ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ สภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุดของ
เครื่องอบแห้งมะละกอแช่อิ่ม แบบปั๊มความร้อน

ผู้เขียน นางสาวเหมือนจิต แจ่มศิลป์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ. ดร. ศิวะ อัจฉริยวิริยะ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและปรับปรุงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ของเครื่องอบแห้งมะละกอแช่อิ่ม แบบปั๊มความร้อน และศึกษาอิทธิพลของค่าตัวแปรต่างๆ ซึ่งมีผลต่อเงื่อนไขการทำงานที่สภาวะที่เหมาะสมที่สุดของการอบแห้ง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องอบแห้งมะละกอแช่อิ่ม แบบปั๊มความร้อน ที่ทำการพัฒนาประกอบด้วย 3 แบบจำลองหลัก คือ แบบจำลองของห้องอบแห้ง (Drying Chamber Model) เป็นแบบจำลองแบบใกล้สมดุล ซึ่งมีสมการเป็นแบบเอ็มไพริคอล แบบจำลองของระบบปั๊มความร้อน (Heat Pump Model) มีสมการเป็นแบบทฤษฎี และแบบจำลองสมรรถนะของการอบแห้ง (Performance Model) แบบจำลองของระบบปั๊มความร้อน ประกอบด้วย 3 แบบจำลองย่อย ได้แก่ แบบจำลองเครื่องทำระเหย (Evaporator Model) แบบจำลองเครื่องอัดไอ (Compressor Model) และแบบจำลองเครื่องควบแน่น (Condenser Model) สารทำความเย็นที่ใช้คือ R-22 ระบบอบแห้งที่ทำการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ ระบบปิด ระบบเปิด และระบบปิดบางส่วน กำหนดสมมุติฐานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ห้องอบแห้งมีการหุ้มฉนวนอย่างดี ผนังของชิ้นส่วน/อุปกรณ์ ท่อต่างๆของระบบปั๊มความร้อนและห้องอบแห้งเป็น Adiabatic อุณหภูมิและความเร็วของอากาศในห้องอบแห้งมีการกระจายแบบทั่วถึง ตลอดพื้นที่หน้าตัดของห้องอบแห้ง มีความสมดุลทางความร้อน แต่ไม่มีความสมดุลทางความชื้นระหว่างอากาศที่ใช้ในการอบแห้งกับวัสดุที่อบแห้ง ไม่มีการอัดตัวของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง สภาวะของอากาศแวดล้อมภายนอกคงที่ ตลอดการอบแห้ง และอุณหภูมิเริ่มต้นของวัสดุและอุณหภูมิในห้องอบแห้งเริ่มต้น มีค่าเท่ากับอุณหภูมิอบแห้ง กำหนดเงื่อนไขเริ่มต้น คือ ปริมาณมะละกอแช่อิ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่ทำการอบแห้ง 100 kg. ความชื้นเริ่มต้นของมะละกอแช่อิ่ม 40 % dry-basis และความชื้นสุดท้ายของมะละกอแช่อิ่มที่ต้องการ 18 % dry-basis ตัวแปรซึ่งเป็นเงื่อนไขการทำงานของการอบแห้งที่มีการวิเคราะห์ค่าความไว (Sensitivity Analysis) ได้แก่ อุณหภูมิของอากาศแวดล้อม, ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม, อุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง, สัดส่วนของอากาศที่นำกลับมาใช้ใหม่, สัดส่วนของอากาศข้ามเครื่องทำระเหย และอัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง โดยใช้สมรรถนะของการอบแห้ง คือ เวลาที่ใช้อบแห้ง (Drying Time : DT) อัตราการอบแห้ง (Drying Rate : DR) และอัตราการระเหยจำเพาะ (Specific Moisture Extraction Rate : SMER) เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา

ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า ตัวแปรซึ่งมีอิทธิพลมากที่สุดต่อเครื่องอบแห้งปั๊มความร้อนแบบปิด แบบเปิด และแบบปิดบางส่วน คือ อุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง โดยการเปลี่ยนแปลงค่าของอุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง จะทำให้สมรรถนะของการอบแห้งที่สภาวะของเงื่อนไขเริ่มต้นที่เหมาะสมที่สุด มีการเปลี่ยนแปลงค่าไปมากที่สุด ดังนั้นจึงควรกำหนดและควบคุมอุณหภูมิอบแห้งให้เหมาะสม เพื่อให้การอบแห้งเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องอบแห้งทั้ง 3 ระบบ พบว่า เครื่องอบแห้งปั๊มความร้อนแบบปิด หรือมีการนำอากาศที่ออกจากห้องอบแห้งทั้งหมดกลับมาใช้ใหม่ในระบบ (RC = 100%) และไม่มีอิทธิพลของสภาวะอากาศแวดล้อมภายนอกเกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบ เป็นระบบที่ให้สมรรถนะการอบแห้งสูงที่สุด โดยสภาวะที่เหมาะสมที่สุด คือ ที่อุณหภูมิอากาศที่ใช้อบแห้ง 55 °C, อัตราการไหลของอากาศ 1398 kg. dry air/h. และสัดส่วนของอากาศข้ามเครื่องทำระเหย 70% โดยใช้เวลาการอบแห้ง (DT) 34.8 ชั่วโมง, อัตราการอบแห้ง (DR) 0.451 kg. water/h. และอัตราการระเหยจำเพาะ (SMER) 0.295 kg. water/kW-h.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title	Optimal Operating Conditions of a Papaya Glace′ Heat Pump Dryer.
Author	Miss Muanjit Chamsilpa
Degree	Master of Engineering (Energy Engineering)
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Siva Achariyaviriya

ABTRACT

The objectives of this research are to develop and improve mathematical models of a papaya glace′ heat pump dryer and to study the effect of initial condition variables on optimal operating conditions of drying.

The mathematical model consists of three parts. A drying chamber model is developed by empirical equations and a near-equilibrium model. A heat pump model is developed from theoretical equations and a performance model. In the heat pump model, there are three sub models, namely, the evaporator model, compressor model and condenser model. The refrigerant of the heat pump system is R-22. Drying systems within this research are divided into three types, namely, closed loop system, opened loop system and partially closed loop system. The assumptions of the model are : the wall of the components is adiabatic, the temperature and air velocity are uniformly distribution, there is heat equilibrium but no moisture equilibrium, there is no compression of drying air, ambient conditions are constant and the initial temperature of the drying chamber and papaya glace′ are equal to drying air temperature. The initial conditions of drying are 100 kg. of papaya glace′ , initial moisture content 40 % dry-basis. and final moisture content 18% dry-basis. The variables for sensitivity analysis are ambient temperature, ambient relative humidity, drying air temperature, fraction of air recycled, fraction of

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

evaporator bypass air and air flow rate. The criteria for evaluating the performance are drying time (DT), drying rate (DR) and specific moisture extraction rate (SMER).

The results of simulation show that drying air temperature affects significantly the performance of all systems. Also, for effective drying, drying air temperature is the critical variable and should be controlled in the optimal condition.

The comparison of three systems shows that the closed loop system, which has 100% fraction of air recycled, is the best system in terms of performance. The optimal condition is obtained with the drying air temperature of 55 °C, the air flow rate of 1398 kg. dry air/h. and the fraction of evaporator bypass air 70% . The drying results will be the drying time of 34.8 h., the drying rate of 0.451 kg. water/h. and the specific moisture extraction rate of 0.295 kg. water/kW-h.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved