


การศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน



นางสาวนิรุบล กาญจนางกูรพันธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-2374-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

120829875

A STUDY ON THE PERFORMANCE OF
A COMBINED HEAT PUMP-HEAT PIPE DRYER

Miss Nirubon Kanjanangkoonphun



ศูนย์วิทยทรัพยากร

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-2374-1

นางสาวนิรุบล กาญจนางกูรพันธุ์ : การศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน (A STUDY ON THE PERFORMANCE OF A COMBINED HEAT PUMP-HEAT PIPE DRYER), อ. ที่ปรึกษา : ผศ ดร.ตุลย์ มณีวัฒนา, 207 หน้า. ISBN 974-17-2374-1

การอบแห้งเป็นวิธีที่ช่วยให้สามารถเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรที่มีมากในแต่ละฤดูกาลไว้ได้นาน กระบวนการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนเป็นวิธีหนึ่งที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบัน แต่ปัญหาที่สำคัญของการใช้เครื่องอบแห้งแบบนี้คือ มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสูง การออกแบบเครื่องอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนจะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลงได้ นอกจากนั้นแล้ว ยังจะช่วยเพิ่มคุณภาพของผลผลิตอีกด้วย

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการอบแห้งแบบใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับการอบแห้งแบบใช้เครื่องทำความร้อน

จากการทดลองเพื่อหาจุดทำงานที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน พบว่า อุณหภูมิอบแห้งที่เหมาะสมมีค่าอยู่ที่ประมาณ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมของอากาศประมาณ 1.20 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิและความเร็วลมดังกล่าวเครื่องจะสามารถอบแห้งได้ภายในเวลาประมาณ 16 ชั่วโมง และสามารถทำให้น้ำระเหยออกประมาณ 0.55 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 111.9 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยตลอดอายุการใช้งานที่ใช้ในการอบแห้งจะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 46.9 บาทต่อกิโลกรัมน้ำระเหย ผลจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมจากการใช้เครื่องอบแห้งทั้ง 2 ชนิด พบว่า เครื่องอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนมีประสิทธิภาพสูงกว่า และสามารถลดค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานและประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ประมาณ 23 และ 35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2545

ลายมือชื่อนิสิต *Aspa Ori*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *Dr. Tuay Maneevattan*

4370365021 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEYWORD : DRYER / HEAT PUMP / HEAT PIPE

NIRUBON KANJANANGKHOONPHUN : A STUDY ON THE PERFORMANCE OF A COMBINED HEAT PUMP-HEAT PIPE DRYER, THESIS ADVISOR : ASST. PROF.TUL MANEEWATTANA , Ph.D., 207 pp. ISBN 974-17-2374-1

Drying process is the method to help preserve the excess agricultural products in its season for later use. Drying process by using electric heater is one of the methods practically use today, however the cost of the energy consumption is very high. The alternative drying method that use a combined heat pump-heat pipe drying process is a better way to decrease the energy consumption expenses and also increase the product quality.

This research studied the performance of a combined heat pump-heat pipe dryer and compare the differences between a drying process using heater and a combined heat pump-heat pipe.

Experiment was conducted to find the optimum operating point for dryer with a combined heat pump-heat pipe. It was found that the optimum drying temperature is approximately 60 °C and the optimum wind velocity is approximately 1.20 m/s. At this temperature and wind velocity the machine could dry the product within about 16 hours and make the water evaporates out at the rate of about 0.55 kg per hour. The energy consume is approximately 111.9 MJ per kg of water evaporated. The average life cycle cost per kg of water evaporated is approximately 46.9 baht. Results from the comparison between the efficiency of both machines indicate that a combined heat pump-heat pipe dryer has a much better efficiency and it could decrease a life cycle cost and save electrical energy consumption to approximately 23 and 35 percent respectively.

Department Mechanical Engineering Student's Signature.....*Nirubon K.*

Field of study Mechanical Engineering Advisor's Signature.....*Tul Manee Wattana*

Academic year 2002

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์ จากหลายฝ่ายด้วยกัน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ตุลย์ มณีวัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ช่วยเหลือให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะต่างๆ ที่นำมาซึ่งความสมบูรณ์ ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึง รองศาสตราจารย์ ทวี เวชพฤติ รองศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฤชากร จิรกาลวสาน

