เครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยการถ่ายโอนความร้อนด้วยของไหล

นายสำคัญ รัตนบุรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-511-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015716
LA7641998A

Solar Dryer with Fluid Heat Transfer

Mr. Samkun Rattanaburi

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Physics

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1989

ISBN 974-576-511-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยการถ่ายโอนความร้อนด้วยของไหล

โดย นายสำคัญ รัตนบุรี

ภาควิชา พิสิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร เส็งหะพันธุ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ภิยโย ปันยารชุน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร เส็งหะพันธุ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ไพฑูรย์ พีรานนท์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจาย์ ดร.พิฑูร ตรีวิจิตรเกษม)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สำคัญ รัตนบุรี : : เครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยการถ่ายโอนความร้อนด้วยของไหล (SOLAR DRYER WITH A FLUID HEAT TRANSFER) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. วิศิษฐ์ เล็งทะพันธุ์, 82 หน้า

ในการวิจัยนี้ได้สร้างเครื่องอบแห้งโดยอาศัยของเหลวพาความร้อนจากตัวดูดกลืนความร้อนไประบายออกที่ตัวระบายความร้อน ซึ่งวางอยู่ที่ส่วนล่างห้องอบ ห้องอบได้สร้างขึ้นด้วยโครงเหล็กฉากและปิดผนังโดยรอบด้วยโฟมกันถ่ายเทความร้อนกว้าง 66 ซม. ลึก 33 ซม. และสูง 30 ซม. เจาะรูจำนวน 7 x 11 รู มีเส้นผ่าศูนย์กลางรูละ 1 ซม. ที่ฐานห้องอบและฝาห้องอบ สำหรับเป็นช่องระบายอากาศ ช่องระบายอากาศสามารถเปลี่ยนขนาดได้โดยปิดรูบางรู ในการทดลองใช้ช่องระบายอากาศสามแบบด้วยกัน แบบแรกเปิดรูทุกรู แบบที่สองเปิดรูที่ฝากล่อง 57% แบบที่สามเปิดรูที่ฝากล่อง 31% ศึกษาโดยใช้น้ำเป็นของเหลวใช้งาน ทดลองกับช่องระบายอากาศ 3 แบบ เมื่อนำตัวดูดกลืนความร้อนไปแช่ไว้ในน้ำร้อนอุณหภูมิต่าง ๆ อุณหภูมิห้องอบจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิน้ำร้อน ขณะน้ำร้อนมีอุณหภูมิช่วง 79-81 °C ห้องอบมีอุณหภูมิช่วง 60-65 °C ผลจากการอบถั่วลิสงความหนาแน่น 2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เมื่อใช้ตะแกรงหนึ่งชั้นด้วยช่องระบายอากาศแบบที่ 1 ช่องระบายอากาศแบบที่ 2 และช่องระบายอากาศแบบที่ 3 เปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงจาก 100% เหลือ 81% ด้วยเวลา 72 นาที 62 นาที และ 67 นาที ตามลำดับ ฉะนั้นช่องระบายอากาศแบบที่ 2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงเร็วที่สุด จึงเลือกช่องระบายอากาศแบบที่ 2 อบถั่วลิสงความหนาแน่น 2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เมื่อใช้ตะแกรง 2 ชั้น ได้ผลว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงจาก 115% เหลือ 106% ด้วยเวลา 120 นาที นั่นคือเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงช้ากว่าเดิม จึงเปลี่ยนให้ความหนาแน่นของถั่วลิสงลดลงเหลือ 1 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ได้ผลว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงจาก 100% เหลือ 81% ด้วยเวลา 70 นาที ก็ได้ผลไม่ดีกว่าอบด้วยตะแกรงหนึ่งชั้น เมื่อใช้น้ำผสมน้ำยาปรับความเย็นเป็นของเหลวใช้งาน ขณะน้ำร้อนอุณหภูมิช่วง 79-81 °C ผลการทดลองอบถั่วลิสงบนตะแกรงชั้นเดียวความหนาแน่น 2 กิโลกรัมต่อตารางเมตรกับช่องระบายอากาศแบบที่ 2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงจาก 100% เหลือ 81% ด้วยเวลา 60 นาที ฉะนั้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงดีกว่าใช้น้ำเป็นของเหลวใช้งาน จากนั้นได้สร้างช่องระบายอากาศแบบที่ 4 ขึ้น โดยดัดแปลงจากช่องระบายอากาศแบบที่ 2 ด้วยการนำมุ้งลวดไปปิดไว้ที่ฐานกล่องและฝากล่อง เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนให้สิ่งแวดล้อม ผลการทดลองอบถั่วลิสงพบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงจาก 100% เหลือ 81% ด้วยเวลา 50 นาที ช่องระบายอากาศแบบที่ 4 จึงดีที่สุด จากนั้นนำตัวดูดกลืนความร้อนไปวางไว้ที่โฟกัสของจานพาราโบลาสะท้อนแสง ผลที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับการตากแดดตามธรรมชาติ พบว่า ผลทางอัตราการแห้งไม่ดีไปกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ

ภาควิชา ฟิสิกส์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2531 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

SAMKUNN RATTANABURI : SOLAR DRYER WITH FLUID HEAT TRANSFER,
THESIS ADVISOR : ASSO, PROF, WIJIT SENGHAPHAN, Ph,D,, 82 pp,

A dryer was built, using liquid to transport heat from heat absorber to heat radiator which was put in the lower part of the drying room. The drying room was built out of iron angles and insulated with styrofoam 66 cm width 33 cm depth and 30 cm height. A number of holes (7 x 11) of 1 cm diameter were bored in bottom and top sides of the drying room for ventilation. The ventilation can be changed by covering up some of the holes. Three types of ventilations were used in the experiment namely the first with all the holes. open, the second with 57 % of the top side holes open and the third 31 % of the top side holes open. The experiment was conducted by using water as the working liquid with three types of yentilatinn. When heat absorber was placed in hot water of controlled varying temperatures, the temperature of the drying room increased accordingly with a small time lag. When hot water has a temperature in the 79-80 ^{o}C range, the drying room has a temperature of 60-65 ^{o}C. Peanuts with a density of 2 kg/m^{2}, when put into the dryer had the percentage of humidity decreased from 100 % to 81 % after 72, 62 and 67 minutes, respectively using one layer of wire grid with first, second and third types of ventilation. Thus, the percentage of humidity decreased fastest with second types of yentilation, so it was chosen to dry peanuts with a density of 2 kg/m^{2} using 2 layers of wire. The percentage of humidity decreased from 115 to 106 after 120 minutes, that is, it decreased more slowly, so, the density of peanuts was changed to 1 kg/m^{2} with the result that the percentage of humidity decreased from 100 to 81 after 70 minutes which was no better than using one layer of wire, When water mixed with coolant was used as the working liquid, it was found that with the water of temperature 79-81 ^{o}C, peanuts with a density of 2 kg/m^{2} using second kind of ventilation, the percentage of humidity decreased from 100 % to 81 % after 60 minutes so it decreased better than using water alone, The fourth types of ventilation was subsequvently built by modifying the second types of ventilation by living the base and cover of drying room with wires to prevent heat loss to the environment. It was found that the percentage of humidity in peanuts decreased from 100 % to 81 % after 50 minutes there by asserting that the fourth types of ventilation was best. Heat absorber was then put at the focal point of the deflecting parabola dish and compared the results with natural drying, It is found that the drying rate was not better than the natural drying,

ภาควิชา ฟิสิกส์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

การที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จขึ้นได้นั้น ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ท่านรองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร เส็งหะพันธุ์ ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษา ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านอย่างดียิ่ง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง-จ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ฉ-ช

กิตติกรรมประกาศ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ-ฐ

สารบัญรูป..... ฒ-ฑ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 1

1.2 วิธีดำเนินการวิจัย..... 2

1.2.1 ออกแบบเครื่องอบแห้ง..... 2

1.2.2 ทำการศึกษาอัตราการถ่ายโอนปริมาณความร้อน..... 6

1.2.3 ทำการศึกษาคุณสมบัติเกี่ยวกับการถ่ายโอนปริมาณความร้อนของของเหลวใช้งานชนิดต่าง ๆ..... 7

1.2.4 ทำการอบผลิตผลทางการเกษตร..... 7

1.2.5 ทำการวัดประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง 7

บทที่ 2 ระบบพลังงานแสงอาทิตย์..... 8

2.1 ดวงอาทิตย์และการแผ่รังสี..... 8

2.1.1 ดวงอาทิตย์..... 8

2.1.2 พลังงานแสงอาทิตย์เหนือบรรยากาศโลก 9

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.1.3 พลังงานแสงอาทิตย์บนผิวโลก..... 12

2.1.3.1 การทะลุผ่านบรรยากาศของลำแสง..... 12

2.1.3.2 ทิศทางของพลังงานแสงอาทิตย์ประเภทรังสีตรง..... 14

2.1.4 เวลาท้องถิ่นและเวลาสุริยะ..... 17

2.1.5 พลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ย..... 19

2.2 การถ่ายโอนความร้อน..... 21

2.2.1 การนำความร้อน..... 21

2.2.1.1 การนำความร้อนผ่านผนัง.. 25

2.2.1.2 การนำความร้อนผ่านกระบอก 25

2.2.2 การพาความร้อน..... 27

2.2.2.1 การกระจายความเร็ว.... 28

2.2.2.2 การกระจายอุณหภูมิ..... 31

2.2.3 การแผ่รังสีความร้อน..... 36

2.3 การรับพลังงานแสงอาทิตย์..... 37

2.3.1 แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่น..... 37

2.3.2 แผงรับแสงอาทิตย์แบบรวมแสง..... 39

บทที่ 3 การทดลองใช้เครื่องอบแห้ง..... 41

3.1 ทำการศึกษาอัตราการถ่ายโอนปริมาณความร้อนจากตัวดูดกลืนความร้อนไปยังตัวระบายความร้อน 41

3.1.1 ใช้น้ำเป็นของเหลวใช้งาน..... 41

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.2 ใช้น้ำเป็นของเหลวใช้งานและมีถั่วลิสงในห้องอบ..... 51

3.1.3 ใช้น้ำผสมน้ำยาปรับความเย็นเป็นของเหลวใช้งานและมีถั่วลิสงในห้องอบ..... 56

3.2 อบแห้งด้วยแสงอาทิตย์..... 64

3.2.1 ช่วงเวลาการแห้ง..... 64

3.2.2 อบถั่วลิสงด้วยช่องระบายอากาศแบบที่ 4 65

3.3 การหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง..... 68

บทที่ 4 สรุป..... 70

4.1 ผลการศึกษาอัตราการถ่ายโอนปริมาณความร้อนจากตัวดูดกลืนความร้อนไปยังตัวระบายความร้อน. 70

4.2 ผลการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์..... 78

4.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง..... 78

เอกสารอ้างอิง..... 80

ประวัติผู้เขียน..... 82

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การเปลี่ยนแปลงตลอดปีของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์เนื่องจากระยะทางระหว่างโลกและดวงอาทิตย์เปลี่ยนไป. 10

2.2 อัตราพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันบนระนาบระดับ กิโลจูล/ตารางเมตร วัน..... 20

3.1 อัตราการไหลของน้ำภายในระบบ..... 43

3.2 อัตราการไหลของน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ..... 43

3.3 ปริมาณต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลอง เมื่อใช้น้ำเป็นของเหลวถ่ายโอนความร้อนกับช่องระบายอากาศแบบที่ 1..... 48

3.4 ปริมาณต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลอง เมื่อใช้น้ำเป็นของเหลวถ่ายโอนความร้อนกับช่องระบายอากาศแบบที่ 2..... 49

3.5 ปริมาณต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลอง เมื่อใช้น้ำเป็นของเหลวถ่ายโอนความร้อนกับช่องระบายอากาศแบบที่ 3..... 50

3.6 ปริมาณต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองกับช่องระบายอากาศแบบที่ 1 เมื่อวางถั่วลิสงบนตะแกรงหนึ่งชั้น..... 53

3.7 ปริมาณต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองกับช่องระบายอากาศแบบที่ 2 เมื่อวางถั่วลิสงบนตะแกรงหนึ่งชั้น..... 54

3.8 ปริมาณต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองกับช่องระบายอากาศแบบที่ 3 เมื่อวางถั่วลิสงบนตะแกรงหนึ่งชั้น..... 55

3.9 ปริมาณต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองเมื่อวางถั่วลิสงความหนาแน่น 2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร บนตะแกรงสองชั้น... 58

3.10 ปริมาณต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองเมื่อวางถั่วลิสงความหนาแน่น 1 กิโลกรัมต่อตารางเมตร บนตะแกรงสองชั้น... 59

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3.11	ปริมาณต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลอง เมื่อใช้น้ำผสมน้ำยาปรับความเย็นเป็นของเหลวใช้งาน และมีถั่วลิสงในห้องอบกับช่องระบายอากาศแบบที่ 2.....	61
3.12	ปริมาณต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลอง เมื่อใช้น้ำผสมน้ำยาปรับความเย็นเป็นของเหลวใช้งานและมีถั่วลิสงในห้องอบกับช่องระบายอากาศแบบที่ 4.....	62
3.13	อุณหภูมิภายในห้องอบที่เวลาต่าง ๆ.....	65
3.14	ปริมาณต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองเมื่ออบถั่วลิสงด้วยแสงอาทิตย์และตากแดดตามธรรมชาติ.....	66

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ลักษณะของเครื่องอบแห้ง.....	3
1.2	ห้องอบ.....	4
1.3	ตัวดูดกลืนความร้อน.....	5
1.4	พิมพ์รูปพาราโบลา.....	7
2.1	โครงสร้างของดวงอาทิตย์.....	9
2.2	อัตราส่วนของการแผ่รังสีเข้ามายังโลก ต่อค่าคงที่สุริยะ ในช่วงเวลาหนึ่งปี.....	10
2.3	เส้นโค้งมาตรฐาน แสดงการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่ระยะทางเฉลี่ยโลกและดวงอาทิตย์ ได้ค่าคงที่สุริยะ 1353 w/m^2.....	11
2.4	คำจำกัดความของ "แอแมส".....	13
2.5	กราฟเปรียบเทียบความเข้มที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ เมื่อแสงผ่านบรรยากาศในแนวดิ่งและแสงไม่ผ่านบรรยากาศ.....	13
2.6	แผ่นรับแสงอาทิตย์และมุมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง.....	15
2.7	มุมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งแผ่นรับแสงอาทิตย์ที่จุด P ซึ่งอยู่ที่ละติจูด POB.....	16
2.8	สมการของเวลาเป็นฟังก์ชันกับเวลาของปี.....	18
2.9	ไพราโนมิเตอร์รูปขวามือแสดงส่วนรับการแผ่รังสี.....	18
2.10	การนำความร้อนในลูกบาศก์.....	22
2.11	การนำความร้อนผ่านผนัง.....	26
2.12	การนำความร้อนผ่านทรงกระบอก.....	26
2.13	การไหลแบบกระแสสารภายในท่อกลม.....	29
2.14	ทรงกระบอกเล็ก ๆ หนา dr ยาว dz หุ้มชั้นของไหล...	29

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.15	การนำความร้อนใน Cylindrical coordinates.....	34
2.16	สเปคตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	38
2.17	แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่น.....	38
2.18	คอนเซนเทรเทอร์ชนิดต่าง ๆ.....	40
3.1	การสูบน้ำเข้าระบบ.....	42
3.2	อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ เมื่อนำตัวดูดกลืนความร้อนไปแช่ไว้ในน้ำร้อน.....	45
3.3	ลักษณะช่องระบายอากาศในห้องอบ.....	47
3.4	แสดงการวางถั่วลิสงบนตะแกรงชั้นเดียว.....	52
3.5	แสดงการวางถั่วลิสงบนตะแกรงสองชั้น.....	57
3.6	ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ความชื้นและเวลา.....	63
3.7	ความสัมพันธ์ระหว่าง ΔT และเวลา.....	63
3.8	การติดตั้งจานพาราโบลาสะท้อนแสง.....	67
3.9	ความร้อนของการกลายเป็นไอของน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ.....	69
4.1	ความหนืดของของไหล.....	71
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำร้อนและอุณหภูมิภายในห้องอบ	73
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำร้อนและ q.....	74
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ความชื้นกับเวลา	75
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่าง q กับเวลา.....	76
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องอบกับเวลา.....	76
4.7	เปอร์เซนต์ความชื้นเปลี่ยนแปลงตามเวลา เมื่อใช้น้ำผสมน้ำยาปรับความเย็นเป็นของเหลวใช้งาน.....	77