. Gan, D. Aydın, Experimental study of the potential of eucalyptus fibres for evaporative cooling, Renewable Energy, 131 (2019) 250-260.
- [4] อ.พ. นพพร เปรมใจ, การศึกษาประสิทธิภาพแผ่นซับน้ำจากวัสดุธรรมชาติสำหรับโรงเรียนเลี้ยงไก่, (2554) 770-774.
- [5] อ. พุ่มพวง, การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของประเทศไทยในรอบ 10 ปี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ. กรุงเทพฯ, 2563.
- [6] N.K.S. Lawrence K. Wang, Clint Williford,, a.G.P.S. Wei-Yin Chen, Evaporative Processes, in, Pulping Conference, Proceedings of the Technical Association of the Pulp and Paper Industry, 1983.
- [7] K.S. Sophonpongpiat N., Recycled High-Density Polyethylene and Rice Husk as a Wetted Pad in Evaporative Cooling System, American Journal of Applied Sciences, (2011) 186-191.
- [8] Y.M. Xuan, Xiao, F., Niu, X. F., Huang, X., Wang, S. W., Research and application of evaporative cooling in China: A review (I) – Research, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16 (2012) 3535-3546.
- [9] P.U. Bogdan Porumba, Lucian Fehete Tutunaru, Alexandru Şerbanb, Muşur Bălana, A Review of Indirect Evaporative Cooling Technology, Energy Procedia, 85 (2016) 461-471.
- [10] J.K. Jain, D.A. Hindoliya, Experimental performance of new evaporative cooling pad materials, Sustainable Cities and Society, 1 (2011) 252-256.
- [11] น. ไพบูล, การถ่ายเทความร้อนและการระบายความร้อนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์, ทริปเปิ้ล เอ็ดดูเคชั่น, กรุงเทพฯ 2558.
- [12] ล. แซ่จิ่ง, เทอร์โมไดนามิกส์, กรุงเทพฯ, 2545.
- [13] ส. อัครทิวา, เทอร์โมไดนามิกส์, แมคกรอ-ฮิล อินเตอร์เนชั่นแนล, กรุงเทพฯ, 2544.

- [14] S.K. Wang, Handbook of Air Conditioning and Refrigeration, 2001.
- [15] K.N.V. M.M. Kulkarni, N.A. Jadhav, M.J. Bhor, S.S. Shinde, Experimental Performance Evaluation of new cooling pad, International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), 22 (2015) 281-287.
- [16] H.R.S. Abdollah Malli , Mohammad Layeghi, Seyedmehdi Sharifian, Hamid Behravesh, Investigating the performance of cellulosic evaporative cooling pads, Energy Conversion and Management, 52 (2011) 2598-2603.
- [17] S.J.D. Dipak Ashok Warke, Experimental Analysis of Cellulose Cooling Pads Used in Evaporative coolers, International Journal of Energy Science and Engineering, 3 (2017) 37-43.
- [18] D.N.S. Rajesh Maurya, Vipin Shrivastava, Performance Evaluation of Alternative Evaporative Cooling Media, International Journal of Scientific & Engineering Research, 5 (2014) 676-684.
- [19] S.S. Sudaporn Sudprasert, Utilization of rice husks in a water-permeable material for passive evaporative cooling, Case Studies in Construction Materials, 8 (2018) 51-60.
- [20] A.K.P. Parmeshwar Dubey, Experimental Analysis of Various Cooling pads in Evaporative cooling system, International Journal of Latest in Engineering and Technology (IJLTET), 6 (2015) 302-314.
- [21] F. Al-Sulaiman, Evaluation of the performance of local fibers in evaporative cooling, Energy Conversion and Management, 43 (2002) 2267-2273.
- [22] ช.ย. สมชาย มณีวรรณ, การศึกษาเซลล์กระดาษสำหรับระบบทำความเย็นแบบระเหย, วารสารวิจัยและพัฒนา มจร., 3 (2550) 523-536.
- [23] ศ. แคนลา, การเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยระหว่างวัสดุต้นแบบใยมะพร้าว และเซลลูโลส, สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย, 2006.
- [24] W.C. Warin Koohamaneechote, Pawin Thanpattranon, Anak Sukcharoen, Testing of a Porosity Measuring Apparatus Based on Comparisons of Pressure Decay Rates, วารสาร สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, (2560) 26-35.
- [25] B.M. Das, Principles of Geotechnical Engineering, 2010.
- [26] W.B. Pinit Ruttanaporamakul, Design and Development of Soil Permeability Testing Apparatus for Use in Laboratory
- of the Department of Civil Engineering, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Sci &

Tech.J.NKRAFA, 17 (2021) 11-18.

[27] แ. พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์, สมรรถนะการอุ้มน้ำและความพรุนรวมของดินบริเวณลุ่มน้ำสุ ชัยภูมิ, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กองอนุรักษ์ต้นน้ำ กรมป่าไม้ กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร, 2531.

[28] ด. โกมารทัต, การบัญชีต้นทุน, โรงพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2544.

[29] น. ชุตินวงศ์, ทฤษฎีเศรษฐศาสตร์จุลภาค, โรงพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ 2547.

[30] I.E. Team, Cost Efficiencies: Definition, Benefits and Methods of Improvement, in, 2021.





ตารางที่ ก.1 ผลการทดสอบค่าการอุ้มน้ำ (Water holding capacity)

วัสดุ	การทดลองครั้งที่	น้ำหนักกล่องทดลอง	น้ำหนักก่อนทดสอบ	น้ำหนักวัสดุ	น้ำหนักวัสดุหลังทดสอบ	ค่าการอุ้มน้ำ	W (avg)	SD
cellulose	1	901.10	974.80	73.70	1029.20	5.58	5.71	0.19
	2	901.10	974.50	73.40	1032.30	5.93		
	3	901.10	974.90	73.80	1029.70	5.62		
coconut fiber	1	901.10	998.20	97.10	1224.10	22.63	24.34	4.98
	2	901.10	998.30	97.20	1297.30	29.95		
	3	901.10	998.30	97.20	1202.30	20.43		
filter net 60% horizontal	1	901.10	1062.20	161.10	1363.60	28.38	28.68	2.26
	2	901.10	1062.20	161.10	1392.20	31.07		
	3	901.10	1064.10	163.00	1347.00	26.59		
filter net 80% horizontal	1	901.10	1084.40	183.30	1515.00	39.71	38.53	2.34
	2	901.10	1101.00	199.90	1541.90	40.05		
	3	901.10	1082.20	181.10	1470.00	35.83		
filter net 60% vertical	1	901.10	1061.20	160.10	1362.30	28.37	28.26	0.11
	2	901.10	1061.50	160.40	1361.20	28.23		
	3	901.10	1062.30	161.20	1361.50	28.17		
filter net 80% vertical	1	901.10	1075.60	174.50	1432.00	33.13	34.67	3.07
	2	901.10	1098.00	196.90	1456.70	32.67		
	3	901.10	1086.30	185.20	1501.40	38.21		

ตารางที่ ก.2 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำของวัสดุ (Permeability capacity)

วัสดุที่ใช้ในการศึกษา	การทดลองครั้งที่	ปริมาณน้ำ (ml)	เวลา (s)	อัตราการไหล (cm ³ /s)	อัตราการไหลเฉลี่ย (cm ³ /s)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	พื้นที่ (cm ²)	ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (cm/s)	ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านเฉลี่ย (cm/s)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Cellulose	1	6900	180	38.33	39.33	0.91	309.92	0.1237	0.12691	0.0029
	2	7120	180	39.56						
	3	7220	180	40.11						
Coconut Fiber	1	6970	180	38.72	38.53	0.36	309.92	0.1249	0.1243	0.0012
	2	6860	180	38.11						
	3	6975	180	38.75						
Filter net 80% horizontal	1	6630	180	36.83	36.86	0.03	309.92	0.1188	0.1189	0.0001
	2	6640	180	36.89						
	3	6635	180	36.86						
Filter net 80% vertical	1	6930	180	38.50	38.48	0.03	309.92	0.1242	0.1242	0.0001
	2	6920	180	38.44						
	3	6930	180	38.50						
Filter net 60% horizontal	1	7050	180	39.17	39.26	0.14	309.92	0.1264	0.1267	0.0004
	2	7095	180	39.42						
	3	7055	180	39.19						
Filter net 60% vertical	1	7070	180	39.28	39.28	0.06	309.92	0.1267	0.1267	0.0002
	2	7060	180	39.22						
	3	7080	180	39.33						

ตารางที่ ก.3 ผลการทดลองของแผ่นเซลล์ลอส โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 60%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 1

ผลการทดลองครั้งที่ 1							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.7 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 69.3 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/21/2021 13:18	30.4	26.8	26.7	26.4	31.2	60.45	65.9
4/21/2021 13:19	30.25	26.55	26.7	26.4	31	60.7	65.55
4/21/2021 13:20	30.3	26.55	26.7	26.4	31.1	60.9	64.65
4/21/2021 13:21	30.3	26.55	26.7	26.3	31.1	60.15	63.95
4/21/2021 13:22	30.3	26.5	26.8	26.4	31.2	60.4	63.55
4/21/2021 13:23	30	26.4	26.8	26.4	31.1	60.55	63.65
4/21/2021 13:24	30.4	26.4	26.7	26.4	31.15	60.5	63.65
4/21/2021 13:25	30.2	26.45	26.7	26.4	31.15	60.15	63.7
4/21/2021 13:26	30	26.4	26.75	26.4	31.05	60.5	63.8
4/21/2021 13:27	30.35	26.5	26.7	26.4	30.95	60.8	63.95
4/21/2021 13:28	30	26.45	26.7	26.4	31	60.8	64
4/21/2021 13:29	30.25	26.5	26.7	26.4	30.85	60.75	63.85
4/21/2021 13:30	30	26.45	26.7	26.3	31	60.6	63.55
4/21/2021 13:31	30	26.35	26.65	26.3	30.8	60.6	63.35
4/21/2021 13:32	30.1	26.25	26.65	26.3	30.8	60.75	63.85

ตารางที่ ก.4 ผลการทดลองของแผ่นเซลล์ลูลอส โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 60%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 2

ผลการทดลองครั้งที่ 2							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.7 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 69.3 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถึงน้ำ (°C)	อุณหภูมิด้านน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/21/2021 13:47	30.35	26.5	26.7	26.4	31.15	60.35	64.35
4/21/2021 13:48	30.35	26.5	26.7	26.5	31.35	60.45	64.45
4/21/2021 13:49	30.3	26.5	26.75	26.5	31.3	60.65	64.65
4/21/2021 13:50	30.45	26.5	26.8	26.5	31.2	60.2	65
4/21/2021 13:51	30.55	26.5	26.8	26.5	31.4	60.5	64.65
4/21/2021 13:52	30.65	26.7	26.85	26.5	31.55	60.5	64.4
4/21/2021 13:53	30.55	26.75	26.9	26.5	31.6	60.45	64.4
4/21/2021 13:54	30.3	26.6	26.75	26.4	31.4	60.35	64.35
4/21/2021 13:55	30.4	26.6	26.75	26.4	31.35	60.75	64.7
4/21/2021 13:56	30.2	26.6	26.7	26.4	31.35	60.8	64.7
4/21/2021 13:57	30.25	26.55	26.75	26.4	31.5	60.25	64.7
4/21/2021 13:58	30.55	26.7	26.8	26.5	31.5	60.8	64.65
4/21/2021 13:59	30.25	26.55	26.7	26.4	31.4	60.75	64.45
4/21/2021 14:00	30.15	26.5	26.7	26.4	31.2	60.85	64.45
4/21/2021 14:01	30.35	26.65	26.75	26.4	31.5	60.6	64.25

ตารางที่ ก.5 ผลการทดลองของแผ่นเซลล์โกลด์ โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 60%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 3

ผลการทดลองครั้งที่ 3							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.7 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 69.3 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถึงน้ำ (°C)	อุณหภูมิต่อน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/21/2021 14:16	30.4	26.5	26.8	26.7	31.2	60.50	64.8
4/21/2021 14:17	30.4	26.55	26.85	26.7	31.15	60.45	64.35
4/21/2021 14:18	30.55	26.7	27	26.8	31.2	60.35	64.55
4/21/2021 14:19	30.55	26.65	26.95	26.7	31.15	60.20	64.4
4/21/2021 14:20	30.35	26.65	26.95	26.8	31.2	60.40	64.3
4/21/2021 14:21	30.3	26.55	27	26.8	31.1	60.60	64.25
4/21/2021 14:22	30.4	26.5	27	26.8	31.05	60.40	64.15
4/21/2021 14:23	30.1	26.5	27	26.8	31.1	60.45	64.2
4/21/2021 14:24	30.05	26.6	27	26.9	31.1	60.40	64.2
4/21/2021 14:25	30.15	26.55	27.15	26.9	31.15	60.35	64.15
4/21/2021 14:26	30.25	26.65	27.15	26.9	31.1	60.40	64.05
4/21/2021 14:27	30.2	26.5	27	26.8	31	60.30	64.15
4/21/2021 14:28	30.25	26.6	27.15	26.9	31.1	60.35	63.95
4/21/2021 14:29	30.05	26.55	27.2	27	31.15	60.20	64.1
4/21/2021 14:30	30.1	26.55	27.2	27	31.2	60.55	64.2

ตารางที่ ก.6 ผลการทดลองของแผ่นเซลล์ลูลิส โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 70%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 1

ผลการทดลองครั้งที่ 1							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 32.3 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 67.9 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
3/15/2021 13:39	31.00	27.15	27.00	26.35	31.10	69.85	78.75
3/15/2021 13:40	30.80	27.20	27.10	26.40	31.25	68.95	78.40
3/15/2021 13:41	29.85	27.10	27.00	26.40	31.20	70.15	78.35
3/15/2021 13:42	29.65	27.05	27.00	26.35	31.20	69.70	78.75
3/15/2021 13:43	30.10	27.05	27.10	26.35	31.30	69.75	79.30
3/15/2021 13:44	30.30	27.10	27.05	26.15	31.25	70.85	78.65
3/15/2021 13:45	29.90	27.10	27.05	25.80	31.35	70.70	78.75
3/15/2021 13:46	30.05	27.05	27.10	26.25	31.35	69.70	80.05
3/15/2021 13:47	29.80	27.05	27.00	26.00	17.30	69.75	79.35
3/15/2021 13:48	29.90	26.95	27.00	26.00	31.20	69.90	78.20
3/15/2021 13:49	29.70	27.05	27.05	25.95	31.20	69.65	78.75
3/15/2021 13:50	29.85	26.90	27.00	26.00	31.30	69.95	78.30
3/15/2021 13:51	29.95	27.10	27.15	26.05	31.35	70.20	78.30
3/15/2021 13:52	30.30	27.05	27.10	26.10	31.50	70.20	78.70
3/15/2021 13:53	30.75	27.10	27.15	26.20	31.45	69.70	78.80

ตารางที่ ก.7 ผลการทดลองของแผ่นเซลล์ลอส โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 70%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 2

ผลการทดลองครั้งที่ 2							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 32.3 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 67.9 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
3/15/2021 14:04	27.845	29.905	27.05	26.3	31.6	69.5	79.1
3/15/2021 14:05	27.825	30.16	27.05	26.35	31.7	69.55	79.25
3/15/2021 14:06	27.795	30.495	27.25	26.5	31.75	70.5	80.15
3/15/2021 14:07	27.94	30.195	27.15	26.45	31.8	69.25	80.15
3/15/2021 14:08	27.905	29.93	27.2	26.5	31.7	69.75	80.25
3/15/2021 14:09	27.455	30.295	27.2	26.5	31.8	70.15	80.85
3/15/2021 14:10	28.04	30.74	27.2	26.5	31.75	69.2	80.2
3/15/2021 14:11	27.965	30.15	27.2	26.4	31.8	69.85	80.7
3/15/2021 14:12	27.875	30.02	27.25	26.5	31.85	70.3	80.6
3/15/2021 14:13	27.91	30.04	27.25	26.5	31.8	69.65	81
3/15/2021 14:14	27.975	30.38	27.25	26.45	31.8	69.25	81.05
3/15/2021 14:15	28.03	30.705	27.25	26.35	31.65	70	81.3
3/15/2021 14:16	28.015	30.2	27.25	26.4	31.9	69.9	80.45
3/15/2021 14:17	27.985	30.245	27.2	26.35	31.8	69.7	79.4
3/15/2021 14:18	27.98	30.145	27.2	26.25	31.8	69.65	80.15

ตารางที่ ก.8 ผลการทดลองของแผ่นเซลล์ลอส โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 70%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 3

ผลการทดลองครั้งที่ 3							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 32.3 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 67.9 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิเข้า (°C)	อุณหภูมิออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์เข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ออก (%RH)
4/2/2021 14:08	29.80	26.60	28.00	29.15	32.70	71.10	74.05
4/2/2021 14:09	29.95	26.80	27.90	29.00	32.60	70.40	74.55
4/2/2021 14:10	31.20	26.90	27.90	29.05	32.65	71.10	74.60
4/2/2021 14:11	29.40	26.75	27.90	29.15	32.65	70.00	74.85
4/2/2021 14:12	30.20	26.85	27.90	29.10	32.75	70.95	74.95
4/2/2021 14:13	30.05	26.85	27.70	29.05	32.65	70.65	75.70
4/2/2021 14:14	29.55	26.90	27.75	29.25	32.75	69.50	75.20
4/2/2021 14:15	29.55	26.95	27.70	29.10	32.70	71.45	75.35
4/2/2021 14:16	29.90	27.10	27.65	29.15	32.65	70.75	75.85
4/2/2021 14:17	29.50	26.95	27.50	29.15	32.65	69.60	74.95
4/2/2021 14:18	30.15	27.00	27.50	29.10	32.75	71.70	75.15
4/2/2021 14:19	30.55	27.35	27.55	29.25	32.80	70.50	75.20
4/2/2021 14:20	29.55	27.60	27.60	29.30	32.85	69.80	75.05
4/2/2021 14:21	30.15	27.75	27.50	29.20	32.85	70.00	74.90
4/2/2021 14:22	29.80	27.75	27.50	29.15	33.00	69.60	74.45

ตารางที่ ก.9 ผลการทดลองของแผ่นเซลล์ลอส โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 80%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 1

ผลการทดลองครั้งที่ 1							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 30.5 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 75.0 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิเข้า (°C)	อุณหภูมิออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์เข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ออก (%RH)
4/6/2021 12:31	30.20	27.90	27.85	26.20	29.50	80.50	83.45
4/6/2021 12:32	30.35	27.90	27.85	26.20	29.40	80.30	83.75
4/6/2021 12:33	30.05	27.90	27.95	26.25	29.55	80.30	83.75
4/6/2021 12:34	30.35	28.00	27.90	26.20	29.45	80.35	83.65
4/6/2021 12:35	30.20	27.90	27.90	26.25	29.40	80.35	83.65
4/6/2021 12:36	30.35	28.00	27.90	26.20	29.30	80.40	84.15
4/6/2021 12:37	30.25	27.80	27.80	26.25	29.25	80.40	84.15
4/6/2021 12:38	30.15	27.90	27.85	26.35	29.20	80.55	84.00
4/6/2021 12:39	30.60	27.90	27.85	26.25	29.15	80.55	84.00
4/6/2021 12:40	30.15	27.70	27.90	26.30	29.20	80.55	84.05
4/6/2021 12:41	30.25	27.90	27.75	26.20	29.20	80.55	84.05
4/6/2021 12:42	30.50	27.90	27.90	26.25	29.25	80.00	83.90
4/6/2021 12:43	30.00	27.70	27.80	26.25	29.20	80.00	83.90
4/6/2021 12:44	30.15	28.00	27.90	26.25	29.30	80.75	84.15
4/6/2021 12:45	30.25	27.80	27.85	26.25	29.30	80.75	84.15

ตารางที่ ก.10 ผลการทดลองของแผ่นเซลล์ลูลิส โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 80%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 2

ผลการทดลองครั้งที่ 2							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 30.5 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 75.0 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิเข้า (°C)	อุณหภูมิออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์เข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ออก (%RH)
4/6/2021 12:56	30.15	27.90	26.20	26.35	29.40	80.40	83.55
4/6/2021 12:57	30.55	28.00	26.30	26.20	29.35	80.50	83.70
4/6/2021 12:58	30.10	27.90	26.20	26.25	29.30	80.20	83.80
4/6/2021 12:59	30.10	27.90	26.40	26.35	29.30	80.75	83.55
4/6/2021 13:00	30.35	28.00	26.40	26.30	29.20	80.80	83.30
4/6/2021 13:01	30.10	27.70	26.30	26.25	29.20	80.20	83.65
4/6/2021 13:02	30.50	28.00	26.30	26.25	29.30	80.20	83.80
4/6/2021 13:03	30.50	28.00	26.40	26.30	29.20	80.55	83.55
4/6/2021 13:04	30.05	27.90	26.40	26.35	29.15	80.50	83.65
4/6/2021 13:05	30.40	28.00	26.30	26.25	29.15	80.20	83.75
4/6/2021 13:06	30.50	27.90	26.30	26.35	29.25	80.20	83.60
4/6/2021 13:07	30.25	27.90	26.40	26.35	29.25	80.50	83.55
4/6/2021 13:08	30.10	27.90	26.40	26.40	29.45	80.85	83.55
4/6/2021 13:09	30.25	27.90	26.20	26.25	29.35	80.65	83.60
4/6/2021 13:10	30.15	27.90	26.40	26.35	29.45	80.60	83.75

ตารางที่ ก.11 ผลการทดลองของแผ่นเซลล์ลูลอส โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 80%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 3

ผลการทดลองครั้งที่ 3							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 30.5 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 75.0 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิเข้า (°C)	อุณหภูมิออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิภาคน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์เข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ออก (%RH)
4/6/2021 13:21	30.55	28.00	28.00	26.40	29.65	80.25	84.10
4/6/2021 13:22	30.05	27.70	27.95	26.35	29.50	80.50	84.25
4/6/2021 13:23	30.15	27.70	28.00	26.40	29.50	80.50	84.25
4/6/2021 13:24	30.15	28.00	28.00	26.40	29.55	80.70	84.40
4/6/2021 13:25	30.30	27.80	28.00	26.40	29.55	80.70	84.40
4/6/2021 13:26	30.30	28.00	28.00	26.45	29.55	80.45	84.15
4/6/2021 13:27	30.00	27.80	28.00	26.35	29.50	80.45	84.15
4/6/2021 13:28	30.25	28.10	28.00	26.40	29.55	80.65	84.15
4/6/2021 13:29	30.50	28.00	28.00	26.35	29.50	80.65	84.15
4/6/2021 13:30	30.25	27.80	28.00	26.40	29.55	80.70	83.95
4/6/2021 13:31	30.20	28.00	28.00	26.40	29.50	80.70	83.95
4/6/2021 13:32	30.25	27.80	28.00	26.35	29.50	80.55	83.80
4/6/2021 13:33	30.25	28.00	28.00	26.45	29.60	80.55	83.80
4/6/2021 13:34	30.25	28.00	28.05	26.45	29.55	80.30	84.25
4/6/2021 13:35	30.15	27.80	28.15	26.45	29.65	80.30	84.25

ตารางที่ ก.12 ผลการทดลองของเส้นใยมะพร้าว โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 60%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 1