ขอขอบพระคุณ บริษัท เนเชอรัลกรีน อินโนเวชัน จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ ยืมเครื่องอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน สำหรับใช้ในการทำวิจัย และคุณ กิตติ ลีลาวณิชไชย ที่ได้ช่วยเหลือให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ โรงงาน เกรทฟู้ดส์ (ดีไฮเดรชัน) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ สับปะรดแช่แข็งสำหรับการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ยืมใช้เครื่องวัดความชื้น

ขอกราบขอบพระคุณบิดา และมารดา ซึ่งคอยเป็นกำลังใจให้ตลอดเวลาจนสำเร็จ การศึกษา และขอขอบคุณรุ่นพี่ และเพื่อน ๆ ทุกคนในห้องปฏิบัติการวิจัยทางเทคโนโลยีอาคาร และสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือทั้ง ด้านกำลังใจและกำลังใจตลอดการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อวิทยานิพนธ์	ง
บทคัดย่อวิทยานิพนธ์อังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	บ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	5
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	16
3.1 ทฤษฎีกระบวนการอบแห้ง.....	16
3.2 ทฤษฎีการทำงานของระบบฮีตปั้ม.....	27
3.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการอบแห้ง	36
3.4 ท่อแลกเปลี่ยนความร้อน	38
3.5 ผลไม้อบแห้ง	41
3.6 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์	42
บทที่ 4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	45
4.1 การออกแบบตู้อบแห้ง	45
4.2 การออกแบบระบบฮีตปั้ม	50
4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	64
4.4 ขั้นตอนในการทดลอง.....	64
บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	70
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	109
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	109
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	110

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
รายการอ้างอิง.....	111
ภาคผนวก.....	115
ภาคผนวก ก กราฟและตารางแสดงผลการทดลอง.....	116
ภาคผนวก ข วิธีหาคำตอบของสมการการแพร่ความชื้น.....	184
ภาคผนวก ค เครื่องวัดหาค่า Water Activity (A_w) ของอาหาร.....	202
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	207



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
5.1	เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการอบแห้งระหว่างการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วยการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว 102
5.2	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วยกับการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว 103
5.3	เปรียบเทียบค่าใช้จ่าย เมื่อดำเนินการอบแห้ง คิดเป็นร้อยละต่อจำนวนชั่วโมงการทำงานใน 1 วัน 104
ก.1	แสดงความชื้นเฉลี่ยของผลไม้และค่า Water Activity ในแต่ละชั่วโมง ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของ 1.20 เมตรต่อวินาที 135
ก.2	แสดงความชื้นเฉลี่ยของผลไม้และค่า Water Activity ในแต่ละชั่วโมง ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของ 1.43 เมตรต่อวินาที 136
ก.3	แสดงความชื้นเฉลี่ยของผลไม้และค่า Water Activity ในแต่ละชั่วโมง ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของ 1.20 เมตรต่อวินาที 137
ก.4	แสดงความชื้นเฉลี่ยของผลไม้และค่า Water Activity ในแต่ละชั่วโมง ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของ 1.43 เมตรต่อวินาที 138
ก.5	แสดงความชื้นเฉลี่ยของผลไม้และค่า Water Activity ในแต่ละชั่วโมง ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของ 1.20 เมตรต่อวินาที 139
ก.6	แสดงความชื้นเฉลี่ยของผลไม้และค่า Water Activity ในแต่ละชั่วโมง ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของ 1.43 เมตรต่อวินาที 140

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ก.7 แสดงความชื้นเฉลี่ยของผลไม้และค่า Water Activity ในแต่ละชั่วโมง ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของ 1.20 เมตรต่อวินาที	141
ก.8 แสดงความชื้นเฉลี่ยของผลไม้และค่า Water Activity ในแต่ละชั่วโมง ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของ 1.43 เมตรต่อวินาที	142
ก.9 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่วัดได้จากการทดลอง อบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที	164
ก.10 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่วัดได้จากการทดลอง อบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที	165
ก.11 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่วัดได้จากการทดลอง อบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที	166
ก.12 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่วัดได้จากการทดลอง อบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที	167
ก.13 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่วัดได้จากการทดลอง อบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่ระยะเวลาต่าง ๆ	168
ก.14 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่วัดได้จากการทดลอง อบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่ความยาวของตู้อบแห้งระยะต่าง ๆ	169
ก.15 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่วัดได้จากการทดลอง อบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที	170
ก.16 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่วัดได้จากการทดลอง อบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที	172

