

การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี
ในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

กรกฎาคม 2556

การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี
ในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

กรกฎาคม 2556

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี
ในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

กรกฎาคม 2556

หริรักษ์ ควรประดิษฐ์.(2556).การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.คณะกรรมการควบคุม: อาจารย์ ดร. อัมพร กุญชรรัตน์, รองศาสตราจารย์ ดร.ธนรัตน์ แต่วัฒนา.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ พัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรพัฒนาวิธีการถนอมอาหารและเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ซึ่งแนวคิดในการออกแบบและสร้างแบ่งออกเป็น 5 ส่วนคือ ส่วนจานรวมรังสีอาทิตย์ ขนาดพื้นที่ 4 ตารางเมตร ส่วนชุดที่รับความร้อน ส่วนเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ส่วนพัดลมระบายความร้อน และส่วนตู้อบแห้ง ซึ่งมีขนาดบรรจุผลผลิตทางการเกษตรมีน้ำหนักมวลรวม 5 กิโลกรัม

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี โดยการทดลองอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรที่น้ำหนักมวลรวม 5 กิโลกรัมต่อเนื่องกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า อุณหภูมิภายในตู้อบมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 52.5 องศาเซลเซียส สามารถผลิตปริมาณความร้อนได้เท่ากับ 2,800 วัตต์ การคำนวณประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเท่ากับร้อยละ 31 และสามารถลดความชื้นในผลิตภัณฑ์ลงได้ร้อยละ 62.1 ของน้ำหนัก โดยไม่มีจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการอบแห้ง การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีดังกล่าว มีระยะเวลาในการคืนทุนที่ 1.5 ปี และมีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับร้อยละ 53 การประเมินผลความคิดเห็นของผู้ที่เกี่ยวข้องในผล การวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็นบุคคล 2 กลุ่ม คือ การประเมินความคิดเห็นกลุ่มผู้ใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี โดยแบบสอบถาม ประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการออกแบบ ด้านความปลอดภัย ด้านการบำรุงรักษา ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และด้านความคุ้มค่าในการลงทุน เฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดี (\bar{X} =4.3,S.D.=0.5) และการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มผู้ประกอบการที่ได้จากกระบวนการอบแห้ง เฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดีมาก (\bar{X} =4.7,S.D.=0.2)

THE DEVELOPMENT OF SOLAR PARABOLIC CONCENTRATORS
IN DRYING PROCESS FOR AGRICULTURAL PRODUCTS



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University

July 2013

Harirug Kuanpradit.(2012).The Development of solar parabolic concentrators in drying process for agricultural products. Master Thesis, M.Ed.(Industrial Education).

Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr. Amporn Kunchornrat,Assoc Prof.Dr.Thanarat Taewattana.

The purpose of this research was to develop the parabolic solar concentrator dryer for agricultural products in drying process in order to encourage farmers to develop the products processing and to increase the value-added of the products for food processing and preservation. The concept of design and build divided into five parts consisting of a 4 square meters of parabolic solar ray concentrator, heating coil tubes, heat exchanger cooling fan, and drying cabinet with the capacity of 5 kilograms of agricultural products.

The performance of the parabolic solar concentrator dryer was conducted by testing the 5 kilograms of agricultural products with 6 hours continuously. It was found that the average temperature inside the cabinet was 52.5 degrees Celsius which could produce heat of 2,800 watts. The overall heat transfer efficiency calculation of the system was 31 percent and it could reduce moisture from the products of 62.1 percent by weight without waste from the drying process. The economic analysis showed a payback period of 1.5 years and an internal rate of return (IRR) of 53 percent. An evaluation of the opinion of the respondents involved from the research was divided into two groups. For a group of users, the questionnaire was divided into 5 parts consisting of designing, security, maintenance, quality of products and the economic of investment. The assessment of users showed an average of a good level (\bar{X} = 4.3, SD = 0.5) and the assessment on satisfaction of consumers was in a very good level (\bar{X} = 4.7, SD = 0.2).

ปริญญาบัตร

เรื่อง

การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ แบบจานรวมรังสี

ในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

ของ

หริรักษ์ ครอบประดิษฐ์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

วันที่ เดือน พ.ศ. 2556

คณะกรรมการควบคุมปริญญาบัตร

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน

..... ประธาน

(อาจารย์ ดร.อัมพร ฤกษ์วรรณ์)

(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

..... กรรมการ

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธนรัตน์ แต้ววัฒนา)

(อาจารย์ ดร. อัมพร ฤกษ์วรรณ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธนรัตน์ แต้ววัฒนา)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความอนุเคราะห์ที่ให้คำปรึกษาอย่างดียิ่งของท่าน

อาจารย์ ดร. อัมพร กุญชรรัตน์ รศ. ดร. ธนรัตน์ แต่วัฒนา อาจารย์ ดร. ไพรัช วงศ์ยุทธิไกร อาจารย์ ดร. สิทธิพงศ์ เพิ่มพิทักษ์ และอาจารย์ โอบาส สุขหวาน ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบ แก้ไข พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะ เพื่อให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ ดร. จัฑณา กุญชรรัตน์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาในการดำเนินการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ อาจารย์ ดร. สุวิมล กฤษศยาสา ที่ได้กรุณาร่วมเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม นาง สุวสา พงษ์พานิช และสมาชิกของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรสระยายโสม ที่ได้กรุณาชี้แนะขั้นตอนการอบแห้ง

สุดท้ายผู้วิจัยขออภิวินิจฉัยถึงพระคุณของบิดา มารดา ครู อาจารย์ ที่ให้การสนับสนุนการศึกษา ให้ความรู้ คำปรึกษาแนะนำ และเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยตลอดมา ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

หริรักษ์ ควรประดิษฐ์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1. บทนำ.....	1
ความสำคัญของปัญหา.....	5
ความมุ่งหมายของงานวิจัย.....	5
ความสำคัญของงานวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	6
ตัวแปรที่ศึกษา.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ	6
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	8
สมมติฐานในการวิจัย.....	8
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
ข้อมูลทั่วไปของพลังงานแสงอาทิตย์.....	9
การอบแห้ง.....	14
เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ในรูปประกอบจานพาราโบลา.....	30
ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง.....	41
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	49
3. วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....	58
ขั้นการออกแบบ.....	61
ขั้นการสร้าง.....	74
ขั้นหาประสิทธิภาพ.....	75
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	81
ผลการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์.....	81
ผลการประเมินเที่ยงตรง.....	83
ผลการประเมินความพึงพอใจ.....	84
ผลการทดสอบของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์.....	90
ผลของจุดคุ้มทุนเชิงเศรษฐศาสตร์.....	94

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5. สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	99
สรุปผลการวิจัย.....	99
อภิปรายผล.....	101
ข้อเสนอแนะ.....	104
ข้อเสนอแนะเพื่องานวิจัยครั้งต่อไป.....	104
บรรณานุกรม.....	105
ภาคผนวก ก รายชื่อและจดหมายเชิญผู้เชี่ยวชาญ.....	108
ภาคผนวก ข สรุปการหาค่าวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม.....	113
ภาคผนวก ค แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน.....	119
ภาคผนวก ง แบบประเมินด้านความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์.....	123
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งานของเครื่องอบแห้ง.....	126
ภาคผนวก ฉ แบบของเครื่องอบแห้ง.....	138
ภาคผนวก ช ผลการทดลองของเครื่องอบแห้ง.....	146
ภาคผนวก ซ แบบบันทึกผลการทดลองผลิตภัณฑ์ของเครื่องอบแห้ง.....	197
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	208

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1. แสดงผลการประเมิน ด้านการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์.....	84
2. แสดงผลการประเมิน ด้านความปลอดภัยของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์.....	85
3. แสดงผลการประเมิน ด้านการบำรุงรักษาของเครื่องอบแห้งรังสีอาทิตย์.....	86
4. แสดงผลการประเมินด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์.....	87
5. แสดงผลการประเมิน ด้านความคุ้มค่าในการลงทุนของเครื่องอบแห้งรังสีอาทิตย์.....	88
6. แสดงความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ จากเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์.....	89
7. สรุปผลการทดลองของเครื่องอบแห้ง.....	90
8. แสดงสัดส่วนการระเหยของน้ำจากวัตถุดิบ.....	91
9. แสดงระยะเวลาคืนทุน.....	97
10. แสดงผลค่าปัจจุบันสุทธิของกระแสเงินสด.....	97
11. แสดงอัตราผลตอบแทนการลงทุนของกระแสเงินสด.....	98
12. แสดงอุณหภูมิที่ผ่านหม้อน้ำ(ครั้งที่1).....	150
13. แสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านบริเวณหม้อน้ำ (ครั้งที่1).....	152
14. แสดงอุณหภูมิที่ผ่านจุดโฟกัส(ครั้งที่1).....	154
15. แสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านการอบแห้ง(ครั้งที่1).....	156
16. แสดงอุณหภูมิที่ผ่านหม้อน้ำ(ครั้งที่2).....	160
17. แสดงอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ(ครั้งที่2).....	162
18. แสดงอุณหภูมิที่ผ่านจุดโฟกัส(ครั้งที่2).....	164
19. แสดงอากาศที่ผ่านการอบแห้ง(ครั้งที่2).....	166
20. แสดงอุณหภูมิที่ผ่านหม้อน้ำ(ครั้งที่3).....	170
21. แสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ(ครั้งที่3).....	172

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
22.แสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดโฟกัส(ครั้งที่3).....	174
23.แสดงอากาศที่ผ่านจากการอบแห้ง(ครั้งที่3).....	176
24.แสดงอุณหภูมิน้ำผ่านหม้อน้ำ(ครั้งที่4).....	180
25.แสดงอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ(ครั้งที่4).....	182
26.แสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดโฟกัส(ครั้งที่4).....	184
27.แสดงอากาศที่ผ่านการอบแห้ง(ครั้งที่4).....	186
28.แสดงอุณหภูมิน้ำผ่านหม้อน้ำ(ครั้งที่5).....	190
29.แสดงอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ(ครั้งที่5).....	192
30.แสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดโฟกัส(ครั้งที่5).....	194
31.แสดงอากาศที่ผ่านการอบแห้ง(ครั้งที่5).....	196



บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1. กรอบแนวคิดงานวิจัย.....	8
2. ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย.....	10
3. กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ที่ระดับต่าง ๆ.....	11
4. การแปรค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือน โดยเฉลี่ยทุกพื้นที่ทั่วประเทศ.....	12
5. กราฟไซโครเมทริกส์ ของ ASHRAE.NO. 1.....	15
6. การเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างการทำแห้ง.....	16
7. กราฟการทำแห้ง.....	18
8. เครื่องอบแห้งแบบถาดทั่วไป.....	21
9. เครื่องอบแห้งบนสายพานแบบผลสมระหว่าง co-current และ counter-current.....	22
10. เครื่องอบแห้งแบบสายพานแบบ 2 ชั้นตอน.....	22
11. เครื่องอบแห้งแบบ Torbed dryer.....	24
12. เครื่องอบแห้งแบบเตาเผา.....	25
13. เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยวและลูกกลิ้งคู่.....	29
14. ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมรังสีลักษณะต่างๆ.....	31
15. ภาพระยะห่างของดวงอาทิตย์.....	33
16. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการรวมรังสีกับคุณสมบัติของตัวรับแสง.....	34
17. ส่วนของตัวรวมรังสีแบบพาราโบลา.....	37
18. มิติของอิมเมจสำหรับตัวรวมรังสี.....	38
19. ความสัมพันธ์ระหว่าง θ_r กับ f/a	38
20. ภาพของรังสีสะท้อนจากศูนย์กลางและขอบ.....	39
21. สมการเวลา E ในหน่วย นาที.....	45
22. ความสัมพันธ์ของรายรับ และต้นทุน.....	47
23. จุดคุ้มทุนและปริมาณที่จุดคุ้มทุน.....	47

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
24.การออกแบบและพัฒนาแผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี สำหรับกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร.....	60
25.โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องอบแห้ง.....	61
26.การออกแบบตู้อบแห้งรังสีอาทิตย์.....	62
27.การออกแบบจานรวมรังสี.....	62
28.ลักษณะของจานรวมรังสี.....	70
29.สมการเวลา E ในหน่วย นาที่.....	72
30.แสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านหม้อน้ำในทุกครั้ง.....	91
31.แสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านหม้อน้ำในทุกครั้ง.....	92
32.แสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดโฟกัสในทุกครั้ง.....	93
33.แสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านจุดโฟกัสในทุกครั้ง.....	94
ครั้งที่ 1 (9/1/56)	
34.แสดงผลของอุณหภูมิน้ำร้อนบริเวณเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน.....	151
35.แสดงผลของอุณหภูมิอากาศที่ผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน.....	153
36.แสดงผลของอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดโฟกัส.....	155
37.แสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านการอบแห้ง.....	157
ครั้งที่ 2 (12/1/56)	
38. แสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านหม้อน้ำ.....	161
39. แสดงอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ.....	164
40. แสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดโฟกัส.....	165
41. แสดงอากาศที่ผ่านการอบแห้ง.....	167
ครั้งที่ 3 (14/1/56)	
42. แสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านหม้อน้ำ.....	171
43. แสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ.....	173
44. แสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดโฟกัส.....	175
45. แสดงอากาศที่ผ่านการอบแห้ง.....	177

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
ครั้งที่ 4 (12/2/56)	
46. แสดงอุณหภูมิน้ำผ่านหม้อน้ำ.....	181
47. แสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ.....	183
48. แสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดโฟกัส.....	185
49. แสดงอากาศที่ผ่านการอบแห้ง.....	187
ครั้งที่ 5 (31/3/56-1/4/56)	
50. แสดงอุณหภูมิน้ำผ่านหม้อน้ำ.....	191
51. แสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ.....	193
52. แสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดโฟกัส.....	195
53. แสดงอากาศที่ผ่านการอบแห้ง.....	197



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ประเทศไทยมีฐานการผลิตการเกษตรที่เข้มแข็ง มีที่ตั้งทางภูมิประเทศและภูมิอากาศเหมาะสม มีภูมิปัญญาด้านการผลิต การประยุกต์ดัดแปลง และวัฒนธรรมอาหารที่เข้มแข็งและหลากหลาย ทำให้ไทยเป็นประเทศผู้ผลิตอาหารที่สำคัญรายใหญ่ของโลก โดยมีพื้นที่ทำการเกษตรร้อยละ 40 ของพื้นที่ทั้งประเทศ สามารถทำการผลิตสินค้าเกษตรและอาหารทั้งพืช ปศุสัตว์ และประมงส่วนใหญ่มีปริมาณผลผลิตพอเพียงกับความต้องการใช้ภายในประเทศ และมีเหลือส่งออกสร้างรายได้ซึ่งข้อได้เปรียบของประเทศไทยนี้ได้สอดคล้องกับ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 (2555 – 2559) ด้านยุทธศาสตร์การสร้างความสมดุลและมั่นคงของอาหารและพลังงาน ซึ่งมียุทธศาสตร์คือ เพื่อสร้างฐานภาคเกษตรให้เข้มแข็ง สามารถผลิตอาหารที่มีคุณภาพเพียงพอสำหรับผู้บริโภคทุกคนภายในประเทศ เป็นฐานการผลิตที่ทำให้เกิดความมั่นคง ในอาชีพและรายได้ให้กับเกษตรกร สร้างความสมดุลและมั่นคงของการใช้ผลิตผลการเกษตรเพื่อเป็นอาหารและพลังงาน ตลอดจนจัดหาพลังงานให้มีความมั่นคงเพียงพอกับความต้องการใช้ในประเทศ และมีแนวทางที่สำคัญ คือ 1) สร้างความมั่นคงในอาชีพและรายได้ให้แก่เกษตรกร โดย พัฒนาสถาบันเกษตรกรให้มีความเข้มแข็ง เพื่อให้เป็นกลไกในการพึ่งพาตนเองของเกษตรกรได้อย่างแท้จริง 2) สร้างความมั่นคงด้านอาหารและพลังงานในระดับครัวเรือนและชุมชน โดย ส่งเสริมให้เกษตรกรทำการเกษตรกรรมที่ยั่งยืน เพื่อสร้างความมั่นคงและความหลากหลายด้านอาหาร 3) สร้างความมั่นคงด้านพลังงานเพื่อสนับสนุนการพัฒนาประเทศและความเข้มแข็งภาคเกษตร โดย ส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาดและพัฒนาพลังงานทดแทนทุกรูปแบบอย่างจริงจังรวมทั้งสนับสนุนให้มีการผลิตและใช้พลังงานหมุนเวียนในระดับชุมชน (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2553: 56-59)

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่ในประเทศต้องประสบปัญหาต่างๆ หลายด้านมากมาย เช่น ผลผลิตได้รับความเสียหายเนื่องจากสภาพดินฟ้าอากาศไม่เอื้ออำนวย ปัญหาด้านโรคและแมลงรบกวน ปัญหาด้านต้นทุนในการผลิตสูง ปัญหาเรื่องผลผลิตล้นตลาดที่ราคาตกต่ำเป็นสาเหตุให้ประสบภาวะการขาดทุน ทำให้เกษตรกรหมดกำลังใจต้องละทิ้งอาชีพเดิมของตนไปประกอบอาชีพอื่น ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมา เช่น ปัญหาชุมชนแออัด ปัญหาการว่างงาน ปัญหาอนามัยและสิ่งแวดล้อม ปัญหาด้านใจผู้รายชุกชน เป็นต้น วิธีการที่สามารถแก้ปัญหาที่ดีวิธีหนึ่งก็คือการแนะนำส่งเสริมให้เกษตรกรรู้จักการแปรรูปและถนอมผลผลิต ทั้งนี้เพราะผลผลิตทางการเกษตรประเภทอาหารทุกชนิดเน่าเสียง่าย อาหารจะเริ่มเสื่อมคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยว หรือหลังการฆ่าสัตว์ การเสื่อมคุณภาพนี้บางครั้งจะเกิดสารพิษร่วมด้วยและทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ ถ้าเกษตรกรรู้จักการแปรรูปและการถนอมอาหารอย่างถูกต้องแล้วจะช่วยให้สามารถถนอมผลผลิตเอาไว้

ได้นาน ๆ และจำหน่ายผลผลิตได้ในราคาที่สูงขึ้น นอกจากนั้นยังเป็นการฝึกความรับผิดชอบต่อสังคม และครอบครัว ฝึกให้เกิดความขยัน กระตือรือร้น มุ่งที่จะแก้ปัญหาแทนที่จะอ ยู่อย่างหมดหวังหรือ หวัง ความช่วยเหลือจากผู้อื่น การแปรรูปและการถนอมผลผลิตทางการเกษตรประเภทอาหารนี้ เริ่มแรก อาจทำเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนซึ่งจะทำได้ไม่ยาก การลงทุนต่ำ เมื่อทำได้ผลดีแล้วอาจขยายเป็น อุตสาหกรรมขนาดโตได้ (สมเพียร จิวชัย. 2542: 1)

ในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรนั้นผลไม้ที่รู้จักกันดี นิยมบริโภคกันมากในประเทศไทย ก็คือ “กล้วย” ซึ่งเป็นผลไม้ที่ใช้ประโยชน์เกือบทุกส่วน มีคุณค่าทางอาหารสูง ราคาถูกและหาซื้อได้ ทั่วไปสามารถนำมาปลูกและเจริญเติบโตได้ดีในทุก ๆ ภาคของประเทศไทยให้ผลผลิตตลอดทั้งปี นอกจากกล้วยจะใ้บริโภคภายในประเทศแล้ว ยังส่งขายออกต่างประเทศโดยมีการส่งออกกว่า 25 ล้านบาทและมีมูลค่าส่งออกกล้วยแปรรูปประมาณ 14 ล้านบาท สำหรับการผลิตกล้วยเพื่อบริโภคใน ประเทศนั้น ส่วนใหญ่จะบริโภคผลสด หรือนำมาประกอบอาหารหวาน เช่น กล้วยบวชชี ส่วนผลผลิตที่ เหลือเกินความต้องการบริโภคสด จะนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อขจัดปัญหาการเน่าเสีย ทำ ให้ผลิตภัณฑ์เก็บไว้ได้นานซึ่งวิธีการแปรรูปอย่างหนึ่งก็คือ การทำกล้วยอบแห้ง กล้วยอบเป็นที่นิยม มากในประเทศไทยสามารถผลิตได้ทุกครัวเรือน กล้วยอบทำจากผลกล้วยที่สุกงอม และชนิดของกล้วย ที่นิยมนำมา เป็นกล้วยอบก็คือ กล้วยน้ำว้า เนื่องจากมีเนื้อสัมผัสที่เหนียวที่สุด มีปริมาณน้ำน้อย เมื่อบแห้งจะได้กล้วยที่มีสีสวยรสหวานซึ่งการทำกล้วยอบในสมัยก่อนจะใช้วิธีการนำกล้วยไปตากแดด 1-2 วันจากนั้นนำไปคลึงและกดให้แบนเพื่อให้น้ำตาลออกมาเคลือบผิว การผลิตกล้วยอบแบบพื้นบ้าน นั้นกล้วยจะได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงแม้ว่าเป็นวิธีที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด แต่ไม่สามารถควบคุมการ ผลิตได้ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ได้มาตรฐาน เกิดการปนเปื้อนจากแมลง ผุ่น จึงได้มีการพัฒนาเครื่องอบแห้ง ต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับมาตรฐานตามตามผู้บริโภคต้องการ (พัชรกานต์ บัวภาค. 2546: 1)

กรรมวิธีการแปรรูปอาหารดังกล่าว วิธีหนึ่งที่ยังคงได้รับความนิยม แล้วเป็นพื้นฐานของ กรรมวิธีผลิตอาหารและเก็บรักษาอาหารให้อยู่ได้นานก็คือ การอบแห้ง หรือ การทำแห้ง (Drying) คือ การลดความชื้นในอาหาร หรือ ลดค่า Available Water ซึ่งหมายถึง ปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์จะสามารถนำไปใช้ในการเจริญได้ น้ำที่อยู่ในอาหารทุกชนิดจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบในปริมาณเล็กน้อย แตกต่างกันไปตั้งแต่ร้อยละ 10 – 95 โดยน้ำหนัก อาหารที่มีน้ำมากจะเกิดการเสื่อมเสียเร็ว แต่ใน ปริมาณน้ำอย่างเดียวกันไม่สามารถที่จะบ่งชี้ว่าอาหารนั้น จะเสื่อมเสียเร็วหรือช้า เพราะองค์ประกอบของ อาหารแตกต่างกัน (ชมภู ยิ้มโต. 2550: 91) ซึ่งหลักการของการอบแห้งนั้น วัสดุซึ่งมีความชื้นอยู่ภายใน เมื่อสัมผัสกับอากาศร้อนจะเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้นที่บริเวณพื้นผิวของวัสดุนั้นๆ และวัสดุอบแห้ง ดังกล่าว จะมีอุณหภูมิสูง ขึ้น ความชื้นก็จะระเหยกลายเป็นไอออกไปสู่ชั้นบรรยากาศรอบข้าง กระบวนการอบแห้งวัสดุใดๆ จะมีความเกี่ยวข้องกับ การถ่ายเทมวลของความร้อนหรือน้ำจากวัสดุไปสู่ บรรยากาศรอบข้าง ถ้ากำหนดให้อุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่ไหลผ่านวัสดุอบแห้งที่มีค่าคงที่

และอากาศที่ถ่ายเทความร้อนให้แก่วัสดุเป็นแบบการพาความร้อนการลดลงของความชื้น ภายในวัสดุอบแห้งจะมีลักษณะอยู่ 3 ระยะ คือ (1) ระยะเริ่มต้นของการอบ (Settling Down Period) ในช่วงนี้ อุณหภูมิของพื้นผิวของวัสดุอบแห้งจะเข้าสู่สภาวะสมดุลทางความร้อนและมีการระเหยของความชื้น เกิดขึ้นในบริเวณพื้นผิวของวัสดุอัตราการอบแห้งจะเพิ่มสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (2.) ระยะอัตราการระเหยไอน้ำคงที่ (Constant Rate Period) ในช่วงนี้ระยะอุณหภูมิของพื้นผิวของวัสดุอบแห้งจะมีค่าคงที่ และความชื้นที่บริเวณพื้นผิวของวัสดุจะอยู่ในสภาวะอิ่มตัวการกระจายความชื้นที่พื้นผิวของวัสดุมีค่าสม่ำเสมอโดยอัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในวัสดุอบแห้งมายังพื้นผิววัสดุมีค่าเท่ากับอัตราการระเหยของน้ำที่ผิววัสดุ อัตราการอบแห้งในระยะนี้จะมีค่าคงที่และขึ้นอยู่กับอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ผิวของวัสดุ (3.) ระยะอัตราการระเหยของไอน้ำลดลง (Falling Rate Period) ระยะนี้เริ่มจากเมื่อความชื้นบนพื้นผิวไม่อิ่มตัวอัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในวัสดุอบแห้งไปยังบริเวณพื้นผิวมีค่าน้อยกว่าอัตราการระเหยของความชื้น (อนุตร จำลองกุล. 2545: 60)

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร เช่น อุตสาหกรรมการอบแห้ง พบว่ามีแหล่งพลังงานในการอบแห้ง เช่น ไฟฟ้า ก๊าซ และน้ำมันเตา โดยพลังงานหลักที่ใช้จะอยู่ในความร้อน ซึ่งเป็นต้นทุนของผลิตภัณฑ์ในการอบแห้ง 20-60 % นอกจากนี้ยังใช้พลังงานจากไฟฟ้าน้ำมันเตา ฟืน ในการอบแห้ง ยังมีผลกระทบต่อการใช้พลังงานร่วมและสิ่งแวดล้อมของประเทศอีกด้วย ดังนั้นเพื่อลดต้นทุนในการใช้พลังงานเหล่านั้นจึงมาใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานในการให้ความร้อนสำหรับกระบวนการอบแห้ง ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทางเลือกชนิดหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจ เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์มีปริมาณมหาศาล และไม่ก่อให้เกิดมลภาวะที่เป็นพิษต่อ สิ่งแวดล้อม ประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดทั้งปี หลายปีที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาเครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้หลักการพื้นฐานในการ ออกแบบเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเริ่มต้นจากการดูดอากาศเย็นจาก ภายนอก ด้วยพัดลมดูดอากาศไหลผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบโดยตรงทำให้ความชื้นที่อยู่ในผิว ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ส่งผ่านให้กับอากาศเย็น วิธีดังกล่าวสามารถทำให้ได้อากาศร้อนเพื่อใช้งานในการ อบแห้ง ซึ่งวิธีนี้ยังมีข้อจำกัดก็คือ ความต้องการพื้นที่ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบขนาดใหญ่เพื่อให้ ได้ความร้อนตามที่ต้องการในการอบแห้งผลผลิต (ธีระศักดิ์ หุดากร. 2552: 2)

สำหรับกระบวนการเก็บรังสีแบบแผ่นราบนั้นจะมีความเหมาะสมกับงานที่ต้องการความร้อน ที่ไม่สูงมากนัก การลดพื้นที่ ที่เกิดการสูญเสียความร้อนจะทำให้การถ่ายเทความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นในตัวดูดกลืนที่มีขนาดเล็กจะมีการสูญเสียความร้อนที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวเก็บรังสี แบบแผ่นราบที่อุณหภูมิเดียวกัน และตัวรวมรังสีนั้นสามารถใช้ในงานที่มีอุณหภูมิสูงได้ (จงจิตร ธีรฤ ลาก. 2541: 144) จากการรวมรังสีนั้นเราสามารถจำแนกตามชนิดของการรวมรังสีได้ 2 ลักษณะ คือ 1) การรวมรังสีเป็นจุด (Point-focus solar collector) ได้แก่ระบบรวมรังสีเข้าหอรบแสง (Central

receivers tower) และจานรวมรังสีเป็นจุด (Parabolic concentrators) 2) การรวมรังสีเป็นเส้น (Line-focus solar collector) ได้แก่เลนส์สะท้อนรวมรังสี (Fresnel reflector) และจานรวมรังสีเป็นเส้น (parabolic troughs) เทคโนโลยีการผลิตความร้อนโดยใช้แผ่นรับรังสีดังกล่าวข้างต้นนี้ จะมีการทำงานของอุปกรณ์ให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ ซึ่งจะมีผลทำให้แผ่นรับรังสีสามารถรับแสงอาทิตย์ได้เต็มที่ตลอดเวลาช่วงกลางวันทำให้มีอุณหภูมิสูงมาก (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2554: ออนไลน์) จากชนิดของการรวมรังสีข้างต้นวิธีหนึ่งซึ่งได้รับความนิยมก็คือ จานรวมรังสีเป็นจุด (Parabolic concentrators) เพราะพื้นที่รวมรังสีมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรรวมรังสีที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งมักต้องมีพื้นที่รับรังสีมากกว่า อีกทั้งอุณหภูมิที่สูงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้กว้างขวาง โดยเฉพาะการรวมรังสีโดยการใช้จานพาราโบลา จะทำให้การรวมรังสีเป็นจุดที่เล็กกว่าการใช้อุปกรณ์ชนิดอื่น ซึ่งระบบการรวมรังสีนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ 1) จานรวมแสง 2) อุปกรณ์ติดตามดวงอาทิตย์ และ 3) อุปกรณ์ดูดซับความร้อนจากการรวมแสง โดยหลักการทำงานเบื้องต้นของระบบคือแสงอาทิตย์ที่เป็นรังสีตรงจะถูกรวมโดยจานพาราโบลาเป็นจุดหนึ่ง ซึ่งความร้อนที่จุดนั้นจะถูกดูดซับได้ด้วยอุปกรณ์ดูดซับความร้อน ซึ่งจานพาราโบลาและอุปกรณ์ดูดซับความร้อนจะต้องเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ เพื่อรักษาตำแหน่งของจุดรวมรังสีให้อยู่ที่กึ่งกลางของอุปกรณ์ดูดซับความร้อนอย่างคงที่ตลอดวัน (อากาศ เชนัวร์ ณ อยุธยา ; สุชาติ แย้มเม่น; และ วัฒนพงษ์ รัช วิเชียร. 2548: 2)

นอกจากนี้การพัฒนาพลังงานที่ยั่งยืนซึ่งเป็นแนวทางของการพัฒนาที่มุ่งเน้นความสมดุลที่พอดีของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ การป้องกันรักษาสิ่งแวดล้อม และการเพิ่มพูนคุณภาพชีวิตของคนในสังคม โดยมีการบริหารจัดการที่ดี การใช้แหล่งทรัพยากรทดแทนเป็นการพัฒนาพลังงานที่มีความสำคัญในการจัดการให้เกิดประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ คุ่มค่าในเชิงพาณิชย์ และเกิดประโยชน์ต่อคุณภาพชีวิตและมีส่วนร่วมของคนในสังคม อีกทั้งยังยึดอายุการใช้งานของแหล่งทรัพยากร แร่ ปิโตรเลียม และถ่านหิน ให้สามารถใช้งานได้อย่างยั่งยืน และ ยาวนาน (ขวัญชัย สีเภาพันธุ์. 2553: 2)

จากสภาพปัญหาที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงสนใจศึกษา “การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ” โดยใช้พลังงานหมุนเวียนจากรังสีอาทิตย์ เป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรพัฒนาตนเอง สามารถแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ และ สร้างความมั่นคงในการแปรรูปอาหารได้อย่างแท้จริง ซึ่งแผงรับรังสีแบบจานรวมรังสีนี้สามารถรับความร้อนจากรังสีอาทิตย์เป็นพลังงานในการอบแห้ง จากนั้นจึงใช้หลักการในการไล่ความชื้นออกจากวัสดุที่ทำการอบ โดยคำนึงถึงการใช้งานที่ง่ายต่อผู้ปฏิบัติงาน ขนาด และคุณภาพในการอบแห้ง

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีที่มีสมรรถนะในการให้ความร้อนในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร
2. เพื่อหาประสิทธิภาพการ อบแห้งโดยใช้แผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีระบบติดตามดวงอาทิตย์
3. เพื่อลดต้นทุนการผลิตเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ความสำคัญของงานวิจัย

1. ได้เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี ที่เป็นต้นแบบในพัฒนากระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรในการแปรรูปและถนอมอาหารโดยใช้พลังงานทดแทนเพื่อช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน
2. ศึกษาประสิทธิภาพ รวมระบบของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี ในกระบวนการลดความชื้นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร
3. เพื่อลดต้นทุนการผลิต โดยการใช้พลังงานทดแทนอื่น ประโยชน์ต่อ ภาคอุตสาหกรรมในครัวเรือน และสามารถพัฒนากรรมวิธีในการผลิต สินค้าแปรรูปทางการเกษตรเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มตามนโยบายหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ หรือ ผลิตภัณฑ์ของกลุ่มแม่บ้านในการเพิ่มรายได้สำหรับครัวเรือน

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี สำหรับกระบวนการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เป็นกัณฑ์น้ำว่าอบม้วน โดยเครื่องอบแห้งฯ มีความสามารถในการบรรจุวัตถุดิบในปริมาณครั้งละ 5 kg และมีความสามารถในการลดความชื้นได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 ของน้ำหนักมวลรวมก่อนการอบแห้ง มีขอบเขตดังนี้

1. ออกแบบและสร้าง เครื่องอบแห้งพลังงาน รังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี เพื่อทดสอบประสิทธิภาพรวมของระบบ
2. ทดสอบ ค่าปริมาณความร้อนที่ผลิตได้และ ประสิทธิภาพ รวมของ เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี
3. ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีสำหรับกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในการอบแห้ง
 - 1.1 พลังงานความร้อนที่ได้รับจากตู้อบแห้ง
 - 1.2 สัดส่วนร้อยละการระเหยของน้ำจากวัตถุดิบ
2. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **จานรวมรังสี (Parabolic solar concentrators)** หมายถึง ตัวสะท้อนหรือหักเหพาราโบล่าแบบทรงกลม เพื่อรวมรังสีและโฟกัสไปยังตัวรับแสงที่มีลักษณะเป็นจุด

2. **เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์** หมายถึง เครื่องที่ใช้ในการอบแห้ง โดยให้ความร้อนแก่ผลผลิตที่ได้มาจากรังสีอาทิตย์ เพื่อให้ผลผลิตมีความชื้นลดลงถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้

3. **ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง** หมายถึง สมรรถนะด้านความสามารถของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

3.1 ปริมาณของผลผลิตในการอบแห้ง 5 kg / รอบ หมายถึง ปริมาณในการบรรจุผลผลิตสูงสุดในการอบแห้งต่อครั้ง ซึ่งเครื่องอบแห้งในการวิจัยครั้งนี้สามารถบรรจุด้วยอบมั่วยได้ 5 kg

3.2 พลังงานความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนที่ใช้ในการอบแห้งผลผลิตในการอบแห้ง ซึ่งการทำวิจัยครั้งนี้เป็นพลังงานความร้อนที่ได้รับจากการแปลงพลังงานจากความเข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน ในการทำวิจัยครั้งนี้ได้ใช้อุปกรณ์แผงรับรังสีอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ในการเปลี่ยนพลังงาน ซึ่งหน่วยของพลังงานความร้อนที่ใช้ในการทำวิจัยได้กำหนดค่าความหนาแน่นของการทำให้น้ำ 1 kg กลายเป็นไอเท่ากับ 2.8 MJ/kg และความร้อนที่เกิดขึ้นจะใช้หน่วยของศาลเซลเซียส

3.3 อัตราการระเหยของน้ำภายในตู้อบแห้ง หมายถึง ปริมาณของน้ำที่ถูกระเหยออกจากผลผลิตทางการเกษตรขณะทำการอบแห้งต่อหน่วยเวลา โดยขนาดของตู้อบแห้งและประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานรังสีอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนจะส่งผลต่ออัตราการระเหยของน้ำของผลผลิตที่ทำการอบแห้ง

4. **ความเข้มของรังสีอาทิตย์** หมายถึง พลังงานที่ดวงอาทิตย์ส่งมายังชั้นบรรยากาศของโลกโดยเฉลี่ยแล้วความเข้มของรังสีอาทิตย์ที่เป็นค่าเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 18 (MJ / M²day)

5. **กระบวนการอบแห้ง (Dyeing process)** หมายถึง การลดความชื้นในอาหาร หรือ ลดค่า Available Water ซึ่งหมายถึง ปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์จะสามารถนำไปใช้ในการเจริญได้

6.ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร (Agricultural products) หมายถึง การนำผลผลิตจากการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์มาเปลี่ยน สภาพด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างลักษณะแตกต่างไปจากเดิม

7.จุดคุ้มทุนในเชิงเศรษฐศาสตร์ (Breakeven Point) หมายถึง จุดที่รายรับมีค่าเท่ากับต้นทุนพอดี โดยทั่วไปแล้วจะให้ความสนใจในปริมาณที่จุดคุ้มทุน

8.ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (Satisfaction of users) หมายถึง ทักษะคติหรือความรู้สึกของผู้ที่ใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ ประกอบด้วย 5 ด้าน คือ

8.1 ความพึงพอใจด้านการออกแบบ หมายถึง ทักษะคติหรือความรู้สึกของผู้ที่ใช้งานที่มีต่อการออกแบบ โดยให้สอดคล้องกับลักษณะรูปแบบ และคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิดของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

8.2 ความพึงพอใจด้านความปลอดภัย หมายถึง ทักษะคติหรือความรู้สึกของผู้ที่ใช้งานที่มีต่อความปลอดภัยของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ โดย ปราศจากอันตราย หรือความเสี่ยง

8.3 ความพึงพอใจด้านการบำรุงรักษา หมายถึง ทักษะคติหรือความรู้สึกของผู้ที่ใช้งานที่มีต่อการบำรุงรักษา และสภาพความพร้อมของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

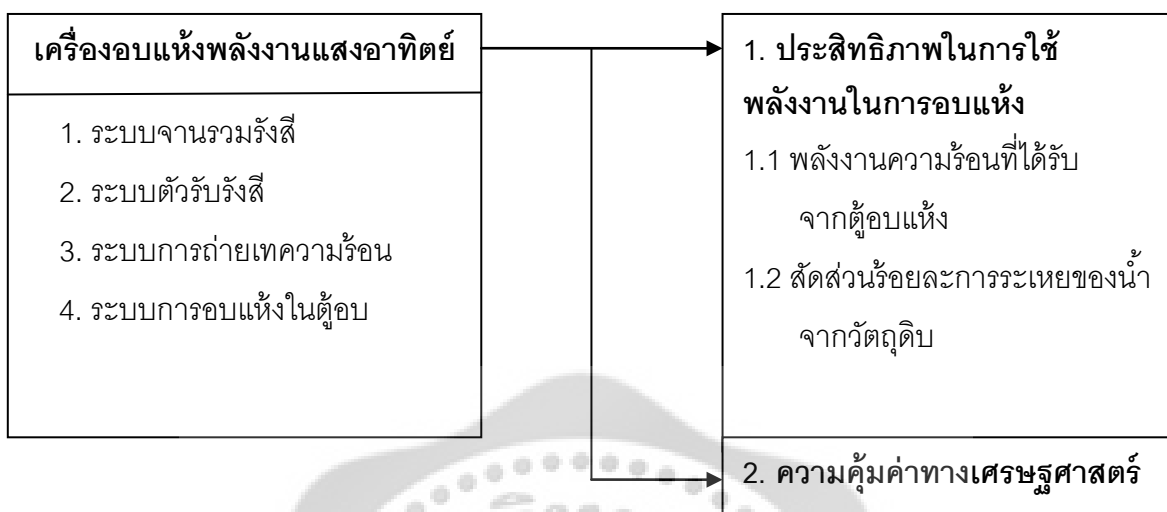
8.4 ความพึงพอใจด้านคุณภาพผลิตภัณฑ์ หมายถึง ทักษะคติหรือความรู้สึกของผู้ที่ใช้งานที่แสดงคุณลักษณะ และคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ซึ่งรวมกันแล้วเป็นความต้องการและการยอมรับของผู้ใช้ในด้านคุณภาพผลิตภัณฑ์ของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

8.5 ความพึงพอใจด้านความคุ้มค่าในการลงทุน หมายถึง ทักษะคติหรือความรู้สึกของผู้ใช้งาน ที่ได้รับจากการลงทุนเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ ตามลักษณะความคุ้มค่าในการลงทุน

9.ความพึงพอใจของผู้บริโภค (Satisfaction of consumers) หมายถึง ทักษะคติหรือความรู้สึกของผู้ที่ซื้อสินค้าโดยชอบ แม้มิได้เป็นผู้เสียค่าตอบแทน หรือ ผู้ซึ่งได้รับการเสนอหรือชักชวนให้ซื้อสินค้าเพื่อให้ซื้อสินค้า แต่ผู้บริโภคต้องได้มาเพื่อบริโภคมิใช่ซื้อมาแล้วขายไปในลักษณะพ่อค้าคนกลาง

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตัวแปรที่ศึกษา



สมมติฐานในการวิจัย

1. เครื่องอบแห้งพลังงาน รังสีอาทิตย์ แบบจานรวมรังสี มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานรังสีอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน
2. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ มีระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 2 ปี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในเรื่องนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบรวมรังสีให้มีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของพลังงานรังสีอาทิตย์
2. การอบแห้ง
3. เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบรวมรังสี
4. ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบรวมรังสี
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ข้อมูลทั่วไปของพลังงานแสงอาทิตย์

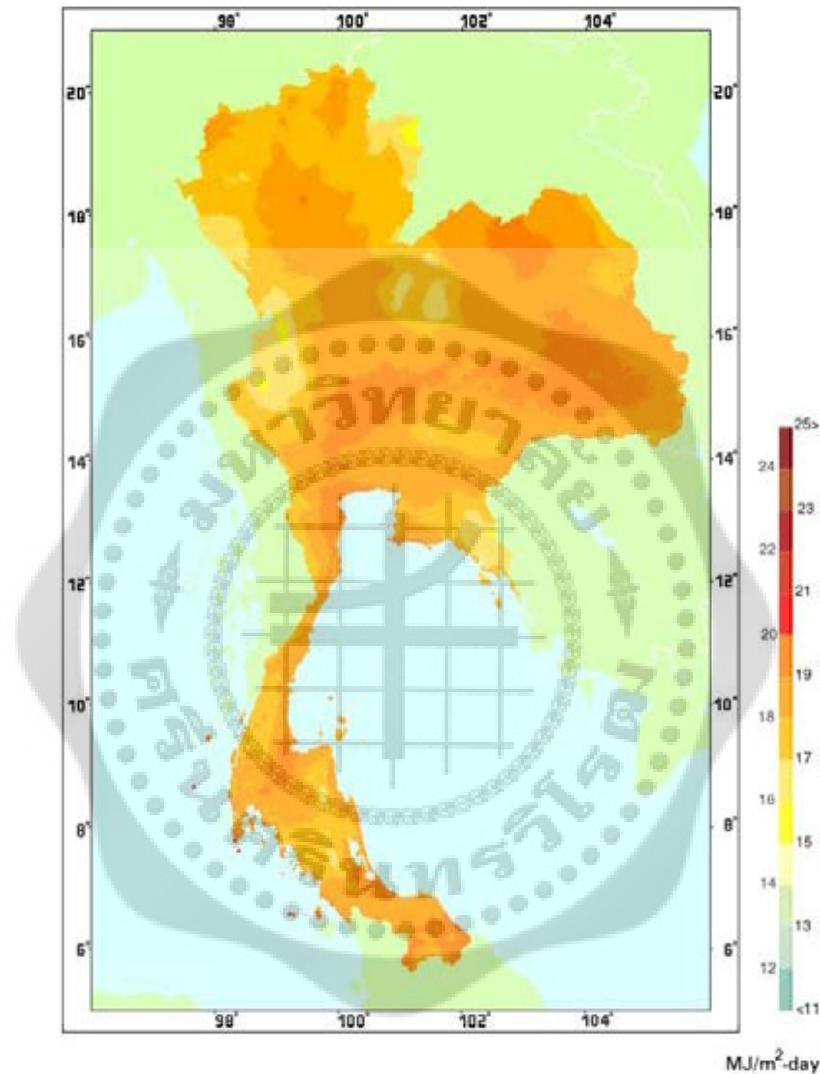
พลังงานแสงอาทิตย์ (solar Energy) หมายถึง พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากการแผ่รังสีที่เกิดขึ้นภายในดวงอาทิตย์ ซึ่งได้จากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์หลายแบบและนำไปสู่การเปลี่ยนไฮโดรเจนเป็นฮีเลียม โดยมวลที่สลายไปในปฏิกิริยาถูกเปลี่ยนเป็นพลังงาน ทำให้มวลของดวงอาทิตย์ลดลงพร้อมกับการปล่อยพลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆ ภายในดวงอาทิตย์จะเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์หลายแบบ ซึ่งอะตอมของไฮโดรเจนที่อยู่ในแกนกลางของดวงอาทิตย์จะทำปฏิกิริยารวมตัวกันเป็นอะตอมของฮีเลียม เรียกกระบวนการดังกล่าวว่าปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชั่น (Nuclear Fusion) และปลดปล่อยพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาสู่อวกาศที่เรียกว่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (อุซาวดี ต้นติวรา นูร์กะ 2543: 101)

1.1 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

โดยทั่วไปศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่แห่งหนึ่งจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่นั้นโดยบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากก็จะมีศักยภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สูงสำหรับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้อุปกรณ์รวมแสงเราจำเป็นต้องทราบศักยภาพรังสีตรงด้วย

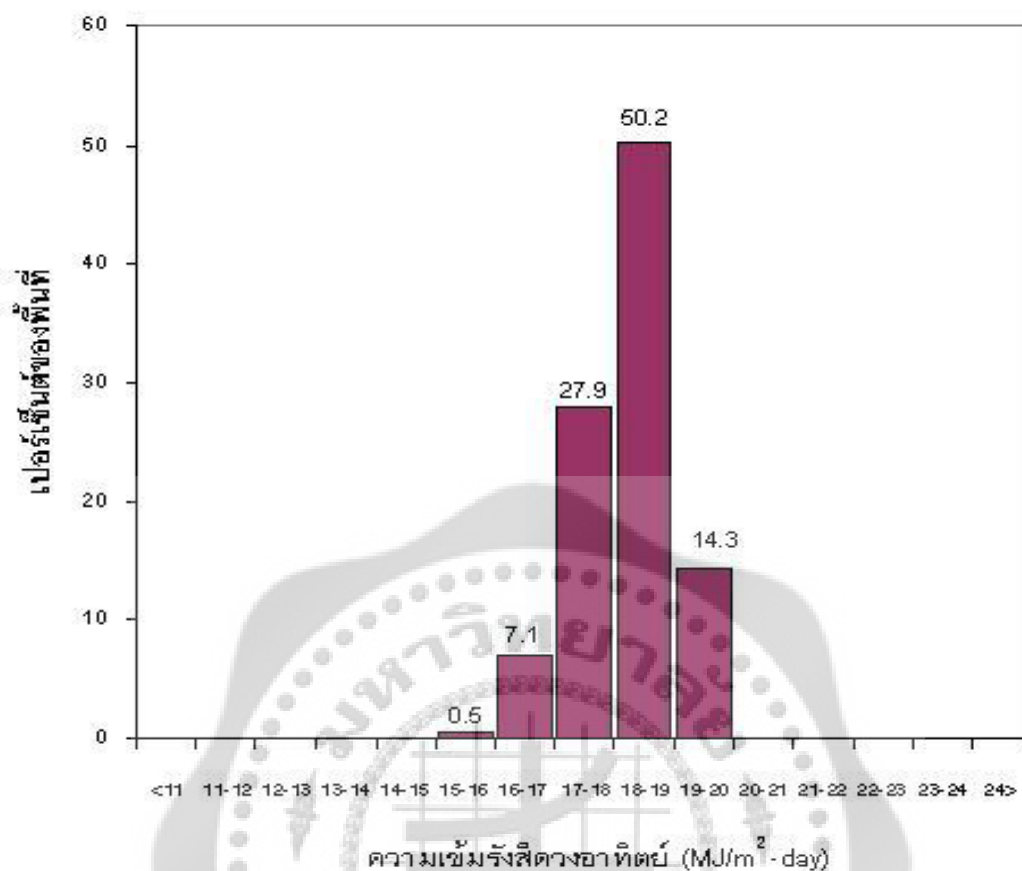
ในกรณีของประเทศไทยศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในบริเวณต่างๆโดยเฉลี่ยทั้งปีสามารถแสดงได้ด้วยแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีดัง ภาพประกอบ 1 จากรูปจะเห็นว่าบริเวณที่มีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สูงแผ่เป็นบริเวณกว้างทางตอนล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือและตอนบน

ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่จังหวัดอุดรธานีรวมทั้งบางส่วนของภาคกลางสำหรับส่วนที่เหลือจะมี ศักยภาพลดหลั่นกันตามที่แสดงในแผนที่เมื่อทำการจำแนกเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ตามความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับ จะได้ผลดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 1 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันต่อปี)

ที่มา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2548: 1)

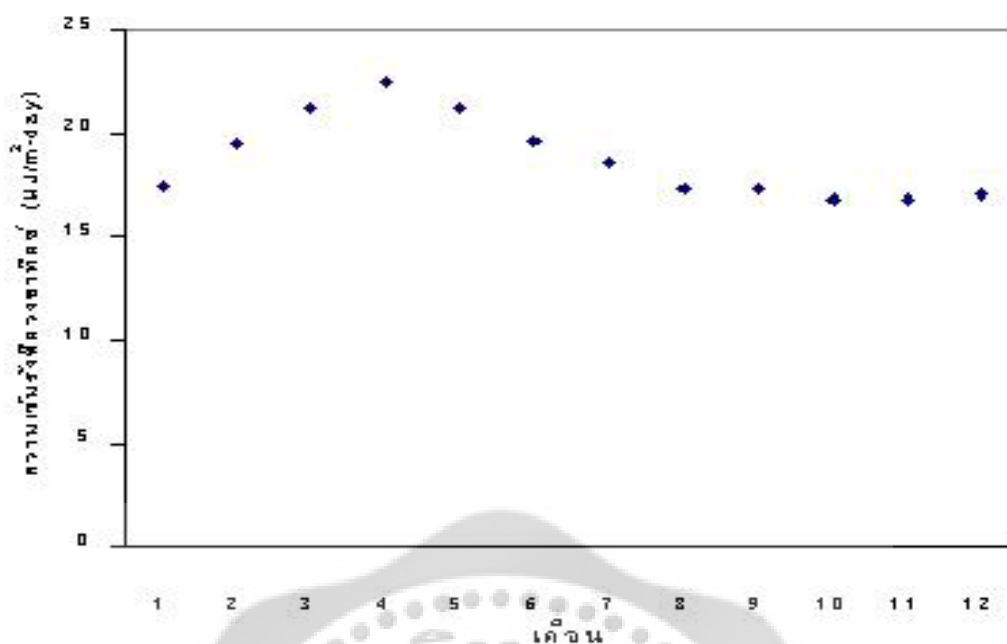


ภาพประกอบ 2 แสดงเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ที่ระดับต่างๆ

ที่มา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2548: 2)

จากภาพประกอบจะเห็นว่า 14.3% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สูงคือได้รับรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีในช่วง 19-20 MJ/m²-day และ 50.0% ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์ในช่วง 18-19 MJ/m²-day ซึ่งถือว่ามีศักยภาพแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูงส่วนบริเวณที่มีศักยภาพค่อนข้างต่ำมีเพียง 0.5% ของพื้นที่ทั้งหมดเมื่อทำการเฉลี่ยความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ทั่วประเทศจากทุกพื้นที่เป็นค่ารายวันเฉลี่ยต่อปีจะได้เท่ากับ 18.2 MJ/m²-day จากการนำค่าดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากประเทศอื่นๆ

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องทราบการแปรค่าในรอบปีของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ด้วยจากภาพประกอบ 3 แสดงให้เห็นถึงการแปรค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในรอบปี



ภาพประกอบ 3 แสดงการแปรค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือนโดยเฉลี่ยทุกพื้นที่ทั่วประเทศ

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2548: 3)

จากภาพประกอบที่ 3 จะเห็นว่าค่ารังสีดวงอาทิตย์แปรค่าในรอบปีอยู่ในระหว่าง 16-22 MJ/m²-day โดยมีค่าค่อยๆเพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคมและสูงสุดในเดือนเมษายนแล้วค่อยลดลงต่ำสุดในเดือนธันวาคมการเปลี่ยนแปลงนี้ถือว่ามีไม่มากนักซึ่งเป็นผลดีต่อการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน . 2548: 6)

1.2 การพัฒนาพลังงานหมุนเวียน

การพัฒนาพลังงานหมุนเวียนที่จะใช้ต่อไปนี้เป็นพลังงานที่ได้มาจากพลังงาน รังสีอาทิตย์โดยตรงและทางอ้อม ในระยะเวลา 5-10 ปีที่ผ่านมาเกือบทุกประเทศทั่วโลกได้เร่งวิจัยและพัฒนาพลังงานในรูปแบบต่างๆ เพื่อใช้เป็นพลังงานหมุนเวียนด้วยการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ ด้านพลังงานเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคมนั้นๆ พลังงานหมุนเวียนดังกล่าวได้ประยุกต์ในรูปแบบต่างๆ ดังนี้

1.2.1 พลังงานรังสีอาทิตย์ในรูปความร้อน (การทำน้ำร้อน)

การใช้พลังงาน รังสีอาทิตย์ในการผลิตน้ำร้อนเพื่อใช้ตามอาคารบ้านเรือน อุตสาหกรรม บางประเภท ที่ใช้น้ำร้อนซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือด ปัจจุบันได้กำหนดให้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ในหลายประเทศได้มีการพัฒนาเครื่องทำน้ำร้อนจากพลังงาน รังสีอาทิตย์ขึ้นเองแล้วและรวมทั้งประเทศไทย ด้วย

ในประเทศที่กำลังพัฒนาแอฟริกา รังสีอาทิตย์ที่ผลิตขึ้นส่วนมากจะมีแผ่นดูดรังสีเป็นท่อทองแดงที่มีครีบทองแดง หรืออะลูมิเนียมใช้ในการเคลือบผิวเลือกรังสีอย่างง่าย อาทิ คอปเปอร์ออกไซด์ อโนไดซ์อะลูมิเนียม เป็นต้น ที่มีผิวเป็นกระจกชั้นเดียวที่มีเหล็กเจือปน คุณภาพของเครื่องทำน้ำร้อน ด้วยรังสีอาทิตย์ที่ผลิตขึ้นในประเทศกำลังพัฒนามักขาดความแน่นอน ทั้งนี้เพราะยังไม่มีมาตรฐานอุตสาหกรรม ความคม

แอฟริการังสีอาทิตย์ที่ผลิตขึ้นในประเทศที่กำลังพัฒนาทางอุตสาหกรรม มักจะมีประสิทธิภาพสูงและทนทาน เพราะผลิตได้มาตรฐาน มีการใช้ผิวเลือกรังสีที่ดี อาทิ โครมดำ เคลือบแผ่นดูดรังสี บางครั้งผู้ผลิตใช้แผ่นดูดรังสีที่ทำด้วยพลาสติกสีดำซึ่งสังเคราะห์ขึ้นเป็นพิเศษเพื่อให้สามารถดูดรังสีได้ดีและมีความทนทานสูง ฝาปิดแผงรับรังสีอาทิตย์ทำด้วยกระจกขาวใสและไม่แตกต่างที่อุณหภูมิสูงก็หาได้ไม่ยาก นอกจากนี้ยังมีฝาปิดที่เป็นพลาสติกใสซึ่งพัฒนาขึ้นเพื่อให้ทนต่อรังสีอาทิตย์ให้เลือกอีกด้วย

นอกจากนี้แผงรับรังสีแผ่นเรียบที่ผลิตเป็นอุตสาหกรรมแล้ว อุปกรณ์รับแสงที่ทันสมัยยิ่งขึ้น เช่น ประเภทท่อสุญญากาศ คอมพิวเตอร์พาราโบลิก เป็นต้น ยังมีการผลิตออกสู่ตลาดในประเทศ อุตสาหกรรม เช่น อเมริกา ญี่ปุ่น เป็นต้น

1.2.2 พลังงานรังสีอาทิตย์ในรูปความร้อน (การอบแห้ง)

การอบแห้งกลางแจ้งด้วยรังสีอาทิตย์ได้ใช้กันมานานนับพันปีแต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเป็นเครื่องอบแห้งซึ่งทำให้คุณภาพของผลผลิตสูงขึ้น และมีประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงขึ้นด้วย อาจแบ่งเป็นเครื่องอบแห้งตามลักษณะการหมุนเวียนของอากาศ คือ การพาแบบธรรมชาติ และการพาแบบบังคับ หรือแบ่งตามลักษณะการใช้งานของเครื่อง เช่น อบแห้งพืชเศรษฐกิจ อบแห้งปลา อบแห้งเมล็ดพืช และไม้

เครื่องอบแห้งสำหรับพืชเศรษฐกิจต่างๆ และปลาที่พัฒนาแล้วมี 3 ประเภท คือ ประเภทกล่อง เต็นท์ และแบบตู้มีแผงรับรังสีแยกส่วน ในสองประเภทแรกมีราคาต้นทุนต่ำและประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ ประเภทหลังบรรจุวัสดุที่อบแห้งได้มากกว่าและมีประสิทธิภาพสูง ราคาต้นทุนสูง

การอบแห้งเมล็ดพืชขนาดเล็กแบบให้อากาศไหลผ่านเครื่องทั้งโดยวิธีธรรมชาติและวิธีบังคับ ได้มีการพัฒนาแล้วในหลายประเทศบางประเทศได้มีการพัฒนาอบแห้งเมล็ดพืชด้วยรังสีอาทิตย์ขนาดใหญ่ การอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์ปัจจุบันมีศักยภาพสูง โดยเฉพาะสำหรับประเทศเกษตรกรรมได้มีการศึกษาและพัฒนากันอย่างกว้างขวางขึ้น (อนุตร จำลองกุล.2545: 2-4)

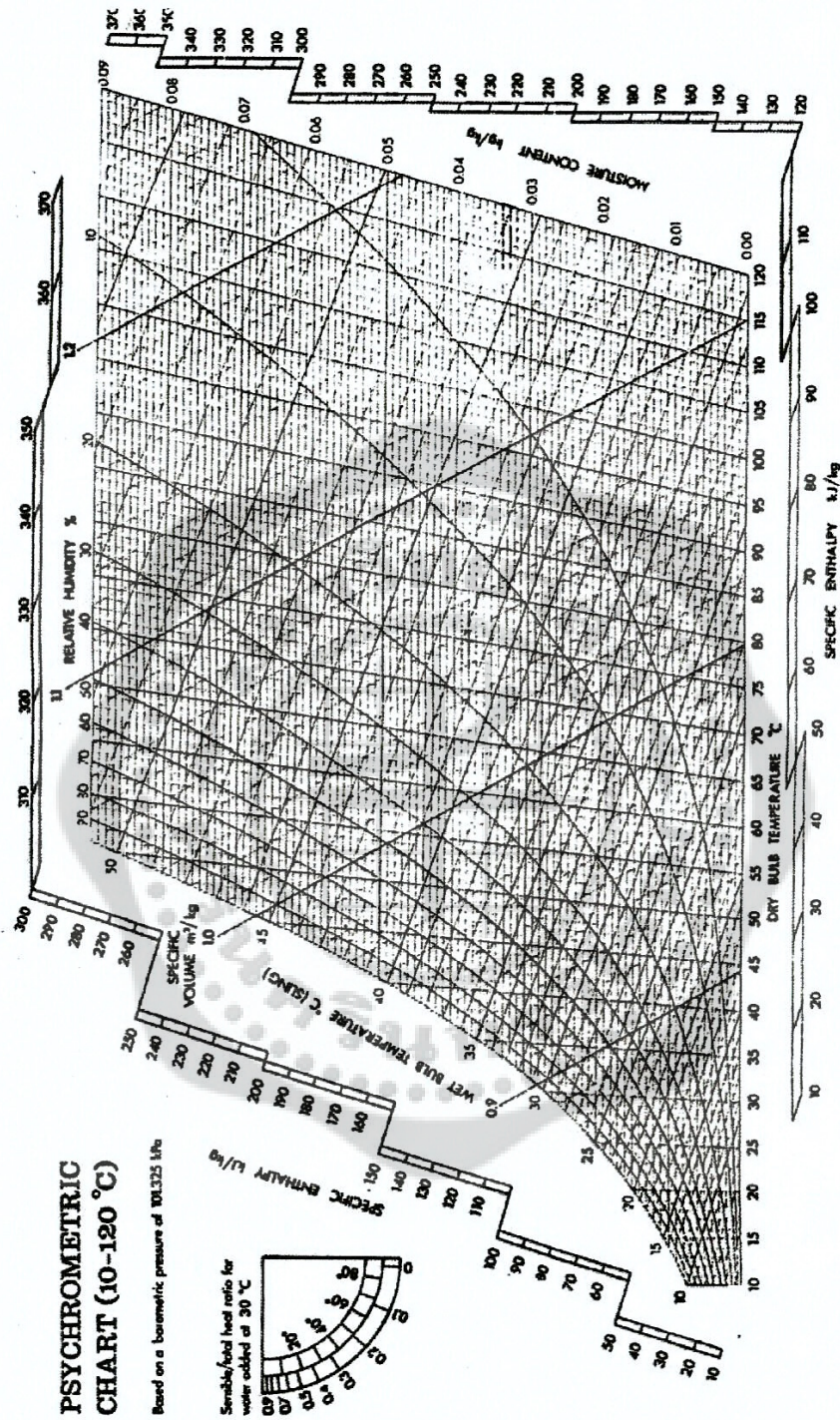
2. การอบแห้ง

การทำแห้งเกี่ยวข้องกับการใช้ความร้อนและการกำจัดความชื้นออกจากอาหารพร้อม ๆ กัน ได้อธิบายถึงปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลโดยในเรื่องนี้จะอธิบายถึงการทำให้แห้ง โดยลมร้อนหรือโดยตัวกลางที่เป็นผิวร้อน

2.1 การทำให้แห้งโดยการใช้อากาศหรือลมร้อน

ไซโครเมตริกส์ (Psychrometric) คือ ความสามารถของอากาศที่จะกำจัดความชื้นออกจากอาหารขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ปริมาณของไอน้ำที่อยู่ในอากาศ แสดงได้ด้วยค่าความชื้นสัมบูรณ์ (absolute humidity) ซึ่งเป็นมวลของไอน้ำต่อหนึ่งหน่วยมวลของอากาศแห้ง (kg/kg) หรือที่เรียกว่า ปริมาณความชื้น หรือแสดงในรูปความชื้นสัมพัทธ์ (RH) มีค่าเป็น % ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความดันย่อย (partial pressure) ของไอน้ำในอากาศต่อความดันของไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกันและ คูณด้วย 100 ไซโครเมตริกส์เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ ในแผนภูมิไซโครเมตริกส์นี้จะแสดงค่าเหล่านี้ไว้อย่างชัดเจนและดูง่ายดังภาพประกอบ 4

อุณหภูมิของอากาศที่วัดโดยกระเปาะเทอร์มิเตอร์เรียกว่า อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (dry bulb temperature) และถ้าเอาผ้าเปียกหุ้มกระเปาะเอาไว้ ความร้อนจะถูกกำจัดออกจากผ้าโดยการระเหยของน้ำและอุณหภูมิจะลดต่ำกว่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง เรียกอุณหภูมิที่ต่ำกว่านี้ อุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet bulb temperature) เราสามารถใช้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิทั้งสองนี้ในการหาความชื้นสัมพัทธ์บนกราฟไซโครเมตริกส์ได้ การเพิ่มอุณหภูมิหรือลด RH ทำให้น้ำที่อากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำ (100 % RH) และการทำให้อากาศเย็นลงกว่าจุดน้ำค้างจะทำให้เกิดการควบแน่นในอากาศ ส่วนเส้นกราฟทำให้เย็นแบบอะเดียบาติก (adiabatic cooling line) เป็นเส้นกราฟที่เอียงขนานกันและตัดกับกราฟและแสดงให้เห็นว่าความชื้นสัมบูรณ์ในอากาศลดลงในขณะที่อุณหภูมิของอากาศนั้นสูงขึ้น

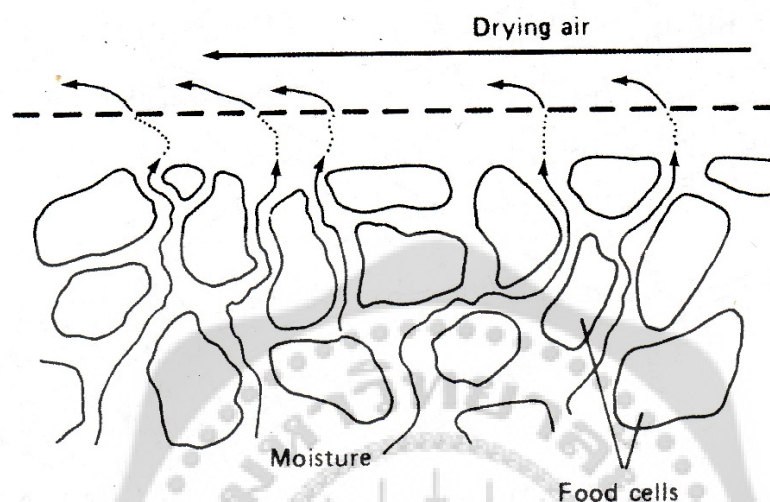


ภาพประกอบที่ 4 กราฟไซโครเมตริกส์ ของ ASHRAE.NO. 1 สำหรับอุณหภูมิช่วงปกติ

ที่มา: เด ริ่งสตาทอง เทคโนโลยีการปรับอากาศ.(2547: 275)

2.2 กลไกการทำแห้ง

เมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านผิวหน้าอาหารที่เปียก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวของอาหาร และน้ำในอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอ ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ ดังแสดงในภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 การเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างการทำแห้ง

ที่มา วิไล รังสาดทอง.เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.(2547: 276)

สภาวะดังกล่าวจะทำให้ความดันไอที่ผิวหน้าของอาหารต่ำกว่าความดันไอด้านในของอาหารเป็นผลให้เกิดความแตกต่างของความดันไอขึ้น อาหารชั้นด้านในจะมีความดันไอสูงและค่อย ๆ ลดต่ำลงเมื่อชั้นอาหารเข้าใกล้อากาศแห้ง ความแตกต่างนี้ทำให้เกิดแรงดันเพื่อไล่น้ำออกจากอาหาร น้ำจะเคลื่อนที่ไปยังผิวหน้าด้วยกลไกดังต่อไปนี้

1. การเคลื่อนที่ของของเหลวโดยแรงแคปิลารี
2. การแพร่ของของเหลวซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความเข้มข้นของตัวละลายในอาหารส่วนต่าง ๆ
3. การแพร่ของของเหลวซึ่งถูกดูดซับโดยผิวหน้าของของแข็งในอาหาร
4. ความแตกต่างของความดันไอทำให้เกิดการแพร่ของไอน้ำในช่องอากาศของอาหาร

อาหารแบ่งออกเป็นไฮโกรสโคปิก (hygroscopic) และ นอนไฮโกรสโคปิก (non-hygroscopic) อาหารประเภทไฮโกรสโคปิกเป็นอาหารที่มีค่าความดันไอย่อยแตกต่างกันขึ้นกับปริมาณความชื้นของอาหาร ส่วนอาหารประเภทนอนไฮโกรสโคปิกจะมีค่าความดันไอคงที่แม้ว่าจะมีความชื้นแตกต่างกัน หากความแตกต่างนี้ได้โดยการใช้อุณหภูมิหรือการใช้กราฟซอเฟชั่นไอโซเทอม

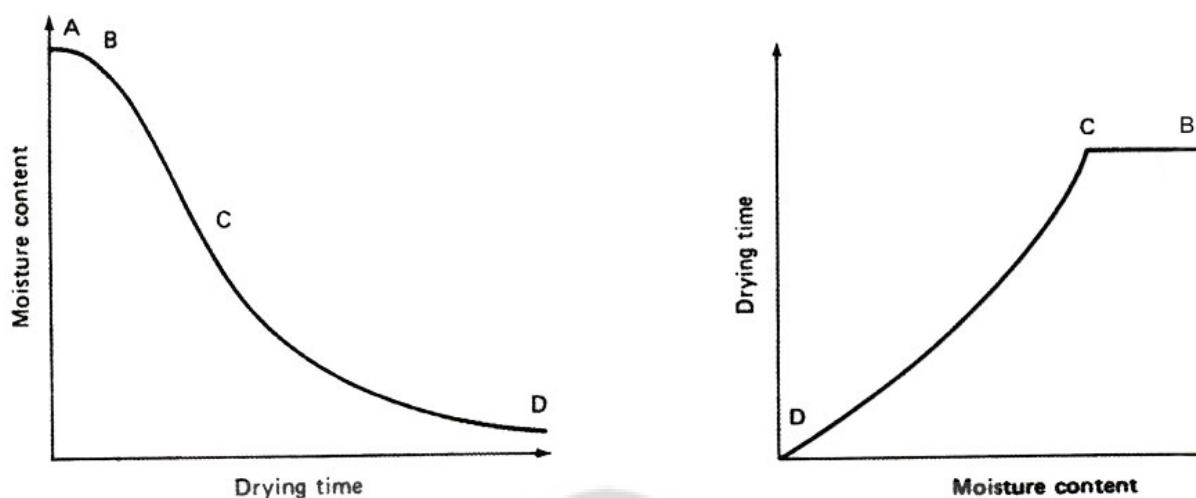
เมื่อนำอาหารมาใส่ในเครื่องทำแห้ง ชั่วเวลาสั้น ๆ ตอนเริ่มการอบแห้งจะเป็นเวลาที่ใช้ในการทำให้ผิวหน้าของอาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึงอุณหภูมิระเปาะเปียกซึ่งเป็นช่วง AB ในภาพประกอบ 6 (a) และ (b) หลังจากนั้นจะเป็นช่วงการทำแห้ง โดยน้ำจะเคลื่อนที่จากด้านในของอาหารออกมาด้วยอัตราเร็วเท่ากัน บนน้ำที่ระเหยออกจากผิวหน้า ผิวหน้าจึงยังเปียกอยู่ เรียกช่วงนี้ว่าเป็นช่วงอัตราเร็วคงที่ (constant rate period) และช่วงต่อไปจนถึงความชื้นวิกฤต (critical moisture content, AB ในภาพประกอบที่ 6 (a)) แต่ในทางปฏิบัติผิวหน้าของอาหารจะค่อย ๆ แห้ง ด้วยอัตราเร็วที่ต่างกัน และอัตราการทำให้แห้งโดยรวมจะค่อย ๆ ลดลงในช่วงของอัตราเร็วคงที่ จุดความชื้นวิกฤตของอาหารแต่ละชนิดจึงไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของอาหารในเครื่องทำแห้งและอัตราการทำให้แห้ง ลักษณะที่สำคัญของอากาศแห้งที่ใช้ในการทำแห้งในช่วงอัตราเร็วคงที่ได้แก่

1. ต้องมีอุณหภูมิระเปาะแห้งสูง
2. มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ
3. อากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

ฟิล์มอากาศที่อยู่รอบอาหารจะเกิดขวางการถ่ายเทความร้อนและไอน้ำระหว่างการทำให้แห้ง ความเร็วของอากาศหรือลมจะเป็นตัวกำหนดความหนาของฟิล์ม ถ้าความเร็วลมต่ำเกินไป ไอน้ำจะเคลื่อนที่จากผิวหน้าของอาหารยังคงอยู่รอบ ๆ อาหารทำให้มีความแตกต่างระหว่างความดันไอและอัตราการทำให้แห้งไม่สูงนัก ถ้าอุณหภูมิของอากาศต่ำหรือมีความชื้นสูงจะทำให้อัตราเร็วในการระเหยและการทำให้แห้งลดลง

เมื่อความชื้นของอาหารลดต่ำกว่าความชื้นวิกฤต อัตราการทำให้แห้งก็จะลดลงจนเข้าใกล้ศูนย์ที่ความชื้นสมดุล (ความชื้นในอาหารสมดุลกับความชื้นในอากาศแห้ง) หรือที่เรียกว่าเป็นช่วงอัตราลดลง (falling-rate period) อาหารแบบนอนไฮโกรสโคปิกจะมีช่วงอัตราลดลงเพียงช่วงเดียวในภาพประกอบที่ 6 ในขณะที่อาหารแบบไฮโกรสโคปิกมี 2 ช่วง โดยในช่วงแรกระนาบของการระเหยจะเคลื่อนที่เข้ามาในอาหาร โดยน้ำจะแพร่ผ่านอาหารแข็งเข้าไปยังอากาศแห้ง และหยุดเมื่อระนาบของการระเหยเคลื่อนที่เข้าถึงจุดศูนย์กลางของอาหารและความดันย่อยของน้ำลดต่ำกว่าความดันไออิ่มตัว ช่วงที่ 2 จะเกิดขึ้นเมื่อความดันย่อยของน้ำลดต่ำกว่าความดันไออิ่มตัวและเกิดการทำให้แห้งโดยการกำจัดความชื้นออกจากอาหาร (desorption)

ในช่วงอัตราลดลง อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในอาหารมายังผิวหน้าจะต่ำกว่าอัตราการระเหยของน้ำไปยังอากาศโดยรอบ ผิวหน้าจึงแห้ง ช่วงนี้จะเป็นช่วงที่นานที่สุดของกระบวนการทำให้แห้งในอาหารบางชนิด เช่น การทำให้แห้งเมล็ดธัญพืช ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นต่ำกว่าความชื้นวิกฤต ปัจจัยที่ควบคุมอัตราการทำให้แห้งจะเปลี่ยนไปในช่วงอัตราลดลง ปัจจัยที่สำคัญในช่วงแรกจะคล้ายคลึงกับในช่วงอัตราเร็วคงที่ แต่อัตราการถ่ายเทมวลจะค่อย ๆ กลายเป็นปัจจัยควบคุมการทำให้แห้งที่สำคัญขึ้น



ภาพประกอบ 6 เส้นกราฟการทำแห้ง อุณหภูมิและความชื้นของอาหารจะคงที่และ ความร้อนทั้งหมดถูกถ่ายเทไปยังผิวอาหารด้วยการพาความร้อน

ที่มา วิไล รังสาดทอง.เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. (2547: 278)

2.3 การแปรรูปของกล้วย

ในการผลิตกล้วยเพื่อจำหน่ายเป็นสินค้าเพื่อการส่งออกนั้น จะต้องมีการคัดเลือกผลผลิตที่มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ผลผลิตที่ไม่เข้ามาตรฐานหรือมีตำหนิจะถูกตัดทิ้ง ผลผลิตที่ถูกตัดทิ้งนี้ บางครั้งคุณภาพของเนื้อยังดีอยู่เพียงแต่ผิวไม่สวย รูปร่างไม่สวย ขนาดเล็กไป ดังนั้นจึงนำกล้วยเหล่านั้นมาแปรรูป การแปรรูปนั้น หมายถึง การนำเอากล้วยมาทำให้เก็บได้นาน ซึ่งมีวิธีการแปรรูปได้หลายรูปแบบ โดยใช้กล้วยสภาพที่ต่างกัน

การแปรรูปที่สำคัญและทำกันโดยทั่วไปคือ การทำเป็นอาหารเหลว หรือเรียกว่า พิวรี (puree) การบรรจุกระป๋อง กล้วยตาก กล้วยฉาบ แขน้แข็ง แป้ง และกล้วยกวน ส่วนการแปรรูปชนิดอื่นนั้นมีการทำกันบ้างในบางประเทศ ดังนั้นการแปรรูปในที่นี้จะขอลำดับที่ใช้ในการอบแห้งและจะเป็นประโยชน์ต่อไป ดังนี้

2.3.1 กล้วยตาก (banana figs) กล้วยตากทำจากกล้วยที่สุกงอมแล้ว ปอกเปลือกเอาแต่ตัวเนื้อกล้วยไปตากแดด เป็นกล้วยแปรรูปที่รู้จักกันดี และเป็นที่ยอมรับประทานกันมากในประเทศไทย และประเทศไทยได้ผลผลิตจากกล้วยตากส่งขายไปยังต่างประเทศอีกด้วย และกล้วยที่นิยมทำเป็นกล้วยตากคือ กล้วยน้ำว้า ไม่นิยมกล้วยหอม หรือ กล้วยไข่ และกล้วยหักมุก อาจเป็นเพราะกล้วยหอม และ กล้วยไข่มีน้ำมาก มีแป้งน้อยเมื่อสุกงอมจะมีความหวานมาก ส่วนกล้วยหักมุกจะมีแป้งมากเกินไป กล้วยตากที่อร่อยส่วนมากจึงมาจากกล้วยน้ำว้า และกล้วยน้ำว้าที่ตากแล้วที่อร่อยและมีชื่อเสียงมากจะอยู่ที่จังหวัด

พิษณุโลก คือกล้วยตากบางกระทุ่ม กล้วยที่ใช้คือ กล้วยว่าขาวหรือกล้วยว่ามะลิอ่อน ซึ่งมีรสหวานเมื่อตากแล้วจะมีสีสวย การทำกล้วยตากนั้นหลังจากปอกเปลือกกล้วยแล้วเอาไปตากแดดบนเสื่อ 1-2 แดด แล้วเอาไปคลึงและกดแบน ไม่มีการใส่น้ำตาล ความหวานจะออกมาจากตัวกล้วย เองจากนั้นก็ไปตากแดดอีกประมาณ 1-2 แดด ปัจจุบันได้มีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาทำเป็นเตาอบขนาดใหญ่ เพื่อใช้ตากกล้วยตาก หรืออบทำให้กล้วยตากที่ได้สะอาดกว่าตากจากแดดแสงอาทิตย์โดยตรงมาก เพราะไม่มีแมลงวันตอมหรือ ฝุ่นละอองเจือปน แต่ในการตากทำให้แห้งนั้นยอมทำให้ธาตุอาหารและวิตามินสูญเสียไปบ้าง

2.3.2 แป้งกล้วย (banana flour) ทำจากกล้วยดิบซึ่งแก่เต็มที่แล้ว จากกล้วยกินได้และกล้วยกล้วย แป้งกล้วยมีการขายกันในตลาดท้องถิ่น บางแห่งเพื่อใช้เป็นอาหารของเด็กทารกและคนชรา แป้งกล้วยที่ได้นำมาผสมทำอาหาร อาจนำไปผสมกับแป้งสาลีเพื่อทำขนมเค้ก หรือ ขนมปังแต่เราไม่สามารถใช้แป้งกล้วยอย่างเดียวได้เพราะแป้งกล้วยไม่มีกลูเตนซึ่งจะทำให้แป้งนั้นเหนียว หรือ มีความยืดหยุ่นได้นอกจากนี้ยังนำมาทำขนมไทย ๆ เช่น ขนมบัวลอย ขนมต้ม เป็นต้น

การทำแป้งกล้วยทำได้โดยนำผลกล้วยดิบมาตากแดด จนกว่าจะแห้ง หรือ อาจใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ หรือ เตาอบ ธรรมดาก็ได้แต่การอบด้วยเตาอบจะทำให้ได้แป้งที่สะอาด หลังจากตากจนแห้งสนิทแล้วนำมาบดให้ละเอียด

ในประเทศไทย กองวิทยาศาสตร์และชีวภาพ ได้แนะนำวิธีการทำแป้งกล้วยจากผลกล้วยน้ำว้าดิบ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ล้างผลกล้วยดิบ แล้วนึ่ง 5 นาที
2. แช่น้ำ ปอกเปลือก
3. หั่นเป็นแว่นบาง ๆ และแช่น้ำในสารกันบูด 0.01 %
4. ผึ่งลมให้แห้ง
5. อบที่เตาอบ หรือ ตู้พลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 55 °C นาน 30 นาที หรือ อบแห้ง
6. บดด้วยเครื่องบด

แป้งกล้วยนี้ใช้ในการปรุงอาหารได้ โดยทำ ขนมกล้วย ขนมเค้ก คุกกี้ ขนมบัวลอย เป็นต้น

2.3.3 กล้วยผง (banana powder) กล้วยผงทำจากผลกล้วยสุก ซึ่งจะแตกต่างกับแป้งกล้วยที่ทำจากผลกล้วยดิบ การทำกล้วยผงนี้ยังไม่มี การทำ เป็นการค้ามาก เพราะกล้วยผงไม่สามารถรักษากลิ่นไว้ได้นาน และมักมีความชื้นทำให้เกิดรักษายาก และมีแมลงไปวางไข่ถึงแม้จะเก็บในที่ที่สะอาดไม่มีเชื้อโรคแล้วก็ตาม จึงไม่ค่อยนิยมทำแต่ก็มีบ้างเล็กน้อย เพื่อใช้ทำขนมเค้ก คุกกี้ และ ไอศกรีม (เบญจมาศ ศิลาย่อย . 2545 : 278-284)

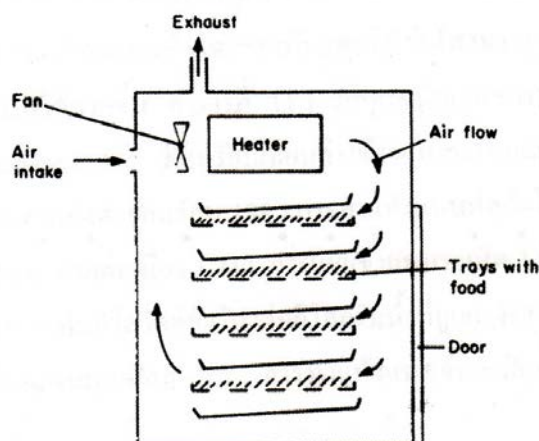
2.4 ชนิดของตู้อบแห้ง

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีการบดจนวนไว้เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน และทำให้สามารถนำอากาศมาหมุนเวียนใช้ใหม่เพื่อประหยัดพลังงาน มีการออกแบบเครื่องมือที่สามารถประหยัดพลังงานหลายแบบเพื่อนำความร้อนจากอากาศที่ใช้แล้วมาใช้ใหม่หรือมีการควบคุมความชื้นของอากาศโดยอัตโนมัติ การควบคุมเครื่องอบแห้งโดยคอมพิวเตอร์ทำให้สามารถทำงานได้ซับซ้อนยิ่งขึ้น ส่งผลให้สามารถประหยัดพลังงานได้มากขึ้น

2.4.1 เครื่องทำแห้งด้วยลมร้อน (Hot-air dryers)

2.4.1.1 เครื่องอบแห้งแบบถัง (Bin dryers หรือ deep-bed dryers) เครื่องอบแห้งชนิดนี้มีรูปร่างกลมหรือทรงสี่เหลี่ยม ด้านล่างจะมีช่องตาข่ายให้อากาศร้อนพัดผ่านชั้นอาหารด้วยความเร็วค่อนข้างต่ำ เช่น 0.5 เมตร/วินาที ต่อพื้นที่ผิว (เมตร) ของเครื่อง เครื่องทำแห้งชนิดนี้สามารถในการทำงานสูง ใช้เงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องต่ำ นิยมใช้ในการอบแห้งขั้นสุดท้ายหลังการทำแห้งขั้นต้นด้วยเครื่องมืออื่น ๆ มาแล้ว เพื่อให้อาหารมีค่าความชื้น 3-6 % เครื่องอบแห้งแบบถังช่วยเพิ่มความสามารถในการทำงานของเครื่องทำแห้งตอนต้นด้วยการใช้กับอาหารที่ทำแห้งอยู่ในช่วงอัตราลดลงซึ่งเป็นช่วงที่ใช้เวลานานที่สุดโดยที่อาหารจะถูกกองทับกันสูงจึงทำให้เกิดความชื้นภายในแตกต่างกัน จึงต้องนำมาทำแห้งต่อเพื่อให้อาหารมีความชื้นเท่ากัน บางครั้งเครื่องยังทำหน้าที่เหมือนภาชนะเก็บอาหารระหว่างขั้นตอนการทำแห้ง การบรรจุอาหารในเครื่องนี้อาจสูงหลายเมตร ดังนั้นอาหารที่อยู่ด้านล่างจะต้องทนต่อแรงอัดที่เกิดขึ้นได้และต้องมีช่องเปิดด้านล่างให้อากาศหรือลมร้อนผ่านเข้ามาในกองอาหารได้ด้วย

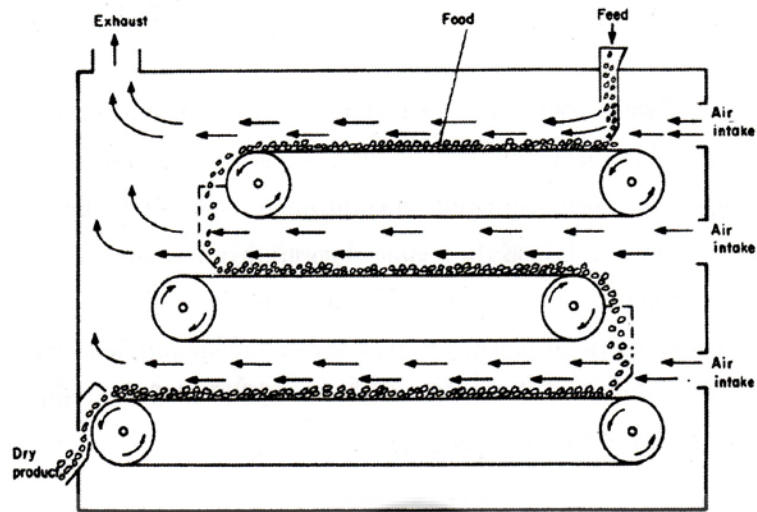
2.4.1.2 เครื่องอบแห้งแบบถาด เครื่องอบแห้งแบบถาดประกอบด้วยถาดเตี้ย ๆ ที่มีช่องตาข่ายอยู่ด้านล่างและบุเครื่องด้วยฉนวนในแต่ละถาดจะบรรจุอาหารขึ้นบาง ๆ ขนาด 2-6 เซนติเมตร อากาศร้อนจะไหลหมุนเวียนอยู่ในตู้ที่ความเร็วลม 0.5-5 เมตร/วินาที/เมตร ของพื้นที่ผิวของถาด มีระบบท่อหรือแบฟเฟิล เพื่อนำลมร้อนขึ้นไปด้านบนผ่านแต่ละถาดเพื่อให้ลมร้อนกระจายอย่างสม่ำเสมอ อาจมีการติดตั้งเครื่องทำความร้อนเพิ่มด้านบนหรือด้านข้างของถาดเพื่อเพิ่มอัตราการทำแห้ง นิยมใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดในการผลิตอาหารในปริมาณต่ำ (1-20 ตัน/วัน) หรือสำหรับใช้ในโรงงานต้นแบบ เครื่องอบแห้งชนิดนี้ใช้เงินลงทุนค่าดูแลรักษาต่ำแต่ควบคุมดูแลยาก และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่สม่ำเสมอ ภาพประกอบ 7 แสดงการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบถาดทั่วไป



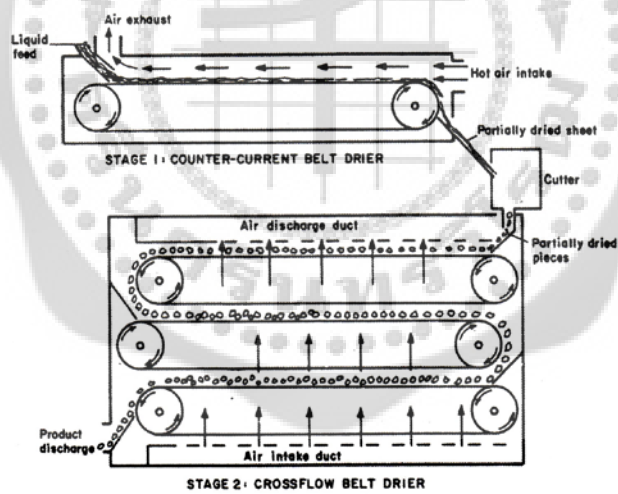
ภาพประกอบ 7 การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบถาดทั่วไป

ที่มา วิไล รัชชาติทอง.เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. (2547: 280)

2.4.1.3 เครื่องอบแห้งแบบสายพาน เครื่องอบแห้งชนิดนี้ใช้สายพานแบบต่อเนื่องซึ่งอาจยาวถึง 20 เมตร และกว้าง 3 เมตร เป็นการทำให้แห้งอาหารซึ่งกองอยู่หนาประมาณ 5-15 เซนติเมตร บนสายพานที่มีรูพรุนอยู่ด้านล่าง อากาศจะเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนผ่านกองอาหารและเคลื่อนที่กลับลงมาเพื่อป้องกันไม่ให้อาหารปลิวไปจากสายพาน เครื่องแห้งแบบ 2 หรือ 3 ตอนจะผสมและกองอาหารที่ทำแห้งแล้วเป็นบางส่วนให้เป็นกองสูงขึ้น (ถึง 15-25 เซนติเมตรในเครื่องทำแห้งแบบ 2 ตอน หรือ 250-900 เซนติเมตร ในเครื่องทำแห้งแบบ 3 ตอน) วิธีนี้จะทำแห้งได้อย่างสม่ำเสมอขึ้นและประหยัด พื้นที่ด้วยอาหารจะถูกทำให้แห้งจนมีความชื้น 10-15 % และถูกย้ายไปยังเครื่องอบแห้งแบบถาดเพื่อการทำให้แห้งขั้นสุดท้าย เครื่องอบแห้งแบบสายพานมีอัตราการผลิตสูงและสามารถควบคุมการทำงานได้ดี ใช้ในการทำแห้งอาหารในปริมาณสูง เช่น ใช้เวลา 2-3.5 ชั่วโมง ในการทำให้แห้งผักและผลไม้ได้ถึง 5.5 ตัน/ชั่วโมง มีการควบคุมการทำงานในแต่ละส่วนของเครื่องอย่างอิสระรวมทั้งสามารถวาง (load) และยกอาหารลง (unload) ได้อย่างอัตโนมัติ นับเป็นการช่วยลดแรงงานได้ เครื่องนี้จึงเริ่มได้รับความนิยมแทนที่เครื่องทำแห้งแบบอุโมงค์ (tunnel dryer) ภาพประกอบ 8 แสดงการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบสายพานโดยการไหลของลมร้อนแบบผสม ส่วน ภาพประกอบ 9 เป็นการอบแห้งขนมขบเคี้ยวแบบ 2 ชั้นตอนโดยการใช้อุปกรณ์อบแห้งแบบสายพาน



ภาพประกอบ 8 การไหลของอากาศแบบผสมระหว่าง co-current และ counter-current ใน เครื่องอบแห้งบนสายพาน



ภาพประกอบ 9 การอบแห้งขนมขบเคี้ยวแบบ 2 ขั้นตอนโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสายพาน

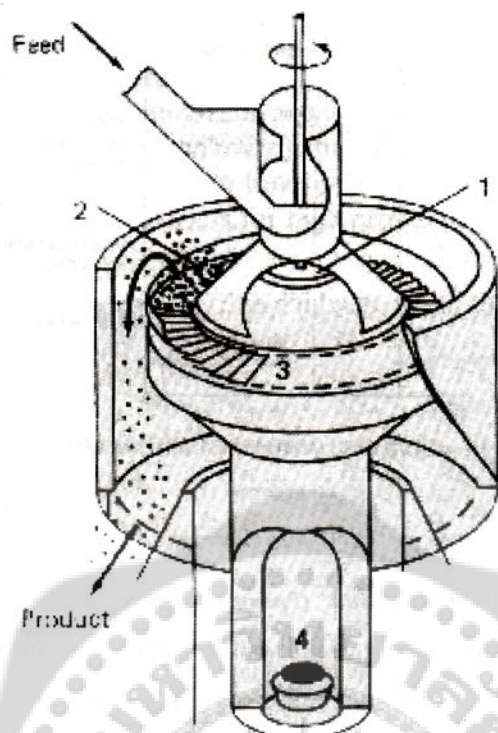
ที่มา วิไล รัสาดทอง.เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. (2547: 281-282)

การประยุกต์ใช้เครื่องทำแห้งแบบสายพานอีกชนิดหนึ่งคือเครื่องทำแห้งแบบโฟม (foam mat drying) อาหารเหลว เช่น น้ำผลไม้จะเปลี่ยนไปเป็นฟองที่มีความคงตัวด้วยการเติมสารเพิ่มความคงตัว และเติมก๊าซไนโตรเจนหรืออากาศ ฟองนี้จะแผ่อยู่บนสายพานที่มีรูเล็ก ๆ อยู่ด้านล่าง โดยมีความหนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร และถูกทำให้แห้งโดยเร็วใน 2 ชั้นตอนโดยอากาศที่ไหลขนานและสวนทางกัน วิธีการทำแห้งโฟมอาหารนี้จะเร็วกว่าวิธีทำแห้งอาหารเหลวที่มีความหนาใกล้เคียงกันถึง 3 เท่า อาหารแห้งที่มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ และมีรูพรุนอยู่นี้จะถูกปั่นเป็นแป้งซึ่งมีคุณสมบัติดูดซับน้ำได้ดี การทำแห้งแบบรวดเร็วที่อุณหภูมิต่ำนี้ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีข้อเสียคือต้องใช้พื้นที่ผิวมากเพื่อให้ได้อัตราการผลิตสูงทำให้ต้องใช้เงินลงทุนสูงตามด้วย

2.4.1.4 เครื่องทำแห้งแบบฟลูอิดไดซ์ (Fluidized bed dryers) เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์ประกอบด้วยถาดโลหะซึ่งมีรูตาข่ายอยู่ด้านล่างและบรรจุของอาหารชิ้นเล็ก ๆ สูงประมาณ 15 เซนติเมตร อากาศร้อนจะพัดขึ้นจากด้านล่างของเครื่องและทำให้อาหารเกิดการผสมและกวนอย่างรุนแรง (fluidized) อากาศจึงทำหน้าที่เป็นทั้งตัวกลางทำแห้งและทำให้เกิดฟลูอิดไดซ์ด้วย วิธีนี้เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของอาหารให้มากที่สุด ทำให้การทำแห้งง่ายขึ้น เครื่องอาจทำงานแบบกะหรือแบบต่อเนื่องก็ได้ ซึ่งแบบหลังมักจะมีฐานสั่นสะเทือนเพื่อช่วยให้อาหารมีการสั่น ในระบบต่อเนื่องอาหาร จะเคลื่อนที่จากถาดหนึ่งไปยังอีกถาดหนึ่งซึ่งอาจมีทั้งหมดถึง 6 ถาดด้วยแรงโน้มถ่วงโลกเพื่อให้ได้อัตราการผลิตที่สูง

เครื่องทำแห้งแบบฟลูอิดไดซ์มีขนาดกะทัดรัด สามารถควบคุมสภาวะการทำแห้งได้ดี ให้ประสิทธิภาพด้านความร้อนและอัตราการแห้งสูง อาหารจะถูกผสมโดยการฟลูอิดไดซ์ในกระบวนการแบบกะทำให้ได้อาหารที่แห้งสม่ำเสมอ ช่วงความชื้นของผลิตภัณฑ์ในการทำแห้งแบบต่อเนื่องจะค่อนข้างกว้าง จึงต้องมีการใช้เครื่องอบแห้งแบบถ้ำสำหรับการอบแห้งขั้นสุดท้าย การใช้งานเครื่องทำแห้งแบบฟลูอิดไดซ์จะใช้ได้กับอาหารชิ้นเล็กซึ่งสามารถทำให้เกิดฟลูอิดไดซ์ได้โดยไม่เกิดความเสียหาย เช่นเดียวกับการแช่เยือกแข็งแบบฟลูอิดไดซ์ อาหารดังกล่าวได้แก่ ถั่ว ผักแห้งเป็นแฉกหรือเป็นชิ้น เมล็ดธัญพืชอาหารประเภทแป้งหรืออาหารที่ขึ้นรูปด้วยเกลียวอัด

Torbed dryer เป็นเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำแห้งที่ชื้น ๆ ได้ การฟลูอิดไดซ์ขึ้นอาหารเหล่านี้ทำได้โดยการหมุนรอบถังโดยอากาศร้อนที่เป่าโดยตรงจากเครื่องเผา (ภาพประกอบ 10) เครื่องทำแห้งนี้จะให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลสูงมาก จึงช่วยลดเวลาในการทำแห้งได้มาก ผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น ชินผัก จะต้องการช่วงเวลาที่ทำให้

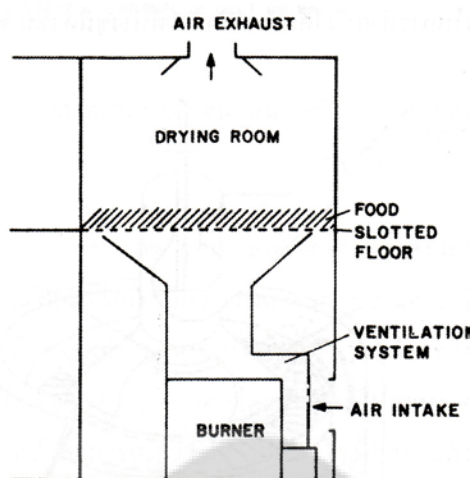


ภาพประกอบ 10 Torbed dryer

ทีมา วิไล รั้งสาตทอง.เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. (2547: 283)

เกิดการสมดุลเพื่อให้เกิดการกระจายความชื้นอย่างสม่ำเสมอก่อนการทำแห้งครั้งสุดท้ายเครื่องทำงานกึ่งต่อเนื่องและควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ เหมาะสำหรับการทำให้ผงอาหารเกาะกันเป็นกลุ่มก้อนหลวม ๆ และการทำแห้งด้วยการพuff (puff drying) การย่าง การทำให้สุก และการเคลือบผิว

2.4.1.5 เครื่องอบแห้งแบบเตาเผา (Kiln dryers). เครื่องอบแห้งแบบเตาเผา (ภาพประกอบท 11) มีลักษณะเป็นโครงสร้าง 2 ชั้น โดยมีห้องอบแห้งที่มีพื้นที่เป็นช่อง ๆ อยู่เหนือเตาเผา อากาศร้อนและสารที่ได้จากการเผาจะพัดผ่านกองอาหารที่หนาถึง 20 เซนติเมตร มีการใช้เครื่องนี้มาแต่ดั้งเดิมสำหรับการอบแห้งแอปเปิ้ลแผ่นในสหรัฐอเมริกา ฮอปและข้าวมอลท์ในยุโรป การควบคุมสภาวะการทำแห้งยากและใช้เวลาในการอบแห้งนาน ใช้แรงงานสูงเนื่องจากต้องคอยกลับผลิตภัณฑ์ ต้องใส่และยกอาหารออก อย่างไรก็ตามเครื่องอบแห้งนี้มีความจุสูงสร้างง่ายและใช้ค่าดูแลรักษาต่ำ



ภาพประกอบ 11 เครื่องอบแห้งแบบเตาเผา

ที่มา วิไล รัตตาทอง.เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. (2547: 284)

2.4.1.6 เครื่องอบแห้งแบบพญูเมติกส์ (Pneumatic dryers) อาหารที่เป็นชิ้นหรือผงจะถูกอบแห้งอย่างต่อเนื่องในท่อโลหะแนวนอนหรือแนวตั้งในเครื่องอบแห้งแบบพญูเมติกส์ และใช้ไซโคลนเพื่อแยกผลิตภัณฑ์ที่แห้งแล้วออกมา ชิ้นอาหารซึ่งโดยทั่วไปจะมีความชื้นน้อยกว่า 40 % จะถูกส่งเข้าไปในท่อและแขวนลอยอยู่ในอากาศร้อน มีการปรับ ความเร็วลมในเครื่องอบแห้งแบบตั้งเพื่อให้ชิ้นอาหารอยู่แยกกัน อาหารที่เบาหรือเล็กกว่าจะแห้งเร็วกว่าและเคลื่อนที่ไปยังไซโคลนเร็วกว่าชิ้นอาหารที่หนักกว่า ชิ้นอาหารที่ชื้นกว่าจะยังคงแขวนลอยอยู่นานกว่าจะมีความชื้นน้อยลง ท่อนี้มีลักษณะเป็นวงต่อเนื่องสำหรับอาหารที่ต้องการให้อยู่ในท่อนานขึ้น และอาหารจะวนเวียนอยู่ในท่อจนกว่าจะแห้งพอสมควร มีการใช้เครื่องอบแห้งเป็นท่อดังนี้ที่อุณหภูมิสูง เวลาสั้น เพื่อขยายโครงสร้างของเซลล์แป้งในมันฝรั่งหรือเซลล์ของแครอทเพื่อให้ได้โครงสร้างที่แข็งและมีรูพรุน นับเป็นการพัฒนาปรับปรุงอัตราการทำให้แห้งและการกำจัดน้ำวิธีเก่าให้ดียิ่งขึ้น

เครื่องอบแห้งแบบพญูเมติกส์ใช้เงินลงทุนต่ำแต่ให้อัตราการทำให้แห้งและประสิทธิภาพของความร้อนสูง ควบคุมสภาวะการอบแห้งได้ดี นิยมใช้วิธีนี้หลังการอบแห้งแบบพ่นฝอย เพื่อผลิตอาหารที่มีความชื้นต่ำกว่าปกติ เช่น นม แบบพิเศษ ไข่ผงหรือมันฝรั่งเม็ด มีการประยุกต์การอบแห้งดังกล่าวเป็นการขนส่งอาหารไปในตัวจึงนับเป็นวิธีที่มีประโยชน์ในแง่การจัดการวัตถุดิบ

2.4.1.7 เครื่องอบแห้งแบบโรตารี (Rotary dryers) เครื่องอบแห้งแบบนี้ประกอบด้วยภาชนะโลหะทรงกระบอกหมุนเวียนเป็นมุมเล็กน้อยอยู่ในและมีซี่โลหะเพื่อทำให้อาหารเคลื่อนที่ผ่านไอน้ำหรือลมร้อนขณะที่เคลื่อนที่อยู่ในเครื่องอบ อากาศอาจเคลื่อนที่แบบขนาน หรือแบบสวนทางกันก็ได้กับลมร้อนจะช่วยเพิ่มอัตราการอบแห้งและทำให้ออบแห้งอาหารได้อย่างสม่ำเสมอ วิธีนี้เหมาะกับอาหารที่มีแนวโน้มที่จะจับตัวหรือเกาะกันในเครื่องอบแห้งแบบสายพานหรือถาด อย่างไรก็ตามตามความเสียหายเนื่องจากการขีดขีดหรือการกระทบกันในเครื่องทำให้เครื่องนี้ใช้ได้กับอาหารไม่กี่ชนิด เช่น ผลึกน้ำตาลหรือเมล็ดโกโก้

2.4.1.8 เครื่องอบแห้งแบบฉีดพ่นฝอย (Spray dryers) อาหารที่ผ่านการทำให้ข้นมาแล้วจะถูกทำให้กระจายและกลายเป็นอนุภาคหรือหยดน้ำเล็ก ๆ ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10-200 ไมโครเมตร และพ่นเข้าไปในกระแสน้ำของลมร้อนที่อุณหภูมิ 150-300 °C ในถังอบขนาดใหญ่ มีการควบคุมอัตราการส่งวัตถุดิบเพื่อให้อุณหภูมิของอากาศที่จุดทางออกเท่ากับ 90-100 °C ซึ่งเทียบได้กับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (และอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์) เท่ากับ 40-50 °C การอะตอมไมซ์หรือพ่น (atomization) ที่สมบูรณ์และสม่ำเสมอสำคัญมากสำหรับการอบแห้งที่ดีเครื่องอะตอมไมซ์เซอร์ (atomizer) มีหลายแบบ เช่น

1. เซนตริฟิวกัลป์ อะตอมไมซ์เซอร์ (centrifugal atomizer) ซึ่งจะส่งของเหลวเข้าไปที่ตรงกลางของแกนหมุนด้วยความเร็วรอบ 90-200 เมตร/วินาที หยดของเหลวซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50-60 ไมโครเมตร จะถูกพ่นจากขอบแกนเพื่อการฉีดพ่นที่สม่ำเสมอ
2. เพรสเชอร์นอสเชิล อะตอมไมซ์เซอร์ (pressure nozzle atomizer) ของเหลวจะถูกดันออกมาที่ความดันสูง (700-2,000 กิโลปาสคาล) ผ่านรูเล็ก ๆ ขนาดของหยดคือ 180-250 ไมโครเมตร รูด้านในของหัวฉีดทำให้ละอองของเหลวเป็นรูปกรวยเพื่อให้สามารถใช้ความจุของถังอบแห้งอย่างเต็มที่
3. ทูฟลูอิด นอสเชิล อะตอมไมซ์เซอร์ (two-fluid nozzle atomizer) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 11.9 (b) อากาศที่ถูกอัดจะเกิดเทอร์บูเลนซ์ทำให้ของเหลวเกิดอะตอมไมซ์ ใช้ความดันต่ำกว่าเครื่องเพรสเชอร์นอสเชิลแต่ผลิตขนาดของหยดได้ในช่วงกว้างกว่า

นอสเชิล อะตอมไมซ์เซอร์ทั้ง 2 ชนิดอาจเกิดการอุดตันได้คดยอาหาร อาหารที่มีผิวขรุขระทำให้รูของหัวฉีดมีขนาดใหญ่ขึ้นและขนาดเฉลี่ยของหยดใหญ่ขึ้น

การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบฉีดพ่นฝอยทั่วไป หยดของเหลวจะแห้งอย่างรวดเร็วภายในเวลา 1-10 วินาที เนื่องจากมีพื้นที่ผิวมาก อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จะยังคงอยู่ที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศแห้ง จึงเกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อนน้อยที่สุด การไหลของอากาศอาจจะเป็นแบบขนานหรือแบบสวนทางก็ได้ (ตารางที่ 1) ผงอาหารแห้งจะเคลื่อนที่มารวมอยู่ที่ด้านล่างของเครื่องและถูกเคลื่อนย้ายโดยเครื่องลำเลียงแบบเกลียว (screw conveyor) หรือโดยระบบนิวเมติกส์โดยใช้

ไซโคลน มีการออกแบบห้องอบแห้งโดยใช้เครื่องอะตอมไมเซอร์ ระบบการให้ความร้อน และระบบการเก็บผลผลิตภัณฑ์แบบต่าง ๆ ความต้องการอาหารจากการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอยมีความหลากหลายมาก เช่นนม ไข่ กาแฟ โกโก้ มันฝรั่ง น้ำผลไม้ สารสกัดจากเนื้อและยีสต์ กลิ่นบรจแคปซูล (Heath.1985) ผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวโพดและแป้งสาลี ส่วนผสมของไอศกรีม ครีม โยเกิร์ต ผงเนยแข็ง นอกจากนี้ยังมีการต่อเครื่องทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอยไว้กับเครื่องทำแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เพื่อทำแห้งผงอาหารที่ได้ต่อไป

เครื่องทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอยมีหลายขนาดตั้งแต่ขนาดโรงงานต้นแบบสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้อยแต่มูลค่าสูง เช่น เอนไซม์และกลีโคเจน จนถึงขนาดอุตสาหกรรมซึ่งสามารถผลิตนมผงได้ถึง 80,000 กิโลกรัมต่อวัน ข้อดีที่สำคัญของเครื่องนี้ คือ ใช้เวลาสั้น สามารถผลิตอาหารแบบต่อเนื่องในปริมาณมาได้ ใช้แรงงานต่ำ การใช้และดูแลรักษาง่าย แต่ข้อจำกัดคือใช้เงินลงทุนสูงและอาหารที่จะส่งมาต้องมีความชื้นสูงเพื่อให้มั่นใจว่าสามารถที่จะป้อนเข้ามาในเครื่องอะตอมไมเซอร์ได้ ทำให้ต้องใช้พลังงานเพื่อกำจัดความชื้นและเกิดการสูญเสียสารหอมระเหยสูง ปัจจุบันมีการนำเครื่องอบแห้งแบบสายพาน (conveyer-band dryer) และเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์มาใช้แทนเครื่องทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย เนื่องจากมีความกะทัดรัดและประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงกว่า (Ashworth. 1981)

ความหนาแน่นก่อนอัด (bulk density) ของผงอาหารขึ้นอยู่กับขนาดของผงที่แห้งแล้ว และขึ้นอยู่กับว่าผงดังกล่าวเป็นของแข็งแน่นหรือกลวง ลักษณะของอาหารและสภาวะการอบแห้งจะเป็นตัวกำหนดความหนาแน่นก่อนอัด เช่น ความสม่ำเสมอของขนาดหยาบ อุณหภูมิ ปริมาณของแข็งและการให้อากาศแก่ของเหลวที่ส่งเข้ามา มีการใช้เครื่องทำให้เกาะกันเป็นก้อน (agglomerator) และอบแห้งอีกครั้ง Schubert (1980) ได้อธิบายเครื่องทำให้เกาะกันเป็นก้อนแบบฟลูอิดไดซ์ แบบไอพ่น หรือแบบกรวย ส่วนการทำให้เกาะกันเป็นก้อนโดยตรง (straight-through, agglomeration) จะเป็นวิธีที่ทำให้เกาะกันเป็นก้อนในระหว่างการอบแห้งแบบฉีดพ่นฝอย ผงที่ค้อนข้างขึ้นนี้จะถูกทำให้เกาะกันเป็นก้อนและทำแห้งในเครื่องทำแห้งแบบฟลูอิดไดซ์ (Master, 1972) วิธีทำให้เกาะกันเป็นก้อนแบบอื่นได้แก่ วิธีใช้สารตรึง เช่น เลซิทีน เพื่อจับขึ้นผงอาหารเข้าด้วยกัน เคยมีการใช้วิธีนี้กับอาหารที่มีไขมันสูง เช่น นมผง แต่วิธีทำให้เกาะกันเป็นก้อนได้เข้ามาแทนที่วิธีนี้มากขึ้น ทำให้เกาะกันเป็นก้อนเป็นตัวอย่างของวิธีการขยายขนาด

2.4.1.9 เครื่องอบแห้งบนสายพานแขวน (Trough dryers หรือ belt - trough dryers) เครื่องอบแห้งบนสายพานแขวนใช้ในการอบแห้งอาหารขึ้นเล็ก ๆ ที่มีขนาดสม่ำเสมอ เช่น ถั่วหรือผักแห้งเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมบนสายพานที่มีรูเล็ก ๆ อยู่ด้านล่าง โดยสายพานนี้จะแขวนหลวม ๆ ระหว่างลูกกลิ้ง มีการเป่าลมร้อนผ่านกองอาหาร การเคลื่อนที่ของสายพานจะทำให้เกิดการผสมและกลับอาหารให้เกิดผิวหน้าใหม่สัมผัสกับลมร้อนเสมอ การผสมจะช่วยให้ความชื้นเคลื่อนที่จากด้านในอาหารออกมายังผิวหน้าใหม่สัมผัสกับลมร้อนเสมอ การผสมจะช่วยให้ความชื้นเคลื่อนที่จากด้านในอาหารออกมายังผิวหน้าและระเหยไปอย่างรวดเร็วเมื่ออาหารสัมผัสกับลมร้อน เครื่องอบแห้งนี้จะทำงานแบบ 2 ชั้นตอน คือ อบอาหารจนได้ความชื้น 50-60% และ 15-20% มีการใช้เครื่องอบแบบถึงในขั้นตอนการทำแห้ง

ตอนสุดท้าย เครื่องอบนี้ให้อัตราการอบแห้งสูง คือใช้เวลา 55 นาที สำหรับผัก เทียบกับ 5 ชั่วโมงถ้าเครื่องใช้เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ ประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูง ควบคุมได้ดี และผลิตภัณฑ์ได้รับความเสียหายจากความร้อนน้อยมาก อย่างไรก็ตามเครื่องนี้ไม่เหมาะกับอาหารที่มีความหนืดสูง

2.4.1.10 เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ (Tunnel dryers) เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์เป็นเครื่องที่ใช้ลมร้อนในการทำแห้งอาหารขึ้นบาง ๆ บนถาดซึ่งซ้อนอยู่บนรถบรรทุกที่จัดให้เคลื่อนที่ กิ่งอัตโนมัติผ่านอุโมงค์ที่ควบคุมไว้ เครื่องมีรูปแบบต่าง ๆ และนิยมใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดในการทำแห้งอาหารชั้นสุดท้าย โดยทั่วไปอุโมงค์ขนาด 20 เมตร จะใช้รถบรรทุก 12-15 คันที่มีความจุทั้งหมด 5,000 กิโลกรัม เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในสหรัฐอเมริกาเนื่องจากสามารถอบแห้งอาหารปริมาณมากในเวลาสั้น ๆ แบบฟลูอิดไดซ์เนตเนื่องจากมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงกว่าวิธีอื่น ใช้ค่าแรงต่ำและให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีกว่า

