Agricultural Sci. J. 39 : 3 (Suppl.) : 319-322 (2008) ว. วิทย. กษ. 39 : 3 (พิเศษ) : 319-322 (2551)

ระบบบอบแห้งและห้องเย็นสำหรับสมุนไพรไทยด้วยเทคนิคปั๊มความร้อน

Drying System and Cold Storage for Thai Herbs by Heat Pump Technique

นครินทร์ กันติเกตุ[1] วีระ ฟ้าเฟื่องวิทยากุล[1,2] วิบูลย์ ช่างเรือ[1,2] และพฤทธ์ สกุลช่างสัจจะทัย[1]

Nakarin Kuntigate,[1] Wera Phaphuangwittayakul,[1,2] Viboon Changrue[1,2] and Phrut Sakulchangsatjatai[1]

Abstract

The purposes of this research were to design, construct and evaluate the heat pump system for drying and cooling of Thai herbs. The prototype system consists of refrigerant R-134a, 1.5 kW compressor driven by a 3 hp-1450 rpm motor, 6 kW Condenser, 2.75 kW evaporator of heat pump, 1.5 kW evaporator of cold storage and recirculation air blower driven by 1 hp-1450 rpm motor. The mass flow rate of air was 0.5 kg/s. There were three testing conditions; i) drying system ii) simultaneous drying and cooling system iii) cooling system. The generated heat air was set at 45 °C and the cold storage was set between 5-15 °C. The by pass air ratio of heat pump was 70%. The heat load was simulated instead of fresh herbs. The results were that the COP increased from 1.2 to 1.53 for drying system and simultaneous drying and cooling system. The COP for cooling system was 1.08. The required power of compressor motor decreased from 1.82 kW to 1.5 kW for drying system and simultaneous drying and cooling system. The required power for cooling system was 0.48 kW. It can be concluded that the simultaneous drying and cooling system can be saved energy 34.8%.

Keywords: Heat pump, Drying, Cold storage

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อการออกแบบ สร้าง และประเมิน ระบบปั๊มความร้อนสำหรับการอบแห้งและทำความเย็นสำหรับสมุนไพรไทย เครื่องต้นแบบประกอบด้วย สารทำความเย็น R-134a, เครื่องอัดไอขนาด 1.5 kW ที่ถูกขับด้วยมอเตอร์ 3 hp ความเร็วรอบ 1450 rpm, ส่วนควบแน่นขนาด 6 kW, ส่วนทำระเหยปั๊มความร้อน 2.75 kW, ส่วนทำระเหยห้องเย็น 1.5 kW พัดลมหมุนเวียนอากาศที่ถูกขับด้วยมอเตอร์ 1 hp ความเร็วรอบ 1450 rpm อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ 0.5 kg/s การทดสอบทำโดยแบ่งออกเป็น 3 เงื่อนไขคือ 1. ระบบบอบแห้ง 2. ระบบอบแห้งร่วมกับระบบทำความเย็น 3. ระบบทำความเย็น โดยที่ระบบบอบแห้งกำหนดอุณหภูมิคงที่ 45 °C ส่วนอุณหภูมิห้องเย็นอยู่ระหว่าง 5 - 15 °C อากาศไหลข้ามส่วนทำระเหยปั๊มความร้อน (By pass air ratio, BAR) 70% ในการทดสอบใช้การจำลองภาระงานแทนสมุนไพรสด ผลการทดสอบพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบในกรณีระบบอบแห้ง และระบบอบแห้งร่วมกับระบบห้องเย็น เพิ่มขึ้นจาก 1.2 เป็น 1.53 กรณีระบบทำความเย็นเพียงอย่างเดียวคือ 1.08 และกำลังงานที่ใช้ของมอเตอร์ขับเครื่องอัดไอในกรณีระบบอบแห้ง และระบบอบแห้งร่วมกับระบบทำความเย็น ลดลงจาก 1.82 kW เหลือ 1.5 kW กรณีระบบทำความเย็นเพียงอย่างเดียวคือ 0.48 kW ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าระบบอบแห้งร่วมกับระบบทำความเย็น สามารถประหยัดพลังงานโดยรวมได้ 34.8%

คำสำคัญ: ปั๊มความร้อน, อบแห้ง, ห้องเย็น

คำนำ

สมุนไพรไทยเป็นพืชที่มีความสำคัญ เนื่องจากสามารถใช้เป็นยารักษาโรค และมีสารอาหารที่ช่วยบำรุงร่างกาย ในหลายประเทศเริ่มตระหนักถึงพิษภัยการรักษาด้วยยาที่เป็นสารสังเคราะห์ทางเคมีว่ามีการตกค้าง และมีผลข้างเคียงทำให้เกิดโรคอื่นตามมา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆเพื่อทำให้สมุนไพรไทยมีมาตรฐานในการผลิตที่มีคุณภาพ และสามารถรักษาหรือบรรเทาโรคต่างๆได้ สำหรับเทคโนโลยีการอบแห้งระบบปั๊มความร้อนแบบอัดไอ จะใช้ความร้อนที่ถ่ายเทที่ส่วนควบแน่นเป็นแหล่งให้ความร้อนในการอบแห้ง โดยใช้ส่วนทำระเหยลดความชื้น และดึงความร้อนกลับมาใช้ใหม่ ขณะเดียวกันระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ซึ่งมีการทำความเย็น โดยดึงความร้อนออกจากห้องเย็น โดยใช้ส่วนทำระเหย และ

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[1] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiangmai University, Chiangmai 50200

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Chiangmai University, Chiangmai 50200

ถ่ายเทออกที่ส่วนควบแน่น ถ้านำความร้อนทิ้งส่วนนี้มาถ่ายเทความร้อนเพิ่มให้ส่วนควบแน่นของระบบปั๊มความร้อนเพื่อใช้อบแห้ง จะช่วยลดการใช้พลังงานของเครื่องอัดไอ นับว่าเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงเมื่อเทียบกับระบบปั๊มความร้อนโดยทั่วไป อีกทั้งยังสามารถทำการอบแห้งที่อุณหภูมิไม่สูงมาก

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่านักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษา วิจัย และพัฒนาระบบอบแห้งปั๊มความร้อนและระบบทำความเย็น Baldo and Brunner (1989) ศึกษาการรวมการทำความเย็นและการอบแห้งกับข้าวโพด พบว่า ในการนำการทำความเย็นมาใช้ร่วมกับการอบแห้งช่วยลดภาระเครื่องอบแห้งลงได้ และประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าการอบแห้งเพียงอย่างเดียว Prasertsan s. et.al. (1996) ศึกษาการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อน และพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาการอบแห้งด้วยระบบปิด ระบบเปิด และระบบปิดบางส่วน พบว่าระบบปิดมีแนวโน้มที่จะมีสมรรถนะการทำงานที่ดีที่สุด สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และศิวะ อัจฉริยวิริยะ (2543) ศึกษาการอบแห้งผัก และผลไม้ด้วยปั๊มความร้อน และศึกษาสารทำงานชนิดต่างๆ เพื่อการเลือกใช้งานที่เหมาะสม พบว่า สารทำงาน R-22 R-124 R-134a เหมาะสมกับการใช้ในระบบที่มีอุณหภูมิควบแน่นต่ำ และปานกลาง วศิน เรืองกำเนิด (2548) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิอบแห้ง และ BAR ที่มีผลต่อสมรรถนะการอบแห้งสมุนไพรด้วยปั๊มความร้อน และเปรียบเทียบวิธีควบคุมอุณหภูมิระหว่างใช้ส่วนควบแน่นตัวนอกกับใช้อินเวอร์เตอร์ปรับรอบมอเตอร์ขับเครื่องอัดไอ พบว่าที่อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C, BAR 70% และ วิธีควบคุมอุณหภูมิโดยอินเวอร์เตอร์มีสมรรถนะการอบแห้งโดยรวมดีกว่า

อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบระบบปั๊มความร้อนแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ระบบอบแห้ง และระบบห้องเย็น ในระบบอบแห้งต้องการอบแห้งผลผลิตที่อุณหภูมิ 45 °C ห้องอบแห้งขนาด 115 x 88 x 100 cm^3 ฉนวนหนา 1.5 cm ถาดบรรจุขนาด 54 x 79 cm^2 พัดลมหมุนเวียนอากาศ ขับด้วยมอเตอร์ 1 hp 1450 rpm อัตราการไหลของอากาศ 0.49 kg/s มีเครื่องอัดไอ 1.49 kW ขับด้วยมอเตอร์ 3 hp 1420 rpm ส่วนควบแน่น 5.78 kW และส่วนทำระเหยปั๊มความร้อน 2.75 kW ในระบบห้องเย็น ต้องการลดอุณหภูมิผลผลิตในช่วง 5 - 15 °C ห้องเย็นมีขนาด 62 x 168 x 150 cm^3 ส่วนทำระเหยห้องเย็น 1.54 kW การควบคุมอุณหภูมิห้องอบแห้งและห้องเย็นจะใช้อินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ขับเครื่องอัดไอ

Figure 1. Heat pump dryer and cold storage

การประเมินสมรรถนะ ได้ทำการทดลองอบแห้งวัสดุจำลองภาระงาน ทำการอบแห้งอย่างต่อเนื่อง จนเข้าสู่สภาวะสมดุล จากนั้นเปลี่ยนเป็นระบบอบแห้งร่วมกับระบบทำความเย็น จนเข้าสู่สภาวะสมดุล แล้วจึงเปลี่ยนเป็นระบบทำความเย็น การทดสอบใช้อุณหภูมิอบแห้ง 45 °C และอัตราส่วนอากาศไหลข้ามส่วนทำระเหยปั๊มความร้อน 70% ในระบบทำความเย็นใช้อุณหภูมิในช่วง 5 - 15 °C โดยเก็บข้อมูลอากาศและสารทำงาน R-134a ที่ไหลผ่านอุปกรณ์ในระบบอบแห้งและระบบห้องเย็น ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเครื่องอัดไอ จากนั้นคำนวณหา อัตราความร้อนที่เครื่องควบแน่น สัมประสิทธิ์สมรรถนะปั๊มความร้อน และกำลังไฟฟ้าที่ให้แก่มอเตอร์ขับเครื่องอัดไอ

ผล

จากกราฟรูปที่ 1 อุณหภูมิอากาศอบแห้งเพิ่มขึ้นจาก 22.9 °C เป็น 45 °C ใช้เวลา ประมาณ 30 นาที ในขณะที่อุณหภูมิของห้องเย็นลดลงจาก 28.0 °C เหลือ 12.0 °C จากนั้นปล่อยให้ระบบปั๊มความร้อนทำงานไปเป็นเวลา 105 นาที จึงทำการเปลี่ยนเป็นระบบปั๊มความร้อนและห้องเย็น จนถึงเวลา 160 นาที สุดท้ายเปลี่ยนเป็นระบบห้องเย็นอุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นเล็กน้อยก่อนจะลดลงมาที่ 45 °C จนถึงเวลา 230 นาที

กราฟรูปที่ 2 อุณหภูมิสารทำงาน เข้าส่วนควบแน่นเพิ่มจาก 25 °C ไปถึง 80 °C ใช้เวลา 30 นาที จากนั้น ความเร็วรอบของมอเตอร์เครื่องอัดไอลดลงทำให้อุณหภูมิสารทำงานลดลงเพื่อรักษาภูมิของอากาศอบแห้งอยู่ที่ 45 °C เมื่อทำการเปลี่ยนเป็นระบบปั๊มความร้อนและห้องเย็นอุณหภูมิสารทำงานลดลงเหลือ 70 °C ในขณะเดียวกันอุณหภูมิของสารทำงานที่ออกจากส่วนทำระเหยของห้องเย็นเพิ่มขึ้นจาก 8 °C เป็น 15 °C ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณสารทำงานสูงขึ้น อัตราความร้อนที่ส่วนควบแน่นมีค่าคงที่ ทำให้เอลทัลปีสารทำงานที่เข้าส่วนควบแน่นลดลง และเมื่อทำการเปลี่ยนระบบเป็นห้องเย็นอุณหภูมิสารทำงานเพิ่มขึ้นเป็น 80 °C ในขณะเดียวกันอุณหภูมิของสารทำงานที่ออกจากส่วนทำระเหยของห้องเย็นลดลงจาก 15 °C เป็น 10 °C เนื่องจากอัตราความเย็นที่ส่วนทำระเหยห้องเย็นมีค่าเพิ่มขึ้น อัตราความร้อนที่ส่วนควบแน่นจึงเพิ่มขึ้น ส่วนอุณหภูมิของสารทำงานที่ออกจากส่วนควบแน่นค่อนข้างคงที่ตลอดการทดสอบ