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.17 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่วัดได้จากการทดลอง อบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที.....	174
ก.18 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่วัดได้จากการทดลอง อบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที.....	176
ก.19 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่วัดได้จากการทดลอง อบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่ระยะเวลาต่าง ๆ	178
ก.20 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่วัดได้จากการทดลอง อบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่ความยาวของตู้อบแห้งระยะต่าง ๆ .	180
ก.21 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั้ม ร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วย	182
ก.22 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทดลองอบแห้งชนิดใช้ เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว	183

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญญภาพ

รูปที่	หน้า	
3.1	แผนภาพแสดงอิทธิพลของ A_w ต่ออัตราการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหาร.....	24
3.2	หลักการทํางานของระบบทำความเย็นและระบบฮีตปั้ม	28
3.3	วัฏจักรย้อนกลับของคาร์โน	28
3.4	ส่วนประกอบของระบบฮีตปั้ม.....	30
3.5	วัฏจักรฮีตปั้มแบบอัดไอทางอุดมคติ.....	31
3.6	การเปรียบเทียบพฤติกรรมของวัฏจักรจริงกับวัฏจักรทางอุดมคติ ของฮีตปั้มแบบอัดไอ.....	32
3.7	การวิเคราะห์วัฏจักรฮีตปั้มบนแผนภูมิความดันและเอนทาลปี	33
3.8	การทํางานของท่อแลกเปลี่ยนความร้อน	38
4.1	แผนภูมิความดันและเอนทาลปีของเครื่องอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั้ม	54
4.2	เครื่องอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั้มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และใช้เครื่องทำความร้อนด้วย	58
4.3	ฮีตปั้มที่มีส่วนประกอบของท่อแลกเปลี่ยนความร้อน.....	59
4.4	ภาพภายในของฮีตปั้มที่มีส่วนประกอบของท่อแลกเปลี่ยนความร้อน	59
4.5	แผนภาพตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั้มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยน ความร้อนและใช้เครื่องทำความร้อนด้วยในการทําวิจัย	60
4.6	แบบขนาดของฮีตปั้ม	61
4.7	แบบขนาดของตู้อบแห้ง	62
4.8	แบบขนาดของถาดอบแห้ง	63
4.9	การทํางานของระบบอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั้มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และใช้เครื่องทำความร้อนด้วย	65
4.10	สภาวะของอากาศที่ผ่านในส่วนของฮีตปั้มที่มีท่อแลกเปลี่ยนความร้อน	66
4.11	การทํางานของระบบอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว	66
4.12	สับปะรดแช่หิมที่วางเรียงบนตะแกรง	67
4.13	เครื่องควบคุมอุณหภูมิ.....	67
4.14	ตะแกรงสับปะรดวางเรียงในตู้อบแห้ง	68
4.15	เครื่อง Norasina AW SPRINT	68
5.1	แสดงส่วนของตู้อบแห้ง.....	72

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ของระบบ กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที 121
ก.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ของระบบ กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที 121
ก.11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ของระบบ กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่ระยะเวลาต่าง ๆ 122
ก.12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ของระบบ กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่ความยาวของตู้อบแห้งระยะต่าง ๆ 122
ก.13	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่จุดต่างๆ ของระบบ กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลม ของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที 123
ก.14	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่จุดต่างๆ ของระบบ กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลม ของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที 123
ก.15	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่จุดต่างๆ ของระบบ กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลม ของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที 124
ก.16	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่จุดต่างๆ ของระบบ กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลม ของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที 124

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่จุดต่างๆ ของระบบ กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่ระยะเวลาต่าง ๆ.....	125
ก.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่จุดต่างๆ ของระบบ กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่ความยาวของตู้อบแห้งระยะต่างๆ.....	125
ก.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่จุดต่างๆ ของระบบ กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที	126
ก.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่จุดต่างๆ ของระบบ กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที	126
ก.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่จุดต่างๆ ของระบบ กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที	127
ก.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่จุดต่างๆ ของระบบ กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที	127
ก.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่จุดต่างๆ ของระบบ กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่ระยะเวลาต่าง ๆ.....	128
ก.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่จุดต่างๆ ของระบบ กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่ความยาวของตู้อบแห้งระยะต่างๆ	128
ก.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศ กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที	129

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศ กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่ระยะเวลาต่าง ๆ	134
ก.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศ กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่ความยาวของตู้อบแห้งระยะต่างๆ.....	134
ก.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่ม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและ ใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลม ของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที	135
ก.38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่ม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและ ใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลม ของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที	136
ก.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่ม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและ ใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลม ของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที	137
ก.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่ม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและ ใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลม ของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที	138
ก.41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่ม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที	139
ก.42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่ม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที	140
ก.43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่ม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที	141

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
<p>ก.44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อบแห้ง ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที 142</p>	142
<p>ก.45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อบแห้ง กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลม ของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที 143</p>	143
<p>ก.46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อบแห้ง กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลม ของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที 143</p>	143
<p>ก.47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อบแห้ง กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลม ของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที 144</p>	144
<p>ก.48 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อบแห้ง กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลม ของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที 144</p>	144
<p>ก.49 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อบแห้ง กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที 145</p>	145
<p>ก.50 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อบแห้ง กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที 145</p>	145
<p>ก.51 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่อบแห้ง กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที 146</p>	146

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.52	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดเชื่อม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที 146
ก.53	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดเชื่อม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและ ใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่ความเร็วลมของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที..... 147
ก.54	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดเชื่อม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและ ใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่ความเร็วลมของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที..... 147
ก.55	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดเชื่อม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและ ใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส..... 148
ก.56	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดเชื่อม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและ ใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส..... 148
ก.57	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดเชื่อม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและ ใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่ความยาวของตู้อบแห้งระยะต่างๆ 149
ก.58	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดเชื่อม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่ความเร็วลมของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที 149
ก.59	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดเชื่อม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่ความเร็วลมของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที 150
ก.60	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดเชื่อม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 150
ก.61	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดเชื่อม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 151

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.72 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่หุ้มกับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดี่ยว ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	156
ก.73 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่หุ้มกับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดี่ยว ที่ระยะเวลาต่าง ๆ	157
ก.74 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่หุ้มกับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดี่ยว ที่ความยาวของตู้อบแห้งระยะต่างๆ.....	157
ก.75 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่หุ้ม กับเวลาที่ใช้ โดยเปรียบเทียบระหว่างการทดลองอบแห้ง 2 แบบ	158
ก.76 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยจากสับปะรดแช่หุ้ม กับเวลาที่ใช้ โดยเปรียบเทียบระหว่างการทดลองอบแห้ง 2 แบบ	159
ก.77 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่หุ้ม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของตู้อบแห้ง	160
ก.78 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่หุ้ม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของตู้อบแห้ง	160
ก.79 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่หุ้ม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของตู้อบแห้ง	161
ก.80 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่หุ้ม กับเวลาที่ใช้ ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้ฮีตปั๊มร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และใช้เครื่องทำความร้อนด้วย ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของตู้อบแห้ง	161

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.81 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่ม กับเวลาที่ใช้ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของตู้อบแห้ง	162
ก.82 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่ม กับเวลาที่ใช้ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของตู้อบแห้ง	162
ก.83 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่ม กับเวลาที่ใช้ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.20 เมตรต่อวินาที ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของตู้อบแห้ง	163
ก.84 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเฉลี่ยของสับปะรดแช่อิ่ม กับเวลาที่ใช้ในการทดลองอบแห้งชนิดใช้เครื่องทำความร้อนอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเร็วลมของอากาศ 1.43 เมตรต่อวินาที ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของตู้อบแห้ง	163
ค.1 เครื่อง Norasina AW SPRINT	205
ค.2 ชุด Humidity Standards จำนวน 6 ค่า	205
ค.3 ใส่สับปะรดแช่อิ่มลงในถ้วยพลาสติกขาวขุ่น	206
ค.4 วางถ้วยพลาสติกลงใน Measuring Chamber	206

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์		หน่วย
A	พื้นที่ของวัสดุ	m^2
C	ความเข้มข้นของความชื้น	kg/m^3
COP_{re}	Coefficient of performance for refrigeration	
COP_{hp}	Coefficient of performance for heat pump	
c	ความร้อนจำเพาะของสับปะรดแช่แข็ง	$kJ/kg^{\circ}C$
c_a	ความร้อนจำเพาะของอากาศ	$kJ/kg^{\circ}C$
D	สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้น	m^2/hr
d	มวลของผลไม้แห้ง	kg
ERH	ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล	เปอร์เซ็นต์
h	เอนทาลปีในระบบที่จุดใด ๆ	kJ/kg
h_d	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสาร	m/hr
h_{fg}	ความร้อนแฝงของการระเหยของน้ำ	$kJ / kg-H_2O$
h'	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน	$kJ/m^2^{\circ}C-hr$
M_d	ความชื้นเริ่มต้น	เศษส่วนมาตรฐานแห้ง
M_{eq}	ความชื้นสมดุล	เศษส่วนมาตรฐานแห้ง
M_w	ความชื้นเริ่มต้น	เศษส่วนมาตรฐานเปียก
$M_{0.5}$	ความชื้นของผลไม้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50 %	เศษส่วนมาตรฐานแห้ง
m_f	อัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็น	kg/s
m_p	มวลของผลไม้	kg
\dot{m}_a	อัตราการไหลของมวลอากาศแห้ง	kg/hr
\dot{m}_w	อัตราการถ่ายเทมวลสาร	kg/hr
P	ความดันสูญเสียทั้งระบบ	Pa
P_m	กำลังงานมอเตอร์พัดลม	kW
Q	ความร้อนที่แลกเปลี่ยนระหว่างปริมาตรควบคุม และสิ่งแวดล้อม	kJ
Q_a	อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ	m^3/s
\dot{Q}_c	ความสามารถในการทำความร้อนสุทธิของคอนเดนเซอร์	kW

สัญลักษณ์		หน่วย
\dot{Q}_e	ความสามารถในการทำความเย็นสุทธิของเครื่องระเหย	kW
\dot{Q}_h	ความร้อนจากขดลวดความร้อนให้แก่อากาศ	kW
\dot{Q}_p	ความสามารถในการทำความเย็นและร้อนของ ท่อแลกเปลี่ยนความร้อน	kW
q_c	ความสามารถในการทำความร้อนต่อมวล	kJ/kg
q_e	ความสามารถในการทำความเย็นต่อมวล	kJ/kg
q_w	พลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ทางอุณหคณิต	kJ/kg
RH	ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ	%RH
T	อุณหภูมิของอากาศ	$^{\circ}\text{C}$
T_{ci}	อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์	$^{\circ}\text{C}$
T_{co}	อุณหภูมิของอากาศหลังเข้าคอนเดนเซอร์	$^{\circ}\text{C}$
T_{ei}	อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องระเหย	$^{\circ}\text{C}$
T_{eo}	อุณหภูมิของอากาศหลังเข้าเครื่องระเหย	$^{\circ}\text{C}$
T_H	แหล่งความร้อนอุณหภูมิสูง	$^{\circ}\text{C}$
T_{hi}	อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าขดลวดความร้อน	$^{\circ}\text{C}$
T_{no}	อุณหภูมิของอากาศขาออกจากขดลวดความร้อน	$^{\circ}\text{C}$
T_L	แหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำ	$^{\circ}\text{C}$
T_{pi}	อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าท่อแลกเปลี่ยนความร้อน	$^{\circ}\text{C}$
T_{po}	อุณหภูมิของอากาศหลังเข้าท่อแลกเปลี่ยนความร้อน	$^{\circ}\text{C}$
t	เวลา	hr
v_f	อัตราการไหลเชิงปริมาตรของสารทำความเย็น	m^3/s
v	ปริมาตรจำเพาะของสารทำความเย็นที่เครื่องระเหย	m^3/kg
W	อัตราส่วนความชื้น	kg water / kg dry air
W	งานเพลลาที่แลกเปลี่ยนระหว่างปริมาตรควบคุมและสิ่งแวดล้อม รวมกับงานจากการหดหรือขยายตัวของปริมาตรควบคุม	kJ
W_i	มวลของผลไม้เริ่มต้น	kg
W_c	งานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ทางอุณหคณิต	kW
x	ระยะ	m

สัญลักษณ์		หน่วย
ρ	ความหนาแน่นของสับปะรดแช่อิ่ม	kg/m^3
ρ_a	ความหนาแน่นของอากาศ	kg/m^3
ΔH	การเปลี่ยนแปลงเอนทาลปีของกระแสดการไหลของของไหล	kJ
ΔKE	การเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์	kJ
ΔPE	การเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์	kJ
ΔU	การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของปริมาตรควบคุม	kJ
ΔU_p	การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของผลไม้แช่อิ่ม ต่อหนึ่งหน่วยมวลอากาศแห้ง	kJ/kg-dry air
η_f	ประสิทธิภาพของพัดลม	
η_m	ประสิทธิภาพทางกลของมอเตอร์	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย