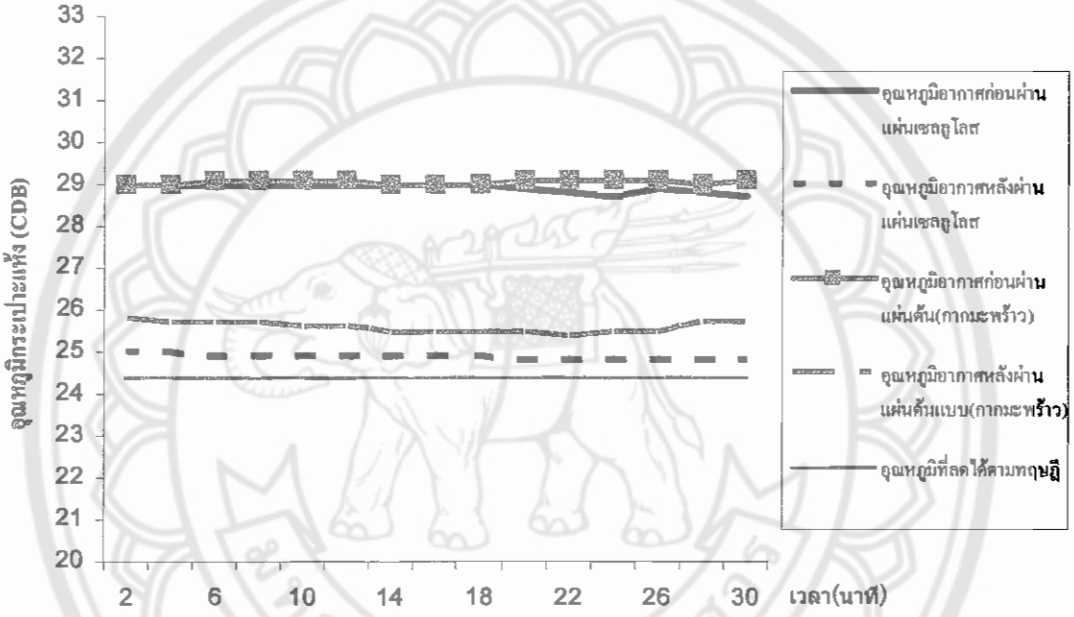
บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

4.2 ผลการทดลองตอนที่ 1

การทดลองตอนที่ 1 เป็นการศึกษา ทดสอบความสามารถในการลดอุณหภูมิของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยทั้ง 2 ชนิดคือแผ่นทำความเย็นแบบระเหยต้นแบบและแผ่นทำความเย็นที่เซลลูโลสจากต่างประเทศซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

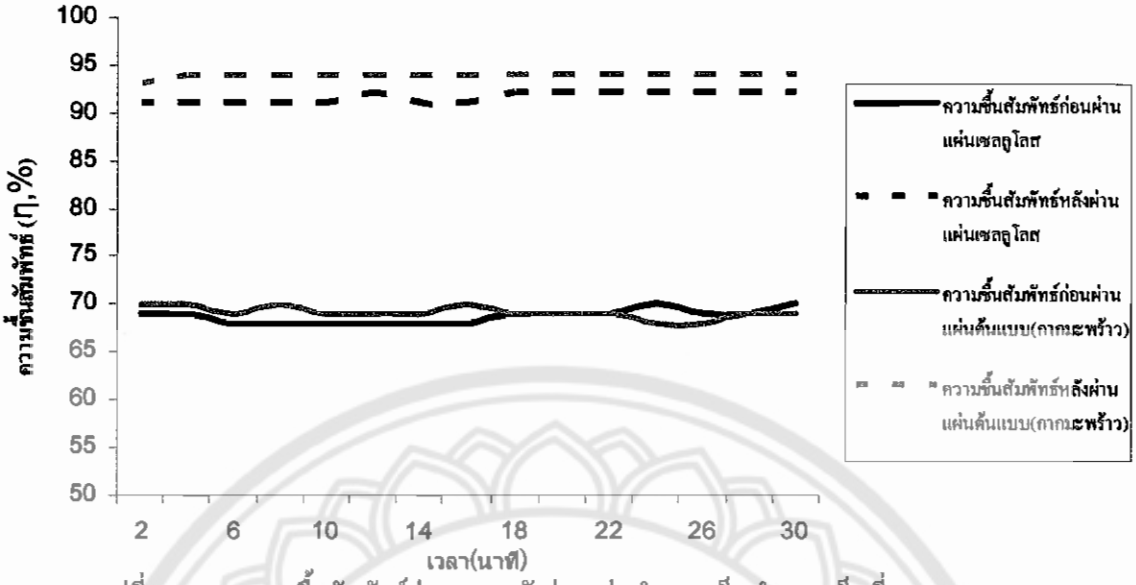
4.1.1 อุณหภูมิที่ลดลงที่สภาวะอากาศภายนอกเฉลี่ยเท่ากับ 29 CDB / 24.4 CWB



รูปที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิอากาศก่อนและหลังผ่านแผ่นทำความเย็นที่สภาวะอากาศภายนอก 29 CDB / 24.4 CWB

จากกราฟที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิอากาศก่อนและหลังผ่านแผ่นทำความเย็นที่อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยเท่ากับ 29 CDB / 24.4 CWB จะเห็นได้ว่าแผ่นทำความเย็นต้นแบบนั้นสามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ประมาณ 3°C ส่วนแผ่นทำความเย็นแบบระเหยเซลลูโลส นั้นสามารถลดอุณหภูมิอากาศลงได้ประมาณ 4°C ทั้งนี้ความสามารถในการลดอุณหภูมิอากาศของแผ่นทำความเย็นนั้นตามทฤษฎีแล้วจะสามารถลดได้ต่ำสุดเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของวันนั้นๆ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในกรณีนี้แผ่นทำความเย็นแบบระเหยยังไม่สามารถลดอุณหภูมิได้ตามทฤษฎีที่ 24.4°C ซึ่งเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศภายนอกก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นนั่นเอง

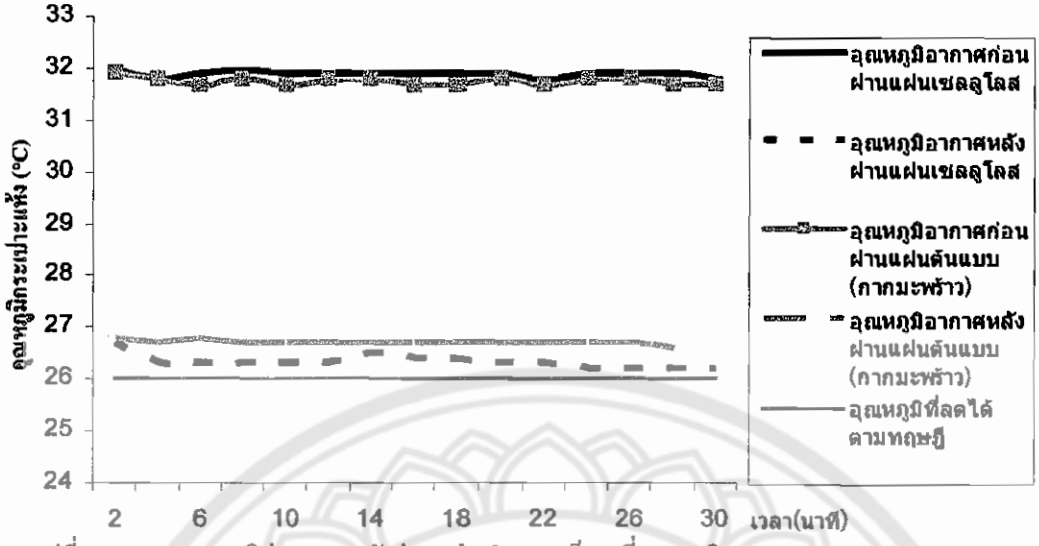
4.1.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เพิ่มขึ้นที่สภาวะอากาศภายนอกเฉลี่ยเท่ากับ 29 CDB / 24.4 CWB



รูปที่ 4.2 แสดงความชื้นสัมพัทธ์ก่อนและหลังผ่านแผ่นทำความเย็นทำความเย็นที่อุณหภูมิภายนอกเท่ากับ 29 CDB / 24.4 CWB

จากกราฟที่ 4.2 แสดงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนและหลังผ่านแผ่นทำความเย็นแบบระเหยที่สภาวะอากาศภายนอกเฉลี่ยเท่ากับ 29CDB / 24.4 CWB จะเห็นได้ว่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นแบบระเหยมีค่าสูงขึ้นทั้งแผ่นทำความเย็นต้นแบบและแผ่นทำความเย็นเซลลูโลส เนื่องจากเป็นกระบวนการทำความเย็นแบบระเหย (ทำความเย็นและเพิ่มความชื้น) จึงทำให้อากาศหลังจากผ่านแผ่นทำความเย็นมีความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น

4.1.3 อุณหภูมิที่ลดลงที่สภาวะอากาศภายนอกเฉลี่ยเท่ากับ 32 CDB / 26 CWB

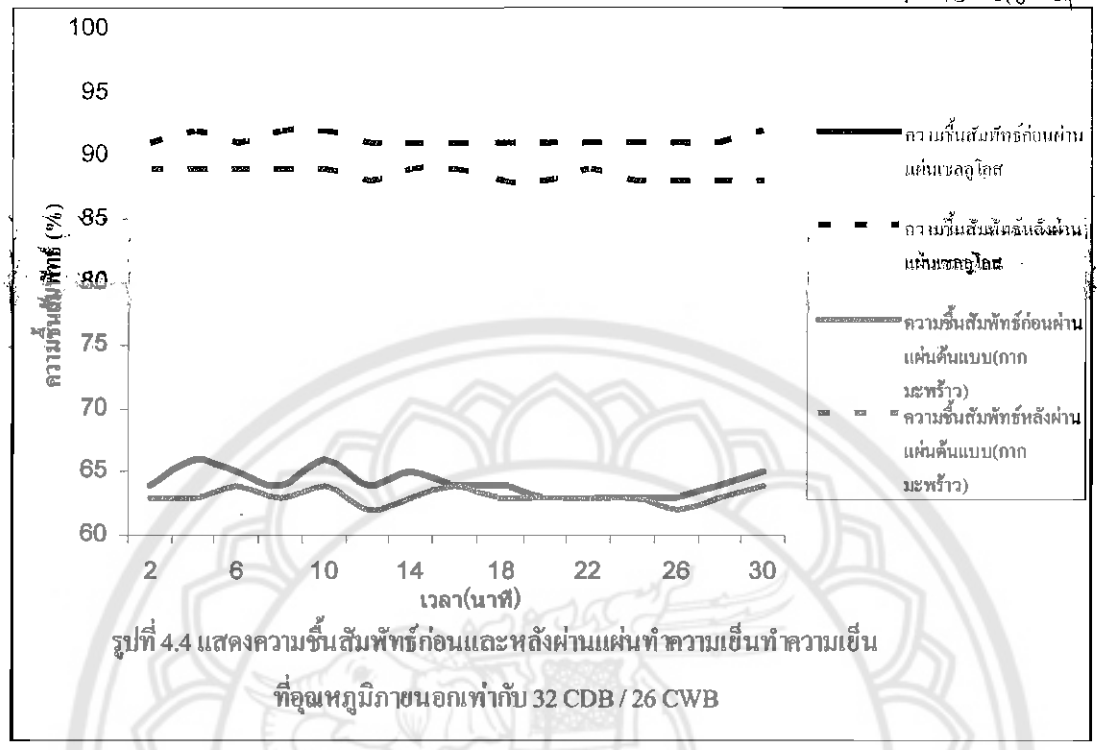


รูปที่ 4.3 แสดงอุณหภูมิก่อนและหลังผ่านแผ่นทำความเย็นที่อุณหภูมิภายนอกเท่ากับ 32 CDB / 26 CWB

จากกราฟที่ 4.3 แสดงอุณหภูมิอากาศก่อนและหลังผ่านแผ่นทำความเย็นที่อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยเท่ากับ 32 CDB / 26 CWB โดยแผ่นทำความเย็นต้นแบบนั้นสามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ประมาณ 5°C ส่วนแผ่นทำความเย็นแบบระเหยเซลลูโลสนั้นสามารถลดอุณหภูมิอากาศลงได้ประมาณ 5.5°C และอุณหภูมิที่แผ่นทำความเย็นแบบระเหยนี้จะลดได้ต่ำสุดคือ 26°C เท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศก่อนเข้าแผ่นทำความเย็น

และจากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ที่สภาวะอากาศก่อนเข้าแผ่นทำความเย็นมีค่าสูงขึ้น (29CDB เป็น 32CDB) แผ่นทำความเย็นแบบระเหยจะยิ่งสามารถลดอุณหภูมิได้มากขึ้นจากที่สภาวะเดิม 29CDB / 24.4 CWB ลดได้ 3 - 4°C เพิ่มขึ้นเป็น 5-5.5°C ที่สภาวะอากาศภายนอกเท่ากับ 32 CDB / 26 CWB ทั้งนี้เนื่องจากยิ่งสภาวะอากาศภายนอกมีอุณหภูมิขึ้นผลต่างของกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกก็ยิ่งมีค่าสูงขึ้น นั่นหมายความว่าแผ่นทำความเย็นแบบระเหยนี้จะสามารถอุณหภูมิได้มากกว่านี้หากสภาวะอากาศภายนอกมีค่าสูงขึ้นหรือกล่าวได้ว่าแผ่นทำความเย็นแบบระเหยนี้จะลดอุณหภูมิได้ดีในช่วงบ่ายของวันหนึ่งๆนั่นเอง

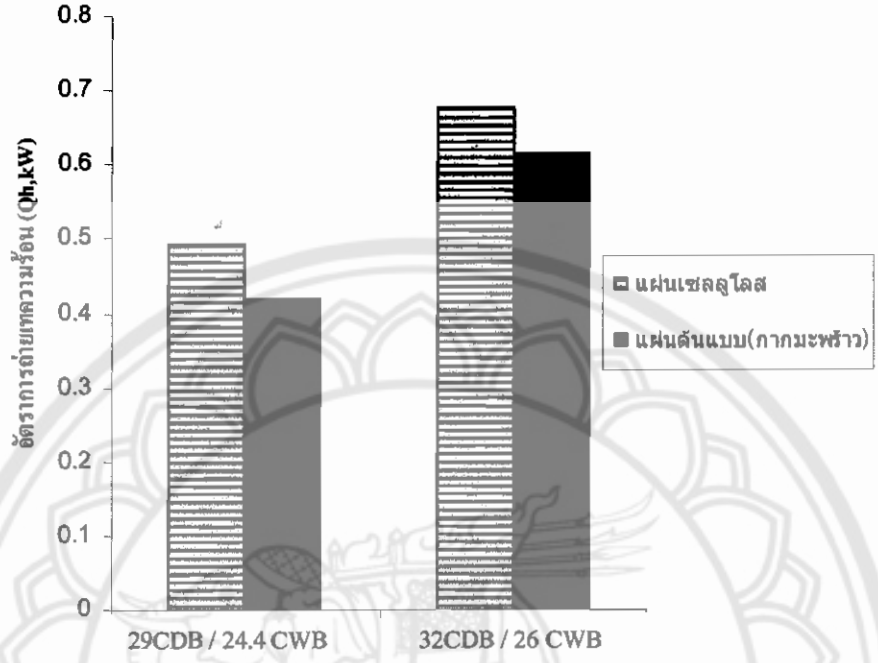
ป
ร
ม1.2
.R5
ส329ค
2551.
1.45240 44
สำนักหอสมุด
22 ส.ค. 2552



รูปที่ 4.4 แสดงความชื้นสัมพัทธ์ก่อนและหลังผ่านแผ่นทำความเย็นทำความเย็นที่อุณหภูมิภายนอกเท่ากับ 32 CDB / 26 CWB

จากกราฟที่ 4.4 แสดงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เพิ่มขึ้นซึ่งจะเห็นได้ว่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้นใกล้เคียงกับที่สภาวะแรกคือที่สภาวะอากาศภายนอกเท่ากับ 29CDB / 24.4 CWB โดยเพิ่มขึ้นเป็น 90-93 % RH หลังจากที่อากาศผ่านแผ่นทำความเย็นแบบระเหยทั้ง 2 ชนิด

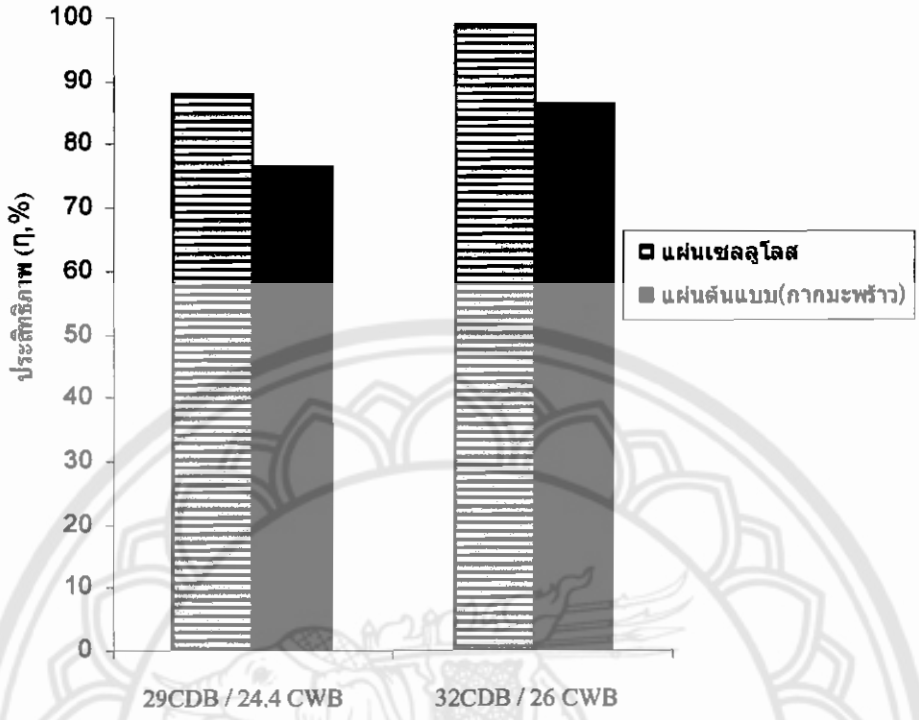
4.1.5 อัตราการถ่ายเทความร้อนของแผ่นทำความเย็นแบบระเหย



กราฟที่ 4.5 เปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนแผ่นทำความเย็นแบบระเหยทั้ง 2 ชนิด

จากกราฟที่ 4.5 แสดงอัตราการถ่ายเทความร้อนของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยทั้ง 2 ชนิดจะสังเกตเห็นได้ว่าเมื่อสภาวะอากาศภายนอกเปลี่ยนไป โดยอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศก่อนเข้าแผ่นทำความเย็นเพิ่มขึ้นจาก 29°C เป็น 32°C อัตราการถ่ายเทความร้อนของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยจะยิ่งถ่ายเทความร้อนได้มากยิ่งขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการถ่ายเทความร้อนของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยสามารถคำนวณได้จากสมการ $Q_h = m_w C_p \Delta T_{อากาศ}$ เมื่ออากาศก่อนเข้าแผ่นทำความเย็นมีค่าสูงขึ้นทำให้ผลต่างของอุณหภูมิก่อนเข้าแผ่นทำความเย็นมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย จึงทำให้แผ่นทำความเย็นสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สภาวะอากาศก่อนเข้าแผ่นทำความเย็นยิ่งมีอุณหภูมิสูง โดยขั้นตอนในการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนจะแสดงไว้ในภาคผนวก ก.

4.1.6 ประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็นแบบระเหย



กราฟที่ 4.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพแผ่นทำความเย็นแบบระเหยทั้ง 2 ชนิด

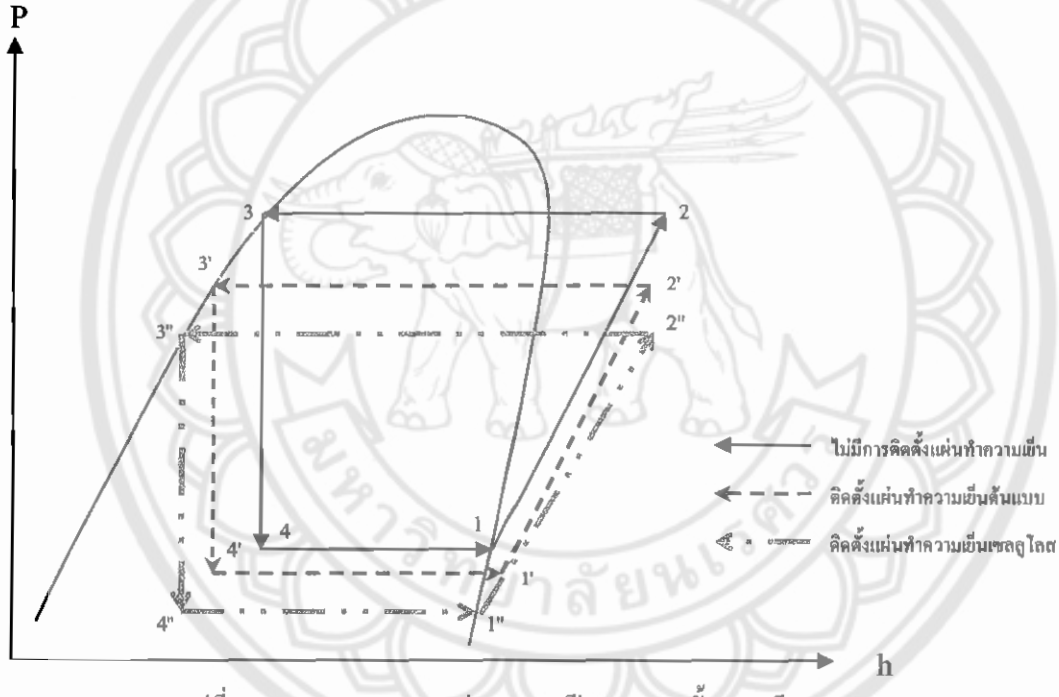
จากกราฟที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยทั้ง 2 ชนิด จะสังเกตได้ว่ายิ่งอุณหภูมิภายนอกยิ่งสูงขึ้นแผ่นทำความเย็นแบบระเหยก็ยิ่งมีประสิทธิภายสูงตามไปด้วย โดยแผ่นทำความเย็นแบบระเหยเซลลูโลส นั้นมีประสิทธิภาพสูงว่าแผ่นทำความเย็นต้นแบบอยู่ประมาณ 12 % ทั้ง 2 สภาวะ ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นทำความเย็นแบบระเหยเซลลูโลสนั้นมีการจัดเรียงตัวของแผ่นทำความเย็นได้ดีกว่าทำให้พื้นที่ในการสัมผัสกันระหว่างน้ำกับอากาศมีมากกว่า ทำให้น้ำกับอากาศแลกเปลี่ยนความร้อนได้มากขึ้น อีกทั้งยังสามารถหน่วงให้น้ำไหลผ่านแผ่นทำความเย็นได้นานกว่าแผ่นต้นแบบ จึงทำให้น้ำกับอากาศที่ไหลผ่านแผ่นทำความเย็นแลกเปลี่ยนความร้อนได้นานขึ้น เป็นผลให้แผ่นทำความเย็นเซลลูโลส มีประสิทธิภาพสูงกว่าแผ่นทำความเย็นแบบระเหยต้นแบบที่ได้จัดทำขึ้น

4.2 ผลการทดลองตอนที่ 2

การทดลองในตอนที่ 2 เป็นประยุกต์ใช้แผ่นทำความเย็นแบบระเหยที่ได้ศึกษาความสามารถในการลดอุณหภูมิ อัตราการถ่ายเทความร้อนรวมถึงประสิทธิภาพจากการทดลองในตอนที่ 1 เพื่อนำมาติดตั้งบริเวณคอยล์ร้อนของเครื่องทำน้ำเย็น พร้อมทั้งวิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อน อัตราการทำความเย็น งานที่ป้อนให้แก่คอมเพรสเซอร์และสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นก่อนและหลังติดตั้งแผ่นความเย็นแบบระเหยโดยจะแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ

1. เดินเครื่องทำน้ำเย็นโดยไม่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็นแบบระเหย(เดินเครื่องเปล่า)
2. ติดตั้งแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสกับเครื่องทำน้ำเย็น
3. ติดตั้งแผ่นทำความเย็นต้นแบบเข้ากับเครื่องทำน้ำเย็น

ซึ่งหลังจากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดลองมาพล็อตลงใน P-h diagram ดังในกราฟที่ 4.7 ด้านล่างนี้

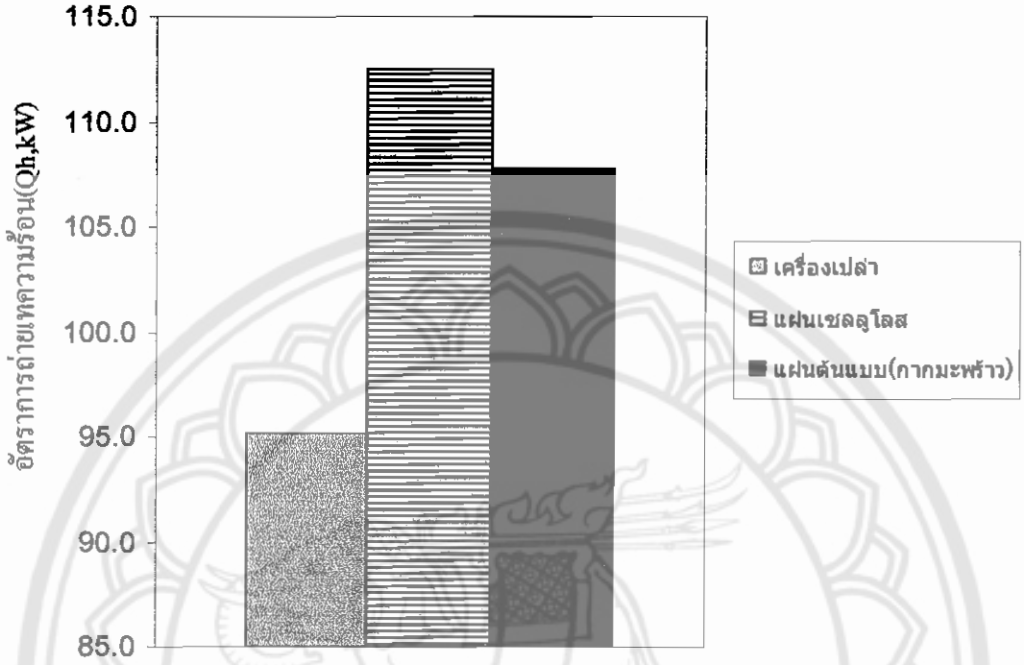


กราฟที่ 4.7 P-h diagram แสดงค่าเอนทาลปีของระบบทั้ง 3 กรณี

จากกราฟที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าภายหลังจากที่ได้มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็นแบบระเหยที่ได้จัดทำขึ้นทั้งแผ่นทำความเย็นต้นแบบและแผ่นทำความเย็นเซลลูโลส สามารถช่วยลดความดันด้านคอยล์ร้อนของเครื่องทำน้ำเย็นให้ต่ำลง ($2' \rightarrow 3'$ และ $2'' \rightarrow 3''$) ตามลำดับ ทำให้ผลต่างของค่าเอนทาลปีมีค่าสูงขึ้นมากกว่าระบบที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็น และผลต่างเอนทาลปีทางด้านคอยล์เย็น($4 \rightarrow 1$)ก็มีค่าสูงขึ้นในลักษณะเดียวกัน ส่วนค่าเอนทาลปีในกระบวนการ ($1 \rightarrow 2$) นั้นจะเห็นได้ว่ามีค่าลดลงในกรณีที่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็นทั้ง 2 ชนิด เมื่อเทียบกับระบบที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็น

โดยผลต่างเอนทาลปีที่เปลี่ยนไปนี้จะใช้ในการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อน การทำความเย็น งานที่ป้อนคอมเพรสเซอร์และสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น ในลำดับต่อไป

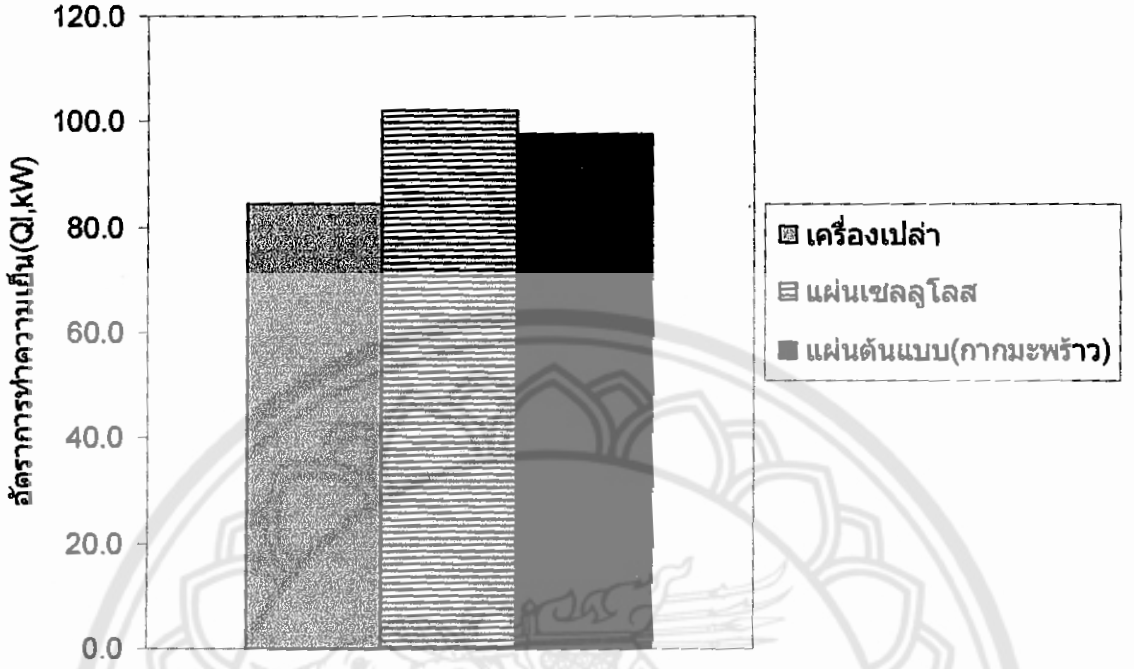
4.2.1 อัตราการถ่ายเทความร้อนบริเวณคอยล์ร้อนของเครื่องทำน้ำเย็น



กราฟที่ 4.8 เปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนบริเวณคอยล์ร้อนของเครื่องทำน้ำเย็น

จากกราฟที่ 4.8 เปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนบริเวณคอยล์ร้อนของเครื่องทำน้ำเย็นซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าภายหลังจากมีการติดตั้งแผ่นทำความเย็นแบบระเหยแล้วอัตราการถ่ายเทความร้อนบริเวณคอยล์ร้อนของเครื่องทำน้ำเย็นมีการถ่ายเทความร้อนได้สูงขึ้น โดยที่แผ่นทำความเย็นแบบระเหยเซลลูโลสมีอัตราการถ่ายเทความร้อนได้สูงสุด รองลงมาคือแผ่นทำความเย็นด้นแบบและไม่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็นจะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนต่ำสุดตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากว่าเมื่อมีการติดตั้งแผ่นทำความเย็นแบบระเหยเข้ากับเครื่องทำน้ำเย็นจะทำให้อุณหภูมิของอากาศบริเวณคอยล์ร้อนลดต่ำลงทำให้อัตราการถ่ายความร้อนหลังจากที่ติดตั้งแผ่นทำความเย็นนั้นมีค่าสูงขึ้น ส่วนจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็นแบบระเหย ซึ่งขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ และการจัดเรียงตัวของแผ่นทำความเย็นที่นำมาติดตั้ง โดยขั้นตอนในการคำนวณอัตราการถ่ายความร้อนนี้ จะแสดงไว้ในภาคผนวก ก.

4.2.2 การทำความเย็นบริเวณคอยล์เย็นของเครื่องทำน้ำเย็น

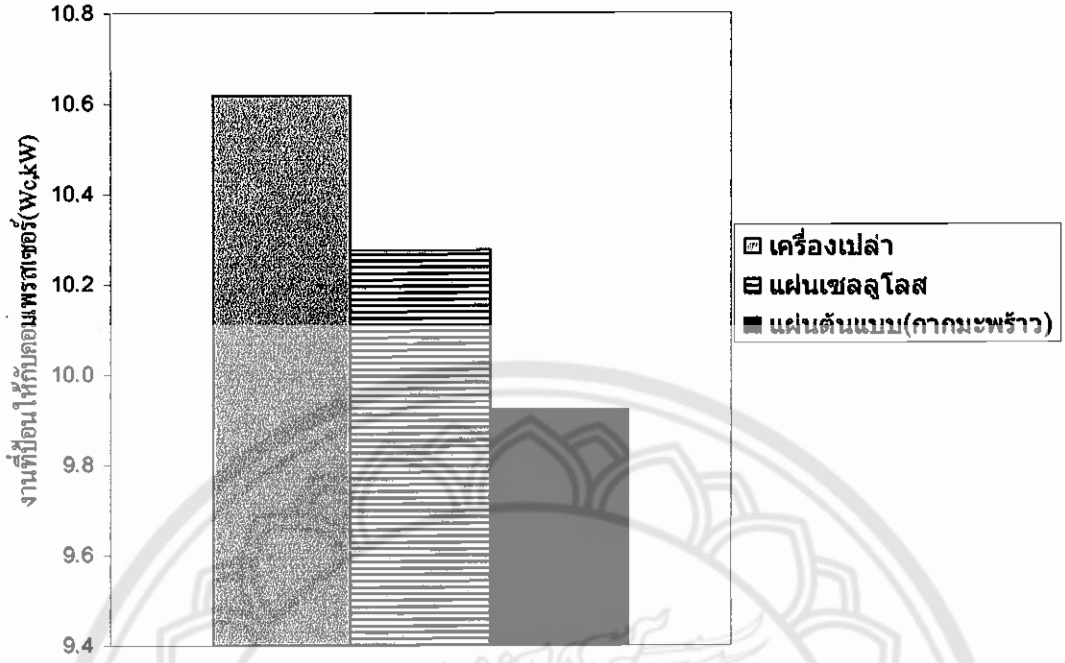


กราฟที่ 4.9 เปรียบเทียบอัตราการทำความเย็นบริเวณคอยล์เย็นของเครื่องทำน้ำเย็น

จากกราฟที่ 4.9 แสดงอัตราการทำความเย็นบริเวณคอยล์เย็นของเครื่องทำน้ำเย็นจะเห็นได้ว่าภายหลังจากที่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็นทั้ง 2 ชนิดจะช่วยเพิ่มอัตราการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นให้สูงขึ้นเมื่อเทียบกับระบบที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็น โดยแผ่นทำความเย็นแบบระเหยที่สามารถเพิ่มอัตราการทำความเย็นให้แก่เครื่องทำน้ำเย็นได้มากที่สุดนั้นคือ แผ่นทำความเย็นเซลลูโลส รองลงมาคือแผ่นทำความเย็นต้นแบบ และไม่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็นตามลำดับ

ทั้งนี้เนื่องจากว่าภายหลังที่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็นแบบระเหยเข้ากับเครื่องทำน้ำเย็นแล้วบริเวณคอยล์ร้อนแล้วทำให้คอยล์ร้อนสามารถถ่ายเทความร้อนได้สูงขึ้น ส่งผลให้สารทำความเย็นที่มาแลกเปลี่ยนความร้อนที่คอยล์เย็นของระบบปรับอากาศนั้นสามารถแลกเลี่ยนความร้อนได้ดีขึ้น จึงทำให้อัตราการทำความเย็นบริเวณคอยล์สูงขึ้นตามไปด้วย

4.2.3 งานที่ป้อนให้แก่คอมเพรสเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็น



กราฟที่ 4.10 เปรียบเทียบงานที่ป้อนแก่คอมเพรสเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็น

จากกราฟที่ 4.10 แสดงงานที่ป้อนให้แก่คอมเพรสเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็น โดยจะเห็นงานที่ต้องป้อนให้แก่คอมเพรสเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็นลดลงหลังจากที่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็นแบบระเหยเข้ากับเครื่องทำน้ำเย็น ซึ่งเป็นที่ทราบดีว่า การใช้พลังงานรวมของระบบปรับอากาศส่วนใหญ่ประมาณ 75 % มาจากการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ดังนั้นเมื่อมีการติดตั้งชุดอุปกรณ์ระบายความร้อนแล้ว การทำความเย็นเพิ่มสูงขึ้น การระบายความร้อนดีขึ้น จึงทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลง จึงช่วยประหยัดพลังงานได้มากกว่าระบบที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็นเข้ากับเครื่องทำน้ำเย็น

พิจารณาการทดสอบที่สภาวะอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่ 32°C จะเห็นว่ากำลังของคอมเพรสเซอร์ลดลงโดยกำลังที่ต้องป้อนกับเครื่องที่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสกับแผ่นทำความเย็นต้นแบบมีค่าใกล้เคียงกัน โดยจะสามารถลดอัตราการใช้พลังงานได้น้อยกว่าระบบที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็นอยู่ประมาณ 2 kW ส่วนจะประหยัดพลังงานได้มากน้อยเพียงใด ทั้งนี้ในการคำนวณการใช้พลังงานรวมของระบบ จำเป็นต้องมีการพิจารณาตัวแปร ร่วมด้วย โดยเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์ในหนึ่งชั่วโมง ระหว่าง ระบบปรับอากาศที่สภาวะการทำงานปกติ กับระบบปรับอากาศที่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็นแบบระเหยที่ได้จัดทำขึ้นทั้ง 2 ชนิด

4.2.4 สัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น

กราฟที่ 4.11 เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น

จากกราฟที่ 4.11 พบว่าหลังจากที่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็นแบบระเหยทั้ง 2 ชนิด ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้เนื่องมาจากการติดตั้งแผ่นทำความเย็นทั้ง 2 เข้ากับเครื่องทำน้ำเย็นทำให้กำลังที่ต้องป้อนให้กับเครื่องมีค่าลดลง รวมไปถึงยังช่วยเพิ่มค่าการทำความเย็นบริเวณคอยล์ของเครื่องทำน้ำเย็นให้สูงขึ้น จึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบที่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็นแบบระเหยทั้ง 2 สูงกว่าระบบที่ไม่มีการติดตั้งชุดอุปกรณ์