อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

การเปรียบเทียบสมรรถนะแผ่นทำความเย็นจากสายยางน้ำซึมกับแผ่นเซลลูโลส

Performance Comparison of Porous Rubber Evaporative Cooling Pad with Cellulose Pad

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 14 ก.ค. 2560
เลขทะเบียน 1918208
เลขเรียกหนังสือ

วร
จ 753 ก
2559

นายวิศว ทองดี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2559

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การเปรียบเทียบสมรรถนะแผ่นทำความเย็นจากสายยางน้ำซึมกับแผ่นเซลลูโลส
ผู้ดำเนินโครงงาน นายวิศว ทองดี
ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2559

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา)

.....กรรมการ
(ดร. ปัญญวัณ ลำเพาพงศ์)

.....กรรมการ
(ดร. ศลิษา วีรพันธุ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การเปรียบเทียบสมรรถนะแผ่นทำความเย็นจากสายยางน้ำซึมกับแผ่นเซลลูโลส
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายวิศว ทองดี รหัส 56362195
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างแผ่นทำความเย็นแบบระเหยสายยางน้ำซึม ขนาด 30×30 ตารางเซนติเมตร จัดเรียงตัวดังนี้ แนวตั้ง 1 แถว แนวตั้ง 2 แถว แนวนอน 1 แถว แนวนอน 2 แถว และขดก้นหอย เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการลดอุณหภูมิ เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ ประสิทธิภาพ และค่าความดันตกคร่อมกับแผ่นเซลลูโลสหนา 5 และ 10 เซนติเมตร โดยทำการควบคุมอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยก่อนผ่านแผ่นทำความเย็น 30, 35 และ 40 องศาเซลเซียส และทดสอบในอุโมงค์ลม ขนาด 37×37×102 ลูกบาศก์เซนติเมตร

จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยก่อนผ่านแผ่นทำความเย็น 30, 35 และ 40 องศาเซลเซียส ในกลุ่มของแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมทั้ง 5 แบบ มีความสามารถในการลดอุณหภูมิ และเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ต่ำกว่าแผ่นทำความเย็นเซลลูโลส แต่อย่างไรก็ตามแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึม แนวนอน 2 แถว มีความสามารถในการลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ดี ส่งผลให้มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยสูงกว่าแบบอื่นๆ มีค่าความดันตกคร่อมต่ำกว่าแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร ซึ่งวัสดุที่นำมาสร้างแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว มีราคา 1,088 บาท/ตารางเมตร ในขณะที่แผ่นเซลลูโลสมีราคา 1,350 บาท/ตารางเมตร

Project title	Performance Comparison of Porous Rubber Evaporative Cooling Pad with Cellulose Pad
Name	Mr. Wissana Thongdee Code 56362195
Project advisor	Assistant Professor Sitphan Kanla
Major	Mechanical Engineering
Department	Mechanical Engineering
Academic year	2016

Abstract

This project was aimed to design and create Porous Evaporative Rubber size 30×30 square centimeter. The Porous Rubber arrangement is as follows: vertical 1 row, vertical 2 row, horizontal 1 row, horizontal 2 row and a coil spiral. Comparison of decrease temperature, increase relative humidity, efficiency and pressure drop with 5 centimeter and 10 centimeter thickness cellulose pad by controlling the average temperature at 30, 35 and 40 degree celsius and testing in wind tunnel size 37×37×102 cubic centimeter.

The results showed that the average temperature before through the pad at 30, 35 and 40 degree Celsius. In the group of Porous Rubber Pad has ability to decrease temperature and increase relative humidity more than Cellulose Pad. However, Porous Rubber horizontal 2 row was able to decrease temperature and increase relative humidity better than other. This results in highest evaporative cooling efficiency 75% of Cellulose Pad but the pressure drop less than Cellulose 10 centimeter thick. The Porous Rubber horizontal 2 row was created price at 1,088 Baht/square meter while Cellulose Pad cost 1,350 Baht/square meter.

กิตติกรรมประกาศ

จากการที่วิชาโครงงานทางวิศวกรรมเครื่องกลบรรจุในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร จึงได้รับมอบหมายให้จัดทำโครงงานเรื่อง “การเปรียบเทียบสมรรถนะแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมกับแผ่นเซลลูโลส” ในระหว่างการทำงานปฏิบัติการนั้นข้าพเจ้าได้รับรู้เรื่องราวมากมากมายรวมทั้งประสบการณ์ในการทำงานปริญญานิพนธ์นี้จะสำเร็จไม่ได้เลยถ้าขาดความอนุเคราะห์จาก

- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้ช่วยให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูลในการทำโครงงานฉบับนี้ และคำแนะนำโครงงานให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

- กรรมการและอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ตลอดถึงคำแนะนำ

และบุคคลอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้การช่วยเหลือในการทำโครงงานฉบับนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบคุณบิดา มารดา ที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการทำโครงงานทางวิศวกรรมจนสำเร็จ

ผู้จัดทำโครงงาน
นายวิศว ทองดี

พฤษภาคม 2560

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ใบรับรองปริญญานิพนธ์	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ-ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ-ฌ
สารบัญกราฟ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1-2
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตโครงงาน	3-4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.5 แผนการดำเนินงาน	5
1.6 งบประมาณ	6
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7-8
2.2 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์ในโรงเรือน	9-10
2.3 กระบวนการปรับอากาศ	10-12
2.4 กระบวนการไซโครเมตรริกชาร์ต	12-14
2.5 กระบวนทำความเย็นแบบระเหย	14-16
2.6 ประสิทธิภาพแผ่นทำความเย็นแบบระเหย	16
2.7 ความดันตกคร่อมภายในโรงเรือนระบบปิด	17
2.8 ความดันตกคร่อมในโรงเรือนระบบปิด	17
2.9 คุณสมบัติของกระดาษเซลลูโลส	18

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.10 คุณสมบัติของสายยางน้ำซึม	19
บทที่ 3 ขั้นตอนดำเนินโครงงาน	
3.1 แผ่นเซลลูโลส	20
3.2 แผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึม	20-23
3.3 อุโมงค์ลมที่ใช้ทดสอบ	23-27
3.4 การทดสอบแผ่นทำความเย็นแบบระเหย	28-30
บทที่ 4 ผลการทดลองและสรุปผล	
4.1 ผลการทดลองตอนที่ 1	31-54
4.2 ผลการทดลองตอนที่ 2	55-56
4.3 ราคาทางเศรษฐศาสตร์ของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยทั้ง 7 แบบ	57
บทที่ 5 บทสรุป	
5.1 บทสรุปตอนที่ 1	58
5.2 บทสรุปตอนที่ 2	59
5.3 ราคาทางเศรษฐศาสตร์	59
5.4 อภิปรายผล	60
บรรณานุกรม	61
ภาคผนวก ก	63-68
ภาคผนวก ข	69-71
ภาคผนวก ค	72-73
ภาคผนวก ง	74-77
ภาคผนวก จ	78-81
ประวัติผู้จัดทำ	82

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	4
2.1 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์	10

สารบัญรูป

รูป	หน้า
1.1 โรงเรือนระบบเปิด	2
1.2 โรงเรือนระบบปิด	2
1.3 รูปแบบการเรียงตัวของสายยางน้ำซึม	3
1.4 อุโมงค์ลมที่ใช้ทดสอบอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อหาค่าประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็นแบบระเหย	4
1.5 อุโมงค์ลมที่ใช้ทดสอบค่าความดันตกคร่อมของแผ่นทำความเย็นแบบระเหย	4
2.1 เส้นกระบวนการปรับอากาศ	11
2.2 กระบวนการไซโครเมตริก	13
2.3 กระบวนการทำความเย็นแบบระเหย	14
2.4 การทำความเย็นแบบระเหยแบบพ่นฝอย	15
2.5 การทำความเย็นระเหยโดยอาศัยแผ่นทำความเย็น	16
2.6 ลักษณะแผ่นเซลลูโลส	18
2.7 สายยางน้ำซึม	19
3.1 แผ่นทำความเย็นเซลลูโลส	20
ก แผ่นเซลลูโลส หนา 5 เซนติเมตร	
ข แผ่นเซลลูโลส หนา 10 เซนติเมตร	
3.2 แผ่นทำความเย็นจากสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว	21
3.3 แผ่นทำความเย็นจากสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว	21
3.4 แผ่นทำความเย็นจากสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว	22
3.5 แผ่นทำความเย็นจากสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว	22
3.6 แผ่นทำความเย็นจากสายยางน้ำซึมขดก้นหอย	23
3.7 อุปกรณ์และตำแหน่งการวัดเพื่อหาค่าประสิทธิภาพแผ่นทำความเย็นแบบระเหย	24
3.8 อุปกรณ์และตำแหน่งการวัดเพื่อหาค่าความดันตกคร่อมแผ่นทำความเย็นแบบระเหย	26
3.9 อุปกรณ์ปรับความเร็วอากาศ	27
ก ช่องอากาศกว้าง 36x36 เซนติเมตร	
ข ช่องอากาศกว้าง 20x20 เซนติเมตร	
ค ช่องอากาศกว้าง 16x16 เซนติเมตร	
ง ช่องอากาศกว้าง 12x12 เซนติเมตร	
3.10 การจัดอุปกรณ์เพื่อศึกษาดูความสามารถในการลดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แผ่นทำความเย็นแบบระเหย	28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.11 การจัดเตรียมอุปกรณ์เพื่อศึกษาดูความดันตกคร่อมแผ่นทำความเย็นแบบระเหย	29
3.12 ตำแหน่งการวัดค่าความดันตกคร่อมแผ่นทำความเย็นแบบระเหย	30
ก.1 แผ่นทำความเย็นเซลลูโลส	64
ก.1.1 แผ่นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร	
ก.1.2 แผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร	
ก.2 แผ่นแบบโครงสร้างฟิวเจอร์บอร์ดยึดแผ่นสายยางน้ำซึม	65
ก.3 ข้องอที่ทำจากท่อย่นอเนกประสงค์ยาว 10.5 เซนติเมตร	65
ก.4 แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว	65
ก.4.1 สายยางน้ำซึมยึดติดกับข้องอ	
ก.4.2 สายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว	
ก.5 แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว	66
ก.5.1 สายยางน้ำซึมยึดติดกับข้องอ	
ก.5.2 สายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว	
ก.6 แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว	67
ก.6.1 สายยางน้ำซึมยึดติดกับข้องอ	
ก.6.2 สายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว	
ก.7 แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว	68
ก.7.1 สายยางน้ำซึมยึดติดกับข้องอ	
ก.7.2 สายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว	
ก.8 แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอย	68
ก.8.1 สายยางน้ำซึมยึดติดกับฟิวเจอร์บอร์ด	
ก.8.2 สายยางน้ำซึมขดก้นหอย	
ข.1 เครื่องมานอมิเตอร์	70
ค.1 เครื่องวัดความเร็วลม	73
จ.1 เครื่อง SILA AP-104	79
จ.2 การเลือก Comport	79
จ.3 การเลือก Baudrate	80
จ.4 การกำหนดช่วงเวลา	80

สารบัญกราฟ

กราฟที่ **หน้า**

4.1 อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 29.8 องศาเซลเซียส 31
4.2 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่สามารถลดได้หลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 29.8 องศาเซลเซียส 33
4.3 อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 35.5 องศาเซลเซียส 34
4.4 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่สามารถลดได้หลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 35.5 องศาเซลเซียส 35
4.5 อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 40.94 องศาเซลเซียส 36
4.6 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่สามารถลดได้หลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 40.94 องศาเซลเซียส 37
4.7 ความชื้นสัมพัทธ์หลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 29.8 องศาเซลเซียส 39
4.8 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่สามารถเพิ่มขึ้นได้หลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 29.8 องศาเซลเซียส 40
4.9 ความชื้นสัมพัทธ์หลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 35.5 องศาเซลเซียส 41
4.10 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่สามารถเพิ่มขึ้นได้หลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 35.5 องศาเซลเซียส 43
4.11 ความชื้นสัมพัทธ์หลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 40.94 องศาเซลเซียส 44
4.12 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่สามารถเพิ่มขึ้นได้หลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 40.94 องศาเซลเซียส 45
4.13 ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยของแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 29.8 องศาเซลเซียส 47
4.14 ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยของแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 29.8 องศาเซลเซียส 48
4.15 ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยของแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 35.5 องศาเซลเซียส 49

สารบัญกราฟ (ต่อ)

กราฟที่	หน้า
4.16 ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยของแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบ ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 35.5 องศาเซลเซียส	51
4.17 ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยของแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 40.94 องศาเซลเซียส	52
4.18 ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยของแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบ ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 40.94 องศาเซลเซียส	53
4.19 ความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบ	55
4.20 ราคาทางเศรษฐศาสตร์ของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยทั้ง 7 แบบ	57

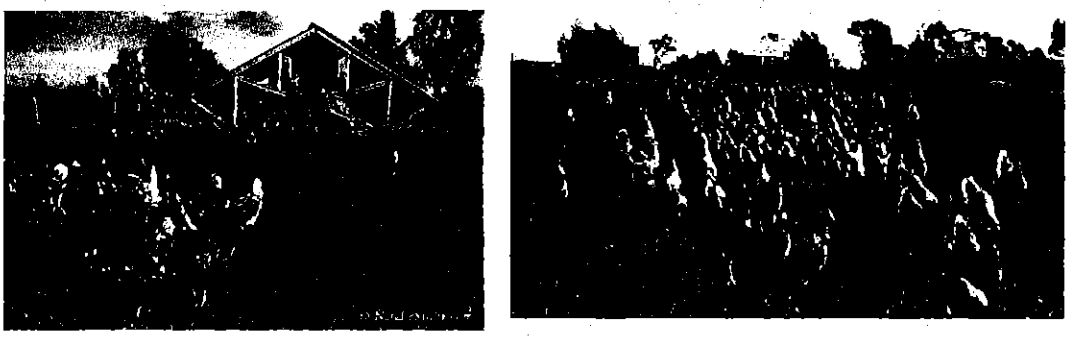
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

การเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยในปัจจุบันนั้น ส่วนมากนิยมเลี้ยงในพื้นที่โล่ง เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อนมีอุณหภูมิของอากาศค่อนข้างสูง การเลี้ยงสัตว์พื้นที่โลงจึงเป็นการลดและระบายความร้อนได้ดี แต่ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ ดังแสดงในรูป 1.1 อุณหภูมิจะผันแปรไปตามสภาพของอากาศภายนอก ช่วงหน้าร้อนอากาศจะร้อนมาก ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านเชื้อโรคและสัตว์บางชนิดเกิดความเครียดได้ ดังนั้นควรมีวิธีป้องกันและรักษาความสะอาดไม่ให้สัตว์ที่เลี้ยงไว้ได้รับผลกระทบจากเชื้อโรคที่อยู่ด้านนอก จึงมีการคิดและปรับปรุงการเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ปิดเกิดขึ้น เรียกว่า "โรงเรือนระบบปิด" ซึ่งโรงเรือนระบบปิดที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์จำเป็นต้องมีการควบคุมสภาพแวดล้อมของสัตว์ให้เหมาะสม ดังแสดงในรูป 1.2 เนื่องจากสัตว์บางประเภทเมื่ออยู่ในสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม จะส่งผลให้สัตว์เกิดความเครียดและเมื่อเครียดก็จะส่งผลถึงผลผลิตที่ได้จากสัตว์นั้นเช่น ถ้าเป็นไก่ปริมาณไข่ก็จะลดลง ถ้าเป็นสุกรก็จะกินอาหารได้ยากขึ้น วิธีที่ทำได้ง่ายที่สุดในการควบคุมสภาพแวดล้อมของสัตว์ที่นิยมคือการทำความเย็นโดยอาศัยน้ำ เป็นระบบที่ต้นทุนไม่สูงทำได้ง่าย ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิได้โดยอาศัยหลักการจากธรรมชาติเข้าช่วย คือการทำให้น้ำระเหยและเปลี่ยนสภาพกลายเป็นก๊าซ โดยดูดความร้อนแฝง ซึ่งส่งผลให้อากาศมีอุณหภูมิลดลงและมีความชื้นที่สูงขึ้น เมื่ออากาศและสภาพแวดล้อมภายในดีขึ้นก็จะส่งผลต่อผลผลิตของสัตว์ที่ดียิ่งขึ้น จากการศึกษาพบว่า การทำความเย็นแบบระเหยนั้นต้องอาศัยแผ่นทำความเย็นซึ่งเรียกว่าแผ่น"เซลลูโลส" ซึ่งมีราคาแพงและนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง เนื่องด้วยเหตุนี้จึงได้มีการศึกษาถึงวัสดุทดแทนที่เรียกว่า"สายยางน้ำซึม"ที่ทำมาจากยางรีไซเคิล เป็นนวัตกรรมการรดน้ำของเกษตรกร มีความเหนียวและทนทาน ลดการใช้น้ำและลดการสูญเสียการระเหยของน้ำ รับแรงดันได้สูง ราคาไม่แพง เมื่อเทียบกับแผ่นทำความเย็นที่ใช้ในปัจจุบัน

ดังนั้นโครงงานนี้จะทำการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความดันตกคร่อมของแผ่นทำความเย็นต้นแบบที่ทำจากสายยางน้ำซึมโดยมี 5 รูปแบบ คือ แนวตั้ง 1 แถว, แนวนอน 1 แถว, แนวตั้ง 2 แถว, แนวนอน 2 แถว และขดก้นหอย เปรียบเทียบกับแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร และแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร เพื่อนำผลสรุปไปพัฒนาต่อไป



รูป 1.1 โรงเรือนระบบเปิด (แหล่งที่มา http://โรงเรือนเลี้ยงไก่ไข่.blogspot.com)

รูป 1.2 โรงเรือนระบบปิด (แหล่งที่มา http://www.chiangraifocus.com)

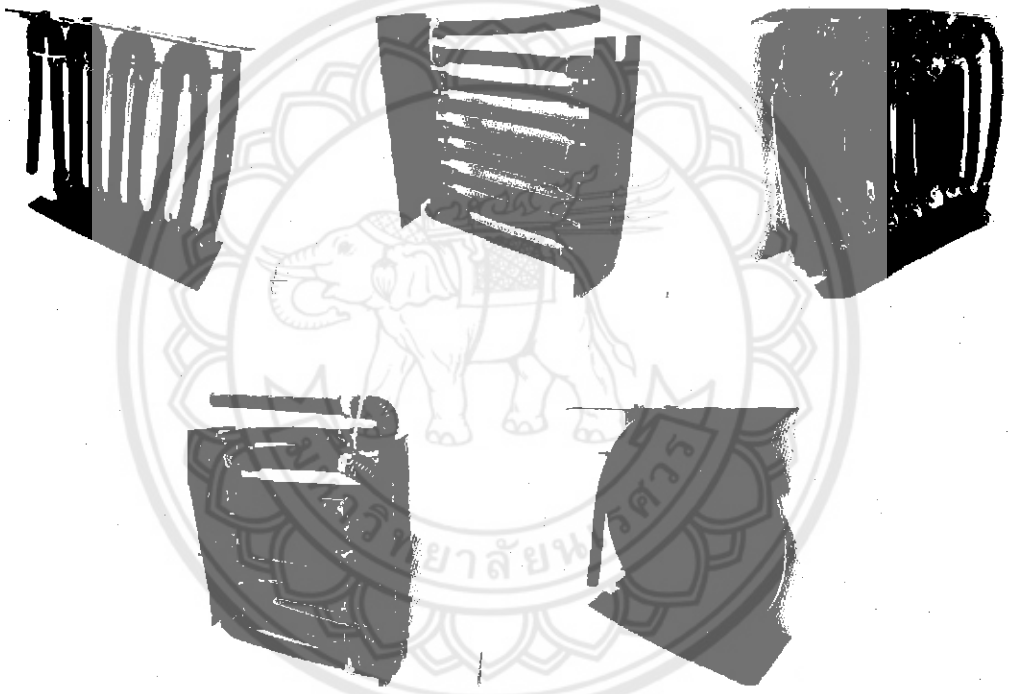
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ออกแบบและสร้างแผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึม

1.2.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยและค่าความดันตกคร่อมของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึมกับแผ่นเซลลูโลส

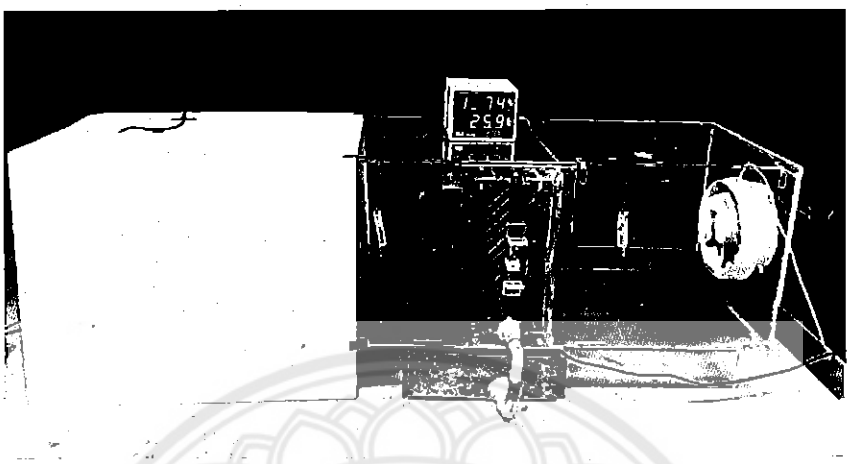
1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ออกแบบและสร้างแผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึม โดยสร้างให้มี 5 รูปแบบ ดังรูป



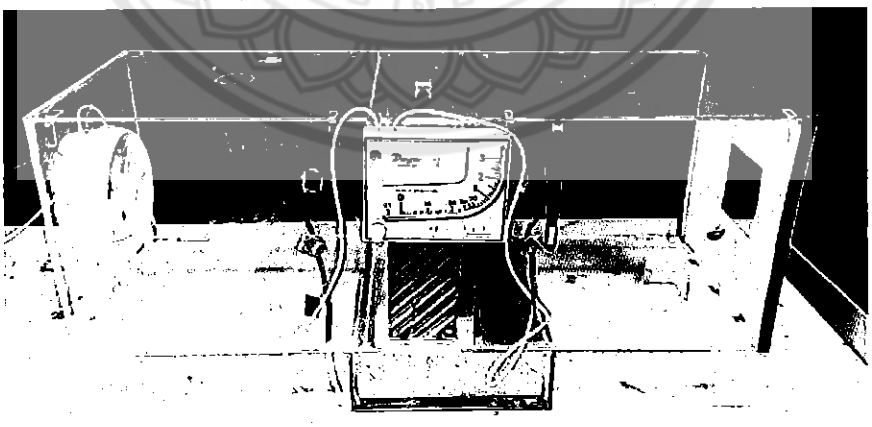
รูป 1.3 รูปแบบการจัดเรียงตัวของสายยางน้ำซึม

1.3.2 ทำการทดสอบอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อหาค่าประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็นแบบระเหย จากสายยางน้ำซึมแบบต่างๆ และแผ่นเซลลูโลส โดยทำการทดสอบในอุโมงค์ลมและเก็บข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลเพื่อเปรียบเทียบ



