Agricultural Sci. J. 37 : 5 (Suppl.) : 268-271 (2006) ว. วิทย. กษ. 37 : 5 (พิเศษ) : 268-271 (2549)

# การเพิ่มสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งระบบปั๊มความร้อน ที่ดัดแปลงมาจากเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง

# Thermal Performance Enhancement of Heat Pump Dryer Modified from Window-Type Air-Conditioner

**ทนุ โตทรายมูล[1] และ สัมพันธ์ ไชยเทพ[2]**
Tanu Tosymoon[1] and Sumpun Chaitep[2]

ABSTRACT

This research was the study of the lowering air inlet temperature before passing through evaporator of heat pump dryer for mango leather. Heat pump dryer using in this research was modified from window-type air-conditioner; 12000 Btu/hr in capacity and using R-22 refrigerant as walking fluid. The mango leather with initial moisture contents of 70-75%(wb) was loaded to the drying room in order to decrease the moisture to final moisture contents of 7-9%(wb) which the capacity of 30 kg per batch. Performance testing of a dryer the performance assessments were observed that; the drying rate (DR) was 2.48 kg per hour with the moisture extraction rate (MER) of 0.90 kg of water per hour corresponded to the specific moisture extraction rate (SMER) of 2.20 kg of water per kWh. The specific energy consumption (SEC) was 1.64 MJ per kg of water with the refrigeration coefficient of performance ($COP_R$) of 2.23 and heat pump coefficient of performance ($COP_{hp}$) of 4.10. Drying time per loaded batch was 8 hours

**Key words** : Mango Leather, Dryer, Heat Pump

**บทคัดย่อ**

บทความวิจัยนี้เป็นการศึกษา วิเคราะห์ ผลของการลดอุณหภูมิของอากาศทางด้านก่อนเข้าอีแวปอเรเตอร์ของเครื่องอบแห้งระบบปั๊มความร้อนสำหรับใช้ในการอบแห้งมะม่วงแผ่น ระบบปั๊มความร้อนที่ใช้ทำการดัดแปลงมาจากเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างที่มีขนาดการทำความเย็น 12,000 BTU/hr ใช้สารทำความเย็น R-22 เป็นสารทำงาน ความชื้นเริ่มต้นของมะม่วงแผ่นอยู่ที่ 70-75 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก ทำการอบแห้งจนเหลือความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 7-9 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก เครื่องสามารถอบแห้งได้ครั้งละประมาณ 30 กิโลกรัม จากนั้นทำการประเมินสมรรถนะเครื่องอบแห้ง ผลการประเมินสมรรถนะพบว่า อัตราการอบแห้ง (DR) เท่ากับ 2.48 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการควบแน่นน้ำที่อีแวปปอเรเตอร์ (MER) เท่ากับ 0.90 กิโลกรัมน้ำต่อชั่วโมง อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (SMER) เท่ากับ 2.20 กิโลกรัมน้ำต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) เท่ากับ 1.64 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของการทำความเย็น ($COP_R$) เท่ากับ 2.23 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของปั๊มความร้อน ($COP_{hp}$) มีค่าเท่ากับ 4.10 ใช้เวลาในการอบแห้งทั้งสิ้น 8 ชั่วโมง

**คำสำคัญ** มะม่วงแผ่น เครื่องอบแห้ง ระบบปั๊มความร้อน

## คำนำ

มะม่วงเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญมากชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งในปัจจุบันพื้นที่การปลูกมะม่วงได้มีการขยายเพิ่มมากขึ้น ทำให้ผลผลิตในช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวของมะม่วงเกิดสภาวะการล้นตลาด นอกจากนั้นยังมีมะม่วงบางส่วนที่ไม่สามารถจำหน่ายได้ ซึ่งในแต่ละปีมีปริมาณการสูญเสียจำนวนมาก เนื่องมาจากมะม่วงมีอัตราการหายใจค่อนข้างสูง จึงทำให้สุกเร็วและเกิดการสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก ทำให้ต้องหาทางแก้ปัญหาเหล่านี้ด้วยการแปรรูปมะม่วง เช่น มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง มะม่วงกวน มะม่วงแผ่น มะม่วงหยี เป็นต้น ซึ่งวิธีการแปรรูปมะม่วงส่วนใหญ่ที่ทำกันอยู่และเป็นที่นิยมของผู้บริโภค คือ การทำมะม่วงแผ่น แต่เนื่องจากวิธีที่ทำกันอยู่ต้องใช้เวลานานและผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ได้ไม่ค่อยมีคุณภาพ จากปัญหาดังกล่าวจึงทำให้เกิดแนวคิดในการทำวิจัยครั้งนี้ ซึ่งสาเหตุของปัญหาในการแปรรูปเกิดมาจากการขาดเทคโนโลยีที่ทันสมัย งานวิจัยนี้จึงได้มีแนวคิดเพื่อทำการออกแบบสร้างและปรับปรุงเครื่องอบแห้งระบบปั๊มความร้อน ที่ดัดแปลงมาจากเครื่องปรับ

[1]สาขาวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[1]Branch of Energy Engineering, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University.
[2]โครงการจัดตั้งภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[2]Establishment of Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University.

อากาศแบบหน้าต่าง เนื่องจากเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างนั้นส่วนประกอบทุกชิ้นจะรวมอยู่ในชุดเดียวกันเมื่อนำมาดัดแปลงเป็นระบบปั๊มความร้อนก็เพียงแค่ปรับเปลี่ยนทิศทางลมเท่านั้น และจากกระบวนการของอากาศในแผนภูมิไซโครเมตริกพบว่า ถ้าลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าอีแวปปอเรเตอร์ให้ต่ำลงก็จะช่วยให้อีแวปปอเรเตอร์สามารถดึงน้ำออกจากอากาศชื้นได้มากขึ้น โดยจะทำการติดครีบระบายความร้อนเสริมให้กับอากาศก่อนเข้าอีแวปปอเรเตอร์

## อุปกรณ์และวิธีการ

1. การดัดแปลงระบบปั๊มความร้อน ในการออกแบบระบบปั๊มความร้อนสำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกเอาเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง ขนาด 1 ตันความเย็น (12,000 Btu/hr) และใช้น้ำยาสารทำความเย็น R-22 ซึ่งมีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป นำมาทำการดัดแปลงสภาวะการทำงานใหม่ เพื่อให้สามารถดึงความชื้นในห้องอบแห้งได้มากขึ้น

2. การออกแบบห้องอบแห้งและครีบระบายความร้อน ออกแบบห้องอบแห้งมีลักษณะเป็นห้องสี่เหลี่ยม ภายในมีชั้นสำหรับวางถาดจำนวน 26 ชั้น ปริมาตรภายในตู้อบแห้ง 1 ลูกบาศก์เมตร พัดลมหมุนเวียนอากาศใช้แบบใบพัดโค้งหน้า สามารถอบแห้งครั้งละประมาณ 30 กิโลกรัม ส่วนครีบระบายความร้อนจะใช้อลูมิเนียมขนาด 50×50 เซนติเมตร หนา 0.25 มิลลิเมตร จำนวน 24 แผ่น โดยจะเรียงซ้อนกันในแนวนอน ซึ่งแต่ละแผ่นจะห่างกัน 2 เซนติเมตร โดยจะทำการติดตั้งเพื่อลดอุณหภูมิของอากาศทางด้านก่อนเข้าอีแวปปอเรเตอร์

3. การทดลอง

3.1 ก่อนทำการทดลองเครื่องอบแห้งระบบปั๊มความร้อน จะนำตัวอย่างมะม่วงที่กวนเสร็จแล้วมาหาค่าความชื้นเริ่มต้น จำนวน 3 ตัวอย่าง

3.2 เดินเครื่องอบแห้งระบบปั๊มความร้อน โดยในการทดลองแต่ละครั้งจะอบไปจนกว่ามะม่วงแผ่นที่ได้ มีลักษณะเหมือนกับของเกษตรกร โดยให้เกษตรกรผู้ชำนาญเป็นผู้ประเมิน

3.3 วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่จุดต่าง ๆ ในระบบ ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนเข้าอีแวปปอเรเตอร์ ออกจากอีแวปปอเรเตอร์ ก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ ออกจากคอนเดนเซอร์ ก่อนเข้าครีบระบายความร้อน ออกจากครีบระบายความร้อน และออกจากห้องอบแห้ง โดยทำการบันทึกผลข้อมูลทุกๆ 20 นาที ไปจนสิ้นสุดการทดลอง

3.4 ชั่งน้ำหนัก น้ำที่กลั่นตัวจากอีแวปปอเรเตอร์ทุก ๆ 20 นาทีไปจนสิ้นสุดการทดลอง หลังเสร็จสิ้นการทดลอง ทำการสุ่มตัวอย่างมะม่วงอบแห้งมาหาค่าความชื้นสุดท้ายจำนวน 3 ตัวอย่าง

3.5 ทำการทดลองจนครบทุกการทดลองคือ ที่อัตราส่วนไม่ผ่านอีแวปปอเรเตอร์ 0% 20% 40% 60% และ 80%

จากนั้นทำการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

## ผลและวิจารณ์

1.อัตราการอบแห้ง

จากรูปที่ 1 จะเห็นว่าที่อากาศไม่ผ่านอีแวปปอเรเตอร์ 0% ที่ติดครีบระบายความร้อนนั้นดีที่สุด โดยที่ติดครีบระบายความร้อนเสริมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.48, 2.36, 2.10, 2.16 และ 1.93 kg/hr ตามลำดับ

2.อัตราการควบแน่นน้ำที่อีแวปปอเรเตอร์

จากรูปที่ 2 จะเห็นว่าที่อากาศไม่ผ่านอีแวปปอเรเตอร์ 0% ที่ติดครีบระบายความร้อนนั้นดีที่สุด โดยที่ติดครีบระบายความร้อนเสริมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.90, 0.74, 0.72, 0.76 และ 0.80 kg/hr ตามลำดับ

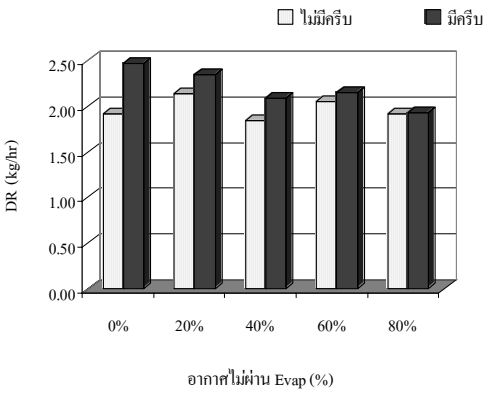


Figure 1 Drying Rate

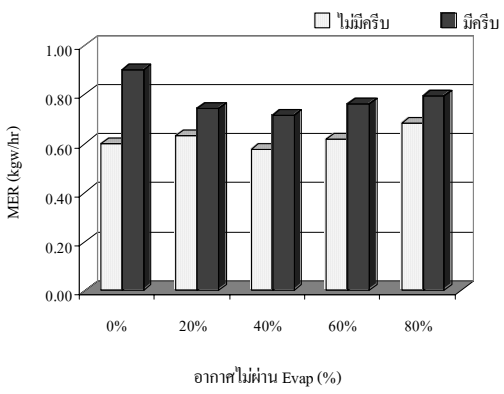


Figure 2 Moisture Extraction Rate

3.สัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะของปั๊มความร้อน

จากรูปที่ 3 จะเห็นว่าที่อากาศไม่ผ่านอีแวปปอเรเตอร์ 0% ที่ติดครีบระบายความร้อนนั้นดีที่สุด โดยที่ติดครีบระบายความร้อนเสริมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.10, 3.63, 3.63, 2.65 และ 3.66 ตามลำดับ

4.สัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะของการทำความเย็น

จากรูปที่ 4 จะเห็นว่าที่อากาศไม่ผ่านอีแวปปอเรเตอร์ 0% ที่ติดครีบระบายความร้อนนั้นดีที่สุด โดยที่ติดครีบระบายความร้อนเสริมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.23, 0.88, 1.21, 1.20 และ 0.90 ตามลำดับ

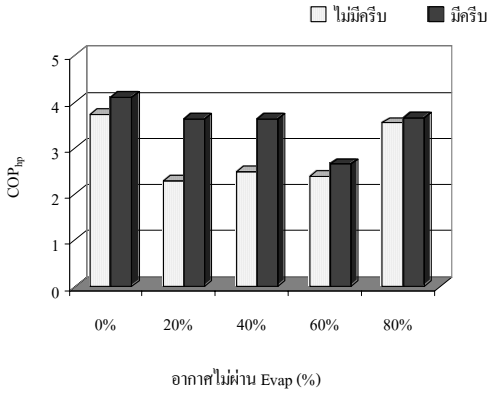


Figure 3 Coefficient of Performance Heat Pump

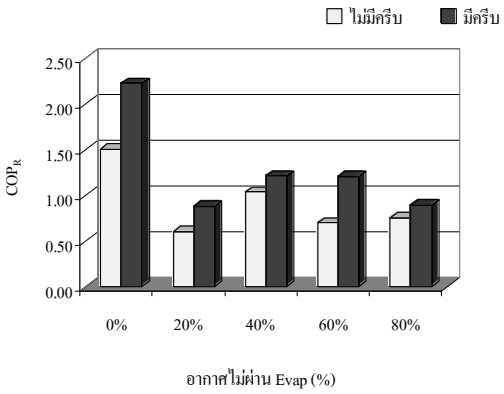


Figure 4 Coefficient of Performance Refrigeration

5. อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ

พบว่าที่อากาศไม่ผ่านอีแวปปอเรเตอร์ 20% ที่ติดครีบระบายความร้อนนั้นดีที่สุด โดยที่ติดครีบระบายความร้อนเสริมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.20, 2.45, 2.11, 2.09 และ 1.82 kg/kW-hr ตามลำดับ

6. ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

พบว่าที่อากาศไม่ผ่านอีแวปปอเรเตอร์ 20% ที่ติดครีบระบายความร้อนนั้นดีที่สุด โดยที่ติดครีบระบายความร้อนเสริมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.64, 1.47, 1.70, 1.72 และ 1.98MJ/kg ตามลำดับ

7. แบบจำลองการทำแห้งอัตราลดลง

เมื่อพิจารณาในช่วงอัตราการทำแห้งลดลงมีลักษณะเป็นฟังก์ชันลด ตามรูปแบบของสมการเอ็กโปเนนท์เชียล และความชื้นลดลงเข้าใกล้ความชื้นสมดุล จะได้กราฟดังรูปที่ 5

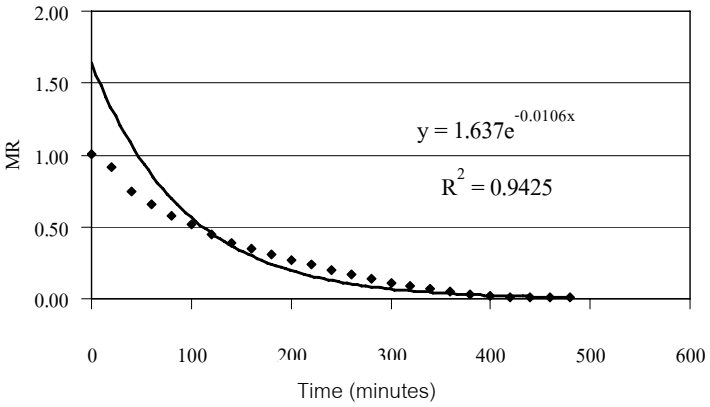


Figure 5 Moisture Rate

## สรุป

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองสรุปได้ว่า การลดอุณหภูมิของอากาศทางด้านอีแวปปอเรเตอร์โดยการติดครีบระบายความร้อนนั้น ทำให้ประสิทธิภาพและการทำงานของเครื่องอบแห้งระบบปั๊มความร้อนดีขึ้น อีแวปปอเรเตอร์สามารถควบแน่นน้ำที่ออกมาจากผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น โดยมีสมรรถนะการทำงานสูงสุดที่อัตราส่วนอากาศไม่ผ่านอีแวปปอเรเตอร์ 0%

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการจัดตั้งภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การเอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

ไกรสิงห์ อุดมญาติ. 2548. การพัฒนาเครื่องอบแห้งใบชาโดยใช้ปั๊มความร้อน. วิทยานิพนธวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2004. แมลงศัตรูพืชเศรฐกิจ (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.sut.ac.th (15 กรกฎาคม 2548).

สฤทธิ์พร วิทยผดุง และ สัมพันธ์ ไชยเทพ. 2548. การออกแบบเครื่องลดความชื้นประสิทธิภาพสูงที่ดัดแปลงมา จากเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง.การประชุมวิชาการครั้งที่43. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 1-4 กุมภาพันธ์ 2548.

ศิริชัย สายอ้าย. 2547. การพัฒนาตู้อบแห้งข้าวแต๋นโดยใช้ปั๊มความร้อน. วิทยานิพนธวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Saritporn Vittayapadung and Sumpun Chaitep. 2004. Performance Testing of a Dehumidifier Applied from Window-Type Air Conditioner. The 11th Tri–University International Joint Seminar and Symposium, Chiang Mai University, Thailand. October 26-31, 2004.