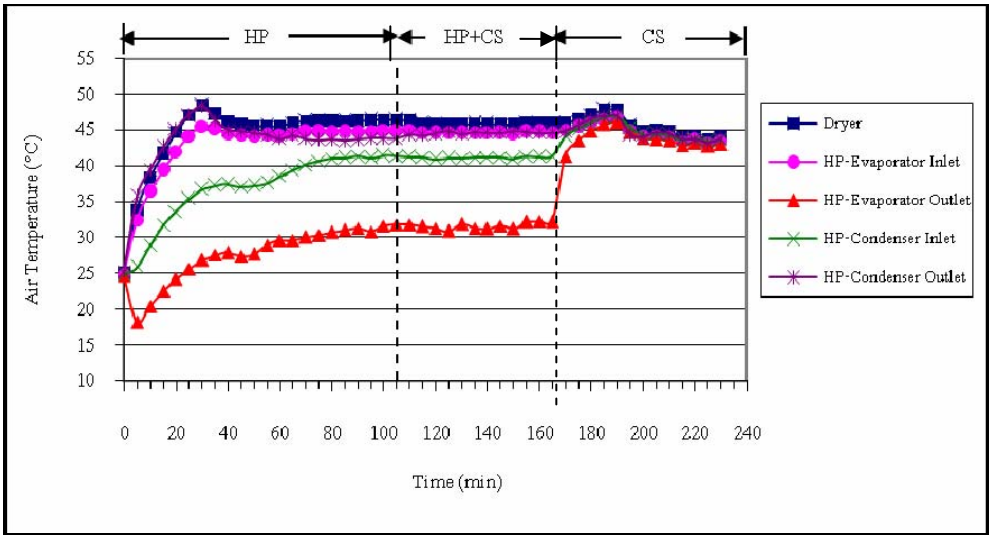

Figure 2. Air temperature in drying system at drying temperature 45 °C, BAR 70%

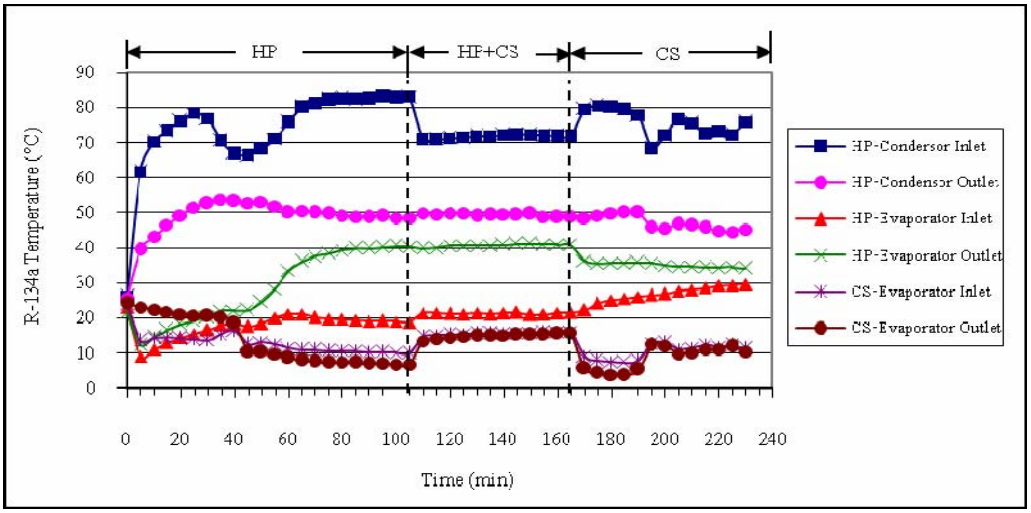

Figure 3. R-134a temperature in heat pump at drying temperature 45 °C, cold storage temperature 5 - 15 °C, BAR 70%

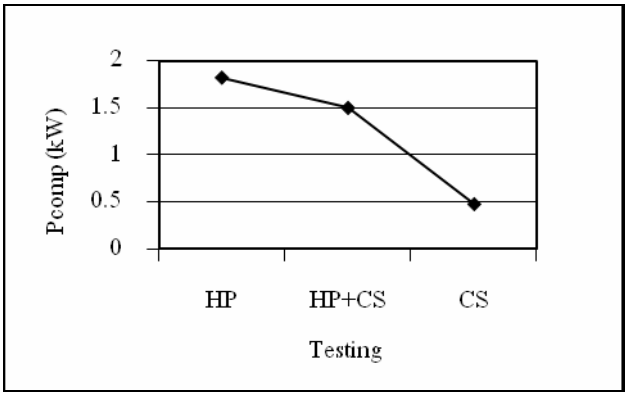

Figure 4. Power Consumption of switching test methods

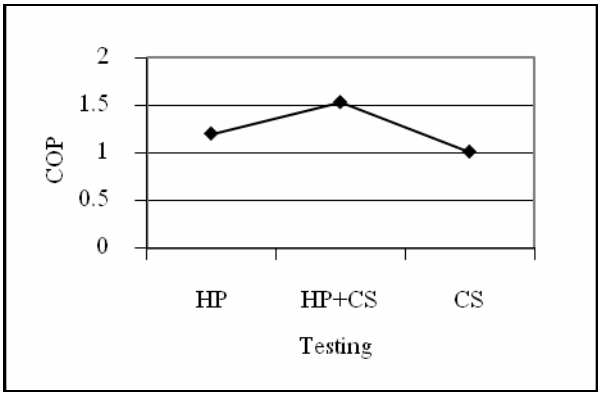

Figure 5. Coefficient of performance of switching test methods

วิจารณ์ผล

จากรูปที่ 4. เมื่อพิจารณาค่าการใช้กำลังไฟฟ้าพบว่า การเปลี่ยนจากระบบอบแห้งเป็นระบบอบแห้งร่วมกับระบบห้องเย็นมีการสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าลดลงจาก 1.82 kW เป็น 1.51 kW สามารถประหยัดพลังงานได้ 17% เนื่องจากขณะเดินระบบแห้งร่วมกับระบบห้องเย็น สารทำงานได้รับความร้อนจากส่วนทำระเหยห้องเย็นมาแลกเปลี่ยนความร้อนที่ส่วนควบแน่นเพิ่มมากขึ้น ทำให้ภาระในการทำงานของมอเตอร์ขับเครื่องอัดไอลดลง โดยที่ความถี่ของมอเตอร์จะลดลงจาก 53 Hz เป็น 39.5 Hz และเมื่อทำการเปลี่ยนเป็นระบบห้องเย็น การสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้ามอเตอร์ขับเครื่องอัดไอลดลงเป็น 0.48 kW จากรูปที่ 5. เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบพบว่า การเปลี่ยนระบบอบแห้งเป็นระบบอบแห้งร่วมกับระบบห้องเย็น ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบเพิ่มขึ้นจาก 1.2 เป็น 1.53 และเมื่อทำการเปลี่ยนเป็นระบบห้องเย็น มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบลดลงเป็น 1.08 ตลอดเวลาในการทดลองสามารถรักษาอุณหภูมิห้องอบแห้งไว้ที่ 45 °C และห้องเย็นมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 12 - 15 °C ทำให้สามารถทำการอบแห้งร่วมกับการทำความเย็นผลผลิตได้ตามต้องการ และหากพิจารณาความสิ้นเปลืองพลังงานของการอบแห้งและการทำความเย็นรวมกัน สามารถประหยัดพลังงานโดยรวมได้ 34.8% ดังนั้นระบบดังกล่าวจึงเหมาะสมที่จะทำการศึกษาเพื่อใช้งานในเชิงพาณิชย์ต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย และห้องวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

วศิน เรืองกำเนิด. 2548. การประเมินสมรรถนะการอบแห้งสมุนไพรโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และศิวะ อัจฉริยวิริยะ,2543, การอบแห้งผักและผลไม้ด้วยปั๊มความร้อน, วารสารราชบัณฑิตยสถาน, ปีที่ 25 ฉบับที่ 2

ASHRAE. 2001. Hand book of fundamental. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Condition Engineering: Atlanta, Ga

Baldo, R. and Brunner, H. 1989. Reducing Load on Driers by Means of Refrigeration. Sales brochure, Sulzer-Escher Wyss, Lindau, Germany.

Prasertsan S. Saen-saby P. Ngamsritrakul G., 1996, Heat Pump Dryer Part1: Simulation of the Models, International Journal of Energy Research, Volume 20, pp.1067-1079