รูป 1.4 อุโมงค์ลมที่ใช้ทดสอบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อหาค่าประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็นแบบระเหย

1.3.3 ทำการทดสอบค่าความดันตกคร่อมแผ่นทำความเย็นแบบระเหย จากสายยางน้ำซึมแบบต่างๆ และแผ่นเซลลูโลส โดยทำการทดสอบในอุโมงค์ลมที่มีช่องอากาศขนาด 4 ขนาด และเก็บข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลเพื่อเปรียบเทียบ



รูป 1.5 อุโมงค์ลมที่ใช้ทดสอบความดันตกคร่อมของแผ่นทำความเย็นแบบระเหย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้แผ่นทำความเย็นจากสายยางน้ำซึมในรูปแบบต่างๆ

1.4.2 ได้ทราบถึงค่าประสิทธิภาพค่าความดันตกคร่อมและอุณหภูมิอากาศที่ลดได้ของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยและแผ่นเซลลูโลส

1.4.3 ลดต้นทุนเกษตรกร

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

กิจกรรม	พ.ศ.2559				พ.ศ.2560				
	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.ศึกษาทฤษฎีข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง									
2.ออกแบบและสร้างแบบจำลอง									
3.ทำการทดลองและคำนวณผลที่ได้จากการทดลอง									
4.เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผล									
5.สรุปผลและจัดทำรายงาน									

1.6 งบประมาณ

16.1 ค่าวัสดุอุปกรณ์ 3,200 บาท

16.2 ค่าทำรายงาน 500 บาท

รวมทั้งหมด 3,700 บาท

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ญาดาภรณ์ พันศรีและคณะ (2553) [1] ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างแผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากเชือกโพลีโพรไพลีน (ใยยักษ์) โดยศึกษากระบวนการทำความเย็นแบบระเหยโดยเปรียบเทียบแผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากเชือกใยยักษ์และแผ่นเซลลูโลส โดยออกแบบให้แผ่นทำความเย็นทั้ง 2 แบบให้มีขนาด 30×30 เซนติเมตร และหนา 5 และ 10 เซนติเมตร โดยแบ่งรูปแบบแผ่นทำความเย็นจากเชือกใยยักษ์เป็น 4 รูปแบบได้แก่ แบบแนวตั้ง แบบแนวนอน แบบแนวทแยง และแบบตาข่าย เปรียบเทียบกับแผ่นเซลลูโลสโดยนำไปทดสอบที่อุโมงค์ลมที่สามารถปรับค่าความเร็วอากาศได้ โดยทำการวัดสภาวะอากาศก่อนผ่านและหลังผ่านแผ่นทำความเย็นได้แก่ ประสิทธิภาพ การลดอุณหภูมิ การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ และความดันตกคร่อม ผลจากการศึกษาพบว่าแผ่นทำความเย็นที่มีความหนา 10 เซนติเมตร จะให้ประสิทธิภาพ การลดอุณหภูมิและการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ดีกว่าแผ่นทำความเย็นที่มีความหนา 5 เซนติเมตร ซึ่งแผ่นเซลลูโลสสามารถทำได้ดีกว่าแผ่นทำความเย็นจากใยยักษ์แต่เมื่อเพิ่มความหนาของแผ่นทำความเย็นจากใยยักษ์จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ดีที่สุดในกลุ่มเดียวกัน แต่ค่าใช้จ่ายในการลดทุนจะไม่คุ้มเมื่อเทียบกับแผ่นเซลลูโลส

ณัฐดนัย ตันติเจริญการและคณะ (2551) [2] ได้ศึกษากระบวนการทำความเย็นแบบระเหยโดยเปรียบเทียบแผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากใยมะพร้าวและแผ่นเซลลูโลส โดยออกแบบแผ่นทำความเย็นใยทั้ง 2 แบบให้มีขนาด 30×30 เซนติเมตร และหนา 5 และ10 เซนติเมตร โดยแบ่งรูปแบบแผ่นทำความเย็นมะพร้าวเป็น 4 รูปแบบ ได้แก่ แบบทึบ แบบช่องแนวดิ่ง แบบช่องตาราง และแบบช่องแนวนอน เปรียบเทียบกับแผ่นเซลลูโลสโดยนำไปทดสอบที่อุโมงค์ลม และทำการวัดสภาวะอากาศก่อนผ่านและหลังผ่านแผ่นทำความเย็นได้แก่ ประสิทธิภาพ การลดอุณหภูมิ การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ และความดันตกคร่อม ผลจากการศึกษาพบว่ากลุ่มแผ่นทำความเย็นที่มีขนาดหนา 10 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพ การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ ค่าความดันตกคร่อมดีกว่ากลุ่มแผ่นทำความเย็นหนา 5 เซนติเมตร โดยแผ่นใยมะพร้าวแบบทึบหนา 10 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพใกล้เคียงแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสุด

นิติรงค์ พงษ์พานิชย์และคณะ (2558) [3] ได้ทำการพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพของโรงเรือนระบบปิดโดยควบคุมการลดอุณหภูมิและการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์โดยกระบวนการทำความเย็นแบบระเหยโดยใช้โปรแกรมสั่งการพัดลมให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการและจับเวลา ผลจากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพของโรงเรือนมีค่าถึง 58% โดยสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนที่ต้องการโดยการใช้ระบบควบคุมพัดลมตัวที่ 5 เพื่อให้ได้อุณหภูมิภายในโรงเรือน 25 องศาใช้เวลา 12.5 นาที โดยอุณหภูมิภายนอกประมาณ 29 องศา และ 24 องศา ใช้เวลา 11.3 นาที โดยอุณหภูมิภายนอกประมาณ 28 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มเป็น 60% และ 70% ตามลำดับ

ประชา เฉลิมอัดและคณะ (2557) [4] ได้จัดทำโครงงานเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยชุดสายยางน้ำซึมโดยได้ไปศึกษากระบวนทำความเย็นแบบระเหยและการลดอุณหภูมิคอยล์ร้อนโดยใช้สายยางน้ำซึมเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยอุณหภูมิอากาศที่ลดและค่าใช้จ่ายทางด้านเศรษฐศาสตร์ กับระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยออกแบบชุดทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึม 3 แบบ ได้แก่ ก้นหอย ตัวยู และวงรี ผลจากการศึกษาพบว่า ชุดทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึมให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหย อุณหภูมิอากาศที่ลด และค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ดีกว่าชุดทำความเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศทุกกรณี โดยเรียงลำดับประสิทธิภาพ อุณหภูมิอากาศที่ลดและค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์จากมากไปน้อยได้แก่ ชุดทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึม แบบวงรี ตัวยู และก้นหอยตามลำดับ

สุรพงษ์ สว่างและคณะ (2548) [5] ได้ศึกษาเรื่องการยืดอายุของดอกไม้โดยใช้กระบวนการทำความเย็นแบบระเหยด้วยแผ่นเซลลูโลส โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วนได้แก่ การลดอุณหภูมิกับการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราการไหลที่เหมาะสม โดยใช้กระบวนการทำความเย็นแบบระเหยและลักษณะทางกายภาพของดอกกล้วยไม้ในกระบวนการทำความเย็นแบบระเหยกับกระบวนทำความเย็นปกติ ผลจากการศึกษาพบว่าระบบทำความเย็นสามารถลดอุณหภูมิได้ประมาณ 5 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิภายนอกเท่ากับ 32 องศาเซลเซียส ที่ช่วงอัตราการไหลของน้ำ 10-16 l/min และเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ 30% ลักษณะทางกายภาพของดอกกล้วยไม้ในกระบวนทำความเย็นแบบระเหยดีกว่าลักษณะทางกายภาพของดอกกล้วยไม้ในความเย็นปกติ

2.2 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์ในโรงเรือน

สภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของสัตว์ ปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมที่ควรพิจารณามีดังนี้

2.2.1 อุณหภูมิสัตว์แต่ละชนิดจะมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมแตกต่างกันไป ช่วงอุณหภูมิที่สัตว์อยู่สบาย คือช่วงอุณหภูมิไม่ร้อนและไม่เย็นจนเกินไป จะเป็นช่วงอุณหภูมิที่สัตว์มีการที่สัตว์สูญเสียพลังงานต่ำที่สุด เพราะไม่ต้องใช้พลังงานเพื่อระบายความร้อน หรือสร้างความอบอุ่นให้แก่ร่างกายเมื่ออุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินกว่าจะรักษาอุณหภูมิร่างกายให้คงที่ สัตว์จะอยู่ในสภาพเครียดเนื่องจากร้อนเมื่ออุณหภูมิสภาพแวดล้อมสูงกว่าที่สัตว์อยู่สบาย สัตว์จะแสดงอาการหอบ กินอาหารลดลงและดื่มน้ำมากขึ้นเพื่อช่วยลดความร้อนในร่างกาย หรือความเครียดเนื่องจากความเย็น เมื่ออุณหภูมิสภาแวดล้อมต่ำกว่าช่วงที่สัตว์อยู่สบายสัตว์จะสั่นเพื่อให้ความอบอุ่นแก่ร่างกายซึ่งสภาพเหล่านี้ต้องใช้อุณหภูมิสัตว์จึงสูญเสียพลังงานที่จะนำไปใช้สร้างผลผลิตเพื่อรักษาอุณหภูมิ

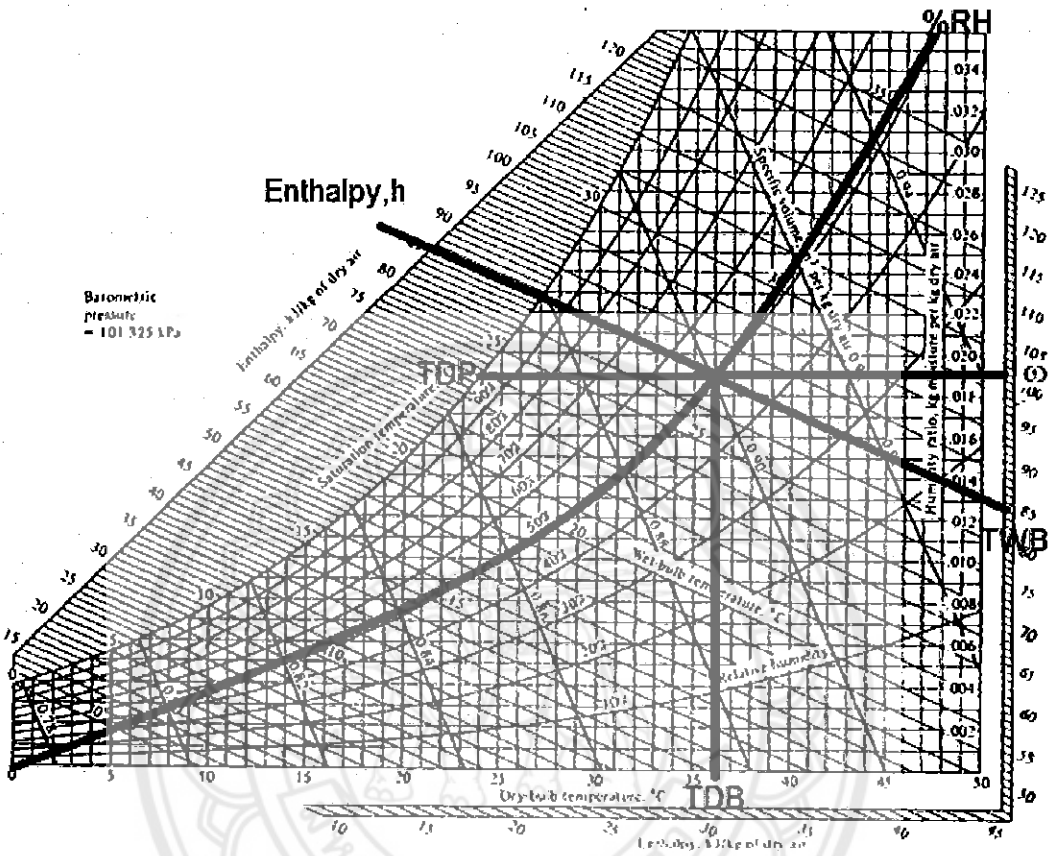
2.2.2 ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นตัวควบคุมการระบายของน้ำเพื่อการระบายความร้อนออกจากร่างกายของสัตว์ ผลกระทบจากความชื้นจะมีความสัมพันธ์กับระดับอุณหภูมิ ถ้าความชื้นในอากาศสูงและอุณหภูมิสูงสัตว์จะระบายความร้อนได้ยากจึงรู้สึกอึดอัดและทำให้เกิดการหอบเพื่อช่วยระบายความร้อนออกจากร่างกายอีกทางหนึ่ง นอกเหนือจากการขับเหงื่อและถ้าความชื้นในอากาศสูงมากจนไม่สามารถระบายความร้อนออกได้สัตว์จะรู้สึกไม่สบาย ความชื้นที่เหมาะสมจะอยู่ที่ 50-80 %RH สัตว์จะชอบอากาศที่เย็นและชื้นไม่มากนัก

ตาราง 2.1 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์

ประเภทสัตว์เลี้ยง	อุณหภูมิ
1. ไก่ไข่	ไก่เล็ก (อายุ 1-8 สัปดาห์) อยู่ในช่วง 31-35 องศาเซลเซียส ไก่ใหญ่ (อายุ 2-22 สัปดาห์) อยู่ในช่วง 21-26 องศาเซลเซียส ไก่ไข่ (อายุ 22 สัปดาห์ขึ้นไป) อยู่ในช่วง 7-21 องศาเซลเซียส
2. ไก่เนื้อ	ไก่เล็ก (อายุ 1-8 สัปดาห์) อยู่ในช่วง 32-33 องศาเซลเซียส ไก่ใหญ่ (อายุ 2-22 สัปดาห์) อยู่ในช่วง 20-30 องศาเซลเซียส
3. เป็ด	เป็ดเล็ก (อายุ 0-12 สัปดาห์) อยู่ในช่วง 28-35 องศาเซลเซียส เป็ดใหญ่ (อายุ 13-26 สัปดาห์) อยู่ในช่วง 20-32 องศาเซลเซียส
4. สุกร	สุกรแรกเกิด อยู่ในช่วง 35 องศาเซลเซียส สุกรอายุ 3 สัปดาห์ อยู่ในช่วง 27 องศาเซลเซียส สุกรน้ำหนัก 11-45 กิโลกรัม อยู่ในช่วง 21 องศาเซลเซียส สุกรน้ำหนัก 45-91 กิโลกรัม อยู่ในช่วง 18 องศาเซลเซียส แม่สุกรท้องและเลี้ยงสุกร อยู่ในช่วง 16 องศาเซลเซียส

2.3 กระบวนการปรับอากาศ

อากาศประกอบด้วยอากาศแห้งและไอน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยไนโตรเจน 78%, ออกซิเจน 21% และ 1% ที่เหลือประกอบด้วยอาร์กอนคาร์บอนและธาตุอื่นๆ ดังนั้นในกระบวนการปรับอากาศไอน้ำจึงมีความสำคัญอย่างมาก ซึ่งต้องพิจารณาไอน้ำแห้งและไอน้ำที่ปะปนอยู่ในอากาศโดยอาศัยไซโครเมตริกชาร์ต ระบบปรับอากาศ คือ กระบวนการรักษาสภาวะอากาศโดยการควบคุมอุณหภูมิความชื้น ความสะอาดการกระจายลมและเสียงให้เกิดความรู้สึกสบายต่อผู้อยู่อาศัยและสภาวะอากาศตามความต้องการ โดยคำนวณได้จากแผนภูมิไซโครเมตริกชาร์ต ดังแสดงในรูป 2.1



รูป 2.1 เส้นกระบวนการปรับอากาศ (แหล่งที่มา http://www.mte.kmutt.ac.th)

2.3.1 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature, DB) คืออุณหภูมิที่สามารถวัดได้โดยเครื่องเทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ไม่ได้รับผลกระทบจากการระเหยของน้ำ

2.3.2 อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature, WB) คืออุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์ ที่กระเปาะหุ้มด้วยผ้าที่เปียกชุ่ม

2.3.3 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew-point Temperature, DP) คืออุณหภูมิที่เริ่มมีการควบแน่นเมื่ออากาศ ถูกทำให้อากาศถูกทำให้เย็นลงด้วยความเย็นคงที่

2.3.4 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity, RH) คืออัตราส่วนของมวลไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศขณะนั้น ที่อุณหภูมิหนึ่งต่อไอน้ำสูงสุดที่อากาศสามารถแบกรับไว้ได้

$$RH = \frac{P_w}{P_{sat}} = \frac{m_w}{m_{sat}} \quad \text{..... (2.1)}$$

P_w = ความดันของไอน้ำในอากาศ (bar)

P_{sat} = ความดันของไออิ่มตัวในอากาศ (bar)

m_w = มวลของอากาศแห้ง (kg)

m_{sat} = มวลน้ำในอากาศอิ่มตัว (kg dry air)

2.3.5 ปริมาตรจำเพาะ (Specific Volume, v) คือปริมาตรของอากาศชื้นต่อหนึ่งหน่วยมวลอากาศแห้งและความหนาแน่นจำเพาะ เป็นส่วนกลับของปริมาตรจำเพาะ (m^3/kg dry air)

2.3.6 อัตราส่วนความชื้นหรือความชื้นจำเพาะ (Humidity Ratio, ω)

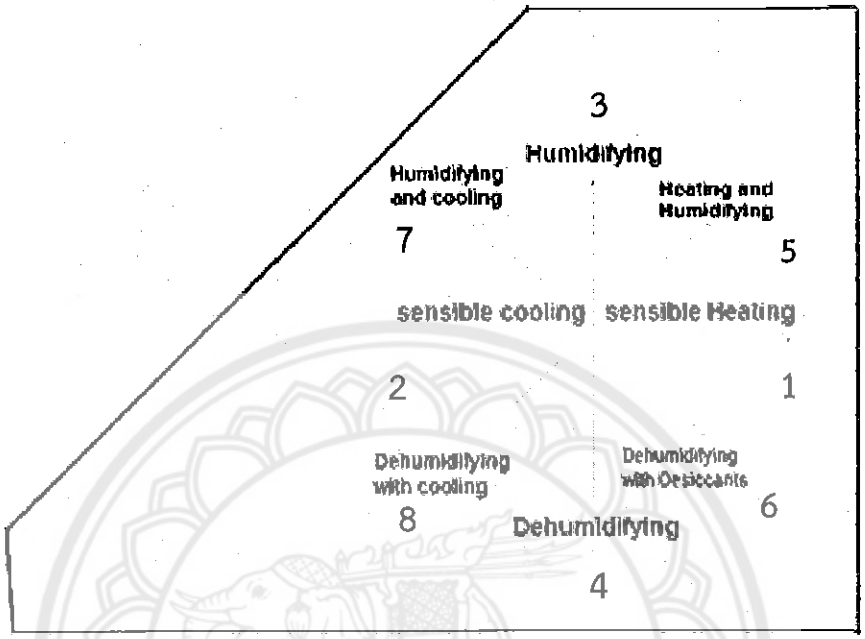
$$\omega = \frac{m_w}{m_a} \quad \text{..... (2.2)}$$

m_w = มวลของน้ำในอากาศ (kg)

m_a = มวลของอากาศแห้ง (kg dry air)

2.4 กระบวนการในไซโครเมตริกชาร์ต (Psychrometric Chart)

กระบวนการในไซโครเมตริกชาร์ตมีอยู่ 4 กระบวนการหลัก ก็คือกระบวนการเพิ่มความร้อน (Heating Process), กระบวนการทำความเย็น (Cooling Process), กระบวนการเพิ่มความชื้น (Humidification), และกระบวนการลดความชื้น (Dehumidifation) 4 กระบวนการหลักซึ่งกระบวนการที่ผสมกันระหว่างกระบวนการเพิ่มความร้อน, กระบวนการลดความร้อน, กระบวนการเพิ่มความชื้น และกระบวนการลดความชื้น จะเกิดกระบวนการเพิ่มรวมทั้งหมด 8 กระบวนการ ซึ่งศึกษาได้จากแผนภาพไซโครเมตริกชาร์ตดังนี้



รูป 2.2 แสดงกระบวนการไซโครเมตริก

2.4.1 กระบวนการเพิ่มความร้อน (Heating Process หรือ Sensible Heating) เป็นกระบวนการที่มีความร้อนเพิ่มขึ้นแต่ค่าอัตราส่วนความชื้นมีค่าคงที่

2.4.2 กระบวนการทำความเย็น (Cooling Process หรือ Sensible Cooling) เป็นกระบวนการที่ความร้อนลดลงแต่แต่ค่าอัตราส่วนความชื้นมีค่าคงที่

2.4.3 กระบวนการเพิ่มความชื้น (Humidification Process) เป็นกระบวนการที่ค่าความร้อนมีค่าคงที่แต่ค่าอัตราส่วนความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น

2.4.4 กระบวนการลดความชื้น (Dehumidification Process) เป็นกระบวนการที่ค่าความร้อนมีค่าคงที่แต่ค่าอัตราส่วนความชื้นลดลง

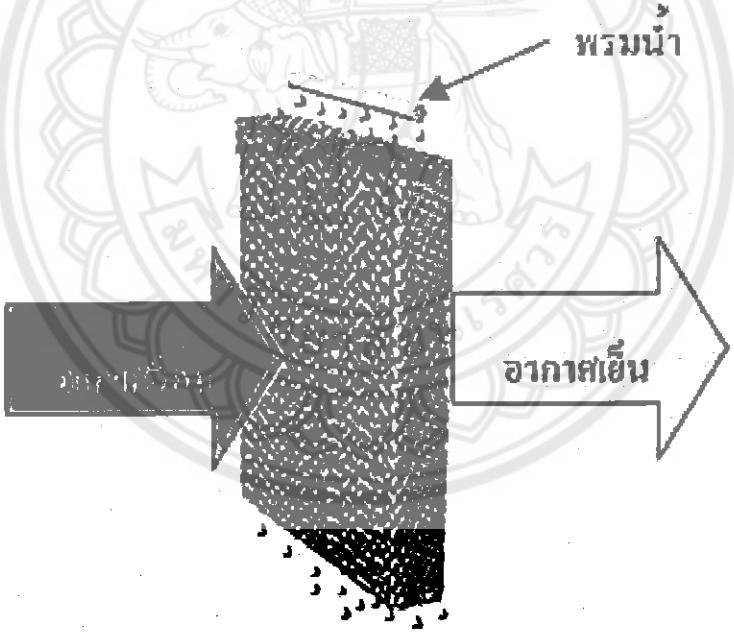
2.4.5 กระบวนการทำความร้อนและเพิ่มความชื้น (Heating and Humidification) เป็นกระบวนการที่ค่าความร้อนและอัตราส่วนความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น

2.4.6 กระบวนการทำร้อนและลดความชื้น (Heating and Dehumidification) เป็นกระบวนการที่ค่าความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นแต่อัตราส่วนความชื้นมีค่าลดลง

2.4.7 กระบวนการทำความเย็นและเพิ่มความชื้น (Cooling and Humidification) เป็นกระบวนการที่ค่าความร้อนมีค่าลดลงแต่อัตราส่วนความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น