ผลการทดลองครั้งที่ 1							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 30.9 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 68.3 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/20/2021 11:57	30.3	27.2	27.1	27.1	31.65	60.65	64.6
4/20/2021 11:58	30.05	27.05	27	26.95	31.65	60.7	64.45
4/20/2021 11:59	30.1	26.85	26.9	26.9	31.75	60.55	64.65
4/20/2021 12:00	30.2	27.2	27	27	31.8	60.3	64.55
4/20/2021 12:01	30.55	27.35	27	27	31.8	60.6	64.45
4/20/2021 12:02	30.4	27.25	26.9	27	31.8	60.55	64.25
4/20/2021 12:03	30.15	27.2	27	27	31.75	60.25	64.05
4/20/2021 12:04	30.5	27.3	27	27.1	31.8	60.3	64.1
4/20/2021 12:05	30.1	27.15	27	27	31.75	60.2	63.95
4/20/2021 12:06	30.45	27.4	27	27.05	31.8	60.4	64.1
4/20/2021 12:07	30.1	27.15	27	27	31.75	60.55	64.3
4/20/2021 12:08	30.2	27.2	27	27	31.65	60.2	64.25
4/20/2021 12:09	30.3	27.25	27	27.1	31.75	60.65	64.25
4/20/2021 12:10	30.2	27.2	27	27	31.75	60.55	64.25
4/20/2021 12:11	30.4	27.3	27	27	31.8	60.45	64.25

ตารางที่ ก.13 ผลการทดลองของเส้นใยมะพร้าว โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 60%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 2

ผลการทดลองครั้งที่ 2							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 30.9 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 68.3 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/20/2021 12:21	30.35	27.15	26.5	26.4	31.75	60.35	64.25
4/20/2021 12:22	30.35	27.2	26.5	26.45	31.8	60.5	64.4
4/20/2021 12:23	30.3	27.15	26.5	26.4	31.75	60.35	64.4
4/20/2021 12:24	30.3	27.15	26.5	26.45	31.8	60.65	64.2
4/20/2021 12:25	30.4	27.3	26.6	26.5	31.95	60.55	64.15
4/20/2021 12:26	30.3	27.25	26.7	26.5	31.95	60.75	64
4/20/2021 12:27	30.5	27.35	26.6	26.45	31.9	60.65	63.75
4/20/2021 12:28	30.45	27.3	26.5	26.55	32	60.6	63.8
4/20/2021 12:29	30.4	27.25	26.5	26.45	31.95	60.4	63.85
4/20/2021 12:30	30.6	27.45	26.6	26.55	31.95	60.15	63.75
4/20/2021 12:31	30.3	27.25	26.5	26.45	31.75	60.3	63.7
4/20/2021 12:32	30.3	27.25	26.7	26.5	31.75	60.2	63.9
4/20/2021 12:33	30.4	27.2	26.5	26.5	31.75	60.45	64
4/20/2021 12:34	30.3	27.2	26.5	26.5	31.9	60.6	63.9
4/20/2021 12:35	30.5	27.3	26.5	26.45	31.95	60.3	63.95

ตารางที่ ก.14 ผลการทดลองของเส้นใยมะพร้าว โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 60%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 3

ผลการทดลองครั้งที่ 3							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 30.9 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 68.3 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/20/2021 12:45	30.4	27.35	27.1	27.1	31.5	60.6	64.7
4/20/2021 12:46	30.3	27.25	27.1	27.05	31.55	60.65	64.6
4/20/2021 12:47	30.45	27.3	27.2	27.1	31.55	60.7	64.55
4/20/2021 12:48	30.1	27.25	27.1	27	31.5	60.65	64.55
4/20/2021 12:49	30.5	27.45	27.1	27	31.6	60.65	64.5
4/20/2021 12:50	30.25	27.35	27.1	27.05	31.6	60.45	64.4
4/20/2021 12:51	30.6	27.4	27.1	27	31.7	60.3	64.45
4/20/2021 12:52	30.5	27.35	27.1	27	31.65	60.55	64.45
4/20/2021 12:53	30.25	27.25	27.1	27	31.4	60.65	64.55
4/20/2021 12:54	30.2	27.15	27.1	27.05	31.2	60.45	64.6
4/20/2021 12:55	30.3	27.25	27.1	27	31.15	60.2	64.45
4/20/2021 12:56	30.4	27.2	27.1	27	31.15	60.25	64.4
4/20/2021 12:57	30.3	27.25	27.1	27.05	31.35	60.45	64.35
4/20/2021 12:58	30.4	27.3	27.1	27	31.45	60.45	64.35
4/20/2021 12:59	30.35	27.3	27.1	27	31.6	60.5	64.35

ตารางที่ ก.15 ผลการทดลองของเส้นใยมะพร้าว โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 70%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 1

ผลการทดลองครั้งที่ 1							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 32.3 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 67.9 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
3/15/2021 16:40	30.30	27.75	27.20	27.05	31.85	70.55	78.35
3/15/2021 16:41	30.75	27.85	27.30	27.10	31.90	71.15	78.15
3/15/2021 16:42	31.05	28.00	27.30	27.15	31.95	70.35	77.95
3/15/2021 16:43	31.05	28.00	27.15	27.05	31.85	70.85	78.25
3/15/2021 16:44	29.85	27.95	27.30	27.20	31.90	70.40	78.65
3/15/2021 16:45	30.05	28.05	27.35	27.20	31.95	70.45	78.85
3/15/2021 16:46	30.35	28.10	27.35	27.20	31.95	70.80	78.75
3/15/2021 16:47	30.95	28.15	27.30	27.15	31.95	70.40	78.85
3/15/2021 16:48	30.20	28.05	27.30	27.15	31.95	70.15	79.00
3/15/2021 16:49	30.55	28.20	27.40	27.15	32.00	70.55	79.25
3/15/2021 16:50	30.35	28.20	27.25	27.15	32.00	70.85	79.30
3/15/2021 16:51	30.65	28.20	27.30	27.15	31.95	70.40	79.30
3/15/2021 16:52	30.30	28.15	27.25	27.10	31.85	70.15	79.40
3/15/2021 16:53	30.30	28.20	27.30	27.15	31.85	70.75	79.50
3/15/2021 16:54	30.55	28.25	27.30	27.15	31.95	70.80	79.35

ตารางที่ ก.16 ผลการทดลองของเส้นใยมะพร้าว โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 70%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 2

ผลการทดลองครั้งที่ 2							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 32.3 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 67.9 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
3/15/2021 16:59	31.05	28.40	27.35	27.25	31.95	70.75	79.45
3/15/2021 16:40	30.00	28.30	27.30	27.25	32.05	70.65	80.15
3/15/2021 16:41	30.20	28.35	27.30	27.20	31.95	70.80	80.70
3/15/2021 16:42	30.65	28.60	27.35	27.40	31.95	69.95	80.30
3/15/2021 16:43	30.10	27.30	27.20	26.50	31.70	70.45	80.90
3/15/2021 17:19	30.40	28.60	27.55	27.10	31.65	70.95	81.05
3/15/2021 17:20	30.55	28.40	27.60	26.90	31.70	70.35	81.05
3/15/2021 17:21	31.05	28.50	27.60	27.00	31.75	70.20	81.20
3/15/2021 17:22	30.90	28.85	27.55	27.05	31.75	70.85	82.70
3/15/2021 17:23	30.70	28.65	27.60	27.00	31.80	70.05	82.00
3/15/2021 17:24	31.10	28.55	27.60	27.05	31.75	71.05	82.95
3/15/2021 17:25	30.80	28.60	27.55	27.00	31.75	69.40	82.85
3/15/2021 17:26	30.05	28.55	27.60	26.95	31.70	69.70	83.20
3/15/2021 17:27	31.05	28.55	27.60	27.05	31.75	70.75	82.25
3/15/2021 17:28	30.45	28.35	27.65	27.55	31.85	70.95	81.20

ตารางที่ ก.17 ผลการทดลองของเส้นใยมะพร้าว โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 70%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 3

ผลการทดลองครั้งที่ 3							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 32.3 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 67.9 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
3/15/2021 17:31	30.75	28.45	27.55	27.30	31.65	69.65	84.10
3/15/2021 17:32	30.20	28.30	27.55	27.15	31.75	69.85	84.00
3/15/2021 17:33	30.10	28.25	27.55	27.35	31.75	69.35	84.40
3/15/2021 17:34	30.65	28.35	27.55	27.25	31.75	69.00	84.05
3/15/2021 17:35	30.95	28.50	27.55	27.40	31.80	70.00	84.50
3/15/2021 17:36	30.60	28.45	27.45	27.10	31.70	69.60	84.55
3/15/2021 17:37	30.30	28.35	27.55	27.35	31.70	69.50	84.50
3/15/2021 17:38	31.20	28.45	27.55	27.20	31.60	70.95	84.25
3/15/2021 17:39	30.65	28.50	27.60	27.25	31.65	71.05	83.80
3/15/2021 17:40	31.20	28.55	27.60	27.20	31.65	71.20	83.90
3/15/2021 17:41	30.45	28.45	27.55	27.20	31.65	71.15	83.90
3/15/2021 17:42	31.45	28.60	27.60	27.25	31.65	70.70	84.00
3/15/2021 17:43	30.55	28.50	27.55	27.25	31.60	70.40	84.00
3/15/2021 17:44	30.70	28.60	27.55	27.25	31.55	70.90	83.90
3/15/2021 17:45	30.55	28.55	27.55	27.20	31.55	70.90	84.10

ตารางที่ ก.18 ผลการทดลองของเส้นใยมะพร้าว โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 80%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 1

ผลการทดลองครั้งที่ 1							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 30.9 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 68.3 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/20/2021 10:25	30.05	27.90	28.10	26.30	29.40	80.05	84.55
4/20/2021 10:26	30.30	27.95	28.05	26.15	29.40	80.05	84.45
4/20/2021 10:27	30.30	27.85	28.05	26.15	29.45	80.00	84.45
4/20/2021 10:28	30.05	27.90	28.00	26.15	29.55	80.05	84.35
4/20/2021 10:29	30.15	27.65	28.00	26.15	29.45	80.05	84.15
4/20/2021 10:30	30.00	27.80	28.20	26.05	29.65	80.10	84.10
4/20/2021 10:31	30.25	27.85	28.10	26.00	29.75	80.10	84.05
4/20/2021 10:32	30.35	27.90	28.10	26.20	29.80	80.25	84.05
4/20/2021 10:33	30.30	28.25	28.10	26.40	29.90	80.05	84.10
4/20/2021 10:34	30.10	28.05	28.15	26.00	29.85	80.10	84.10
4/20/2021 10:35	30.30	28.15	28.15	26.10	29.95	80.05	84.15
4/20/2021 10:36	30.00	28.00	28.20	26.05	30.05	80.10	84.15
4/20/2021 10:37	30.30	28.25	28.10	26.15	29.95	80.10	84.05
4/20/2021 10:38	30.10	28.00	28.15	25.90	30.05	80.20	84.05
4/20/2021 10:39	30.15	28.20	28.15	26.20	30.15	80.05	84.10

ตารางที่ ก.19 ผลการทดลองของเส้นใยมะพร้าว โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 80%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 2

ผลการทดลองครั้งที่ 2							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 30.9 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 68.3 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/20/2021 10:49	30.30	28.00	27.20	26.80	30.50	80.50	85.45
4/20/2021 10:50	30.15	28.10	27.25	26.95	30.70	80.35	85.25
4/20/2021 10:51	30.10	27.75	27.15	26.80	30.55	80.60	85.15
4/20/2021 10:52	30.10	27.80	27.20	26.80	30.55	80.50	85.30
4/20/2021 10:53	30.10	27.85	27.15	26.90	30.50	80.75	85.55
4/20/2021 10:54	30.10	28.00	27.15	26.85	30.50	80.25	85.90
4/20/2021 10:55	30.10	27.95	27.15	26.75	30.45	80.45	85.85
4/20/2021 10:56	30.30	28.00	27.25	26.85	30.55	80.40	85.75
4/20/2021 10:57	30.00	28.00	27.15	26.80	30.50	80.45	86.10
4/20/2021 10:58	30.25	28.10	27.15	26.80	30.40	80.45	85.80
4/20/2021 10:59	30.05	28.10	27.25	26.85	30.55	80.40	85.30
4/20/2021 11:00	30.20	28.00	27.25	26.85	30.60	80.40	85.25
4/20/2021 11:01	30.20	28.15	27.20	26.75	30.55	80.55	85.50
4/20/2021 11:02	30.15	28.15	27.30	26.80	30.90	80.45	85.60
4/20/2021 11:03	30.20	28.15	27.30	26.85	30.90	80.40	85.45

ตารางที่ ก.20 ผลการทดลองของเส้นใยมะพร้าว โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 80%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 3

ผลการทดลองครั้งที่ 3							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 30.9 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 68.3 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/20/2021 11:13	30.15	27.85	27.00	26.70	30.70	80.45	85.60
4/20/2021 11:14	30.10	27.85	27.25	26.85	30.65	80.50	86.00
4/20/2021 11:15	30.00	27.85	27.25	27.00	30.70	80.50	86.00
4/20/2021 11:16	30.30	27.85	27.20	27.15	30.75	80.50	85.95
4/20/2021 11:17	30.05	27.75	27.20	27.05	30.75	80.50	85.95
4/20/2021 11:18	30.10	27.95	27.15	27.00	30.75	80.45	85.75
4/20/2021 11:19	30.00	28.05	27.25	27.05	30.90	80.45	85.75
4/20/2021 11:20	30.25	28.25	27.25	27.10	30.95	80.30	86.10
4/20/2021 11:21	30.10	27.95	27.25	27.05	30.95	80.30	86.10
4/20/2021 11:22	30.05	28.05	27.25	27.00	30.95	80.35	86.15
4/20/2021 11:23	30.25	28.05	27.25	27.05	31.00	80.35	86.15
4/20/2021 11:24	30.15	28.15	27.35	27.05	31.05	80.55	86.35
4/20/2021 11:25	30.30	28.25	27.30	27.05	31.05	80.55	86.35
4/20/2021 11:26	30.15	28.15	27.30	27.00	31.00	80.55	86.20
4/20/2021 11:27	30.00	27.85	27.30	27.00	30.95	80.55	86.20

ตารางที่ ก.21 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 60%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 1

ผลการทดลองครั้งที่ 1							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.7 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 69.3 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/20/2021 13:19	30.1	28.15	27.9	27.95	31.15	60.1	68.7
4/20/2021 13:20	30.25	28.25	28	28	31.3	60.1	68.55
4/20/2021 13:21	30.3	28.1	28.05	28.05	31.3	60.2	68.6
4/20/2021 13:22	30.2	28.05	28.1	28.15	31.25	59.95	68.55
4/20/2021 13:23	30.05	28.05	28.1	28.1	31.2	60.1	68.65
4/20/2021 13:24	30.35	27.9	28.05	28	31.2	60.1	68.7
4/20/2021 13:25	30.4	27.95	28.15	28.1	31.1	60.55	68.5
4/20/2021 13:26	30.15	27.9	28.1	28.1	30.55	60.1	68.5
4/20/2021 13:27	30.05	28	28.1	28.15	30.55	60.55	68.65
4/20/2021 13:28	30.15	27.95	28.05	28.05	30.55	60.2	68.55
4/20/2021 13:29	30.1	27.8	28.1	28.1	30.6	60.35	68.45
4/20/2021 13:30	30.05	27.65	28.1	28.1	30.7	60.7	68.7
4/20/2021 13:31	30.05	27.75	28	28.05	30.85	60.25	68.85
4/20/2021 13:32	30	27.8	28.05	28.05	31.15	60.15	68.7
4/20/2021 13:33	30.05	27.9	28.05	28.05	31.4	60.2	68.6

ตารางที่ ก.22 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 60%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 2

ผลการทดลองครั้งที่ 2							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.7 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 69.3 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/20/2021 13:48	30.5	28	27.5	27.55	31.15	60.15	68.2
4/20/2021 13:49	30	27.7	27.8	27.7	31.5	60.2	68.25
4/20/2021 13:50	30.6	28.05	27.65	27.6	31.3	60.35	68.3
4/20/2021 13:51	30.45	28.1	27.65	27.7	31.3	60.1	68.05
4/20/2021 13:52	30.7	28.2	27.8	27.75	31.4	60.35	68.15
4/20/2021 13:53	30.6	28.25	27.65	27.7	31.3	60.1	68.1
4/20/2021 13:54	30.3	28.2	27.75	27.7	31.3	60.2	67.85
4/20/2021 13:55	30.55	28.1	27.7	27.6	31.35	60.3	67.85
4/20/2021 13:56	30.6	28.25	27.75	27.75	31.35	60.35	67.95
4/20/2021 13:57	30.6	28.1	27.75	27.75	31.35	60.2	67.95
4/20/2021 13:58	30.25	28.05	27.8	27.8	31.3	60.15	67.85
4/20/2021 13:59	30.55	28.05	27.75	27.75	31.35	60	68.05
4/20/2021 14:00	30.5	28.05	27.8	27.9	31.3	60.25	67.9
4/20/2021 14:01	29.8	28.05	27.8	27.85	31.35	60.35	67.8
4/20/2021 14:02	30.55	28.1	27.8	28	31.35	60.6	67.95

ตารางที่ ก.23 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 60%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 3

ผลการทดลองครั้งที่ 3							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.7 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 69.3 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/20/2021 14:17	30.3	28	27.7	27.45	31.5	60	68.15
4/20/2021 14:18	30.1	27.9	27.5	27.7	31.45	60.05	68.05
4/20/2021 14:19	30	27.9	27.5	26.9	31.45	60.05	68.15
4/20/2021 14:20	30.65	28.1	27.5	27.7	31.45	60.05	68.15
4/20/2021 14:21	30.3	28	27.4	27.8	31.45	60.05	68.30
4/20/2021 14:22	30.4	28.05	27.4	27.85	31.5	60.15	68.30
4/20/2021 14:23	30.15	27.9	27.3	27.45	31.45	60.15	68.25
4/20/2021 14:24	30.1	27.9	27.3	27.6	31.5	60.4	68.25
4/20/2021 14:25	30.3	27.95	27.3	28	31.15	60.4	68.20
4/20/2021 14:26	30.4	27.95	27.2	28	31.05	60.35	68.05
4/20/2021 14:27	30.2	27.95	27.2	27.9	31.45	60.35	68.20
4/20/2021 14:28	30.3	28.05	27.3	27.7	31.15	60.05	67.95
4/20/2021 14:29	30.45	28.05	27.3	27.95	31.1	60.05	68.05
4/20/2021 14:30	30.2	27.95	27.2	28	31.15	60.05	67.90
4/20/2021 14:31	30.35	28.05	27.2	28.05	31.15	60.05	68.15

ตารางที่ ก.24 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 70%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 1

ผลการทดลองครั้งที่ 1							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม °C และความชื้นสัมพัทธ์ %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
5/15/2021 11:11	30.30	28.45	28.35	28.25	30.70	70.05	78.70
5/15/2021 11:12	30.10	28.35	28.40	28.30	30.85	70.15	78.35
5/15/2021 11:13	30.55	28.55	28.35	28.30	30.90	70.35	78.25
5/15/2021 11:14	30.35	28.40	28.25	28.25	30.90	70.25	78.25
5/15/2021 11:15	30.15	28.35	28.20	28.20	30.80	70.10	78.20
5/15/2021 11:16	30.50	28.50	28.20	28.25	30.95	70.35	78.10
5/15/2021 11:17	30.15	28.25	28.10	28.10	30.85	70.30	78.10
5/15/2021 11:18	30.70	28.50	28.05	28.20	30.95	70.40	78.40
5/15/2021 11:19	30.45	28.70	28.10	28.25	31.05	70.15	78.15
5/15/2021 11:20	30.30	28.50	28.00	28.20	31.05	70.30	78.25
5/15/2021 11:21	30.40	28.70	28.05	28.20	31.10	70.25	78.25
5/15/2021 11:22	30.10	28.35	27.90	28.20	31.10	70.30	78.20
5/15/2021 11:23	30.85	28.60	27.90	28.25	31.20	70.30	78.45
5/15/2021 11:24	30.05	28.35	27.75	28.20	31.20	70.05	77.95
5/15/2021 11:25	30.00	28.35	27.80	28.20	31.25	70.20	77.90

ตารางที่ ก.25 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 70%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 2

ผลการทดลองครั้งที่ 2							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม °C และความชื้นสัมพัทธ์ %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
5/15/2021 11:41	30.70	28.60	28.65	28.63	31.75	70.30	78.15
5/15/2021 11:42	30.10	28.45	28.50	28.48	31.65	70.00	77.60
5/15/2021 11:43	30.05	28.45	28.50	28.48	31.70	70.30	77.30
5/15/2021 11:44	30.20	28.50	28.55	28.53	31.65	70.45	77.45
5/15/2021 11:45	30.10	28.30	28.55	28.43	31.75	70.50	77.40
5/15/2021 11:46	30.25	28.55	28.55	28.55	31.85	70.55	77.50
5/15/2021 11:47	30.15	28.40	28.45	28.43	31.80	70.25	77.25
5/15/2021 11:48	30.15	28.60	28.45	28.53	31.80	70.25	77.25
5/15/2021 11:49	30.45	28.45	28.35	28.40	31.75	70.25	77.30
5/15/2021 11:50	30.15	28.60	28.45	28.53	31.90	70.25	77.40
5/15/2021 11:51	30.25	28.40	28.35	28.38	31.95	70.15	77.30
5/15/2021 11:52	30.60	28.55	28.35	28.45	31.90	70.25	77.45
5/15/2021 11:53	30.70	28.60	28.35	28.48	31.95	70.35	77.45
5/15/2021 11:54	30.25	28.30	28.35	28.33	31.95	70.10	77.25
5/15/2021 11:55	30.50	28.40	28.35	28.38	32.05	70.20	77.25

ตารางที่ ก.26 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 70%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 3

ผลการทดลองครั้งที่ 3							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม °C และความชื้นสัมพัทธ์ %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
5/15/2021 12:11	30.50	28.50	28.50	28.60	31.85	70.20	77.30
5/15/2021 12:12	30.05	28.45	28.55	28.60	31.90	70.30	77.30
5/15/2021 12:13	30.40	28.35	28.50	28.65	31.85	70.25	77.20
5/15/2021 12:14	29.75	28.35	28.50	28.65	31.85	70.25	77.20
5/15/2021 12:15	30.15	28.35	28.50	28.65	31.85	70.10	77.05
5/15/2021 12:16	30.20	28.40	28.35	28.55	31.75	70.25	77.20
5/15/2021 12:17	30.20	28.45	28.35	28.65	31.75	70.15	77.05
5/15/2021 12:18	30.40	28.40	28.35	28.60	31.65	70.20	77.10
5/15/2021 12:19	30.05	28.25	28.30	28.60	31.85	70.30	77.45
5/15/2021 12:20	30.25	28.40	28.30	28.50	31.70	70.15	77.20
5/15/2021 12:21	30.40	28.50	28.25	28.50	31.40	70.55	77.65
5/15/2021 12:22	30.15	28.40	28.25	28.40	31.15	70.65	77.60
5/15/2021 12:23	30.10	28.40	28.20	28.40	31.05	70.65	77.75
5/15/2021 12:24	30.30	28.40	28.20	28.40	30.90	70.70	77.55
5/15/2021 12:25	30.25	28.35	28.20	28.45	30.75	70.20	77.45

ตารางที่ ก.27 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 80%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 1

ผลการทดลองครั้งที่ 1							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.2 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 72.2 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/20/2021 13:29	30.30	28.00	28.10	28.00	30.05	80.35	84.90
4/20/2021 13:30	30.25	28.10	28.15	28.00	30.10	80.10	84.85
4/20/2021 13:31	30.40	28.20	28.20	27.95	30.20	80.20	84.95
4/20/2021 13:32	30.40	28.20	28.15	27.95	30.20	80.10	85.05
4/20/2021 13:33	30.30	28.10	28.05	27.95	30.25	80.20	84.95
4/20/2021 13:34	30.75	28.40	28.20	28.00	30.35	79.75	84.70
4/20/2021 13:35	30.70	28.40	28.15	28.00	30.40	80.00	84.75
4/20/2021 13:36	30.20	28.40	28.20	28.10	30.45	79.70	84.80
4/20/2021 13:37	30.10	28.20	28.10	28.00	30.40	79.95	84.50
4/20/2021 13:38	30.30	28.20	28.20	28.00	30.45	80.00	84.55
4/20/2021 13:39	30.40	28.30	28.10	28.05	30.40	79.95	84.35
4/20/2021 13:40	30.25	28.30	28.20	28.10	30.55	80.15	84.15
4/20/2021 13:41	30.20	28.20	28.05	28.05	30.40	80.30	84.20
4/20/2021 13:42	30.05	28.20	28.20	28.05	30.45	79.95	84.05
4/20/2021 13:43	30.05	28.20	28.20	28.05	30.55	80.20	84.00

ตารางที่ ก.28 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 80%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 2

ผลการทดลองครั้งที่ 2							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.2 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 72.2 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
3/23/2021 11:32	30.40	28.10	28.20	28.10	31.05	80.35	84.20
3/23/2021 11:33	30.25	28.10	28.20	28.10	31.05	80.35	83.90
3/23/2021 11:34	30.40	28.10	28.20	28.20	31.05	80.40	83.95
3/23/2021 11:35	30.15	28.10	28.20	28.20	31.05	80.15	84.15
3/23/2021 11:36	30.30	28.20	28.25	28.20	31.05	80.50	84.25
3/23/2021 11:37	30.15	28.20	28.25	28.20	31.05	80.60	84.15
3/23/2021 11:38	30.05	28.20	28.25	28.20	31.05	80.55	84.20
3/23/2021 11:39	30.00	28.20	28.20	28.20	31.10	80.35	84.10
3/23/2021 11:40	30.25	28.20	28.30	28.20	31.05	80.55	84.00
3/23/2021 11:41	30.20	28.10	28.25	28.20	31.20	80.40	84.30
3/23/2021 11:42	30.20	28.10	28.25	28.25	31.15	80.65	84.10
3/23/2021 11:43	30.10	28.10	28.25	28.25	31.15	80.40	83.70
3/23/2021 11:44	30.00	28.20	28.25	28.20	31.15	80.50	83.90
3/23/2021 11:45	30.05	28.10	28.25	28.20	31.10	80.40	84.00
3/23/2021 11:46	30.15	28.20	28.30	28.30	31.20	80.60	83.75

ตารางที่ ก.29 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 60% แนวนอน โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 80%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 3

ผลการทดลองครั้งที่ 3							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.2 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 72.2 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถึงน้ำ (°C)	อุณหภูมิต่อน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
3/23/2021 11:47	30.15	28.20	28.20	28.15	31.00	80.40	83.90
3/23/2021 11:48	30.10	28.40	28.25	28.20	31.05	80.50	84.10
3/23/2021 11:49	30.15	28.20	28.25	28.20	31.00	80.50	84.50
3/23/2021 11:50	30.15	28.20	28.25	28.20	31.00	80.60	84.00
3/23/2021 11:51	30.15	28.20	28.25	28.20	31.10	80.50	83.80
3/23/2021 11:52	30.15	28.20	28.20	28.20	31.10	80.50	83.75
3/23/2021 11:53	30.25	28.00	28.15	28.15	31.00	80.50	83.80
3/23/2021 11:54	30.15	28.20	28.25	28.20	31.15	80.60	83.80
3/23/2021 11:55	30.30	28.40	28.25	28.20	31.15	80.50	83.90
3/23/2021 11:56	30.30	28.20	28.20	28.20	31.20	80.45	83.70
3/23/2021 11:57	30.25	28.20	28.25	28.20	31.20	80.50	83.60
3/23/2021 11:58	30.25	28.20	28.25	28.25	31.25	80.75	84.00
3/23/2021 11:59	30.35	28.20	28.25	28.20	31.15	80.70	84.30
3/23/2021 12:00	30.25	28.00	28.20	28.10	31.10	80.40	83.80
3/23/2021 12:01	30.10	28.20	28.20	28.15	31.10	80.40	83.90

ตารางที่ ก.30 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 60% แนวตั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 60%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 1

ผลการทดลองครั้งที่ 1							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.7 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 69.3 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/21/2021 11:06	30.35	28.15	28.15	28.2	31.05	60.55	71.15
4/21/2021 11:07	30.3	28.15	28.15	28.1	31.05	60.55	71.15
4/21/2021 11:08	30.35	28.25	28.1	28.1	31.1	60.45	71.05
4/21/2021 11:09	30.4	28.3	28.05	28.1	31.15	60.45	71.05
4/21/2021 11:10	30.4	28.2	28	28.1	31.15	60.35	71
4/21/2021 11:11	30.5	28.3	28	28.2	31.2	60.35	71
4/21/2021 11:12	30.4	28.25	28	28.1	31.1	60.3	70.95
4/21/2021 11:13	30.4	28.25	27.95	28.1	31.15	60.25	70.8
4/21/2021 11:14	30.4	28.3	27.95	28.1	31.25	60.3	70.8
4/21/2021 11:15	30.6	28.4	27.95	28.15	31.35	60.1	70.8
4/21/2021 11:16	30.6	28.35	27.95	28.15	31.25	60.5	70.9
4/21/2021 11:17	30.6	28.35	27.9	28.2	31.3	60.3	70.9
4/21/2021 11:18	30.65	28.5	28	28.2	31.35	60.45	70.85
4/21/2021 11:19	30.6	28.45	27.9	28.2	31.3	60.45	70.6
4/21/2021 11:20	30.7	28.5	27.85	28.2	31.35	60.15	70.6

ตารางที่ ก.31 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 60% แนวตั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 60%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 2

ผลการทดลองครั้งที่ 2							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.7 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 69.3 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/21/2021 11:35	30.15	28.05	27.55	26.9	31.25	60.2	71.25
4/21/2021 11:36	30.2	28.05	27.5	27	31.35	60.3	71.4
4/21/2021 11:37	30.1	28.05	27.5	27	31.4	60.4	71.15
4/21/2021 11:38	30.25	28.1	27.55	27	31.45	60.25	71
4/21/2021 11:39	30.35	28.05	27.5	27	31.5	60.05	71.1
4/21/2021 11:40	30.35	28.15	27.55	27	31.45	60.4	71.1
4/21/2021 11:41	30.4	28.05	27.55	26.8	31.35	60.25	71.05
4/21/2021 11:42	30.35	28.1	27.5	27	31.35	60.2	71
4/21/2021 11:43	30.4	28.2	27.5	27	31.55	60.35	71
4/21/2021 11:44	30.45	28.2	27.5	27	31.55	60.35	71.05
4/21/2021 11:45	30.45	28.2	27.5	27.2	31.6	60.5	71.05
4/21/2021 11:46	30.5	28.25	27.5	27.2	31.55	60.2	71.2
4/21/2021 11:47	30.45	28.15	27.5	27	31.5	60.25	71.35
4/21/2021 11:48	30.4	28.15	27.4	27.1	31.5	60.45	71.35
4/21/2021 11:49	30.45	28.2	27.5	27	31.55	60.35	71.2

ตารางที่ ก.32 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 60% แนวตั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 60%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 3

ผลการทดลองครั้งที่ 3							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.7 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 69.3 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถึงน้ำ (°C)	อุณหภูมิต่อน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/21/2021 12:04	30.35	28.1	27.5	27	31.5	60.35	70.85
4/21/2021 12:05	30.4	28.1	27.45	27	31.65	60.35	70.95
4/21/2021 12:06	30.45	28.25	27.5	27.2	31.55	60.35	70.95
4/21/2021 12:07	30.35	28.1	27.45	27	31.6	60.3	71
4/21/2021 12:08	30.4	28.1	27.45	27.1	31.65	60.25	70.9
4/21/2021 12:09	30.35	28.1	27.5	27	31.7	60.35	70.95
4/21/2021 12:10	30.35	28.2	27.45	27	31.6	60.2	71
4/21/2021 12:11	30.3	28.15	27.4	27.2	31.65	60.3	70.85
4/21/2021 12:12	30.35	28.1	27.4	27.1	31.5	60.3	70.8
4/21/2021 12:13	30.3	28.25	27.45	27	31.6	60.35	70.95
4/21/2021 12:14	30.3	28.15	27.4	26.9	31.6	60.15	70.55
4/21/2021 12:15	30.35	28.2	27.4	26.9	31.55	60.15	70.65
4/21/2021 12:16	30.4	28.2	27.45	27.1	31.6	60.2	70.55
4/21/2021 12:17	30.25	28.2	27.3	27	31.55	60.05	70.65
4/21/2021 12:18	30.3	28.2	27.4	27	31.75	60.3	70.75

ตารางที่ ก.33 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 60% แนวตั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 70%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 1

ผลการทดลองครั้งที่ 1							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 32.3 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 67.9 %RH							
วันและเวลา	(๑) บดใบไม้แห้ง	(๒) บดใบไม้แห้ง	(๓) หน่อไม้แห้ง	(๔) หน่อไม้แห้ง	(๕) เซลล์กระดาษใบไม้แห้ง	(HR%) บดใบไม้แห้งเริ่มต้น	ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (HR%) บดใบไม้แห้ง
3/22/2021 14:29	28.95	28.95	28.10	27.90	29.05	70.00	81.90
3/22/2021 14:30	29.95	29.10	28.00	27.90	29.10	69.70	81.80
3/22/2021 14:31	29.25	28.90	28.05	27.90	29.20	70.70	82.40
3/22/2021 14:32	30.25	29.15	28.10	27.90	29.25	69.75	81.75
3/22/2021 14:33	29.55	29.10	28.05	27.90	29.25	71.35	82.70
3/22/2021 14:34	31.40	29.20	28.05	27.90	29.30	70.10	81.90
3/22/2021 14:35	30.20	28.95	28.00	27.95	29.25	70.30	82.20
3/22/2021 14:36	31.05	29.00	28.15	27.90	29.25	70.20	82.15
3/22/2021 14:37	29.70	28.95	28.10	27.90	29.30	68.55	69.55
3/22/2021 14:38	30.55	28.90	28.20	27.90	29.40	70.00	82.05
3/22/2021 14:39	30.40	28.85	28.20	27.90	29.45	70.80	82.60
3/22/2021 14:40	30.70	28.80	28.15	27.80	29.40	70.85	82.75
3/22/2021 14:41	29.25	28.55	28.20	27.90	29.45	71.00	82.90
3/22/2021 14:42	29.25	28.55	28.00	27.85	29.60	70.90	82.90
3/22/2021 14:43	30.45	28.75	28.10	27.85	29.60	70.45	82.40

ตารางที่ ก.34 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 60% แนวตั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 70%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 2

ผลการทดลองครั้งที่ 2							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 32.3 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 67.9 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
3/22/2021 15:09	29.60	28.60	28.35	27.75	30.15	70.00	82.05
3/22/2021 15:10	29.55	28.55	28.35	27.70	30.15	70.10	81.90
3/22/2021 15:11	29.45	28.55	28.35	27.75	30.20	70.10	81.95
3/22/2021 15:12	29.95	28.40	28.25	27.55	30.05	70.15	82.05
3/22/2021 15:13	29.80	28.50	28.25	27.65	30.15	70.25	82.00
3/22/2021 15:14	29.50	28.60	28.35	27.65	30.15	70.15	81.85
3/22/2021 15:15	30.60	28.70	28.30	27.70	30.10	70.40	82.15
3/22/2021 15:16	30.05	28.65	28.25	27.55	30.05	70.25	81.80
3/22/2021 15:17	29.00	28.50	28.25	27.65	30.20	70.35	81.85
3/22/2021 15:18	29.15	28.50	28.25	27.65	30.25	70.60	82.00
3/22/2021 15:19	31.00	28.75	28.30	27.60	30.20	70.05	81.70
3/22/2021 15:20	30.75	28.65	28.35	27.65	30.40	70.20	81.80
3/22/2021 15:21	30.60	28.60	28.30	27.60	30.40	70.10	81.60
3/22/2021 15:22	30.40	28.75	28.30	27.55	30.25	70.20	81.90
3/22/2021 15:23	30.10	28.65	28.25	27.50	30.25	70.25	81.90

ตารางที่ ก.35 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 60% แนวตั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 70%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 3

ผลการทดลองครั้งที่ 3							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 32.3 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 67.9 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์เข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/4/2021 11:57	29.35	28.00	28.15	29.60	31.55	70.05	82.75
4/4/2021 11:58	29.35	28.00	28.15	29.60	31.55	70.65	83.10
4/4/2021 11:59	29.35	28.10	28.15	29.55	31.50	68.95	83.20
4/4/2021 12:00	30.70	28.15	28.15	29.60	31.50	68.85	82.80
4/4/2021 12:01	29.85	28.05	28.05	29.60	31.50	68.95	82.75
4/4/2021 12:02	29.90	28.20	28.10	29.65	31.35	68.95	82.50
4/4/2021 12:03	30.45	28.30	28.10	29.65	31.45	68.85	82.20
4/4/2021 12:04	30.40	28.20	28.00	29.65	31.55	70.05	81.30
4/4/2021 12:05	29.90	28.30	28.10	29.65	31.55	70.90	83.10
4/4/2021 12:06	30.25	28.30	28.35	29.50	31.45	69.65	81.85
4/4/2021 12:07	30.80	28.35	28.35	29.75	31.40	70.05	82.35
4/4/2021 12:08	30.05	28.40	28.30	29.75	31.35	70.00	51.85
4/4/2021 12:09	31.25	28.50	28.25	29.70	31.35	70.10	82.15
4/4/2021 12:10	30.60	28.50	28.30	29.75	31.50	69.75	82.10
4/4/2021 12:11	30.75	28.50	28.20	29.70	31.50	70.50	82.05

ตารางที่ ก.36 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 60% แนวตั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 80%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 1

ผลการทดลองครั้งที่ 1							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.2 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 72.2 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถึงน้ำ (°C)	อุณหภูมิต่อน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/21/2021 11:06	29.70	28.10	28.20	28.10	31.00	80.50	85.75
4/21/2021 11:07	29.80	28.20	28.20	28.10	31.05	80.25	85.45
4/21/2021 11:08	30.25	28.20	28.20	28.05	31.05	80.65	85.65
4/21/2021 11:09	30.25	28.20	28.20	28.10	31.00	80.25	85.15
4/21/2021 11:10	30.20	28.20	28.15	28.10	31.00	80.60	85.45
4/21/2021 11:11	29.90	28.20	28.25	28.20	31.05	80.35	85.25
4/21/2021 11:12	30.70	28.50	28.20	28.15	31.05	80.35	85.20
4/21/2021 11:13	30.00	28.20	28.20	28.20	31.05	80.60	85.50
4/21/2021 11:14	30.00	28.20	28.25	28.20	31.05	80.80	85.20
4/21/2021 11:15	30.50	28.20	28.30	28.20	31.10	80.50	84.95
4/21/2021 11:16	30.10	28.20	28.25	28.20	31.05	80.35	85.40
4/21/2021 11:17	30.15	28.30	28.25	28.30	31.15	80.75	85.40
4/21/2021 11:18	30.40	28.20	28.30	28.25	31.10	80.20	85.20
4/21/2021 11:19	30.20	28.20	28.30	28.20	31.20	80.65	84.90
4/21/2021 11:20	30.00	28.30	28.30	28.25	31.10	80.75	84.90

ตารางที่ ก.37 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 60% แนวตั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 80%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 2

ผลการทดลองครั้งที่ 2							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.2 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 72.2 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/21/2021 11:35	30.15	28.30	28.20	28.15	31.00	80.70	84.35
4/21/2021 11:36	30.65	28.50	28.25	28.20	31.05	80.80	84.25
4/21/2021 11:37	30.50	28.30	28.25	28.15	31.00	80.60	84.35
4/21/2021 11:38	30.15	28.30	28.25	28.20	31.00	80.55	84.45
4/21/2021 11:39	30.25	28.40	28.25	28.20	31.00	80.40	84.45
4/21/2021 11:40	30.15	28.40	28.20	28.15	31.05	80.80	84.30
4/21/2021 11:41	30.25	28.10	28.15	28.15	31.00	80.65	84.50
4/21/2021 11:42	30.25	28.30	28.25	28.20	31.15	80.50	84.70
4/21/2021 11:43	30.25	28.30	28.20	28.15	31.10	80.60	84.70
4/21/2021 11:44	30.10	28.30	28.20	28.20	31.15	80.55	84.55
4/21/2021 11:45	30.25	28.30	28.25	28.20	31.20	80.80	84.45
4/21/2021 11:46	30.20	28.30	28.25	28.20	31.25	80.40	84.55
4/21/2021 11:47	30.25	28.30	28.25	28.20	31.15	80.65	84.55
4/21/2021 11:48	30.25	28.10	28.20	28.10	31.10	80.60	84.40
4/21/2021 11:49	30.10	28.30	28.20	28.15	31.10	80.65	84.55

ตารางที่ ก.38 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 60% แนวตั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 80%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 3

ผลการทดลองครั้งที่ 3							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.2 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 72.2 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/21/2021 12:04	30.15	28.10	28.15	28.10	31.20	80.60	84.55
4/21/2021 12:05	30.20	28.20	28.15	28.05	31.20	80.65	84.60
4/21/2021 12:06	30.15	28.30	28.15	28.15	31.30	80.65	84.60
4/21/2021 12:07	30.25	28.20	28.15	28.05	31.15	80.70	84.25
4/21/2021 12:08	30.25	28.30	28.20	28.10	31.30	80.70	84.25
4/21/2021 12:09	30.30	28.30	28.20	28.05	31.25	80.40	84.40
4/21/2021 12:10	30.30	28.10	28.15	28.10	31.30	80.40	84.40
4/21/2021 12:11	30.30	28.30	28.15	28.15	31.25	80.65	84.50
4/21/2021 12:12	30.50	28.40	28.25	28.10	31.30	80.65	84.50
4/21/2021 12:13	30.40	28.30	28.15	28.00	31.25	80.60	84.25
4/21/2021 12:14	30.40	28.40	28.20	28.00	31.35	80.60	84.25
4/21/2021 12:15	30.15	28.30	28.15	28.10	31.35	80.80	84.30
4/21/2021 12:16	30.40	28.20	28.10	28.00	31.35	80.80	84.30
4/21/2021 12:17	30.25	28.30	28.20	28.10	31.40	80.65	84.40
4/21/2021 12:18	30.20	28.50	28.20	28.05	31.45	80.65	84.40

ตารางที่ ก.39 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 60%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 1

ผลการทดลองครั้งที่ 1							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.5 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 69.0 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/22/2021 11:07	30.05	28.55	28.5	28.5	31.55	60.45	65.3
4/22/2021 11:08	30.1	28.7	28.65	28.55	31.7	60.2	65.7
4/22/2021 11:09	30.05	28.55	28.5	28.45	31.7	60.55	65.55
4/22/2021 11:10	30.05	28.6	28.6	28.5	31.75	60.25	65.25
4/22/2021 11:11	30.05	28.65	28.6	28.5	31.85	60.4	65.4
4/22/2021 11:12	30.05	28.65	28.6	28.45	31.75	60.75	65.3
4/22/2021 11:13	30.05	28.75	28.65	28.5	31.9	61.05	65.2
4/22/2021 11:14	30.05	28.7	28.6	28.5	31.85	60.3	65.35
4/22/2021 11:15	30.15	28.75	28.6	28.5	31.95	60.7	65.4
4/22/2021 11:16	30.15	28.75	28.55	28.45	31.9	60.65	65.2
4/22/2021 11:17	30.2	28.8	28.6	28.5	31.9	60.7	65.05
4/22/2021 11:18	30.15	28.9	28.55	28.4	31.95	60.65	65.2
4/22/2021 11:19	30.25	28.9	28.55	28.5	31.9	60.5	65.55
4/22/2021 11:20	30.25	29.1	28.6	28.5	32	61.1	65.55
4/22/2021 11:21	30.25	29.1	28.55	28.45	32	60.25	65.45

ตารางที่ ก.40 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 60%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 2

ผลการทดลองครั้งที่ 2							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.5 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 69.0 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/22/2021 11:36	30.5	29.2	29.2	29.1	31.3	60.2	65.1
4/22/2021 11:37	30.55	29.2	29.15	29.1	31.35	60.1	65.15
4/22/2021 11:38	30.55	29.2	29.2	29.2	31.4	60.45	65.25
4/22/2021 11:39	30.45	29.25	29.3	29.2	31.4	60.4	65.35
4/22/2021 11:40	30.35	29	29.1	29.1	31.45	60.3	65.4
4/22/2021 11:41	30.65	29.15	29.25	29.2	31.6	60.2	65.4
4/22/2021 11:42	30.55	29.2	29.15	29.1	31.45	60.65	65.4
4/22/2021 11:43	30.7	29.2	29.25	29.2	31.6	60.65	65.25
4/22/2021 11:44	30.65	29.05	29.15	29.05	31.4	60.4	65.45
4/22/2021 11:45	30.7	29	29.1	29.2	31.65	60.65	65.55
4/22/2021 11:46	30.85	29.15	29.25	29.25	31.85	60.65	65.4
4/22/2021 11:47	30.05	29	29.25	29.25	31.8	60.65	65.7
4/22/2021 11:48	30.7	29.1	29.3	29.2	31.55	60.65	65.55
4/22/2021 11:49	30.85	29.05	29.3	29.3	31.6	60.4	65.4
4/22/2021 11:50	30.1	29	29.3	29.2	31.5	60.8	65.35

ตารางที่ ก.41 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 60%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 3

ผลการทดลองครั้งที่ 3							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.5 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 69.0 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/22/2021 12:05	30.45	29.1	29.3	29.3	31.6	60.5	65.3
4/22/2021 12:06	30.45	29.15	29.3	29.3	31.6	60.65	65.4
4/22/2021 12:07	30.5	29	29.3	29.3	31.7	60.6	65.55
4/22/2021 12:08	30.45	29.15	29.3	29.4	31.8	60.85	65.65
4/22/2021 12:09	30.5	29.05	29.3	29.3	31.8	60.4	65.3
4/22/2021 12:10	30.65	29.25	29.4	29.4	32.0	60.45	65.45
4/22/2021 12:11	30.65	29.2	29.3	29.3	32.0	60.5	65.3
4/22/2021 12:12	30.75	29.4	29.4	29.4	32.0	60.25	65.3
4/22/2021 12:13	30.75	29.4	29.4	29.4	31.9	60.5	65.45
4/22/2021 12:14	30.7	29.4	29.4	29.4	32.0	60.25	65.25
4/22/2021 12:15	30.85	29.4	29.5	29.4	31.9	60.9	65.65
4/22/2021 12:16	30.8	29.4	29.4	29.4	31.9	60.2	65.05
4/22/2021 12:17	30.65	29.4	29.3	29.4	31.9	60.55	65.35
4/22/2021 12:18	30.6	29.35	29.3	29.4	32.0	60.5	65.35
4/22/2021 12:19	30.6	29.35	29.4	29.4	31.9	60.35	65.25

ตารางที่ ก.42 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 70%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 1

ผลการทดลองครั้งที่ 1							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 32.3 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 67.9 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถึงน้ำ (°C)	อุณหภูมิต่อน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
3/25/2021 10:20	30.40	28.90	28.25	28.05	30.75	70.15	78.80
3/25/2021 10:21	29.55	28.80	28.20	28.05	30.70	70.50	79.00
3/25/2021 10:22	29.40	28.65	28.20	28.00	30.80	70.80	78.90
3/25/2021 10:23	30.50	28.80	28.10	28.05	30.80	70.60	79.00
3/25/2021 10:24	29.30	28.65	28.10	28.05	30.70	70.60	79.35
3/25/2021 10:25	29.95	28.70	28.00	28.05	30.75	70.45	79.35
3/25/2021 10:26	29.80	28.85	28.00	27.90	30.80	70.30	79.10
3/25/2021 10:27	30.05	28.85	29.10	28.00	30.70	70.70	79.55
3/25/2021 10:28	28.80	28.40	28.85	28.10	30.75	70.40	79.30
3/25/2021 10:29	30.45	28.90	28.70	28.25	30.80	70.20	79.40
3/25/2021 10:30	30.15	28.95	28.60	28.20	30.70	70.35	79.55
3/25/2021 10:31	29.70	28.85	28.70	28.20	30.80	70.45	79.50
3/25/2021 10:32	29.70	28.75	28.55	28.30	30.80	70.30	79.30
3/25/2021 10:33	29.90	28.85	28.65	28.30	30.85	70.45	79.20
3/25/2021 10:34	30.95	29.10	28.45	28.20	30.75	70.60	79.50

ตารางที่ ก.43 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 70%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 2

ผลการทดลองครั้งที่ 2							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 32.3 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 67.9 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถึงน้ำ (°C)	อุณหภูมิต่อน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
3/25/2021 10:40	29.30	28.60	28.30	28.25	30.95	70.60	79.60
3/25/2021 10:41	30.75	29.10	28.20	28.30	30.95	70.45	79.55
3/25/2021 10:42	30.75	29.25	28.20	28.25	31.05	70.30	79.30
3/25/2021 10:43	29.15	28.40	28.20	28.30	31.05	70.55	79.40
3/25/2021 10:44	30.75	29.15	28.20	28.25	30.95	70.35	79.25
3/25/2021 10:45	30.75	29.20	28.20	28.35	30.95	70.70	79.45
3/25/2021 10:46	29.15	28.50	28.05	28.20	30.95	70.65	79.65
3/25/2021 10:47	30.25	29.10	28.20	28.25	30.95	70.15	79.45
3/25/2021 10:48	30.90	29.15	28.15	28.15	30.90	70.70	79.75
3/25/2021 10:49	29.30	28.55	28.00	28.10	30.90	70.65	79.35
3/25/2021 10:50	30.25	28.85	28.00	28.10	30.95	70.30	79.15
3/25/2021 10:51	30.10	29.05	28.00	28.15	31.10	70.70	79.05
3/25/2021 10:52	29.50	28.80	28.00	28.30	31.20	70.55	79.20
3/25/2021 10:53	29.85	28.70	28.00	28.10	30.95	70.60	79.45
3/25/2021 10:54	30.55	28.95	28.00	28.30	31.10	70.50	79.45

ตารางที่ ก.44 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 70%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 3

ผลการทดลองครั้งที่ 3							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 32.3 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 67.9 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
3/25/2021 11:00	29.35	28.50	27.90	27.95	31.00	70.35	79.15
3/25/2021 11:01	29.85	28.75	27.90	28.05	31.25	70.60	79.10
3/25/2021 11:02	31.15	29.20	27.90	28.05	31.10	70.55	79.10
3/25/2021 11:03	28.85	28.45	27.90	28.00	31.15	70.50	79.05
3/25/2021 11:04	30.00	28.95	27.90	28.15	31.20	70.50	79.30
3/25/2021 11:05	30.70	28.90	27.90	28.25	31.15	70.20	79.15
3/25/2021 11:06	29.65	28.80	27.90	28.15	31.10	70.25	79.10
3/25/2021 11:07	30.05	28.85	27.85	27.85	31.00	70.50	79.45
3/25/2021 11:08	30.35	28.95	27.80	27.50	31.10	70.40	79.15
3/25/2021 11:09	29.95	28.70	27.80	27.60	31.05	70.65	79.35
3/25/2021 11:10	29.35	28.70	27.90	27.75	31.10	70.25	79.25
3/25/2021 11:11	30.90	29.20	27.85	27.55	31.05	70.50	79.30
3/25/2021 11:12	29.70	28.65	27.90	27.60	31.25	70.50	79.50
3/25/2021 11:13	29.70	28.75	27.80	27.60	31.20	70.25	79.05
3/25/2021 11:14	29.75	28.75	27.85	27.55	31.10	70.30	79.20

ตารางที่ ก.45 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 80%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 1

ผลการทดลองครั้งที่ 1							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 30.5 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 75.0 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถึงน้ำ (°C)	อุณหภูมิภาคน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์เข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/6/2021 13:46	30.35	29.00	26.90	27.10	29.70	80.25	89.15
4/6/2021 13:47	30.45	29.00	26.90	27.05	29.65	80.55	89.45
4/6/2021 13:48	30.45	29.10	27.00	27.00	29.70	80.50	89.55
4/6/2021 13:49	30.50	29.10	27.00	27.00	29.65	80.55	89.50
4/6/2021 13:50	30.45	29.10	27.00	27.20	29.70	80.60	89.50
4/6/2021 13:51	30.50	29.10	27.00	27.05	29.65	80.40	88.95
4/6/2021 13:52	30.10	29.10	27.10	27.15	29.60	80.60	88.55
4/6/2021 13:53	30.35	28.80	27.10	27.15	29.65	80.40	88.85
4/6/2021 13:54	30.15	29.00	27.00	27.05	29.65	80.80	89.05
4/6/2021 13:55	30.40	29.00	27.00	27.05	29.65	80.65	89.15
4/6/2021 13:56	30.20	29.10	27.10	27.10	29.70	80.85	89.15
4/6/2021 13:57	30.30	29.10	27.20	27.15	29.65	80.90	89.45
4/6/2021 13:58	30.00	29.10	27.20	27.20	29.75	80.75	89.50
4/6/2021 13:59	30.15	29.10	27.20	27.25	29.80	80.65	89.40
4/6/2021 14:00	30.05	29.10	27.20	27.25	29.70	80.60	89.45

ตารางที่ ก.46 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 80%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 2

ผลการทดลองครั้งที่ 2							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 30.5 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 75.0 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิเข้า (°C)	อุณหภูมิออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์เข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ออก (%RH)
4/6/2021 14:11	30.40	28.80	27.35	27.35	29.80	79.75	88.95
4/6/2021 14:12	30.30	28.80	27.35	27.40	29.80	79.80	89.00
4/6/2021 14:13	30.35	28.90	27.35	27.40	29.70	80.35	89.10
4/6/2021 14:14	30.05	28.90	27.35	27.50	29.70	80.40	89.40
4/6/2021 14:15	30.15	28.90	27.20	27.40	29.65	80.55	89.45
4/6/2021 14:16	30.35	28.90	27.25	27.40	29.55	80.10	89.15
4/6/2021 14:17	30.10	28.90	27.35	27.40	29.55	79.95	89.05
4/6/2021 14:18	30.05	28.60	27.20	27.40	29.55	80.35	89.30
4/6/2021 14:19	30.20	28.80	27.35	27.45	29.65	80.05	89.20
4/6/2021 14:20	30.05	28.80	27.30	27.40	29.60	80.40	89.25
4/6/2021 14:21	30.10	28.90	27.35	27.45	29.65	80.35	89.45
4/6/2021 14:22	30.15	28.90	27.35	27.40	29.65	80.60	89.60
4/6/2021 14:23	30.30	28.90	27.35	27.50	29.70	80.45	89.35
4/6/2021 14:24	30.30	28.90	27.40	27.45	29.65	80.45	89.45
4/6/2021 14:25	30.15	28.90	27.30	27.40	29.55	80.20	89.10

ตารางที่ ก.47 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 80% แนวนอน โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 80%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 3

ผลการทดลองครั้งที่ 3							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 30.5 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 75.0 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิเข้า (°C)	อุณหภูมิออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์เข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ออก (%RH)
4/6/2021 14:36	30.25	29.00	27.40	27.50	29.80	80.45	88.40
4/6/2021 14:37	30.25	29.00	27.50	27.55	29.80	80.25	88.20
4/6/2021 14:38	30.25	29.10	27.50	27.60	29.80	80.25	88.20
4/6/2021 14:39	30.25	29.10	27.40	27.50	29.75	80.60	88.45
4/6/2021 14:40	30.15	29.10	27.55	27.60	29.85	80.60	88.45
4/6/2021 14:41	30.35	29.10	27.45	27.55	29.80	80.45	88.40
4/6/2021 14:42	30.15	29.10	27.45	27.60	29.80	80.45	88.40
4/6/2021 14:43	30.15	28.80	27.40	27.50	29.75	80.40	88.45
4/6/2021 14:44	30.10	29.00	27.40	27.60	29.85	80.40	88.45
4/6/2021 14:45	30.10	29.00	27.50	27.65	30.00	80.50	88.50
4/6/2021 14:46	30.30	29.10	27.50	27.65	29.90	80.50	88.50
4/6/2021 14:47	30.25	29.10	27.45	27.65	29.90	80.75	88.80
4/6/2021 14:48	30.30	29.10	27.50	27.65	30.00	80.75	88.80
4/6/2021 14:49	30.15	29.10	27.50	27.70	30.00	80.70	88.95
4/6/2021 14:50	30.05	29.10	27.50	27.70	30.00	80.70	88.95

ตารางที่ ก.48 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 60%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 1

ผลการทดลองครั้งที่ 1							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.5 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 69.0 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถึงน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/22/2021 13:19	30.30	29.05	29.2	29.2	31.55	60.45	65.8
4/22/2021 13:20	29.70	28.9	29.15	29.15	31.35	60.5	65.7
4/22/2021 13:21	30.05	28.85	29.15	29	31.4	60.65	65.7
4/22/2021 13:22	30.20	28.9	29.2	29.15	31.4	60.55	65.7
4/22/2021 13:23	30.85	29.1	29.35	29.25	31.45	60.5	65.65
4/22/2021 13:24	30.40	28.95	29.2	29.15	31.3	60.3	65.65
4/22/2021 13:25	30.75	29	29.25	29.15	31.3	60.6	65.5
4/22/2021 13:26	30.30	28.95	29.25	29.25	31.45	60.55	65.5
4/22/2021 13:27	30.80	29	29.2	29.15	31.3	60.2	65.3
4/22/2021 13:28	30.15	29	29.2	29.2	31.35	60.2	65.05
4/22/2021 13:29	30.60	29.25	29.4	29.25	31.55	60.35	65.15
4/22/2021 13:30	30.20	29.05	29.2	29.2	31.45	60.55	65.3
4/22/2021 13:31	29.75	29.05	29.3	29.15	31.45	60.2	65.4
4/22/2021 13:32	30.35	29.05	29.2	29.15	31.25	60.7	65.35
4/22/2021 13:33	30.70	29.1	29.3	29.15	31.35	59.8	65.35

ตารางที่ ก.49 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 60%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 2

ผลการทดลองครั้งที่ 2							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.5 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 69.0 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถึงน้ำ (°C)	อุณหภูมิต่อน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/22/2021 13:48	30.4	29.05	28.9	28.9	31.35	60.4	65.4
4/22/2021 13:49	30.5	29.15	29	28.9	31.3	60.5	65.5
4/22/2021 13:50	30.4	28.95	28.75	28.8	31.2	60.5	65.3
4/22/2021 13:51	30.25	28.9	28.7	28.75	31.15	60.35	65.45
4/22/2021 13:52	30.15	28.9	28.85	28.8	31.3	60.35	65.7
4/22/2021 13:53	30.05	29	28.85	28.85	31.3	60.4	65.6
4/22/2021 13:54	30.15	29	28.8	28.7	31.4	60.35	65.5
4/22/2021 13:55	30.35	29	28.8	28.75	31.3	60.5	65.3
4/22/2021 13:56	30.35	29	28.75	28.8	31.25	60.75	65.25
4/22/2021 13:57	30.35	28.95	28.85	28.85	31.3	60.45	65.3
4/22/2021 13:58	30.15	29.15	28.9	28.95	31.25	60.75	65.35
4/22/2021 13:59	30.25	29	28.9	28.95	31.25	60.35	65.45
4/22/2021 14:00	30.3	29.1	28.9	28.9	31.25	60.55	65.35
4/22/2021 14:01	30.15	29	28.9	28.9	31.25	60.5	65.25
4/22/2021 14:02	29.95	28.45	28.8	28.8	31.25	60.35	65.45

ตารางที่ ก.50 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 60%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 3

ผลการทดลองครั้งที่ 3							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31.5 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 69.0 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถึงน้ำ (°C)	อุณหภูมิต่อน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
4/22/2021 14:17	30.35	28.9	28.85	28.8	31.3	60.5	65.05
4/22/2021 14:18	30.25	28.9	28.9	28.8	31.45	60.65	65.25
4/22/2021 14:19	30.05	29.05	28.9	28.85	31.4	60.65	65.25
4/22/2021 14:20	30.15	28.9	28.85	28.8	31.35	60.25	64.95
4/22/2021 14:21	30.65	28.95	28.8	28.8	31.35	60.25	64.95
4/22/2021 14:22	29.85	28.95	28.85	28.8	31.35	60.4	65
4/22/2021 14:23	30.65	28.95	28.85	28.8	31.45	60.4	65
4/22/2021 14:24	30.2	28.85	28.75	28.7	31.4	60.45	65.1
4/22/2021 14:25	30.1	28.9	28.8	28.7	31.35	60.45	65.1
4/22/2021 14:26	30.15	28.85	28.8	28.8	31.35	60.35	64.9
4/22/2021 14:27	30.35	28.9	28.8	28.7	31.25	60.35	64.9
4/22/2021 14:28	30.2	28.95	28.9	28.8	31.55	60.4	64.95
4/22/2021 14:29	30.25	29.1	28.95	28.85	31.6	60.4	64.95
4/22/2021 14:30	30.65	28.95	28.85	28.85	31.25	60.35	64.75
4/22/2021 14:31	30.4	28.85	28.95	28.9	31.25	60.35	64.75

ตารางที่ ก.51 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 70%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 1

ผลการทดลองครั้งที่ 1							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 32.3 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 67.9 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถึงน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
3/18/2021 13:31	30.20	30.00	30.65	30.10	30.20	71.00	77.55
3/18/2021 13:32	30.10	30.00	30.50	30.00	30.30	71.60	77.10
3/18/2021 13:33	30.05	30.10	30.45	29.80	30.40	70.10	77.20
3/18/2021 13:34	30.05	30.10	30.30	29.70	30.40	72.25	77.55
3/18/2021 13:35	30.10	30.05	30.20	29.55	30.50	71.55	76.95
3/18/2021 13:36	30.15	30.10	30.05	29.50	30.55	71.70	76.65
3/18/2021 13:37	30.20	30.15	30.00	29.40	30.65	72.50	77.05
3/18/2021 13:38	30.30	30.20	29.85	29.30	30.65	71.90	77.00
3/18/2021 13:39	30.55	30.20	29.70	29.30	30.65	70.65	77.55
3/18/2021 13:40	31.00	30.20	29.55	29.20	30.60	69.55	76.90
3/18/2021 13:41	30.85	30.25	29.55	29.05	30.65	71.00	77.20
3/18/2021 13:42	29.95	30.05	29.40	28.95	30.65	70.90	77.75
3/18/2021 13:43	30.00	30.10	29.30	28.85	30.70	69.70	77.15
3/18/2021 13:44	30.25	30.20	29.30	28.90	30.75	71.40	77.00
3/18/2021 13:45	30.50	30.25	29.25	28.75	30.75	72.65	77.75

ตารางที่ ก.52 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 70%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 2

ผลการทดลองครั้งที่ 2							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 32.3 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 67.9 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	อุณหภูมิขาออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาเข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ขาออก (%RH)
3/18/2021 13:49	30.00	28.90	28.95	28.60	30.95	71.35	80.65
3/18/2021 13:50	30.10	28.90	28.85	28.55	30.95	71.15	80.90
3/18/2021 13:51	29.90	28.80	28.75	28.50	30.85	71.45	80.75
3/18/2021 13:52	30.15	28.90	28.75	28.45	31.00	71.20	80.50
3/18/2021 13:53	30.95	29.20	28.70	28.35	31.00	71.20	80.50
3/18/2021 13:54	29.95	28.80	28.55	28.30	30.95	71.50	80.80
3/18/2021 13:55	30.05	28.90	28.75	28.35	31.20	71.55	80.50
3/18/2021 13:56	30.20	29.00	28.55	28.30	31.00	71.20	80.40
3/18/2021 13:57	30.00	28.80	28.50	28.30	31.10	70.85	79.95
3/18/2021 13:58	29.85	28.70	28.40	28.20	31.00	71.50	80.55
3/18/2021 13:59	29.90	28.80	28.45	28.20	31.05	71.65	80.65
3/18/2021 14:00	29.95	28.70	28.30	28.10	31.10	71.35	80.45
3/18/2021 14:01	30.70	29.20	28.35	28.10	31.10	71.30	80.50
3/18/2021 14:02	29.95	28.80	28.25	28.10	31.10	70.90	80.20
3/18/2021 14:03	30.00	28.90	28.35	28.20	31.20	71.00	80.20

ตารางที่ ก.53 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 70%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 3

ผลการทดลองครั้งที่ 3							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 32.3 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 67.9 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิเข้า (°C)	อุณหภูมิออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์เข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ออก (%RH)
4/4/2021 11:13	30.30	29.55	29.15	30.20	31.45	70.10	80.20
4/4/2021 11:14	30.20	29.50	29.00	30.20	31.45	70.30	80.35
4/4/2021 11:15	30.45	29.55	29.00	30.05	31.50	70.25	80.40
4/4/2021 11:16	30.50	29.60	29.00	30.10	31.55	70.55	80.50
4/4/2021 11:17	31.40	30.10	29.00	30.10	31.50	70.85	80.50
4/4/2021 11:18	30.65	29.75	28.90	30.05	31.40	70.80	80.60
4/4/2021 11:19	29.80	29.30	29.00	30.05	31.40	70.65	80.50
4/4/2021 11:20	30.45	29.50	28.80	30.00	31.25	70.65	80.55
4/4/2021 11:21	29.55	29.00	28.85	30.00	31.30	70.50	80.75
4/4/2021 11:22	30.35	29.45	28.75	29.95	31.20	70.80	80.90
4/4/2021 11:23	31.20	29.75	28.70	29.90	31.20	70.75	80.75
4/4/2021 11:24	29.80	29.15	28.75	29.95	31.30	70.90	81.00
4/4/2021 11:25	30.10	29.25	28.70	29.95	31.40	70.70	80.90
4/4/2021 11:26	30.95	29.55	28.60	29.85	31.35	70.90	80.60
4/4/2021 11:27	29.70	29.15	28.50	29.85	31.35	71.05	80.65

ตารางที่ ก.54 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 80%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 1

ผลการทดลองครั้งที่ 1							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 30.5 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 75.0 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิเข้า (°C)	อุณหภูมิออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์เข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ออก (%RH)
4/6/2021 15:06	30.20	28.55	27.50	27.45	30.00	80.55	86.40
4/6/2021 15:07	30.20	28.45	27.50	27.40	30.00	80.70	86.30
4/6/2021 15:08	30.15	28.95	27.60	27.40	30.00	80.45	86.20
4/6/2021 15:09	30.15	28.95	27.50	27.40	30.00	80.45	86.15
4/6/2021 15:10	30.10	28.95	27.50	27.40	30.00	80.25	85.20
4/6/2021 15:11	30.10	28.95	27.55	27.40	30.00	80.50	85.30
4/6/2021 15:12	30.15	28.80	27.55	27.40	30.00	80.35	85.45
4/6/2021 15:13	30.05	28.95	27.55	27.40	30.00	80.20	85.35
4/6/2021 15:14	30.10	29.05	27.50	27.40	30.00	80.55	85.30
4/6/2021 15:15	30.00	28.95	27.50	27.35	30.00	80.35	85.10
4/6/2021 15:16	30.05	28.85	27.50	27.40	30.00	80.45	85.20
4/6/2021 15:17	30.15	29.10	27.55	27.35	30.00	80.40	85.20
4/6/2021 15:18	30.30	29.20	27.50	27.40	30.05	80.20	84.80
4/6/2021 15:19	30.05	29.05	27.50	27.30	30.05	80.25	84.90
4/6/2021 15:20	30.00	29.05	27.50	27.35	30.15	80.35	84.75

ตารางที่ ก.55 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 80%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 2

ผลการทดลองครั้งที่ 2							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 30.5 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 75.0 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิเข้า (°C)	อุณหภูมิออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิภาคน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์เข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ออก (%RH)
4/6/2021 15:31	30.15	28.70	27.45	27.50	30.20	80.80	84.45
4/6/2021 15:32	30.30	29.10	27.45	27.45	30.25	80.25	84.20
4/6/2021 15:33	30.05	29.00	27.55	27.50	30.30	80.55	84.15
4/6/2021 15:34	30.05	28.90	27.50	27.50	30.35	80.75	84.25
4/6/2021 15:35	30.15	29.00	27.45	27.40	30.30	80.50	85.10
4/6/2021 15:36	30.05	28.90	27.55	27.50	30.40	80.60	84.05
4/6/2021 15:37	30.15	28.95	27.50	27.50	30.40	80.50	85.70
4/6/2021 15:38	30.05	29.05	27.50	27.45	30.15	80.75	85.65
4/6/2021 15:39	30.25	29.05	27.55	27.45	30.20	80.45	85.35
4/6/2021 15:40	30.10	28.95	27.50	27.45	30.15	80.75	85.50
4/6/2021 15:41	30.10	29.05	27.50	27.50	30.00	80.55	85.30
4/6/2021 15:42	30.15	29.05	27.45	27.40	29.90	80.25	85.50
4/6/2021 15:43	30.10	28.95	27.40	27.40	30.00	80.20	85.15
4/6/2021 15:44	30.15	29.00	27.50	27.40	30.05	80.75	85.45
4/6/2021 15:45	30.10	29.05	27.30	27.40	29.80	80.25	85.45

ตารางที่ ก.56 ผลการทดลองของตาข่ายพรางแสง 80% แนวตั้ง โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 °C และ ความชื้นสัมพัทธ์ 80%RH ก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ครั้งที่ 3

ผลการทดลองครั้งที่ 3							
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 30.5 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 75.0 %RH							
วันและเวลา	อุณหภูมิเข้า (°C)	อุณหภูมิออก (°C)	อุณหภูมิถังน้ำ (°C)	อุณหภูมิถาดน้ำ (°C)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์เข้า (%RH)	ความชื้นสัมพัทธ์ออก (%RH)
4/6/2021 15:56	30.10	28.60	27.45	27.30	29.95	80.60	85.25
4/6/2021 15:57	30.05	28.70	27.60	27.50	30.15	80.50	85.25
4/6/2021 15:58	30.25	28.75	27.60	27.25	30.20	80.55	85.05
4/6/2021 15:59	30.15	29.00	27.55	27.25	30.15	80.50	85.10
4/6/2021 16:00	30.25	28.95	27.60	27.25	30.30	80.65	85.20
4/6/2021 16:01	30.15	28.95	27.50	27.30	30.10	80.55	84.95
4/6/2021 16:02	30.05	28.90	27.50	27.35	30.20	80.70	85.20
4/6/2021 16:03	30.30	29.20	27.60	27.40	30.10	80.40	84.80
4/6/2021 16:04	30.20	29.10	27.45	27.35	30.00	80.35	84.75
4/6/2021 16:05	30.05	29.05	27.50	27.35	30.15	80.55	84.90
4/6/2021 16:06	30.10	29.15	27.50	27.20	30.00	80.00	84.40
4/6/2021 16:07	30.00	29.05	27.50	27.30	30.10	80.55	84.65
4/6/2021 16:08	30.05	29.15	27.50	27.30	30.05	80.20	84.40
4/6/2021 16:09	30.10	28.85	27.50	27.30	30.05	80.60	84.70
4/6/2021 16:10	30.25	29.05	27.45	27.25	29.90	80.75	84.60

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	กมลวรรณ มุขอ่อน
วัน เดือน ปี เกิด	23 กันยายน 2539
สถานที่เกิด	ปทุมธานี
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาธุรกิจวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
ที่อยู่ปัจจุบัน	9 ม.6 ต.บ้านปทุม อ.สามโคก จ.ปทุมธานี 12160

