บทที่ 5
บทสรุป

หลังจากทดสอบและวิเคราะห์ค่าที่ได้จากการทดลองทั้งในการทดลองตอนที่ 1 และการทดลองในตอนที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างเครื่องทำน้ำเย็นที่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็นแบบระเหยกับเครื่องทำน้ำเย็นที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็น โดยจะสรุปผลการทดลองออกเป็น2 ตอน ได้ดังนี้

5.1 บทสรุปตอนที่ 1

5.1.1 อุณหภูมิที่ลดลง และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เพิ่มขึ้น

จากการทดลองในตอนที่ 1 จะเห็นได้ว่าแผ่นทำความเย็นแบบระเหยนี้สามารถลดอุณหภูมิของอากาศได้ประมาณ 3-5 °C ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิกระเปาะเปียกก่อนผ่านแผ่นทำความเย็นในวันนั้นๆ ซึ่งหากผลต่างระหว่างอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกของวันใดๆมีค่ามาก แผ่นทำความเย็นแบบระเหยก็จะยิ่งสามารถลดอุณหภูมิหลังผ่านแผ่นทำความเย็นแบบระเหยได้มาก โดยจะลดลงตามเส้นอุณหภูมิกระเปาะเปียกคงที่ นั่นคือ แผ่นทำความเย็นแบบระเหยนี้สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ต่ำสุดเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของวันใดๆที่ทำการทดลอง

ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศนั้นจากการทดลองจะเห็นได้ว่าอากาศภายหลังจากผ่านแผ่นทำความเย็นแบบระเหย จะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นทั้งนี้เนื่องจากหลักการทำงานของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยนี้ ทำงานภายใต้กระบวนการทำความเย็นและเพิ่มความชื้น ส่งผลให้อากาศหลังผ่านแผ่นทำความเย็นมีความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น

5.1.2 อัตราการถ่ายเทความร้อน และประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็นแบบระเหย

จากการทดลองจะสังเกตได้ว่ายิ่งอุณหภูมิของอากาศภายนอกยิ่งเพิ่มสูงขึ้นแผ่นทำความเย็นแบบระเหยนี้ก็จะยิ่งสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีขึ้น รวมไปถึงยังทำให้ประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็นสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน ส่วนอัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยเซลลูโลสจะมากกว่าแผ่นทำความเย็นต้นแบบอยู่ประมาณ 12 % ทั้งนี้เนื่องจากมีการจัดเรียงตัวของแผ่นที่ดีกว่า ทำให้อากาศกับน้ำที่บริเวณแผ่นทำความเย็นมีพื้นที่สัมผัสกันได้มาก อีกทั้งยังหน่วงให้น้ำที่ไหลผ่านแผ่นทำความเย็นไหลผ่านได้นานขึ้น ทำให้อากาศกับน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้แผ่นทำความเย็นแบบระเหยเซลลูโลสมีประสิทธิภาพสูงกว่าแผ่นทำความเย็นแบบระเหยต้นแบบที่ได้จัดทำขึ้น

5.2 บทสรุปตอนที่ 2

จากผลการทดลองนำแผ่นทำความเย็นแบบระเหยที่ได้จัดทำขึ้นทั้งแผ่นทำความเย็นต้นแบบและแผ่นทำความเย็นเซลลูโลส สามารถแยกวิเคราะห์และสรุปได้เป็นข้อๆดังนี้

5.2.1 อุณหภูมิอากาศที่เข้าคอยล์ร้อนเครื่องทำน้ำเย็นลดต่ำลง

จากการทดลองติดตั้งแผ่นทำความเย็นแบบระเหยเข้ากับเครื่องทำน้ำเย็นปรากฏว่าอุณหภูมิอากาศจะลดต่ำลงเฉลี่ยประมาณ 3 – 5.5°C เนื่องจากเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่าง อากาศอุณหภูมิสูงภายนอก กับแผ่นทำความเย็นแบบระเหยที่กักเก็บน้ำไว้ ส่งผลให้อุณหภูมิด้านหน้าและรอบๆ บริเวณคอยล์ร้อนลดต่ำลง จึงทำให้มีการถ่ายความร้อนได้ดีขึ้น

5.2.2 ประสิทธิภาพสูงสุดของแผ่นทำความเย็นแบบระเหย

อุณหภูมิอากาศที่บริเวณแผ่นทำความเย็นแบบระเหย สามารถที่จะปรับสภาวะอุณหภูมิให้ต่ำที่สุดนั้นขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิกระเปาะเปียกที่สภาวะแวดล้อมนั้นๆ อธิบายได้จาก ที่สภาวะอากาศอิ่มตัว อุณหภูมิกระเปาะเปียกจะเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (ความชื้นสัมพันธ์ 100 %) ดังนั้นประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิของแผ่นทำความเย็นแบบระเหยนั้นจะดีที่สุด ก็เมื่อสามารถลดอุณหภูมิให้ลดต่ำลงเทียบเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียก ก่อนเข้าคอยล์ร้อน

5.2.3 การทำความเย็นและการถ่ายเทความร้อนของเครื่องทำน้ำเย็นเพิ่มสูงขึ้น

ผลของอุณหภูมิก่อนเข้าคอยล์ร้อนลดต่ำลง ทำให้สามารถที่จะนำอุณหภูมิต่ำกว่าสภาวะปกติไประบายความร้อนให้กับสารทำความเย็นที่อยู่ภายในคอยล์ร้อนของเครื่องทำน้ำเย็น นั้นจึงทำให้การระบายความร้อนเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อ สารทำความเย็นที่ส่งผ่าน วาล์วลดความดันมายัง คอยล์เย็น ก็จะมีอุณหภูมิลดต่ำกว่าเดิม ซึ่งช่วยให้การทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นเพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน

5.2.4 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นลดลง

เครื่องทำน้ำเย็นที่ได้ติดตั้งแผ่นทำความเย็นแบบระเหยการแล้วการใช้พลังงานไฟฟ้าจะลดลงกว่ากรณีที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็น ทั้งนี้เนื่องจากระบบที่ติดตั้งแผ่นทำความเย็นแบบระเหยนี้จะสามารถลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อนทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลงดังนั้นการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบจึงลดลงตามไปด้วย และเนื่องจากคอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในระบบของเครื่องทำน้ำเย็น ดังนั้นจึงช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างชัดเจน

5.2.5 เปรียบเทียบความคุ้มค่าและระยะการคืนทุน

จากผลการทดลองจะพบว่าระบบที่มีการติดตั้งแผ่นทำความเย็นแบบระเหยนี้จะสามารถช่วยเพิ่มอัตราการทำความเย็นและประสิทธิภาพ รวมไปถึงยังสามารถลดกำลังที่ต้องป้อนให้แก่คอมเพรสเซอร์ และจากผลการทดลองพบว่าแผ่นทำความเย็นต้นแบบที่จัดทำขึ้นนี้สามารถเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อน รวมไปถึงประสิทธิภาพได้ใกล้เคียงกับแผ่นทำความเย็นเซลลูโลส เมื่อนำแผ่นทำความเย็นไปติดตั้งกับเครื่องทำน้ำเย็นพบว่างานที่ต้องป้อนให้คอมเพรสเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ติดตั้งอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยเซลลูโลสจะมีต่ำที่สุด รองลงมาได้แก่แผ่นทำความเย็นที่ทำจากใยมะพร้าวและสุดท้ายคือระบบที่ไม่ได้ติดตั้งแผ่นอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหย ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อวันและระยะเวลาคืนทุนก็จะได้ดังตาราง 5.1

ตาราง 5.1 แสดงระยะเวลาคืนทุนเมื่อติดตั้งชุดอุปกรณ์ระบายความร้อน

	ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)	การคืนทุน (ปี)*
ไม่ได้ติดตั้งแผ่นทำความเย็นแบบระเหย	63,717.4	-
ติดตั้งแผ่นทำความเย็นแบบระเหยเซลลูโลส	61,656.1	7.12
ติดตั้งแผ่นทำความเย็นแบบระเหยต้นแบบ	59,537.7	1.16

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและระยะเวลาการคืนทุนจากตาราง 5.1 จะพบว่าแผ่นต้นแบบมีความคุ้มค่ามากสุดในการนำมาประยุกต์ใช้ในการติดตั้งกับเครื่องทำน้ำเย็นเนื่องจากแผ่นทำความเย็นต้นแบบที่จัดทำขึ้นมีต้นทุนเพียง 70 บาท/ตร.ม. แต่แผ่นทำความเย็นแบบระเหยเซลลูโลสมีราคากว่า1300 บาท/ตร.ม. จึงทำให้มีระยะเวลาคืนทุนมากกว่าแผ่นทำความเย็นต้นแบบถึง 6 ปี

5.3. การอภิปราย

แนวทางในการพัฒนางานวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลอง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น จะต้องพิจารณาข้อมูลต่อไปนี้

5.3.1 ในการศึกษาในลำดับต่อไปอาจจะต้องมีการประยุกต์นำวัสดุในท้องถิ่นชนิดอื่น เช่น ผักตบชวา ใยบวบ เพื่อศึกษาความเป็นได้ของการทำความเย็นมาประยุกต์ใช้สร้างเป็นแผ่นระบายความร้อน และยังเป็นการนำวัสดุที่เหลือใช้มาทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มได้

5.3.2 อัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็นเซลลูโลสสูงกว่าเพราะมีการเรียงตัวที่ทำให้น้ำและอากาศไหลผ่านได้ดีกว่า ดังนั้นควรศึกษาการจัดเรียงตัวของแผ่นต้นแบบเพื่อจะได้มีอัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น

5.3.3 ความสม่ำเสมอของกากมะพร้าวภายในแผ่นทำความเย็นควบคุมได้ยากเนื่องจาก กากมะพร้าวแต่ละชิ้นมีขนาดและรูปร่างไม่เท่ากัน จึงทำให้อัตราการไหลของอากาศผ่านแผ่นทำความเย็นแบบระเหยยังมีค่าไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นในการทดลองต่อไปควรจะศึกษาการจัดเรียงตัวของกากมะพร้าวเพื่อที่จะให้มีขนาดของแผ่นทำความเย็นที่ทำจากกากมะพร้าว มีค่าที่สม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งแผ่น

5.3.4 เพื่อที่ให้แผ่นทำความเย็นมีขนาดและรูปร่างสม่ำเสมอ อาจจะมีการนำกากมะพร้าวมาฉีกให้เป็นเส้นขนาดเล็กและทำการขึ้นรูปให้มีลักษณะเป็นเส้นเชือกซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการจัดทำเป็นแผ่นทำความเย็นแบบระเหยรวมถึงยังช่วยให้สามารถคำนวณความหนาแน่นต่อพื้นที่ได้ง่ายยิ่งขึ้น

5.3.5 แผ่นทำความเย็นแบบระเหยที่จัดทำจากกากมะพร้าวหากมีขนาดใหญ่จนเกินไปอาจจะทำกากมะพร้าวภายในแผ่นทำความเย็นทรุดตัวมากองทางด้านล่าง โดยแนวทางแก้ไขอาจจะใช้ลวดมาขึงเพื่อช่วยให้แผ่นทำความเย็นมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้นหรืออาจแบ่งซองแผ่นทำความเย็นที่มีขนาดใหญ่ให้แผ่นทำความเย็นขนาดเล็กลงหลายๆแผ่น

5.3.6 แผ่นทำความเย็นอาจจะมีปัญหาการขึ้นราทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำ และอากาศที่ใช้รวมถึงการดูแลรักษา ดังนั้นควรจะมีการฉีดสารเคมีเพื่อป้องกันเชื้อราก่อนนำไปใช้งานและมั่นดูแลรักษาทำความสะอาดอย่างต่อเนื่อง

5.3.7 เมื่อทำความสะอาดแผ่นต้นแบบโดยการฉีดน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำแรงดันสูงแผ่นต้นแบบยังคงรักษาสภาพเดิมโดยไม่เสียรูป ดังนั้นเมื่อนำไปใช้งานก็สามารถที่จะทำความสะอาดได้ง่าย

5.3.8 อุณหภูมิและอัตราการไหลของอากาศที่วัดในการทดลองจะทำการวัดเพียงจุดเดียวคือบริเวณตรงกลางของแผ่นทำความเย็น ซึ่งอาจจะทำให้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้นไม่ใช้ข้อมูลเฉลี่ยตลอดทั้งแผ่นทำความเย็น ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านจำนวนของเครื่องมือวัดต่างๆยังไม่เพียงพอ

5.3.9 อุณหภูมิต่ำสุดที่แผ่นทำความเย็นแบบระเหยลดได้จะเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของวันที่ทำการทดลอง

5.3.10 ในการวิเคราะห์ปัญหาของกระบวนการทำความเย็นแบบระเหยจะวิเคราะห์ภายใต้สมมติฐานต่อไปนี้

วัฏจักรการทำความเย็นแบบระเหย :

1. ไม่มีการสูญเสียความร้อนออกจากระบบ (adiabatic process) โดยเอนทาลปี(h)และอุณหภูมิกระเปาะเปียก(TWB) คงที่
2. อัตราการไหลเชิงมวลคงที่
3. ไม่พิจารณางาน พลังงานศักย์ และพลังงานจลน์ ที่เกิดขึ้นระหว่างเกิดกระบวนการ
4. กระบวนการอัดตัวแบบไอเซน โทรปิก (Isentropic Process)
5. กระบวนการถ่ายเทความร้อนสูงภายใต้ความดันคงที่ (Isobaric Process)
6. กระบวนการทร็อตทลิ่งในวาล์วลดความดันแบบไอเซน โทรปิก (Isentropic Process)
7. กระบวนการดึงความร้อนต่ำภายใต้ความดันคงที่ (Throttling Process)

วัฏจักรการทำความเย็นอย่างง่าย :

1. อัตราการไหลเชิงมวลคงที่
2. ไม่พิจารณางาน พลังงานศักย์ และพลังงานจลน์ ที่เกิดขึ้นระหว่างเกิดกระบวนการ
3. กระบวนการอัดตัวแบบไอเซน โทรปิก (Isentropic Process)
4. กระบวนการถ่ายเทความร้อนสูงภายใต้ความดันคงที่ (Isobaric Process)
5. กระบวนการทร็อตทลิ่งในวาล์วลดความดันแบบไอเซน โทรปิก (Isentropic Process)
6. กระบวนการดึงความร้อนต่ำภายใต้ความดันคงที่ (Throttling Process)