2.4.8 กระบวนการทำความเย็นและลดความชื้น (Cooling and Dehumidification) เป็นกระบวนการที่ค่าความร้อนลดลงและอัตราส่วนความชื้นมีค่าลดลง

2.5 กระบวนการทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative cooling system)



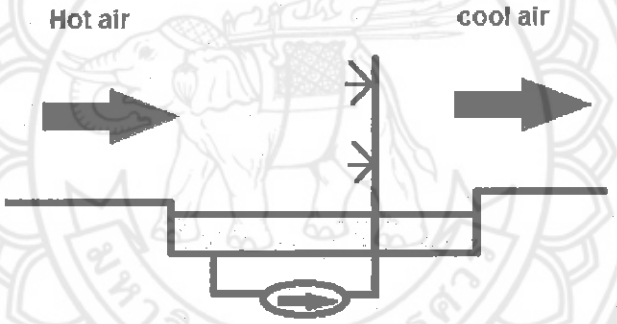
รูป 2.3 กระบวนการทำความเย็นแบบระเหย (แหล่งที่มา http://www.chiangmaiaircare.com)

เป็นหลักการวิธีทางธรรมชาติที่ใช้น้ำในการลดอุณหภูมิของอากาศร้อน หลักการคือการแบ่งอนุภาคของน้ำให้มีขนาดเล็ก มีพื้นที่ผิวมาก เมื่ออากาศร้อนผ่านพื้นผิวน้ำอากาศร้อนส่วนหนึ่ง จะถูกน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าดูดความร้อน (Latent Heat) และน้ำบางส่วนได้รับความร้อนกลายเป็นไอ ผลที่ได้ คือ

อากาศร้อนอุณหภูมิจะลดลง แต่มีปริมาณไอน้ำในอากาศเพิ่มมากขึ้น และน้ำบางส่วนมีอนุภาคเล็กมากที่ยังไม่เปลี่ยนสถานะ เมื่อสัมผัสความร้อนจะเปลี่ยนเป็นไอได้รวดเร็ว เปรียบเหมือนสภาวะของบริเวณแหล่งน้ำจะรู้สึกเย็น น้ำบริเวณพื้นที่นั้นจะระเหย กลายเป็นไอโดยที่น้ำระเหยจะดึงความร้อนบริเวณใกล้เคียงไปด้วย จึงทำให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าบรรยากาศใกล้เคียงกันที่ไม่มีแหล่งน้ำ ดังแสดงในรูป 2.3

2.5.1 การทำความเย็นแบบระเหย แบ่งเป็น 2 ประเภท

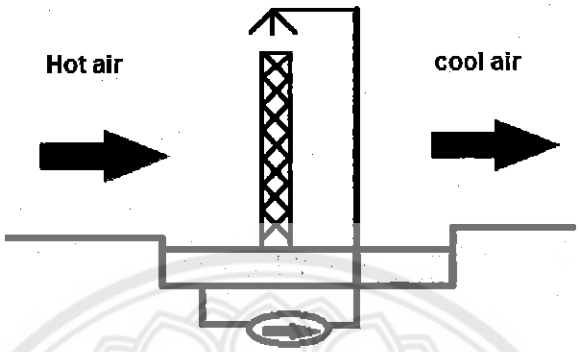
2.5.1.1 การทำความเย็นแบบระเหยแบบพ่นฝอย



รูป 2.4 แสดงการทำความเย็นระเหยแบบพ่นฝอย

ทำงานโดยการที่ให้อากาศไหลผ่านละอองน้ำโดยตรง ซึ่งจะเกิดการระเหยขึ้น ไม่มีปัญหาการต้านการเคลื่อนที่ของอากาศ ประสิทธิภาพความเย็นที่สูงแต่อาจมีความชื้นสูงเกินความต้องการ

2.5.1.2 การทำความเย็นแบบระเหยแบบอาศัยแผ่นทำความเย็น



รูป 2.5 แสดงการทำความเย็นระเหยแบบอาศัยแผ่นทำความเย็น

ทำงานได้โดยการอาศัยการฉีดน้ำใส่ตัวกลางที่มีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำ และให้กระแสน้ำไหลผ่านแผ่นที่เปียกน้ำที่ดูดซึมและระเหยน้ำได้ดี

2.6 ประสิทธิภาพแผ่นทำความเย็นแบบระเหย

ประสิทธิภาพแผ่นทำความเย็นแบบระเหยสามารถวัดได้จากอุณหภูมิที่วัดได้จริงต่อด้วยอุณหภูมิที่วัดได้ทางทฤษฎี ซึ่งก็คือผลต่างของอุณหภูมิกระเปาะแห้งก่อนผ่านผิวเปียกและหลังผิวเปียกต่อผลต่างของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง ก่อนผ่านผิวเปียกและอุณหภูมิกระเปาะเปียกก่อนผ่านผิวเปียก

$$\eta(\%) = \frac{\text{อุณหภูมิที่ลดได้จริง}}{\text{อุณหภูมิที่ลดได้ตามทฤษฎี}} = \frac{Tdb,i - Tdb,0}{Tdb,i - Twb,i} \times 100 \quad \text{..... (2.3)}$$

เมื่อ η = ประสิทธิภาพแผ่นทำความเย็นแบบระเหย

Tdb,i = อุณหภูมิกระเปาะแห้งก่อนผ่านผิวเปียก (°C)

Tdb,o = อุณหภูมิกระเปาะแห้งหลังผ่านผิวเปียก (°C)

Twb,I = อุณหภูมิกระเปาะเปียกก่อนผ่านผิวเปียก (°C)

2.7 ความดันตกคร่อมภายในโรงเรือนระบบปิด

ค่าความดันตกคร่อมสามารถหาได้จากผลต่าง (Pressure Difference) ของความดันก่อนผ่านและหลังผ่านแผ่นทำความเย็นแบบระเหย

เมื่อ $\Delta P = P_2 - P_1$ ..... (2.4)

ΔP = ความดันตกคร่อม (pa)

P_1, P_2 = ความดันต่ำและสูง (pa)

ρ = ค่าความหนาแน่นของของเหลว (kg/m^3)

g = ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

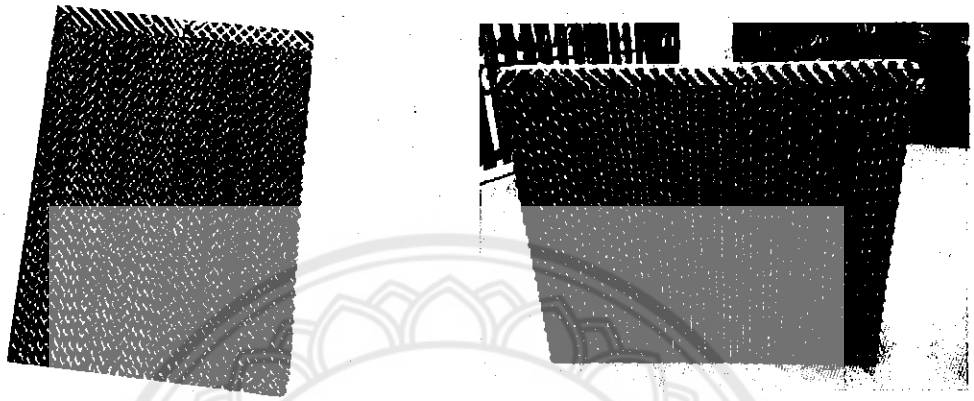
2.8 ความดันตกคร่อมในโรงเรือนระบบปิด

ความดันตกคร่อมในโรงเรือนระบบปิดเมื่อมีความดันตกคร่อมเกิดในโรงเรือนมากเกินไป จะส่งผลให้พัดลมดูดอากาศมีความร้อนที่สูงขึ้น และความร้อนที่เกิดขึ้นนั้น จะกลายเป็นความร้อนสะสมภายในโรงเรือนสัตว์ ที่อาศัยในโรงเรือนจะได้รับผลกระทบจากความร้อนอย่างมาก ส่งผลให้การเจริญเติบโตช้าลง และผลผลิตที่ต้องการจะได้ไม่ตรงตามเป้าที่ต้องการได้ ซึ่งโรงเรือนระบบปิดสามารถแบ่งการทำเป็น 2 ประเภทได้แก่

1. ความดันสถิตเป็นบวก (Pressure Ventilation) รูปแบบนี้พัดลมจะพัดอากาศและส่งอากาศไปตามช่องลมที่อยู่ภายในโรงเรือน โดยนำอากาศภายนอกเข้าสู่โรงเรือน โดยพัดลมระบายอากาศซึ่งมีข้อเสียคือพลังงานจากพัดลมจะกลายเป็นความร้อนสะสมเพิ่มภายในโรงเรือนได้

2. ความดันสถิตเป็นลบ (Negative Pressure Ventilation) เป็นประเภทที่นิยมมากที่สุดใน โดยพัดลมจะดูดอากาศในโรงเรือนออกไปสู่ภายนอก ผ่านทางพัดลมระบายอากาศในช่วงด้านท้ายของโรงเรือน ทำให้อากาศจากภายนอกเข้าสู่ โรงเรือนทางช่องลมและรูในโรงเรือน ในรูปแบบนี้การกระจายของอากาศจะราบเรียบกว่าในแบบแรก

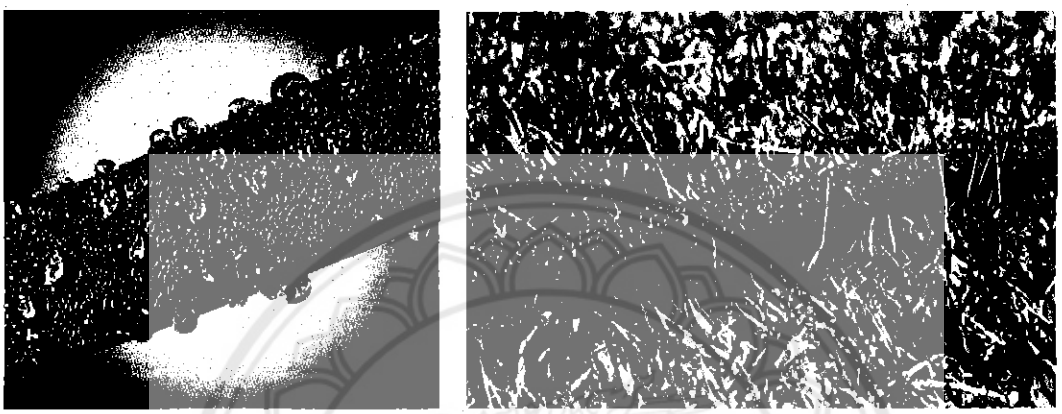
2.9 คุณสมบัติของกระดาษเซลลูโลส



รูปที่ 2.6 ลักษณะแผ่นเซลลูโลส (แหล่งที่มา http://www.pudit-engineering.com)

กระดาษเซลลูโลส (Cooling Pad) มีความสามารถในการดูดซับน้ำและมีประสิทธิภาพในการระเหยที่สูง มีโครงสร้างพิเศษผลิตจากพอลิเมอร์ชนิดใหม่และเทคโนโลยีแบบ Space Crosslink เพื่อดูดซับน้ำได้มากขึ้น เมื่อผ่านการชุบสารเคมีจะช่วยรักษาสภาพอายุของการใช้งานได้ดีขึ้นสามารถต้านทานการย่อยสลายจากการผุพังเมื่อเจอฝุ่นละอองหรือน้ำได้ มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 3-4 ปี มีพื้นที่ระเหยขนาดใหญ่และมีประสิทธิภาพการระบายความร้อนสูงถึง 80% ความสูงของการดูดน้ำธรรมชาติเป็น 60-70 mm/5นาที ไม่เสี่ยงถึงการเป็นโรคผิวหนังและภูมิแพ้ และประหยัดพลังงานและปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีราคานำเข้าอยู่ที่ 1,350 บาท/ตารางเมตร (แหล่งที่มา: https://thai.alibaba.com)

2.10 คุณสมบัติของสายยางน้ำซึม



รูปที่ 2.7 สายยางน้ำซึม (แหล่งที่มา http://www.nanagarden.com)

สายยางน้ำซึม เป็นเทคโนโลยีการให้น้ำต้นไม้แบบใช้สายยางน้ำซึม โดยน้ำค่อยๆ ซึมผ่านสายยางรับเบอร์สีดำที่เรียกว่า Micropoes ที่มีรูพรุนตลอดสาย ลักษณะของรูพรุนจะมีขนาดเล็กมากในระดับที่สายตาของเรามองไม่เห็น ซึ่งทำมากจากยางรีไซเคิลซึ่งมีลักษะเหนียวและทนทานเป็นพิเศษและใช้แรงดันน้ำเพียง 0.1-0.5 bar

จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า สายยางน้ำซึมมีสีดำทำมาจากพลาสติกรีไซเคิล ซึ่งมีลักษณะน้ำซึมอยู่ตลอดเวลา มีคุณสมบัติเหนียวแข็งแรง คงทนไม่ขาดง่ายรับน้ำหนักได้สูงหาซื้อได้ง่าย โดยมีราคา 22 บาท/เมตร เมื่อเทียบกับแผ่นเซลลูโลส และสามารถส่งเสริมอุตสาหกรรมพลาสติกได้มากขึ้น เนื่องจากนิยมนำมาใช้ในเกษตรกรเพียงอย่างเดียว จึงได้เลือกสายยางน้ำซึมมาเป็นแบบในการสร้างแผ่นทำความเย็นแบบระเหย (แหล่งที่มา: http://www.kasipantarut.com)

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการทดลองของโครงงานนี้ เป็นการทดสอบแผ่นทำความเย็นแบบระเหย โดยมีวัตถุประสงค์โครงงานเพื่อเปรียบเทียบระหว่างแผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึมกับแผ่นเซลลูโลส ในการลดอุณหภูมิ การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ ประสิทธิภาพ และค่าความดันตกคร่อมของแผ่นทำความเย็น

โดยเปรียบเทียบแผ่นทำความเย็นแบบระเหยเซลลูโลสที่มีความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ความหนา 5 เซนติเมตร และ 10 เซนติเมตร กับแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมที่สร้างขึ้นให้มีขนาดความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร โดยสายยางน้ำซึมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว แบ่งดังนี้ (ขั้นตอนการสร้างแผ่นทำความเย็นแบบระเหยที่ ภาคผนวก ก)

3.1 แผ่นเซลลูโลส ออกแบบให้มีลักษณะดังรูป 3.1

ก แผ่นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร ข แผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร

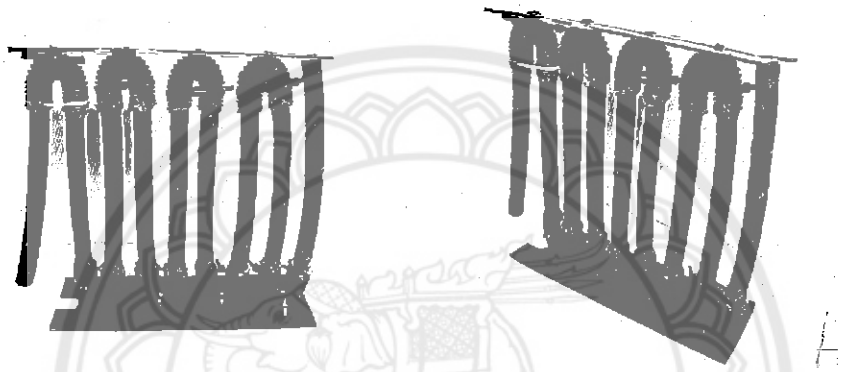
รูป 3.1 แผ่นทำความเย็นเซลลูโลส

3.2 แผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึม

ออกแบบและสร้างแผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึมโดยสายยางมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว สามามารถแบ่งการจัดเรียงตัวได้ 5 รูปแบบ คือ

3.2.1 แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว

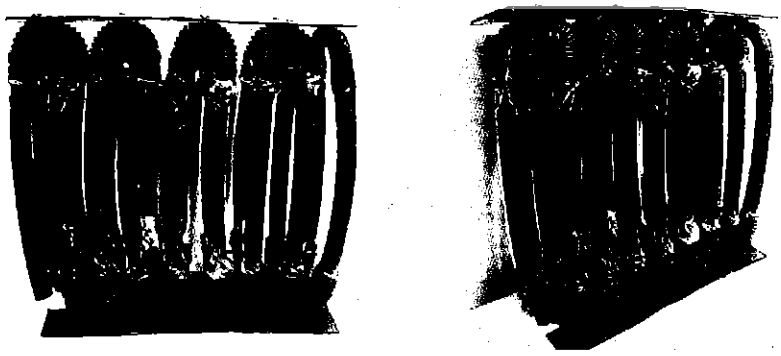
โดยออกแบบและสร้างให้มีการเรียงตัวของสายยางน้ำซึมเป็นเส้นตรงในแนวดิ่งจำนวน 9 ท่อน แต่ละท่อนใช้สายยางน้ำซึมยาว 16.5 เซนติเมตร (รวมใช้สายยางน้ำซึมยาว 148.5 เซนติเมตร) แต่ละท่อนต่อกันด้วยท่อย่นอเนกประสงค์ โดยระยะห่างระหว่างสายยางน้ำซึมแต่ละท่อน 2 เซนติเมตร ดังรูป 3.2



รูป 3.2 แผ่นทำความเย็นจากสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว

3.2.2 แผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว

เป็นการออกแบบเพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศ โดยนำชุดการออกแบบของแนวตั้ง 1 แถว มาซ้อนกันเป็น 2 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 4 เซนติเมตร (รวมใช้สายยางน้ำซึมยาว 297 เซนติเมตร) ดังรูป 3.3



รูป 3.3 แผ่นทำความเย็นจากสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว

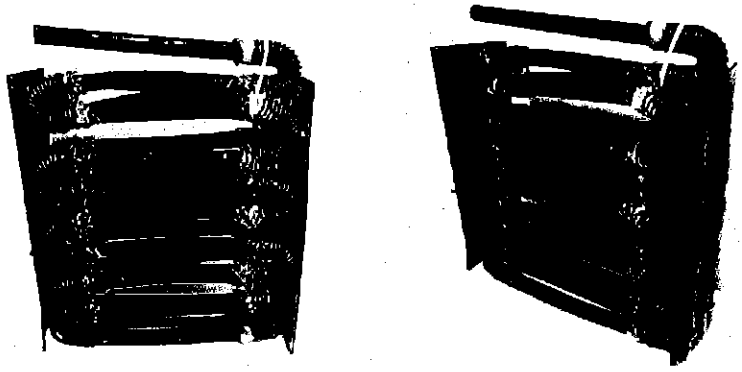
3.2.3 แผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึมแบบแนวนอน 1 แถว

โดยออกแบบให้มีการเรียงตัวของสายยางน้ำซึมเป็นเส้นตรงแนวดิ่งจำนวน 9 ท่อน แต่ละท่อนใช้สายยางน้ำซึมยาว 16.5 เซนติเมตร (รวมใช้สายยางน้ำซึมยาว 148.5 เซนติเมตร) ระยะห่างระหว่างสายยางน้ำซึมแต่ละท่อน 2 เซนติเมตร แล้วนำมาจัดวางในแนวนอน และเพิ่มท่อพีวีซีสีดำในการต่อสายยางเข้ากับระบบน้ำ ดังรูป 3.4

รูป 3.4 แผ่นทำความเย็นจากสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว

3.2.4 แผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว

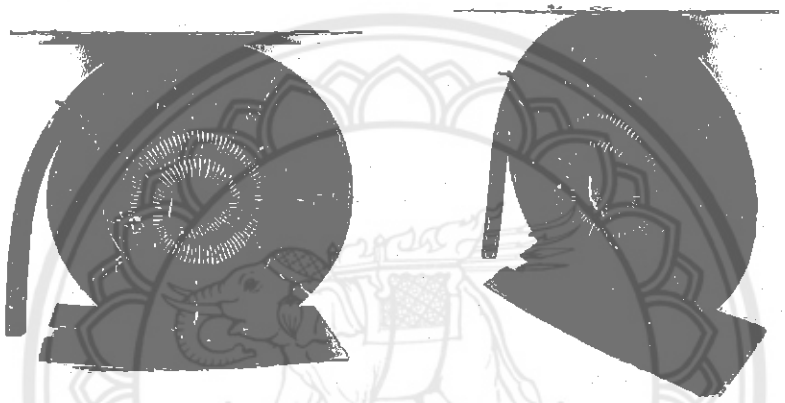
เป็นการออกแบบเพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศ โดยนำชุดการออกแบบของแนวนอน 1 แถว มาซ้อนกันเป็น 2 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 4 เซนติเมตร (รวมใช้สายยางน้ำซึมยาว 297 เซนติเมตร) ดังรูป ดังรูป 3.5



รูป 3.5 แผ่นทำความเย็นจากสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว

3.2.5 แผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึมขดก้นหอย

โดยออกแบบให้มีการขดสายยางน้ำซึมยาว 433 เซนติเมตร ให้เป็นรูปแบบขดก้นหอยแนวระนาบ จำนวน 7 ขด และเนื่องจากข้อจำกัดของสายยางน้ำซึมที่มีลักษณะแข็งจึงใช้ท่อย่นอเนกประสงค์ใน 2 ขดแรก เพื่อเป็นทางเดินของน้ำและปล่อยน้ำออก (ใช้ท่อย่นอเนกประสงค์ยาว 65.5 เซนติเมตร) ดังรูป 3.6

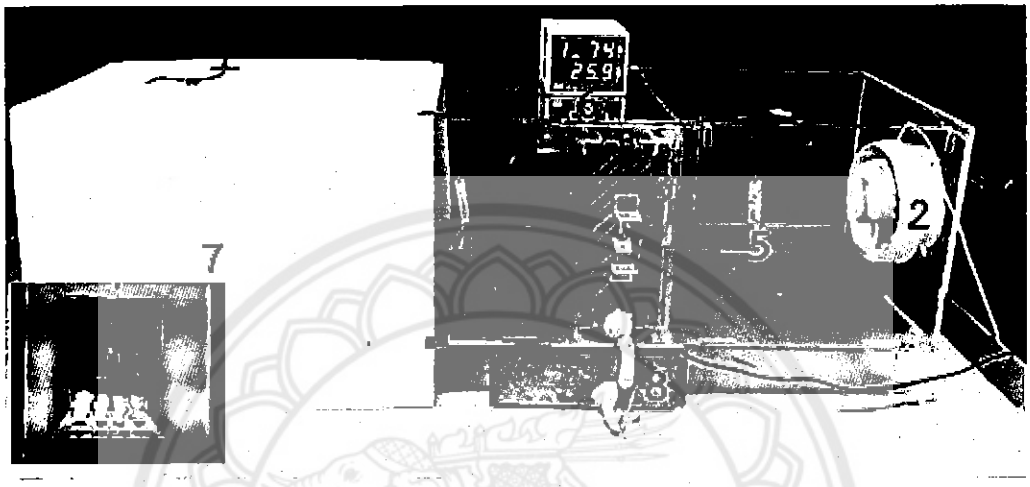


รูป 3.6 แผ่นทำความเย็นแบบระเหยขดก้นหอย

3.3 อุโมงค์ลมที่ใช้ทดสอบ

ชุดทดสอบแผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึม ถูกออกแบบให้ใส่แผ่นทำความเย็นได้ 2 รูปแบบ คือ แผ่นทำความเย็นเซลลูโลส และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึม โดยจะทำการวัดอุณหภูมิ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ และค่าความดันตกคร่อม ณ ตำแหน่งสภาวะอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็น และหลังผ่านแผ่นทำความเย็นในอุโมงค์ลมขนาด 37×37×102 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยใช้พัดลมระบายอากาศในการทำให้อากาศไหลผ่านแผ่นทำความเย็น

3.3.1 อุโมงค์ลมที่ใช้ทดสอบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อหาค่าประสิทธิภาพ



รูป 3.7 อุปกรณ์และตำแหน่งการวัดเพื่อหาค่าประสิทธิภาพแผ่นทำความเย็นแบบระเหย

ตำแหน่งที่ 1 ถาดรองน้ำ ขนาด 37×30 สูง 9 เซนติเมตร ก่อนทดลองเติมน้ำปริมาณ 3 ใน 4 ของถาด

ตำแหน่งที่ 2 พัดลมดูดอากาศ มีความเร็วลม 3.1 m/s ทำหน้าที่บังคับอากาศเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่ 4 ไปยังตำแหน่งที่ 5

ตำแหน่งที่ 3 ช่องใส่แผ่นทำความเย็นแบบระเหย ซึ่งถูกออกแบบให้ใส่แผ่นทำความเย็นแบบระเหย 2 แบบ คือ แผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึมและแผ่นเซลลูโลส

ตำแหน่งที่ 4 จุดวัดสภาวะอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นแบบระเหย ซึ่งเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (โดยนำข้อมูลนำไปใส่ในแบบจำลองการหาคุณสมบัติของอากาศเพื่อหาค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกเพื่อนำไปวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยโดยสามารถดูได้ที่ ภาคผนวก ง)

ตำแหน่งที่ 5 จุดวัดสภาวะอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นแบบระเหย ซึ่งเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

ตำแหน่งที่ 6 เครื่อง AP-104 ยี่ห้อ SILA ใช้สำหรับเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

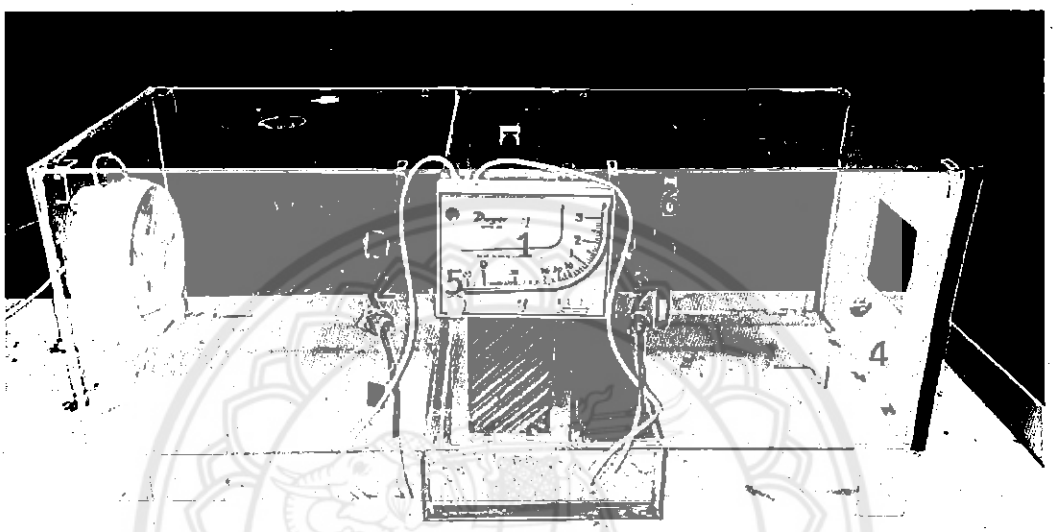
19182028
14 ก.ย. 2560
สำนักหอสมุด

ตำแหน่งที่ 7 อุปกรณ์ให้ความร้อนเพื่อใช้สำหรับควบคมอุณหภูมิในการทดลองประกอบด้วยหลอดไฟขนาด 40 W จำนวน 5 หลอด, 60 W จำนวน 2 หลอด และ 100 W จำนวน 1 หลอด ขนาดอุปกรณ์ ให้ความร้อนเท่ากับ 30×25×5 เซนติเมตร

ตำแหน่งที่ 8 เครื่องสูบน้ำที่มีอัตรากรไหล 13.5 L/min

ชุดทดสอบแผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึม มีการติดตั้งเครื่อง AP-104 เพื่อวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นแบบระเหย และสภาวะหลังผ่านแผ่นทำความเย็นแบบระเหย โดยจะเก็บข้อมูลคือ อุณหภูมิก่อนผ่านแผ่น, ความชื้นสัมพัทธ์ก่อนผ่านแผ่น, อุณหภูมิหลังผ่านแผ่น และความชื้นสัมพัทธ์หลังผ่านแผ่น นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการลดอุณหภูมิอากาศ, เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบ หลักการทำงานคือ พัดลมดูดอากาศและแผ่นทำความเย็นแบบระเหย โดยการให้น้ำไหลตามสายยางน้ำซึมเพื่อให้น้ำระเหยออกจากสายยางน้ำซึมผ่านรู ความร้อนในการระเหยได้จากพัดลมดูดอากาศผ่านแผ่นทำความเย็นและเครื่องกำเนิดความร้อน เมื่ออากาศผ่านแผ่นทำความเย็นน้ำจะเกิดการระเหย ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์หลังผ่านแผ่นทำความเย็นมีค่าเพิ่มขึ้น น้ำที่ไหลอยู่ในสายยางน้ำซึมก็จะไหลวนเวียนอยู่ในวัฏจักรที่ได้ออกแบบขึ้นมา อีกทั้งยังมีห้องสร้างความร้อน เพื่อช่วยเพิ่มอุณหภูมิก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นแบบระเหย ดังแสดงในรูป 3.7

3.3.2 อุโมงค์ลมที่ใช้ทดสอบหาค่าความดันตกคร่อม



รูป 3.8 แสดงอุปกรณ์และตำแหน่งการวัดเพื่อหาค่าความดันตกคร่อมแผ่นทำความเย็นแบบระเหย

ตำแหน่งที่ 1 เครื่องวัดความดัน (Manometer) ใช้วัดค่าความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นทำความเย็นแบบระเหย

ตำแหน่งที่ 2,3 ตำแหน่งจุดวัดค่าความดันตกคร่อม คือด้านเข้าออกของอากาศ

ตำแหน่งที่ 4 อุปกรณ์ช่องปรับความเร็วลม 4 ขนาด ดังรูป 3.9

ตำแหน่งที่ 5 ลมปุ่ม Zero set เพื่อปรับค่าความดันตกคร่อมให้เป็นศูนย์ก่อนการทดลอง

ตำแหน่งที่ 6 เครื่องวัดความเร็ว

ก ขนาดช่องอากาศกว้าง 36×36 เซนติเมตร ข ขนาดช่องอากาศกว้าง 20×20 เซนติเมตร

ค ขนาดช่องอากาศกว้าง 16×16 เซนติเมตร ง ขนาดช่องอากาศกว้าง 12×12 เซนติเมตร

รูป 3.9 อุปกรณ์ช่องปรับความเร็วอากาศ

การทดสอบเพื่อวัดค่าความดันตกคร่อมของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยมีการติดตั้งเครื่อง Manometer ใช้ในการวัดค่าความดันตกคร่อมก่อนและหลังแผ่นทำความเย็น และมีช่องอากาศปรับความเร็วอากาศ โดยใช้ช่องลมพื้นที่หน้าตัดแตกต่างกันเพื่อปรับความเร็วอากาศ รายละเอียดการวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพและค่าความดันตกคร่อมของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยซึ่งแสดงในรูป 3.8

3.4 การทดสอบแผ่นทำความเย็นแบบระเหย สามารถแบ่งได้ 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การทดสอบความสามารถในการลดอุณหภูมิ และการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อหาค่าประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็นแบบระเหย

ขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

1) ติดตั้งอุปกรณ์ชุดทดสอบดังรูป 3.10

รูป 3.10 การจัดอุปกรณ์เพื่อศึกษาดูความสามารถในการลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แผ่นทำความเย็นแบบระเหย

2) เติมน้ำในถาดในปริมาณ 3 ใน 4 ของถาด โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 25.2 องศาเซลเซียส

3) ใส่แผ่นเซลลูโลสในอุปกรณ์ใส่แผ่นทำความความเย็นแบบระเหย

4) เปิดเครื่อง AP-104 ทำการเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทุกๆ 2 นาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

5) เปิดอุปกรณ์ให้ความร้อน โดยให้โดยควบคุมอุณหภูมิอากาศขาเข้าให้อยู่ในช่วง 30, 35 และ 40 องศาเซลเซียส

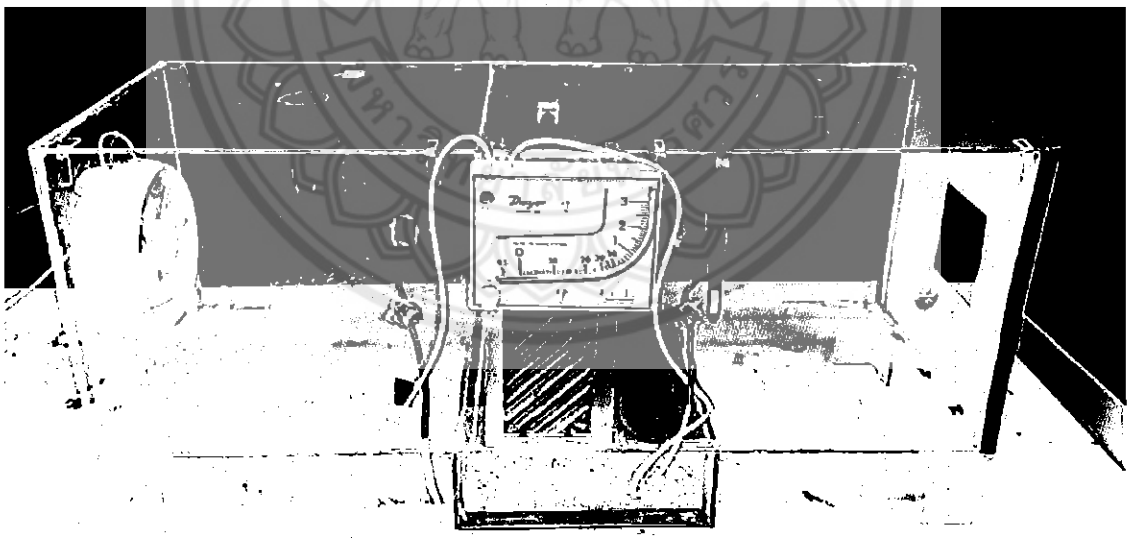
6) เปิดเครื่องสูบน้ำ ซึ่งมีอัตราไหลของน้ำที่คงที่ 13.5 L/min

7) เปิดพัดลมระบายอากาศ ซึ่งมีความเร็วลมคงที่ 3 m/s

8) ทดลองซ้ำในข้อ 1-7 โดยเปลี่ยนแผ่นทำความเย็นแบบระเหยเป็นแผ่นทำความเย็นแบบระเหยรูปแบบอื่นๆ

ตอนที่ 2 การทดสอบเพื่อหาค่าความดันตกคร่อมของแผ่นทำความเย็นแบบระเหย

1) ติดตั้งอุปกรณ์ดังรูป 3.11



รูป 3.11 การจัดเตรียมอุปกรณ์เพื่อศึกษาดูความดันตกคร่อมแผ่นทำความเย็นแบบระเหย

2) ใส่แผ่นทำความเย็นแบบระเหย

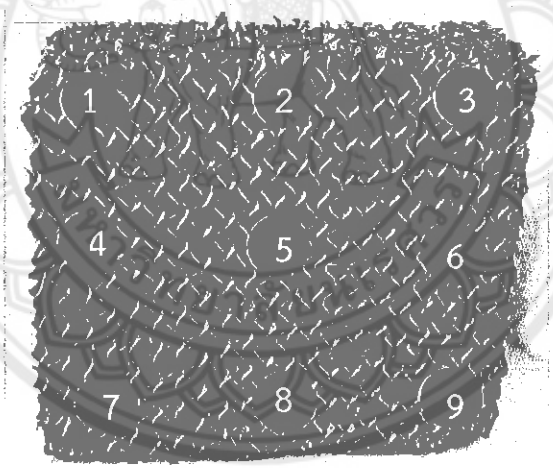
3) ทำการปรับเครื่องวัดความดันอยู่ที่ความดันเท่ากับศูนย์โดยปรับที่ปุ่ม Zero set

4) เปิดเครื่องสูบน้ำ

5) เปิดพัดลมระบายอากาศ

6) ทำการวัดค่าความเร็วลมด้านหน้าแผ่นทำความเย็น ดังรูป 3.1

7) ทำการวัดค่าความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากเครื่องมานอมิเตอร์ โดยจะทำการวัดทีละจุด ทั้งหมด 9 จุด จุดละ 30 นาที ตำแหน่งดังรูป 3.12



รูป 3.12 ตำแหน่งการวัดค่าความดันตกคร่อมของแผ่นทำความเย็นแบบระเหย

8) ทำการทดลองซ้ำ 1-7 แต่เปลี่ยนอุปกรณ์ปรับความเร็วลมเป็นขนาดต่างๆ

9) ทำการทดทดสอบซ้ำในขั้นตอน 1-8 แต่เปลี่ยนเปลี่ยนแผ่นทำความเย็นแบบระเหยเป็นรูปแบบอื่นๆ ให้ครบทั้ง 7 แบบ ในขั้นตอนที่ 2

บทที่ 4

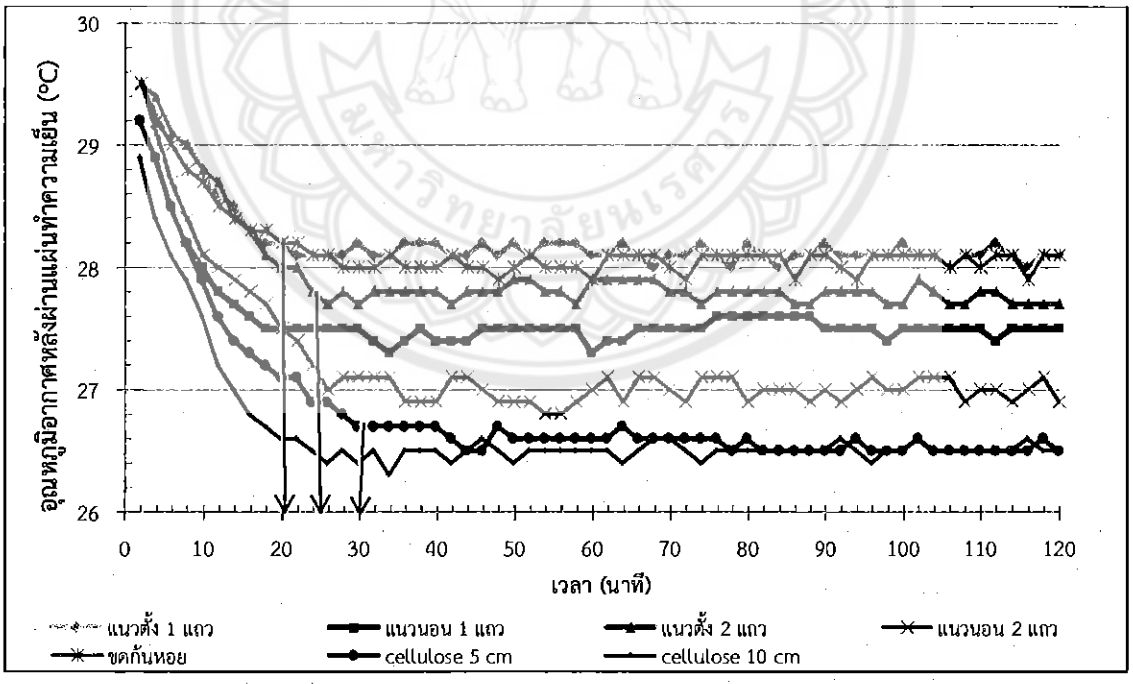
ผลการทดลองและสรุปผล

4.1 ผลการทดลองตอนที่ 1

เป็นการทดลองความสามารถในการลดอุณหภูมิและการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของสภาวะของอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นทั้งหมด 7 แบบ

4.1.1 ความสามารถในการลดอุณหภูมิ

ก. ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 29.8 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55.7 %RH

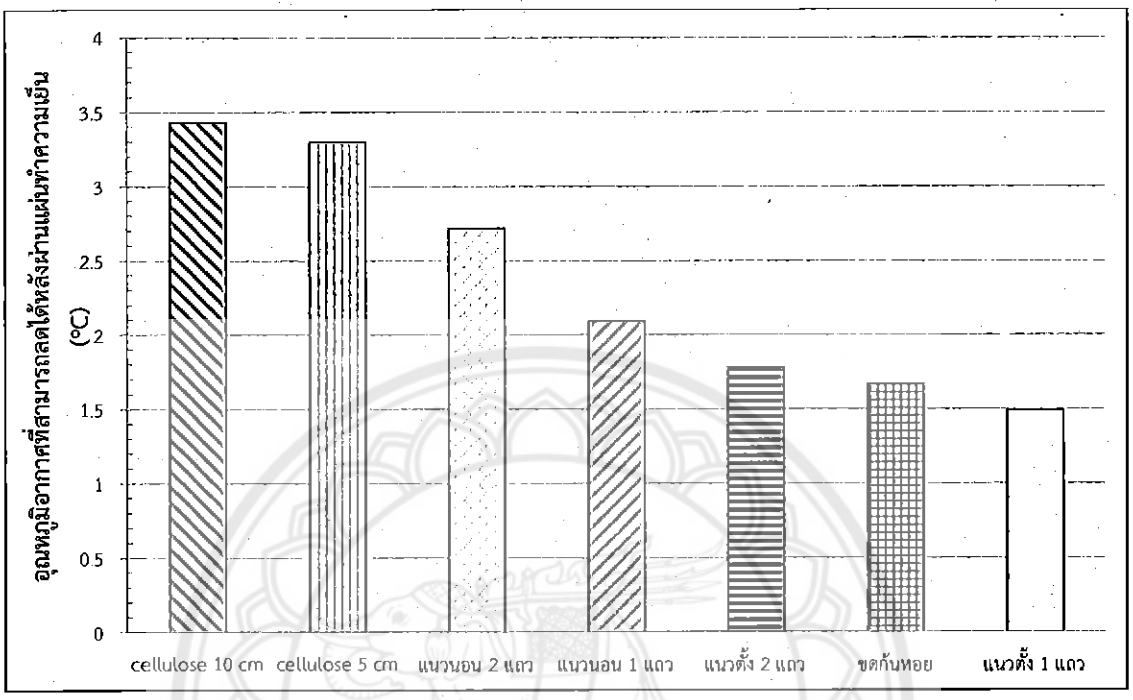


กราฟ 4.1 อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 29.8 องศาเซลเซียส

จากกราฟ 4.1 แสดงอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นเมื่ออุณหภูมิอากาศก่อนผ่านมีค่าอยู่ในช่วง 29.4-30.1 องศาเซลเซียส สังเกตได้ว่าอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นมีแนวโน้มที่จะคงที่ เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 28.1 องศาเซลเซียส และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอยมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 28 องศาเซลเซียส

เมื่อเวลาผ่านไป 25 นาที แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 27.8 องศาเซลเซียส, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 27.5 องศาเซลเซียส และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 27 องศาเซลเซียส

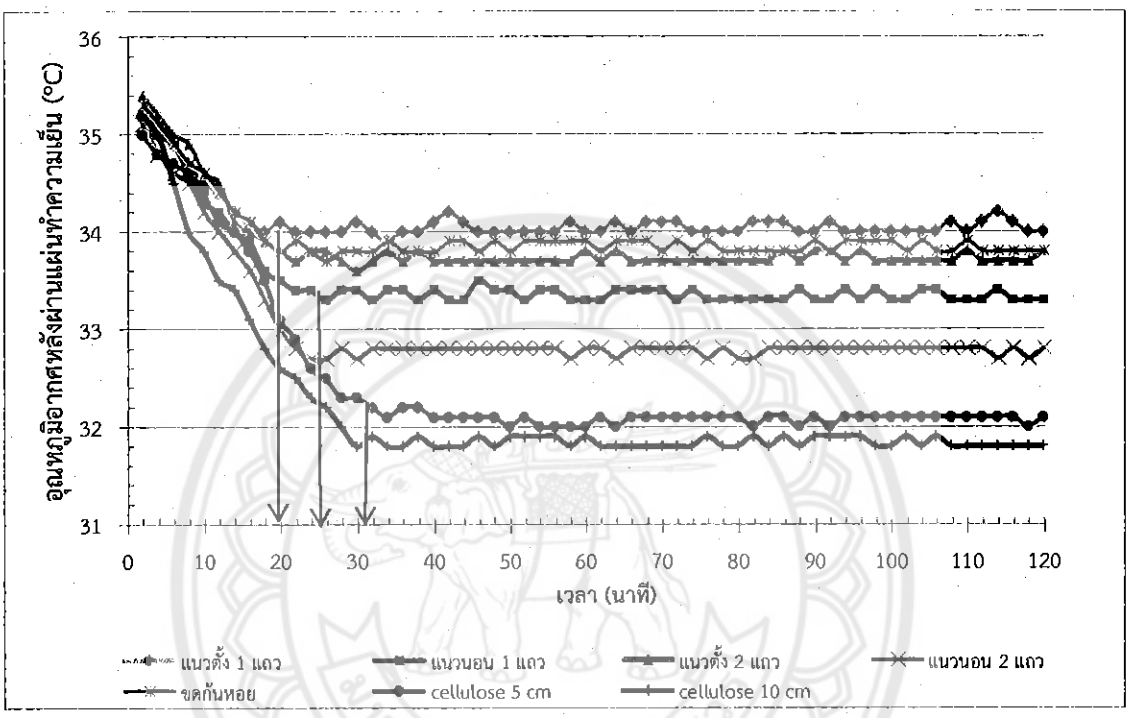
และเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 26.5 องศาเซลเซียส และแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 26.6 องศาเซลเซียส



กราฟ 4.2 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่สามารถลดได้หลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบ ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 29.8 องศาเซลเซียส

จากกราฟ 4.2 จะเห็นได้ว่าแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศที่ลดลงได้มากที่สุดคือ เฉลี่ยประมาณ 3.43 องศาเซลเซียส ส่วนแผ่นทำความเย็นแบบระเหยอื่นๆ สามารถเรียงจากค่ามากไปน้อยได้ดังนี้ แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร สามารถลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยได้ประมาณ 3.3 องศาเซลเซียส คิดเป็น 96.2% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้เฉลี่ยประมาณ 2.72 องศาเซลเซียส คิดเป็น 79.2% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ประมาณ 2.1 องศาเซลเซียส คิดเป็น 61% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว สามารถอุณหภูมิอากาศได้ประมาณ 1.78 องศาเซลเซียส คิดเป็น 51.8% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอย สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้เฉลี่ยประมาณ 1.67 องศาเซลเซียส คิดเป็น 48.7% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้เฉลี่ยประมาณ 1.49 องศาเซลเซียส คิดเป็น 43.4% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร ตามลำดับ

ข. ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 35.5 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55.38 %RH

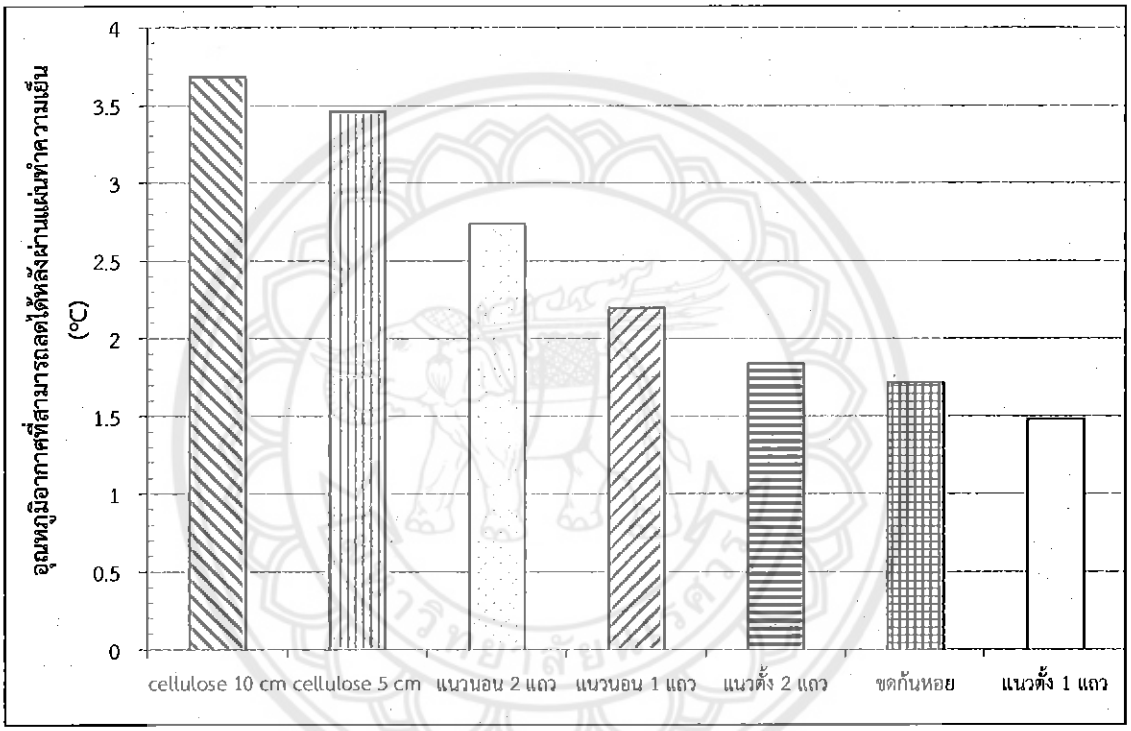


กราฟ 4.3 อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 35.5 องศาเซลเซียส

จากกราฟ 4.3 แสดงอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นเมื่ออุณหภูมิอากาศก่อนผ่านมีค่าอยู่ในช่วง 35-35.4 องศาเซลเซียส สังเกตได้ว่าอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นมีแนวโน้มที่จะคงเมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 34 องศาเซลเซียส, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 33.7 องศาเซลเซียส และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอย มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 33.8 องศาเซลเซียส

เมื่อเวลาผ่านไป 25 นาที แผ่นของแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 33.3 องศาเซลเซียส และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 32.8 องศาเซลเซียส

และเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร และแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร มีอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผ่นเฉลี่ย 31.8 องศาเซลเซียสและ 32.1 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

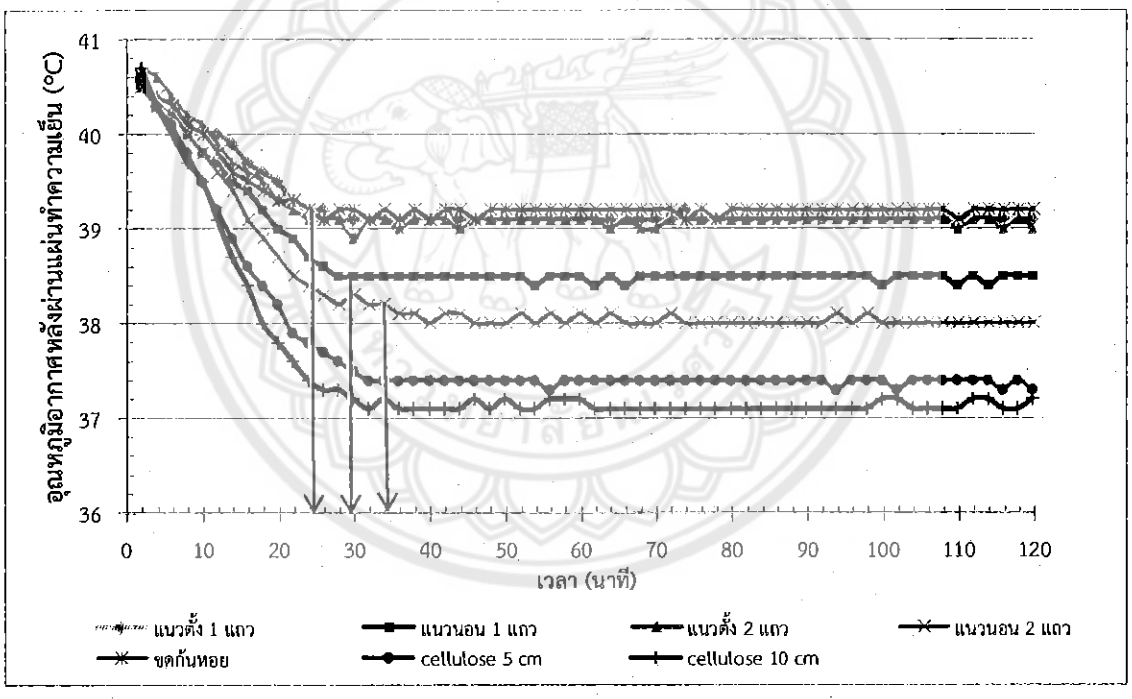


กราฟ 4.4 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่สามารถลดได้หลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบ ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 35.5 องศาเซลเซียส

จากกราฟ 4.4 จะเห็นได้ว่าแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศที่ลดลงได้มากที่สุดคือ เฉลี่ยประมาณ 3.7 องศาเซลเซียส ส่วนแผ่นทำความเย็นแบบระเหยอื่นๆ สามารถเรียงจากค่ามากไปน้อยได้ดังนี้ แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้เฉลี่ยประมาณ 3.5 องศาเซลเซียส คิดเป็น 93.5% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ประมาณ 2.7 องศาเซลเซียส คิดเป็น 74% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ประมาณ 2.2 องศาเซลเซียส คิดเป็น 59.4% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10

เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว สามารถอุณหภูมิอากาศได้ประมาณ 1.8 องศาเซลเซียส คิดเป็น 49.6% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอย สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ประมาณ 1.7 องศาเซลเซียส คิดเป็น 46.3% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ประมาณ 1.39 องศาเซลเซียส คิดเป็น 40% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร ตามลำดับ

ค. ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 40.94 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 56.95 %RH



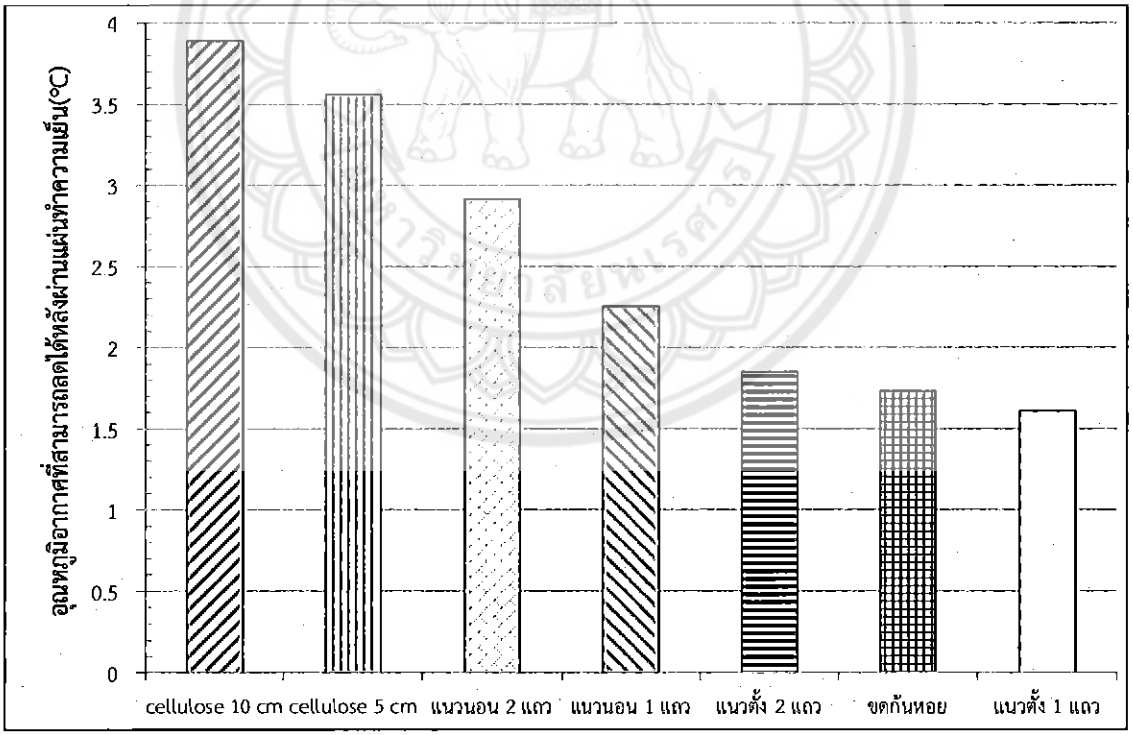
กราฟ 4.5 อุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 40.94 องศาเซลเซียส

จากกราฟ 4.5 แสดงอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นเมื่ออุณหภูมิอากาศก่อนผ่านมีค่าอยู่ในช่วง 40.6-41.2 องศาเซลเซียส สังเกตได้ว่าอุณหภูมิอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นมีแนวโน้มที่จะคงที่ เมื่อเวลาผ่านไป 25 นาที แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่

39.1 องศาเซลเซียส, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่39.1 องศาเซลเซียส และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอย มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 39.2 องศาเซลเซียส

เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที แผ่นของแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 38.5 องศาเซลเซียส และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 38 องศาเซลเซียส

และเมื่อเวลาผ่านไป 35 นาที แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร และแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 37.1 องศาเซลเซียส และ 37.4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ



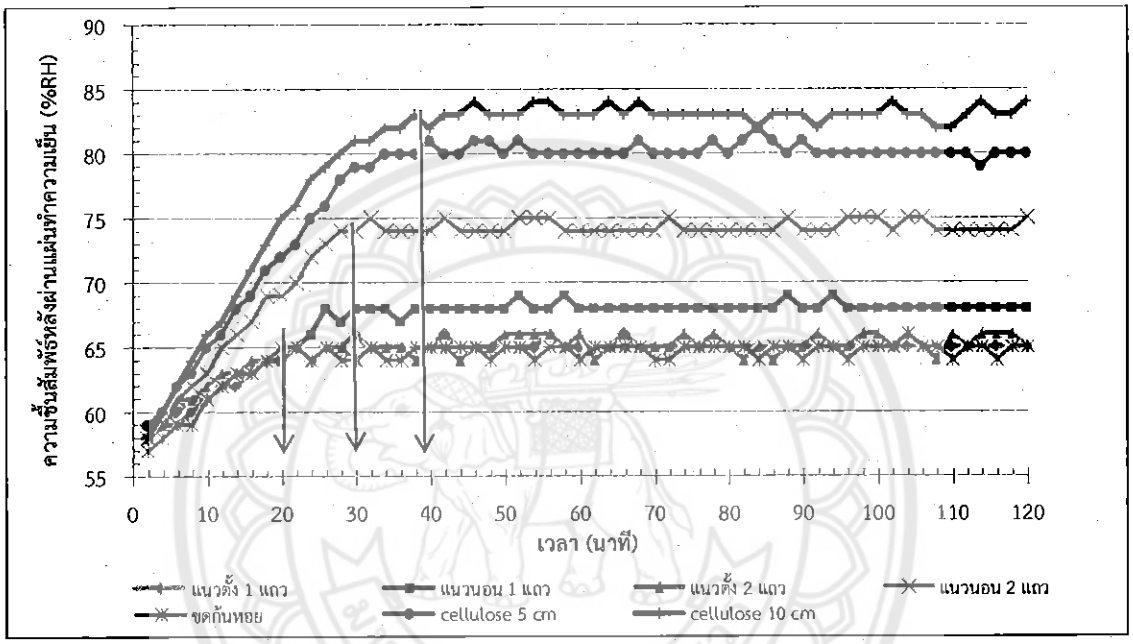
กราฟ 4.6 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่สามารถลดได้หลังผ่านแผ่นทำความเย็นแบบทั้ง 7 แบบ ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 40.94 องศาเซลเซียส

จากกราฟ 4.6 จะเห็นได้ว่าแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศที่ลดลงได้มากที่สุดคือ เฉลี่ยประมาณ 3.8 องศาเซลเซียส ส่วนแผ่นทำความเย็นแบบระเหยอื่นๆ สามารถเรียงจากค่ามากไปน้อยได้ดังนี้ แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ประมาณ 3.5 องศาเซลเซียส คิดเป็น 91.7% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ประมาณ 2.9 องศาเซลเซียส คิดเป็น 75.1% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ประมาณ 2.3 องศาเซลเซียส คิดเป็น 58.1% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว สามารถอุณหภูมิอากาศได้ประมาณ 1.9 องศาเซลเซียส คิดเป็น 47.7% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอย สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ประมาณ 1.7 องศาเซลเซียส คิดเป็น 44.7% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ประมาณ 1.6 องศาเซลเซียส คิดเป็น 41.5% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร ตามลำดับ

ในการทดลองความสามารถในการลดอุณหภูมิอากาศเห็นได้ว่าแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศที่ลดลงมากที่สุด เนื่องจากรูปทรงและพื้นผิวของแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสที่ดีกว่าแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึม เมื่อสัมผัสน้ำจะดูดซึมน้ำและกระจายน้ำได้มากกว่า เป็นผลให้พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำและอากาศมีมากกว่า จึงลดอุณหภูมิได้มากกว่า ส่วนกลุ่มของแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึม แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ดีที่สุด เนื่องจากรูปแบบในการจัดเรียงตัวของสายยางน้ำซึมดีกว่ารูปแบบการจัดเรียงตัวสายยางน้ำซึมในรูปแบบอื่นๆ จึงส่งผลให้ลดอุณหภูมิอากาศได้ดีที่สุด

4.1.2 ความสามารถในการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์

ก. ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 29.8 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55.7 %RH

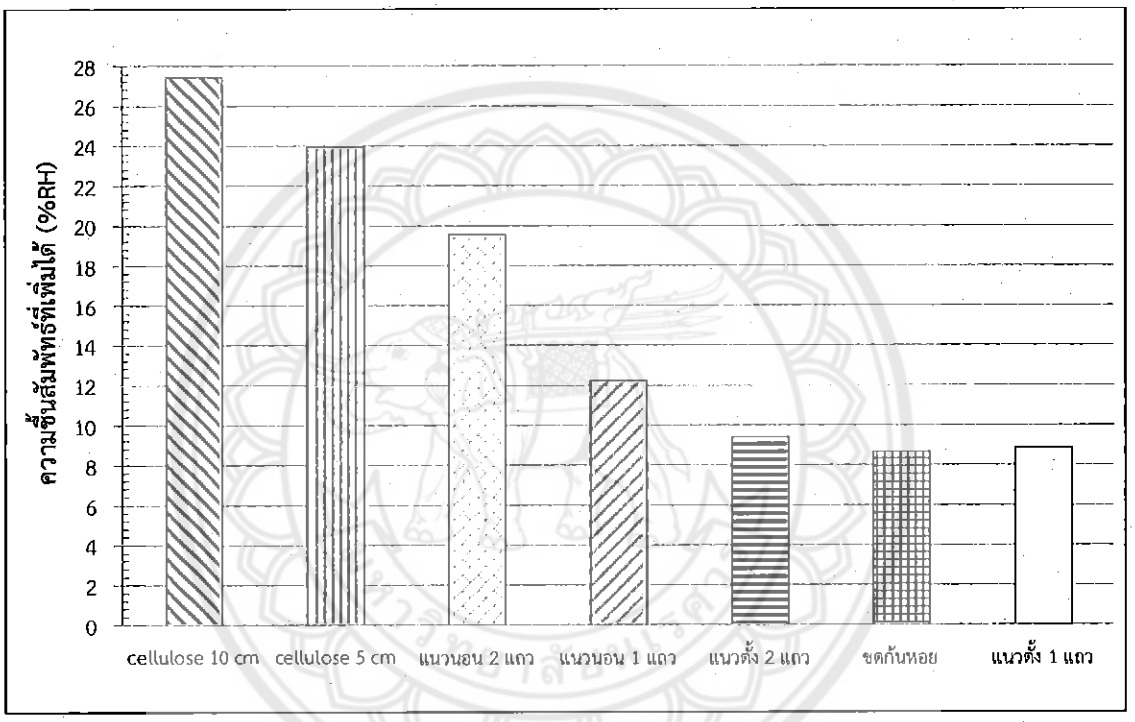


กราฟ 4.7 ความชื้นสัมพัทธ์หลังผ่านแผ่นทำความเย็นแบบทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 29.8 องศาเซลเซียส

จากกราฟ 4.7 แสดงความชื้นสัมพัทธ์หลังผ่านแผ่นทำความเย็น เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ก่อนผ่านแผ่นมีค่าอยู่ในช่วง 56-58 %RH ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นมีแนวโน้มที่จะคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 65 %RH, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 65.1 %RH และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอย มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 64.7 %RH

เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 74.3 %RH และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 68.1 %RH

และเมื่อเวลาผ่านไป 40 นาที แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตรมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 83.1 %RH และแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 80.2 %RH

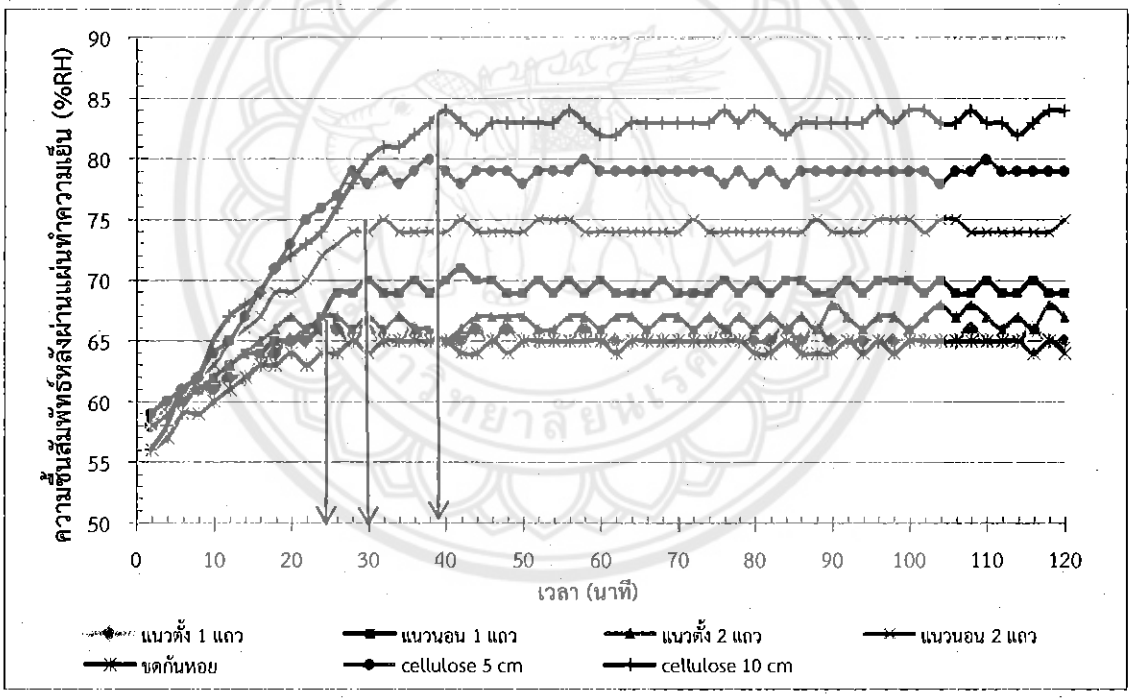


กราฟ 4.8 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่สามารถเพิ่มขึ้นได้หลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบ ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 29.8 องศาเซลเซียส

จากกราฟที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร มีความสามารถในการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยได้มากที่สุด โดยสามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยได้ประมาณ 27.4 %RH ส่วนแผ่นทำความเย็นแบบระเหยอื่นๆ สามารถเรียงลำดับจากค่ามากไปน้อยได้ดังนี้ แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร สามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ประมาณ 24 %RH คิดเป็น 87.3% ของเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ประมาณ 20 %RH คิดเป็น 71.2% ของเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ประมาณ 12 %RH คิดเป็น 44.6% ของเซลลูโลสหนา 10

เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ประมาณ 9.4 %RH คิดเป็น 34.2% ของเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอย เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ประมาณ 8.7% คิดเป็น 31.6% ของเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ประมาณ 8.9 %RH คิดเป็น 32.3% ของเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร ตามลำดับ

ข. ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 35.5 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55.38 %RH



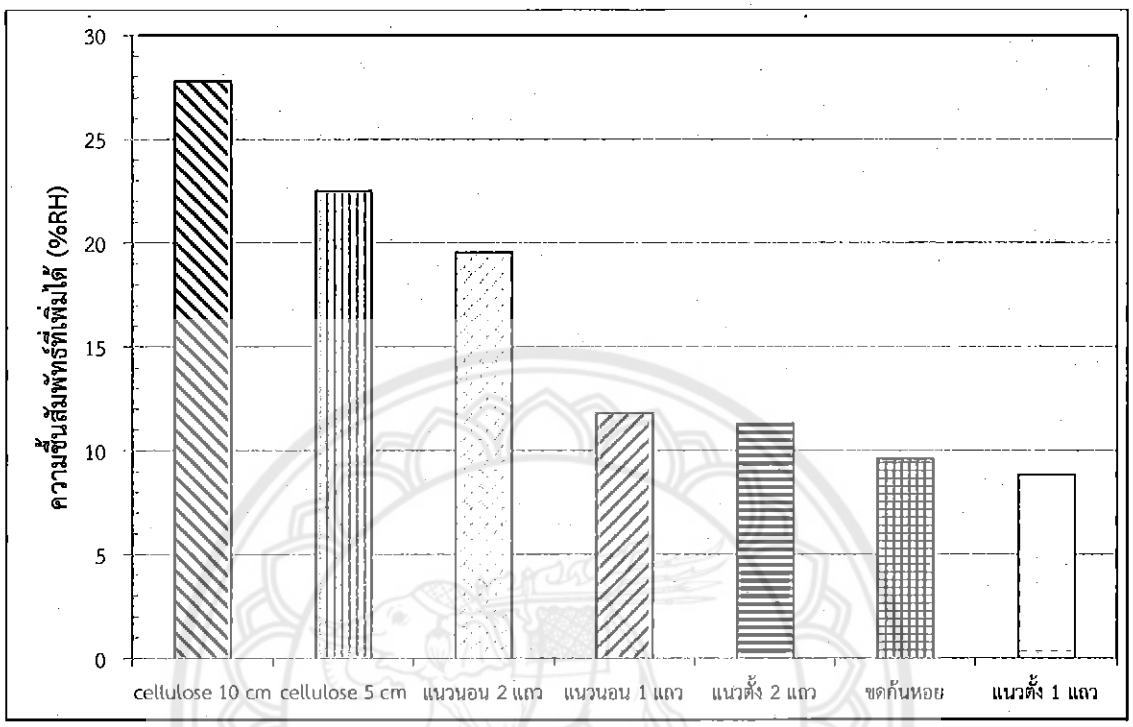
กราฟ 4.9 ความชื้นสัมพัทธ์หลังผ่านแผ่นทำความเย็นแบบทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 35.5 องศาเซลเซียส

จากกราฟ 4.9 แสดงความชื้นสัมพัทธ์หลังผ่านแผ่นทำความเย็น เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ก่อนผ่านแผ่นมีค่าอยู่ในช่วง 56-58 %RH ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นมีแนวโน้มที่จะคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 25 แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่65.2

%RH, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 66.7 %RH และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอย มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 64.7 %RH

เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 74.3 %RH และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 69.5 %RH

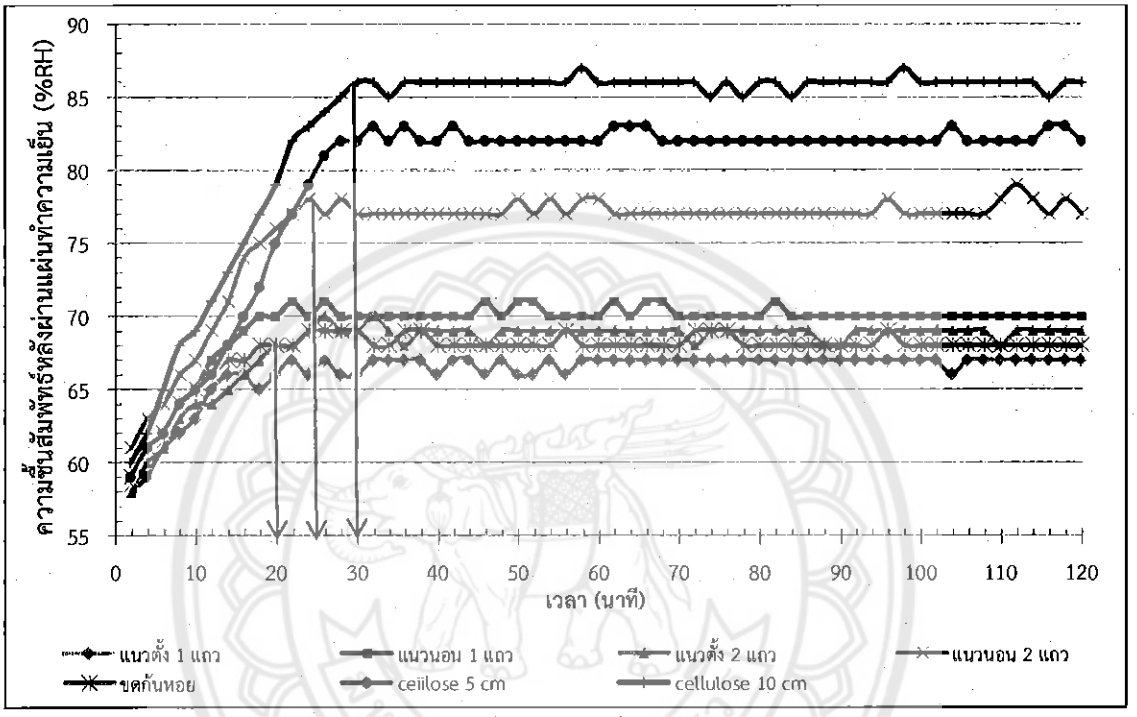
และเมื่อเวลาผ่านไป 40 นาที แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 83.1 %RH และแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 78.9%RH



กราฟ 4.10 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่สามารถเพิ่มขึ้นได้หลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบ ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 35.5 องศาเซลเซียส

จากกราฟที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร มีความสามารถในการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยได้มากที่สุด โดยสามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยได้ประมาณ 27.8 %RH ส่วนแผ่นทำความเย็นแบบระเหยอื่นๆ สามารถเรียงลำดับจากค่ามากไปน้อยได้ดังนี้ แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร สามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ประมาณ 23%RH คิดเป็น 80.9% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถวเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ประมาณ 18 %RH คิดเป็น 70.3% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ประมาณ 12 %RH คิดเป็น 42.5% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ประมาณ 11.3 %RH คิดเป็น 40.7% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอย เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ประมาณ 10 %RH คิดเป็น 34.5% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ประมาณ 8.8 %RH คิดเป็น 31.7% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร ตามลำดับ

ค. ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 40.94 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 56.95 %RH

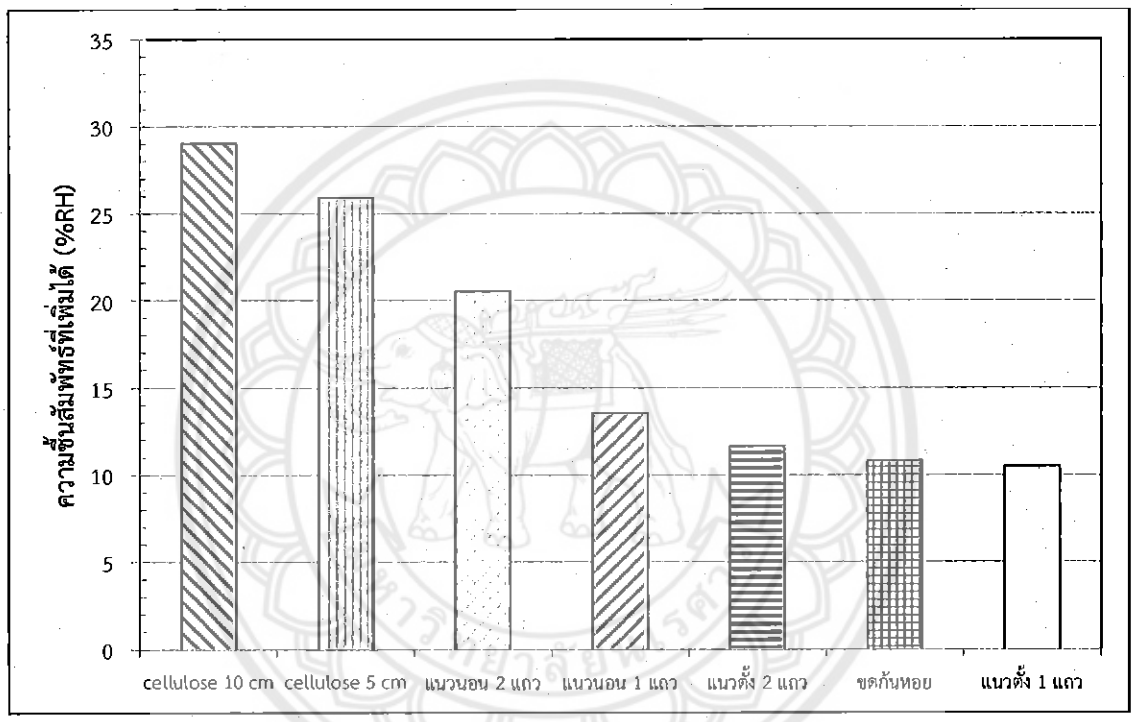


กราฟ 4.11 ความชื้นสัมพัทธ์หลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศ ก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 40.94 องศาเซลเซียส

จากกราฟ 4.11 แสดงความชื้นสัมพัทธ์หลังผ่านแผ่นทำความเย็น เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ก่อนผ่านแผ่นมีค่าอยู่ในช่วง 58-61 %RH ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นมีแนวโน้มที่จะคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแบบแนวตั้ง 1 แถว มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 66.8 %RH แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 68.9 %RH และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอย มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 68.2 %RH

เมื่อเวลาผ่านไป 25 นาที แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 77.2 %RH และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 70.1 %RH

และเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 85.9 %RH และแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 82.1 %RH



กราฟ 4.12 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่สามารถเพิ่มขึ้นได้หลังผ่านแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบ ที่สภาวะอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 40.94 องศาเซลเซียส

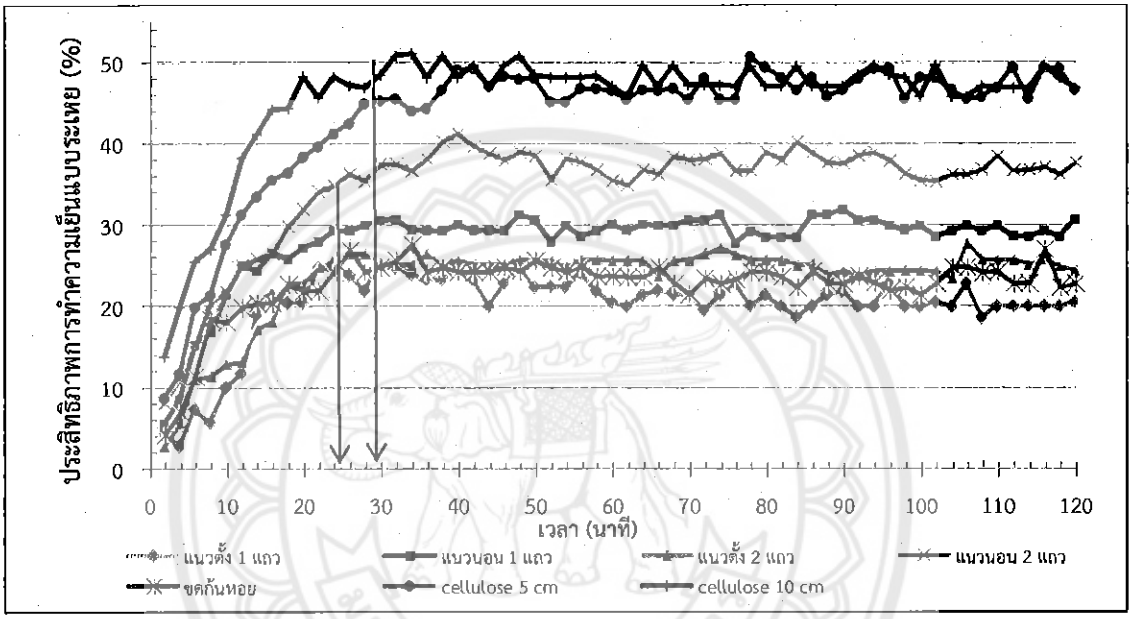
จากกราฟที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร มีความสามารถในการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยได้มากที่สุด โดยสามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ประมาณ 29 %RH ส่วนแผ่นทำความเย็นแบบระเหยอื่นๆ สามารถเรียงลำดับจากค่ามากไปน้อยได้ดังนี้ แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร สามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ประมาณ 26 %RH คิดเป็น 88.7% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ประมาณ 20 %RH คิดเป็น 70.3% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นแนวนอน 1 แถว เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ประมาณ 14 %RH คิดเป็น 46.4% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำ

ความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ประมาณ 12 %RH คิดเป็น 39.8% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอยเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ประมาณ 11 %RH คิดเป็น 39.8% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ประมาณ 11 %RH คิดเป็น 35.9% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร ตามลำดับ

ในการทดลองความสามารถในการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์จะเห็นได้ว่า แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร สามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ดีที่สุด ส่วนในกลุ่มของแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมนั้นแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว สามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ดีที่สุด ซึ่งใกล้เคียงกับแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร เนื่องจากรูปแบบการวางตัวของสายยางน้ำซึมเป็นแนวนอน และมี 2 แถว ทำให้หยดน้ำที่ซึมออกมาจากสายยางนั้นสัมผัสกับอากาศได้ดีกว่าแผ่นทำความเย็นจากสายยางน้ำซึมแบบอื่นๆ รวมกับหยดน้ำที่ตกลงจากสายยางมีปริมาณมาก เป็นผลให้พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศมีมาก ทำให้ไอน้ำที่ระเหยออกมามีปริมาณมาก ความสามารถในการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์จึงมาก โดยสามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ดีใกล้เคียงกับแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร

4.1.3 ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหย

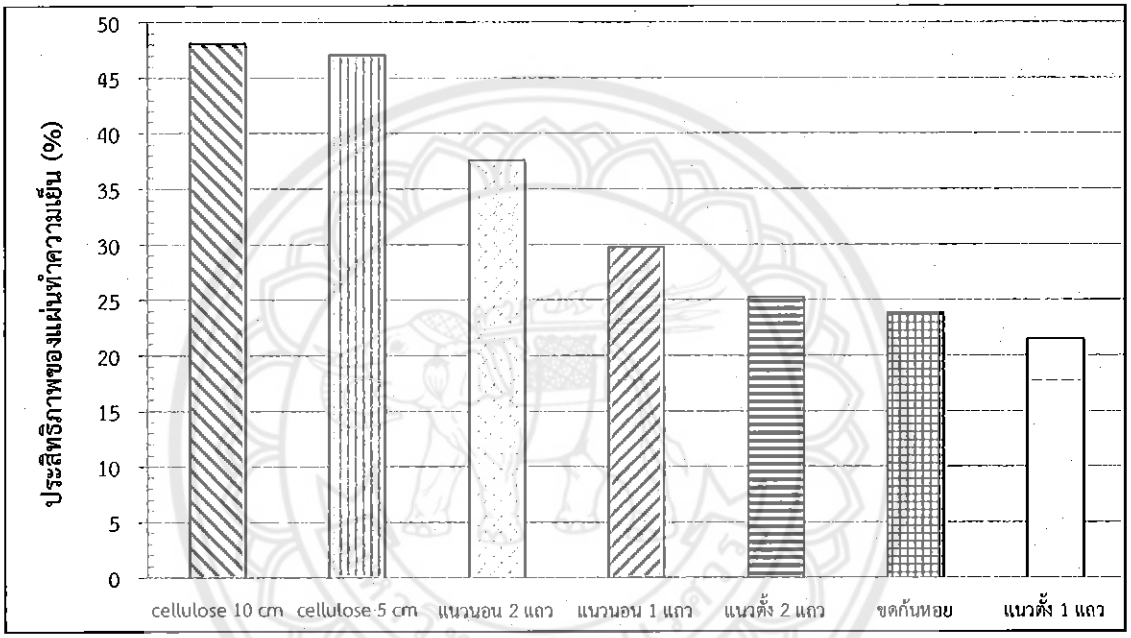
ก. ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 29.8 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55.7 %RH



กราฟ 4.13 ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยของแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 29.8 องศาเซลเซียส

จากกราฟ 4.13 แสดงประสิทธิภาพการทำความเย็นระเหย เมื่ออุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็น 29.4-30.1 องศาเซลเซียส พบว่าประสิทธิภาพการทำความเย็นระเหยนั้นจะสอดคล้องกับความสามารถในการลดอุณหภูมิอากาศกับความสามารถในการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ ดังนี้ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นมีแนวโน้มที่จะคงที่ เมื่อเวลาผ่าน 25 นาที แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ 37.5%, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ 29.7%, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ 21.5%, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ 25.3% และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอยมีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ 23.9%

เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร และแผ่นทำความเย็นแบบเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพการทำความเย็นระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ 48.1% และ 47.1% ตามลำดับ

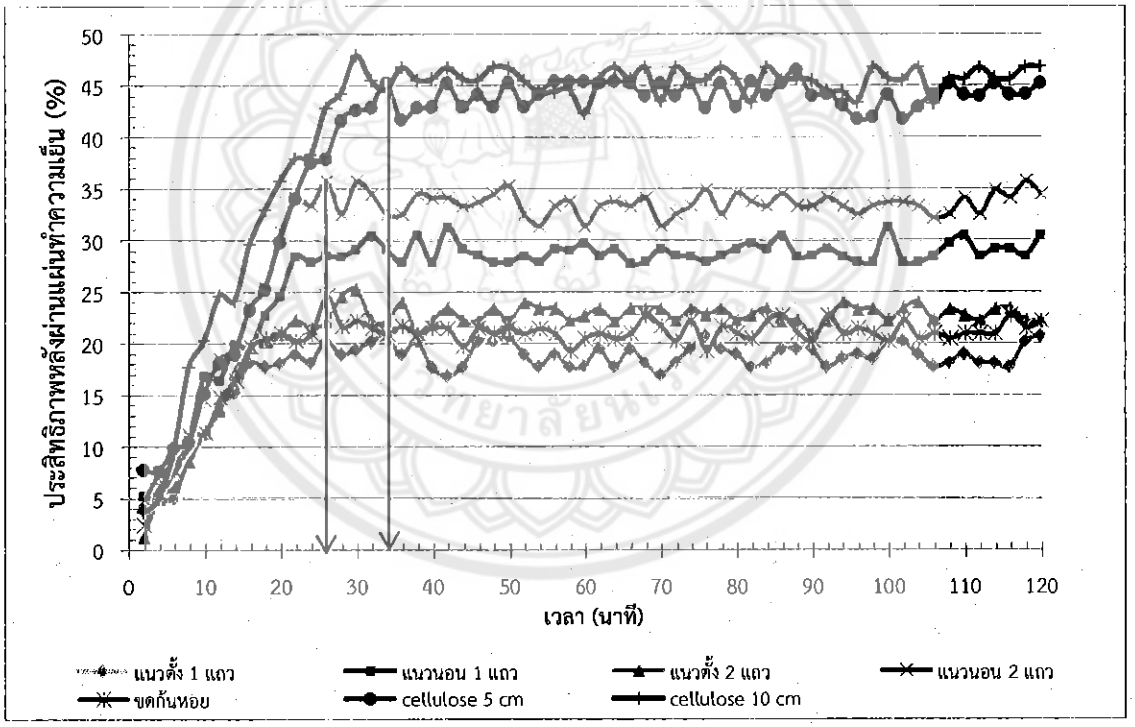


กราฟ 4.14 ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยของแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบ ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 29.8 องศาเซลเซียส

จากกราฟ 4.14 จะเห็นว่าแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตรมีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยสูงที่สุด คือ มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยประมาณ 48.1% ส่วนแผ่นทำความเย็นแบบระเหยอื่นๆ สามารถเรียงลำดับจากค่ามากไปน้อยได้ดังนี้ แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยประมาณ 47.1% คิดเป็น 98% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยประมาณ 37.6% คิดเป็น 78.1% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยประมาณ 29.7% คิดเป็น 61.8% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว มี

ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยประมาณ 25.3% คิดเป็น 52.5% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางขดก้นหอย มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยประมาณ 23.8% คิดเป็น 49.5% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยประมาณ 21.5% คิดเป็น 45% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร ตามลำดับ

ข. ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 35.5 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55.38 %RH

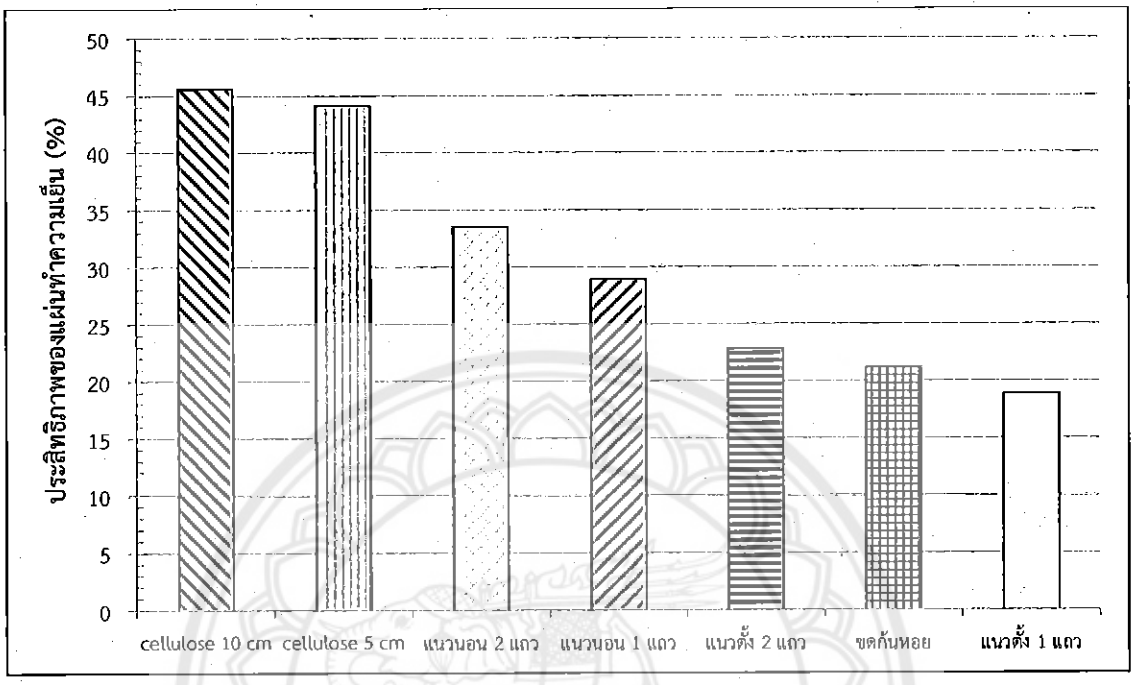


กราฟ 4.15 ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยของแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 35.5 องศาเซลเซียส

จากกราฟ 4.15 แสดงประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหย เมื่ออุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 35-35.4 องศาเซลเซียส พบว่าประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยนั้นจะสอดคล้องกับความสามารถในการลดอุณหภูมิอากาศกับความสารถในการเพิ่มความชื้น

สัมพัทธ์ ดังนี้ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นมีแนวโน้มที่จะคงที่ เมื่อเวลาผ่านไป 25 นาที แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ 33.6%, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ 28.9%, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ 18.9%, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ 22.9% และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอย มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ 21.2%

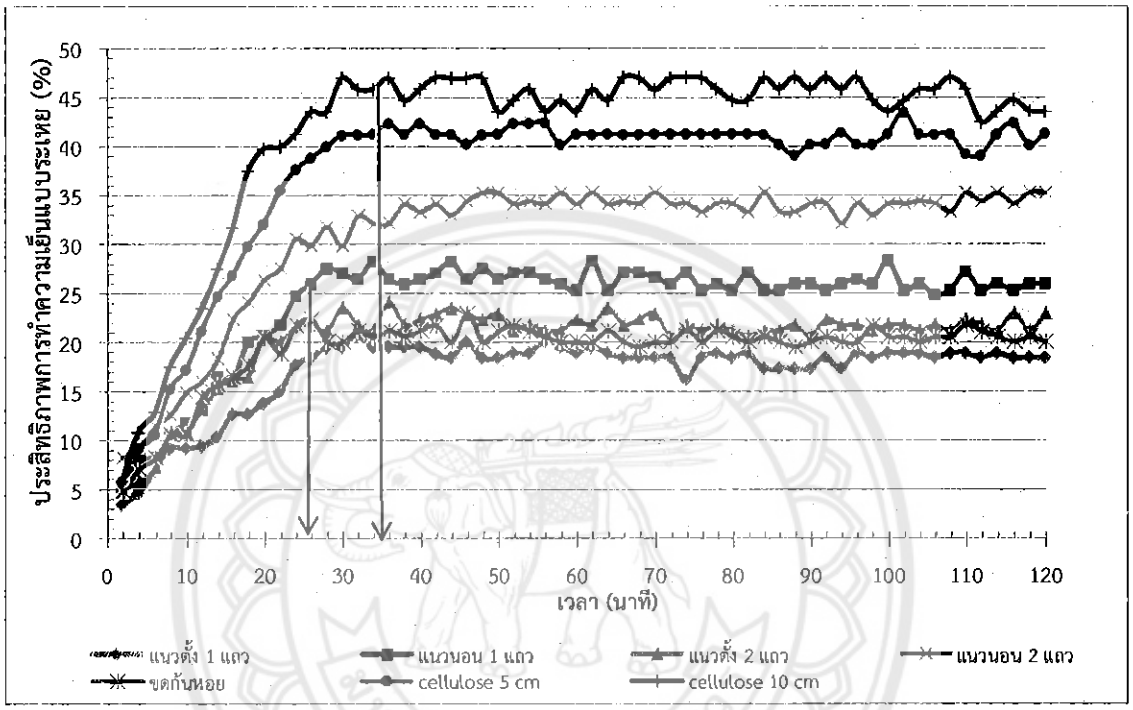
เมื่อเวลาผ่านไป 35 นาที แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร และแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ 45.5% และ 44.1% ตามลำดับ



กราฟ 4.16 ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยของแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบ
ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 35.5 องศาเซลเซียส

จากกราฟ 4.16 จะเห็นว่าแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยสูงที่สุด คือ มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยประมาณ 45.6% ส่วนแผ่นทำความเย็นแบบระเหยอื่นๆ สามารถเรียงลำดับจากค่ามากไปน้อยได้ดังนี้ แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยประมาณ 44.1% คิดเป็น 96.8%ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยประมาณ 34% คิดเป็น 73.6% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นระเหยประมาณ 28.9% คิดเป็น 63.4% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นระเหยประมาณ 22.8% คิดเป็น 50.1%ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางขดก้นหอยมีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยประมาณ 21.2% คิดเป็น 46.4% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยประมาณ 18.9% คิดเป็น 41.4% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร ตามลำดับ

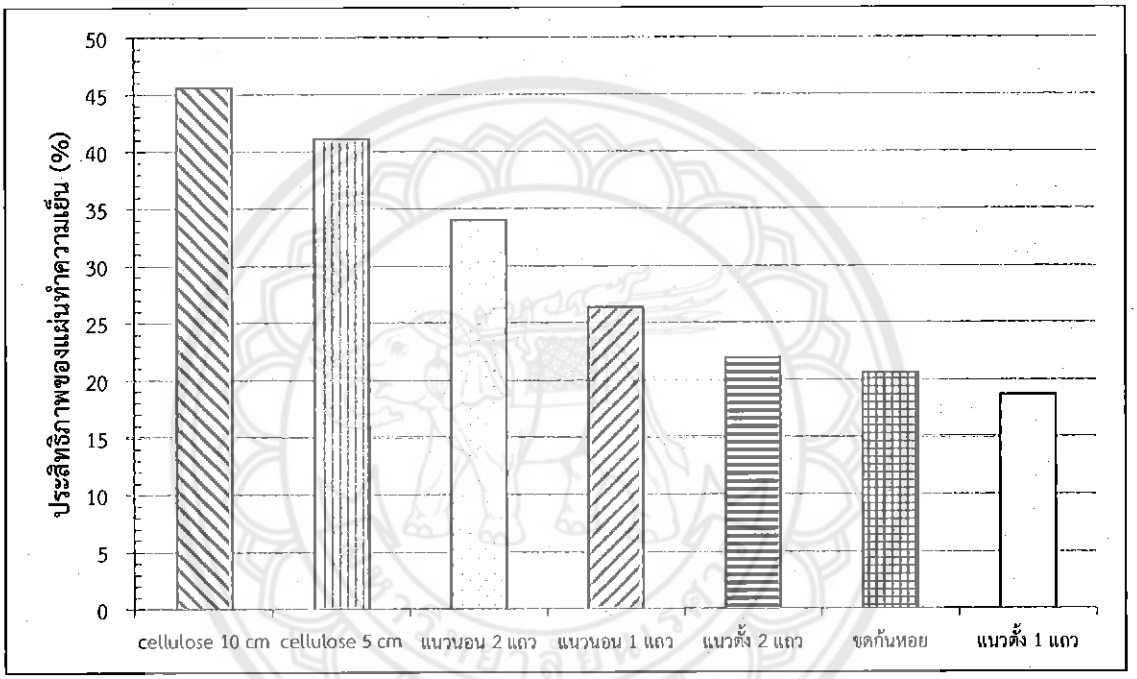
ค. ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 40.94 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 56.95 %RH



กราฟ 4.17 ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยของแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 40.94 องศาเซลเซียส

จากกราฟ 4.17 แสดงประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหย เมื่ออุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 40.6-41.2 องศาเซลเซียส พบว่าประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยนั้นจะสอดคล้องกับความสามารถในการลดอุณหภูมิอากาศกับความสารถในการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ ดังนี้ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นมีแนวโน้มที่จะคงที่ เมื่อเวลาผ่านไป 25 นาที ได้แก่ แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ 26.4%, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแบบแนวตั้ง 1 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ 18.7%, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ 21.9% และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอย มีประสิทธิภาพการทำความเย็นระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ 20.6%

เมื่อเวลาผ่านไป 35 นาที แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ 45.6%, 41.1% และ 34.2% ตามลำดับ



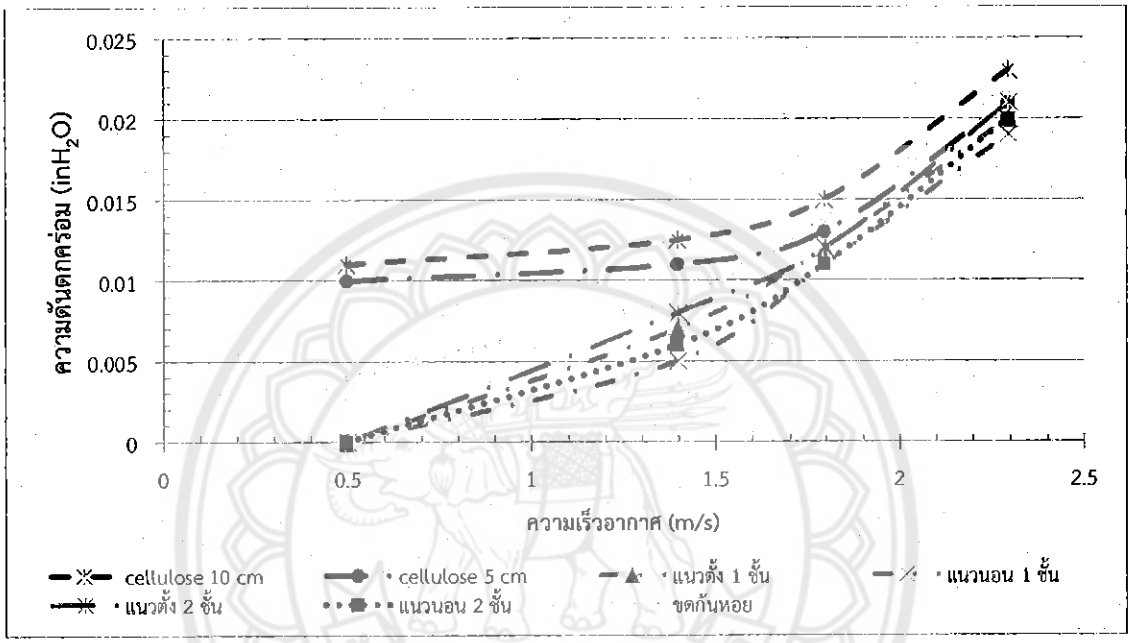
กราฟ 4.18 ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยของแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบ ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นเฉลี่ย 40.94 องศาเซลเซียส

จากกราฟ 4.18 จะเห็นว่าแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยสูงที่สุด คือ มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยประมาณ 46% ส่วนแผ่นทำความเย็นแบบระเหยอื่นๆ สามารถเรียงลำดับจากค่ามากไปน้อยได้ดังนี้ แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยประมาณ 41% คิดเป็น 89.4%ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยประมาณ 34% คิดเป็น 73.9% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยประมาณ 26% คิดเป็น 57.3% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว มี

ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยประมาณ 22% คิดเป็น 47.7% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอย มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยประมาณ 21% คิดเป็น 44.7% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยประมาณ 19% คิดเป็น 40.7%ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยของแผ่นทำความเย็นนั้นจะสอดคล้องกับความสามารถในการลดอุณหภูมิอากาศกับความสามารถในการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยสูงที่สุด ส่วนในกลุ่มของแผ่นทำความเย็นจากสายยางน้ำซึม แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยสูงสุด ใกล้เคียงกับแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร รองลงมาคือนั้น แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว เนื่องจากรูปแบบการวางตัวของสายยางน้ำซึมเป็นแนวนอน 2 แถว ทำให้หยดน้ำที่ซึมออกมาจากสายยางนั้นสัมผัสกับอากาศได้ดีกว่าแผ่นทำความเย็นจากสายยางน้ำซึมแบบอื่นๆ รวมกับหยดน้ำที่ตกลงจากสายยางมีลักษณะเหมือนหยดน้ำ เป็นผลให้พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศมีมาก ทำให้ไอน้ำที่ระเหยออกมามีปริมาณมาก ความในการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์จึงมาก สามารถลดอุณหภูมิได้มาก จึงส่งผลให้มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยค่อนข้างสูง ซึ่งใกล้เคียงกับประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยของแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร ส่วนแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแบบอื่นๆนั้น พบว่า แบบแนวตั้ง 1 แถว และ 2 แถว นั้น เมื่อน้ำซึมออกมาจากสายยาง หยดน้ำจะรวมตัวกันแล้วไหลลงตามสายยางในแนวดิ่ง อากาศจึงสัมผัสและแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำได้น้อย เกิดไอน้ำน้อยความชื้นสัมพัทธ์จึงน้อย ส่งผลให้มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยที่ต่ำกว่าแบบแนวนอน และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแบบขดก้นหอย จากรูปแบบการขดเป็นวงชิดติดกันในแนวระนาบทำให้หยดน้ำไหลรวมกันลงตามสายยาง รวมกับอากาศผ่านได้ยากอากาศจึงสัมผัสและแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำได้น้อย เกิดไอน้ำน้อยความชื้นสัมพัทธ์จึงน้อยจึงมีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยที่ต่ำกว่าแบบแนวนอน

4.2 ผลการทดลองตอนที่ 2



กราฟ 4.19 ความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นทำความเย็นทั้ง 7 แบบ

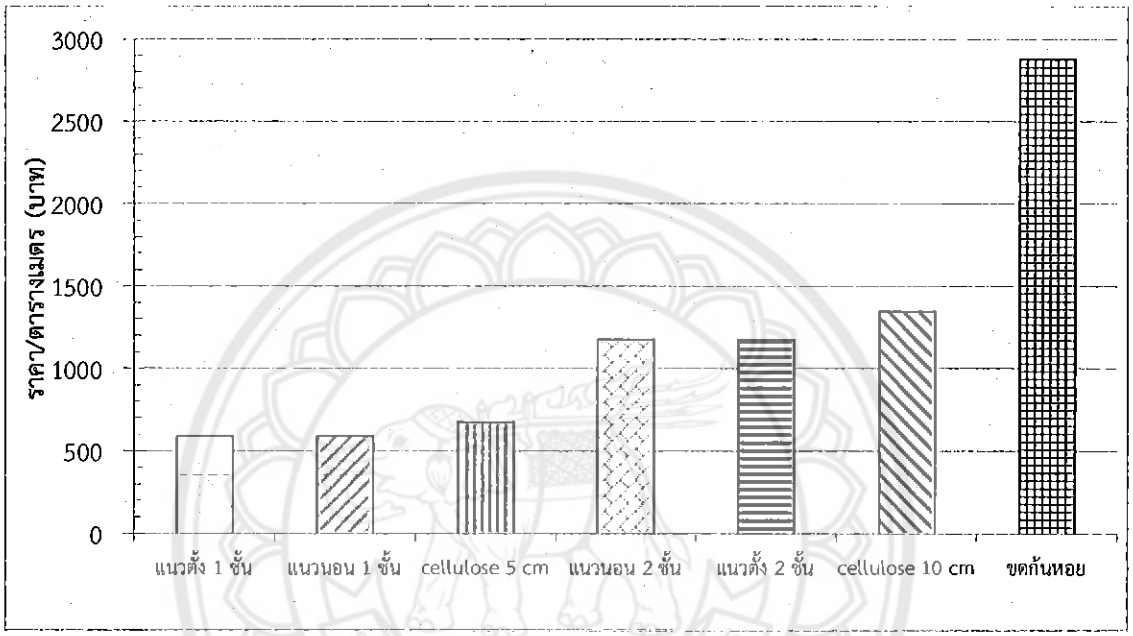
จากกราฟที่ 4.19 ทำการทดลองกับความเร็วอากาศ 4 ค่า โดยนำกระดาษที่มีช่องอากาศขนาดต่างๆ กันมาปิดช่องอุโมงค์ลม จะเห็นแนวโน้มของกราฟความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นทำความเย็น เมื่อเพิ่มความเร็วอากาศ ความดันตกคร่อมจะมากตามความเร็วของอากาศที่มากขึ้น โดยที่กลุ่มแผ่นทำความเย็นเซลลูโลส แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร มีความดันตกคร่อมมากที่สุด ในส่วนของกลุ่มแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึม แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอย มีความดันตกคร่อมมากที่สุด

จากกราฟ ที่ความเร็วลม 0.5 เมตร/วินาที ในกลุ่มแผ่นทำความเย็นเซลลูโลส แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร มีความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นมากที่สุด โดยค่าอยู่ที่ 0.011 in H_2O รองลงมาคือแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร มีความดันตกคร่อมระหว่างแผ่น ที่ 0.01 in H_2O ในกลุ่มแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึม มีค่าความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นน้อยมาก เข้าใกล้ที่ 0 ไม่

สามารถอ่านค่าได้ ที่ความเร็วลม 1.4 เมตร/วินาที กลุ่มแผ่นทำความเย็นเซลลูโลส แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร มีความดันตกคร่อมระหว่างแผ่น มากที่สุด โดยค่าอยู่ที่ 0.013 in H_2O ในกลุ่มของแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึม แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอยมีความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นมากที่สุด โดยค่าอยู่ที่ 0.009 in H_2O ที่เหลือเป็นแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว ลดลงตามลำดับ เช่นเดียวกันกับความเร็วลม 1.8 และ 2.3 เมตร/วินาที มีแนวโน้มของค่าความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นเหมือนกัน ค่าความดันตกคร่อมของแผ่นทำความเย็นแต่ละแตกต่างกันไปตามลักษณะทางกายภาพของแผ่นขึ้นอยู่กับช่องว่างอากาศของแต่ละแผ่น แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสมีช่องว่างอากาศน้อย อากาศไหลผ่านได้น้อย ทำให้ความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นมาก ส่วนแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมมีช่องว่างอากาศมากกว่าแผ่นทำความเย็นเซลลูโลส อากาศจึงไหลผ่านได้มากค่าความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นจึงน้อยกว่าแผ่นทำความเย็นเซลลูโลส

หากแผ่นทำความเย็นมีค่าความดันตกคร่อมมากนั้น ชี้ให้เห็นว่ามีโอกาสที่ฝุ่นหรือเศษผงต่างๆ ที่มากับอากาศจะเกาะที่แผ่นทำความเย็นนั้นมีมาก เมื่อสะสมมากขึ้นจะส่งผลให้อากาศผ่านแผ่นทำความเย็นได้ยาก พัดลมระบายอากาศจึงทำงานหนักและใช้พลังงานมากขึ้น ทำให้อายุการใช้งานพัดลมระบายอากาศนั้นสั้นลงได้ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายอีกด้วย

4.3 ราคาทางเศรษฐศาสตร์ของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยทั้ง 7 แบบ



กราฟ 4.20 ราคาทางเศรษฐศาสตร์ของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยทั้ง 7 แบบ

จากกราฟ 4.20 เป็นการเปรียบเทียบราคาใน 1 ตารางเมตรโดยพิจารณาจากราคาวัสดุที่นำมาใช้สร้างแผ่นทำความเย็นแบบระเหย โดยเรียงราคาทางเศรษฐศาสตร์จากค่ามากไปน้อยได้ดังนี้ แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอย ราคา 2,877 บาท (ใช้สายยางน้ำซึมยาว 48.11 เมตร), แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร ราคา 1,350 บาท, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว และแนวนอน 2 แถว ราคา 1,088 บาท (ใช้สายยางน้ำซึมยาว 33 เมตร), แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร ราคา 675 บาท, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว และแนวนอน 1 แถว ราคา 544 บาท (ใช้สายยางน้ำซึมยาว 16.5 เมตร) ตามลำดับ

บทที่ 5

บทสรุป

หลังจากการทดลองและวิเคราะห์ค่าที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1 เพื่อศึกษาหาค่าประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็นแบบระเหย และตอนที่ 2 การศึกษาหาค่าความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นทำความเย็นแบบระเหยในรูปแบบต่างๆ แล้วสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 บทสรุปตอนที่ 1

ความสามารถในการลดอุณหภูมิ, เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็นแบบระเหย

จากการทดลองในตอนที่ 1 จะเห็นได้ว่าในสภาวะอุณหภูมิอากาศที่ 30, 35 และ 40 องศาเซลเซียส แผ่นทำความเย็นแต่ละรูปแบบมีความสามารถในการลดอุณหภูมิอากาศ และเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แตกต่างกัน โดยในกลุ่มของแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมนั้นมีความสามารถในการลดอุณหภูมิอากาศ และเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้น้อยกว่าแผ่นทำความเย็นเซลลูโลส จากการทดลองพบว่าแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว มีความสามารถในการลดอุณหภูมิอากาศและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ดีกว่าแบบอื่นๆ เนื่องจากรูปแบบการวางตัวของสายยางน้ำซึมเป็นแนวนอนขนานกันและมี 2 แถว ทำให้หยดน้ำที่ซึมออกมาจากสายยางนั้นสัมผัสกับอากาศได้ดี เป็นผลให้พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศมีมาก ทำให้ไอน้ำที่ระเหยออกมามีปริมาณมาก สามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้มากเฉลี่ย 75.3 %RH คิดเป็น 70.6% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร และลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยได้มากถึง 2.8 องศาเซลเซียส คิดเป็น 76.1% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร จึงส่งผลให้มีประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยสูงถึง 35.1% คิดเป็น 75% ของแผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสุด

5.2 บทสรุปตอนที่ 2

ความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นทำความเย็นแบบระเหย

จากการทดลองในตอนที่ 2 จะเห็นได้ว่าเมื่อความเร็วอากาศเพิ่มขึ้นค่าความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นก็เพิ่มขึ้นตาม ในกลุ่มแผ่นทำความเย็นเซลลูโลส แผ่นทำความเย็นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร มีความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นมากที่สุด และในกลุ่มของแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึม แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอยมีความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นมากที่สุด เนื่องจากแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอยมีลักษณะการขดชิดติดกัน จึงมีช่องอากาศน้อยกว่าแบบอื่นๆ ทำให้อากาศไหลผ่านได้น้อย ค่าความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นจึงมาก ส่วนแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว, แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว และแผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว มีช่องอากาศมาก อากาศไหลผ่านได้มาก ความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นจึงมีน้อย โดยที่แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว มีค่าความดันตกคร่อมระหว่างแผ่นน้อยที่สุด

5.3 ราคาทางเศรษฐศาสตร์

จากการศึกษาโครงงานเรื่อง การเปรียบเทียบสมรรถนะแผ่นทำความเย็นจากสายยางน้ำซึมกับแผ่นเซลลูโลส ซึ่งการใช้แผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึมในการลดอุณหภูมิอากาศและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์นั้น แผ่นทำความเย็นแบบสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว มีความเหมาะสมที่สุด เพราะสามารถลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้ดีกว่าแผ่นทำความเย็นจากสายยางน้ำซึมแบบอื่นๆ มีค่าความดันตกคร่อมที่น้อย และต้นทุนในการสร้างต่ำกว่า โดยวัสดุที่นำมาสร้างแผ่นทำความเย็นแบบสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว มีราคา 1,088 บาท/ตารางเมตร ในขณะที่แผ่นเย็นเซลลูโลสมีราคา 1,350 บาท/ตารางเมตร

5.4 การอภิปรายผล

5.3.1 ควรมีการควบคุมสภาวะอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นให้คงที่ หรือใกล้เคียงกันมากที่สุดในการทดลองแต่ละครั้ง เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องที่สุด

5.3.2 ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยจะเห็นได้ว่าจำนวนแถวของสายยางน้ำซึมที่มากกว่าและลักษณะการวางตัวในแนวนอนมีประสิทธิภาพได้ดีกว่า ดังนั้นควรมีการศึกษาถึงประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยที่มีจำนวนแถวของสายยางน้ำซึมที่มากขึ้นและรูปแบบการวางตัวของสายยางที่หลากหลายมากขึ้น

5.3.3 ในการนำไปใช้งานจริง ควรมีการพัฒนาโครงสร้างให้แข็งแรง, ต้นทุนที่เหมาะสม และประสิทธิภาพการใช้งานที่สูง

5.3.4 ควรมีการศึกษาเรื่องขนาดของช่องอากาศว่างมีผลกับการทำความเย็นหรือไม่ อย่างไร

บรรณานุกรม

1. ญาดาภรณ์ พันธ์ศรี, วิภาวรรณ ไชยมาคำ และธิติญา กลิ่นชูกร, (2553), ศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างแผ่นทำความเย็นแบบระเหยจากเชือก, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร.

2. ณัฐดนัย ต้นเจริญการ, รสสุพล แสงคีรีเขต และเมธา เป้าชัง, (2551), ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาสร้างเป็นแผ่นทำความเย็นแบบระเหย, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร.

3. นิติรงค์ พงษ์พานิช, (2558), "การพัฒนาและทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนแบบปิด" ฝ่ายเครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน.

4. ประชา เฉลิมอัด, อดิสรณ์ รัตนสิงห์ และอนุสิทธิ์ กันล้อม, (2557), ศึกษาประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยชุดสายยางน้ำซึม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร.

5. สุรพงษ์ สว่าง, (2548), "การศึกษาการใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาดอกกล้วยไม้" วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

6. ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา, "วิศวกรรมทำความเย็น"ภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการสร้างแผ่นทำความเย็นแบบระเหย

ขั้นตอนการสร้างแผ่นทำความเย็นแบบระเหย

แผ่นทำความเย็นแบบระเหยที่ถูกนำมาทดสอบมีรูปแบบแตกต่างกันทั้งหมด 7 แบบ ดังต่อไปนี้

1. แผ่นเซลลูโลส

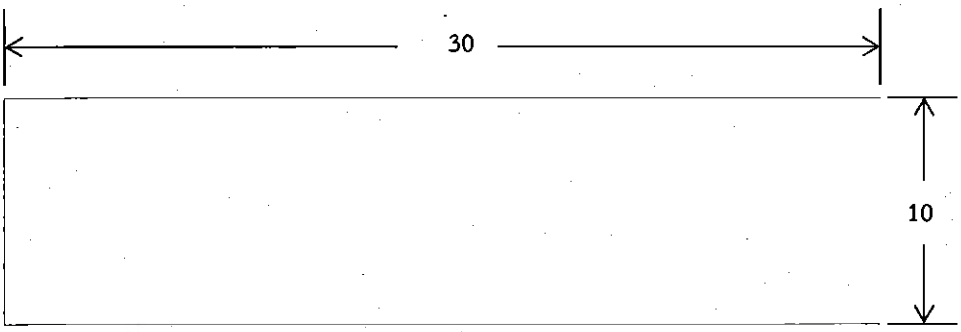
ออกแบบให้สร้างจากแผ่นทำความเย็นแบบระเหยที่สร้างจากกระดาษเซลลูโลส โดยตัดแผ่นให้มีขนาด กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 5 เซนติเมตร จำนวน 1 แผ่น และหนา 10 เซนติเมตร จำนวน 1 แผ่น

ก.1.1 แผ่นเซลลูโลสหนา 5 เซนติเมตร ก.1.2 แผ่นเซลลูโลสหนา 10 เซนติเมตร

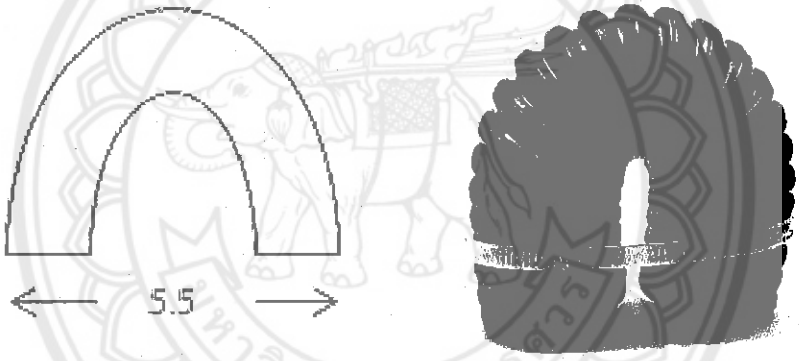
รูป ก.1 แผ่นทำความเย็นเซลลูโลส

2. แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว

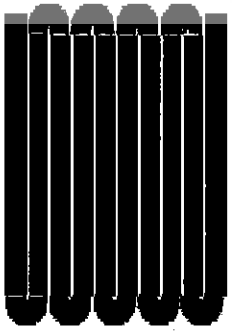
ออกแบบให้สร้างจากสายยางน้ำซึมที่มีการเรียงตัวของสายยางเป็นแนวดิ่ง มีช่องอากาศไหลผ่านแผ่นได้โดยตรงโดยระยะห่างระหว่างสายยางน้ำซึมแต่ละสายยางเท่ากับ 2 เซนติเมตร แผ่นทำความเย็นแบบระเหยมีความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ออกแบบให้มี 1 แถว ซึ่งโครงสร้างของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยสร้างจากแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดและข้องอทำจากท่อย่นอเนกประสงค์ยึดติดกันด้วยสายเคเบิ้ลไทร์



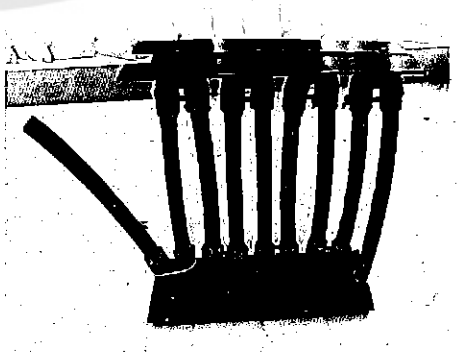
รูป ก.2 แผ่นแบบโครงสร้างฟิวเจอร์บอร์ดยึดแผ่นสายยางน้ำซึม



รูป ก.3 ข้องอที่ทำจากท่อย่นอเนกประสงค์ยาว 10.5 เซนติเมตร



รูป ก.4.1 สายยางน้ำซึมยึดติดกับข้องอ



รูป ก.4.2 สายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว

รูป ก.4 แผ่นทำความเย็นแบบสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 1 แถว

3. แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว

ออกแบบให้สร้างจากสายยางน้ำซึมมีการเรียงตัวของสายยางเป็นแนวนอน มีช่องอากาศไหลผ่านแผ่นได้โดยตรงโดยระยะห่างระหว่างสายยางน้ำซึมแต่ละสายยางเท่ากับ 2 เซนติเมตร แผ่นทำความเย็นแบบระเหยมีความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ออกแบบให้มี 1 แถว ซึ่งโครงสร้างของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยสร้างจากแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดและข้องอทำจากท่อย่นอเนกประสงค์ยึดติดกันด้วยสายเคเบิ้ลไทร์เหมือนกันกับรูป ก.2 และ ก.3

ก.5.1 สายยางน้ำซึมยึดติดกับข้องอ ก.5.2 สายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว

รูป ก.5 แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 1 แถว

4. แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว

ออกแบบให้สร้างจากสายยางน้ำซึมมีการเรียงตัวของสายยางเป็นแนวดิ่งมีช่องอากาศไหลผ่านแผ่นได้โดยตรงโดยระยะห่างระหว่างสายยางน้ำซึมแต่ละท่อน 2 เซนติเมตร แผ่นทำความเย็นแบบระเหยมีความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ออกแบบให้มี 2 แถว ซึ่งโครงสร้างของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยสร้างจากแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดและข้องอทำจากท่อย่นอเนกประสงค์ยึดติดกันด้วยสายเคเบิ้ลไทร์เหมือนกันกับรูป ก.2 และ ก.3

ก.6.1 สายยางน้ำซึมยึดติดกับข้องอ ก.6.2 สายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว

รูป ก.6 แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวตั้ง 2 แถว

5. แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว

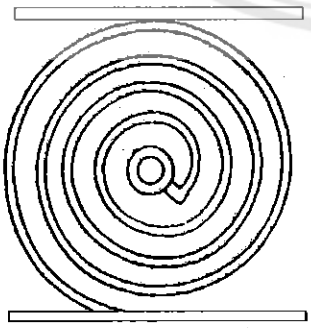
ออกแบบให้สร้างจากสายยางน้ำซึมมีการเรียงตัวของสายยางเป็นแนวนอน มีช่องอากาศไหลผ่านแผ่นได้โดยตรงโดยระยะห่างระหว่างสายยางน้ำซึมแต่ละท่อน 2 เซนติเมตร แผ่นทำความเย็นแบบระเหยมีความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ออกแบบให้มี 2 แถว ซึ่งโครงสร้างของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยสร้างจากแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดและข้องอทำจากท่อย่นอเนกประสงค์ยึดติดกันด้วยสายเคเบิ้ลไทร์เหมือนกันกับรูปที่ ก.2 และ ก.3

ก.7.1 สายยางน้ำซึมยึดติดกับข้องอ ก.7.2 สายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว

รูป ก.7 แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมแนวนอน 2 แถว

6. แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอย

ออกแบบให้สร้างจากสายยางน้ำซึมมีการเรียงตัวของสายยางเป็นแนวขดก้นหอยโดยสายยางเรียงชิดติดกัน โดยแผ่นทำความเย็นแบบระเหยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร 1 แถว ซึ่งโครงสร้างของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยสร้างจากแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดและท่อย่นอเนกประสงค์ขดบริเวณกึ่งกลางของก้นหอย ที่กันกับรูปที่ ก.2



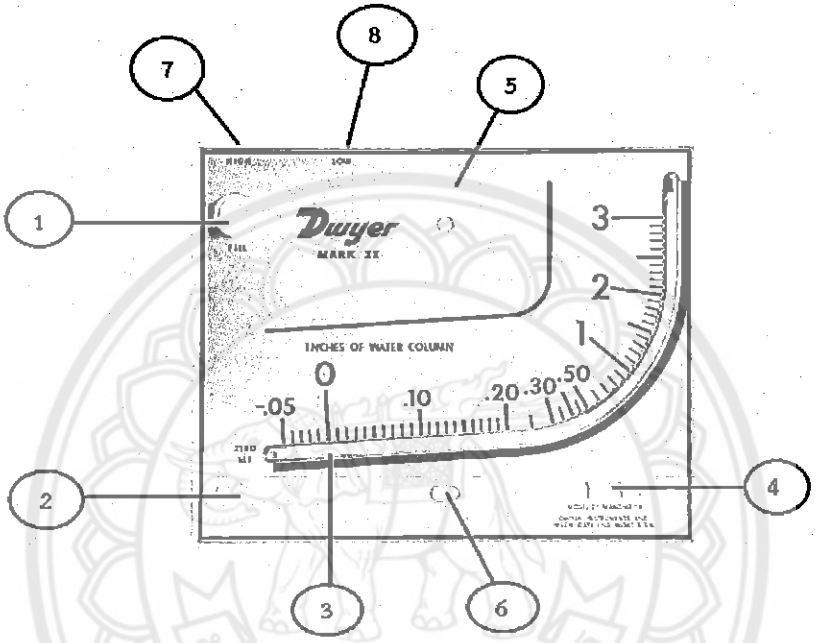
ก.8.1 สายยางน้ำซึมยึดติดฟิวเจอร์บอร์ด ก.8.2 สายยางน้ำซึมขดก้นหอย

รูป ก.8 แผ่นทำความเย็นสายยางน้ำซึมขดก้นหอย

ภาคผนวก ข

การใช้เครื่องมานอมิเตอร์

วิธีการติดตั้งเครื่องมานอมิเตอร์ (Manometer)



รูป ข.1 แสดงภาพเครื่องมานอมิเตอร์

วิธีการติดตั้ง Manometer

1. ยึดสกรูที่เจาะรูด้านบนและด้านล่างระหว่างหมายเลข 5 และหมายเลข 6 เข้าผนังอุโมงค์ลม โดยให้ตั้งฉากกับแนวระดับ โดยฟองอากาศในหมายเลข 4 จะอยู่บริเวณระดับกึ่งกลาง

2. ต่อสายความดันเข้ากับช่องหมายเลข 7 และ 8 โดยสายหมายเลข 7 จะถูกวัดวัดด้านความดันสูงและสายในหมายเลข 8 จะถูกวัดด้านความดันต่ำ

3. ก่อนทำการวัดบริเวณหมายเลข 3 น้ำตาสีแดงต้องอยู่เลขศูนย์ทุกครั้ง

วิธีการเติมน้ำยา Manometer

1. ทำการปรับปุ่ม Zero set โดยหมุนหมายเลข 2 ตามเข็มนาฬิกาจนสุด

2. ทำการเติมน้ำยาสีแดงโดยหมุนปุ่ม Fill ทวนเข็มนาฬิกาแล้วหยดน้ำยาสีแดง จนปริมาณน้ำยาสีแดงอยู่ใกล้บริเวณเลขศูนย์ แล้วปิดฝาโดยหมุนปุ่ม Fill ตามเข็มนาฬิกาจนสุด

3. แล้วจึงหมุนปุ่ม Zero set ตามเข็มนาฬิกาจนน้ำยาสีแดงอยู่ใกล้บริเวณเลขศูนย์

ภาคผนวก ค

วิธีการใช้เครื่องวัดความเร็วลม

เครื่องวัดความเร็วลม

เครื่องวัดความเร็วลม เครื่องวัดอุณหภูมิระบบดิจิตอล (Mini Thermo-Anemometer) เป็นการวัดความเร็วลมโดยทราบทิศทางของลมว่าออกนต้นจากบริเวณใด เช่นการวัดความเร็วลม จากพัดลม,จากแอร์เป็นต้น สามารถวัดค่าความเร็วลมและอุณหภูมิได้ พร้อมกันโดยแสดงออกทางจอ ภาพทั้ง 2 ค่า สามารถ วัดความเร็วลมได้ 60-3937 FT/Min

รูป ค.1 แสดงเครื่องวัดความเร็วลม

วิธีการใช้งาน

1. นำใบพัดที่ติดกับตัวเครื่องออกจากที่พับ

2. เปิดสวิทช์เพื่อใช้ในการวัดความเร็วลม โดยจะวัดออกมาความเร็วในหน่วย m/s

3. รอประมาณ 10 วินาที

3. นำอุปกรณ์วัดยังจุดที่ต้องการวัดโดยให้โดยให้ลมผ่านใบพัดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.3 เซนติเมตร

4. รอจนค่าที่แสดงบนจอแสดงผลนิ่งแล้วทำการอ่านค่า เมื่อเสร็จแล้วปิดสวิทช์ปิด แล้วพับเก็บตามเดิม

ภาคผนวก ง

การใช้แบบจำลองการหาคุณสมบัติอากาศ

การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าคุณสมบัติของอากาศ (Mathematical of Air Properties) แทนการใช้แผนภูมิไซโครเมตริกในการหาค่าคุณสมบัติของอากาศอาจเกิดการล่าช้า จึงพัฒนาแบบจำลองการหาค่าคุณสมบัติของอากาศโดยการทดลองนี้จะมุ่งเน้นในการหาค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกเพื่อนำไปใช้หาค่าประสิทธิภาพอิ่มตัว (Saturating Efficiency) โดยมีค่าที่จำเป็นต่อการหาดังนี้

1. **ความดันอิ่มตัวของไอน้ำ**

$$P_{sat} = (610.78)(e^{(t/(t+238.3)17.2694}) \quad (1)$$

P_{sat} = ความดันอิ่มตัวของไอน้ำในหน่วย Pa

T = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง หน่วย ° C

2. **อุณหภูมิจุดน้ำค้าง** (Dew point Temperature: DP)

$$DP = (-430.22+237.7\ln(P)) / (-\ln(P)+19.08) \quad (2)$$

เมื่อ DP = อุณหภูมิจุดน้ำค้าง หน่วย ° C

P = ความดันที่ความชื้นจริง หน่วย mBar

3. **อุณหภูมิกระเปาะเปียก** (Wet bulb temperature: WB)

$$Wb = ((G \times t) + (D \times DP))/(G+D)-0.33149 \quad (3)$$

เมื่อ Wb = อุณหภูมิกระเปาะเปียก หน่วย °C

G = 0.00066P โดยที่P= 101.325 kPa

T = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง หน่วย°C

D = $(4098P)/(DP+237.3)^2$

P = ความดันที่ความชื้นจริง หน่วย kPa

DP = อุณหภูมิจุดน้ำค้าง หน่วย°C

4. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity:%RH)

$$\%RH = P / P_{sat}$$

เมื่อ %RH = ความชื้นสัมพัทธ์ หน่วย%RH

P = ความดันที่ความชื้นจริง หน่วย Pa

ตัวอย่าง

ที่สภาวะอากาศอ่านค่าได้ 20 CDB/50%RH จงหาอุณหภูมิกระเปาะเปียก

จากสมการ $P_{sat} = (610.78)(e^{(t/(t+238.3)17.2694)})$

แทนที่ค่า t = 20 CDB

จะได้ $P_{sat} = (610.78)(e^{(20/(20+238.3)17.2694)})$

$= 2,325.976$ pa

จากสมการ $\%RH = P / P_{sat}$

สามารถหาค่าความชื้นจริง,P ได้

แทนค่า $P_{sat} = 2,325.976$ และ 50% RH

จะได้ $P_{sat} = (0.5)(2323.976) = 1,162.988$ Pa

5. การหาอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point Temperature : DP)

จากสมการ DP = (-430.22+237.7ln(P))/(-in(P)+19.08)

แทนค่า P = 1,162.988 Pa =11.62988 mbar

จะได้ DP = (-430.22+237.7ln(11.62988)/

(-ln(11.62988)+19.08)

= 9.2 ℃

6. หาค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet bulb Temperature : WB)

จากสมการ Wb = ((G × t)+(D × DP))/(G+D)-0.33149

หาค่า G และ D

G = 0.00066 P = (0.00066)(101.325) = 0.066875

$D = (4098P)/(DP+237.3)^2 = (4098)(1.162988)/(9.2+237.3)^2 = 0.078434$

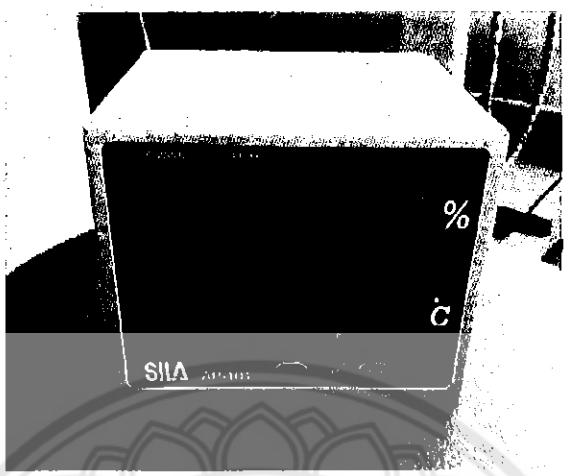
แทนค่า G = 0.066875, D=0.07434, t = 20 CDB และ DP = 9.2 ℃

WB = ((0.066875(20)+(0.78434 ×9.202))/(0.066875+0.78434)-0.33149

= 13.84 CWB

ภาคผนวก จ

เครื่อง SILA AP-104



รูป จ.1 เครื่อง SILA AP-104

วิธีการใช้งาน

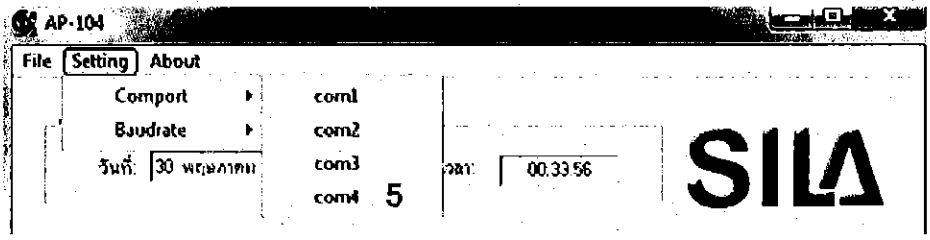
1. ติดตั้งโปรแกรม SILA AP-104

2. เสียบปลั๊กไฟของเครื่อง AP-104

3. ต่อพอร์ทของเครื่อง SILA AP-104 โดยใช้สาย RS-232 ต่อเข้ากับพอร์ทของเครื่องคอมพิวเตอร์

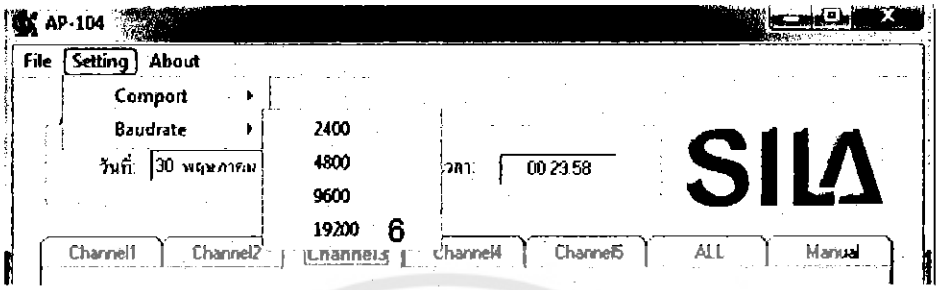
4. เปิดโปรแกรม SILA AP-104

5. ตั้งค่าโปรแกรม กด Setting แล้วเลือก Comport เลือกคอม 1



รูป จ.2 การเลือก Comport

6. ตั้งค่าโปรแกรม กด Setting แล้วเลือก Baudrate เลือก 19200



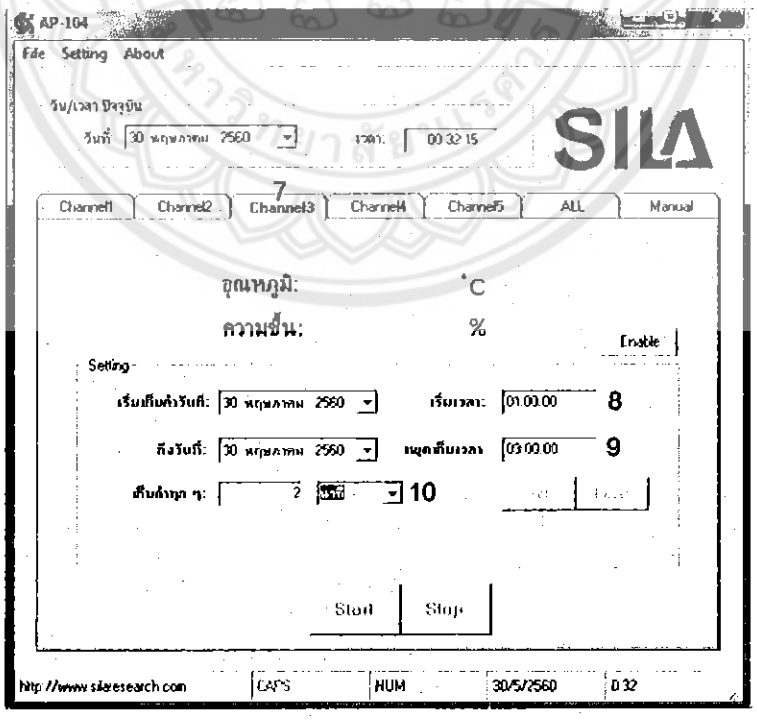
รูป จ.3 การเลือก Baudrate

7. ตั้งค่า Channel 1 ถึง Channel 5 (ตัวอย่าง Channel 3)

8. ตั้งค่าวันที่และเริ่มเวลาที่จะบันทึกค่า (เวลาตัวอย่าง 01:00:00)

9. ตั้งค่าวันที่และหยุดเก็บเวลา ที่ต้องการให้ค่าบันทึกถึง (เวลาตัวอย่าง 03:00:00)

10. กำหนดเวลาเลือกเก็บข้อมูล (เวลาตัวอย่าง 2 นาที)



รูป จ.4 การเลือก Enable

11. กด Enble

12. กด Set

13. กด Start เพื่อเริ่มทำงานของโปรแกรม

14 .ไฟล์ข้อมูลที่ได้ จะเป็นไฟล์ Text มีชื่อตาม Channel ที่ทำงาน อยู่ที่ ไดร์ฟ C:

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายวิศว ทองดี

ภูมิลำเนา 153 หมู่ 15 ตำบลหนองไผ่ อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

ประวัติการศึกษา จบชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียนบ้านกม.35 จ.เพชรบูรณ์

จบชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนหนองไผ่ จ.เพชรบูรณ์

ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail Xxzero_1234@hotmail.com