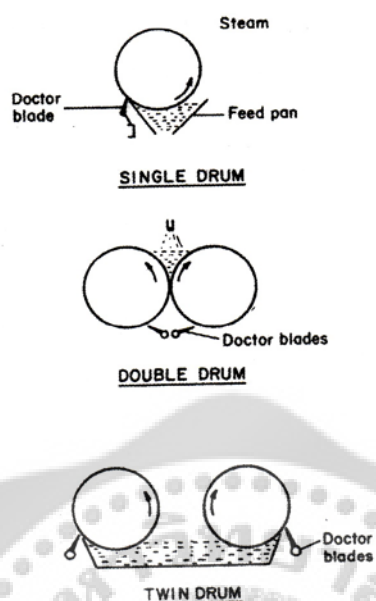
2.5.2 เครื่องอบแห้งแบบใช้ผิวร้อน (Heated - surface dryer)

เครื่องอบแห้งแบบใช้ผิวร้อนเป็นเครื่องอบแห้งที่ใช้การนำความร้อนทำให้อาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้น ข้อดีที่สำคัญเมื่อเทียบกับการอบแห้งโดยใช้อากาศร้อนคือ

1. ไม่จำเป็นต้องให้ความร้อนแก่อากาศปริมาณมากก่อนเริ่มการอบแห้ง มีประสิทธิภาพการใช้ความร้อนสูง
2. อาจทำการอบแห้งโดยไม่ต้องมีก๊าซออกซิเจนเกี่ยวข้อง จึงเป็นการป้องกันอาหารที่เกิดการออกซิไดซ์ได้ง่าย

การใช้พลังงานทั่ว ๆ ไปจะเท่ากับ 2,000 – 3,000 กิโลจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหยไป เทียบกับ 4,000 – 10,000 กิโลจูลต่อน้ำที่ระเหยไป 1 กิโลกรัม สำหรับเครื่องลมร้อน อย่างไรก็ตามอาหารที่มีค่าการนำความร้อนต่ำและต่ำลงอีกเมื่ออาหารแห้งขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้ขึ้นอาหารบาง ๆ เพื่อให้สามารถนำความร้อนได้รวดเร็ว โดยไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อน อาหารอาจจะหดตัวระหว่างการอบแห้ง และกระดกออกจากผิวร้อนทำให้เกิดอุปสรรคต่อการถ่ายเทความร้อน จึงต้องมีการควบคุมอย่างระมัดระวัง โดยคำนึงถึงคุณสมบัติการไหลของอาหารเหลว เพื่อลดการหดตัวให้มากที่สุดและเพื่อกำหนดความหนาของชั้นอาหารที่ส่งเข้ามาด้วย

2.4.2.1 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryers หรือ roller dryers) มีการให้ความร้อนลูกกลิ้งที่ทำจากโลหะเหล็กทรงกระบอกกลวงซึ่งหมุนอย่างช้า ๆ โดยใช้ไอน้ำความดันสูงที่อุณหภูมิ 120-170 °C อาหารจะแผ่เป็นชั้นบาง ๆ อย่างสม่ำเสมอบนผิวของลูกกลิ้งโดยการจุ่ม การฉีดพ่นหรือการแผ่บาง ๆ อาหารแห้งจะถูกชูดอกโดยใบมีดซึ่งจะสัมผัสกับผิวของลูกกลิ้งอย่างสม่ำเสมอ 1 ลูกกลิ้ง หรือ 2 ลูกก็ได้ ดังแสดง ในภาพที่ 12 นิยมใช้ลูกกลิ้งเดี่ยวมากกว่าเพราะมีความยืดหยุ่นในการใช้มากกว่าแบบลูกกลิ้งคู่ เนื่องจากมีพื้นที่ผิวของลูกกลิ้งที่ใช้ในการอบแห้งสูงกว่า ดูแลรักษาง่าย ไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากวัตถุโลหะหล่นลงมาระหว่างลูกกลิ้ง



ภาพประกอบ 12 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยวและลูกกลิ้งคู่

ที่มา วิไล รังสาดทอง.เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. (2547: 291)

เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งให้อัตราการอบแห้งและประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูง เหมาะกับอาหารเหลวที่มีขนาดของอนุภาคใหญ่เกินกว่าจะใช้เครื่องอบแห้งแบบฉีดพ่นฝอย อย่างไรก็ตามต้องใช้เงินลงทุนสูงและอาหารที่ไวต่อความร้อนอาจเกิดความเสียหายได้ ทำให้มีผู้หันไปใช้เครื่องอบแห้งแบบฉีดพ่นฝอยแทน มีการใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งในการอบแห้งอาหารชนิดต่าง ๆ ได้แก่ มันฝรั่งแผ่น ผลิตภัณฑ์ที่ทำให้สุกแล้วจากธัญพืช กากน้ำตาล ซุปแห้งและเนื้อผลไม้บางชนิด ไข่ผง โปรตีนหางนม

ปัจจุบันมีการพัฒนาการออกแบบลูกกลิ้งเพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการรวมทั้งมีการใช้ลูกกลิ้งเสริมเพื่อแยกและเติมอาหารใหม่ระหว่างการอบแห้ง หรือการใช้ความเร็วลมสูงเพื่อเพิ่มอัตราการทำแห้งหรือการใช้อากาศเย็นเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์เย็นลง มีการใช้ลูกกลิ้งในระบบสุญญากาศเพื่ออบแห้งอาหารที่อุณหภูมิต่ำลง แต่ทั้งนี้จะทำให้ค่าใช้จ่ายสูงและจำกัดการใช้ระบบดังกล่าวกับอาหารที่ไวต่อความร้อนที่มีมูลค่าสูงเท่านั้น

2.4.2.2 เครื่องอบแห้งสุญญากาศ (Vacuum band และ vacuum shelf dryers)
อาหารเหลวจะถูกแผ่หรือฉีดพ่นบนสายพานโลหะซึ่งเคลื่อนที่ผ่านลูกกลิ้งกลวง 2 ลูกในถังสุญญากาศที่ความดัน 1-70 ทอร์ อาหารจะถูกอบแห้งก่อนด้วยลูกกลิ้งและ ะดลวดที่ทำให้ร้อนโดยใช้ด้วยไอน้ำหรือ

เครื่องทำความร้อนด้วยรังสีความร้อนซึ่งติดตั้งไว้เหนือสายพาน ลูกกลิ้งลูกที่ 2 สำหรับทำให้เย็น โดยใช้น้ำเย็นจะทำให้อาหารแห้งนี้เย็นลงและอาหารจะถูกชูดอกด้วยไอน้ำ ตู้อบแห้งสุญญากาศประกอบด้วยชั้นกลวงในตู้สุญญากาศ ชั้นอาหารบาง ๆ บรรจุอยู่บนถาดโลหะราบเพื่อให้สัมผัสกับอาหารได้ดี ความดันไอย่อยในตู้จะเท่ากับ 1-70 ทอร์ ใช้น้ำร้อนหรือไอน้ำไหลผ่านชั้นกลวงเพื่อทำให้อาหารแห้ง

วิธีนี้เหมาะสำหรับอาหารที่ไวต่อความร้อนเนื่องจากสามารถอบแห้งได้อย่างรวดเร็ว เกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อนต่ำ อย่างไรก็ตามต้องระมัดระวังไม่ให้อาหารแห้งไหม้ติดถาดในตู้อบสุญญากาศ นอกจากนั้นการหดตัวของอาหารจะลดการสัมผัสระหว่างอาหารกับผิวร้อนของเครื่องมือทั้ง 2 ชนิด เครื่องทั้งสองต้องใช้เงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการค่อนข้างสูง แต่ให้อัตราการผลิตต่ำ

มีการใช้สายพานสุญญากาศและตู้อบแห้งสุญญากาศเพื่อผลิตอาหารแห้งโดยวิธีทำให้พอง (explosion puff drying) ซึ่งเป็นวิธีอบแห้งอาหารเป็นบางส่วนเพื่อทำให้อาหารมีความชื้นปานกลางและปิดผนึกภาชนะบรรจุในตู้ความดัน มีการเพิ่มอุณหภูมิและความดันภายในตู้ด้วยการลดอุณหภูมิและความดันลงอย่างรวดเร็ว (วิลโลว์ รังสาดทอง. 2574: 273-295)

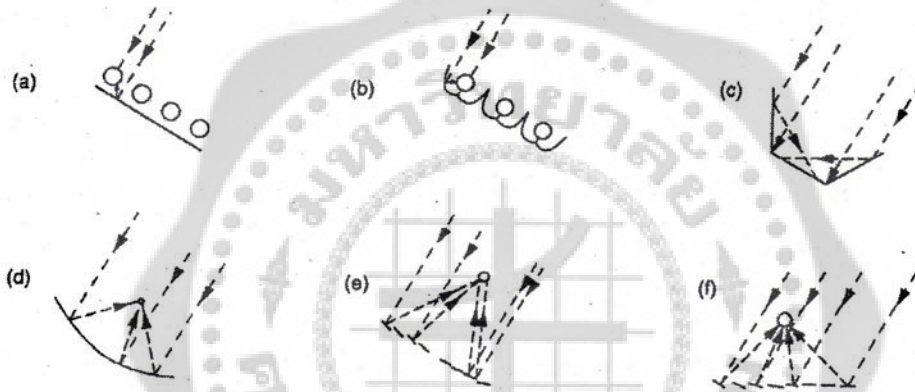
3. เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบรวมรังสี

มนุษย์รู้จักวิธีการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรไว้ให้นานๆ โดยการลดความชื้นก่อนการไปเก็บในยุ้งฉางโดยการผึ่งแดด เพื่อให้ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ทำให้ความชื้นในผลผลิตนั้นกลายเป็นไอ ซึ่งวิธีดังกล่าวเราเรียกว่า การอบแห้ง ในการอบแห้งนั้นจะมีด้วยกันอยู่ 2 ลักษณะคือ 1) Dying คือการอบแห้งโดยให้ผลผลิตถูกแสงอาทิตย์โดยตรงทั้งตัวผลผลิตและพื้นตู้อบจะเป็นตัวดูดความร้อนจากรังสีอาทิตย์ ความร้อนที่เกิดขึ้นจะลอยตัวสูง ขึ้นพาเอาไอน้ำออกไปจากผลผลิต 2) Dehydration คือ การอบแห้งโดยผลิตผลไม่จำเป็นต้องถูกรังสีอาทิตย์โดยตรงเพียงแต่ใช้รังสีอาทิตย์ทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น แล้วผ่านอากาศร้อนดังกล่าวไปยังผลผลิต วิธีการนี้จะช่วยป้องกัน คุณค่าทางอาหาร เนื่องจากความร้อนของรังสีอาทิตย์(อนุตร จำลองกุล :2545 หน้า 53)

3.1 ลักษณะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมรังสี

ตัวรวมรังสีหลายชนิดส่วนมากเป็นตัวทำหน้าที่เพิ่มฟลักซ์ของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนตัวรวมรังสีโดยการสะท้อนหรือหักเห ตัวรวมรังสีอาจแบ่งเป็นทรงกระบอกเพื่อรวมรังสีและโฟกัสไปยังตัวรับแสงที่มีลักษณะเป็นเส้น หรืออาจแบ่งเป็นจานกลมเพื่อรวมรังสีและโฟกัสไปยังตัวรับแสงที่มีลักษณะเป็นจุด ตัวรับแสงอาจแบ่งเป็นรู หรือว่า ลักษณะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมรังสีมีด้วยกัน 6 แบบแสดงในภาพประกอบ 13

ภาพประกอบที่ 13 (a) และ (b) เป็นตัวดูดกลืนทรงกระบอกวางเรียงกันอยู่ห่างกัน มีตัวสะท้อนอยู่ด้านหลังเพื่อสะท้อนรังสีตรงที่เคลื่อนผ่านช่องระหว่างตัวดูดกลืน ภาพประกอบที่ 13 (a) ตัวสะท้อนแบบแบนราบ ภาพประกอบที่ 13 (b) ตัวสะท้อนแบบ Cusp Shaped Specular ภาพประกอบที่ 13 (c) ตัวรับรังสีมีลักษณะเป็นแผ่นราบมีตัวสะท้อนแสงอยู่ที่ปลายทั้งสองด้าน เพื่อเพิ่มค่ารังสีที่ตกบนตัวรับแสง อัตราส่วนการรวมรังสีของตัวเก็บรังสีแบบนี้มีค่าต่ำซึ่งมีค่าสูงที่สุดไม่เกิน 4 รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบตัวสะท้อนส่วนหนึ่งจะสะท้อนไปยังตัวรับแสงที่เกิดการดูดกลืน ตัวเก็บรังสีเหล่านี้สามารถพิจารณาเหมือนตัวเก็บรังสีแบบแผ่นราบที่มีการเพิ่มปริมาณรังสี ภาพประกอบที่ 13 (d) แสดงตัวสะท้อนแบบพาราโบลา ซึ่งอาจจะเป็นผิวทรงกระบอกที่มี ตัวรับแสงเป็นท่อหรือผิวโค้งที่มีตัวรับแสงเป็นแบบกลม ตัวเก็บรังสีแบบทรงกระบอกชนิดนี้มีการศึกษาถึงรายละเอียดและอยู่ในระหว่างการประยุกต์ใช้งาน



ภาพประกอบ 13 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมรังสีลักษณะต่างๆ

ที่มา จงจิตร หิรัญลาภ. กระบวนพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน. (2541: 146)

ตัวสะท้อนรังสีพาราโบลาสามารถใช้ตัวสะท้อนแบบ Fresnel แทนได้กลุ่มของตัวสะท้อนแบบแบนราบที่ถูกจัดเรียงแสดงในภาพประกอบที่ 13 (e) หรือใช้การหักเหรังสีที่ตกกระทบ , ตัวสะท้อนสามารถติดตั้งแยกจากกันและปรับตำแหน่งได้ซึ่งแสดงในภาพประกอบที่ 13 (f) การใช้ซิลิโอสแตทจำนวนมากและมีตัวรับแสงอยู่บนหอคอย ซึ่งเป็นพื้นฐานในการออกแบบตัวเก็บรังสีที่มีตัวรับแสงอยู่ตรงศูนย์กลาง

สำหรับตัวเก็บรังสีที่แสดงในภาพประกอบที่ 13 (c - f) อาจใช้ตัวรับแสงแบนราบที่มรด้านเดียว (ตัวรับแสงไม่ได้อยู่ภายในตัวสะท้อน) หรืออาจเป็นทรงกระบอก ครึ่งวงกลม หรือแบบอื่น ๆ

โดยทั่วไปตัวรวมรังสีและตัวรับแสงจะมีขนาดเล็กกว่าช่องรับแสง ซึ่งเป็นผลมาจากรังสีตรง เนื่องจากมุมของรังสีตรงที่ตกกระทบตัวรวมรังสีมีความสำคัญ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีระบบติดตามดวงอาทิตย์สำหรับตัวเก็บรังสีเหล่านี้ การออกแบบกลไกในการติดตามดวงอาทิตย์เพื่อให้รังสีตรงตกกระทบและสะท้อนไปยังตัวรับแสงสามารถออกแบบได้หลายวิธีโดยต้องคำนึงถึงการออกแบบระบบเชิงแสงด้วย

ระบบตัวรับแสงที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง (ทรงกระบอก) จะโฟกัสรังสีตรง ไปยังตัวรับแสงได้ถ้าดวงอาทิตย์อยู่ตรงกลางระนาบของตัวรวมรังสี โดยส่วนใหญ่ตัวรวมรังสีเหล่านี้สามารถหมุนรอบ 1 แกน ซึ่งอาจเป็น เหนือ-ใต้ ตะวันออก-ตะวันตก หรือเอียงและขนานกับแกนของโลกทำให้เกิดความแตกต่างในปริมาณของรังสีตรงที่ตกกระทบซึ่งมักขึ้นอยู่กับเวลาและประสิทธิภาพในการติดตามดวงอาทิตย์

โดยทั่วไปตัวสะท้อนรังสีมีผิวโค้งมักจะหันแกนเพื่อให้ดวงอาทิตย์อยู่ในแนวที่ต้องการ และสามารถเคลื่อนที่ได้สองแกน แกนทั้งสองนั้นอาจเป็นแกนในแนวนอนและแนวตั้ง หรือแกนหนึ่งทำมุมเอียงขนานกับแกนมุมของโลกและอีกแกนหนึ่งตั้งฉากกับตัวมันเอง

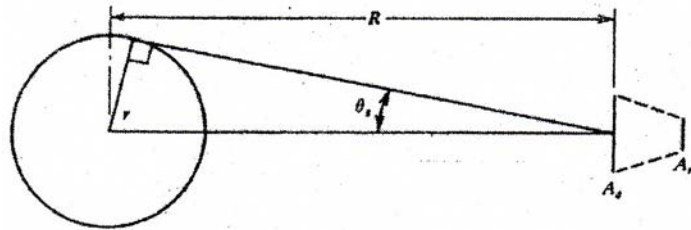
การเคลื่อนที่ของระบบติดตามดวงอาทิตย์สามารถเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องหรือเกือบต่อเนื่องได้ โดยสามารถปรับเพื่อให้ส่วนที่เคลื่อนที่พาตัวเก็บรังสีอาทิตย์ไปตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่เปลี่ยนแปลงไป สำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่มีจุดรับแสงเป็นเส้นตรงและมีค่าอัตราส่วนการรวมรังสีต่ำ อาจปรับตำแหน่งได้โดยการปรับเป็นช่วงๆ เช่น ทุกๆ สัปดาห์ เดือน ฤดูกาล แล้วแต่การออกแบบ การปรับด้วยมือจะขึ้นอยู่กับ การสังเกตการณ์ทำงานและทักษะที่จำเป็นต้องทำให้มีความถูกต้องพอเพียง สำหรับกรณีอัตราส่วนการรวมรังสีไม่สูงนัก ควรเลือกติดตั้งในพื้นที่ที่มีต้นทุนแรงงานต่ำ(จรงจิตรี ธีรบุญลาภ. 2541: 145)

3.2 อัตราส่วนการรวมรังสี

อัตราส่วนการรวมรังสีที่จะใช้ในที่นี้เป็นอัตราส่วนพื้นที่การรวมรังสี (Area Concentration Ratio) ซึ่งจำกัดความ คือ อัตราส่วนพื้นที่ช่องรับแสงต่อพื้นที่ของตัวรับแสงสำหรับอัตราส่วนพลังการรวมรังสีจะนิยามเป็นพลังพลังงานเฉลี่ยบนตัวรับแสงต่อพลังพลังงานเฉลี่ยที่ช่องรับแสง แต่โดยทั่วไปจะมีการเปลี่ยนแปลงพลังพลังงานบนผิวของตัวรับแสง ดังนั้นอัตราส่วนพลังการรวมรังสี เฉพาะที่จะนิยามเป็นอัตราส่วนของพลังที่จุดใดๆ บนตัวรับแสงต่อพลังที่จุดใดๆ บนช่องรับแสงซึ่งแปรผกผันกับตัวรับแสง อัตราส่วนพื้นที่การรวมรังสีคือ

$$C = \frac{A_a}{A_r} \quad (2-1)$$

สมการนี้จะใช้ได้เฉพาะ ตัวรวมรังสีแบบสามมิติ เช่น ตัวรับแสงทรงพาราโบล (Paraboloid Concentrator) เช่น ตัวรวมรังสีแบบทรงกระบอกเชิงพาราโบล (Cylindrical Parabolic Concentrator) ในการพัฒนา ให้อัตราส่วนการรวมรังสีมีค่าสูงสุด ได้นักทฤษฎีของเทอร์โมไดนามิกส์มาประยุกต์ใช้ แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่รังสีระหว่างดวงอาทิตย์กับตัวรับแสง โดยพิจารณาตัวรวมรังสีแบบจานกลม ซึ่งมีพื้นที่ช่องรับแสง A_a และพื้นที่ตัวรับแสง A_r หันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ซึ่งมีรัศมี r และห่างจากดวงอาทิตย์เป็นระยะ R ดังภาพประกอบที่ 14 โดย θ_s คือ ครึ่งวงกลม (Half - Angle) ที่รองรับดวงอาทิตย์



ภาพประกอบ 14 แผนภาพของดวงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ T_s
ระยะห่าง R จากตัวรวมรังสีที่มีพื้นที่ช่องรับแสง A_a และพื้นที่ตัวรับแสง A_r

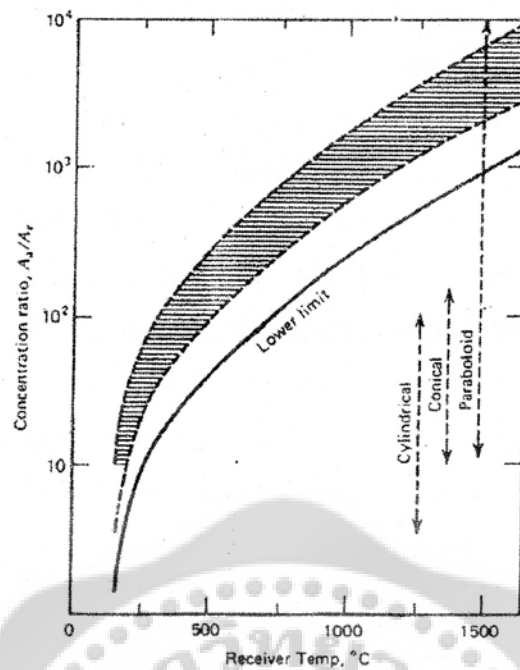
ที่มา จงจิตรี หิรัญกลาง. กระบวนการพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน. (2541: 146)

ถ้าตัวรวมรังสีเป็นแบบสมบูรณ์ รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบช่องรับแสง จะเป็นสัดส่วนกับการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ถูกรับโดยช่องรับแสง แม้ว่าดวงอาทิตย์จะไม่ใช่เป็นวัตถุดำ แต่เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ จะสมมติให้ดวงอาทิตย์เป็นวัตถุดำที่อุณหภูมิ T_s

$$Q_{r-s} = A_a \frac{r^2}{R^2} \sigma T_s^4 \quad (2-2)$$

เมื่อ	Q	คือ พลังงาน (w)	A_a	คือ พื้นที่ช่องรับแสง (m^2)
	r	คือ รัศมี (m)	R	คือ ระยะห่างของตัวรวมรังสีกับดวงอาทิตย์ (m)
	σ	คือ ค่าคงที่สเตฟาน-โบลทซ์มันน์		
	T_s	คือ อุณหภูมิของดวงอาทิตย์ ($^{\circ}C$)		

ตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีค่าอัตราการรวมรังสีสูงๆ มีความละเอียดเชิงแสง และมีระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่ดีจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นซึ่งทำให้การถ่ายเทพลังงานเพิ่มขึ้น ดังภาพประกอบที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนการรวมรังสีของตัวรวมรังสีแต่ละชนิดที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาพประกอบ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการรวมรังสีกับอุณหภูมิของตัวรับแสง

ที่มา จงจิตรี หิรัญลาภ. กระบวนการพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน. (2541: 149)

3.2.1 การสมดุลของพลังงานในการอบแห้ง

การคำนวณสมดุลของพลังงานเนื่องจากการอบแห้งได้จาก สมการ (อนุตร จำลองกุล 2545: 67)

$$M_w L = M_a C_p (T_i - T_t) \quad (2-3)$$

เมื่อ M_w คือ น้ำหนักของน้ำที่หายไปหลังการอบแห้ง

M_a คือ น้ำหนักของอากาศที่ใช้อบ

L คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ

C_p คือ ความร้อนจำเพาะของอากาศที่คงที่

T_i คือ อุณหภูมิของอากาศที่อบแห้ง

T_t คือ อุณหภูมิของอากาศที่อบแห้งหลังจากผ่านวัสดุอบแห้ง

M คือ ความชื้นของผลผลิต

ปัญหาในการอบแห้งก็คือ การคำนวณอุณหภูมิของอากาศที่จะใช้ในการอบแห้งที่ปริมาณของอากาศร้อนที่จะใช้ เราหาค่า M_w ได้จากสมการ

$$M_w = m_i \frac{M_i - M_f}{100 - M_f} \quad (2-4)$$

เมื่อ	M_w	คือ	มวลของน้ำที่ต้องการระเหย (kg)
	m_i	คือ	มวลของผลิตภัณฑ์ก่อนทำการอบแห้ง (kg)
	M_i	คือ	เปอร์เซ็นต์ความชื้นก่อนการอบแห้ง (% w.b.)
	M_f	คือ	เปอร์เซ็นต์ความชื้นภายหลังการอบแห้ง (% w.b.)

ตามปกติแล้วค่าความร้อนแฝงที่กลายเป็นไอที่อุณหภูมิ 30 จะเท่ากับ 2.4 MJ/kg ซึ่งเป็นค่าอิสระ (free water) แต่ถ้าระเหยกลายเป็นไอน้ำในเมล็ดพืชแล้ว ค่าความร้อนแฝงที่กลายเป็นไอจะเพิ่มขึ้น ซึ่งอยู่กับอุณหภูมิแล้วความชื้นภายในเมล็ดโดยที่ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอจะลดลง เมื่ออุณหภูมิและความชื้นเพิ่ม อย่างไรก็ตามจะเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 20 % ดังนั้นในการอบแห้งเมล็ดพืชจะกำหนดให้ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอเท่ากับ 28 MJ/kg (อนุตร จำลองกุล. 2545: 68)

จากการคำนวณปริมาณความร้อนที่จำเป็นต้องใช้สมการดังต่อไปนี้

$$Q_{dry} = M_w L \quad (2-5)$$

เมื่อ	Q_{dry}	คือ	ปริมาณความร้อนที่จำเป็นต้องใช้ (MJ)
	M_w	คือ	มวลของน้ำที่ต้องการระเหย (kg)
	L	คือ	ความร้อนที่ต้องใช้น้ำระเหย 1 kg (MJ/kg)

3.2.2 อัตราการไหลของอากาศ อัตราการไหลที่เหมาะสมจะทำให้วัสดุทางการเกษตรได้ปริมาณความชื้นสุดท้ายตามที่ต้องการ เราสามารถคำนวณอัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการอบแห้งได้จากสมการสมดุลพลังงาน และโดยการใช้แผนภูมิอากาศชื้น (Psychrometric Chart)

เพื่อหาอุณหภูมิของอากาศบริเวณทางออกของเครื่องอบแห้ง ด้วยตั้งสมมุติฐานว่าเกิดการสมดุลทางความร้อนและความชื้นระหว่างอากาศ และเมล็ดพืชที่ปริมาณความชื้นเฉลี่ยระหว่างปริมาณความชื้นเริ่มต้นและหลังจากการอบแห้ง

อัตราการไหลของอากาศที่ผ่านชั้นต่างๆ ของเครื่องอบแห้งขึ้นอยู่กับ Air Pressure Gradient (dp/dx) สำหรับในการที่มีค่า Air Pressure Gradient อัตราการไหลของอากาศในระบบ จะเป็นการไหลแบบราบเรียบ (Lamina Flow) ซึ่งจะมีความสัมพันธ์แปรผันโดยตรงกับ Air Pressure Gradient การไหลของอากาศเกิดขึ้นได้เนื่องจาก Natural Convection แต่ในกรณีที่มี dp / dx น้อยกว่า 50 pa/m เราสามารถคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศได้จากสมการ

$$V = C \frac{dp}{dx} \quad (2-6)$$

เมื่อ	V	คือ	ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านชั้นวัสดุอบแห้ง , m/min-m
	dp	คือ	ผลต่างของความดันบริเวณทางเข้าและออกของวัสดุอบแห้ง . pa
	dx	คือ	ผลต่างของระยะพื่นล่างกับพื่นบนของวัสดุอบแห้ง ,m
	C	คือ	ค่าคงที่ของ Air Pressure Gradientมีค่าประมาณ 0.03 m/Pa-min

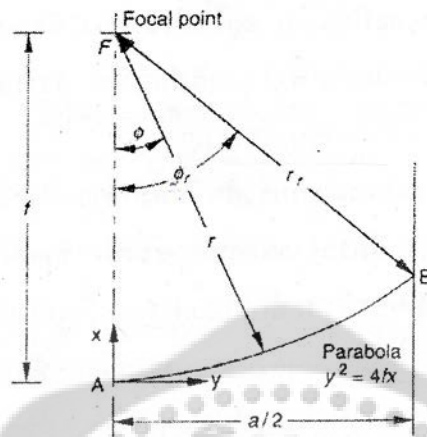
สำหรับเมล็ดพืชที่แห้งและสะอาดมีการจัดเรียงตัวกันอย่างหลวมๆ ค่า C จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อความชื้นของผลผลิตสูงขึ้น และจะลดลงเมื่อชั้นของวัสดุอบแห้งมีความหนาหลายๆ ในกรณี Air Pressure Gradient มีค่ามากกว่า 50 Pa/m ค่า C จะลดลง การไหลของอากาศจะเป็นการไหลแบบ ปั่นป่วนดังนั้นสมการที่ 2-5 จึงใช้ไม่ได้

3.2.3 ความแตกต่างความดันบรรยากาศ เนื่องจากความหนาของวัสดุอบแห้งที่บริเวณทางเข้า-ทางออกของชั้นวัสดุอบแห้งจะทำให้อากาศร้อนที่จะทำการอบแห้งมีความหนาที่ต่างกันสามารถไหลผ่านวัสดุอบแห้งได้ จะต้องออกแบบให้เกิดความดันบรรยากาศบริเวณทางเข้าและบริเวณทางออกของชั้นวัสดุอบแห้ง ให้เพียงพอที่จะทำให้อากาศร้อนสามารถไหลผ่านเอาชนะความต้านทานของแผ่นรองชั้นของวัสดุอบแห้งได้

3.2.4 ความหนาของวัสดุอบแห้ง วัสดุอบแห้งที่มีความหนาจะมีความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของอากาศซึ่งจะมีผลกระทบต่อการอบแห้ง วัสดุที่อบแห้งมีความหนาจะต้านทานต่อการไหลของอากาศมากขึ้นด้วย ดังนั้นการออกแบบเครื่องอบแห้งให้ได้อัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสม และมีผลต่างของความดันบรรยากาศที่บริเวณทางเข้าและบริเวณทางออกของชั้นวัสดุอบแห้งที่เพียงพอ ที่จะทำให้การไหลของอากาศร้อนสามารถไหลผ่านชั้นวัสดุอบแห้งและดึงเอาความชื้นออกตามที (อนุตร จำลองกุล.: 2545: 71)

3.3 เรขาคณิตของตัวรวมรังสีแบบมีภาพ

เพื่อให้เข้าใจถึงการทำงานของตัวเก็บรังสีชนิดดังกล่าว จำเป็นต้องรู้ถึงคุณสมบัติเชิงแสงของตัวรวมรังสีและอิมเมจ ในที่นี้จะกล่าวถึงลักษณะทางเรขาคณิตของตัวสะท้อนแสงและความกว้างของอิมเมจ



ภาพประกอบ 16 ส่วนของตัวรวมรังสีแบบพาราโบลา

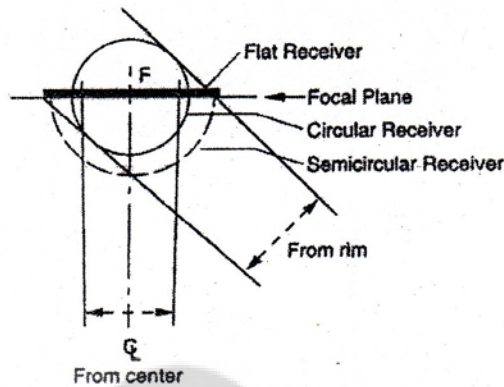
ที่มา จงจิตรี ธีรบุญลาภ. กระบวนการพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน. (2541: 176)

รังสีตรงแสดงในภาพประกอบที่ 16 ตกกระทบบนตัวสะท้อนแสงที่จุด B ที่ขอบ เมื่อรัศมีความโค้งของพาราโบลา (Mirror Radius) มีค่าสูงสุดที่ระยะ r_r มุมขอบ (Rim Angle) ϕ_r คือมุม AFB คำนวณได้จากสมการ

$$\phi_r = \tan^{-1} \left[\frac{8(f/a)}{16(f/a)^2 - 1} \right] = \sin^{-1} \left[\frac{a}{2r_r} \right] \quad (2-7)$$

เมื่อ a คือ ความกว้างของช่องรับแสง เพื่อความสะดวกในการพล็อต ϕ_r เป็นฟังก์ชันของ f/a ดังภาพประกอบที่ 18

กระทบตัวรวมรังสีในทิศทางที่ขนานกับระนาบศูนย์กลางของพาราโบลา (ระนาบ x-y ที่แกนสมมาตรและจุดโฟกัสของพาราโบลากำลังตั้งอยู่)



ภาพประกอบ 19 แผนภาพของรังสีสะท้อนจากศูนย์กลางและขอบของ (ครึ่ง)

ตัวสะท้อนพาราโบลาที่มีตัวรับแสงแบบราบที่เล็กที่สุด

ที่มา จงจิตร หิรัญลาภ. กระบวนการพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน. (2541: 178)

จากภาพประกอบ 19 แสดงภาพลักษณะการสะท้อนของรังสีจากขอบของพาราโบลาเพื่อหาบริเวณความกว้างของบริเวณรวมแสง ความกว้างของอิมเมจ ในระนาบรวมแสงจะเพิ่มขึ้นเมื่อมุมขอบมีค่าเพิ่มขึ้น และแสดงถึงตัวรับแสงแบบราบที่มีขนาดเล็กที่สุด แบบกลม และแบบครึ่งวงกลมที่อยู่ตรงศูนย์กลาง ณ จุดโฟกัส เพื่อรับรังสีสะท้อนทั้งหมด (จงจิตร หิรัญลาภ. 2541: 178) สำหรับตัวรับรังสีแบบแผ่นราบในระนาบรวมแสงของพาราโบลา (ระนาบ y-z ถึง F ในภาพประกอบที่ 19) มีความกว้าง W เท่ากับ

$$W = \frac{2r_r \sin 0.267}{\cos (\phi_r + 0.267)} \quad (2-9)$$

3.4 วัสดุที่ใช้สะท้อนแสงอาทิตย์

เป็นวัสดุที่ผิวสะท้อนโดยทั่วไปได้แก่ โลหะหรือผิวที่เคลือบโลหะโดยเฉพาะโลหะผิวเรียบขัดมันจะสะท้อนแสงได้สูงที่มุมของแสงตกกระทบตั้งฉากกับผิวสะท้อนแสงโลหะเงินและอะลูมิเนียมจะสะท้อนแสงในช่วงที่มองเห็นได้ดีที่สุด ส่วนโลหะอื่นๆ ที่ขัดมันก็จะสะท้อนแสงได้ดี (ยกเว้น โรเดียม พลาตินัม และโลหะชั้นสูงอื่นๆ) ค่าการสะท้อนแสงจะลดลงอย่างรวดเร็วเพราะเกิดการหมองได้ง่ายเมื่อทิ้งไว้ในบรรยากาศ นอกจากในพวกโลหะแล้วอะลูมิเนียมจะลดค่าการสะท้อนแสงลงน้อยที่สุด เพราะออกไซด์ของอะลูมิเนียมโปร่งใสจึงเหมาะสมที่สุดในด้านความคงทนต่อสภาพบรรยากาศ

เพื่อเป็นการลดความสูญเสียค่าการสะท้อนแสงเนื่องจากการมัวหมองและความไม่เรียบของผิวสะท้อนแสงดังนั้นโลหะที่มีการสะท้อนแสงสูง อาทิเช่น เงิน อะลูมิเนียมเคลือบลงบนวัสดุที่ใช้เป็นพื้นเรียกว่า Substrate โดย Substrate อาจเป็นผิวโลหะ แก้ว หรือพลาสติกก็ได้

การเคลือบด้านหน้า คือ การเคลือบโลหะที่อยู่บน Substrate โดยที่แสงจะตกกระทบผิวโลหะแล้วสะท้อนกลับส่วนการเคลือบด้านหลังเป็นการเคลือบในลักษณะเดียวกับกระจกเงา นั่นคือ แสงจะตกลงพื้นผิว Substrate แล้วหักเหผ่าน Substrate ไปยังโลหะที่เคลือบไว้จากนั้นจะสะท้อนกลับ จะเห็นได้ว่าการเคลือบผิวด้านหลังจะมีค่าการสูญเสียเนื่องจากจะดูดกลืนพลังงานใน Substrate ซึ่งมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของ Substrate นั้นด้วย (อนุตร จำลองกุล. 2545: 34)

3.5 ประสิทธิภาพของแผ่นรับแสง

สำหรับแผ่นรับแสงมีการรวมแสงมาตรฐานทั่วไปจะใช้อุณหภูมิสูงขึ้นขนาด 380 K ได้ the Cornot efficiency ของเครื่องจักรใช้ความร้อนที่ตัวรับแสงดังกล่าวประมาณ 20 % ดังนั้นในการที่จะให้ผลการตอบแทนทางเศรษฐกิจการลงทุนสูงต้องให้ประสิทธิภาพมากขึ้นโดยพยายามให้อุณหภูมิของ ของไหลในแผ่นรับสูงขึ้น ถ้าเราได้ 580 K ก็จะทำให้ประสิทธิภาพและการนำความร้อน เขาไปใช้ดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า สำหรับประเทศที่ใช้ความร้อนต่ำจะมีอุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส มีประมาณ 5% ของอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ดังนั้นในการสร้างแผ่นรับแสงที่มีตัวรับแสงเพื่อให้ได้พลังงานความร้อนมากและอุณหภูมิสูงขึ้นจึงจำเป็น(สุพัฒน์ ราชณรงค์. 2543: 133 - 134)

ดังนั้น ประสิทธิภาพของแผ่นรับแสงขณะใดๆ มีค่า

$$\eta_c = \frac{q_u}{I_c A_a} \quad (2-10)$$

เมื่อ q_u คือ พลังงานที่ใช้ประโยชน์ของแผ่นรับแสง (w)

I_c คือ รังสีจากดวงอาทิตย์ ($I = q / \pi$)

A_a คือ พื้นที่ทางเข้าของแสง (m^2)

4. ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบรวมรังสี

ในการปาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งนั้นจะเป็นการคิดอัตราการถ่ายเทความร้อนของผลผลิตกับพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งต่อหน่วยเวลา ซึ่งในที่นี้ก็หมายถึงอัตราการแห้งของผลผลิต โดยทั่วไปอัตราการแห้งของผลผลิตทางการเกษตรจะแบ่งเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงอัตราการแห้งคงที่ (constant-rate regime) ซึ่งเป็นช่วงแรกของการแห้ง และช่วงอัตราแห้งลดลง (falling-rate regime) ซึ่งต่อจากช่วงแรกในช่วงการแห้งคงที่ การระเหยของน้ำจะเกิดที่ผิวของผลผลิต ลักษณะการระเหยจะคล้ายกับการระเหยของน้ำจากภาชนะ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน. 2547: 9-10)

4.1 การออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

การออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เกี่ยวกับการคำนวณพื้นที่สำหรับที่จะถ่ายเทความร้อนปริมาณที่ต้องการ เมื่อรู้อัตราการไหล และอุณหภูมิของของไหลที่จะเข้าและออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน นอกจากนี้ ผู้ออกแบบยังต้องกำหนดขนาดของส่วต่างๆ ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เช่น ขนาดท่อ ความยาวของท่อที่ใช้ ระยะวางท่อ และลักษณะการวางท่อ เป็นต้น การออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เรายังต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องขึ้น และค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่อง เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ได้รับการออกแบบอย่างถูกต้องควรมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด

ในการคำนวณพื้นที่ที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนบนจานพาราโบลิค เราใช้สมการดังต่อไปนี้ (นักสิทธิ์ คุวัฒนาชัย.2532: 425)

$$Q = U A \Delta T \quad (2-11)$$

สำหรับในการคำนวณพื้นที่ที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อน โดยการพา ระหว่างของไหลและผนัง จะต้องใช้สมการสำหรับการพาความร้อน ดังนั้นพื้นที่การถ่ายเทความร้อน ได้ดูอบแห้ง เราใช้สมการดังต่อไปนี้ (นักสิทธิ์ คุวัฒนาชัย : 2532: 42)

$$Q = h A \Delta T \quad (2-12)$$

เมื่อ	Q	คือ พลังงานที่ใช้ (w)
	A	คือ พื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ()
	ΔT	คือ ผลต่างของอุณหภูมิ (°C)
	U	คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (w / m ² K)
	h	คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (w / m ² K)

ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนนั้น เมื่อใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนไประยะหนึ่ง สิ่งสกปรกจากของไหลจะเริ่มจับกับผิวโลหะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนต่ำลง ดังนั้น หากทำการคำนวณออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยไม่คำนึงถึงค่าความต้านทานอันเนื่องมาจากสิ่งสกปรก

เหล่านี้ที่ผนังของโลหะ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะไม่สามารถถ่ายเทความร้อนตามที่ทำนายไว้ ด้วยเหตุนี้การคำนึงถึงผลเสียของสิ่งสกปรกที่เกาะติดผิวของโลหะไว้ล่วงหน้าเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง

ปริมาณที่ได้บ่งถึงผลของสิ่งสกปรกนี้ เรียกว่า ฟาวลิงเฟคเตอร์ (Fouling Factor) คือ ค่าความต้านทานอันเนื่องมาจากสิ่งสกปรกจะมีหน่วยกลับกันของค่า สัมประสิทธิ์การพาความร้อน คือ m^2K/W เมื่อรวมเอาฟาวลิงเฟคเตอร์เข้าไปด้วย (นักสถิติ คุว์พัฒนาชัย : 2532: 421-422)

ในกรณีผนังรูปทรงกระบอกสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและค่าฟาวลิงเฟคเตอร์จะเขียน ได้ดังนี้

$$U = \left[\frac{1}{h_i} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{\frac{k}{r_1}} + \frac{1}{\frac{h_o r_2}{r_1}} + R_{fi} + R_{fo} \frac{r_1}{r_2} \right]^{-1} \quad (2-13)$$

โดยที่ h_i คือสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่อุณหภูมิทางเข้า $^{\circ}C$

h_o คือสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่อุณหภูมิทางออก $^{\circ}C$

r_1 คือเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก cm

r_2 คือเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน cm

R_{fi} คือ ค่าฟาวลิงเฟคเตอร์ของผนังด้านใน m^2K/W

R_{fo} คือ ค่าฟาวลิงเฟคเตอร์ของผนังด้านนอกมีค่าเท่า m^2K/W

ค่าของ h_{i-o} หาได้จากสมการ (2-15) เป็นการไหลแบบ อลวน (Turbulent Flow) หรือสมการ (2-16) เป็นการไหลแบบ ราบเรียบ (Laminar Flow) โดยที่การไหลแบบราบเรียบ หรือ อลวน นั้น ปริมาณที่จะใช้ตัดสินว่าจะเป็นการไหลแบบราบเรียบ หรือ อลวน นั้นก็คือ ตัวเลขเรย์โนลด์ และในการไหลแบบราบเรียบนั้นตัวเลขเรย์โนลด์จะมีค่าสูงสุด 2300 และตัวเลขเรย์โนลด์สูงกว่า 2300 การไหลจะเริ่มเปลี่ยนไปเป็นแบบ อลวน และเรย์โนลด์สูงกว่า 10000 แล้ว การไหลเป็น อลวน เสมอ (นักสถิติ คุว์พัฒนาชัย. 2532 : 172-174)

สมการในการหาค่า เรย์โนลด์ (R_e)

$$R_e = \frac{Vd\rho}{\mu} \quad (2-14)$$

การไหลแบบ อลวน (Turbulent Flow) เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาสมการสำหรับการทำนายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างของไหลและผิวท่อ สมการนี้ใช้ได้ผลดีที่สุดสำหรับการไหลแบบอลวน (นักสิทธิ์ คุ้มพัฒนาชัย : 2532: 249-251)

$$N_u = 0.023 R_e^{0.8} P_r^n \text{ โดยมีค่าเท่ากับ } \frac{hd}{k} = 0.023 \left[\frac{\rho v d}{\mu} \right]^{0.8} \frac{\mu c_p^n}{k} \quad (2-15)$$

เมื่อ $n = 0.3$ เมื่อของไหลถูกทำให้เย็นลง

k = ค่าการนำความร้อน (W/mK)

$n = 0.4$ เมื่อของไหลถูกทำให้ร้อนขึ้น

P_r = ตัวเลขพรานด์เทิล (Prandtl number)

v = ความเร็ว (m/s)

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (m)

ρ = ความหนาแน่น (kg/m³)

μ = ความหนืดพลศาสตร์ (kg/ms)

c_p = ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ (J/KgK)

สำหรับการไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) ตัวเลขนัสเซิลท์มีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามความยาวของท่อ แต่จะใช้วิธีการคำนวณโดยประมาณเท่านั้น เพราะได้สมมติการกระจายของอุณหภูมิ มีความเร็วเป็นพาราโบลารวมดาจะใช้สมการที่ (2-16) (นักสิทธิ์ คุ้มพัฒนาชัย. 2532 : 249)

$$N_u = 6 \quad (2-16)$$

เมื่อ $N_u = \frac{hd}{k}$

และคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนสามารถใช้สมการดังต่อไปนี้ (นักสิทธิ์ คุ้มพัฒนาชัย. 2532 : 425)

$$Q_{EIEC} = m \cdot c_p \Delta T \quad (2-17)$$

เมื่อ Q_{EIEC} คือ พลังงานความร้อน w

m คือ อัตราการไหลของน้ำ (kg/s)

c_p คือ ความร้อนจำเพาะของน้ำ (J / kgk)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (°C)

4.2 รังสีอาทิตย์และการวัด

ดวงอาทิตย์เป็นกลุ่มก๊าซร้อนรูปทรงกลมที่มีความหนาแน่นสูง มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 139×10^7 เมตร และมีระยะห่างเฉลี่ยจากโลกประมาณ 15000×10^7 เมตร เมื่อสังเกตจากโลกดวงอาทิตย์จะใช้เวลาหมุนรอบแกนตัวเองประมาณ 4 สัปดาห์ อย่างไรก็ตามดวงอาทิตย์ไม่ได้หมุนอย่างของแข็ง การหมุนรอบตัวเองของดวงอาทิตย์ที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรจะใช้เวลาประมาณ 27 วัน และสำหรับบริเวณขั้วโลกประมาณ 30 วัน

ดวงอาทิตย์เปรียบเสมือนวัตถุดำที่มีอุณหภูมิประสิทธิผล 5777 K อุณหภูมิที่จุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ประมาณ $8 \times 10^6 - 40 \times 10^6$ K และมีความหนาแน่นประมาณ 100 เท่าของน้ำ ดวงอาทิตย์เปรียบได้กับเตาปฏิกรณ์ที่ปฏิกิริยาฟิวชั่นของก๊าซที่เป็นสัดส่วนประกอบอย่างต่อเนื่อง พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาการแตกตัวหลายชนิด ปฏิกิริยาที่สำคัญที่สุดปฏิกิริยาหนึ่ง คือ การรวมตัวกันของไฮโดรเจนเป็นฮีเลียม มวลของนิวเคลียสของฮีเลียมมีค่าน้อยกว่ามวลของไฮโดรเจน มวลส่วนที่หายไปคือมวลที่เปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงาน พลังงานนี้เกิดขึ้นภายในดวงอาทิตย์ที่อุณหภูมิหลายล้านเคลวิน พลังงานนี้จะถ่ายเทมาที่ผิวของดวงอาทิตย์และแผ่ออกจากผิวสู่อวกาศ

4.2.1 เวลาสุริยะ

เวลาสุริยะ (Solar Time) เป็นเวลาที่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า เวลาเที่ยงสุริยะ (Solar Noon) คือ เวลาที่ดวงอาทิตย์ข้ามเส้นเมริเดียนของตำแหน่งที่สังเกตสาเหตุที่เวลาสุริยะต่างจากเวลามาตรฐานท้องถิ่น (Standard Time) เนื่องจาก

- เส้นเมริเดียนของตำแหน่งที่ต้องการหาเวลาสุริยะ ต่างกันกับเส้นเมริเดียนที่ใช้คำนวณเวลามาตรฐานท้องถิ่น ดวงอาทิตย์ใช้เวลาประมาณ 4 นาที ต่อ 1 องศาที่เปลี่ยนไป

- การวัดแคว่งของแกนหมุนของโลก ซึ่งมีผลต่อเวลาที่ดวงอาทิตย์ข้ามเส้นเมริเดียนของตำแหน่งที่สังเกต ซึ่งการวัดแคว่งนี้สามารถหาได้จากสมการ (Equation of Time)

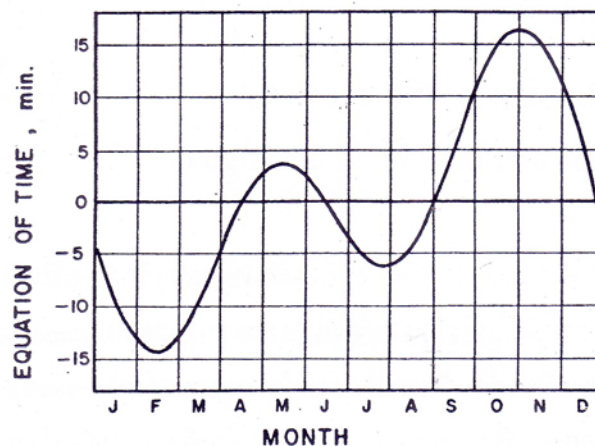
ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาสุริยะและเวลามาตรฐานสามารถหาได้ดังนี้

$$\text{Solar Time} = \text{Standard Time} \pm 4 (L_{ST} - L_{local}) + E \quad (2-18)$$

เมื่อ L_{ST} คือ เส้นเมริเดียนที่ใช้คำนวณเวลามาตรฐานท้องถิ่น (องศา)

L_{local} คือ เส้นเมริเดียนของตำแหน่งที่ต้องการหาเวลาสุริยะ (องศา)

E คือ สมการเวลา (นาที) สามารถหาได้จากภาพประกอบ 20



ภาพประกอบ 20 สมการเวลา E ในหน่วย นาที

ทีมา สุพัฒน์ ราชณรงค์. ระบบพลังงานแสงอาทิตย์. (2543: 24)

4.3 ทิศทางของรังสีตรง

ความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตระหว่างระนาบการหมุนของโลกที่เวลาใด ๆ กับรังสีตรงหรือ ตำแหน่งของดวงอาทิตย์เมื่อเทียบกับระนาบ สามารถอธิบายได้โดยใช้มุมต่าง ๆ ดังนี้

ละติจูด (Latitude, θ) คือ มุมที่อยู่ทิศทางเหนือ หรือ ทิศใต้ของเส้นศูนย์สูตร เมื่อวัดไปทางทิศเหนือ กำหนดให้มีค่าเป็นบวก และลบเมื่อวัดไปทางทิศใต้ ละติจูดมีค่าอยู่ระหว่าง -90° ถึง 90°

มุมเอียง (Slope, β) คือ มุมระหว่างพื้นผิวของระนาบรับแสงกับแนวระดับ มีค่าอยู่ระหว่าง 0° ถึง 180°

มุมชั่วโมง (Hour Angle, ω) คือ มุมที่แทนตำแหน่งของดวงอาทิตย์จากเมอริเดียนท้องถิ่นไปทางทิศตะวันออก หรือ ทิศตะวันตก มีค่าเป็นลบในช่วงเวลา ก่อนเที่ยงสุริยะ และเป็นบวกหลังเที่ยงสุริยะ โดยมีค่า 15° ต่อ 1 ชั่วโมง

มุมเดคลิเนชัน (Declination Angle, δ) คือ มุมระหว่างแนวลำแสงอาทิตย์เมื่อเที่ยงสุริยะกับระนาบศูนย์สูตร กำหนดมีค่าเป็นบวกในทางทิศเหนือ และลบเมื่อวัดไปทางทิศใต้ มุมเดคลิเนชันมีค่าเปลี่ยนแปลงไปทุกวันระหว่าง -23.45° ถึง 23.45° สามารถคำนวณได้จาก

$$\delta = 23.45 \sin \left[360 \frac{(284+n)}{365} \right] \quad (2-19)$$

เมื่อ n คือ ลำดับวันที่ n ของปี ($1 \leq n \leq 365$)

มุมอัลติจูดดวงอาทิตย์ (Solar Atitude Angle, α_s) คือ มุมระหว่างพื้นราบกับแนวลำแสงอาทิตย์ มุมอัลติจูดดวงอาทิตย์ที่เวลาใด ๆ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sin \alpha_s = \cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta \quad (2-20)$$

มุมอะซิมูทพื้นดิน (Surface Azimuth Angle, γ) คือ มุมระหว่างทิศใต้กับทิศทางการหันหน้าของแผงรับมีค่าอยู่ในช่วง -180° ถึง 180° โดยเป็นศูนย์เมื่อหันไปทางทิศใต้ เป็นบวกเมื่อหันหน้าไปทางทิศตะวันตก และเป็นลบเมื่อหันไปทางทิศตะวันออก

มุมอะซิมูทดวงอาทิตย์ (Solar Azimuth Angle, γ_s) คือ มุมระหว่างแนวตั้งของดวงอาทิตย์และระนาบของเมอริเดียนท้องถิ่น โดยกำหนดให้วัดจากทิศใต้ของระนาบแนวตั้งดวงอาทิตย์ไปทางทิศตะวันตก มีค่าเป็นบวก วัดทางทิศตะวันออกมีค่าเป็นลบ และมีค่าเป็นศูนย์ที่ทิศใต้ มุมอะซิมูทดวงอาทิตย์มีค่าอยู่ในช่วง -180° ถึง 180° สามารถคำนวณได้จากสมการ(จงจิตร์ หรือญลาภ. 2541: 1 – 8)

$$\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos \alpha_s} \quad (2-21)$$

4.4 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน

จุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุนนั้นเป็นค่าที่เข้าใจง่ายจุดคุ้มทุนก็คือ จุดที่ได้ทุนคืนพอดี เช่นเดียวกับคำว่า ระยะเวลาคืนทุน ซึ่งก็คือ ระยะเวลาที่ได้คืนทุนพอดี ซึ่งถ้าเรารู้ว่าจุดใดคือจุดคุ้มทุน เราก็สามารถตัดสินใจและดำเนินงานผลิตให้มากกว่า เช่นเดียวกับคำว่า ระยะเวลาคืนทุน ถ้าเรารู้ว่าสามารถคืนทุนได้กี่ปีแล้ว เราก็สามารถตัดสินใจและดำเนินงานผลิตให้นาน กว่าระยะเวลาคืนทุน เพื่อให้กำไรมาจากการดำเนินงาน

4.4.1 จุดคุ้มทุน (Breakeven Point) คือจุดที่รายรับมีค่าเท่ากับต้นทุนพอดี โดยทั่วไปแล้วจะให้ความสนใจในปริมาณที่จุดคุ้มทุน ซึ่งเรียกว่า Breakeven Quantity (Q_{RE}) หน่วยของปริมาณที่จุดคุ้มทุนมักเป็นหน่วยต่อปี เปอร์เซ็นต์ของกำลังการผลิต ชั่วโมงต่อเดือน เป็นต้น

จากความหมายของจุดคุ้มทุนนั้น จะเห็นได้ว่าจะมีความเกี่ยวข้องกับสองอย่างคือ รายรับ และ ต้นทุน รายรับ (Revenue, R) โดยปกติแล้วจะแปรผันตรงกับจำนวนหน่วยที่ผลิต หรือขาย ดังนั้น ถ้ากำหนดให้ P คือราคาขายต่อหน่วย q คือ ปริมาณการขาย จะได้

$$R = P \times q \quad (2-22)$$

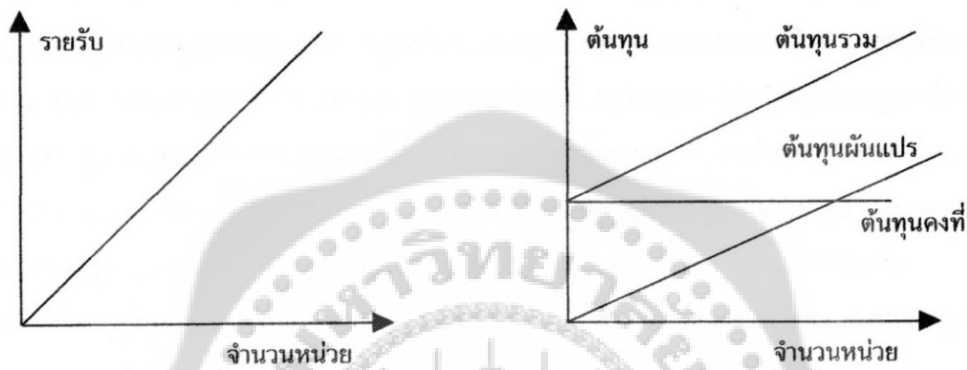
ในขณะที่ต้นทุนนั้นจะสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปร โดยต้นทุนคงที่ (Fixed Cost , FC) หมายถึงต้นทุนที่ไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนหน่วยที่ผลิต และต้นทุนผันแปร (Variable Cost , VC) คือ ต้นทุนที่ขึ้นอยู่กับจำนวนหน่วยที่ผลิต ดังนั้น ถ้าทำการผลิตมากก็จะเสียต้นทุนประเภทนี้

มาก ถ้าทำการผลิตน้อยจะเสียต้นทุนประเภทนี้ น้อย เช่น ค่าแรงทางตรง ค่าวัสดุทางตรง ค่าการตลาด ถ้า v คือต้นทุนผันแปรต่อหน่วยจะได้

$$VC = v \times q \quad (2-23)$$

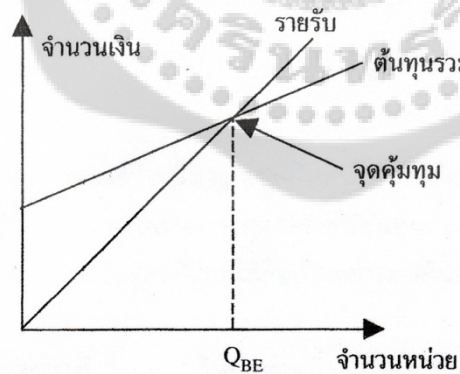
ในการพิจารณาในด้านต้นทุนนี้ เราต้องนำทั้งต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรมารวมกันซึ่งเรียกว่า ต้นทุนรวม (Total Cost , TC) ซึ่งเขียนในสมการได้ดังนี้

$$TC = FC + v \times q \quad (2-24)$$



ภาพประกอบ 21 ความสัมพันธ์ของรายรับ และต้นทุนทั้ง 3 ประเภทกับจำนวนหน่วย

ทีมา จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์.เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.(2552: 191)



ภาพประกอบ 22 จุดคุ้มทุนและปริมาณที่จุดคุ้มทุน

ทีมา จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์.เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.(2552: 192)

จากภาพประกอบ 21 แสดงความสัมพันธ์ของรายรับและต้นทุนทั้ง 3 ประเภท กับจำนวนหน่วย และเมื่อนำภาพประกอบทั้งสองมารวมกัน จะได้ภาพประกอบ 22 ซึ่งความหมายของจุดคุ้มทุนที่รายรับมีค่าเท่ากับต้นทุนพอดี ทำให้จุดคุ้มทุนคือจุดที่เส้นกราฟรายรับและเส้นกราฟต้นทุนตัดกัน และปริมาณที่จุดคุ้มทุนคือเส้นที่ลากกลางมายังจุดคุ้มทุนมาตัดที่แกน X

จากภาพประกอบจะเห็นได้ว่าปริมาณการผลิต เท่ากับ Q_{BE} รายรับจะมีค่าเท่ากับต้นทุนพอดีนั้นก็ คือไม่ได้กำไรและไม่ขาดทุน แต่ถ้าเลื่อนปริมาณการผลิตทางด้านซ้าย จะพบว่า ต้นทุนมีค่ามากกว่า รายรับ นั่นก็หมายถึง การขาดทุน โดยการขาดทุนจะเท่ากับผลต่างระหว่างต้นทุน กับรายรับ ในทางตรงกันข้าม ถ้าเลื่อนปริมาณการผลิตไปทางขวา จะพบว่า รายรับมีค่ามากกว่าต้นทุน นั่นหมายถึง กำไร โดยกำไร จะเท่ากับผลต่างระหว่างรายรับและต้นทุนนั่นเอง ดังนั้น สามารถกล่าวโดยสรุปว่า ถ้าปริมาณการผลิตมีค่าน้อยกว่าปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุนแล้ว ก็กิจการจะประสบกับการขาดทุน ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณการผลิตมีค่ามากกว่าปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุนแล้ว กิจการจะได้รับกำไรจากการดำเนินงาน

อนึ่ง จากภาพประกอบที่ 21 และ 22 จะเห็นได้ว่าเส้นรายรับและเส้นต้นทุนนั้นมีลักษณะเป็นเส้นตรงซึ่งในความเป็นจริงแล้ว เส้นทั้งสองไม่จำเป็นต้องอยู่ในลักษณะเส้นตรง และ ในทางกรณีที่เส้นทั้งสองไม่ใช่เส้นตรงอาจทำให้จุดคุ้มทุนมีจำนวนมากกว่าหนึ่งจุดก็เป็นได้

4.4.2 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) คือ ระยะเวลาที่ทำให้ได้เงินทุนคืนพอดี หรือ ระยะเวลาที่ทำให้รายรับมีค่าเท่ากับต้นทุนพอดี ซึ่งมีหน่วยเป็นช่วงเวลา และมักมีหน่วยเป็นปีจากสมการที่ (2-28) จะได้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่}}{\text{ต้นทุนผันแปร}} \quad (2-25)$$

4.5 ประสิทธิภาพทางความร้อน

การหาประสิทธิภาพ พทางความร้อนของจาน รวมรังสี จะมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งจำเป็นต้องทราบค่าความร้อนของน้ำที่ได้รับ และค่าการแผ่รังสีอาทิตย์ที่กระทบต่อผิวของจานรวมรังสี โดยเป็นการวัดค่าประสิทธิภาพ สูงสุดของน้ำที่ได้รับบนจานรวมรังสีอาทิตย์ (Xi Wenhua. Solar Energy Application Technologies.2006) ดังสมการที่ (2-31)

$$\eta = \frac{Q_u}{Q} \times 100\% = \frac{m \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{H \cdot A_c} \quad (2-26)$$

โดยที่ η	=	ประสิทธิภาพทางความร้อนทั้งระบบ (%)
m	=	น้ำหนักของน้ำในระบบ (kg)
C	=	ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำ (4.19 kJ/kg.c)
t_2	=	อุณหภูมิน้ำออก (°C)
t_1	=	อุณหภูมิน้ำเข้า (°C)
H	=	ค่าการแผ่รังสีตรงที่กระทบบนจานรวมรังสี(KJ/m ²)
A_c	=	พื้นที่ของจานรวมรังสี(m)

5.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้ง ซึ่งใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน ซึ่งมีงานวิจัยหลายแบบและสามารถสรุปดังต่อไปนี้

5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายในประเทศ

มานนท์สังข์ กลิ่นหอม . (2548) ได้ทำการวิจัยเรื่อง เครื่องอบแห้งผักและผลไม้โดยวางรวมแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิคร่วมกับกระจกสะท้อนแสงและระบบกักเก็บพลังงานแบบเปลี่ยนเฟส โดยใช้กล้วยน้ำว้าเป็นวัตถุดิบในการทดลองใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งความร้อนหลักและอาศัยระบบกักเก็บพลังงานความร้อนแบบเปลี่ยนเฟสเป็นแหล่งความร้อนในเวลาที่ไม่ได้มีแสงอาทิตย์โดยสร้างชุดรวมแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิคและกระจกสะท้อนแสง ขนาด 0.6 X 1.74 m²สองบานพื้นที่ของพาราโบลิคเท่ากับ1.54 m² ตู้อบแห้งมีขนาด 0.8 X 0.6 X 0.7 m³ ชุดกักเก็บพลังงานแบบเปลี่ยนเฟส ใช้พาราฟินจำนวน 479 kg เป็นสารกักเก็บพลังงานผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพช่วงขณะสูงสุดของชุดรวมแสงแบบพาราโบลิคร่วมกับกระจกสะท้อนแสงเท่ากับ 39.79 % เมื่อพิจารณาจากขนาดพื้นที่ที่รับแสงทั้งหมดและ 86.82 % เมื่อพิจารณาเฉพาะพื้นที่ของพาราโบลิคไม่รวมพื้นที่สะท้อนแสง ความร้อนที่ได้นำมาอบกล้วยน้ำว้าที่ความชื้นเริ่มต้น 245 %db. ให้เหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 55%db. ใช้เวลา 42 ชั่วโมงเครื่องอบแห้งดังกล่าวสามารถคืนทุนได้ในเวลา 3.3 ปีและจากการหาขนาดที่เหมาะสมของเครื่องอบ

แห้งจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่าควรรใช้ปริมาณพาราฟินอยู่ที่ 250 ถึง 350 kg ร่วมกับพื้นที่รับแสงขนาด 6 ถึง 7 m² โดยคำนึงถึงความเหมาะสมของอุณหภูมิและการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของอากาศแล้ว

อากาศเสถียร ณ อุณหภูมิ, : สุชาติแย้มเม่นและ, วัฒนพงษ์ รัชวีเชียร (2548) ได้ทำการวิจัยเรื่องการประเมินค่าพลังงานความร้อนของจานพาราโบลา โดยศึกษาถึงการกระจายอุณหภูมิ มินบนแผ่นเหล็กวงกลม สำหรับดูดซับพลังงานความร้อนและคำนวณหาค่าพลังงานที่ได้รับจากการรวมแสงอาทิตย์ที่ระยะห่างระหว่างจุดรวมแสงกับจานพาราโบลาสามระยะระบบจานรวมแสงนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ ได้แก่จานรวมแสงพาราโบลา , ระบบติดตามดวงอาทิตย์อย่างง่ายด้วยมือและแผ่นเหล็กดูดซับพลังงานความร้อนจากการรวมแสงจุดจานพาราโบลานี้ความยาวโฟกัส 170 เซนติเมตร บูผิวด้านบนด้วยแผ่นสะท้อนแสงชนิดอลูมิเนียมอะโนไดซ์โดยมีพื้นที่รับแสงรวมทั้งห้าใบเท่ากับ 0.98 ตารางเมตร ผลการประเมินค่าพลังงานความร้อนทั้งหมดจากแผ่นจานรวมแสงที่รับได้ในสภาวะที่ไม่ มีการป้องกันการพาและการแผ่รังสีความร้อนพบว่าการกระจายอุณหภูมิมินบนแผ่นรวมแสงทั้งสาม ระยะรวมแสงยังคงลักษณะเป็นเส้นโค้งระฆังคว่ำและที่ระยะโฟกัส 170 เซนติเมตร ได้ค่าประสิทธิภาพออปติคัลเฉลี่ยตลอดวันของระบบนี้เท่ากับ 35.04 [%] โดยที่อุณหภูมิสูงสุดที่ทำได้ที่จุดกึ่งกลางแผ่นดูดซับความร้อนเท่ากับ 187°C

คมสัน สุคันธวิช, ทวีวัฒน์ สุภารส (2549) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องรับรังสีอาทิตย์รวมแสงแบบดิสก์ โดยออกแบบสร้างและวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องรับพลังงานแสงอาทิตย์รวมแสงแบบดิสก์ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของดิสก์เท่ากับ 1.5 เมตร พื้นที่ผิวที่รับแสง 1.95 m² ผิวหน้าเคลือบด้วยอลูมิเนียมฟลอยด์เพื่อ ใช้ในการสะท้อนรังสีความร้อน ระบบใช้น้ำเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่อัตราการไหลที่ 0.5 ลิตร/นาที่ 0.7 ลิตร/นาที่และ 1 ลิตร/นาที่ จากการทดลองเครื่องรับพลังงานแสงอาทิตย์รวมแสงแบบดิสก์พบว่า เมื่อวางรับรังสีอาทิตย์แบบดิสก์ปรับมุมทุกๆ 15 องศา ต่อ ชั่วโมง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ ± 2.0 เปอร์เซ็นต์ เพื่อติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ทำให้การรวมแสงอาทิตย์ไปยังอุปกรณ์รับพลังงานความร้อน (Receiver) มีค่าคงที่สม่ำเสมอค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่ได้จะมีค่ามากที่สุดอยู่ในช่วงเวลา 11.30-13.30 นาฬิกา โดยที่อัตราการไหลของน้ำ 0.5 ลิตร/นาที่ ระบบประสิทธิภาพสูงสุด 42 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุดเท่ากับ 785.8 W/m²

ณัฐพล รุ่งประแสง (2547) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การออกแบบถังกักน้ำด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้รางพาราโบลาร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานแบบเปลี่ยนเฟส โดยการศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์ในการออกแบบถังกักน้ำว่า ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพชั่วคราวของรางรับรังสีพาราโบลิกจะมีค่าสูงขึ้น เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำที่ใช้ไหลผ่านตัวรับรังสีและเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศภายในตู้อบแห้งพบว่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (UAF) ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยและสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (UA) ของถังกักเก็บ

พลังงานความร้อนในช่วงการประจุความร้อนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $0.37 \text{ kW/}^{\circ}\text{C}$ และในช่วงการดึงความร้อนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $0.35 \text{ kW/}^{\circ}\text{C}$ ในการคำนวณเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมของเครื่องอบแห้งจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะกำหนดเงื่อนไขการอบแห้งดังต่อไปนี้คืออุณหภูมิในการอบแห้งกักอยู่ในช่วง $55\text{-}60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ในช่วงเวลากลางวันพลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์อบแห้งสามารถละลายพาราฟินในถังกักเก็บพลังงานความร้อนได้หมดพอดีและในช่วงเวลากลางคืนความร้อนจากพาราฟินในถังกักเก็บพลังงานความร้อนสามารถดึงมาใช้ได้หมดพอดีพบว่าขนาดของเครื่องอบแห้งที่เหมาะสมคือขนาดถังกักเก็บพลังงานความร้อนขนาด 100 kg , พื้นที่วางรับแสงพาราโบลิกขนาด $2 \times 2.31 \text{ m}^2$ จำนวน 2 ราง, พื้นที่ของท่อในการแลกเปลี่ยนความร้อนในถังพาราฟินมีพื้นที่ขนาด 4 m^2 , อัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสม 0.13 kg/s , ทั้งนี้สามารถผลิตกัญชงอบแห้งได้ครั้งละ 45 kg จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์พบว่าจุดคุ้มทุนของเครื่องอบแห้งที่สร้างจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 1.33 ปี

กิตติ สถาพรประสาธน์ , ฉัตรชัย นิยมผล (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาตัวรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลิกที่ติดตั้งอุปกรณ์ติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ โดยมีเพื่อหาอุณหภูมิของอากาศที่ไหลผ่านตัวรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลิกที่ติดตั้งอุปกรณ์การเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์โดยมีพื้นที่รับแสงขนาด $0.7 \times 1.2 \text{ m}^2$ และมีท่อรับแสงทำด้วยทองแดงมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 25.4 mm ผลการทดลองพบว่า รางรวมแสงที่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ $87.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ และความร้อนเฉลี่ยจากการถ่ายเทความร้อนของดวงอาทิตย์เท่ากับ 72.45 w ประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 39.58% ในขณะที่รางรวมแสงที่ไม่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์จะ อุณหภูมิเฉลี่ยของทางออกมีค่า $77.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ความร้อนเฉลี่ยที่ได้จากการถ่ายเทความร้อนของดวงอาทิตย์เท่ากับ 55.54 w ประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 24.6% ด้วยการใช้น้ำรับแสงแบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 14.98%

ขวัญฤทัย อร่ามดิลากรัตน์ (2548) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับรางรวมแสงแบบรูปประกอบพาราโบล่า โดย ปรับปรุงประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับรางรวมแสงแบบรูปประกอบพาราโบล่า จากผลการทดสอบพบว่าเป้ารับรังสีขนาดเล็กนั้นมีความสม่ำเสมอบนพื้นที่รับรังสีมากกว่าเป้ารับรังสีขนาดใหญ่และการใช้ระบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับ CPC ที่มีเป้ารับรังสีขนาดเล็กนั้นมีประสิทธิภาพทางไฟฟ้าสูงกว่าระบบเดิมและได้ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงกว่า ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าประมาณ 5 เท่าในส่วนของการระบายความร้อนนั้นระบบที่มีปริมาณทองแดง 50% ให้ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่มีปริมาณทองแดง 30% และ 10% ที่ อัตราการไหลเชิงมวล 0.083 kg/s เป็น 88%, 87% และ 70% ตามลำดับ

เผชิญ จันทร์สา, บัณฑิตลิมมีโชคชัยและ จำนงสรพิพัฒน์ (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย : สมรรถนะเชิงพลังงานและแนวทางการส่งเสริม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ในประเทศไทยโดยศึกษาถึงความเหมาะสมของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย จากผลการทดสอบพบว่า สภาพการทำงานของเครื่องอบแห้งพลังงานงานแสงอาทิตย์ในภูมิอากาศประเทศไทยพบว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบ passive system ขนาด 1.65 m² สามารถอบแห้งได้อุณหภูมิสูงสุด 57°C โดยทั้งปีสามารถทำอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 49 °C ระยะเวลาประมาณ 12:00 น. ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 26.8 % ค่าพลังงานการอบแห้งที่สามารถทำได้ทั้งปีเท่ากับ 2,748 MJ โดยคิดเป็นค่าพลังงานที่ผลิตได้ทดแทนน้ำมันเตา (น้ำมันเตามีค่าความร้อน 39.77 MJ/ลิตร) ได้เท่ากับ 260 ลิตร/ปีหรือ 0.55 บาท/MJ โดยใช้เงินลงทุนเฉลี่ย 6,000 บาท/m² และจากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์พบว่าระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 2.9 ปี

พีรพัฒน์ คำเกิด และ นิพนธ์ เกตุจ้อย (2553) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิที่มีผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่ และแบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิที่มีผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่ และแบบเคลื่อนที่ ตามดวงอาทิตย์ ผลจากการวิจัยพบว่า อุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ยเท่ากับ 33.14 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 55.24 องศาเซลเซียส แบบติดตั้งอยู่กับที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 47.84 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อมเท่ากับ 22.10 และ 14.70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ตามลำดับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงกว่าแบบติดตั้งอยู่กับที่ คิดเป็นร้อยละ 15.47

จุฑามาศ กลิ่นชื่น (2545) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การเพิ่ม ประสิทธิภาพ ของเซลล์แสงอา ทิตย์ด้วยระบบรวมแสงแบบรูปประกอบพาราโบลา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความเข้มแสงอาทิตย์ก่อนตกกระทบลงบนเซลล์แสงอาทิตย์วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาสมรรถนะของระบบผสมเซลล์แสงอาทิตย์กับตัวรวมแสงแบบรูปประกอบพาราโบลาโดยใช้ตัวรวมแสงแบบรูปประกอบพาราโบลาที่มีเป้ารับรังสี เป็นชนิดครึ่งครึ่งมุมรับรังสีเท่ากับ 15 องศา อัตราส่วนการรวมรังสีเท่ากับ 2.91 พื้นที่ช่องรับรังสีเท่ากับ 0.8256 ตารางเมตรพื้นที่เซลล์แสงอาทิตย์เท่ากับ 0.288 ตารางเมตร จากผลการทดสอบพบว่า ผลการทดสอบพบว่าการใช้ระบบผสมเซลล์แสงอาทิตย์กับตัวรวมแสงแบบรูปประกอบพาราโบลาที่มีเป้ารับรังสีเป็นชนิดครึ่งทำให้ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับระบบที่ไม่มีตัวรวมแสงคือจาก 4.95 % เป็น 5.78!%

5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

Reddy และ Sendhi (2008) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาตัวรวมของอัตราการไหลและรังสีอาทิติย์ผ่านจนวนรวมแสงโดยการศึกษากปริมาณของอัตราการไหล ของน้ำและผิวรังสีการถ่ายเทความร้อน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตัวเก็บรังสีก่อนเข้าจนวนรวมรังสี และได้มีการพัฒนาจำลองเป็น 2 มิติ ในการไหลของน้ำและผิวรังสีความร้อน ส่วนการส่งผ่านอุณหภูมิมักมีการปล่อยรังสีผิวหน้าซึ่งมีอิทธิพลต่อการกำหนดทิศทางในการสูญเสียความร้อนของตัวเก็บรังสี และเป็นเรื่องที่สำคัญมากต่อผิวหน้าของตัวเก็บรังสี ซึ่ง Nussell Number มีความสำคัญต่อการไหลของน้ำและผิวหน้าตัวเก็บรังสี จากการไหลของน้ำและ มีการสูญเสียความร้อนไป 57 % และอีก 71.34 % ความร้อนจะกลายเป็น 0°C และแนวโน้มจะกลายเป็น 42 % และ 59 % จะเป็นที่ 90 °c ส่วนแนวโน้มของท่อที่จะเปลี่ยนแปลงตัวเก็บรังสีมีอัตราส่วน 8 : 400 ดังนั้นการไหลของน้ำและผิวหน้าเก็บรังสี ซึ่งตัวเลข Nussell Number นี้จะเหมาะสมที่สุด

Peter และ Lili (2000) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาความเข้มข้นของการกระจายรังสีชนิดตัวรวมรังสีแบบทรงกระบอก โดย ศึกษาความเข้มข้นของการกระจายรังสีในการรวมรังสีทรงกระบอกได้นำมาประยุกต์ โดยการนำเลนส์แบบเรขาคณิตมาบูรณาการ เป็นจนวนรวมรังสีและวิเคราะห์แผนที่ผ่านตัวรวมรังสีและจนวนรับรังสี แต่มีขีดจำกัดตรงตัวรวมรังสีตรงที่อยู่ห่างจากจุดศูนย์กลาง และผลของมันก็คือ ผิวหน้าของตัวรับรังสีมีอุณหภูมิลดลง ๆ ไม่ แน่นนอน ซึ่งเป็นผลมาจากการออกแบบทางเรขาคณิตและระบบของตัวรวมรังสีที่ผิดพลาด ไม่ทนทาน ห่างจากจุดศูนย์กลาง และไม่สมดุลย์กัน

Robert และHarald(2002) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การออกแบบอัตราการไหลแบบ 2 ชั้น สำหรับตัวรวมรังสีที่เป็นรูปโค้ง โดย มีวัตถุประสงค์เพื่อ การออกแบบจนวนรวมรังสี ซึ่ง ซึ่งผลการทดลองพบว่า มันเป็นเรื่องจริงกับสิ่งที่ได้ศึกษามาทางเทอร์โมไดนามิกส์ และเป็นจริงกันในทางปฏิบัติ ซึ่งได้มีการเปรียบเทียบให้เห็นว่าในการเพิ่มมุมของตัวรวมรังสีได้ผลออกมาเกิน 50 % กับสิ่งที่ได้ศึกษามาทางเทอร์โมไดนามิกส์ ในการไหลของทั้ง 2 นั้นได้ตรงกับวัตถุประสงค์ขั้นต้นและก่อให้เกิดผลสะท้อนที่น้อย ซึ่งต้องย้ายตัวรับแสงและตัวรวมรังสีไปทางเดียวกันกับตัวที่ 1 และสร้างการไหลตัวที่ 2 ระหว่างตัวดูดซับ และการไหลตัวที่ 1 ซึ่งการไหลทั้ง 2 ตัวนี้มีความเป็นไปได้ในการสร้างตัวรวมรังสีแบบกะทัดรัดที่ตรงกับวัตถุประสงค์ได้และถ้าเราเพิ่มการไหลที่สูง ๆ จะเป็นผลประโยชน์ต่อเตาหลอมที่จะไปผลิตกระแสไฟฟ้า

Lars และ Arne (1996) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การประมาณพื้นผิวขั้นต้นของจนวนรวมรังสี โดยศึกษาการสะท้อนรังสีทั้ง 2 แบบ คือ แบบรัศมี และแบบเส้นตรง ซึ่งข้อแตกต่างของกระจกสะท้อนรังสีทั้งแบบรัศมี และ แบบเส้นตรงซึ่งมีค่าการสะท้อนรังสีที่เท่ากัน และในการผลิตกระจกนั้นจะมีแผ่นฟิล์ม บาง ๆ โดยแผ่นฟิล์มนั้นมียู่ที่หัวของกระจกทั้งแบบรัศมี และ แบบเส้นตรง โดยแผ่นฟิล์มนี้มีความสำคัญมากในการสะท้อนรังสี ซึ่งเป็นสิ่งที่ยากในการทำโครงสร้างและการติดตั้ง ส่วนแบบของกระจกนั้นมีการประยุกต์และการใช้งานจนประสบผลสำเร็จในเรื่องของการทำขนมและการทำอาหาร

Fernandez และคณะ (2010) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนารางรวมรังสีและการประยุกต์ใช้ โดยเป็นการนำเสนองานวิจัยของการพัฒนารางรวมรังสีก็คือ การสร้าง และ ประยุกต์ โดยที่ผ่านมามีการพัฒนามานานับ 10 ปี ซึ่งผู้วิจัยได้สำรวจความสามารถของการรวมรังสีในรูปแบบของรางรวมรังสี และได้มีการรับรองว่ามีคุณภาพสูงที่สุดถึง 400 องศาเซลเซียส จึงมีการประยุกต์ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

Fudholi และคณะ (2009) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสังเกตแผงรับแสงอาทิตย์สำหรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอาหารทะเล โดยการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร และอาหารทะเลนั้น ส่วนใหญ่ในภาคเกษตรกรรมได้มีการประยุกต์ด้านพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีการทำเครื่องอบแห้งต่าง ๆ มากมายจึงได้มีการออกแบบและแสดงศักยภาพในการอบแห้ง ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งลักษณะของ การอบแห้งได้ 4 ลักษณะ คือ (1) การอบแห้งโดยตรง (2) การอบแห้งทางอ้อม (3) การอบแห้งแบบผสม (4) การอบแห้งแบบผสมที่ใช้พลังงานต่างชนิด โดยงานวิจัย นี้ผู้วิจัยได้ตีพิมพ์ ในลักษณะของการอบแห้งที่มีลักษณะ ด้านความคุ้มค่า และเป็นการพัฒนา ในด้านของการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอในเรื่องของการออกแบบที่มีขนาดกะทัดรัด การมีประสิทธิภาพสูง และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และในการให้ความร้อนของระบบอบแห้งสำหรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรนั้นสามารถบังคับอากาศให้ผ่านอัตราการไหลของน้ำ โดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นตัวระบายความร้อนเหล่านั้น และความร้อนนั้นมาจากถึงสะสมความร้อนของระบบ

ดังนั้น จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศที่ได้ทำการศึกษา นั้น เป็นพื้นฐานของข้อมูลที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนาแผงรับแสงอาทิตย์ในการอบแห้ง โดยมีการพัฒนาเครื่องอบแห้งชนิดต่าง ๆ ได้เป็นข้อมูลและแนวทางในการทำวิจัย

6 สรุปเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากเอกสารและงานวิจัยที่ได้ค้นคว้า นั้นซึ่งมีผู้วิจัยก่อนหน้านี้นี้ ได้ทำการวิจัยและทดลองในรูปแบบต่าง ๆ โดยได้แต่งหนังสือจนเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย ซึ่ง ได้เป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัยเป็นอย่างมาก เพราะว่าผู้วิจัยจะสามารถอ้างอิงเกี่ยวกับการทำงานและการสร้าง แผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี เป็นอย่างมาก ส่วนอีกทางหนึ่งเพื่อให้เป็นแนวทางในการพัฒนาและพยากรณ์ประสิทธิภาพในการรวมรังสี โดยนำเอางานวิจัย และหนังสือต่าง ๆ มาประกอบกัน แล้วจึงออกแบบและสร้างแผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี

ดังนั้น เอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น จะเป็นข้อมูลอย่างละเอียดในการประยุกต์ที่จะออกแบบและสร้าง แผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี ซึ่งแต่ละทฤษฎีที่ได้กล่าวมาสามารถสรุปเนื้อหาสาระสำคัญในการวิจัย และพัฒนาแผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีได้ดังต่อไปนี้

6.1 การอบแห้ง

.ในการอบแห้งนั้นผู้วิจัยได้ใช้การวิจัยคือ การทำแห้งด้วยอากาศ หรือ ลม โดยรับการถ่ายเทความร้อนที่มาจากน้ำ โดยการคำนวณ การระเหยของน้ำ นั้น เราหาค่าได้จากสมการ ที่กล่าวมาแล้วนั้น และคำนวณหาปริมาณน้ำที่ระเหยออกมาตามปริมาณที่ต้องการ

ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ได้คำนวณหาปริมาณความร้อนที่ต้องใช้น้ำระเหยออก ซึ่ง ได้เป็นส่วนประกอบในการสร้างแผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี และได้ตรงกับทฤษฎีมากที่สุด ในการระเหยของน้ำ โดยใช้เงินลงทุนที่คุ้มค่าที่สุดในการออกแบบและสร้างแผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี

6.2 เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ในรูปประกอบจานพาราโบลา

ส่วนลักษณะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมรังสีนั้นจะทำหน้าที่เพิ่มพลังของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนตัวรวมรังสีโดยการสะท้อนหรือหักเห ตัวรวมรังสีอาจแบ่งเป็นจานกลมเพื่อรวมรังสีและโฟกัสไปยังตัวรับแสงที่มีลักษณะเป็นจุด ตัวรับแสงอาจแบ่งเป็นหลอด หรือเว้า ลักษณะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมรังสีมีด้วยกัน

ดังนั้นจากการที่หาพื้นที่ของช่องรับแสงได้แล้วนั้น ต่อไปก็จะ สามารถหาขนาดความโค้ง ของจานรวมรังสีแบบมีภาพและขนาดของตัวรับรังสีได้ :ซึ่งการออกแบบแผงรับรังสีแบบจานรวมแสงนั้น ผู้วิจัยสามารถคำนวณหาขนาดของจานรวม รังสีในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรได้เหมาะสมกับขนาดความร้อนที่ต้องการภายในตู้อบแห้ง และ เมื่อทราบค่าขนาดของจานรวมรังสีที่เหมาะสมแล้ว ผู้วิจัยก็จะกำหนดขนาดความสูงของตัวรับแสง จากนั้นจึง ทราบค่าความโค้งของจานรับรังสีที่เหมาะสมกับขนาดความสูงและสอดคล้องกับความต้องการอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง

6.4 การออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

จากทฤษฎีการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ถ้าทราบ ความเร็วในการไหล และอุณหภูมิทางเข้า - ออก ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ก็จะกำหนดขนาดของส่วนต่าง ๆ ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเช่น ลักษณะการวางท่อ ความยาวของท่อ เป็นต้น ซึ่งการคำนวณหาพื้นที่การถ่ายเทความร้อนนั้นจะสามารถหาได้จากสมการ ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น

สำหรับในการคำนวณพื้นที่ที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนโดยการพา ระหว่างของไหลและผนัง จะต้องใช้สมการสำหรับการพาความร้อน ดังนั้นพื้นที่การถ่ายเทความร้อนได้ตู้อบแห้ง ก็สามารถคำนวณในสมการต่าง ๆ ได้

ดังนั้น ในการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนถ้าทราบความเร็วในการไหลของ บั๊มน้ำ อุณหภูมิเข้า - ออก ก็จะสามารถคำนวณการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นได้ และสามารถหาพื้นที่การถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้ เช่น ความยาวท่อ เป็นต้น แล้วจึงคำนวณพื้นที่ที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนโดยการพาได้ เช่น พื้นที่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนขนาดเล็ก ซึ่งในการ

หาพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้น สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ ต้องรู้จำนวนพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการอบแห้งด้วย

6.5 รั้งสีและการวัด

จากทฤษฎีการออกแบบรั้งสีอาทิตย์ซึ่งต้องจำเป็นในการรู้ส่วนประกอบของดวงอาทิตย์ต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ เส้นผ่าศูนย์กลาง ระยะห่างระหว่างโลกและดวงอาทิตย์ ค่าความร้อนเฉลี่ย เป็นต้น ต่อไปเป็นการคำนวณเวลาสุริยะ (Solar Time) เป็นเวลาที่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า เวลาเที่ยงสุริยะ ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

ต่อไปเป็นการคำนวณทิศทางของรั้งสีตรงโดยในการออกแบบและสร้างแผงรับรั้งสีอาทิตย์แบบจนวนรวมรั้งสีนี้จำเป็นต้องทราบทิศทางของรั้งสี ซึ่งทิศทางของรั้งสีนี้ทุก 1 ชั่วโมงดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่ไป 15 องศา และมุมแนวลำแสงอาทิตย์เมื่อเที่ยงสุริยะกับระนาบศูนย์สูตร กำหนดมีค่าเป็นบวกจะหันหน้าไปทางทิศเหนือ และค่าเป็นลบจะหันหน้าไปทางทิศใต้ ซึ่งเรียกว่ามุม (มุมเดคลิเนชัน) มีค่าเปลี่ยนไปทุกวันระหว่าง -23.45° ถึง 23.45°

หลังจากนั้นผู้วิจัยก็จะคำนวณมุมอัลติจูดดวงอาทิตย์ (α_z) คือ มุมระหว่างพื้นราบกับแนวลำแสงอาทิตย์ มุมอัลติจูดดวงอาทิตย์ที่เวลาใด ๆ

จากนั้นผู้วิจัยคำนวณมุม อะซิมูตดวงอาทิตย์ (γ_s) คือ มุมระหว่างแนวตั้งของดวงอาทิตย์และระนาบของเมอริเดียนท้องถิ่น โดยกำหนดให้วัดจากทิศใต้ของระนาบแนวตั้งดวงอาทิตย์ไปทางทิศตะวันตก มีค่าเป็นบวก วัดทางทิศตะวันออกมีค่าเป็นลบ และมีค่าเป็นศูนย์ที่ทิศใต้ ค่าอยู่ในช่วง -180° ถึง 180°

ดังนั้นจากทฤษฎีที่ผู้วิจัยได้ศึกษามาทั้งหมดจะเป็นการ การวัดค่ามุมต่าง ๆ ของดวงอาทิตย์ซึ่งจำเป็นต้องคำนวณหาสมการต่างๆ ในการวัดมุมของดวงอาทิตย์ ทั้งมุม เดคลิเนชันมุมอัลติจูดดวงอาทิตย์ มุมอะซิมูตดวงอาทิตย์ และยังคงต้อง คำนวณหาเวลาสุริยะของท้องถิ่นนั้น ๆ ซึ่งข้อมูลทั้งหมดนี้เป็นข้อมูลที่ สามารถให้จนวนรับรั้งสีอาทิตย์หมุน และ หันหน้าไปในทิศทางที่คำนวณไว้ โดยไม่คลาดเคลื่อน

6.6 ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งและระยะเวลาในการคินทุนและจุดคุ้มทุน

ในการวิจัยได้เน้นประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในการอบแห้งทั้งหมด 3 ด้าน คือ ด้านปริมาณ วัสดุในการอบแห้ง ด้านพลังงานความร้อน และด้าน อัตราการระเหยของน้ำภายในตู้อบแห้ง ซึ่งเป็นรูปแบบของการประเมินผลวิธีทางสถิติ และให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินทั้งหมด 4 ท่าน โดยผู้วิจัยใช้หลักการทางสถิติ คือ นำค่าคะแนนหรือ การประเมินที่เป็นข้อมูลทางการคำนวณหาค่าเฉลี่ย และส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นจึงนำผลที่ได้มาพิจารณาค่าเฉลี่ยต่าง ๆ

ต่อไปเป็นการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์เชิงวิศวกรรมคือการคำนวณ จุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุนนั้นเป็นค่าที่เข้าใจง่ายจุดคุ้มทุนก็คือ จุดที่ได้ทุนคืนพอดี เช่นเดียวกับคำว่า ระยะคืนทุน ซึ่งก็คือ ระยะเวลาที่ได้คืนทุนพอดี

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้คำนวณระยะเวลาคืนทุน โดยคำนวณจากผลต่างระหว่างราคาขายกับ ต้นทุนผันแปร ซึ่งเป็นการคำนวณจุดสุดท้ายในการออกแบบและสร้าง แผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี ว่าต้องใช้ระยะเวลาในการคืนทุนเท่าไรจึงจะคุ้มค้ำกับต้นทุนที่ผลิตออกไป



บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

จากการศึกษาค้นคว้าในเรื่องนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยเป็นการพัฒนาในส่วนของแผงรับแสงอาทิตย์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลเป็นขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นการออกแบบ

- ศึกษารายละเอียดที่ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์
- ออกแบบโครงสร้าง
- กำหนดปริมาณวัตถุดิบ
- หาปริมาณพลังงานความร้อนที่ต้องใช้
- คำนวณขนาดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
- คำนวณขนาดของจานรวมรังสี
- จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ
- กำหนดระยะเวลา และสถานที่ใช้ในการสร้างเครื่อง

2. ขั้นการสร้าง

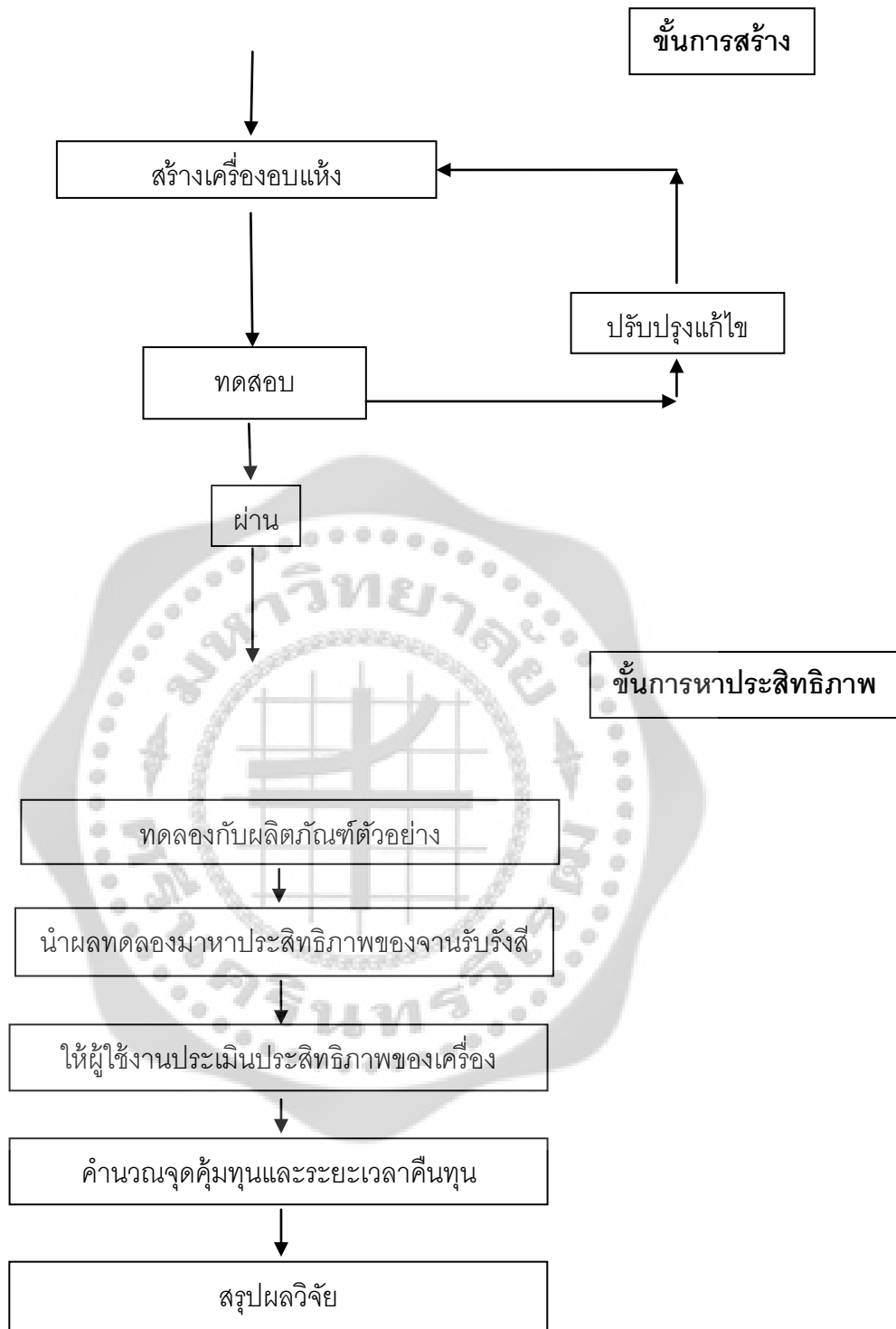
- สร้างเครื่องอบแห้ง
- ทดสอบการใช้งาน

3. ขั้นการหาประสิทธิภาพ

- การทดลองกับผลผลิตตัวอย่าง
- นำผลทดลองมาหาประสิทธิภาพของจานรับรังสีและเครื่องอบแห้ง
- ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม
- คำนวณจุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน
- สรุปผลวิจัย

การศึกษาค้นคว้าเรื่อง การพัฒนาแผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีสำหรับกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร สามารถแสดงเป็นภาพประกอบได้ดังนี้





ภาพประกอบ 24 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาแผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี
สำหรับกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

1. ขั้นตอนการออกแบบ

เป็นขั้นการวางแผนและออกแบบการวิจัย โดยเริ่มต้นตั้งแต่การศึกษารายละเอียดองค์ประกอบต่างๆ ที่มีส่วนประกอบของงานวิจัยพร้อมทั้งกำหนดแผนงานระยะเวลาในการวิจัยโดยสรุปมาเป็นข้อๆ ดังนี้

1.1 ศึกษารายละเอียดต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้ง

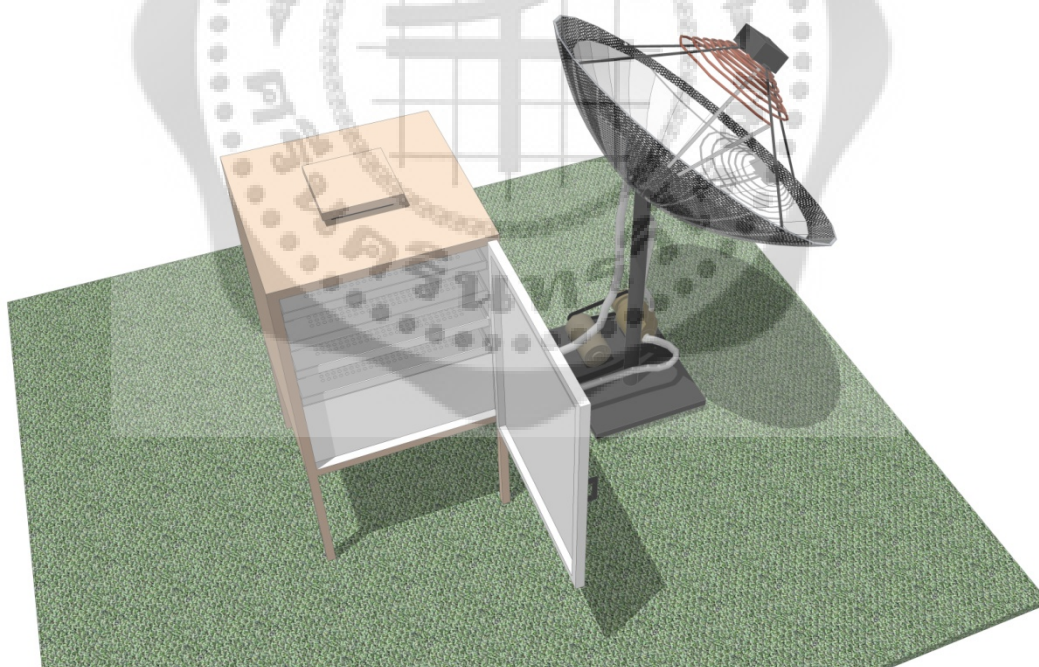
ศึกษารายละเอียดต่างๆ ที่นำมาใช้ในการออกแบบและใช้ในการพัฒนาเครื่องอบแห้ง ประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ

1.1.1 ศึกษาค้นคว้าตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อน ตลอดจนศึกษาทฤษฎีของพลังงานแสงอาทิตย์

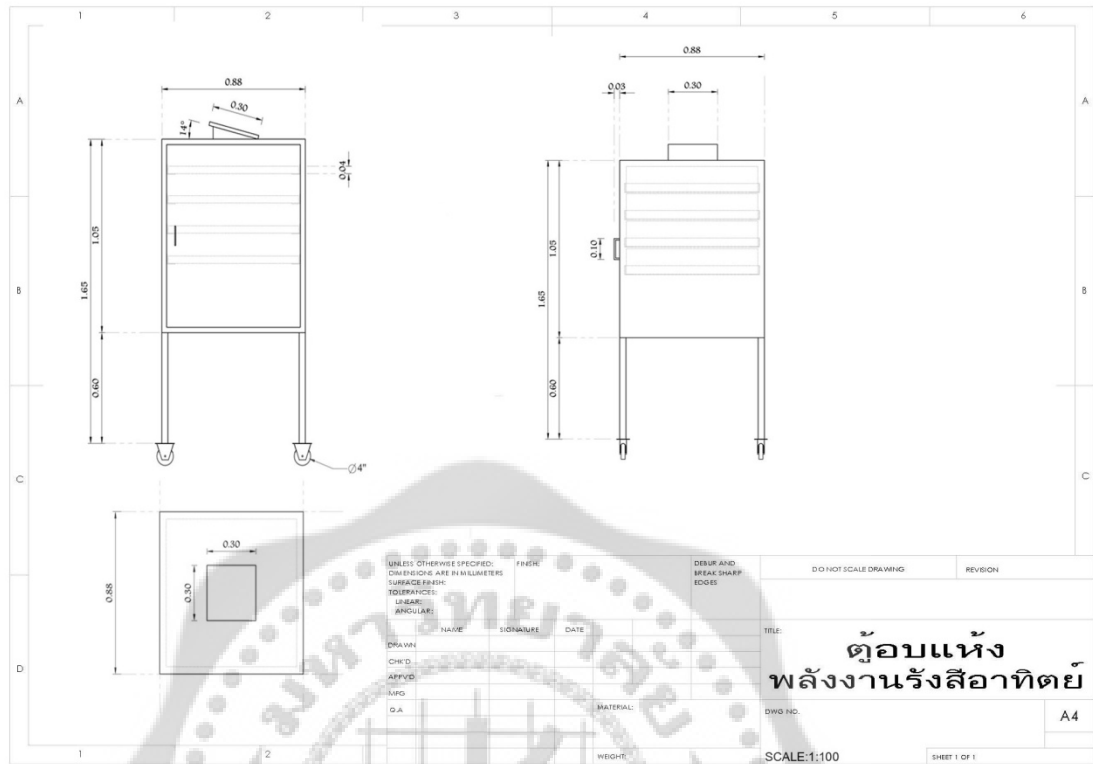
1.1.2 ศึกษาขั้นตอนการทำงานของเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ

1.2 การออกแบบโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องอบแห้ง

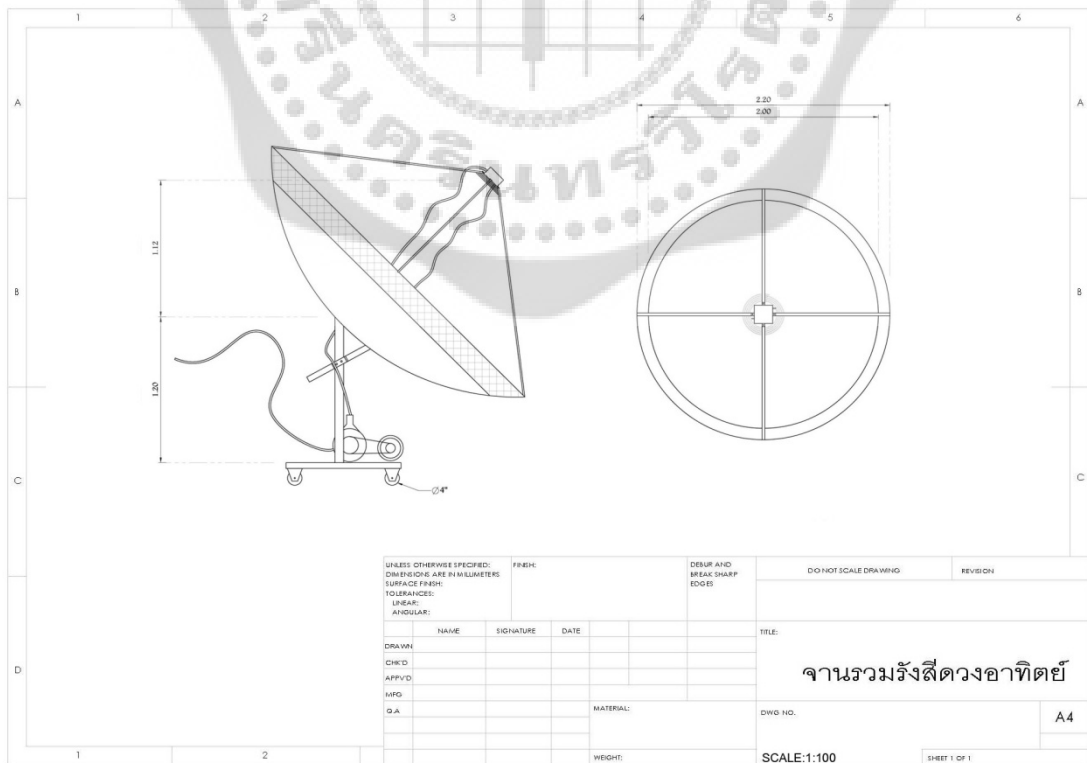
การออกแบบโครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆของเครื่องอบแห้ง



ภาพประกอบ 25 โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องอบแห้ง



ภาพประกอบ 26 การออกแบบตู้เก็บพลังงานรังสีอาทิตย์



ภาพประกอบ 27 การออกแบบจานรวมรังสี

1.2.1 ตู้อบแห้ง ออกแบบตู้อบแห้งให้มีขนาดที่พอเหมาะสำหรับบรรจุกล้วยอบม้วนปริมาณ 5 kg โดยแบ่งเป็น 4 ชั้น

กล้วยอบม้วนจะใช้เนื้อที่ประมาณ 2 ตารางเมตร ซึ่งจะแบ่งวางบนชั้นระแนงทั้งหมด 4 ชั้นและจะใช้พื้นที่เท่ากับ

$$2 \text{ ตารางเมตร} / 4 \text{ ชั้น} = 0.5 \text{ ตารางเมตร} / \text{ชั้น}$$

จากนั้นจึงกำหนดขนาดของตู้อบแห้งให้มีความกว้าง 80 เซนติเมตร ความยาว 80 เซนติเมตร และสูง 165 เซนติเมตร สำหรับบรรจุกล้วยอบม้วนที่มีน้ำหนักประมาณ 5 kg ซึ่งแบ่งเป็น 4 ชั้น และคิดเป็นปริมาตรรวมไม่เกิน 3 ลูกบาศก์เมตร (m^3)

1.2.2 แผงรับแสงอาทิตย์เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนขนาดของแผงรับแสงอาทิตย์จะคำนวณจากอัตราการระเหยของน้ำ โดยเฉลี่ยตลอดทั้งวันซึ่งเป็นอัตราการเฉลี่ยการอบแห้งของกล้วยอบม้วนขนาด 5 kg ความชื้นก่อนการอบมีค่าความชื้นสูงสุดที่ 77.2 % (wb) ซึ่งอบแล้วจะได้ความชื้นต่ำสุดประมาณ 13.7 % (wb) (เสรี วงศ์พิเชษฐ และ สพรรณ ยั่งยืน. การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์เครื่องอบแบบอินฟาเรดสำหรับกล้วยอบม้วน.2548)

$$\text{จากสมการที่ (2-4)} \quad M_w = m_i \frac{M_1 - M_f}{100 - M_f}$$

เมื่อ	M_w	คือ	มวลของน้ำที่ต้องการระเหย (kg)
	m_i	คือ	มวลของผลิตภัณฑ์ก่อนทำการอบแห้ง (kg)
	M_1	คือ	เปอร์เซ็นต์ความชื้นก่อนการอบแห้ง (% w.b.)
	M_f	คือ	เปอร์เซ็นต์ความชื้นภายหลังการอบแห้ง (% w.b.)

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad M_w &= 5 \frac{77.2 - 13.7}{100 - 13.7} \\ &= 3.68 \text{ kg} \end{aligned}$$

จากนั้นคำนวณปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{จากสมการที่ (2-3)} \quad Q_{\text{dry}} = M_w L$$

เมื่อ	Q_{dry}	คือ	ปริมาณความร้อนที่จำเป็นต้องใช้ (MJ)
	M_w	คือ	มวลของน้ำที่ต้องการระเหย (kg)
	L	คือ	ความร้อนที่ต้องใช้น้ำระเหย 1 kg (MJ/kg)

ค่า L เป็นค่าความร้อนแฝงในการระเหยของน้ำที่อุณหภูมิ $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งความเป็นจริงในการระเหยของน้ำในการอบพืชผลทางการเกษตร ค่าความร้อนที่จะกลายเป็นไอน้ำเท่ากับ 2.8 MJ / kg (จากอนุตร จำลองกุล 2545)

$$\text{แทนค่า } Q_{\text{dry}} = 3.68 \times 2.8$$

$$Q_{\text{dry}} (Q_1) = 10.304\text{ MJ} = 2862.222\text{ W}$$

เมื่อประสิทธิภาพของหม้อน้ำเท่ากับ 39% (M. Carl. Beam test of a dual radiator Cherenkov detector with aerogel and wavelength-shifting acrylic plastic. 2004) ดังนั้นต้องการพลังงานที่ใช้อบกล้วยอบม่วง (Q_2, Q_3) เท่ากับ $2862.222 / 0.39 = 7340\text{ W}$ และอุณหภูมิทางออกสูงสุดเท่ากับ $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (คมสัน สุคันธวิช และ ทวีวัฒน์ สุภารส . การวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบดิสก์. 2548) โดยอุณหภูมิทางเข้าจะเท่ากับ $80 \times 0.61 = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$

1.2.3 การหาพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณบนจานพาราโบลิค (จุดโฟกัส) โดยผู้วิจัยได้กำหนดการหาพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งการหาพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นสามารถออกแบบได้ที่บริเวณ ส่วนที่เป็นจุดโฟกัส หรือ ตัวรับแสง (Receiver) สำหรับพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นสามารถหาได้จากสมการ (2-11)

$$\text{จากสมการที่ (2-11) } Q_2 = U_2 A_2 (\Delta T)$$

เมื่อ	Q_2	คือ พลังงานที่ใช้ 7340 (W)
	A_2	คือ พื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (m^2)
	ΔT	คือ ผลต่างของอุณหภูมิ $80 - 50 = 30\text{ (}^{\circ}\text{C)}$
	U_2	คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ($\text{W / m}^2\text{K}$)

เมื่อต้องการหาค่า A จึงทำการย้ายสมการซึ่งเท่ากับ

$$A_2 = \frac{Q_2}{U_2 \Delta T}$$

ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนนั้น จะต้องพิจารณาถึงการพาความร้อน เพราะในสมการนี้คำนวณเรื่องการถ่ายเทความร้อนโดยการพา จะเชื่อมระหว่างอุณหภูมิของของไหล และอุณหภูมิของผิวผนัง เนื่องจากท่อทำจากโลหะที่มีผิวบางมาก และมีค่าการนำความร้อนที่สูงค่า สัมประสิทธิ์การนำความร้อน อีกทั้งยังมีค่าความต้านทานจากสิ่งสกปรกเขียนได้ดังสมการที่ (2-13)

ในกรณีนี้ผนังรูปทรงกระบอกสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและค่าฟาวลิ่งเพคเตอร์จะเขียนได้ดังนี้

$$\text{จากสมการที่ (2-13)} \quad U_2 = \left[\frac{1}{h_i} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{\frac{k}{r_1}} + \frac{1}{\frac{h_o r_2}{r_1}} + R_{fi} + R_{fo} \frac{r_1}{r_2} \right]^{-1}$$

โดยที่	h_i	คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่อุณหภูมิทางเข้า	50 °C
	h_o	คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่อุณหภูมิทางออก	80 °C
	K	คือ ค่าการนำความร้อนของทองเหลืองมีค่าเท่ากับ	111 W/mK
	R_{fi}	คือ ค่าฟาวลิงเฟคเตอร์ของผนังด้านในมีค่าเท่า	0.0001 m ² /K/W
	R_{fo}	คือ ค่าฟาวลิงเฟคเตอร์ของผนังด้านนอกมีค่าเท่า	0.0004 m ² /K/W
	r_1	คือ เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน	1.27 cm
	r_2	คือ เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	1.47 cm

ค่าของ h_{i-o} หาได้จากสมการ (2-14) โดยเป็นการไหลแบบ อลวน (Turbulent Flow) หรือสมการที่ (2-15) เป็นการไหลแบบ ราบเรียบ (Laminar Flow) โดยที่การไหลแบบราบเรียบ หรือ อลวน นั้น ปริมาณที่จะใช้ตัดสินว่าจะเป็นการไหลแบบราบเรียบ หรือ อลวน นั้นก็คือ ตัวเลขเรย์โนลด์ และในการไหลแบบราบเรียบนั้นตัวเลขเรย์โนลด์จะมีค่าสูงสุด 2300 และตัวเลขเรย์โนลด์สูงกว่า 2300 การไหลจะเริ่มเปลี่ยนไปเป็นแบบ อลวน และเรย์โนลด์ สูงกว่า 10000 แล้ว การไหลเป็น อลวน เสมอ (นักสถิติ คุวัตินาชัย. 2532 : 173-251) การหาค่า เรย์โนลด์ (R_e) แสดงในสมการที่ (2-14)

การหาตัวเลขเรย์โนลด์ (นักสถิติ คุวัตินาชัย. 2532 : 226)

$$R_e = \frac{Vd\rho}{\mu}$$

เมื่อ	V	= 0.3 m/s
	d	= 0.0127 m
	μ	= 0.0477 x 10 ⁻² m ² s (ที่อุณหภูมิเฉลี่ย)
	ρ	= 985.4 kg / m ³ (ที่อุณหภูมิเฉลี่ย)

ในการกำหนดความเร็วที่ผู้วิจัยได้หาความเร็วของปั้มน้ำได้ ตามท้องตลาดซึ่งมีความเร็วประมาณ 0.3 m/s และมีเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อประมาณ 1 cm (0.01 m)

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad R_e &= \frac{Vd\rho}{\mu} = (0.3 \times 0.0127 \times 985.4) / 0.0477 \times 10^{-2} \\ &= 1943.62 \text{ ซึ่งเป็นการไหลแบบ ราบเรียบ (Laminar Flow)} \end{aligned}$$

สมการในการไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) ในส่วนของตัวเลขเรย์โนลด์ที่มีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามความยาวของท่อ แต่จะใช้วิธีการคำนวณโดยประมาณเท่านั้นจะใช้สมการที่ (2-16)

$$N_u = 6 \quad \text{แทนค่าตัวเลขนี้สเซลท์จะได้} \quad \frac{hd}{k} = 6$$

- โดยที่ k คือ ค่าการนำความร้อนของน้ำที่อุณหภูมิทางเข้าที่ 50 °C = 0.668 W/mK
 h คือ ค่าการนำความร้อนของน้ำที่อุณหภูมิทางออกที่ 80 °C = 0.6595 W/mK
 d คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ 0.0127 m

เมื่อต้องการหาค่า h_i คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่อุณหภูมิทางเข้าที่ 50 °C สามารถย้ายสมการได้ดังนี้

$$h_i = (6 \times 0.668) / 0.0127 = 315.6 \text{ Wm}^2\text{K}$$

เมื่อต้องการหาค่า h_o คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่อุณหภูมิทางออก 80 °C สามารถย้ายสมการได้ดังนี้

$$h_o = (6 \times 0.6595) / 0.0127 = 311.575 \text{ Wm}^2\text{K}$$

จากนั้นจึงแทนค่าลงในสมการที่ (2-14) จะได้

$$U_2 = \left[\frac{1}{315.6} + \frac{\ln\left(\frac{1.47}{1.127}\right)}{\frac{111}{1.27}} + \frac{1}{\frac{311.575 \times 1.47}{1.27}} + 0.0001 + 0.0004 \frac{1.27}{1.47} \right]^{-1}$$

$$= 0.00317 + 0.00167 + 0.00277 + 0.0001 + 0.00035$$

$$= 0.00807 = 1/0.00807$$

$$= 124 \text{ w / m}^2\text{K}$$

จากนั้นแทนค่าลงในสมการ (2-11) จะได้

$$A_2 = \frac{Q_2}{u_2 \Delta T}$$

แทนค่า

$$A_2 = 7340 / 124 \times 30$$

$$= 1.9 \text{ m}^2$$

1.2.4 การหาสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของลม ในการหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน จะใช้ข้อมูลของ Watmuff เสนอสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบใหม่คือ

$$h = 2.8 + 3.0 v$$

โดยความเร็วลมที่ผู้วิจัยได้ทำการตามห้องทดลองนั้นจะได้ความเร็วลมประมาณ 5 m/s

$$\text{แทนค่า } h = 2.8 + 3.0 (5)$$

$$= 290.8 \text{ w/m}^2\text{k}$$

จากนั้นแทนค่าในสมการ $Q = h A \Delta T$ จะได้

$$A = Q / h \Delta T$$

$$= 7340 / 290.8 (65-31)$$

$$= 0.8 \text{ m}^2$$

ดังนั้นจะนำพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณบนจานพาราโบลา (จุดไฟกั๊ส) ลบพื้นที่สัมประสิทธิ์การการถ่ายเทความร้อนของลม ซึ่งเท่ากับ $1.9 - 0.8 = 1.1 \text{ m}^2$ ชั่วโมง

1.2.5 การหาพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณบนใต้ตู้อบแห้ง โดยผู้วิจัยได้กำหนดการหาพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งการหาพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณใต้ตู้อบแห้งนั้น สามารถหาพื้นที่ได้จากสมการ (2-12)

สำหรับในการคำนวณพื้นที่ที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนโดยการพา ระหว่างของไหลและผนัง จะต้องใช้สมการ สำหรับการพาความร้อน ดังนั้นพื้นที่การถ่ายเทความร้อนใต้ตู้อบแห้ง เราใช้สมการดังต่อไปนี้ (นักสิทธิ์ คุวิฒนาชัย : 2532: 42)

$$Q_1 = h_1 A_1 (\Delta T) \quad (2-12)$$

เมื่อ	Q_1	คือ พลังงานที่ใช้ 2862.222 (w)
	A_1	คือ พื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (m^2)
	ΔT	คือ ผลต่างของอุณหภูมิ 30 ($^{\circ}\text{C}$)
	h_1	คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน 315.6 ($\text{w} / \text{m}^2\text{K}$)

ในการหาสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h) นั้น ความร้อนที่ผิวภายนอกและภายในของผนังมีค่า h_i และ h_o ในสภาวะสม่ำเสมอ อัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนที่ผ่านชั้นต่างๆมีค่าเท่ากัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกค่าของ h_o ซึ่งมีค่า 315.6 Wm^2K

$$\begin{aligned} \text{แทนในสมการที่ (2-12) จะได้ } A_1 &= 2862.222 / (315.6 \times 30) \\ &= 0.31 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

ดังนั้นพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณบนใต้ตู้อบแห้งมีค่าเท่ากับ 0.31 ตารางเมตร โดยผู้วิจัยได้หาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนตามท้องตลาดและได้ความกว้างประมาณ 30 cm และยาว 40 cm ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงที่สุดจากการคำนวณ

และคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อน สามารถใช้สมการ (2 -17) ดังต่อไปนี้ (นักสิทธิ์ คุ
วัฒนาชัย : 2532: 425)

$$Q_3 = m \cdot c_p (\Delta T)$$

เมื่อต้องการหาค่า m จึงทำการย้ายสมการซึ่งเท่ากับ

$$m = \frac{Q_3}{c_p (\Delta T)}$$

เมื่อ Q คือ พลังงานความร้อนเท่ากับ 7340 w

$m \cdot$ คือ อัตราการไหลของน้ำ (kg/s)

c_p คือ ความร้อนจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 4184 J/kg k

ΔT คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ คือ 30 °C

แทนค่า

$$m = \frac{7340}{4184 \times 30}$$

$$= 0.06 \text{ kg/s} = 216 \text{ L/hr}$$

ดังนั้นจะใช้ปั๊มที่มีอัตราการไหลประมาณ 300 ลิตรต่อชั่วโมง โดยผู้วิจัยได้ทำการหาปั๊มตามท้องตลาด ซึ่งได้อัตราการไหลที่ใกล้เคียงที่สุดคือ 450 L/hr ที่อุณหภูมิเฉลี่ย (65 °C)

จากนั้นผู้วิจัยคำนวณพื้นที่ของแผงรับแสงอาทิตย์ ของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

จากสมการที่ (2-2)

$$Q_{r-s} = A_a \frac{r^2}{R^2} \sigma T_s^4$$

เมื่อ Q คือ พลังงาน (w) A_a คือ พื้นที่ของรับแสง (m²)

r คือ รัศมี (m) R คือ ระยะห่างระหว่างตัวรวมรังสีกับดวงอาทิตย์ (m)

σ คือ ค่าคงที่สเตฟาน – โบลทซ์มันน์

T_s คือ อุณหภูมิของดวงอาทิตย์ (°C)

ดวงอาทิตย์เป็นกลุ่มก๊าซร้อนรูปทรงกลมที่มีความหนาแน่นสูงมีระยะห่างเฉลี่ย (R) จากโลก ประมาณ 1.5×10^{11} m และมีรัศมี (r) เท่ากับ 0.7×10^9 m นอกจากนั้นค่าคงที่สเตฟาน – โบลทซ์มันน์ (σ) เท่ากับ 5.6697×10^{-8} W.m⁻².K⁻⁴ และอุณหภูมิ (T_s) ของดวงอาทิตย์เท่ากับ 5777 K (จงจิตร์หรือฤฎลาภ. 2541 : 1)

เมื่อต้องการหาค่า A_a จึงทำการย้ายสมการซึ่งเท่ากับ

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าจะได้ } A_a &= \left[Q_{r-s} \times \frac{R^2}{r^2} \right] / \sigma T_s^4 \\ &= \left[7340 \times \frac{(1.5 \times 10^{11})^2}{(0.7 \times 10^9)^2} \right] / 5.6697 \times 10^{-8} \times 5504^4 \\ &= 5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

โดยที่พื้นที่ของช่องรับแสง (A_a) ลบ พื้นที่สัมผัสประสิทธิภาพการพาความร้อนของลมที่อุณหภูมิ (A) บรรยากาศ เท่ากับ $5 - 0.8 = 4.2 \text{ m}^2$ ดังนั้นพื้นที่ของช่องรับแสงที่สามารถออกแบบได้จะมีค่าเท่ากับ 4 m^2 ที่เส้นผ่านศูนย์กลาง 7 ft

จากนั้นผู้วิจัยได้คำนวณ เรขาคณิตของตัวรวมรังสีแบบมีภาพของจานรวมรังสีโดยมีขั้นตอนดังนี้

$$\text{จากสมการที่ (2-7) } \quad \phi_r = \tan^{-1} \left[\frac{8 (f/a)}{16 (f/a)^2 - 1} \right]$$

เมื่อ a คือ ความกว้างของช่องรับแสง (m)

f คือ ความยาวโฟกัส (m)

ค่า f นั้นผู้วิจัยได้วัดความยาวของจุดโฟกัสของจริงของตัวจานพาราโบลา ซึ่งมีความยาวประมาณ 1.2 m จากจุดโฟกัสถึงส่วนที่ต่ำสุด

$$\text{แทนค่า } \phi_r = \tan^{-1} \left[\frac{8 (1.2/2.1)}{16 (1.2/2.1)^2 - 1} \right]$$

$$\phi_r = 46.9^\circ$$

ต่อไปจะเป็นการคำนวณรัศมีที่มีความโค้งเฉพาะที่ (Local Mirror Radius) ซึ่งเป็นการคำนวณจากสมการที่ (2-8)

รังสีตรงที่ตกกระทบเป็นลักษณะทรงกรวยที่มีความกว้างของมุม 0.53° กรณีที่จะกล่าวต่อไปจะสมมติให้ตัวรวมรังสีมีลักษณะสมมาตรและรังสีตรงมีทิศทางตั้งฉากกับช่องรับแสง ดังนั้นรังสีตรงจะตกกระทบตัวรวมรังสีในทิศทางที่ขนานกับระนาบศูนย์กลางของพาราโบลา

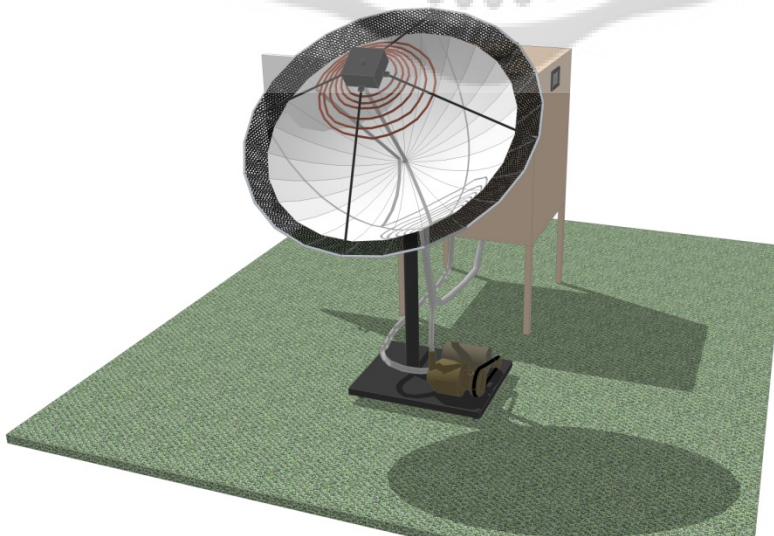
$$\begin{aligned} \text{จากสมการที่ (2-8)} \quad r &= \frac{2f}{1+\cos \phi} \\ \text{แทนค่าจะได้} &= \frac{2(1.2)}{1+\cos 0.53} \\ r &= 1.20002567 \text{ m} \end{aligned}$$

สำหรับตัวรับแสงแบบแผ่นราบในระนาบรวมแสงของพาราโบลามีความกว้าง w เท่ากับ

$$\begin{aligned} \text{จากสมการที่ (2-9)} \quad W &= \frac{2r_r \sin 0.267}{\cos (\phi_r + 0.267)} \\ \text{แทนค่าจะได้} \quad W &= \frac{2(1.2) \sin 0.267}{\cos (46.9 + 0.267)} \\ &= 0.016 \text{ m} \end{aligned}$$

เนื่องจากแผ่นสะท้อนรังสีไม่ได้ออกแบบให้ปรับมุมอัลติจูดวงอาทิตย์ ดังนั้นจึงต้องเผื่อขนาดของตัวรับแสงให้ครอบคลุมที่ขั้ว โวมองต้องการทดลอง โดยมุมอัลติจูดวงอาทิตย์จะมีระยะเคลื่อนจากตำแหน่งเดิมไปประมาณวันละ 10° และครึ่งมุมคือ 5° ซึ่งระยะเคลื่อนของตัวรับแสงเท่ากับ (มนุษย์พิณธุวรรณ .2543. การออกแบบและทดลองแผงรับรังสีอาทิตย์ชนิดรวมแสงด้วยแผงพาราโบลีค : 23)

$$\begin{aligned} \text{ระยะเคลื่อน } 5^\circ &= r_r \sin 5^\circ \\ &= 0.105 \text{ m} \end{aligned}$$



ภาพประกอบ 28 ลักษณะของจานรวมรังสี

1.2.6 ชุดพัดลมพาความร้อน ในการเลือกพัดลมระบายความร้อนนั้นโดยมีพื้นที่ของจานรวมรังสีเท่ากับ 4 m^2 และต้องการอัตราการระเหยของน้ำเท่ากับ 3.68 kg/day ซึ่งมีอุณหภูมิภายนอกสูงกว่าภายในประมาณ $10\text{-}40 \text{ }^\circ\text{C}$ และประมาณค่าอุณหภูมิทางออกไว้ประมาณ $31 \text{ }^\circ\text{C}$ (อนุตร จำลองกุล 2545. หน้า 67) สำหรับการไหลของอากาศคำนวณได้จากสมการที่ (2-3)

$$\text{จากสมการที่ (2-3)} \quad M_w L = M_a C_p (T_i - T_t)$$

เมื่อ M_w คือ น้ำหนักของน้ำที่หายไปหลังการอบแห้ง

M_a คือ น้ำหนักของอากาศที่ใช้ออบ

L คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ

C_p คือ ความร้อนจำเพาะของอากาศที่คงที่ ($1.1+0.0488 \text{ M}$)

T_i คือ อุณหภูมิของอากาศที่อบแห้ง

T_t คือ อุณหภูมิของอากาศที่อบแห้งหลังจากผ่านวัสดุอบแห้ง

เมื่อต้องการหาค่า M_a จึงทำการย้ายสมการซึ่งเท่ากับ

$$M_a = \frac{M_w L}{C_p (T_i - T_t)}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad M_a &= (3.68 \text{ kg} \times 2800 \text{ kJ/kg}) / [1.14148 \times (70 - 31)] \\ &= 231.45 \text{ kg} \end{aligned}$$

จากความดันบรรยากาศที่อุณหภูมิ $31 \text{ }^\circ\text{C}$ จะมีความหนาแน่นเท่ากับ 1.127 kg/m^3 ดังนั้นจะต้องใช้ปริมาณอากาศเท่ากับ

$$231.45 \text{ kg} / 1.127 \text{ kg/m}^3 = 205.365 \text{ m}^3$$

โดยผู้วิจัยได้ให้มีค่าเท่ากับ 200 m^3 และกำหนดระยะเวลา 6 ชั่วโมง คือตั้งแต่ ช่วงเวลา 10.30 – 16.30 น. ในวันที่อากาศแจ่มใสจึงต้องใช้อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ

$$200 \text{ m}^3 / 6 \text{ hr} = 33.34 \text{ m}^3/\text{hr}$$

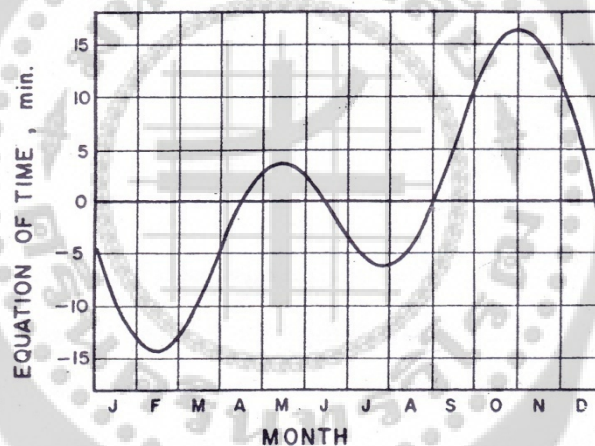
ดังนั้นพัดลมที่ระบายอากาศภายในตู้อบแห้งจึงมีขนาดกำลังไฟ รวมทั้งหมด $3 \text{ A } 12 \text{ V}$ ซึ่งผู้วิจัยทำการติดตั้งไว้ 4 จุดตรงบริเวณทางออกบริเวณด้านบนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน(หม้อน้ำ) เพื่อเป็นพาความร้อนของอากาศ ให้ไหลเวียนภายในตู้อบแห้งตามที่ได้ออกแบบไว้

1.2.7 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ และไฟฟ้า 220 v ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 40 w ใช้ในการจ่ายไฟให้กับมอเตอร์พัดลมที่ใช้อากาศร้อน และใช้ไฟฟ้า 220 v ใช้ในการจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ส่งน้ำที่เป็นตัวพาความร้อน

1.2.8 ทิศทางของรังสีและการวัด ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้คำนวณในส่วนของเวลาสุริยะ เป็นอันดับแรกเพราะได้รู้ ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ณ ที่ต้องการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยที่ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาสุริยะและเวลามาตรฐานสามารถหาได้จากสมการ (2-18)

$$\text{Solar Time} = \text{Standard Time} \pm 4 (L_{ST} - L_{local}) + E$$

เมื่อ L_{ST} คือ เส้นเมริเดียนลองจิจูดที่ จ. อุบลราชธานี เท่ากับ 105 องศา
 L_{local} คือ เส้นเมริเดียนลองจิจูดที่ อ. บางปลาม้า จ. สุพรรณบุรี เท่ากับ 100.16 องศา
 E คือ สมการเวลา (นาที) สามารถหาได้จากภาพสมการเวลา



ภาพประกอบ 29 สมการเวลา E ในหน่วย นาที

ที่มา สุพัฒน์ ราชณรงค์. (2543). ระบบพลังงานแสงอาทิตย์. หน้า 24

ค่า \pm นั้นสังเกตลองจิจูด ถ้าซีกโลกตะวันออกจะมีค่าเป็นลบ และซีกโลกตะวันตก จะมีค่าเป็นบวก เป็นที่น่าสังเกตว่า ดวงอาทิตย์ใช้เวลา 4 นาทีในการเคลื่อนที่ผ่านแต่ละลองจิจูด 1 องศา (สุพัฒน์ ราชณรงค์. 2543 : 24)

ดังนั้นผู้วิจัยได้ ยกตัวอย่าง เวลาสุริยะที่ อ.บางปลาม้า จ.สุพรรณบุรี ซึ่งมีค่าลองจิจูดที่ 100.16 องศา เมื่อมาตรฐานท้องถิ่นเป็นเวลา 11:08 น. ประมาณวันที่ 30 พฤศจิกายน (muslimthai. 2554: ออนไลน์)

แทนค่าในสมการที่ (2-18) เวลาสุริยะ = 11:08 + 10 - 4 (105 - 100.16)

$$= 11:08 - 7.6$$

$$= 11:00 \text{ น.}$$

ดังนั้นเวลาที่ท้องถิ่นที่เวลา 11:08 น. ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในวันที่ 30 พฤศจิกายน จะมีมุม -15° และเวลาที่ท้องถิ่นที่เวลา 12.30 น. จะมีค่าเป็น 0°

โดยมุมชั่วโมง (Hour Angle, ω) คือ มุมที่แทนตำแหน่งของดวงอาทิตย์จากเมอริเดียนท้องถิ่นไปทางทิศตะวันออก หรือ ทิศตะวันตก มีค่าเป็นลบในช่วงเวลาก่อนเที่ยงสุริยะ และเป็นบวกหลังเที่ยงสุริยะ โดยมีค่า 15° ต่อ 1 ชั่วโมง (จจจติร์ หิรัญลาก. 2541: 6)

1.2.8.1 มุมเดคลิเนชัน (Declination Angle, δ) คือ มุมระหว่างแนวเส้นแวงอาทิตย์เมื่อเที่ยงสุริยะกับระนาบศูนย์สูตร กำหนดมีค่าเป็นบวกในทางทิศเหนือ และลบเมื่อวัดไปทางทิศใต้ มุมเดคลิเนชันมีค่าเปลี่ยนแปลงไปทุกวันระหว่าง - 23.45° ถึง 23.45° สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2-19) (จจจติร์ หิรัญลาก. 2541: 6)

$$\delta = 23.45 \sin \left[360 \frac{(284+n)}{365} \right]$$

เมื่อ n คือ ลำดับวันที่ n ของปี ($1 \leq n \leq 365$) ของวันที่ 30 พฤศจิกายน เท่ากับ 334

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad \delta &= 23.45 \sin \left[360 \frac{(284+334)}{365} \right] \\ &= -21.97 \end{aligned}$$

ดังนั้นในวันที่ 30 พฤศจิกายน จานรวมรังสีจะหันหน้าไปทางทิศใต้เป็นมุม -21.97°

1.2.8.2 มุมอัลติจูดดวงอาทิตย์ (Solar Atitude Angle, α_s) คือ มุมระหว่างพื้นราบกับแนวเส้นแวงอาทิตย์ มุมอัลติจูดดวงอาทิตย์ที่เวลาใด ๆ สามารถคำนวณได้จากสมการ (2-20) โดยที่ละติจูดของ อ.บางปลาหมอ จ.สุพรรณบุรีมีค่าเท่ากับ 14.4 (muslimthai. 2554: ออนไลน์)

$$\sin \alpha_s = \cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta$$

$$\text{แทนค่า} = \cos(14.4) \cos(8.105) \cos(-15) + \sin(14.4) \sin(8.105)$$

$$\alpha_s = 74.007^\circ$$

1.2.8.3 มุมอะซิมูตดวงอาทิตย์ (Solar Azimuth Angle, γ_s) คือ มุมระหว่างแนวตั้งของดวงอาทิตย์และระนาบของเมอริเดียนท้องถิ่น โดยกำหนดให้วัดจากทิศใต้ของระนาบแนวตั้งดวงอาทิตย์ไปทางทิศตะวันตกมีค่าเป็นบวก วัดทางทิศตะวันออกมีค่าเป็นลบ และมีค่าเป็นศูนย์ที่ทิศใต้ มุมอะซิมูตดวงอาทิตย์มีค่าอยู่ในช่วง - 180° ถึง 180° สามารถคำนวณได้จากสมการ (2-21) (จจจติร์ หิรัญลาก. 2541:7)

$$\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos \alpha_s}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} &= \frac{\cos 8.105 \sin (-15)}{\cos 74.007} \\ &= -68.435^\circ \end{aligned}$$

ดังนั้นระนาบแนวตั้งดวงอาทิตย์ หันหน้าไปทางทิศตะวันออก- 68.435° ของวันที่ 30 พฤศจิกายน

1.3 กำหนดระยะเวลา และสถานที่ที่ใช้ในการสร้าง

ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างแผงรับแสงอาทิตย์ประมาณ เดือนกันยายน 2554 ถึง ตุลาคม 2554 โดยใช้สถานที่ในการสร้างแผงรับแสงอาทิตย์ ที่โรงฝึกงาน สาขาอุตสาหกรรมศึกษา อาคาร 14 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถนน สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนากรุงเทพฯ ฯ ซึ่งกำหนดการศึกษาข้อมูล การออกแบบ และการสร้างขั้นตอนการทดลอง และการเก็บเกี่ยวข้อมูล เพื่อสรุปผลการวิจัย

2. ขั้นตอนการสร้าง

ในการขั้นตอนการสร้างแผงรับรังสีอาทิตย์นั้น ผู้วิจัยได้วางแผนการสร้างและออกแบบไว้ในขั้นตอนการออกแบบ โดยสามารถแยกเป็นรายละเอียดได้ดังนี้

2.1 ขั้นตอนการสร้างแผงรับรังสีอาทิตย์

2.1.1 การสร้างแผงรับรังสีอาทิตย์ โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 ฟุต และมีความโค้งประมาณ 46.9 องศา ระยะจากแผ่นสะท้อนรังสีถึงตัวรับรังสีเท่ากับ 1.2 เมตร ทำการตัดชิ้นส่วนต่างๆให้เป็นพาราโบลา

2.1.2 ทำการติดตั้งมอเตอร์ในการขับเฟืองเพื่อปรับมุมตามที่ต้องการ

2.1.3 สร้างชุดขาตั้งของแผงรับรังสีอาทิตย์ โดยมีความสูงประมาณ 1.5 เมตร และทำการพันสีเพื่อความสวยงาม

2.1.4 ติดตั้งปั้มน้ำเพื่อทำการส่งน้ำ และเป็นการพาความร้อนไปยังตู้อบแห้ง

2.1.5 ติดตั้งชุดพัดลมพาความร้อน ขนาด 12 V 3 A โดยติดตั้ง 4 จุด บริเวณบนเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในตู้อบแห้ง พร้อมทั้งแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 40 w วางบริเวณด้านบนของตู้อบแห้ง

2.2 ทดสอบการใช้งาน ปรับแต่งและแก้ไขการทำงานของเครื่องอบแห้ง

2.2.1 ทดสอบการทำงานของเครื่องอบแห้ง โดยนำเครื่องไปตั้งไว้กลางแจ้งประมาณ เวลา 10.30 – 16.30 น. โดยทำการวัดอุณหภูมิเป็นระยะทั้งภายในตู้อบแห้ง และบริเวณตัวรับแสง

2.2.2 สังเกตการณ์ทำงานของมอเตอร์ปรับมุมแผงรับรังสีอาทิตย์ และสังเกตปั้มน้ำ ว่าผิดปกติหรือไม่

2.2.3 สังเกตการณ์ทำงานของพัดลมพาความร้อนทั้ง 4 จุด คือบริเวณทางเข้า และทางออกของตู้อบแห้ง

2.2.4 ตรวจสอบสภาพภายนอกและภายในของเครื่องอบแห้ง จะต้องอยู่ในสภาพดีและปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน

2.2.5 ปรับแต่งและแก้ไขการทำงานของเครื่องอบแห้ง ทำการตรวจสอบ และสังเกตการทำงาน of เครื่องตลอดเวลาที่ใช้งานและก่อนใช้งาน

3. ชั้นหาประสิทธิภาพ

ในการหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง ผู้วิจัยได้ทดลองกับกล้วยน้ำว้า ซึ่งหาได้ง่ายตามท้องตลาด หรือ ตามบ้านเรือนต่างๆ และยังมีราคาไม่สูงมากนัก โดยคำนวณประสิทธิภาพและสมรรถนะทางกายภาพ ซึ่งได้แก่ ความสวยงาม ความแข็งแรง การติดตั้ง และ ความปลอดภัย ซึ่งจะใช้แบบประเมินของผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินสมรรถนะทางกายภาพ และนำผลการประเมินนั้นมาแปลความหมายในระดับต่อไป

3.1 การทดลองกับผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

ผู้วิจัยนำกล้วยที่ปลอกเปลือกแล้วนั้นนำมาเป็นตัวอย่าง ประมาณ 5 กิโลกรัม โดยมีวิธีดำเนินการดังต่อไปนี้

3.1.1 ติดตั้งเครื่องอบแห้งในที่ที่กลางแดดแจ่มใสตลอดวัน โดยหันจานรวมรังสีไปทางทิศเหนือเอียงประมาณประมาณ - 21.97 องศา ซึ่งเป็นละติจูดของ อ.บางปลาม้า จ.สุพรรณบุรี และหน้าไปทางทิศตะวันออก - 68.435° ของเดือน พฤศจิกายน

3.1.2 นำกล้วยที่ปลอกเปลือกแล้ว จำนวน 5 กิโลกรัมนำไปใส่ในตู้อบแห้ง โดยจะแบ่งกล้วยให้เท่าๆ กันจำนวน 4 ถาด

3.1.3 ทำการวัดอุณหภูมิเป็นระยะ โดยจะวัดอุณหภูมิทุกชั่วโมงและชั่งน้ำหนักของกล้วยทุก 2 ชั่วโมง ซึ่งในการหาความชื้นนั้นจะใช้สมการที่ (2-4) หรือ ทำการชั่งน้ำหนัก โดยลบน้ำหนักของน้ำที่ต้องการระเหยออกไปคือ 3.68 กิโลกรัม ดังนั้นจากน้ำหนักกล้วย 5 kg - 3.68 kg = 1.32 kg

$$\text{สมการที่ (2-4)} \quad M_w = m_i \frac{M_i - M_f}{100 - M_f} \quad \text{ใช้วัดความชื้นของกล้วย}$$

3.1.4 คำนวณหากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ ปั๊มน้ำ และชุดพัดลมพาความร้อนเพื่อใช้สรุปผลการทดลอง

$$\text{กำลังไฟฟ้า } w = \text{กระแสไฟฟ้า (A)} \times \text{ความต่างศักย์ไฟฟ้า (V)}$$

3.1.5 การหาประสิทธิภาพทางความร้อน จะมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งจำเป็นต้องทราบค่าความร้อนของน้ำที่ได้รับ และค่าการแผ่รังสีอาทิตย์ที่กระทบต่อผิวของจานรวมรังสี โดยเป็นการวัดค่าประสิทธิภาพสูงสุดของน้ำที่ได้รับบนจานรวมรังสีอาทิตย์ (Xi Wenhua. Solar Energy Application Technologies. 2006) ดังสมการที่ (2-31)

$$\eta = \frac{Q_u}{Q} \times 100\% = \frac{m \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{H \cdot A_c}$$

โดยที่ η = ประสิทธิภาพทางความร้อนทั้งระบบ (%)

m = น้ำหนักของน้ำในระบบ (kg)

C = ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำ (4.19 kJ/kg.c)

t_2 = อุณหภูมิน้ำออก (°C)

t_1 = อุณหภูมิน้ำเข้า (°C)

H = ค่าการแผ่รังสีตรงที่กระทบบนจานรวมรังสี (KJ/m²)

A_c = พื้นที่ของจานรวมรังสี (m)

3.1.6 ประสิทธิภาพของแผ่นรับแสง สำหรับแผ่นรับแสงมีการรวมแสงมาตรฐานทั่วไปจะใช้ อุณหภูมิสูง ดังนั้นในการสร้างแผ่นรับแสงที่มีตัวรับแสงเพื่อให้ได้พลังงานความร้อนมากและอุณหภูมิสูง จึงจำเป็นในกระบวนการถ่ายเทความร้อน (สุพัฒน์ ราชณรงค์. 2543: 133 - 134) ในสมการที่ (2 -10)

$$\eta_c = \frac{q_u}{I_c A_a}$$

เมื่อ q_u คือ พลังงานที่ใช้ประโยชน์ของแผ่นรับแสง (w)

I_c คือ รังสีจากดวงอาทิตย์ ($I = q / \pi$)

A_a คือ พื้นที่ทางเข้าของแสง (m²)

3.1.7 อัตราส่วนการรวมรังสี เป็น อัตราส่วนพื้นที่ของรับแสงต่อพื้นที่ของตัวรับแสงสำหรับ อัตราส่วนพลักซ์การรวมรังสีจะนิยามเป็นพลักซ์พลังงานเฉลี่ยบนตัวรับแสงต่อพลักซ์พลังงานเฉลี่ยที่ช่องรับแสง ดังสมการที่ (2.1)

$$C = \frac{A_a}{A_r}$$

3.2 อุปกรณ์วัดประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง

3.2.1 เทอร์โมมิเตอร์ วัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ OEM รุ่น DT-810 เป็นเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรดขนาดเล็ก ใช้วัดอุณหภูมิวัตถุด้วยแสงเลเซอร์ วัดอุณหภูมิตั้งแต่ -30 – 260 องศา

3.2.2 มัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้า ยี่ห้อ sanwa รุ่น YX-361TR เป็นมัลติมิเตอร์แบบเข็ม(analog)

3.2.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Trade Mark เป็นแบบเข็ม(analog) ขนาด 7 kg

3.3. การสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินโดยหลักการทางสถิติ คือ นำค่าคะแนนหรือการประเมินที่เป็นข้อมูลทางการคำนวณหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นจึงนำผลที่ได้มาพิจารณาค่าเฉลี่ยต่าง ๆ

3.3.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1.1 คะแนนเฉลี่ย (Mean)

หมายถึง ค่าคะแนนตัวหนึ่งซึ่งเกิดจากการเอาค่าคะแนนทุกตัวมารวมกัน และหารด้วยจำนวนของคะแนนทั้งหมด ค่าคะแนนเฉลี่ยถือเป็นคะแนนตัวแทนของกลุ่มนั้น

ค่าคะแนนตัวแทนหรือตัวกลางแบบนี้มีทั้งส่วนดีและส่วนเสีย จะแปลได้ก็ต่อเมื่อข้อมูลแต่ละตัวแตกต่างกันไม่มากนัก กรณีข้อมูลค่าน้อย ๆ แล้วไปมีค่าโด่งมากกว่าเพื่อน คะแนนตัวแทนก็จะกลายเป็นจุดคะแนนค่าโด่งตัวนั้น กรณีนี้อาจหาค่าคะแนนตัวกลางโดยวิธีมัธยฐานจะมีความหมายว่า

การหาค่าคะแนนเฉลี่ยจากคะแนนยังไม่แจกแจงความถี่ การหาแบบนี้ใช้กรณีคะแนน หรือจำนวนข้อมูลมีน้อย หาได้โดยสูตร(ล้วน สายยศ , อังคณา สายยศ. 2538. หน้า 73)

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n} \quad (2-30)$$

เมื่อ \bar{x} แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนข้อมูล

3.3.1.2. ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

เป็นการวัดการกระจาย มองในรูปเส้นตรงมีทิศทาง เกิดได้จากการถดถากที่สองของความแปรปรวนนั่นเอง มักใช้สัญลักษณ์ S ดังแสดงในสูตรว่า ว่า (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ . 2538. : 79)

$$S = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}} \quad (2-31)$$

เมื่อ S แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 $\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละข้อ
 n แทน จำนวนทั้งหมดของผู้ตอบแบบสอบถาม

3.3.1.3 หาค่า t-test โดยใช้สมการ

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{SD}{\sqrt{n}}} \quad (2-32)$$

เมื่อ \bar{x} แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
 μ_0 แทน ค่าเกณฑ์มาตรฐาน
 SD แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 n แทน จำนวนประชากร

โดยมี $d_f = n - 1$

3.3.1.4 กำหนดเกณฑ์ระดับคะแนน

กำหนดเกณฑ์ในการแปลข้อมูลความหมายข้อมูลที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยต่างๆ ดังต่อไปนี้
 ค่าคะแนนเฉลี่ย

4.51-5.00 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

3.51-4.50 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับดี

2.51-3.50 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับพอใช้

1.51-2.50 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับต้องปรับปรุง

1.00-1.50 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับใช้ไม่ได้

3.3.2 สถิติที่ใช้วิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรง

การนำแบบประเมินที่สร้างให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน และตรวจสอบแก้ไข แล้วนำแบบประเมินที่ได้ปรับปรุงแก้ไขให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างจุดมุ่งหมายในการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจางรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร กับประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องอบแห้ง พลังงานรังสีอาทิตย์ และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ว่าเที่ยงตรงหรือไม่ โดยหาค่าดัชนีความเที่ยงตรง IOC :) ซึ่งมีการให้คะแนนตามเกณฑ์ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด

+1 =	เที่ยงตรง	หรือแน่ใจว่าองค์ประกอบที่เขียนไว้ตามรายการประเมินข้อนั้น ๆ มีความเที่ยงตรงกัน
0 =	ไม่แน่ใจ	ว่าองค์ประกอบที่เขียนไว้ตามรายการประเมินข้อนั้น ๆ ไม่ชัดเจนที่บอกได้ว่ามีความเที่ยงตรงกัน
-1 =	ไม่เที่ยงตรง	หรือองค์ประกอบที่เขียนไว้ตามรายการประเมินข้อนั้น ๆ ไม่มีความเที่ยงตรงกัน

ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละข้อไปหาดัชนีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและดัชนีความเที่ยงตรง (IOC) ระหว่างกับ ความคิดเห็นของผู้ใช้งาน และความคิดเห็นของผู้บริโภค กับจุดประสงค์โดยมีสูตรคำนวณดังนี้

$$IOC = \frac{\Sigma R}{n} \quad (2-33)$$

เมื่อ	IOC	=	ดัชนีความเที่ยงตรงระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์
	ΣR	=	ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	n	=	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยการแปลความคือ ถ้า $IOC \geq 0.5$ แสดงว่าความคิดเห็นของผู้ใช้งานและความคิดเห็นของผู้บริโภคนั้นสอดคล้องวัตถุประสงค์ข้อนั้นจริง

ถ้า $IOC < 0.5$ แสดงว่ากับ ความคิดเห็นของผู้ใช้งานและความคิดเห็นของผู้บริโภคนั้นไม่สอดคล้องวัตถุประสงค์ข้อนั้น

3.4 คำนวณจุดคุ้มทุนเชิงเศรษฐศาสตร์

3.4.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) คือ ระยะเวลาที่ทำให้ได้เงินทุนคืนพอดี หรือ ระยะเวลาที่ทำให้รายรับมีค่าเท่ากับต้นทุนพอดี ซึ่งมีหน่วยเป็นช่วงเวลา และมักมีหน่วยเป็นปีจากสมการที่ (2 – 28) จะได้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{ต้นทุนคงที่} / \text{ต้นทุนผันแปร}$$

ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้การเปรียบเทียบการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ กับ เครื่องอบแห้งที่ใช้แก๊ส หุงต้ม ดังนั้นในส่วนของการคิดคำนวณระยะเวลาในการคืนทุนจะใช้วิธีคำนวณผลต่างของกำไรที่ได้รับต่อปี ดังสมการต่อไปนี้

ระยะเวลาในการคืนทุน = ต้นทุนเครื่องอบแห้ง / ผลต่างค่าพลังงานจากการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ กับ แก๊สหุงต้ม



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการออกแบบสร้างและทดสอบการทำงานของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ นำเสนอตามลำดับดังนี้

1. ผลการพัฒนาและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
2. ผลการประเมินความเที่ยงตรง
3. ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้ใช้และผู้บริโภคของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์
4. ผลการทดสอบของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์
 - 4.1 ผลการทดสอบของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์
 - 4.2 ผลการทดสอบผลิตภัณฑ์ของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์
 - 4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์
5. ผลของจุดคุ้มทุนเชิงเศรษฐศาสตร์

1. ผลการพัฒนาและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ผู้วิจัยได้พัฒนาและสร้างเครื่องอบแห้ง โดยแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ คือ

- ศึกษาหลักการและทฤษฎี รายละเอียดที่ใช้ในการพัฒนาและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์
- กำหนดปริมาณวัตถุดิบ
- หาปริมาณพลังงานความร้อนที่ต้องใช้
- คำนวณขนาดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
- คำนวณขนาดของจานรวมรังสี
- กำหนดสถานที่ใช้ในการสร้างและทดลองเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ศึกษาหลักการและทฤษฎี รายละเอียดที่ใช้ในการพัฒนาและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ โดยจะอาศัยหลักการ การถ่ายเทความร้อน ซึ่งจะไปกำหนด ขนาดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ความยาวท่อ และวัสดุต่างๆ ที่เกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อน และทฤษฎี กระบวนพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน ที่จะกำหนดขนาดของจานรวมรังสี องศาของจาน และความสูงของตัวรับรังสีอาทิตย์

1.2 กำหนดปริมาณวัตถุดิบ จะกำหนดวัตถุดิบตามปริมาณที่กลุ่มผลิตภัณฑ์แม่บ้านใช้
 ออบแห้งในแต่ละรอบของการอบแห้ง และความเหมาะสมของ พลังงานความร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง
 ผลผลิตในการอบแห้ง ซึ่งการทำวิจัยครั้งนี้พลังงานความร้อนที่ได้รับจากการแปลงพลังงานจากความ
 เข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน และใช้อุปกรณ์แผงรับรังสีอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ในการ
 เปลี่ยนพลังงาน ได้ตามขนาดที่กำหนด โดยมีขนาดของตู้อบแห้งที่ความกว้าง 80 เซนติเมตร ความยาว
 80 เซนติเมตร และสูง 165 เซนติเมตร สำหรับบรรจุกล้วยอบม้วนที่มีน้ำหนักประมาณ 5 kg ซึ่งใช้
 อะลูมิเนียมแบ่งเป็น 4 ชั้นในการวางวัตถุดิบ และคิดเป็นปริมาตรรวมไม่เกิน 3 ลูกบาศก์เมตร และ
 ใช้เหล็กเป็นวัสดุในการทำโครงสร้างของตู้อบแห้ง

1.3 ปริมาณพลังงานความร้อนที่ต้องใช้ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะอาศัยทฤษฎีในเรื่อง ความ
 สมดุลของพลังงานในการอบแห้ง เพื่อคำนวณหาพลังงานความร้อนที่ใช้อบแห้งของผลิตภัณฑ์ทาง
 การเกษตร และคำนวณอัตราการไหลของลมที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้เครื่องอบแห้งพลัง
 รังสีอาทิตย์ต้องการพลังงานประมาณ 2862.222 วัตต์ และแรงลมที่ใช้อบแห้งประมาณ 33.34
 ลูกบาศก์เมตร ต่อชั่วโมง

1.4 คำนวณขนาดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในการ
 วิจัยครั้งนี้ จะอาศัยหลักการ การถ่ายเทความร้อน โดยจะคำนวณขนาดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
 วัสดุที่ใช้ ขนาดปั๊มส่งน้ำ และปริมาณน้ำทั้งระบบ ซึ่งขนาดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะมีขนาด
 0.7 ตารางเมตร ใช้ทองเหลืองเป็นวัสดุในการถ่ายเทความร้อน โดยจะมีปั๊มน้ำ 220 โวลต์ ที่อยู่ในถังเก็บ
 น้ำจะส่งน้ำไปยังตัวรับรังสี ที่อัตราการไหล 500 ลิตรต่อชั่วโมง

1.5 คำนวณขนาดของจานรวมรังสี ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้ทฤษฎี กระบวนการพลังงาน
 แสงอาทิตย์ในรูปความร้อน เพื่อกำหนดขนาดของจานรวมรังสี และเรขาคณิต ของจานรวมรังสี โดยทำ
 การติดตั้งแยกจากส่วนที่เป็นตู้อบแห้ง เพราะจะได้ง่ายในการควบคุมทิศทางของจานรับรังสีอาทิตย์ และ
 สะดวกในการติดตั้งและใช้งาน ซึ่งทำจากโครงเหล็กที่หาง่ายตามท้องตลาด และสะท้อนด้วยแผ่นสแตน
 เลสทรงพาราโบลิด โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 ฟุต และมีความโค้งประมาณ 46.9 องศา จากระยะแผ่น
 สะท้อนรังสีถึงตัวรับรังสีเท่ากับ 1.2 เมตร ทำการตัดชิ้นส่วนต่างๆให้เป็นทรงพาราโบลิด และมีชุดตาม
 รังสีอาทิตย์ทำหน้าที่ติดตามรังสีอาทิตย์เพื่อรักษามุมที่ตกกระทบบนจานพาราโบลิด และสะท้อนเข้า
 ตัวรับรังสี โดยทำจากทองเหลืองที่หาง่ายตามท้องตลาดและสามารถนำความร้อนได้สูง ที่มีขนาดเส้น
 ผ่านศูนย์กลาง 10.5 เซนติเมตร แล้วนำมาขัดกันเป็นกันหอย ประมาณ 6 ขด จึงครบวงจรการ
 หมุนเวียนของน้ำต่อไป

1.6 กำหนดสถานที่ใช้ในการสร้างและทดลองเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ ในการวิจัย
 ครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้สถานที่ในการสร้างแผงรับแสงอาทิตย์ที่โรงฝึกงาน สาขาอุตสาหกรรมศึกษา อาคาร 14
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถนน สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนากรุงเทพฯ ฯ ซึ่ง

กำหนดการศึกษาข้อมูล การออกแบบ และ การทดลอง การเก็บ เกี่ยวข้อมูล จะใช้สถานที่ อำเภอ บางปลาเ้า จังหวัด สุพรรณบุรี เพื่อสรุปผลการวิจัย

2. ผลการประเมินความเที่ยงตรง

ในการวิเคราะห์คุณภาพของแบบประเมิน ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินมาหาค่า IOC คือ ค่าความเที่ยงตรง ระหว่างจุดมุ่งหมายในการ พัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจวนรวมรังสีใน กระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร กับ ข้อคำถามแบบประเมินความคิดเห็นของผู้ใช้งาน และ ข้อคำถามแบบประเมินความคิดเห็นของผู้บริโภค โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น

2.1 การวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงของแบบประเมินความ คิดเห็นของผู้ใช้งาน เครื่องอบแห้ง พลังงานรังสีอาทิตย์ แบบจวนรวมรังสีสำหรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยแบ่งออกเป็น 5 ด้านคือ

ด้านที่ 1 ด้านการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

ด้านที่ 2 ด้านความปลอดภัยของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

ด้านที่ 3 ด้านการบำรุงรักษาของเครื่องอบแห้งรังสีอาทิตย์

ด้านที่ 4 ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ด้านที่ 5 ด้านความคุ้มค่าในการลงทุนของเครื่องอบแห้งรังสีอาทิตย์

2.2 การวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงของแบบประเมินด้าน ความคิดเห็นของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ จากเครื่องอบแห้ง พลังงานรังสีอาทิตย์แบบจวนรวมรังสี สำหรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยแบ่ง ออกเป็น 1 ด้านคือ

ด้านที่ 1 ด้านความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับ ผลิตภัณฑ์จาก เครื่องอบแห้ง พลังงานรังสี อาทิตย์

รวมทั้งสิ้น 30 ข้อ เมื่อได้ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจึงมาคำนวณหาค่า IOC เพื่อปรับปรุง แก้ไขข้อคำถามในแบบประเมิน ซึ่งถ้าค่า $IOC \geq 0.5$ แสดงว่าข้อสอบนั้นวัดจุดประสงค์ที่ระบุไว้จริง

3.ผลการวิเคราะห์คุณภาพของประเมินเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คุณภาพของแบบประเมินทั้ง 2 ส่วนคือ แบบประเมินความ คิดเห็น ของ ผู้ใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ แบบจนวนรวมรังสีสำหรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยได้รับความอนุเคราะห์จากผู้ใช้งาน 5 ท่าน และแบบประเมินด้านความ คิดเห็นของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ จาก เครื่องอบแห้ง พลังงานรังสีอาทิตย์ แบบจนวนรวมรังสี สำหรับ ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยได้รับความ อนุเคราะห์จากผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ 7 ท่าน

จากการประเมินความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ แบบจนวนรวมรังสี สำหรับ ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร จำนวน 5 ท่าน มีผลการประเมิน ด้านการออกแบบเครื่องอบแห้ง พลังงานรังสีอาทิตย์ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินด้านการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

$$n = 5, \mu_0 = 4, \rho < 0.05$$

ด้านที่ 1 ด้านการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์	\bar{X}	S.D	แปลความหมาย	t	ρ
1.การติดตั้งไม่ซับซ้อน สามารถเคลื่อนย้ายสะดวก	4	0.82	ดี	0	1
2.ส่วนประกอบของวัสดุซื้อหาได้ง่ายในท้องตลาด	4.25	0.96	ดี	0.52	0.98
3.ประหยัดเนื้อที่ใช้สอย ใช้พื้นที่ในการทำงานน้อย	4.25	0.50	ดี	1.00	0.98
4.สามารถผลิตความร้อนได้ในอุณหภูมิที่ต้องการ	4.00	0.50	ดี	0.00	1.00
5.การใช้งานง่าย ขั้นตอนการทำงานไม่ซับซ้อน	4.5	0.58	ดี	1.73	0.97
6.ระยะเวลาในการอบผลิตภัณฑ์เทียบเท่าการใช้เชื้อเพลิงอื่น	4.50	0.58	ดี	1.73	0.97
7.ไม่มีมลภาวะจากเชื้อเพลิงที่เป็นผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม	4.50	0.58	ดี	1.73	0.97
8.กระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์มีความสะอาด ปราศจากการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและแมลง	4.50	0.58	ดี	1.73	0.97
9.สามารถช่วยในการถนอมอาหารและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร	4.50	0.58	ดี	1.73	0.97
10.สามารถใช้ในการกระบวนการผลิตเชิงธุรกิจได้	4.00	0.50	ดี	0	1
รวม	4.3	0.62	ดี	1.01	0.98

จากตารางที่ 1 สรุปได้ว่า ด้านการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ ผ่านเกณฑ์และอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.62 .และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 1 ด้านการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์พบว่าข้อที่มีคะแนนสูงสุด คือ การใช้งานง่าย ขั้นตอนการทำงานไม่ซับซ้อน ไม่มีมลภาวะจากเชื้อเพลิงที่เป็นผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม กระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์มีความสะอาด ปราศจากการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและแมลง และสามารถช่วยในการถนอมอาหารและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 0.97 และพบว่าข้อคะแนนที่ต่ำสุดคือ การติดตั้งไม่ซับซ้อน สามารถเคลื่อนย้ายสะดวก และสามารถใช้ในการกระบวนการผลิตเชิงธุรกิจได้ ดี โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.5 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 0

ตารางที่ 2 ผลการประเมินด้านความปลอดภัยของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์
 $n = 5, \mu_0 = 4, \rho < 0.05$

ด้านที่ 2 ด้านความปลอดภัย ของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์	\bar{X}	S.D	แปล ความหมาย	t	ρ
1.โครงสร้างของวัสดุมีความมั่นคงแข็งแรง	4.50	0.58	ดี	1.73	0.96
2.ขั้นตอนการทำงานปราศจากอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน	4.50	0.58	ดี	1.73	0.96
3.การใช้วัสดุไม่ก่อให้เกิดสารพิษต่อผลิตภัณฑ์อาหาร	4.00	0.81	ดี	0.00	1.00
4.มีวัสดุป้องกันอันตรายจากความร้อนต่อผู้ใช้งาน	4.25	0.50	ดี	1.00	0.98
5.มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้า	4.25	0.50	ดี	1.00	0.98
รวม	4.3	0.59	ดี	1.09	0.98

จากตารางที่ 2 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ย ด้านความปลอดภัยของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ ผ่านเกณฑ์และอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.3.ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.59 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1.09

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ ด้านความปลอดภัยของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ พบว่าข้อที่มีคะแนนสูงสุด คือ .โครงสร้างของวัสดุมีความมั่นคงแข็งแรง และขั้นตอนการทำงานปราศจากอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1.73 และคะแนนต่ำสุดคือ การใช้วัสดุไม่ก่อให้เกิดสารพิษต่อผลิตภัณฑ์อาหาร โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.8 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 0

ตารางที่ 3 ผลการประเมินด้านการบำรุงรักษาของเครื่องอบแห้งรังสีอาทิตย์

$n = 5$, $\mu_0 = 4$, $p < 0.05$

ด้านที่ 3 ด้านการบำรุงรักษา ของเครื่องอบแห้งรังสีอาทิตย์	\bar{x}	S.D	แปล ความหมาย	t	p
1.ชิ้นส่วนวัสดุมีความแข็งแรงทนทานชำรุดสึกหรอน้อย ประหยัดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง	4.25	0.50	ดี	1.00	0.98
2.สามารถตรวจสอบชิ้นส่วนที่เสียหายได้ด้วยสายตา ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือตรวจสอบที่มีราคาสูง	4.75	0.50	ดี	3.00	0.95
3.วัสดุซ่อมแซมสามารถหาซื้ออะไหล่ทดแทนได้ง่ายในประเทศ	4.25	0.50	ดี	1.00	0.98
4.อะไหล่ชิ้นส่วนของวัสดุซ่อมแซมมีราคาถูก	4.00	0.50	ดี	0.00	1.00
5.สามารถติดตั้งทำความสะอาดอุปกรณ์ได้ทุกชิ้นส่วน	4.5	0.58	ดี	1.73	0.96
รวม	4.35	0.52	ดี	1.35	0.97

จากตารางที่ 3 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ย ด้านการบำรุงรักษาของเครื่องอบแห้งรังสีอาทิตย์ ผ่านเกณฑ์ และอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.35 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.51 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1.34

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 3 ด้านการบำรุงรักษาของเครื่องอบแห้งรังสีอาทิตย์ พบว่าข้อที่มีคะแนนสูงสุด คือ สามารถตรวจสอบชิ้นส่วนที่เสียหายได้ด้วยสายตา ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือตรวจสอบที่มีราคาสูง ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.75 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.5.และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 3 และคะแนนต่ำสุดคือ อะไหล่ชิ้นส่วนของวัสดุซ่อมแซมมีราคาถูก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.5.และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 0

ตารางที่ 4 ผลการประเมินด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์

$n = 5$, $\mu_0 = 4$, $\rho < 0.05$

ด้านที่ 4 ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์	\bar{x}	S.D	แปล ความหมาย	t	ρ
1.ความแห้งของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับที่เหมาะสม	4.5	0.58	ดี	1.73	0.96
2.สีของผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลงจากสีธรรมชาติ	4.00	0.82	ดี	0.00	1.00
3.กลิ่นของผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลงจากลักษณะเดิมก่อนการ อบแห้ง	4.50	0.58	ดี	1.73	0.96
4.รสชาติของผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลงจากรสชาติเดิมแบบ ธรรมชาติ	4.75	0.50	ดี	3.00	0.95
5.รูปลักษณะโดยรวมเหมาะสมต่อการบริโภค	4.5	0.58	ดี	1.73	0.96
รวม	4.45	0.61	ดี	1.64	0.97

จากตารางที่ 4 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ย ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ผ่านเกณฑ์และอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ย.4.45 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.6 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1.69

ผลการวิเคราะห์จาก ตารางที่ 4 ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าข้อที่มีคะแนนสูงสุด คือ รสชาติของผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลงจากรสชาติเดิมแบบธรรมชาติ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.75 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.5 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง .3.และคะแนนต่ำสุดคือ .สีของผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลงจากสีธรรมชาติ ธรรมชาติ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.81 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง.0

ตารางที่ 5 ผลการประเมินด้านความคุ้มค่าในการลงทุนของเครื่องอบแห้งรังสีอาทิตย์

$n = 5$, $\mu_0 = 4$, $p < 0.05$

ด้านที่ 5 ด้านความคุ้มค่าในการลงทุน ของเครื่องอบแห้งรังสีอาทิตย์	\bar{X}	S.D	แปล ความหมาย	t	p
1.สามารถประหยัดพลังงานในกระบวนการอบแห้ง	4.50	0.578	ดี	1.73	0.97
2.ลดต้นทุนการผลิตและช่วยให้ได้รับผลกำไรมากขึ้น	4.25	0.50	ดี	1.00	0.98
3.มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเหมาะสม	4.50	0.58	ดี	1.73	0.97
4.มีระยะเวลาในการคืนทุนอย่างรวดเร็ว	4.50	0.58	ดี	1.73	0.97
รวม	4.35	0.61	ดี	1.24	0.98

จากตารางที่ 5 สรุปได้ว่าด้านค่าเฉลี่ยด้านความคุ้มค่าในการลงทุนของเครื่องอบแห้งรังสีอาทิตย์ ผ่านเกณฑ์และอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.35 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.6 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1.23

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 5 ด้านค่าเฉลี่ยด้านความคุ้มค่าในการลงทุนของเครื่องอบแห้งรังสีอาทิตย์ พบว่าข้อที่มีคะแนนสูงสุด คือ สามารถประหยัดพลังงานในกระบวนการอบแห้ง มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเหมาะสม มีระยะเวลาในการคืนทุนอย่างรวดเร็ว โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1.73 และคะแนนต่ำสุดคือ มีอายุการใช้งานและคุ้มค่าในการลงทุน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.81 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 0

ตารางที่ 6 ด้านความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

$n = 7$ $\mu_0 = 4.5$, $\rho < 0.05$

ด้านที่ 1 ด้านความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์	\bar{X}	S.D	แปลความหมาย	t	ρ
1.รูป ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมเป็นไปตามความต้องการของตลาด	4.71	0.24	ดีมาก	0.43	0.99
2.การรักษา รส ชาติที่ดีของวัตถุดิบตามธรรมชาติไว้ได้	4.57	0.29	ดีมาก	1.54	0.99
3.กลิ่น ของผลิตภัณฑ์ที่มีความหอมตามธรรมชาติปราศจากกลิ่นไม่พึงประสงค์	4.86	0.14	ดีมาก	0.154	0.9
4.การรักษา สี ของผลิตภัณฑ์ตามธรรมชาติไว้ไม่เปลี่ยนแปลง	4.71	0.24	ดีมาก	0.43	0.99
5.ผลิตภัณฑ์ที่มีความสะอาด ปราศจากสิ่งปนเปื้อนและแมลงจากกระบวนการผลิต	4.71	0.24	ดีมาก	0.43	0.99
6.ผลิตภัณฑ์ที่มีความแห้งในระดับที่เหมาะสมสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน	4.71	0.24	ดีมาก	0.43	0.99
7.ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความนุ่มพอดี อร่อย และไม่แข็งกระด้างในการบริโภค	4.71	0.24	ดีมาก	0.43	0.99
8.ท่านมีความภาคภูมิใจจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแนวคิดในการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม	4.86	0.14	ดีมาก	0.154	0.99
9.ท่านมีความมั่นใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตเพื่อจำหน่ายในท้องตลาดได้	4.57	0.29	ดีมาก	1.53	0.99
10.ท่านมีความต้องการในการซื้อผลิตภัณฑ์นี้เพื่อการบริโภคอีกในอนาคตต่อไปอย่างแน่นอน	4.86	0.14	ดีมาก	0.15	0.99
รวม	4.73	0.22	ดีมาก	0.56	0.99

สรุปจากตารางที่ 6 ด้านความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับ ผลิตภัณฑ์จากเครื่องอบแห้ง พบว่า เกณฑ์และอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.73 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.22 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 0.57

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 6 ด้านความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับ ผลิตภัณฑ์จาก เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ พบว่าข้อคะแนนสูงสุดคือ กลิ่นของผลิตภัณฑ์ที่มีความหอมตามธรรมชาติ ปราศจากกลิ่นไม่พึงประสงค์ ท่านมีความภาคภูมิใจจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแนวคิดในการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม และท่านมีความต้องการในการซื้อผลิตภัณฑ์นี้เพื่อการบริโภคอีกใน

โอกาสต่อไปอย่างแน่นอน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.86 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.14 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 0.15

และคะแนนต่ำสุดคือ .คงรักษา รัชชาติที่ดีของวัตถุประสงค์ตามธรรมชาติไว้ได้ และท่านมีความมั่นใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตเพื่อจำหน่ายในท้องตลาดได้ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.57ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.28 และค่าค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง.1.53

4.ผลการทดสอบของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

การวิจัยการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร มีผลการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของเครื่องอบแห้งและผลด้านผลิตภัณฑ์ของเครื่องอบแห้ง โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บผลจำนวน 5 ครั้ง ในระดับของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

4.1 ผลการทดสอบของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

ผลการทดลองการพัฒนา เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบ จานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ในด้านตัวเครื่องอบแห้งนั้น มีความสามารถในการอบแห้งได้ จากการทดลองผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ผู้วิจัยใช้กล้วยน้ำว้า ทดลองที่ขนาด 5 kg จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้ระยะเวลาของวันที่ 9 มกราคม 2556 ถึง 1 เมษายน 2556 (วันละ 6 ชั่วโมง) ในช่วงฤดูหนาว สภาพอากาศค่อนข้างแจ่มใส อาจมีเมฆปกคลุม และมีลมอ่อนๆ

ตารางที่ 7 สรุปผลการทดลองของเครื่องอบแห้ง

ครั้ง	อุณหภูมิอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ		อุณหภูมิน้ำในหม้อน้ำ		อุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดไฟกัส	
	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก
ครั้งที่ 1	34.39	50.99	53.36	44.1	44.51	52.71
ครั้งที่ 2	36.04	51.21	50.92	43.52	43.52	50.92
ครั้งที่ 3	36.37	51.43	50.47	42.94	42.93	50.47
ครั้งที่ 4	35.52	53.57	53.36	40.12	40.12	53.37
ครั้งที่ 5	35.72	51.81	53.75	41.08	41.07	53.71
เฉลี่ย	35.61	51.8	52.37	42.35	42.43	52.24

จากการทดลองพบว่า มีความสามารถในการอบแห้งได้ ซึ่งอากาศที่อบแห้งเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 51.8 องศาเซลเซียส และบรรยากาศภายนอก (กลางแจ้ง) เฉลี่ยเท่ากับ 35.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำใน

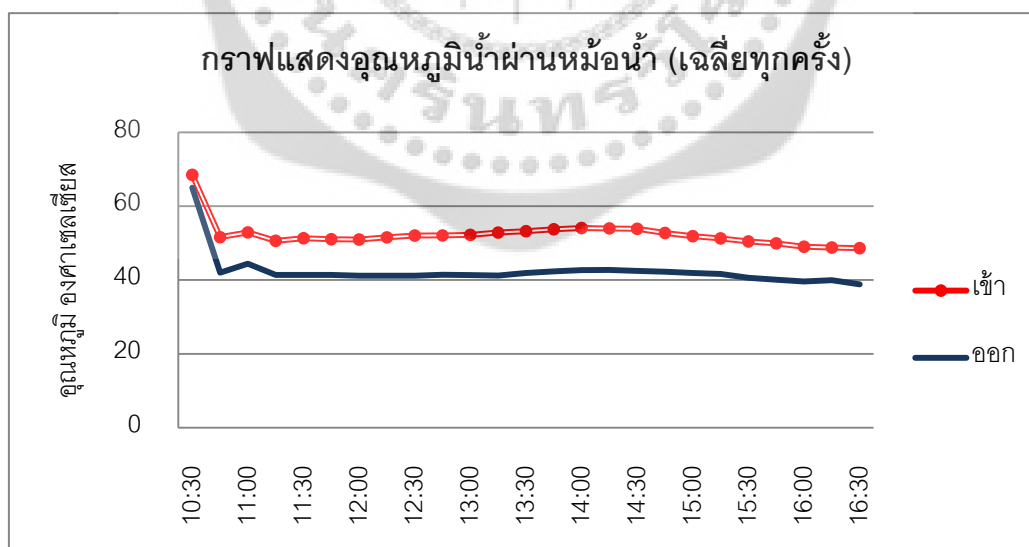
หม้อน้ำทางเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 52.37 องศาเซลเซียส และเมื่อน้ำร้อนระบายความร้อนไปในตู้อบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42.35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดไฟกั๊สทางเข้ามีอุณหภูมิเท่ากับ 42.42 องศาเซลเซียส และเมื่อได้รับความร้อนจากจ่านรวมรังสี มีค่าเฉลี่ย 52.23 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 8 แสดงสัดส่วนการระเหยของน้ำจากวัตุดิบ

ครั้ง	น้ำหนักของวัตุดิบ		ปริมาณความร้อน (วัตต์)	ร้อยละการระเหย ความชื้นโดยน้ำหนัก
	ก่อนอบ	หลังอบ		
ครั้งที่ 1	5	1.76	2,861.4	64.8
ครั้งที่ 2	5	1.82	2,812.5	63.6
ครั้งที่ 3	5	1.9	2,730.5	59.2
ครั้งที่ 4	5	1.87	2,799.1	60.6
ครั้งที่ 5	3	1.91	2,728.3	62.4

จากตารางสรุปได้ว่า เครื่องอบแห้งมีความสามารถอบแห้งได้ โดยที่ร้อยละการระเหยค ความชื้นโดยน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 62.1 และปริมาณความร้อนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 2800 วัตต์

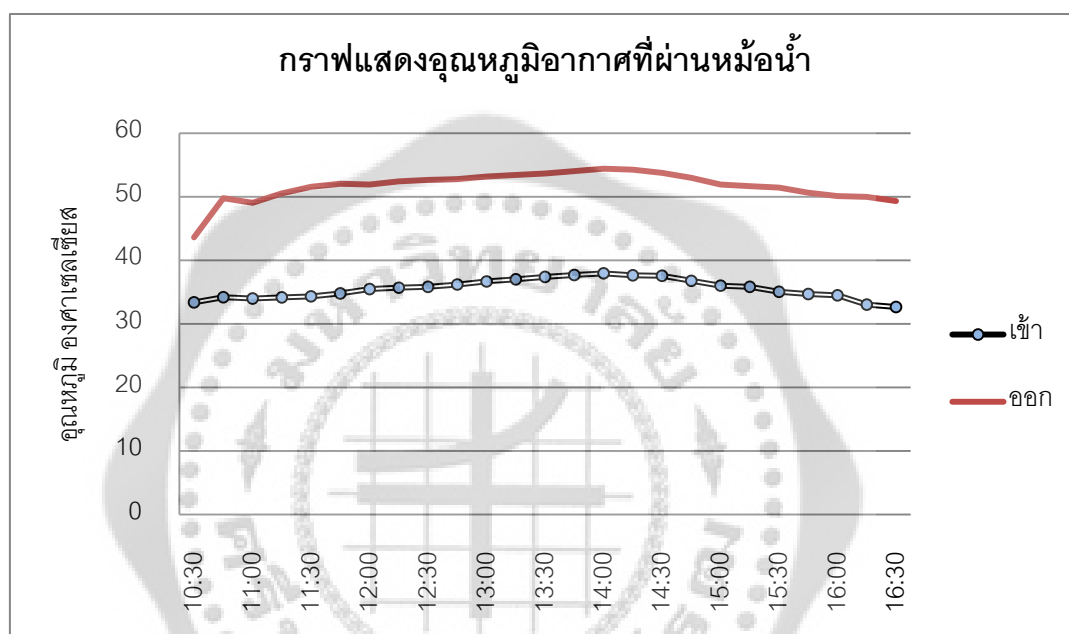
การทดลองอุณหภูมิในหม้อน้ำ ทดลองที่ขนาด 5 กิโลกรัม จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้ วันที่ 9 มกราคม 2556 ถึง 1 เมษายน 2556 (วันละ 6 ชั่วโมง) แสดงดังนี้



ภาพประกอบที่ 28 แสดงอุณหภูมิที่ผ่านหม้อน้ำในทุกครั้ง

จากภาพประกอบที่ 28 สรุปได้ว่า คุณหมุน้ำที่ผ่านหม้อน้ำทางเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 52.37 องศาเซลเซียส และเมื่อน้ำร้อนระบายความร้อนไปในตู้อบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42.35 องศาเซลเซียส คุณหมุน้ำสูงสุดอยู่ที่ 53.75 องศาเซลเซียส

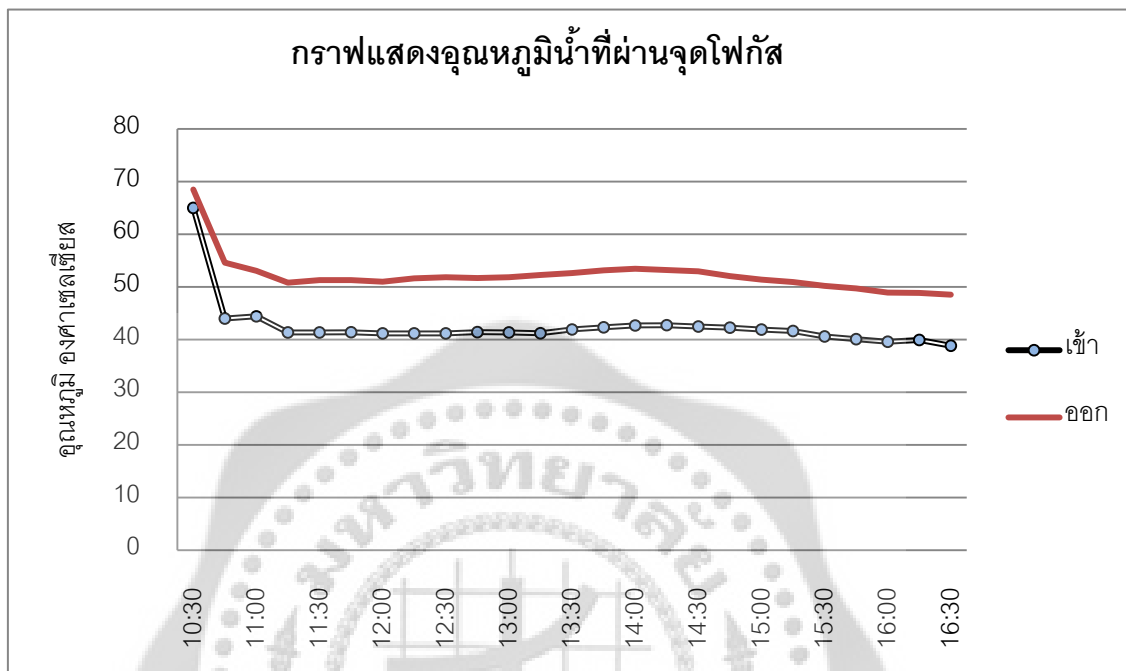
การทดลองอุณหภูมิอากาศของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณใต้ตู้อบแห้ง ทดลองที่ขนาด 5 กิโลกรัม จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้ระยะเวลา วันที่ 9 มกราคม 2556 ถึง 1 เมษายน 2556 (วันละ 6 ชั่วโมง) แสดงดังนี้



ภาพประกอบที่ 29 แสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านหม้อน้ำในทุกครั้ง

จากภาพประกอบที่ 29 สรุปได้ว่า อุณหภูมิอากาศที่ผ่านหม้อน้ำทางเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 35.6 องศาเซลเซียส และเมื่อน้ำร้อนที่อยู่ในหม้อน้ำ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 53.5 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 14:30 น.

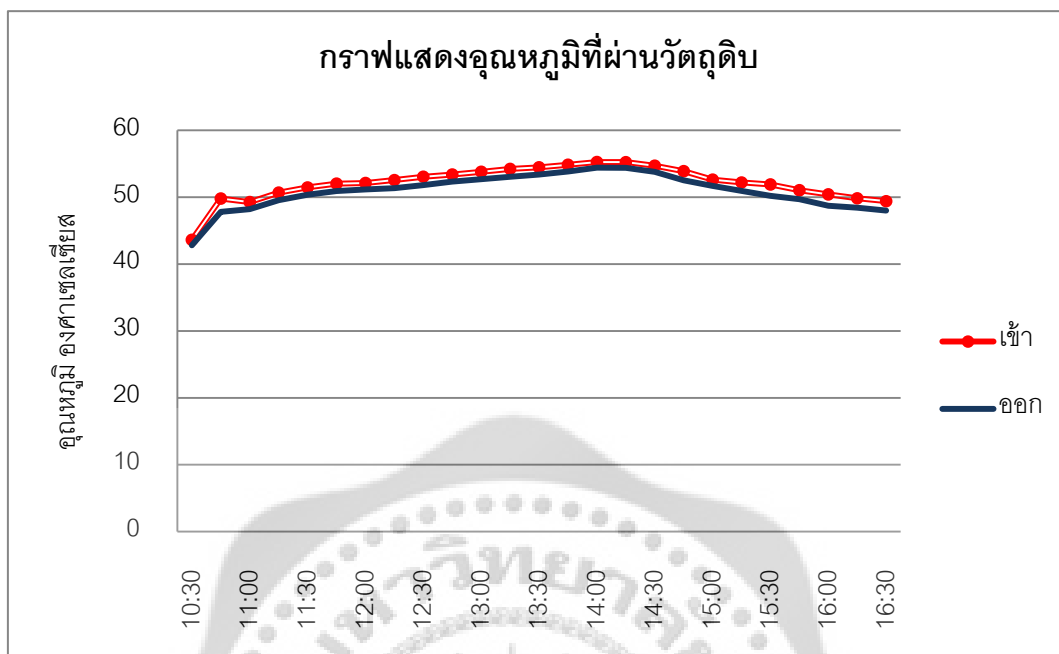
การทดลองอุณหภูมิน้ำ ของชุดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณบนจานพาราโบลิก (จุดโฟกัส) ทดลองที่ขนาด 5 กิโลกรัม จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้ระยะเวลา วันที่ 9 มกราคม 2556 ถึง 1 เมษายน 2556 (วันละ 6 ชั่วโมง) แสดงดังนี้



ภาพประกอบที่ 30 แสดงอุณหภูมิที่ผ่านจุดโฟกัสในทุกครั้ง

จากภาพประกอบที่ 30 สรุปได้ว่า อุณหภูมิที่ผ่านจุดโฟกัสทางเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 42.43 องศาเซลเซียส และเมื่อผ่านน้ำร้อนผ่านจุดโฟกัส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 53.3 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 14:30 น.

การทดลองความชื้นของวัสดุดิบ ทดลองที่ขนาด 5 กิโลกรัม จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้ วันที่ 9 มกราคม 2556 ถึง 1 เมษายน 2556 (วันละ 6 ชั่วโมง) แสดงดังนี้



ภาพประกอบที่ 31 แสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านวัสดุดิบในทุกครั้ง

จากภาพประกอบที่ 31 สรุปได้ว่า อุณหภูมิสูงสุดในการอบแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 52.8 องศาเซลเซียสและเมื่ออากาศร้อนผ่านวัสดุดิบมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 50.1 องศาเซลเซียส

4.2 ผลการทดสอบผลิตภัณฑ์ของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

ผลการทดลองการพัฒนา เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ในด้านผลิตภัณฑ์ของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ มีความสามารถในการอบแห้งได้ โดยใช้วัสดุดิบในอบแห้งคือ กล้วยน้ำว่าสุกงอม จำนวน . 5 กิโลกรัม ดังต่อไปนี้

ครั้งที่ 1 วันที่ทำการทดลอง วันที่ 9 มกราคม 2556 เวลา 10:30.น ถึง.16:30.น. (6 ชั่วโมง) ใช้ กล้วยน้ำว่าสุก (เปลือกแข็ง, ก้านสีเขียว) ซึ่งน้ำหนักครั้งสุดท้ายก่อนบรรจุภัณฑ์อยู่ที่ 1.5 กิโลกรัม ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม กล้วยอบ 2528 แต่ลักษณะกล้วยขึ้นน้อย เกินไป แข็ง ถ้ารับประทานจะมีความรู้สึกเป็นแฉะ จึงไม่สามารถบริโภคและทำในเชิงธุรกิจไม่ได้ และจำนวนของเสียร้อยละ 62.23

ครั้งที่ 2 วันที่ทำการทดลอง วันที่ 12 มกราคม 2556 เวลา 10:30.น ถึง.1:30.น. (6 ชั่วโมง) ใช้ กล้วยน้ำว่าสุกงอม (เปลือกนิ่ม, แผ่นบาง 2 ม.ม.) ซึ่งน้ำหนักครั้งสุดท้ายก่อนบรรจุภัณฑ์อยู่ที่ 1.7 กิโลกรัม ผลการทดลอง กล้วยอบมีสีสวย รับประทานรสชาติไม่หวานมาก สามารถบริโภคได้

การลอกออกจากภาชนะ สะดวก กัดง่าย ไม่ติดที่ภาชนะ และชั่งน้ำหนักครั้งสุดท้ายที่ 1.7 กิโลกรัม หรือเท่ากับ 2812.54464 วัตต์ อุณหภูมิภายในตู้อบเฉลี่ย 51 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 32 องศาเซลเซียส ความเร็วลมเฉลี่ย 6.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 70

ครั้งที่ 3 วันที่ทำการทดลอง วันที่ 14 มกราคม 2556 เวลา 10:30. น ถึง.16:00..น. (6 ชั่วโมง) ใช้กล้วยน้ำว้าสุกงอม (เปลือกนิ่ม,ความหนา 3-4 ม.ม.) ซึ่งน้ำหนักครั้งสุดท้ายก่อนบรรจุภัณฑ์อยู่ที่ 1.8 กิโลกรัม ลักษณะความชื้น ตรงตามท้องตลาด สี ความสะอาด เนื้อสัมผัส ขนาด และการบรรจุภัณฑ์นำรับประทาน และจำนวนของเสียร้อยละ 5.7

ครั้งที่ 4 วันที่ทำการทดลอง วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2556 เวลา 10:30.น ถึง.16:30.น. (6 ชั่วโมง) ใช้กล้วยน้ำว้าสุก (เปลือกนิ่ม,และเปลือกเริ่มจะเป็นสีดำ) จำนวน 5 กิโลกรัม ผลการทดลอง กัดง่ายอบมีวนมีสีสวย สามารถบริโภคได้ แต่กล้วยอบมากเกินไปจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูง และไม่สามารถทำในเชิงพาณิชย์ได้ การลอกกล้วยออกจากภาชนะได้สะดวก และชั่งน้ำหนักครั้งสุดท้ายที่ 1.8 กิโลกรัม หรือ 2266.26 วัตต์ ที่อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 32 องศาเซลเซียส

ครั้งที่ 5 วันที่ทำการทดลอง วันที่ 31 มีนาคม 2556 และ วันที่ 1 เมษายน 2556 เวลา 11:00-16:00.น,10:30-11:30 น. (รวม 6 ชั่วโมง) ใช้กล้วยน้ำว้าสุก (เปลือกนิ่ม,) ซึ่งน้ำหนักครั้งสุดท้ายก่อนบรรจุภัณฑ์อยู่ที่ 1.2 กิโลกรัม ลักษณะความชื้นตรงตามท้องตลาด จำนวนของเสีย (กล้วยที่เป็นเปลือกแข็ง) ร้อยละ 15

ดังนั้น ในการทดลองครั้งที่ 3 เป็นการทดลองที่ดีที่สุด โดยน้ำหนักครั้งสุดท้ายซึ่งได้ 1.8 กิโลกรัมลักษณะความชื้น ตรงตามท้องตลาด สี ความสะอาด เนื้อสัมผัส ขนาด และการบรรจุภัณฑ์นำรับประทาน และมีของเสียร้อยละ 5.7

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

ในการทดลองของการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัย ได้ทดสอบประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ โดยมีอัตราส่วนพื้นที่การรวมรังสีคือ 8.9 : 1 ประสิทธิภาพของแผ่นรับรังสีร้อยละ 89.92 และประสิทธิภาพทั้งระบบร้อยละ 31

5. ผลของความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการอบแห้ง โดย เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร นั้นจะเป็นการวิเคราะห์ถึงความ เป็นไปได้ทางการเงิน แม้ว่าจะเป็นการลงทุนสูงในครั้งแรก แต่ค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานที่ใช้อบแห้ง ลดลง และยังเป็นพลังงานทางเลือกที่ได้เปล่า ปลอดภัยต่อการใช้งาน ในการคิดจุดคุ้มทุนของเครื่อง อบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ จะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์กับเครื่อง อบแห้งแบบลมร้อน โดยใช้ก๊าซหุงต้มอบแห้ง ที่ขนาด 8 กิโลกรัม ในการพิจารณาค่าความเข้มของรังสี อาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลกใน 1 ปี ตามสภาพในฤดูกาล ในช่วงระหว่างเดือน พฤษภาคม- สิงหาคม จะมีความเข้มของรังสีอาทิตย์ค่อนข้างต่ำ และเป็นช่วงฤดูฝนของประเทศไทย ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนด ระยะเวลาในการอบแห้ง ที่เครื่องอบแห้งสามารถใช้งานได้ เท่ากับ 8 เดือน หรือ 240 วัน (สุพัฒน์ ราช ธรรมรงค์:2543 . ระบบพลังงานแสงอาทิตย์. หน้า 24)

การแสดงรายละเอียดทางการเงินของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

ตู้อบแห้ง	5,000	บาท
ถาดวางผลผลิต	2,000	บาท
พัดลมพาความร้อนและ	1,000	บาท
มอเตอร์และปั๊มน้ำ	1,500	บาท
ระบบจานรวมรังสี	6,500	บาท
เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 8 วัตต์พร้อม แบตเตอรี่	3,500	บาท
ค่าแรง	3,000	บาท
รวม	22,500	บาท

5.1 การหาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุนเป็นเกณฑ์ที่คำนึงถึงระยะเวลาที่มีผลประโยชน์จากการดำเนินงาน เท่ากับค่าใช้จ่ายในครั้งแรกหรือต้นทุน เกณฑ์การพิจารณาคือ ระยะคืนทุนยิ่งสั้นยิ่งเป็นผลดีต่อเครื่อง อบแห้ง ดังนั้นในการหาต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ใช้ก๊าซ LPG อบแห้งได้ ครั้งละ 8 กิโลกรัม ต่อ 1 รอบ/วันและ 1 รอบเท่ากับ 5 ชม โดยที่เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ สามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรได้ครั้งละ 5 kg สามารถอบแห้งได้ 1 รอบ/วัน ระยะเวลา 1 ปี สามารถอบแห้งได้ 240 วัน คิดเป็นปริมาณรวม 1,200 กิโลกรัมต่อปี

ตารางที่ 9 แสดงระยะเวลาคืนทุน

รายการ	เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน(LPG)	เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์
พิกัด	8 กิโลกรัม	5 กิโลกรัม
ค่าไฟฟ้า	ที่มอเตอร์ 2 แรงม้า ระยะเวลา 5 ชม 4.5 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อครั้ง เท่ากับ 18 บาทต่อครั้ง	ที่มอเตอร์ 0.25 แรงม้า ระยะเวลา 6 ชม 1.1222 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อครั้ง เท่ากับ 4.49 บาท/ครั้ง
ค่าแก๊ส(LPG) คิดที่กิโลกรัมละ 24.82 บาท	3.5 กิโลกรัมต่อครั้ง (24.82 * 3.5) เท่ากับ 86.87 บาทต่อครั้ง	0
รวมราคาในการอบแห้ง 1 ครั้ง	104.87 บาทต่อครั้ง	4.49 บาทต่อครั้ง
รวมค่าพลังงาน ต่อกิโลกรัม	104.87/8 = 13.11 บาทต่อกิโลกรัม	4.49/5 = 0.89 บาทต่อกิโลกรัม
ผลต่างค่าพลังงาน	13.11-0.89 = 12.21 บาทต่อกิโลกรัม	
ความสามารถในการอบแห้ง 1 ปี		240*5 kg = 1,200 กิโลกรัมต่อปี
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	12.21*1,200 = 14,662.5 บาทต่อปี	
ระยะคืนทุนที่เครื่องอบแห้งพลังงาน รังสีอาทิตย์ใช้ไฟ	22,500/14,662.5 = 1.54 ปี	

ดังนั้นกำไรสุทธิรวมกับต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ 14,662.5 บาท และเงินลงทุนของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ 22,500 บาท ดังนั้นระยะคืนทุนเท่ากับ $22,500/14,662.5 = 1.54$ ปี

5.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(Net Present Value) และอัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return)

5.2.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของเงินที่ได้รับกับเงินที่จ่ายที่คาดว่าจะได้รับแต่ละปี โดยอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ร้อยละ 7 และค่าเสื่อมสภาพของเครื่องอบแห้งอยู่ที่ 5 ปี (เสกสรร สุธรรมานนท์.เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.2554 : 336) จากผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านการเงินของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ โดยใช้ฟังก์ชันการเงิน โปรแกรม Microsoft Excel 2007 ช่วยในการคำนวณหาค่า ปัจจุบันของกระแสเงินสดในอนาคตโดยที่แทนค่าพารามิเตอร์สามารถทำได้โดยวิธีการดังนี้

ตารางที่ 10 แสดงผลค่าปัจจุบันสุทธิของกระแสเงินสด

แทนค่ากระแสเงินสดในอนาคต	ประหยัดพลังงานได้ (บาท/ปี)
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ร้อยละ 7 (Rate)	0.07
กระแสเงินสดในปีที่ 1 (Value 1)	14,662.5
กระแสเงินสดในปีที่ 2 (Value 2)	14,662.5
กระแสเงินสดในปีที่ 3 (Value 3)	14,662.5
กระแสเงินสดในปีที่ 4 (Value 4)	14,662.5
กระแสเงินสดในปีที่ 5 (Value 5)	14,662.5

จากตาราง พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 60,119 บาท ซึ่งเป็นมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดในอนาคต ยังไม่ได้หักเงินลงทุนเริ่มแรกจำนวน 22,500 บาท ซึ่งหากหักด้วยเงินลงทุนแล้ว จะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับ 37,619 บาท

5.2.2 อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return) การกำหนดอัตราผลตอบแทนการลงทุนไม่ควรต่ำกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ร้อยละ 7 และดอกเบี้ยเงินเฟ้อ ร้อยละ 3 (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2553) และอัตราความเสี่ยงร้อยละ 10 ซึ่งมีค่ารวมเท่ากับร้อยละ 20 จากผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ นำมาวิเคราะห์อัตราผลตอบแทน สามารถวิเคราะห์ได้โดยฟังก์ชันการเงิน โปรแกรม Microsoft Excel 2007 ช่วยในการคำนวณหาผลตอบแทนการลงทุน โดยที่แทนดังนี้

ตารางที่ 11 แสดงอัตราผลตอบแทนการลงทุนของกระแสเงินสด

แทนค่ากระแสเงินสด	ประหยัดพลังงานได้ (บาท/ปี)
กระแสเงินสดในปีที่ 0	-22,500
กระแสเงินสดในปีที่ 1	14,662.5
กระแสเงินสดในปีที่ 2	14,662.5
กระแสเงินสดในปีที่ 3	14,662.5
กระแสเงินสดในปีที่ 4	14,662.5
กระแสเงินสดในปีที่ 5	14,662.5

เมื่อแทนค่ากระแสเงินสดทุกปีเข้าใน โปรแกรม Microsoft Excel 2007 แล้ว พบว่าอัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) เท่ากับร้อยละ 58 ที่สามารถประหยัดพลังงานได้ 14,662.5 บาทต่อปี จากการศึกษาความเป็นไปได้ภายใต้ระยะเวลา 5 ปี มีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน มากกว่าร้อยละ 20 และมีระยะเวลาการคืนทุนที่ 1.54 ปี แสดงว่าการลงทุนทำเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ มีความเป็นไปได้ในการลงทุน

บทที่ 5

สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การสรุปผลการวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์อาทิตย์แบบจนวนรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร มีรายละเอียดการวิจัยดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลอง เครื่องอบแห้ง พลังงานรังสีอาทิตย์แบบจนวนรวมรังสี ในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในการอบแห้ง และด้านความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยใช้พลังงานหมุนเวียนจากรังสีอาทิตย์ เพื่อเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรพัฒนาตนเอง สามารถแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ และ สร้างความมั่นคงในการแปรรูปอาหาร โดยมีจุดมุ่งหมายของงานวิจัยคือ เพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจนวนรวมรังสีที่มีสมรรถนะในการให้ความร้อนในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เพื่อหาประสิทธิภาพการอบแห้งโดยใช้ แผงรับรังสีอาทิตย์แบบจนวนรวมรังสีระบบติดตามดวงอาทิตย์ และเพื่อลดต้นทุนการผลิตเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งการศึกษากำทำวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างแผงรับรังสีอาทิตย์แบบจนวนรวมรังสีสำหรับกระบวนการอบแห้ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้ง โดยมีขอบเขตในการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ ซึ่งผู้มีความสามารถในการบรรจุกล้วยได้ 5 กิโลกรัมต่อครั้ง ใช้แผงรับรังสีอาทิตย์ในการแปลงพลังงานรังสีอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อน ที่ใช้ทำการอบกล้วยอบม้วนทางการเกษตร จากนั้นทำการทดลองและเก็บข้อมูลของเครื่องอบแห้ง และใช้กล้วยน้ำว้าเป็นผลิตภัณฑ์ในการอบแห้ง โดยมีความชื้นหลังการอบ 13.7 % (wb) จากการทดลองผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ผู้วิจัยใช้กล้วยน้ำว้า ทดลองที่ขนาด 5 กิโลกรัม จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้ระยะเวลา วันที่ 9 มกราคม 2556 ถึง 1 เมษายน 2556 ในช่วงฤดูหนาว สภาพอากาศค่อนข้างแจ่มใส อาจมีเมฆปกคลุมแต่มีลมอ่อนๆ และอากาศเย็น จากการทดลองพบว่า มีความสามารถในการอบแห้งได้ ซึ่งอากาศที่อบแห้งเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 52.5 องศาเซลเซียส และบรรยากาศภายนอก (กลางแจ้ง)เฉลี่ยเท่ากับ 35.5 องศาเซลเซียส ผลผลิตปริมาณความร้อนได้เท่ากับ 2800 วัตต์ ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเท่ากับร้อยละ 31 สามารถลดความชื้นในผลิตภัณฑ์ลงได้ร้อยละ 62.1 ของน้ำหนัก และในด้านผลิตภัณฑ์ของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ มีความสามารถในการอบแห้งได้ และไม่มีจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการอบแห้ง

ด้านจุดคุ้มทุนเชิงเศรษฐศาสตร์ เป็นการเปรียบเทียบทางด้านการประหยัดพลังงานระหว่างเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์กับเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน โดยที่เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนใช้พลังงานเป็นจำนวนเงิน 13.11 บาทต่อกิโลกรัม และเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ใช้พลังงานเป็นจำนวนเงิน 0.89 บาทต่อกิโลกรัม ที่ความสามารถในการอบ 1,200 กิโลกรัมต่อปี จากผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านการเงิน พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 60,119 บาท ซึ่งเป็นมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดในอนาคต ยังไม่ได้หักเงินลงทุนเริ่มแรกจำนวน 22,500 บาท ซึ่งหากหักด้วยเงินลงทุนแล้ว จะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับ 37,619 บาท อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) เท่ากับร้อยละ 0.5868 = 58 ที่สามารถประหยัดพลังงานลงได้ 14,662.5 บาทต่อปี จากการศึกษาความเป็นไปได้ภายใต้ระยะเวลา 5 ปี มีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน มากกว่า ร้อยละ 20 และมีระยะเวลาการคืนทุนที่ 1.54 ปี แสดงว่าการลงทุนทำเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร มีความเป็นไปได้ในการลงทุน

ด้านการประเมินจากผู้ใช้และผู้บริโภค ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินมาหาค่า IOC คือ ค่าความเที่ยงตรงระหว่างจุดมุ่งหมายในการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร กับ ความคิดเห็นของผู้ใช้งาน และความพึงพอใจของผู้บริโภค รวมทั้งสิ้น 30 ข้อ เมื่อได้ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจึงมาคำนวณหาค่า IOC เพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามในแบบประเมิน ซึ่งถ้าค่า IOC ≥ 0.5 แสดงว่าข้อสอบนั้นวัดจุดประสงค์ที่ระบุไว้จริง โดยพบว่า ด้านการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ ผ่านเกณฑ์และอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.62 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1 ด้านความปลอดภัยของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ผ่านเกณฑ์และอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.59 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1.09 ด้านการบำรุงรักษาของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ ผ่านเกณฑ์และอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.35 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.51 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1.34 ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ผ่านเกณฑ์และอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.45 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.6 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1.69 ด้านความคุ้มค่าในการลงทุนของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ ผ่านเกณฑ์และอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.35 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.6 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1.23 ด้านความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับ ผลิตภัณฑ์จาก เครื่องอบแห้ง พลังงานรังสีอาทิตย์ ผ่านเกณฑ์และอยู่ในเกณฑ์ที่ดี มาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.73 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.22 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 0.57

อภิปรายผล

จากการวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ อาทิตย์แบบจานรวมรังสีใน กระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ผู้วิจัยตั้งจุดมุ่งหมายไว้ คือ (1) เพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้ง พลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี ที่มีสมรรถนะในการให้ความร้อนในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการ เกษตร (2) เพื่อหาประสิทธิภาพการอบแห้งโดยใช้แผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีระบบติดตามดวง อาทิตย์ (3) เพื่อลดต้นทุนการผลิตและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากการทดลองสามารถอภิปราย ผลได้ดังนี้

การวิจัยครั้งนี้เป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรพัฒนาวิธีการถนอมอาหารและสร้างมูลค่าเพิ่มในการ แปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ซึ่งแนวคิดในการออกแบบและสร้างแบ่งออกเป็น 5 ส่วนคือ ส่วนจาน รวมรังสีอาทิตย์ ส่วนชุดท่อรับความร้อน ส่วนเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ส่วนพัดลมระบายความร้อน และส่วนตู้อบแห้ง โดยส่วนจานรวมรังสีอาทิตย์เป็นการรวมรังสีถึง 3 มิติ เพื่อให้รับรังสีได้ทุกด้าน จะได้ อุณหภูมิที่สูง (ในขนาดพื้นที่รับรังสีที่เท่ากัน) สอดคล้องกับการลดพื้นที่ที่เกิดการสูญเสียความร้อนจะทำให้ การถ่ายเทความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นในตัวดูดกลืนที่มีขนาดเล็กจะมีการสูญเสียความร้อนที่น้อย กว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวเก็บรังสีแบบแผ่นราบที่อุณหภูมิเดียวกัน (จงจิตร หิรัญลาภ. 2541 : 144) ส่วนชุดท่อรับ ความร้อน ส่วนเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ส่วนพัดลมระบายความร้อน และส่วนตู้อบ แห้ง ซึ่งสอดคล้องกับการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เมื่อรู้อัตราการไหล และอุณหภูมิของของ ไหลที่จะเข้าและออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สามารถกำหนดขนาดของส่วนต่างๆ ของเครื่อง แลกเปลี่ยนความร้อนได้ เช่น ขนาดท่อ ความยาวของท่อที่ใช้ ระยะวางท่อ และลักษณะการวางท่อ เป็น ต้น การออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ยังต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องขึ้น ค่าใช้จ่าย ในการเดินเครื่อง ซึ่งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ได้รับการออกแบบอย่างถูกต้อง จะมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำ ที่สุด (นักสิทธิ์ คุ้มพัฒนาชัย : 2532: 425)

ระบบตู้อบแห้ง มีขนาด ความกว้าง 80 เซนติเมตร ความยาว 80 เซนติเมตร และสูง 165 เซนติเมตร สำหรับบรรจุกล้วยอบม้วนที่มีน้ำหนักประมาณ 5 กิโลกรัม ซึ่งแบ่งเป็น 4 ชั้น และคิดเป็น ปริมาตรรวมไม่เกิน 3 ลูกบาศก์เมตร ติดตั้งชุดพัดลมพาความร้อน โดยบังคับทิศทางของลมเอาไว้ เพื่อ ระบายความชื้นของวัตถุดิบที่เท่ากันทุกภาค เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (หม้อน้ำขนาด 0.31ตาราง เมตร) วัสดุตู้ ผนังของตู้อบแห้ง ทำจากกระเบื้องแผ่นเรียบหนา 6 มิลลิเมตร ด้านบนติดตั้งแผงโซล่า เซลล์ ขนาด 40 วัตต์ ด้านล่างบริเวณใต้ตู้อบแห้งนั้น จะติดตั้งแบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ มีตัวแปลง

ไฟฟ้าจาก 12 โวลต์ เป็น 220 โวลต์ และตัวแปลงไฟฟ้าจาก 220 โวลต์ เป็น 24 โวลต์ เพื่อใช้พัดลมพาความร้อน ที่ขนาด 24 โวลต์ และ 12 โวลต์

ผลของการอบแห้ง มีความสามารถในการอบแห้งได้ โดยใช้วัตต์ดูบในอบแห้งคือ กัด้วยน้ำว่าสุกหอม (เปลือกน้มน้, ความหนา 3-4 ม.ม.) จำนวน 5 kg โดยอบแห้งที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ตั้งแต่ 10.30-16.30 น. ที่ห้องฟ้าแจ่มใสตลอดวัน และน้ำหนักสุดท้ายซึ่งได้ 1.8 kg ลักษณะความชื้น ตรงตามห้องตลาด สี ความสะอาด เนื้อสัมผัส ขนาด และการบรรจุภัณฑ์นำรับประทาน เปอร์เซ็นต์ของเสียที่ 5.7 % ในด้านตัวเครื่องอบแห้งนั้นอากาศที่อบแห้งเฉลี่ยอยู่ที่ 51.5 - 53.57 °C ที่อุณหภูมิบรรยากาศกลางแจ้ง 35 °C ซึ่งเพียงพอกับการอบแห้งกล้วยอบม้วนจำนวน 5 kg และถ้าสภาวะอากาศไม่แจ่มใสก็ไม่สามารถอบแห้งได้ เพราะกล้วยจะมีลักษณะเป็นสีดำ คล้ำ เกิดเชื้อรา จะไม่เหมาะทำในเชิงพาณิชย์ได้ และไม่สามารถบริโภคได้ ฉะนั้นในการอบแห้งจึงต้องมีห้องฟ้าแจ่มใสตลอดวัน หรืออากาศที่ใช้ในการอบแห้งมีอุณหภูมิ 50°C ขึ้นไปเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง แต่ถ้าต้องการอบแห้งจนได้ความชื้นที่ 13.7 % (wb) (เสรี วงษ์พิเชษฐ และ สพรพรรณ ยั่งยืน . การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์เครื่องอบแบบอินฟาเรดสำหรับกล้วยอบม้วน.2548) ต้องเพิ่มระยะเวลาเป็น 7-8 ชั่วโมง สามารถบริโภคได้ แต่ทำในเชิงพาณิชย์ ยังไม่เป็นที่นิยมของตลาด เพราะผลิตภัณฑ์แห้งมากเกินไป

ผลการประเมินจากผู้ใช้งานจำนวน 5 ท่าน สรุปได้ว่า ผลการประเมิน (1) ด้านการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ อยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยที่ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ ค่าเฉลี่ย 4.3.ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.59 และค่าที่ 1.02 ในด้านการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์พบว่าข้อที่มีคะแนนสูงสุด คือ การใช้งานง่าย ขั้นตอนการทำงานไม่ซับซ้อน ไม่มีมลภาวะจากเชื้อเพลิงที่เป็นผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม กระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์มีความสะอาด ปราศจากการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและแมลง และสามารถช่วยในการถนอมอาหารและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 0.97 และข้อที่มีคะแนนต่ำสุด คือ การติดตั้งไม่ซับซ้อน สามารถเคลื่อนย้ายสะดวก สามารถผลิตความร้อนได้ในอุณหภูมิที่ต้องการ สามารถใช้ในการกระบวนการผลิตเชิงธุรกิจได้ เนื่องจาก การติดตั้งนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วนจึงทำให้เคลื่อนย้ายไม่สะดวก และยังคงมีการพัฒนาการวางแผนสแตนด์เลสใหม่ให้มีการรวมรังสีให้เป็นจุดเล็กที่สุดและลดอัตราการไหลของน้ำให้น้อยที่สุด เพื่อได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ (2) ด้านความปลอดภัยของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ พบว่าข้อที่มีคะแนนสูงสุด คือ โครงสร้างของวัสดุมีความมั่นคงแข็งแรง และขั้นตอนการทำงานปราศจากอันตรายต่อ

ผู้ปฏิบัติงาน ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1.73 ในด้านความปลอดภัยของเครื่องอบแห้ง จะไม่มีอันตรายต่อผู้ที่ใช้งาน เพราะแหล่งพลังงานมาจากพลังงานรังสีอาทิตย์ อีกทั้งการใช้ไฟฟ้าของบิ๊มน้ำจะแยกกันระหว่างบิ๊มน้ำกับมอเตอร์ และข้อที่มีคะแนนต่ำสุดคือ การใช้วัสดุไม่ก่อให้เกิดสารพิษต่อผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากวัสดุที่ใช้ค้ำนั่งถึง ราคาถูก และหาซื้อได้ง่าย และมีประสิทธิภาพสูงสุด (3) ด้านการบำรุงรักษาของเครื่องอบแห้งรังสีอาทิตย์ พบว่าข้อที่มีคะแนนสูงสุด คือ สามารถตรวจสอบชิ้นส่วนที่เสียหายได้ด้วยสายตา ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือตรวจสอบที่มีราคาสูง ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.75 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.5 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 3 ซึ่งเป็นข้อดีต่อการตรวจสอบและบำรุงรักษา โดยที่ไม่ต้องหยุดดำเนินการและ ตรวจสอบได้ด้วยตนเอง และข้อที่มีคะแนนต่ำสุดคือ อะไหล่ชิ้นส่วนของวัสดุซ่อมแซมมีราคาถูก เนื่องจากผู้วิจัยค้ำนั่งถึง ราคาถูก และหาซื้อได้ง่าย และมีประสิทธิภาพสูงสุด (4) ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์พบว่าข้อที่มีคะแนนสูงสุด คือ รสชาติของผลิตภัณฑ์ไม่ เปลี่ยนแปลงจากรสชาติเดิมแบบธรรมชาติ ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.75 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.5 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 3 และข้อที่มีคะแนนต่ำสุดคือ สีของผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลงจากรสธรรมชาติ เนื่องจาก ผู้ใช้งานประกอบอาชีพด้านการอบแห้งแบบเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ใช้แก๊ส LPG จึงไม่มั่นใจเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ (5) ด้านความคุ้มค่าในการลงทุนของเครื่องอบแห้งรังสีอาทิตย์พบว่าข้อที่มีคะแนนสูงสุด คือ สามารถประหยัดพลังงานในกระบวนการอบแห้ง มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเหมาะสม มีระยะเวลาในการคืนทุนอย่างรวดเร็ว มาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1.73 และข้อที่มีคะแนนต่ำสุดคือ ลดต้นทุนการผลิตและช่วยให้ได้รับผลกำไรมากขึ้น เนื่องจากความสามารถในการอบแห้งได้ครั้งละ 5 กิโลกรัม

ผลการประเมินผู้บริโภคจำนวน 7 ท่านสรุปได้ว่า ด้านความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ พบว่าข้อคะแนนสูงสุดคือ กลิ่นของผลิตภัณฑ์มีความหอมตามธรรมชาติ ปราศจากกลิ่นไม่พึงประสงค์ ท่านมีความภาคภูมิใจจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแนวคิดในการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม และท่านมีความต้องการในการซื้อผลิตภัณฑ์นี้เพื่อการบริโภคอีกในโอกาสต่อไปอย่างแน่นอน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.86 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.14 และค่าทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 0.15 และข้อที่มีคะแนนต่ำสุดคือ ท่านมีความมั่นใจในคุณภาพของ

ผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตเพื่อจำหน่ายในท้องตลาดได้ เนื่องจากความสามารถในการอบแห้งอยู่ที่ 5 กิโลกรัม

ข้อเสนอแนะ

จากการสังเกตขณะทำการทดลอง เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยใช้ระยะเวลา ของวันที่ 9 มกราคม 2556 ถึง 1 เมษายน 2556 ทดลองที่ขนาด 5 kg ได้พบสิ่งที่ควรปรับปรุงดังต่อไปนี้

1. การเลือกแผ่นสแตนเลส ควรเลือกเกรด 304 No.8 (mirror finish) เพื่อสะท้อนรังสีได้ดียิ่งขึ้น
2. จานรวมรังสีอาทิตย์ควรออกแบบให้ปรับมุมได้เองโดยอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น
3. ควรติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่บริเวณตู้อบแห้ง เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนออกจากตู้อบแห้ง
4. แผงโซลาร์เซลล์ ควรมีการออกแบบเพิ่มขึ้น 40 วัตต์ เพื่อรองรับการทำงานของปั้มน้ำได้ ซึ่งช่วยลดทุนในด้านพลังงานและสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 1.4 ปี ที่ความสามารถในการอบแห้ง 240 วัน ค่าแก๊ส LPG ลิตรละ 24.82 บาท
5. เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี สามารถทำการตลาดประเภทสินค้าปลอดสารพิษได้

ข้อเสนอแนะเพื่องานวิจัยครั้งต่อไป

จากการทดลองของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ผู้วิจัยได้เสนอแนะเพื่อทำการวิจัยในครั้งต่อไป และได้พบสิ่งที่ต้องวิจัยดังต่อไปนี้

1. ควรเปลี่ยนจุดโฟกัส โดยให้เป็นขดท่อทั้งหมดเพื่อเพิ่มพื้นที่การถ่ายเทความร้อน
2. การพัฒนาของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี ให้ใช้ร่วมกับเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน (LPG)
3. ต้องการพัฒนาขนาดของเครื่องอบแห้งให้เหมาะสมในเชิงธุรกิจมากขึ้น ที่ความสามารถ 30 กิโลกรัม และออกแบบอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส เพื่อลดระยะเวลาในการอบแห้ง
4. ควรออกแบบลมร้อนที่ผ่านวัตถุบให้กลับมาใช้ได้ใหม่ ให้เป็นพลังงานงานความร้อนร่วมอีกทางหนึ่งได้

บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์กระทรวงพลังงาน.(2547). เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. กรุงเทพฯ: บริษัท จีรังซ์ จำกัด
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์กระทรวงพลังงาน.(2554). เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. กรุงเทพฯ: บริษัท จีรังซ์ จำกัด
- กิตติ สถาพรประสาธน์ และ ฉัตรชัย นิยมมล.(2550). การศึกษาตัวรับแสงอาทิตย์แบบวางพาราโบลาติดตั้งอุปกรณ์ติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์. นครนายก: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.ถ่ายเอกสาร
- ขวัญฤทัย อร่ามดิลกรัตน์.(2548). การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับรางรวมแสงแบบรูปประกอบพาราโบลา. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร
- ขวัญชัย ลีเผ่าพันธุ์.(2553). การเก็บกลับคืนทรัพยากรและนำกลับมาใช้ใหม่. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- คมสัน สุคันธวิช และ ทวีวัฒน์ สุภารส.(2549). การวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องรับรังสีอาทิตย์รวมแสงแบบดิสก์. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร
- จงจิตร หริวัณฺณลาภ.(2541). กระบวนการพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี
- จิรัตน์ ธีระวราพฤกษ์.(2552). เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- จุฑามาศ กลิ่นชื่น.(2545). การเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยระบบรวมแสงแบบรูปประกอบพาราโบลา. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร
- ณัฐพล รุ่งประแสง.(2547). การอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานความร้อน. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร
- ธีระศักดิ์ หุดากร.(2552). การศึกษาสมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบแบบร่องรูปตัววี สำหรับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ : นครปฐม บัณฑิตวิทยาลัยศิลปากร. ถ่ายเอกสาร
- นักสิทธิ์ คุ้มพัฒนาชัย. (2532). การถ่ายเทความร้อน. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซนเตอร์ การพิมพ์

- เผชิญ จันทร์สา, บัณฑิต ลิ้มมีโชคชัย และ จำนง สรพิพัฒน์.(2550). การศึกษาเครื่องอบแห้งพลังแสงอาทิตย์ในประเทศไทย: สมรรถนะเชิงพลังงานและแนวทางการส่งเสริม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีปทุม
- เบญจมาศ ศิลาชัย.(2545). กล้วย.พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- พิรพัฒน์ คำเกิด และ นิพนธ์ เกตุจ้อย. (2553). การเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิที่มีผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่ และแบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์. พิษณุโลก : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยนเรศวร. ถ่ายเอกสาร
- พัชรกานต์ บัวนาค.(2546). คุณภาพของกล้วยน้ำว้าอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์และเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดหมุน. เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร
- มานนท์ สังข์กลิ่นหอม.(2548). เครื่องอบแห้งผักและผลไม้โดยวางรวมแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิดร่วมกับกระจกสะท้อนแสงและระบบกักเก็บพลังงานแบบเปลี่ยนเฟส. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร
- ชมภู ยิ้มโต. (2550). การถนอมอาหาร. กรุงเทพฯ : โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์
- ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ.(2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5.กรุงเทพฯ : สุริยาสาส์
- วิไล รังสาดทอง. (2545). เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.(2553). ทิศทางแผนพัฒนา ฉบับที่ 11. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ นายกรัฐมนตรี
- สมเพียร จิรัชย์.(2542). หลักการแปรรูปและการถนอมอาหาร : กาญจนบุรี : สำนักพิมพ์ สถาบันราชภัฏกาญจนบุรี
- สุพัฒน์ ราชณรงค์.(2543). ระบบพลังงานแสงอาทิตย์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
- เสรี วงศ์พิเชษฐ และ สพรรณ ยั่งยืน.(2548). การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์เครื่องอบแบบอินฟราเรดสำหรับกล้วยอบม้วน. ขอนแก่น : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น
- อากาศ เสนิงค์ ณ อยุธา ; สุชาติ แย้มเม่น; และ วัฒนพงษ์ รัชชวีเชียน. (2548). การประเมินค่าพลังงานความร้อนของจานพาราโบลา : พิษณุโลก บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร. ถ่ายเอกสาร
- อนุตร จำลองกุล. (2545). พลังงานหมุนเวียน. กรุงเทพฯ : โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์
- อุษาวดี ตันติวารานุรักษ์.(2543). พลังงานเบื้องต้น. ชลบุรี : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

- K.S. Reddy & N. Sendhil Kumar. (2008). Combined laminar natural convection and surface radiation heat transfer in a modified cavity receiver of solar parabolic dish. Retrieved March 3. 2011. From <http://www.sciencedirect.com>
- Peter D. Jones and Lilil Wang. (2000). Concentration distributions in cylindrical receiver paraboloidal dish concentrator systems. Retrieved March 3. 2011. From <http://www.sciencedirect.com>
- Robert P. Friedman,; J. M. Gordon*^y**^t and Harald Ries. (2002). Compact high-flux two-stage solar collectors based on tailored edge-ray concentrators. Retrieved March 3. 2011. From <http://www.sciencedirect.com>
- Lars Broman and Arne Broman. (1996). Parabolic concentrators approximated by simple surfaces. Retrieved March 3. 2011. From <http://www.sciencedirect.com>
- A.Fernandez-Garcia and Board. (2010). Parabolic-trough solar collectors and their applications. Retrieved March 3. 2011. From <http://www.sciencedirect.com>
- A. Fudholi and Board. (2009). Review of solar dryers for agricultural and marine products. Retrieved March 3. 2011. From <http://www.sciencedirect.com>
- M. Carl J. Reinhold. And a group. (2004). Beam test of a dual radiator Cherenkov detector with aerogel and wavelength-shifting acrylic plastic. Received 23 January 2004 From <http://www.sciencedirect.com>
- Xi Wenhua. (2006). Solar Energy Application Technologies. May 2006. Lanzhou China



ภาคผนวก ก

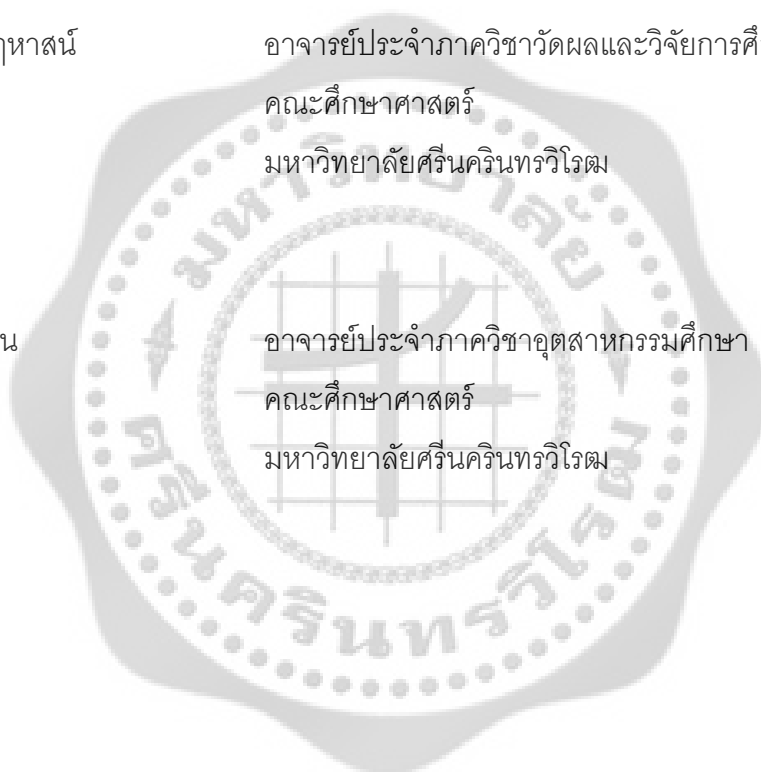
รายชื่อและจดหมายเชิญผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความเที่ยงตรงของแบบสอบถามเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบ
จานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

- 1 ดร. จันทนา กุญชรรัตน์
อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

- 2.ดร.สุวิมล กฤษศยาสน์
อาจารย์ประจำภาควิชาวัดผลและวิจัยการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

- 3.อ.ไอลาส สุขหวาน
อาจารย์ประจำภาควิชาอุตสาหกรรมศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



ที่ ศธ 0519.12/1194



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

4 มีนาคม 2556

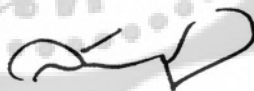
เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อาจารย์ ดร.จันทนา กฤษกรรัตน์

เนื่องด้วย นายหริรักษ์ ควรประดิษฐ์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร” โดยมี อาจารย์ ดร.อัมพร กฤษกรรัตน์ และ รองศาสตราจารย์ธนรัตน์ แต้ววัฒนา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ในกรณีนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินความเที่ยงของแบบสอบถาม

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายหริรักษ์ ควรประดิษฐ์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ



(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0-2649-5064

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 086-762-7830



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร. 5664

ที่ ศธ 0519.12/ 1193 วันที่ 4 มีนาคม 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อาจารย์ ดร.สุวิมล กฤษศยาสา

เนื่องด้วย นายหริรักษ์ ควบประดิษฐ์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญาโท เรื่อง “การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจางรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร” โดยมี อาจารย์ ดร.อัมพร กฤษศยาสา และ รองศาสตราจารย์ธรรณี แต้ววัฒนา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายหริรักษ์ ควบประดิษฐ์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0-2649-5064

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 086-762-7830



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร. 5664

ที่ ศธ 0519.12/ 1195 วันที่ 4 มีนาคม 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อาจารย์โอภาส สุขหวาน

เนื่องด้วย นายหริรักษ์ ควรประดิษฐ์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญาานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจางรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร” โดยมี อาจารย์ ดร.อัมพร กฤษชรรัตน์ และ รองศาสตราจารย์ธรรตน์ แต้วัฒนา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ในกรณีนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายหริรักษ์ ควรประดิษฐ์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0-2649-5064

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 086-762-7830



แบบประเมินความเที่ยงตรง
เรื่อง การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้ง
ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

แบบประเมินความเที่ยงตรงตามแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีสำหรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ด้านการออกแบบ ด้านความปลอดภัย ด้านการบำรุงรักษา ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และความคุ้มค่าในการลงทุน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความความเที่ยงตรงว่ามีความถูกต้องเที่ยงตรงและครบถ้วนเพียงใดในการที่จะนำไปใช้เป็นเครื่องมือ ผู้เชี่ยวชาญสามารถแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ เพื่อให้ผู้วิจัยเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขต่อไป

คำชี้แจง

แบบประเมินความเที่ยงตรงระหว่างจุดมุ่งหมายในการ พัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ด้านการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

ส่วนที่ 2 ด้านความปลอดภัยของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

ส่วนที่ 3 ด้านการบำรุงรักษาของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

ส่วนที่ 4 ด้านความคุ้มค่าในการลงทุนของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาประเมินความเที่ยงตรงตามแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีสำหรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ด้านการออกแบบ ด้านความปลอดภัย ด้านการบำรุงรักษา ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และความคุ้มค่าในการลงทุน ตามรายการที่เขียนไว้โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ซึ่งผู้วิจัยจะนำผลของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านมารวมกันคำนวณหาความตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งคำนวณจากความเที่ยงตรงระหว่างประเด็นที่ต้องการวัดกับคำถามที่สร้างขึ้น ดัชนีที่ใช้แสดงค่าความเที่ยงตรง เรียกว่า ดัชนีความเที่ยงตรงระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Item-Objective Congruence Index : IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญจะต้องประเมินด้วยคะแนน 3 ระดับ คือ

- | | |
|----|--|
| +1 | ถ้าแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดจุดประสงค์ที่ระบุไว้จริง |
| 0 | ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดจุดประสงค์ที่ระบุไว้ |
| -1 | ถ้าแน่ใจว่าข้อสอบนั้นไม่ได้วัดจุดประสงค์ที่ระบุไว้ |

ข้อความ	ผู้เชี่ยวชาญ			ΣR	IOC	สรุป
	ท่าน ที่ 1	ท่าน ที่ 2	ท่าน ที่ 3			
ส่วนที่ 1 ด้านการออกแบบเครื่องอบแห้ง พลังงานรังสีอาทิตย์						
1.การติดตั้งไม่ซับซ้อน สามารถเคลื่อนย้ายสะดวก	1	1	1	3	1	ใช้ได้



2. ส่วนประกอบของวัสดุซื้อหาได้ง่ายในท้องตลาด	1	1	1	3	1	ใช้ได้
3. ประหยัดเนื้อที่ ใช้สอย ใช้พื้นที่ในการทำงานน้อย	1	1	1	3	1	ใช้ได้
4. สามารถผลิตความร้อนได้ในอุณหภูมิที่ต้องการ	1	1	1	3	1	ใช้ได้
5. การใช้งานง่าย ขั้นตอนการทำงานไม่ซับซ้อน	1	1	1	3	1	ใช้ได้
6. ระยะเวลาในการอบผลิตภัณฑ์เทียบเท่าการใช้เชื้อเพลิงอื่น	1	1	1	3	1	ใช้ได้
7. ไม่มีมลภาวะจากเชื้อเพลิงที่เป็นผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม	1	1	1	3	1	ใช้ได้
8. กระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์มีความสะอาด ปราศจากการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและแมลง	1	1	1	3	1	ใช้ได้
9. สามารถช่วยในการถนอมอาหาร และเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร	1	0	1	2	0.66	ใช้ได้
10. สามารถใช้ในกระบวนการผลิตเชิงธุรกิจได้	1	0	1	2	0.66	ใช้ได้
ส่วนที่ 2 ด้านความปลอดภัยของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์						
1. โครงสร้างของวัสดุมีความมั่นคงแข็งแรง	1	1	1	3	1	ใช้ได้
2. ขั้นตอนการทำงานปราศจากอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน	1	1	1	3	1	ใช้ได้
3. การใช้วัสดุไม่ก่อให้เกิดสารพิษต่อผลิตภัณฑ์อาหาร	1	1	1	3	1	ใช้ได้
4. มีวัสดุป้องกันอันตรายจากความร้อนต่อผู้ใช้งาน	1	1	1	3	1	ใช้ได้
5. มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้า	1	0	1	2	0.66	ใช้ได้

ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ			ΣR	IOC	สรุป
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3			
ส่วนที่ 3 ด้านการบำรุงรักษาของเครื่องอบแห้งรังสีอาทิตย์						

1. ชิ้นส่วนวัสดุมีความแข็งแรงทนทานชำรุดสึกหรอน้อย ประหยัดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง	1	1	1	3	1	ใช้ได้
2. สามารถตรวจสอบชิ้นส่วนที่เสียหายได้ด้วยสายตา ไม่ จำเป็นต้องใช้เครื่องมือตรวจสอบที่มีราคาสูง	1	1	1	3	1	ใช้ได้
3. วัสดุซ่อมแซมสามารถหาซื้ออะไหล่ทดแทนได้ง่ายใน ประเทศ	1	1	1	3	1	ใช้ได้
4. อะไหล่ชิ้นส่วนของวัสดุซ่อมแซมมีราคาถูก	1	1	1	3	1	ใช้ได้
5. สามารถขีดล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ได้ทุกชิ้นส่วน	1	0	1	2	0.66	ใช้ได้
ส่วนที่ 4 ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์						
1. ความแข็งของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับที่เหมาะสม	1	1	1	3	1	ใช้ได้
2. สีของผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลงจากสีธรรมชาติ	1	1	1	3	1	ใช้ได้
3. กลิ่นของผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลงจากลักษณะเดิมก่อน การอบแห้ง	1	1	1	3	1	ใช้ได้
4. รสชาติของผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลงจากรสชาติเดิมแบบ ธรรมชาติ	1	1	1	3	1	ใช้ได้
5. รูปลักษณะโดยรวมเหมาะสมต่อการบริโภค	1	1	1	3	1	ใช้ได้
ส่วนที่ 5 ด้านความคุ้มค่าในการลงทุน ของเครื่องอบแห้งรังสีอาทิตย์						
1. สามารถประหยัดพลังงานในกระบวนการอบแห้ง	1	1	1	3	1	ใช้ได้
2. ลดต้นทุนการผลิตและช่วยให้ได้รับผลกำไรมากขึ้น	1	1	1	3	1	ใช้ได้
3. มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเหมาะสม (25000)	0	1	1	2	0.66	ใช้ได้
4. มีอายุการใช้งานและคุ้มค่าในการลงทุน (5 ปี)	0	0	1	1	0.33	ใช้ ไม่ได้
5. มีระยะเวลาในการคืนทุนอย่างรวดเร็ว (1.5 ปี)	0	1	1	2	0.66	ใช้ได้

แบบประเมินความเที่ยงตรง

เรื่อง การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจวนรวมรังสีในกระบวนการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

แบบประเมินความเที่ยงตรงตามแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ จากเครื่อง
อบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ แบบจวนรวมรังสี สำหรับ ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ด้านความ คิดเห็นของ

ผู้บริโภคร่วมกับ ผลิตรภัณฑ์จาก เครื่องอบแห้ง พลังงานรังสีอาทิตย์ แบบจานรวมรังสี สำหรับผลิตรภัณฑ์ทางการเกษตร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเที่ยงตรงว่ามีความถูกต้องเที่ยงตรงและครบถ้วนเพียงใดในการที่จะนำไปใช้เป็นเครื่องมือ ผู้เชี่ยวชาญสามารถแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ เพื่อให้ผู้วิจัยเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขต่อไป

คำชี้แจง

แบบประเมินความเที่ยงตรงระหว่างจุดมุ่งหมายในการ พัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตรภัณฑ์ทางการเกษตร ประกอบด้วย 1 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ด้านความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตรภัณฑ์จากเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ แบบจานรวมรังสีสำหรับผลิตรภัณฑ์ทางการเกษตร

ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาประเมินความเที่ยงตรงตามแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค ผลิตรภัณฑ์จากเครื่องอบแห้ง พลังงานรังสีอาทิตย์ แบบจานรวมรังสี สำหรับผลิตรภัณฑ์ทางการเกษตร ด้านความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตรภัณฑ์จากเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีสำหรับผลิตรภัณฑ์ทางการเกษตรตามรายการที่เขียนไว้โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ซึ่งผู้วิจัยจะนำผลของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านมารวมกันคำนวณหาความตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งคำนวณจากความเที่ยงตรงระหว่างประเด็นที่ต้องการวัดกับคำถามที่สร้างขึ้น ดัชนีที่ใช้แสดงค่าความเที่ยงตรง เรียกว่า ดัชนีความเที่ยงตรงระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Item-Objective Congruence Index : IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญจะต้องประเมินด้วยคะแนน 3 ระดับ คือ

- +1 ถ้าแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดจุดประสงค์ที่ระบุไว้จริง
- 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดจุดประสงค์ที่ระบุไว้
- 1 ถ้าแน่ใจว่าข้อสอบนั้นไม่ได้วัดจุดประสงค์ที่ระบุไว้

ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ			ΣR	IOC	สรุป
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3			
ส่วนที่ 1 ด้านความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับ						

ผลิตภัณฑ์จากเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์						
1.รูปลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมเป็นไปตามความต้องการของตลาด	1	1	1	3	1	ใช้ได้
2.การรักษา รสชาติที่ดีของวัตถุดิบตามธรรมชาติไว้ได้	1	1	1	3	1	ใช้ได้
3.กลิ่น ของผลิตภัณฑ์ที่มีความหอมตามธรรมชาติ ปราศจากกลิ่นไม่พึงประสงค์	1	1	1	3	1	ใช้ได้
4.การรักษา สี ของผลิตภัณฑ์ตามธรรมชาติไว้ไม่เปลี่ยนแปลง	1	1	1	3	1	ใช้ได้
5.ผลิตภัณฑ์ที่มีความสะอาด ปราศจากสิ่งปนเปื้อนและแมลงจากกระบวนการผลิต	1	0	1	2	0.66	ใช้ได้
6.ผลิตภัณฑ์มีความแห้งในระดับที่เหมาะสมสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน	1	1	1	3	1	ใช้ได้
7.ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความนุ่มพอดี อร่อย และไม่แข็งกระด้างในการบริโภค	1	1	1	3	1	ใช้ได้
8.ท่านมีความภาคภูมิใจจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแนวคิดในการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม	1	1	1	3	1	ใช้ได้
9.ท่านมีความมั่นใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตเพื่อจำหน่ายในท้องตลาดได้	1	1	1	3	1	ใช้ได้
10.ท่านมีความต้องการในการซื้อผลิตภัณฑ์นี้เพื่อการบริโภคอีกในโอกาสต่อไปอย่างแน่นอน	1	1	1	3	1	ใช้ได้



ภาคผนวก ค
แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์
แบบจานรวมรังสีสำหรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์
แบบจากรวมรังสีสำหรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบประเมินการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจากรวมรังสีสำหรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

วัตถุประสงค์ของการประเมิน

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความคิดเห็นของผู้ใช้งาน เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์สำหรับ ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

- ตอนที่ 1. ด้านความคิดเห็นของผู้ใช้งานของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์
- ตอนที่ 2. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ ของผู้ใช้งาน

คำชี้แจง

ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้ใช้เกี่ยวกับความคิดเห็น ของผู้ใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจากรวมรังสี กำหนดค่าคะแนนเป็น 5 ระดับ คือ

- คะแนนระดับ 5 หมายถึง ผลการประเมินระดับ ดีมาก
- คะแนนระดับ 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี
- คะแนนระดับ 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้
- คะแนนระดับ 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับควรปรับปรุง
- คะแนนระดับ 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

กรุณาทำเครื่องหมาย \surd (ถูก) ตามความคิดเห็นของท่านลงในช่องระดับความคิดเห็น

ตอนที่ 1. ด้านความคิดเห็นของผู้ใช้งานของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

ลำดับ ที่	รายละเอียด	ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้อง ปรับปรุง	ใช้ ไม่ได้
1. ด้านการออกแบบ						
1.	การติดตั้งไม่ซับซ้อน สามารถเคลื่อนย้ายสะดวก					
2.	ส่วนประกอบของวัสดุซื้อหาได้ง่ายในท้องตลาด					
3.	ประหยัดเนื้อที่ใช้สอย ใช้พื้นที่ในการทำงานน้อย					
4.	สามารถผลิตความร้อนได้ในอุณหภูมิที่ต้องการ					
5.	การใช้งานง่าย ขั้นตอนการทำงานไม่ซับซ้อน					
6.	ระยะเวลาในการอบผลิตภัณฑ์เทียบเท่าการใช้ เชื้อเพลิงอื่น					
7.	ไม่มีมลภาวะจากเชื้อเพลิงที่เป็นผลกระทบต่อ สภาพแวดล้อม					
8.	กระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์มีความสะอาด ปราศจากการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและแมลง					
9.	สามารถช่วยในการถนอมอาหารและเพิ่มมูลค่า ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร					
10.	สามารถใช้ในการกระบวนการผลิตเชิงธุรกิจได้					
2. ด้านความปลอดภัย						
1.	โครงสร้างของวัสดุมีความมั่นคงแข็งแรง					
2.	ขั้นตอนการทำงานปราศจากอันตรายต่อผู้ ปฏิบัติงาน					
3.	การใช้วัสดุไม่ก่อให้เกิดสารพิษต่อผลิตภัณฑ์อาหาร					
4.	มีวัสดุป้องกันอันตรายจากความร้อนต่อผู้ใช้งาน					
5.	มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้า					
3. ด้านการบำรุงรักษา						
1.	ชิ้นส่วนวัสดุมีความแข็งแรงทนทานชำรุดสึกหรอน้อย ประหยัดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง					
2.	สามารถตรวจสอบชิ้นส่วนที่เสียหายได้ด้วยสายตา ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือตรวจสอบที่มีราคาสูง					
3.	วัสดุซ่อมแซมสามารถหาซื้ออะไหล่ทดแทนได้ง่ายใน ประเทศ					
4.	อะไหล่ชิ้นส่วนของวัสดุซ่อมแซมมีราคาถูก					
5.	สามารถเข็ดหลั่งทำความสะอาดอุปกรณ์ได้ทุก ชิ้นส่วน					

ลำดับ ที่	รายละเอียด	ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้อง ปรับปรุง	ใช้ ไม่ได้
4 ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์						
1.	ความแข็งของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับที่เหมาะสม					
2.	สีของผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลงจากสีธรรมชาติ					
3.	กลิ่นของผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลงจากลักษณะเดิมก่อนการอบแห้ง					
4.	รสชาติของผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลงจากรสชาติเดิมแบบธรรมชาติ					
5.	รูปลักษณะโดยรวมเหมาะสมต่อการบริโภค					
5. ด้านความคุ้มค่าในการลงทุน						
1.	สามารถประหยัดพลังงานในกระบวนการอบแห้ง					
2.	ลดต้นทุนการผลิตและช่วยให้ได้รับผลกำไรมากขึ้น					
3.	มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเหมาะสม					
4.	มีอายุการใช้งานและคุ้มค่าในการลงทุน					
5.	มีระยะเวลาในการคืนทุนอย่างรวดเร็ว					

ตอนที่ 2. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ ของผู้ใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

อาชีพ.....

ประเมินเมื่อวันที่.....เดือน.....พ.ศ.....



ภาคผนวก ง

แบบประเมินด้านความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์
จากเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี
สำหรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

**แบบประเมินด้านความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์
จากเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีสำหรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร**

แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบประเมินการแสดงความคิดเห็นด้านความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์จากเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี

วัตถุประสงค์ของการประเมิน

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความคิดเห็นด้านความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์จากเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ แบบจานรวมรังสี แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

- ตอนที่ 1. ด้านความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ แบบจานรวมรังสี
- ตอนที่ 2. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ ของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์

คำชี้แจง

ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้ใช้เกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์จากเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี กำหนดค่าคะแนนเป็น 5 ระดับ คือ

- คะแนนระดับ 5 หมายถึง ผลการประเมินระดับ ดีมาก
- คะแนนระดับ 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี
- คะแนนระดับ 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้
- คะแนนระดับ 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับควรปรับปรุง
- คะแนนระดับ 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

กรุณาทำเครื่องหมาย \surd (ถูก) ตามความคิดเห็นของท่านลงในช่องระดับความคิดเห็น

ตอนที่ 1. ด้านความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากเครื่องอบแห้งพลังงานรังสี
อาทิตย์แบบจวนรวมรังสีสำหรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

ลำดับ ที่	รายละเอียด	ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้อง ปรับปรุง	ใช้ ไม่ได้
1.	รูป ลักษณะของผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมเป็นไปตามความต้องการของตลาด					
2.	คงรักษา รส ชาติที่ดีของวัตถุดิบตามธรรมชาติไว้ได้					
3.	กลิ่น ของผลิตภัณฑ์มีความหอมตามธรรมชาติปราศจากกลิ่นไม่พึงประสงค์					
4.	คงรักษา สี ของผลิตภัณฑ์ตามธรรมชาติไว้ไม่เปลี่ยนแปลง					
5.	ผลิตภัณฑ์มีความสะอาด ปราศจากสิ่งปนเปื้อนและแมลงจากกระบวนการผลิต					
6.	ผลิตภัณฑ์มีความแข็งในระดับที่เหมาะสมสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน					
7.	ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความนุ่มพอดี อร่อย และไม่แข็งกระด้างในการบริโภค					
8.	ท่านมีความภาคภูมิใจจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแนวคิดในการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม					
9.	ท่านมีความมั่นใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตเพื่อจำหน่ายในท้องตลาดได้					
10.	ท่านมีความต้องการในการซื้อผลิตภัณฑ์นี้เพื่อการบริโภคอีกในโอกาสต่อไปอย่างแน่นอน					

ตอนที่ 2. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ ของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

อาชีพ.....

ประเมินเมื่อวันที่.....เดือน.....พ.ศ.....



ภาคผนวก จ
คู่มือการใช้งานของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี
ในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร



คู่มือการใช้งาน

เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี



จัดทำโดย

นาย หริรักษ์ ควรประดิษฐ์

สาขาวิชา อุตสาหกรรมศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คำนำ

การใช้งานของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี ในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วนคือ ระบบจานรวมรังสีสำหรับเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนและระบบตู้อบแห้งสำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ในคู่มือการใช้งานของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี ในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร จะอธิบายเกี่ยวกับ องค์ประกอบของเครื่อง หลักการทำงานของเครื่อง ขั้นตอนการใช้งาน และวิธีการบำรุงรักษา

ทางผู้วิจัยหวังว่าคู่มือการใช้งานของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี ในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร จะช่วยให้ผู้ใช้งานเกิดประสิทธิภาพสูงสุด มีความปลอดภัยจากการใช้งาน การดูแลรักษา และเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ



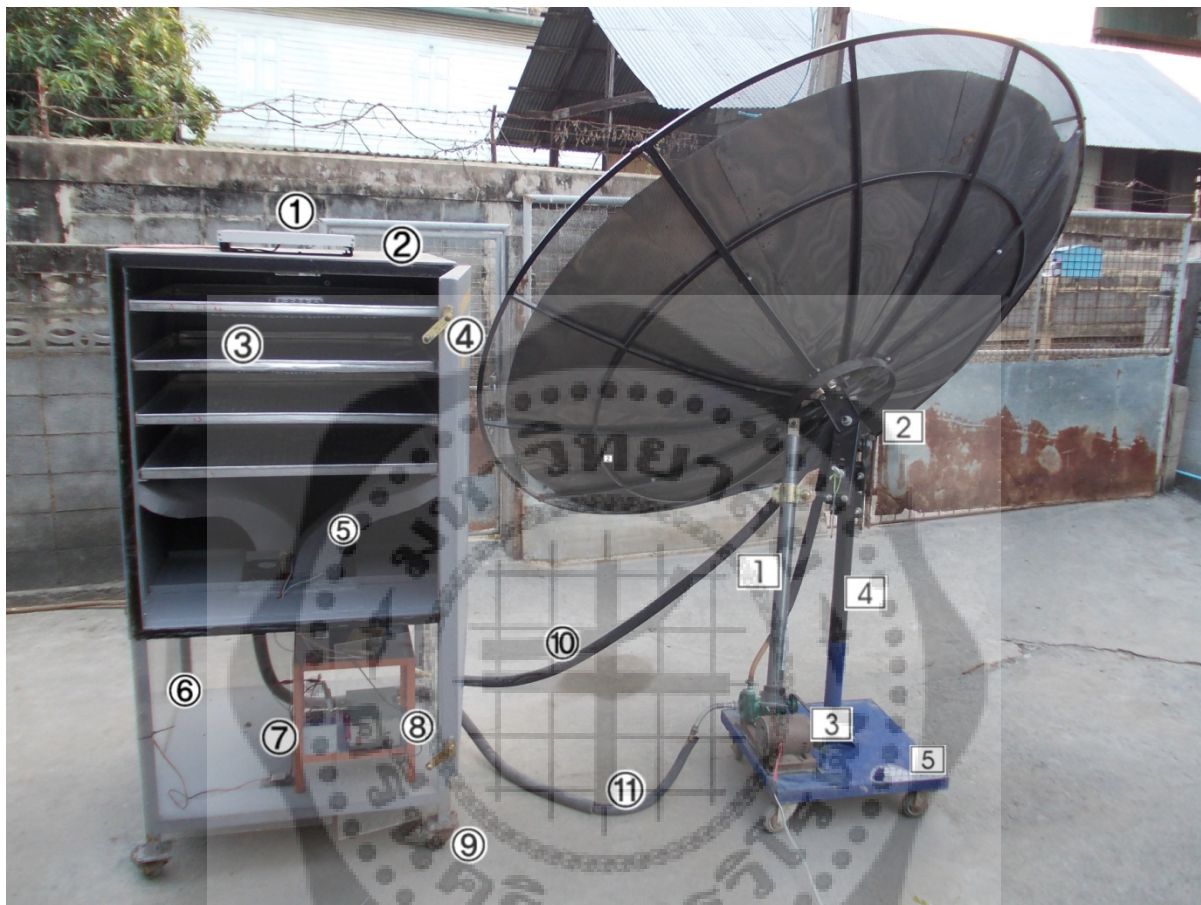
หริรักษ์ ควรประดิษฐ์

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
1.องค์ประกอบของเครื่องอบแห้ง	128
2.หลักการทำงานของเครื่องอบแห้ง	130
3.ขั้นตอนการใช้งาน	131
4.วิธีการบำรุงรักษาเครื่องอบแห้ง	135



1. องค์ประกอบของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี ในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร



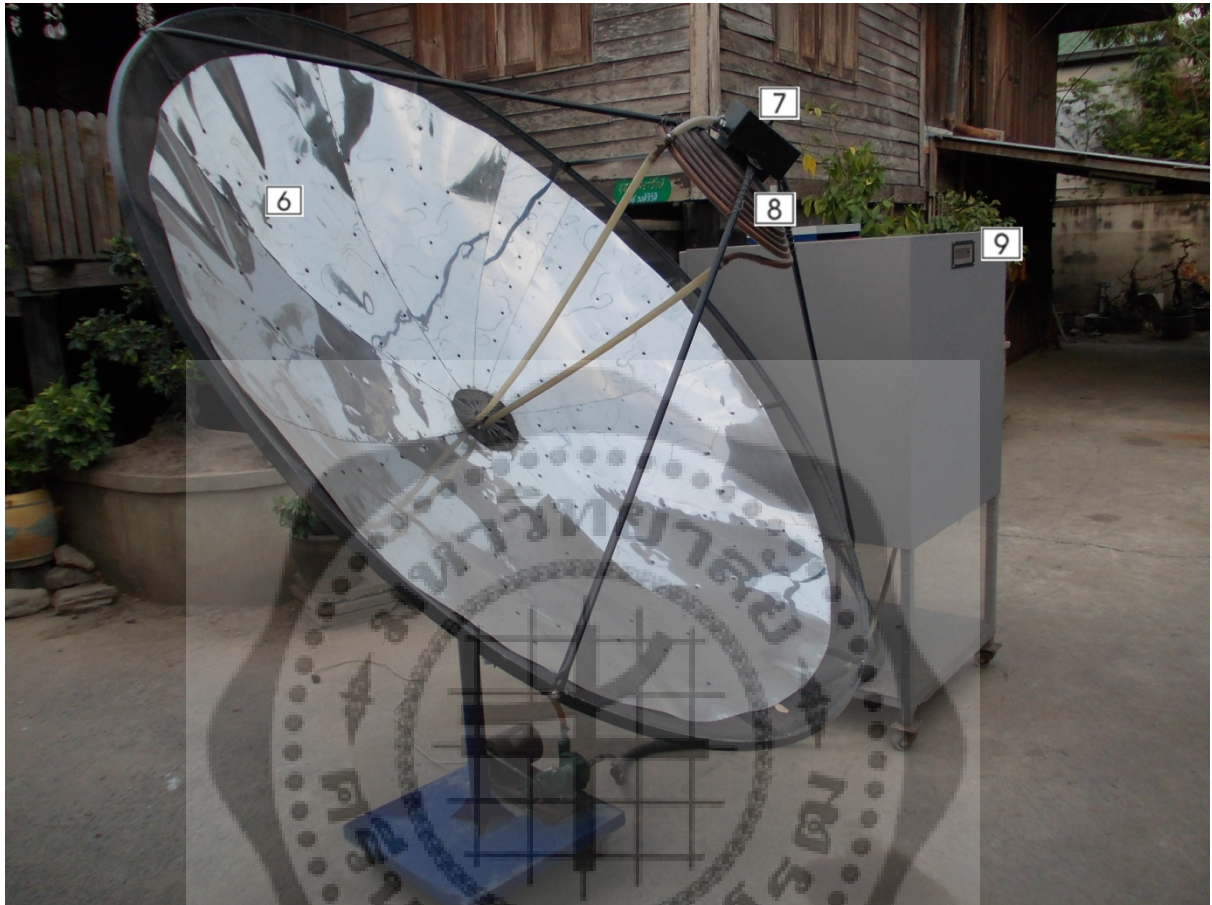
ขอบหมายเลขกลม

1. แผงโซลาร์เซลล์
2. ผนังตู้อบแห้ง ทำด้วยกระเบื้องแผ่นเรียบหนา 6 mm
3. ถาดวางวัตถุดิบ
4. กลอนประตู
5. ช่องทางลมร้อน
6. แผ่นพลาสติกใส
7. แบตเตอรี่
8. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า
9. ลูกล้อ
10. สายน้ำร้อนเข้าหม้อน้ำ

ขอบหมายเลขเหลี่ยม

1. ตัวปรับองศาจานตามดวงอาทิตย์
2. จุดหมุนของจาน
3. มอเตอร์ปั้มน้ำ
4. เสา
5. ฐานจานรวมรังสี

11. สายน้ำอุ่นที่ออกจากหม้อน้ำ



ขอหมายเลขเหลี่ยม

6. แผ่นสะท้อนรังสี

7. จุดโฟกัส

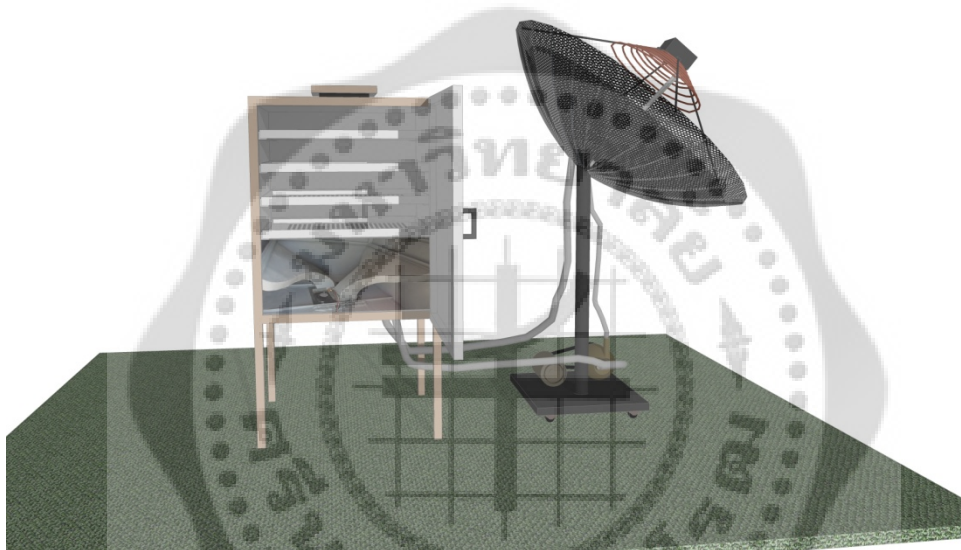
8. ขอต่อ

9. ช่องลมระบายความชื้น

2. หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี ในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

ขั้นตอนการทำงานของของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี ในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร อธิบายได้ดังนี้

2.1 ระบบจานรวมรังสี ทำหน้าที่รังรังสีอาทิตย์และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน โดยในการทำงานต้องปรับจานให้เงาของดวงอาทิตย์อยู่ตรงกลางของจานรวมรังสี และมอเตอร์จะส่งน้ำเข้าชุดท่อและออกจากจุดไฟกั๊ส



ภาพประกอบ 2 แสดงแบบเครื่องอบแห้งอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี
ในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

2.2 ระบบการถ่ายเทความร้อน เมื่อน้ำร้อนที่ออกจากจุดไฟกั๊สก็จะเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (หม้อน้ำ) และมีพัดลมระบายความร้อน เป็นตัวพาความร้อนไปยังวัตถุดิบ

2.3 ระบบตู้อบแห้ง จะมีการติดตั้งพัดลมพาความร้อน โดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นตัวผลิไฟฟ้า ซึ่งทิศทางของอากาศร้อนจะบังคับให้ขึ้นด้านบน ผ่านวัตถุดิบทุกๆภาค

3. ขั้นตอนการใช้งาน

1. เลือกชนิดของกล้วยน้ำว้า



2. ปลอกเปลือกและชั่งน้ำหนักที่ 5 kg



3. นำกล้วยที่ปลอกเปลือกแล้วจำนวน 5 kg
ไปแช่ในน้ำเกลือ นาน 15 นาที



4. นำเครื่องอบแห้งออกมากลางแจ้ง
ก่อนเวลา 9.30 น. และเปิดปั๊มน้ำ



5. เมื่อเปิดปั๊มน้ำเรียบร้อยแล้ว ให้หมุนจานรวมรังสี
ไปทางทิศใต้เอียงรับมุมประมาณ 20 องศา
และปรับจานรวมรังสีให้ตรงกับดวงอาทิตย์ โดย
ให้เงาอยู่ตรงกลางของจานรวมรังสี พร้อมปรับจาน
ตามดวงอาทิตย์ ทุก 15 นาที



6. นำกล้วยที่แช่ในน้ำเกลือแล้วนั้น
ออกมาใส่ภาชนะ



7. เริ่มหนีบกล้วยให้แบนหนามประมาณ 3-5 mm



8. ถ้าหนีบกล้วยแล้วนั้น รูปร่างจะออกมาแบบนี้
ในลักษณะเช่นนี้



9. นำกล้วยที่หนีบแล้ว มาวางเรียงกัน



10. และนำมาเรียงใส่ในตู้อบแห้ง
(ขณะนั้นควรอยู่ที่เวลา 10.30 น.)



11. เริ่มเปิดสวิตช์พัดลม และปรับจานทุก
15-20 นาที



12. ปิดสวิตช์พัดลม ที่เวลา 16.30 น.
และสังเกตกล้วยอบม้วน จะมีลักษณะ
ดังภาพ



13. นำกล้วยที่อบแห้งแล้วนั้น นำมาใส่ภาชนะ
ที่เตรียมไว้ พร้อมบรรจุภัณฑ์ต่อไป



4. พลังงานรังสีอาทิตย์แบบจรวมรังสีในระบบการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

ในการใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจรวมรังสีในระบบการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร จำเป็นต้องมีการดูแลรักษาที่ถูกต้อง เพื่อให้เครื่องอบแห้งนี้สามารถใช้งานได้ยาวนาน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งเครื่องในที่ลาดเอียง หรือพื้นที่ไม่สม่ำเสมอเพราะเครื่องอบแห้งมีล้อ จึงทำให้เครื่องไหลไป-มาได้

4.2 ไม่ควรใส่วัสดุทับที่มากจนเกินไป เพราะจะทำให้เครื่องใช้เวลาในการอบแห้งนานเกินไป

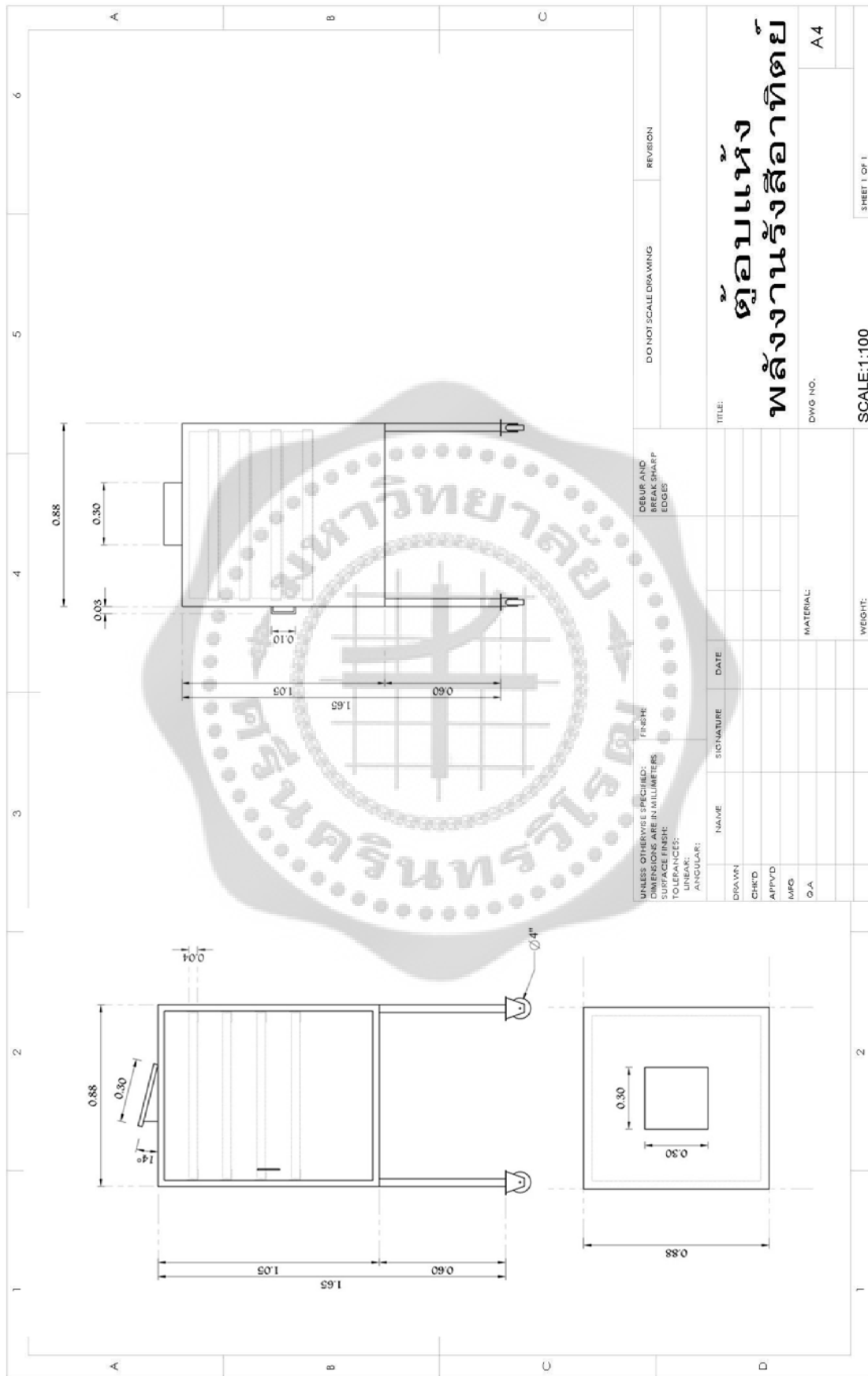
4.3 โครงสร้างของเครื่องมีน้ำหนักสูง จึงจำเป็นต้องระมัดระวังในการเคลื่อนย้าย

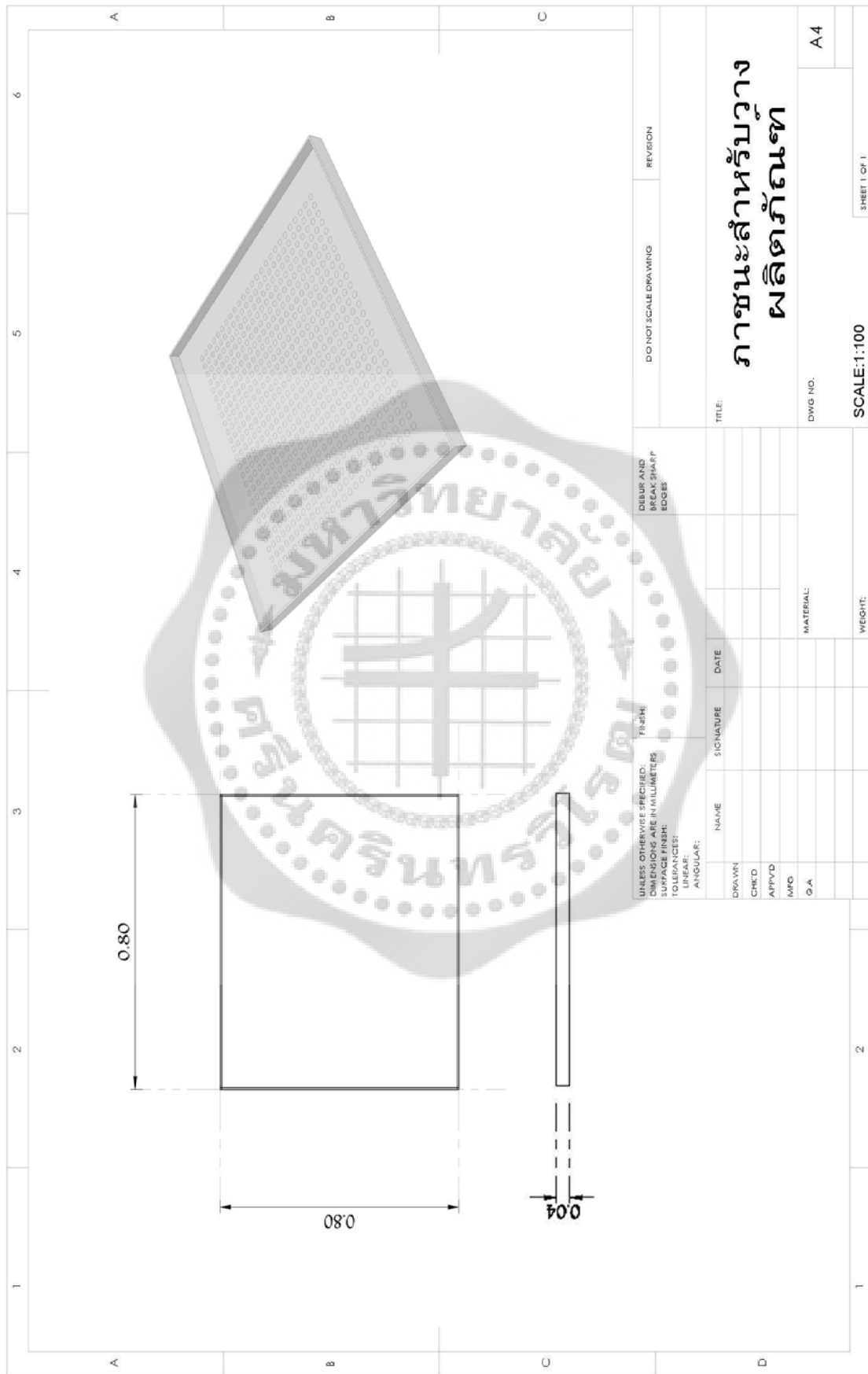
4.4 ควรหมั่นทำความสะอาดจรวมรังสีให้เงาตลอดเวลา เพื่อให้ประสิทธิภาพไม่ลดลง

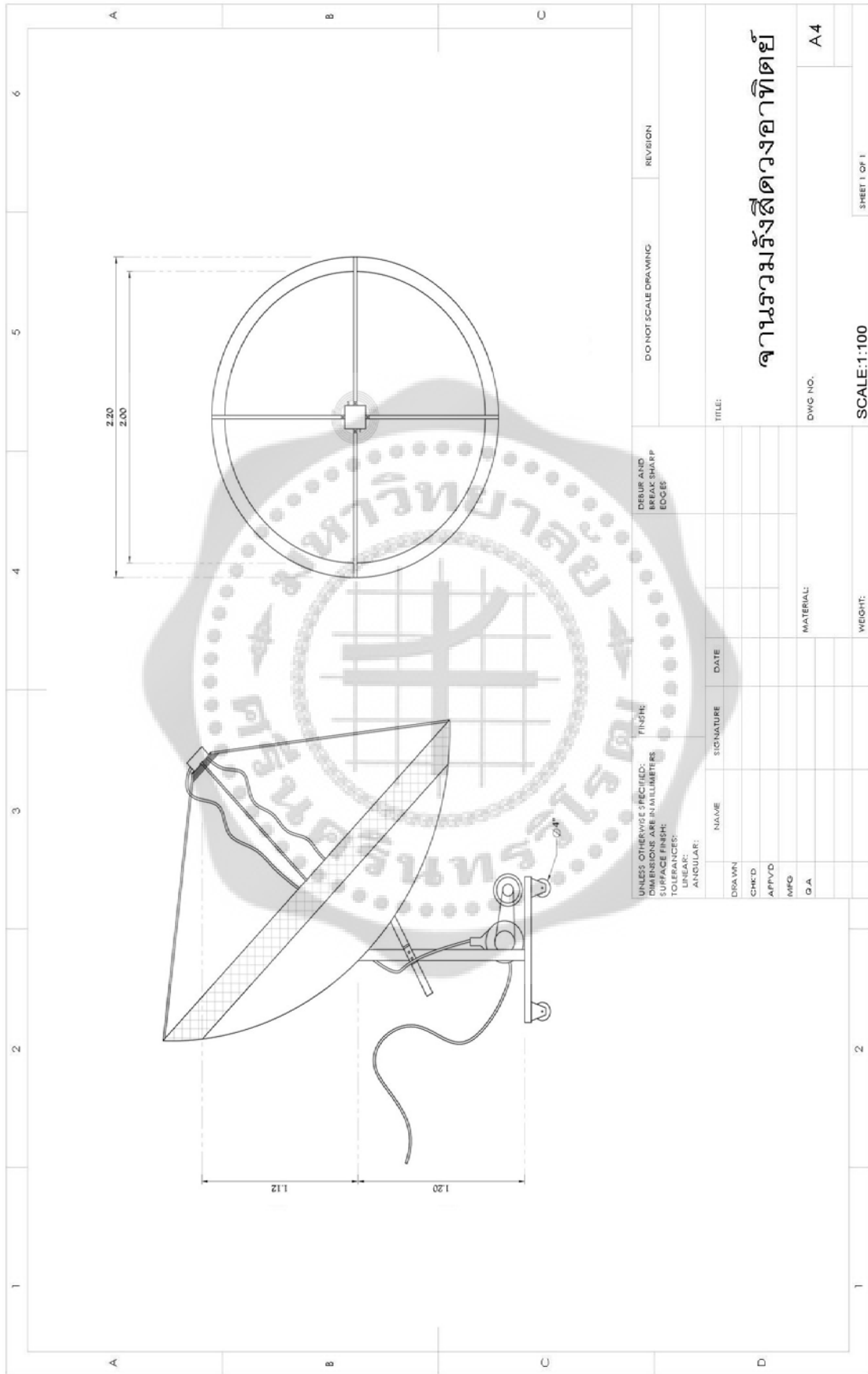
4.5 เมื่อเลิกจากการอบแห้งแล้วนั้น ควรใช้พลาสติก หรือวัสดุที่กันฝนคลุมมอเตอร์ปั้มน้ำ

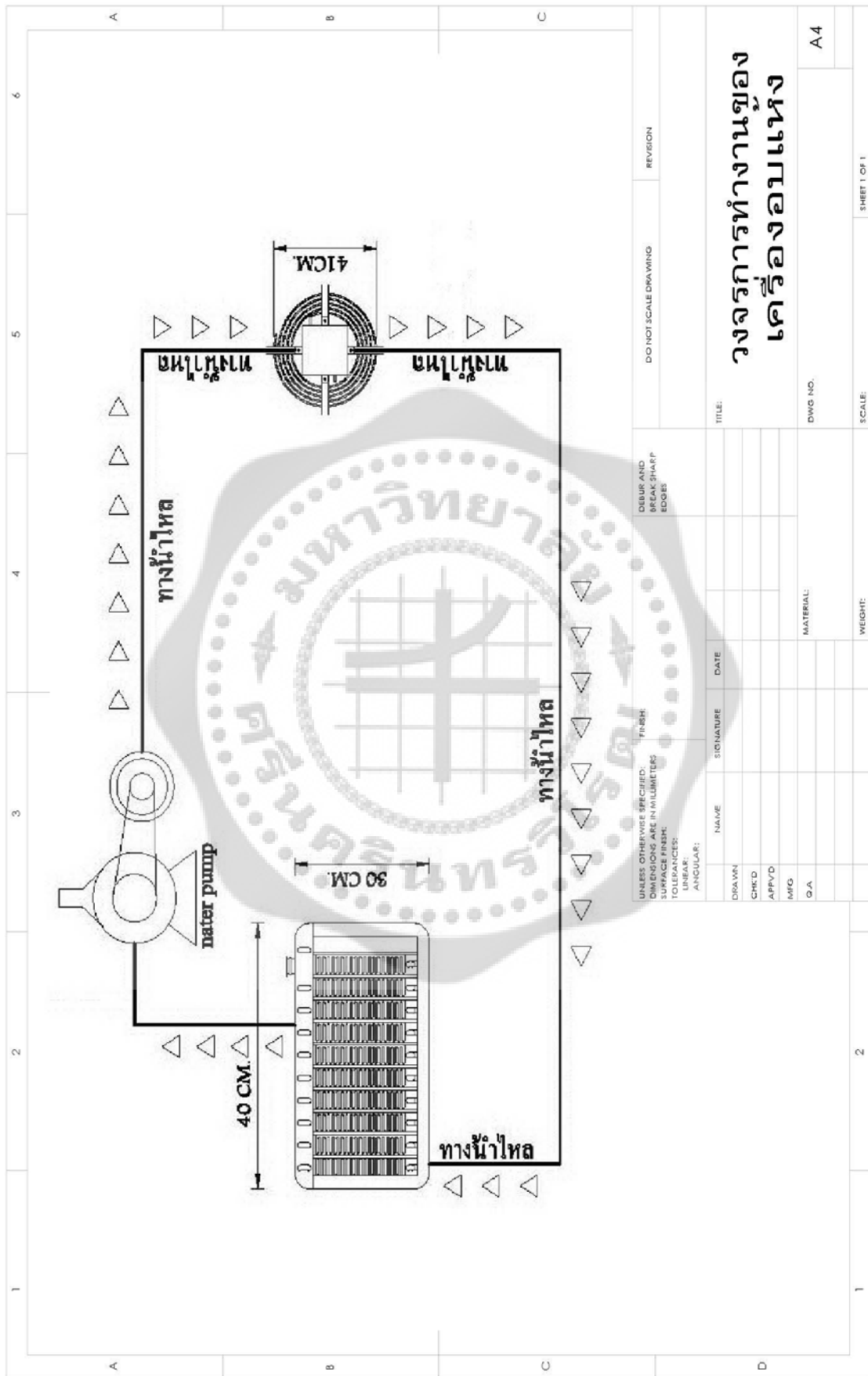




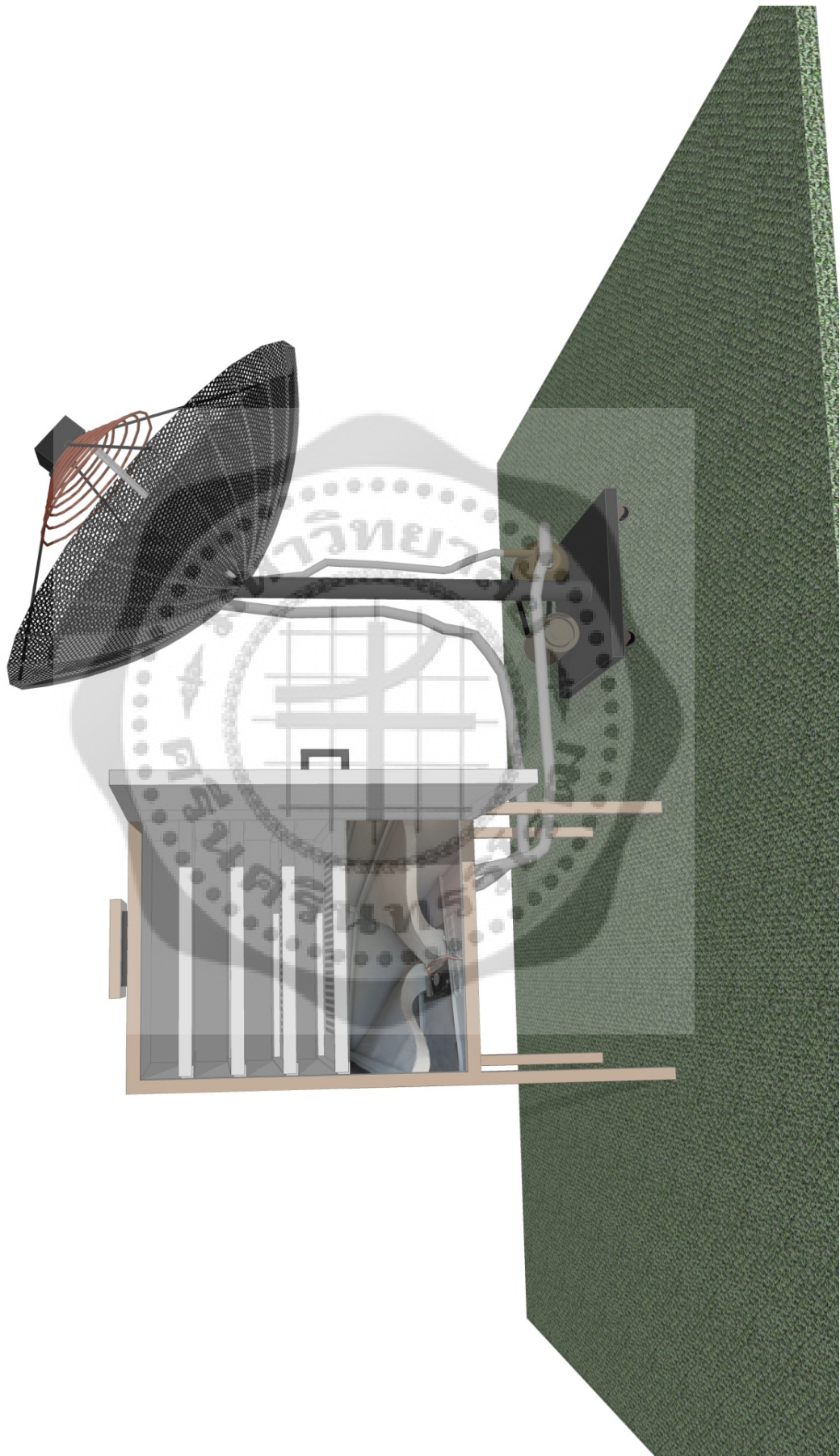


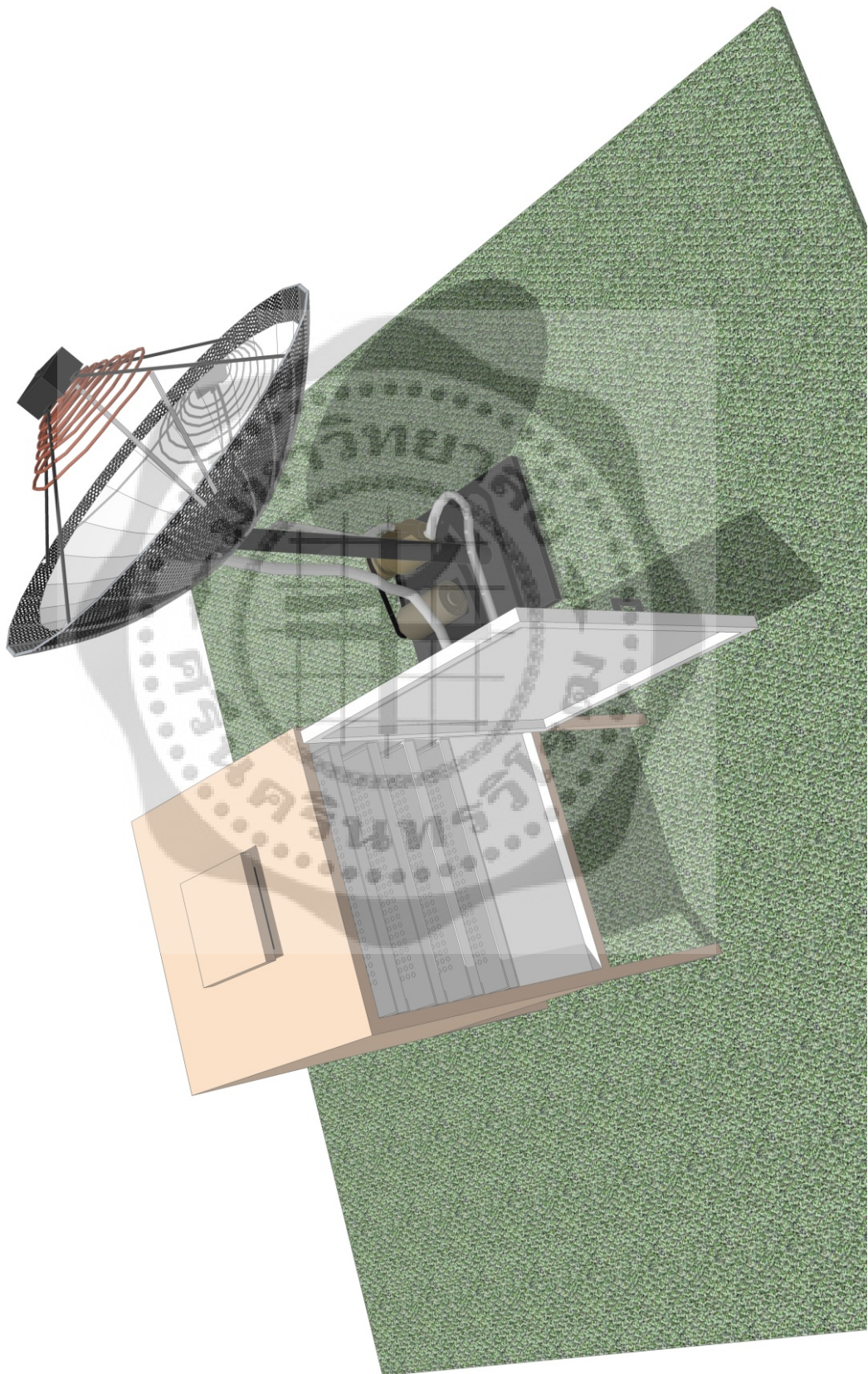


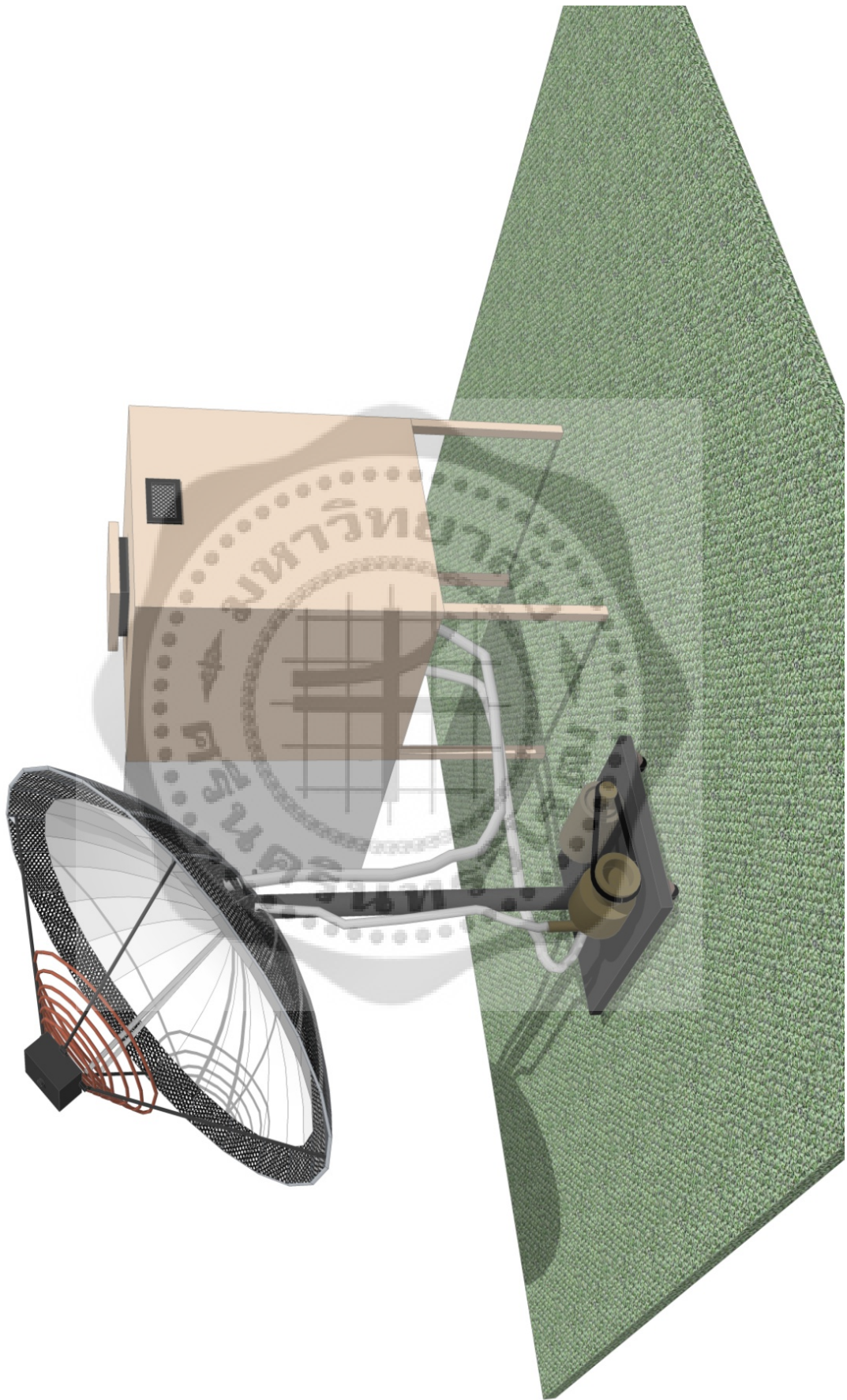




UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		DEBUR AND REMOVE SHARP EDGES		TITLE: วงจรถ่ายทำงานของ เครื่องอบแห้ง	
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE	DWG NO.	A4
CHKD					
APPVD					
MFG					
G.A.					
MATERIAL:			SCALE:	SHEET 1 OF 1	
WEIGHT:					









ภาคผนวก ช
ผลการทดลองของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี
ในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

แบบบันทึกการทดลอง ครั้งที่ 1

เรื่อง การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์

ทางการเกษตร

วันที่ทำการทดลอง.....9/1/56.....**เวลา**...10 : 30. น...ถึง...16 : 30...น. (6 ชั่วโมง)

วัตถุดิบที่ใช้ทดลอง.....กล้วยน้ำว้าสุก (**เปลือกแข็ง**)..จำนวน.....5.....kg

วัตถุประสงค์ในการทดลอง

1. เพื่อพัฒนาแผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีที่มีสมรรถนะในการให้ความร้อนในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร
2. เพื่อหาประสิทธิภาพการอบแห้งโดยใช้แผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีระบบติดตามดวงอาทิตย์
3. เพื่อลดต้นทุนการผลิตและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

อุปกรณ์การทดลอง

1. เทอร์โมมิเตอร์ วัดอุณหภูมิ
2. มัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้า
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก

ข้อกำหนดก่อนการทดลอง

1. นำวัตถุดิบ (กล้วยน้ำว้า) ที่เปลือกเปลือกแล้ว จำนวน 5 kg นำมาวัดให้เป็นแผ่น หนาประมาณ 3 mm และนำมาวางเรียงกันบนถาด
2. นำเครื่องอบแห้งออกมาตั้งไว้ที่กลางแจ้ง โดยหันหน้าของจานรวมรังสีอาทิตย์ไปทางทิศใต้ และทำการเติมน้ำทรงบริเวณจุดรวมรังสีอาทิตย์ (จุดโฟกัส) ที่เวลาประมาณ 9.30 น
3. เริ่มเปิดสวิตช์ปั้มน้ำ (เวลาประมาณ 9.30 น) จากนั้นรอจนกว่าอุณหภูมิบริเวณจุดโฟกัสอยู่ที่ 65-70 °C
4. เมื่ออุณหภูมิของจุดโฟกัสอยู่ที่ประมาณ 65-70°C (ซึ่งในขณะนั้นจะอยู่ที่เวลา 10.30-11.00 น.) จึงเริ่มดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนการทดลอง

1. เริ่มทำการเดินเครื่อง โดยให้อุณหภูมิในตู้อบแห้งมีอุณหภูมิอยู่ประมาณ 52-55 °C
2. ตรวจสอบวัตถุดิบเป็นระยะ จนวัตถุดิบนั้นแห้งมีสีเหลืองทอง หรือน้ำหนักของกัล้วยอบม้วนอยู่ที่ 1.8 kg โดยจะใช้ระยะเวลาประมาณ 6.30 ชม.
3. นำวัตถุดิบมาใส่ในภาชนะ และทำความสะอาดในตู้อบแห้ง

วิธีการทดลอง

1. ทดลองวัดอุณหภูมิบริเวณจุดไฟกั๊ส ตามอุณหภูมิที่กำหนด
2. ทดลองวัดอุณหภูมิภายในบริเวณตู้อบแห้ง ตามอุณหภูมิที่กำหนด
3. ทดลองวัดอุณหภูมิบริเวณช่องระบายความร้อนหลังตู้อบแห้ง



ตารางบันทึกผลการทดลองอุณหภูมิของน้ำร้อนบริเวณเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ก่อนเข้าและหลังเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สามารถใช้ใช้สมการ (2 -17)

$$Q_3 = m \cdot c_p (\Delta T)$$

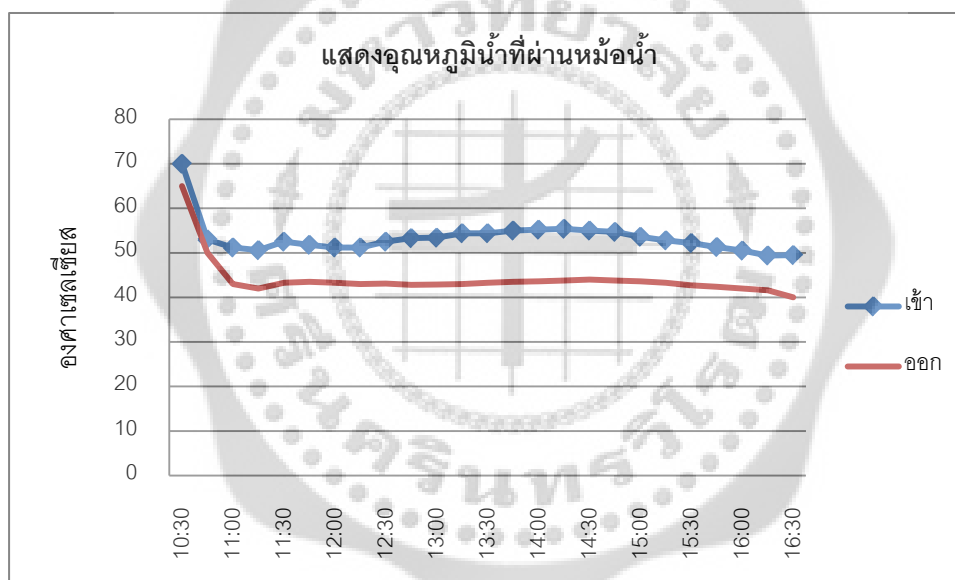
เมื่อ Q คือ พลังงานความร้อนเท่ากับ w c_p คือ ความร้อนจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิเฉลี่ย 4184 J/kg k
 ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิ คือ °C m คือ อัตราการไหลของน้ำ (kg/s) (เป็นค่าคงที่ 0.06 kg/s)

ตารางที่ 12 แสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านหม้อน้ำ

ลำดับที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิน้ำในหม้อน้ำ °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ°C
			เข้า	ออก	
1	10 : 30	1255.2	70	65	5
2	10 : 45	753.12	53	50	3
3	11 : 00	2058.528	51.2	43	8.2
4	11 : 15	2158.944	50.6	42	8.6
5	11 : 30	2309.568	52.5	43.3	9.2
6	11 : 45	2083.632	51.8	43.5	8.3
7	12 : 00	1983.216	51.2	43.3	7.9
8	12 : 15	2058.528	51.2	43	8.2
9	12 : 30	2359.776	52.5	43.1	9.4
10	12 : 45	2635.92	53.3	42.8	10.5
11	13 : 00	2635.92	53.4	42.9	10.5
12	13 : 15	2861.856	54.4	43	11.4
13	13 : 30	2786.544	54.4	43.3	11.1
14	13 : 45	2886.96	55	43.5	11.5
15	14 : 00	2912.064	55.2	43.6	11.6
16	14 : 15	2912.064	55.4	43.8	11.6
17	14 : 30	2761.44	55	44	11
18	14 : 45	2736.336	54.7	43.8	10.9
19	15 : 00	2510.4	53.6	43.6	10
20	15 : 15	2384.88	52.8	43.3	9.5

ลำดับ ที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิน้ำในหม้อน้ำ °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ °C
			เข้า	ออก	
21	15 : 30	2384.88	52.2	42.7	9.5
22	15 : 45	2234.256	51.3	42.4	8.9
23	16 : 00	2133.84	50.5	42	8.5
24	16 15	1958.112	49.4	41.6	7.8
25	16 : 30	2384.88	49.5	40	9.5
เฉลี่ย			52.324	43.6458	

กราฟแสดงอุณหภูมิที่ผ่านหม้อน้ำ



ภาพประกอบที่ 32 แสดงผลของอุณหภูมิของน้ำร้อนบริเวณเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

กราฟแสดงผลการทดลองอุณหภูมิของน้ำร้อนบริเวณเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ก่อนเข้าและหลังเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สามารถใช้ใช้สมการ (2 -17) โดยใช้พลังงานเฉลี่ย 3141.138 วัตต์ต่อชั่วโมง อุณหภูมิทางเข้าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 52.3 °C ที่เวลา 14:00 น.และอุณหภูมิทางออกโดยเฉลี่ย เท่ากับ 43.6 °C ของวันที่ 9 ม.ค. 56

ตารางบันทึกผลการทดลองอุณหภูมิอากาศของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณใต้ตู้อบแห้ง โดยผู้วิจัยคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการพา ระหว่างของไหลและผนังจะต้องใช้สมการสำหรับการพาความร้อน ผู้วิจัยใช้สมการดังต่อไปนี้ (2-12)

$$Q_1 = h_1 A_1 (\Delta T)$$

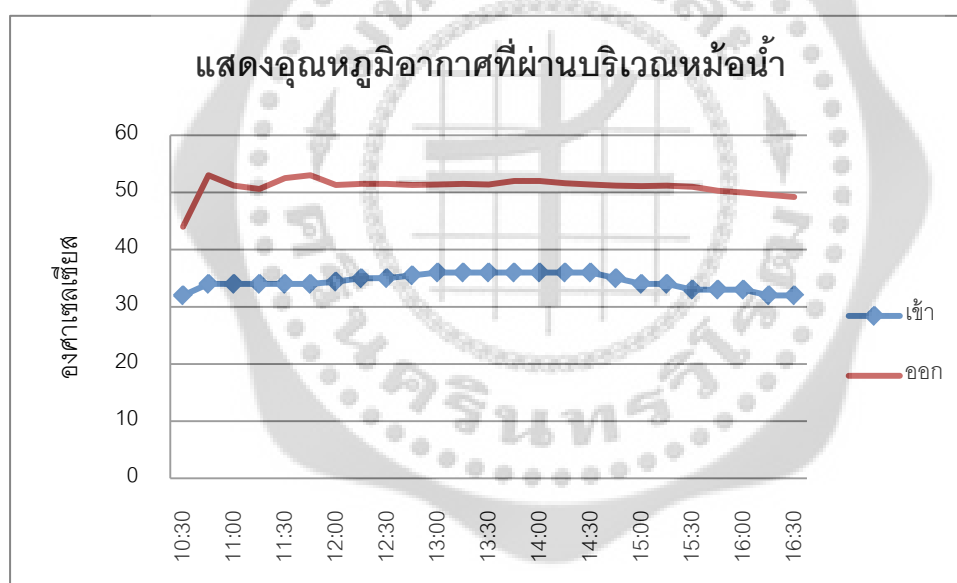
- เมื่อ Q_1 คือ พลังงานที่ใช้ (w)
 A_1 คือ พื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (เป็นค่าคงที่ = 0.31 m^2)
 ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิ (°C)
 h_1 คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (เป็นค่าคงที่ $315.6 \text{ (w / m}^2\text{K)}$)

ตารางที่ 13 แสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านบริเวณหม้อน้ำ

ลำดับที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิอากาศ บริเวณหม้อน้ำ °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ°C
			เข้า	ออก	
1	10 : 30	1174.032	32	44	12
2	10 : 45	1858.884	34	53	19
3	11 : 00	1682.779	34	51.2	17.2
4	11 : 15	1624.078	34	50.6	16.6
5	11 : 30	1809.966	34	52.5	18.5
6	11 : 45	1858.884	34	53	19
7	12 : 00	1653.428	34.4	51.3	16.9
8	12 : 15	1614.294	35	51.5	16.5
9	12 : 30	1614.294	35	51.5	16.5
10	12 : 45	1545.809	35.5	51.3	15.8
11	13 : 00	1506.674	36	51.4	15.4
12	13 : 15	1516.458	36	51.5	15.5
13	13 : 30	1506.674	36	51.4	15.4
14	13 : 45	1565.376	36	52	16
15	14 : 00	1565.376	36	52	16
16	14 : 15	1526.242	36	51.6	15.6
17	14 : 30	1506.674	36	51.4	15.4
18	14 : 45	1584.943	35	51.2	16.2
19	15 : 00	1672.996	34	51.1	17.1
20	15 : 15	1682.779	34	51.2	17.2

ลำดับ ที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิอากาศ บริเวณหม้อน้ำ °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ °C
			เข้า	ออก	
21	15 : 30	1761.048	33	51	18
22	15 : 45	1692.563	33	50.3	17.3
23	16 : 00	1663.212	33	50	17
24	16 : 15	1721.914	32	49.6	17.6
25	16 : 30	1682.779	32	49.2	17.2
เฉลี่ย			34.396	51.9875	

กราฟแสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านบริเวณหม้อน้ำ



ภาพประกอบที่ 33 แสดงผลของอุณหภูมิของอากาศที่ผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

จากกราฟแสดงผลการทดลองอุณหภูมิอากาศของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณนี้ได้ดูบ่งชี้โดยผู้วิจัยคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการพา ระหว่างของไหลและผนังจะต้องใช้สมการสำหรับกราฟความร้อน ผู้วิจัยใช้สมการดังต่อไปนี้ (2-12) โดยใช้พลังงานเฉลี่ย วัดต่อชั่วโมง อุณหภูมิทางออกโดยเฉลี่ยเท่ากับ 51.9 °C อุณหภูมิทางเข้าโดยเฉลี่ย เท่ากับ 34.3 °C ของวันที่ 9 ม.ค. 56

ตารางบันทึกผลการทดลองอุณหภูมิ น้ำ ของชุดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณบนจานพาราโบลา (จุดโฟกัส) สำหรับพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นสามารถหาได้จากสมการ (2-11)

$$Q_2 = U_2 A_2 (\Delta T)$$

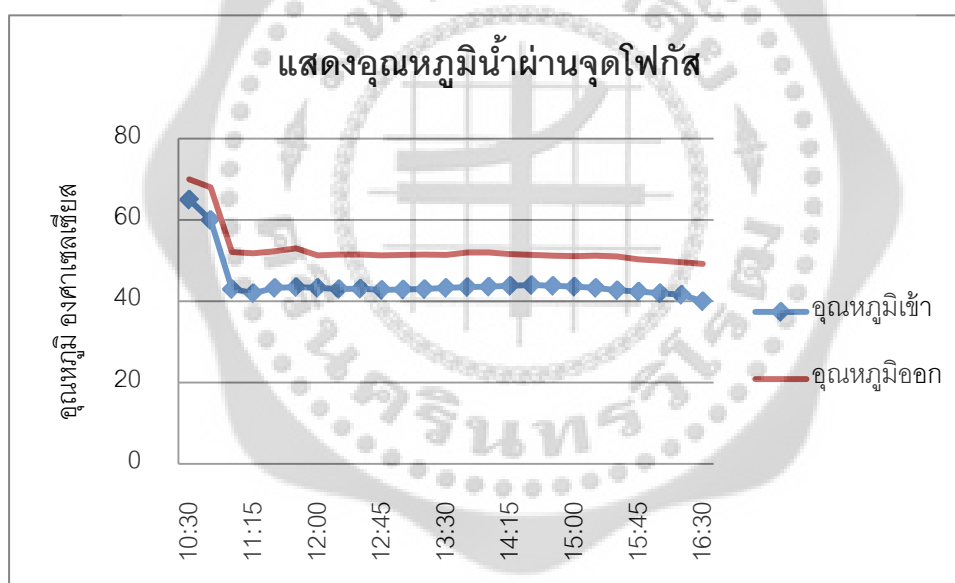
- เมื่อ Q_2 คือ พลังงานที่ใช้ w
 A_2 คือ พื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (เป็นค่าคงที่ 1.1 m^2)
 ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
 U_2 คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (เป็นค่าคงที่ $124 \text{ w / m}^2\text{K}$)

ตารางที่ 14 แสดงอุณหภูมิ น้ำผ่านจุดโฟกัส

ลำดับที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	บริเวณจุดโฟกัส $^{\circ}\text{C}$		ผลต่าง ของอุณหภูมิ $^{\circ}\text{C}$
			เข้า	ออก	
1	10 : 30	682	65	70	5
2	10 : 45	1091.2	60	68	8
3	11 : 00	1241.24	43	52.1	9.1
4	11 : 15	1336.72	42	51.8	9.8
5	11 : 30	1227.6	43.3	52.3	9
6	11 : 45	1295.8	43.5	53	9.5
7	12 : 00	1091.2	43.3	51.3	8
8	12 : 15	1159.4	43	51.5	8.5
9	12 : 30	1145.76	43.1	51.5	8.4
10	12 : 45	1159.4	42.8	51.3	8.5
11	13 : 00	1159.4	42.9	51.4	8.5
12	13 : 15	1159.4	43	51.5	8.5
13	13 : 30	1104.84	43.3	51.4	8.1
14	13 : 45	1159.4	43.5	52	8.5
15	14 : 00	1145.76	43.6	52	8.4
16	14 : 15	1063.92	43.8	51.6	7.8
17	14 : 30	1009.36	44	51.4	7.4
18	14 : 45	1009.36	43.8	51.2	7.4
19	15 : 00	1023	43.6	51.1	7.5

ลำดับ ที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	บริเวณจุดไฟกัส °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ°C
			เข้า	ออก	
20	15 : 15	1077.56	43.3	51.2	7.9
21	15 : 30	1132.12	42.7	51	8.3
22	15 : 45	1077.56	42.4	50.3	7.9
23	16 : 00	1091.2	42	50	8
24	16 15	1091.2	41.6	49.6	8
25	16 : 30	1254.88	40	49.2	9.2
เฉลี่ย			44.5	52.708	

กราฟแสดงอุณหภูมิน้ำผ่านจุดไฟกัส



ภาพประกอบที่ 34 แสดงผลของอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดไฟกัส

จากกราฟแสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดไฟกัส โดยมีอุณหภูมิทางออกเฉลี่ยเท่ากับ 52.7 °C และอุณหภูมิทางเข้าเท่ากับ 44.5 °C ของวันที่ 9 ม.ค. 56

ตารางบันทึกผลการทดลองความชื้นของวัสดุดิบ โดยคำนวณการไหลของอากาศคำนวณได้จากสมการที่ (2-3)

$$M_w L = M_a C_p (T_i - T_t)$$

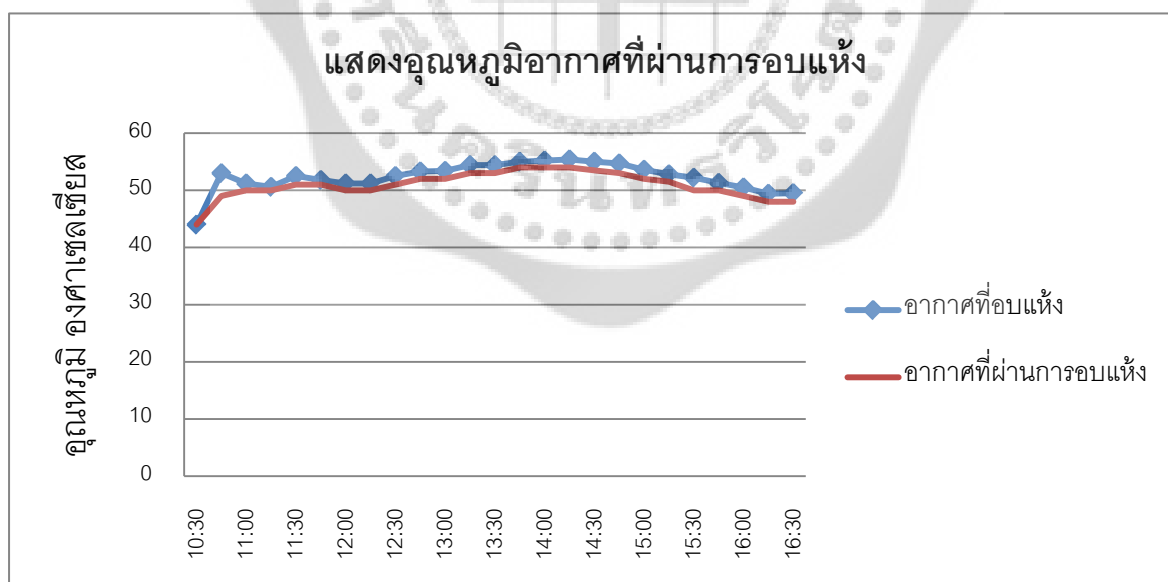
- เมื่อ M_w คือ น้ำหนักของน้ำที่หายไปหลังการอบแห้ง kg
 M_a คือ น้ำหนักของอากาศที่ใช้ออบ kg (เป็นค่าคงที่)
 L คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ kJ/kg (เป็นค่าคงที่)
 C_p คือ ความร้อนจำเพาะของอากาศที่คงที่ ($1.1+0.0488 M$) (เป็นค่าคงที่)
 T_i คือ อุณหภูมิของอากาศที่อบแห้ง °C
 T_t คือ อุณหภูมิของอากาศที่อบแห้งหลังจากผ่านวัสดุอบแห้ง °C

ตารางที่ 15 แสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านการอบแห้ง

ลำดับที่	เวลา	น้ำหนักของน้ำที่หายไปหลังการอบแห้ง(kg)	น้ำหนักของอากาศที่ใช้ออบ (kg)	อากาศที่อบแห้ง (°C)	อากาศที่ผ่านการอบแห้ง °C	ผลต่างของอุณหภูมิ °C
1	10 : 30	0	231.45	44	44	0
2	10 : 45	0.377421	231.45	53	49	4
3	11 : 00	0.113226	231.45	51.2	50	1.2
4	11 : 15	0.056613	231.45	50.6	50	0.6
5	11 : 30	0.141533	231.45	52.5	51	1.5
6	11 : 45	0.075484	231.45	51.8	51	0.8
7	12 : 00	0.113226	231.45	51.2	50	1.2
8	12 : 15	0.113226	231.45	51.2	50	1.2
9	12 : 30	0.141533	231.45	52.5	51	1.5
10	12 : 45	0.122662	231.45	53.3	52	1.3
11	13 : 00	0.132098	231.45	53.4	52	1.4
12	13 : 15	0.132098	231.45	54.4	53	1.4
13	13 : 30	0.132098	231.45	54.4	53	1.4
14	13 : 45	0.094355	231.45	55	54	1
15	14 : 00	0.113226	231.45	55.2	54	1.2

ลำดับที่	เวลา	น้ำหนักของน้ำ ที่หายไปหลัง การอบแห้ง(kg)	น้ำหนักของ อากาศที่ใช้อบ (kg)	อากาศที่ อบแห้ง (°C)	อากาศที่ผ่านการ อบแห้ง °C	ผลต่าง ของอุณหภูมิ °C
16	14 : 15	0.132098	231.45	55.4	54	1.4
17	14 : 30	0.141533	231.45	55	53.5	1.5
18	14 : 45	0.160404	231.45	54.7	53	1.7
19	15 : 00	0.150969	231.45	53.6	52	1.6
20	15 : 15	0.122662	231.45	52.8	51.5	1.3
21	15 : 30	0.207582	231.45	52.2	50	2.2
22	15 : 45	0.122662	231.45	51.3	50	1.3
23	16 : 00	0.141533	231.45	50.5	49	1.5
24	16 : 15	0.132098	231.45	49.4	48	1.4
25	16 : 30	0.141533	231.45	49.5	48	1.5
รวม		3.311873 kg = 2861.46 w				

กราฟแสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านการอบแห้ง



ภาพประกอบที่ 35 แสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านการอบแห้ง

แบบบันทึกการทดลองครั้งที่ 2

เรื่อง การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์

ทางการเกษตร

วันที่ทำการทดลอง.....12/1/56.....**เวลา**.....10:30...น. ถึง... 16:30 น...น.(6 ชั่วโมง)

วัตถุดิบที่ใช้ทดลอง.....**กล้วยน้ำว้าสุก งาม**.....**จำนวน**.....5.....kg

วัตถุประสงค์ในการทดลอง

1. เพื่อพัฒนาแผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีที่มีสมรรถนะในการให้ความร้อนในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

2. เพื่อหาประสิทธิภาพการอบแห้งโดยใช้แผงรับรังสี อาทิตย์แบบจานรวมรังสีระบบติดตามดวงอาทิตย์

3. เพื่อลดต้นทุนการผลิตและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

อุปกรณ์การทดลอง

1. เทอร์โมมิเตอร์ วัดอุณหภูมิ
2. มัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้า
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก

ข้อกำหนดก่อนการทดลอง

1. นำวัตถุดิบ (กล้วยน้ำว้า) ที่ปอกเปลือกแล้ว จำนวน 5 kg นำมาวัดให้เป็นแผ่น หนาประมาณ 3 mm และนำมาวางเรียงกันบนถาด
2. นำเครื่องอบแห้งออกมาตั้งไว้ที่กลางแจ้ง โดยหันหน้าของจานรวมรังสีอาทิตย์ไปทางทิศใต้ และทำการเติมน้ำตรงบริเวณจุดรวมรังสีอาทิตย์ (จุดโฟกัส) ที่เวลาประมาณ 9.30 น
3. เริ่มเปิดสวิตช์ปั้มน้ำ (เวลาประมาณ 9.30 น) จากนั้นรอกจนกว่าอุณหภูมิบริเวณจุดโฟกัสอยู่ที่ 65-70 °C
4. เมื่ออุณหภูมิของจุดโฟกัสอยู่ที่ประมาณ 65-70°C (ซึ่งในขณะนั้นจะอยู่ที่เวลา 10.30-11.00 น.) จึงเริ่มดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนการทดลอง

1. เริ่มทำการเดินเครื่อง โดยให้อุณหภูมิในตู้อบแห้งมีอุณหภูมิอยู่ประมาณ 52-55 °C
2. ตรวจสอบวัตถุดิบเป็นระยะ จนวัตถุดิบนั้นแห้งมีสีเหลืองทอง หรือน้ำหนักของกั้ววยอบม้วนอยู่ที่ 1.8 kg โดยจะใช้ระยะเวลาประมาณ 6.30 ชม.
3. นำวัตถุดิบมาใส่ในภาชนะ และทำความสะอาดในตู้อบแห้ง

วิธีการทดลอง

1. ทดลองวัดอุณหภูมิบริเวณจุดไฟกั้ว ตามอุณหภูมิที่กำหนด
2. ทดลองวัดอุณหภูมิภายในบริเวณตู้อบแห้ง ตามอุณหภูมิที่กำหนด
3. ทดลองวัดอุณหภูมิบริเวณช่องระบายความร้อนหลังตู้อบแห้ง



ตารางบันทึกผลการทดลองอุณหภูมิของน้ำร้อนบริเวณเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ก่อนเข้าและหลังเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สามารถใช้ใช้สมการ (2 -17) ดังต่อไปนี้

$$Q_3 = m \cdot c_p (\Delta T)$$

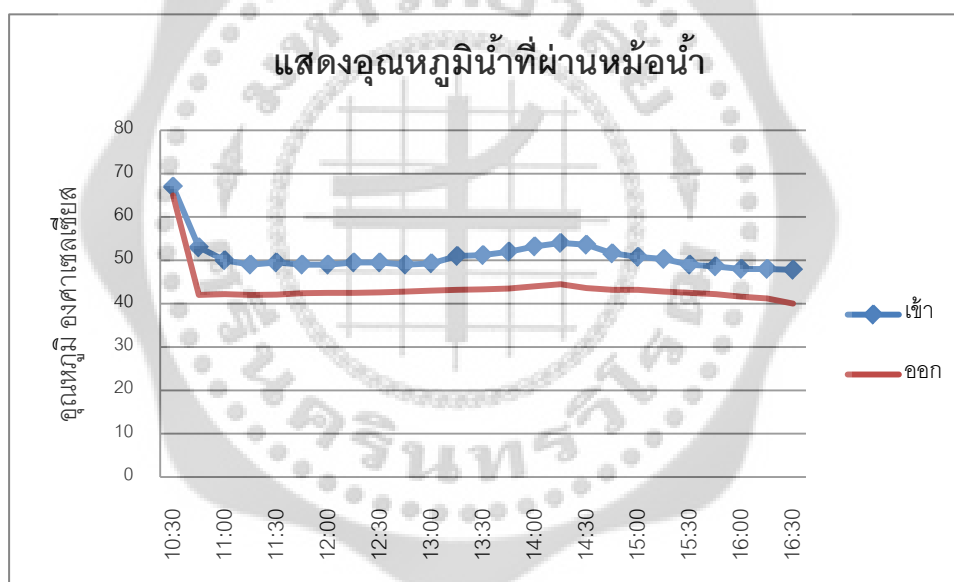
เมื่อ Q คือ พลังงานความร้อนเท่ากับ w c_p คือ ความร้อนจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ $J/kg \cdot K$
 ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิ คือ $^{\circ}C$ m คือ อัตราการไหลของน้ำ (kg/s) (เป็นค่าคงที่)

ตารางที่ 16 แสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านหม้อน้ำ

ลำดับที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิน้ำในหม้อน้ำ $^{\circ}C$		ผลต่าง ของอุณหภูมิ $^{\circ}C$
			เข้า	ออก	
1	10 : 30	502.08	67	65	2
2	10 : 45	2761.44	53	42	11
3	11 : 00	1958.112	50	42.2	7.8
4	11 : 15	1757.28	49	42	7
5	11 : 30	1857.696	49.5	42.1	7.4
6	11 : 45	1656.864	49	42.4	6.6
7	12 : 00	1631.76	49	42.5	6.5
8	12 : 15	1757.28	49.5	42.5	7
9	12 : 30	1732.176	49.5	42.6	6.9
10	12 : 45	1556.448	49	42.8	6.2
11	13 : 00	1581.552	49.3	43	6.3
12	13 : 15	1958.112	51	43.2	7.8
13	13 : 30	1983.216	51.2	43.3	7.9
14	13 : 45	2133.84	52	43.5	8.5
15	14 : 00	2309.568	53.2	44	9.2
16	14 : 15	2384.88	54	44.5	9.5
17	14 : 30	2510.4	53.6	43.6	10
18	14 : 45	2108.736	51.6	43.2	8.4
19	15 : 00	1907.904	50.8	43.2	7.6
20	15 : 15	1882.8	50.3	42.8	7.5

ลำดับ ที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิในหม้อน้ำ °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ °C
			เข้า	ออก	
21	15 : 30	1631.76	49	42.5	6.5
22	15 : 45	1606.656	48.6	42.2	6.4
23	16 : 00	1606.656	48	41.6	6.4
24	16 15	1707.072	48	41.2	6.8
25	16 : 30	1958.112	47.8	40	7.8
เฉลี่ย			50.916	43.516	

กราฟแสดงอุณหภูมิที่ผ่านหม้อน้ำ



ภาพประกอบที่ 36 แสดงอุณหภูมิที่ผ่านหม้อน้ำ

จากกราฟแสดงถึงอุณหภูมิในหม้อน้ำ โดยค่าเฉลี่ยทางเข้าเท่ากับ 50.9 °C และอุณหภูมิทางออกเท่ากับ 43.5 °C ของวันที่ 12/1/56

ตารางบันทึกผลการทดลองอุณหภูมิอากาศของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณใต้ตู้อบแห้ง โดยผู้วิจัยคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการพา ระหว่างของไหลและผนังจะต้องใช้สมการสำหรับการพาความร้อน ผู้วิจัยใช้สมการดังต่อไปนี้ (2-12)

$$Q_1 = h_1 A_1 (\Delta T)$$

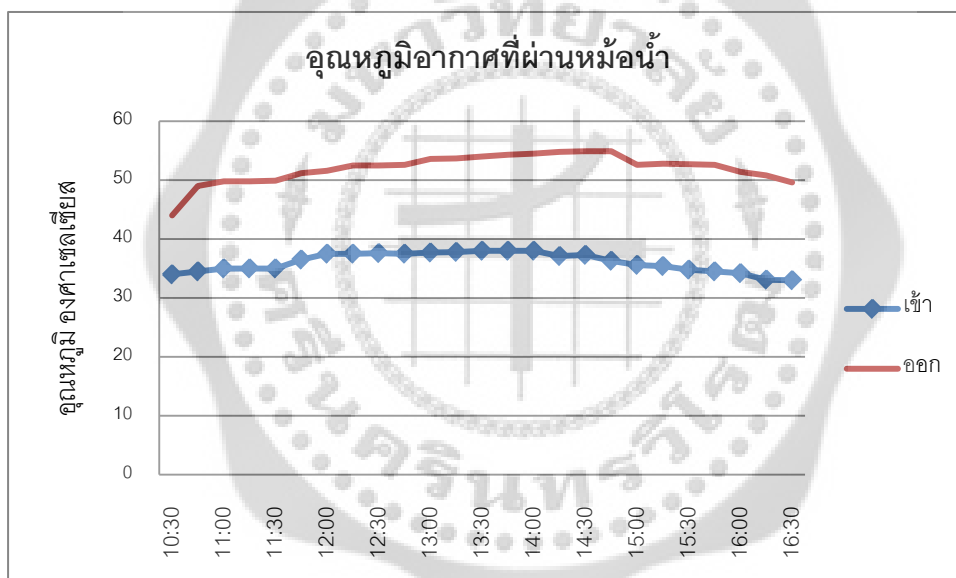
- เมื่อ Q_1 คือ พลังงานที่ใช้ (w)
 A_1 คือ พื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (เป็นค่าคงที่ = 0.31 m^2)
 ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
 h_1 คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (เป็นค่าคงที่ $315.6 \text{ (w / m}^2\text{K)}$)

ตารางที่ 17 แสดงอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ

ลำดับที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิอากาศบริเวณหม้อน้ำ $^{\circ}\text{C}$		ผลต่าง ของอุณหภูมิ $^{\circ}\text{C}$
			เข้า	ออก	
1	10 : 30	978.36	34	44	10
2	10 : 45	1418.622	34.5	49	14.5
3	11 : 00	1447.973	35	49.8	14.8
4	11 : 15	1447.973	35	49.8	14.8
5	11 : 30	1457.756	35	49.9	14.9
6	11 : 45	1438.189	36.5	50.2	14.7
7	12 : 00	1379.488	37.5	50.6	14.1
8	12 : 15	1467.54	37.5	51.5	15
9	12 : 30	1457.756	37.6	51.5	14.9
10	12 : 45	1477.324	37.5	51.6	15.1
11	13 : 00	1555.592	37.7	52.6	15.9
12	13 : 15	1555.592	37.8	52.7	15.9
13	13 : 30	1565.376	38	53	16
14	13 : 45	1594.727	38	53.3	16.3
15	14 : 00	1614.294	38	53.5	16.5
16	14 : 15	1731.697	37.1	53.8	17.7
17	14 : 30	1721.914	37.3	53.9	17.6
18	14 : 45	1819.75	36.3	53.9	18.6
19	15 : 00	1663.212	35.6	51.6	17

ลำดับที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิอากาศบริเวณหม้อน้ำ °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ °C
			เข้า	ออก	
20	15 : 15	1702.346	35.4	51.8	17.4
21	15 : 30	1751.264	34.8	51.7	17.9
22	15 : 45	1770.832	34.5	51.6	18.1
23	16 : 00	1682.779	34.2	50.4	17.2
24	16 : 15	1731.697	33.1	49.8	17.7
25	16 : 30	1624.078	33	48.6	16.6
เฉลี่ย			36.036	51.004	

กราฟแสดงอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ



ภาพประกอบที่ 37 แสดงอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ

จากกราฟแสดงอากาศที่ผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน(หม้อน้ำ) โดยที่อากาศเข้าหม้อน้ำเฉลี่ย 36 °C และอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ(ออก)เฉลี่ย 52 °C ของวันที่ 12/1/56

ตารางบันทึกผลการทดลองอุณหภูมิ น้ำ ของชุดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณบนจานพาราโบลาบิด (จุดโฟกัส) สำหรับพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นสามารถหาได้จากสมการ (2-11)

$$Q_2 = U_2 A_2 (\Delta T)$$

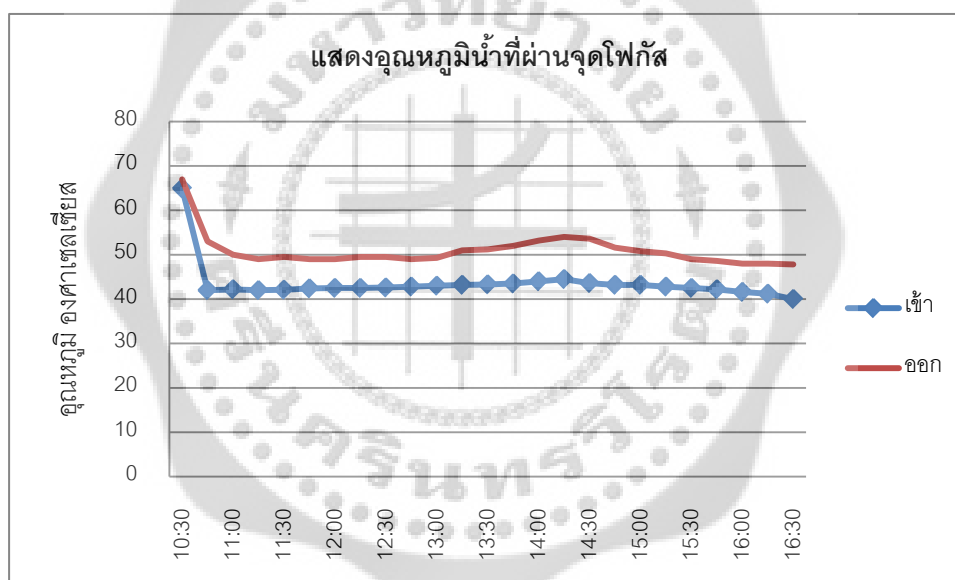
- เมื่อ Q_2 คือ พลังงานที่ใช้ (w)
 A_2 คือ พื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (เป็นค่าคงที่ 1.1m^2)
 ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิ (°C)
 U_2 คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (เป็นค่าคงที่ $124\text{ w / m}^2\text{K}$)

ตารางที่ 18 แสดงอุณหภูมิ น้ำ ที่ผ่านจุดโฟกัส

ลำดับที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	บริเวณจุดโฟกัส °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ °C
			เข้า	ออก	
1	10 : 30	272.8	65	67	2
2	10 : 45	1500.4	42	53	11
3	11 : 00	1063.92	42.2	50	7.8
4	11 : 15	954.8	42	49	7
5	11 : 30	1009.36	42.1	49.5	7.4
6	11 : 45	900.24	42.4	49	6.6
7	12 : 00	886.6	42.5	49	6.5
8	12 : 15	954.8	42.5	49.5	7
9	12 : 30	941.16	42.6	49.5	6.9
10	12 : 45	845.68	42.8	49	6.2
11	13 : 00	859.32	43	49.3	6.3
12	13 : 15	1063.92	43.2	51	7.8
13	13 : 30	1077.56	43.3	51.2	7.9
14	13 : 45	1159.4	43.5	52	8.5
15	14 : 00	1254.88	44	53.2	9.2
16	14 : 15	1295.8	44.5	54	9.5
17	14 : 30	1364	43.6	53.6	10
18	14 : 45	1145.76	43.2	51.6	8.4
19	15 : 00	1036.64	43.2	50.8	7.6
20	15 : 15	1023	42.8	50.3	7.5

ลำดับ ที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	บริเวณจุดโฟกัส °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ°C
			เข้า	ออก	
21	15 : 30	886.6	42.5	49	6.5
22	15 : 45	872.96	42.2	48.6	6.4
23	16 : 00	872.96	41.6	48	6.4
24	16 : 15	927.52	41.2	48	6.8
25	16 : 30	1063.92	40	47.8	7.8
เฉลี่ย			43.516	50.916	

กราฟแสดงอุณหภูมิที่ผ่านจุดโฟกัส



ภาพประกอบที่ 38 แสดงอุณหภูมิที่ผ่านจุดโฟกัส

จากกราฟแสดงอุณหภูมิที่ผ่านจุดโฟกัส โดยที่อุณหภูมิทางเข้าเฉลี่ย 43.5 °C และทางออกเฉลี่ย 51 °C ของวันที่ 12/1/56

ตารางบันทึกผลการทดลองความชื้นของวัสดุดิบ โดยคำนวณการไหลของอากาศคำนวณได้จากสมการที่ (2-3)

$$M_w L = M_a C_p (T_i - T_t)$$

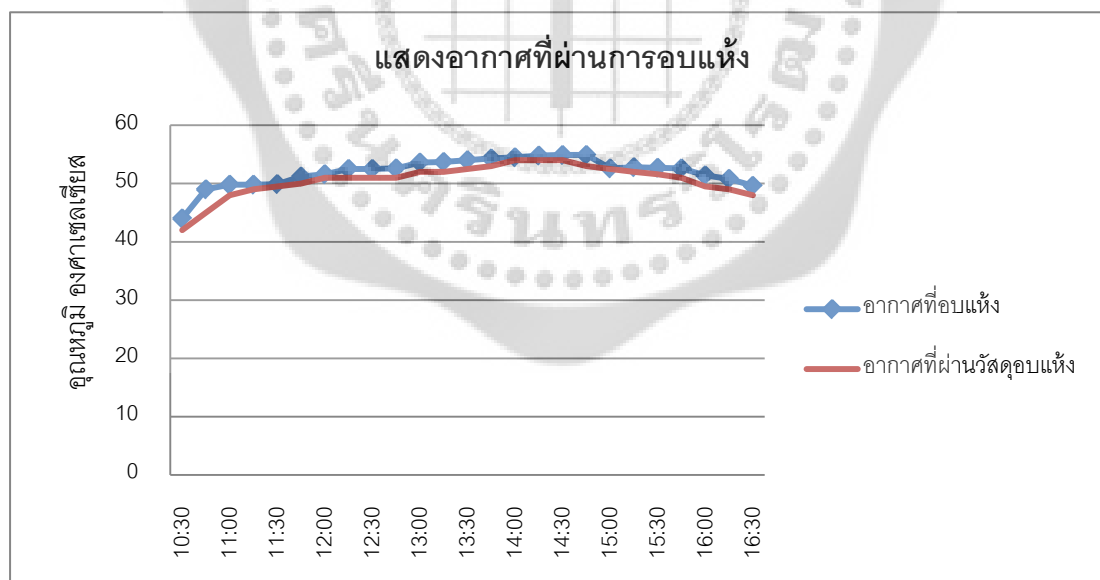
- เมื่อ M_w คือ น้ำหนักของน้ำที่หายไปหลังการอบแห้ง kg
 M_a คือ น้ำหนักของอากาศที่ใช้อบ kg (เป็นค่าคงที่)
 L คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ kJ/kg (เป็นค่าคงที่)
 C_p คือ ความร้อนจำเพาะของอากาศที่คงที่ ($1.1+0.0488 M$) (เป็นค่าคงที่)
 T_i คือ อุณหภูมิของอากาศที่อบแห้ง °C
 T_t คือ อุณหภูมิของอากาศที่อบแห้งหลังจากผ่านวัสดุอบแห้ง °C

ตารางที่ 19 แสดงอากาศที่ผ่านการอบแห้ง

ลำดับที่	เวลา	น้ำหนักของน้ำที่หายไปหลังการอบแห้ง(kg)	น้ำหนักของอากาศที่ใช้อบ (kg)	อากาศที่อบแห้ง (°C)	อากาศที่ผ่านวัสดุอบแห้ง °C	ผลต่างของอุณหภูมิ°C
1	10 : 30	0.188711	231.45	44	42	2
2	10 : 45	0.377421	231.45	49	45	4
3	11 : 00	0.16984	231.45	49.8	48	1.8
4	11 : 15	0.075484	231.45	49.8	49	0.8
5	11 : 30	0.037742	231.45	49.9	49.5	0.4
6	11 : 45	0.113226	231.45	51.2	50	1.2
7	12 : 00	0.056613	231.45	51.6	51	0.6
8	12 : 15	0.141533	231.45	52.5	51	1.5
9	12 : 30	0.141533	231.45	52.5	51	1.5
10	12 : 45	0.150969	231.45	52.6	51	1.6
11	13 : 00	0.150969	231.45	53.6	52	1.6
12	13 : 15	0.160404	231.45	53.7	52	1.7
13	13 : 30	0.141533	231.45	54	52.5	1.5
14	13 : 45	0.122662	231.45	54.3	53	1.3
15	14 : 00	0.047178	231.45	54.5	54	0.5

ลำดับที่	เวลา	น้ำหนักของน้ำที่หายไปหลังการอบแห้ง(kg)	น้ำหนักของอากาศที่ใช้อบ(kg)	อากาศที่อบแห้ง (°C)	อากาศที่ผ่านวัสดุอบแห้ง °C	ผลต่างของอุณหภูมิ °C
16	14 : 15	0.075484	231.45	54.8	54	0.8
17	14 : 30	0.08492	231.45	54.9	54	0.9
18	14 : 45	0.179275	231.45	54.9	53	1.9
19	15 : 00	0.009436	231.45	52.6	52.5	0.1
20	15 : 15	0.075484	231.45	52.8	52	0.8
21	15 : 30	0.103791	231.45	52.7	51.6	1.1
22	15 : 45	0.150969	231.45	52.6	51	1.6
23	16 : 00	0.179275	231.45	51.4	49.5	1.9
24	16 : 15	0.16984	231.45	50.8	49	1.8
25	16 : 30	0.150969	231.45	49.6	48	1.6
รวม		3.25526 kg = 2812.54464 w				

กราฟแสดงอากาศที่ผ่านการอบแห้ง



ภาพประกอบที่ 39 แสดงอากาศที่ผ่านการอบแห้ง

แบบบันทึกการทดลองครั้งที่ 3

เรื่อง การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์

ทางการเกษตร

วันที่ทำการทดลอง.....14/1/56.....**เวลา**...10:30.....น...ถึง....16:30...น.

วัตถุดิบที่ใช้ทดลอง.....**กล้วยน้ำสุก (งอม)**.....**จำนวน**.....5.....kg

วัตถุประสงค์ในการทดลอง

1. เพื่อพัฒนาแผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีที่มีสมรรถนะในการให้ความร้อนในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

2. เพื่อหาประสิทธิภาพการอบแห้งโดยใช้แผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีระบบติดตามดวงอาทิตย์

3. เพื่อลดต้นทุนการผลิตและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

อุปกรณ์การทดลอง

1. เทอร์โมมิเตอร์ วัดอุณหภูมิ
2. มัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้า
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก

ข้อกำหนดก่อนการทดลอง

1. นำวัตถุดิบ (กล้วยน้ำสุก) ที่ปอกเปลือกแล้ว จำนวน 5 kg นำมาวัดให้เป็นแผ่น หนาประมาณ 3 mm และนำมาวางเรียงกันบนถาด
2. นำเครื่องอบแห้งออกมาตั้งไว้ที่กลางแจ้ง โดยหันหน้าของจานรวมรังสีอาทิตย์ไปทางทิศใต้ และทำการเติมน้ำตรงบริเวณจุดรวมรังสีอาทิตย์ (จุดโฟกัส) ที่เวลาประมาณ 9.30 น
3. เริ่มเปิดสวิตช์ปั้มน้ำ (เวลาประมาณ 9.30 น) จากนั้นรอจนกว่าอุณหภูมิบริเวณจุดโฟกัสอยู่ที่ 65-70 °C
4. เมื่ออุณหภูมิของจุดโฟกัสอยู่ที่ประมาณ 65-70°C (ซึ่งในขณะนั้นจะอยู่ที่เวลา 10.30-11.00 น.) จึงเริ่มดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนการทดลอง

1. เริ่มทำการเดินเครื่อง โดยให้อุณหภูมิในตู้อบแห้งมีอุณหภูมิอยู่ประมาณ 52-55 °C
2. ตรวจสอบวัตถุดิบเป็นระยะ จนวัตถุดิบนั้นแห้งมีสีเหลืองทอง หรือน้ำหนักของกั้ววยอบม้วนอยู่ที่ 1.8 kg โดยจะใช้ระยะเวลาประมาณ 6.30 ชม.
3. นำวัตถุดิบมาใส่ในภาชนะ และทำความสะอาดในตู้อบแห้ง

วิธีการทดลอง

1. ทดลองวัดอุณหภูมิบริเวณจุดไฟกั้ว ตามอุณหภูมิที่กำหนด
2. ทดลองวัดอุณหภูมิภายในบริเวณตู้อบแห้ง ตามอุณหภูมิที่กำหนด
3. ทดลองวัดอุณหภูมิบริเวณช่องระบายความร้อนหลังตู้อบแห้ง



ตารางบันทึกผลการทดลองอุณหภูมิของน้ำร้อนบริเวณเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ก่อนเข้าและหลังเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สามารถใช้ใช้สมการ (2 -17) ดังต่อไปนี้

$$Q_3 = m \cdot c_p (\Delta T)$$

เมื่อ Q คือ พลังงานความร้อนเท่ากับ w c_p คือ ความร้อนจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ $J/kg \cdot K$

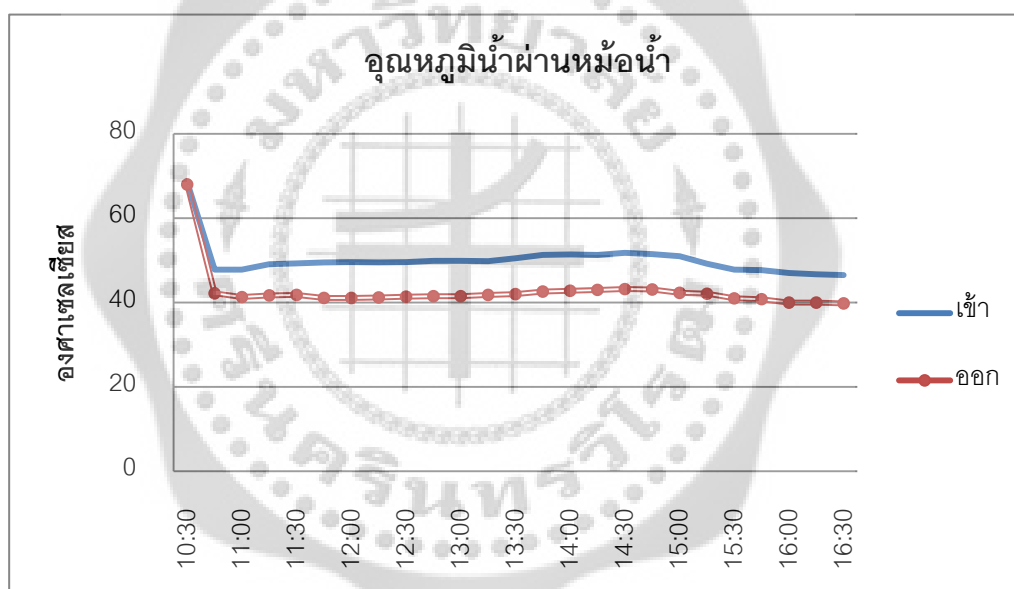
ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิ คือ $^{\circ}C$ m คือ อัตราการไหลของน้ำ (kg/s) (เป็นค่าคงที่)

ตารางที่ 20 แสดงอุณหภูมิน้ำผ่านหม้อน้ำ

ลำดับที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิน้ำในหม้อน้ำ $^{\circ}C$		ผลต่าง ของอุณหภูมิ $^{\circ}C$
			เข้า	ออก	
1	10 : 30	125.52	68.5	68	0.5
2	10 : 45	1405.824	47.8	42.2	5.6
3	11 : 00	1631.76	47.8	41.3	6.5
4	11 : 15	1857.696	49.1	41.7	7.4
5	11 : 30	1882.8	49.3	41.8	7.5
6	11 : 45	2108.736	49.5	41.1	8.4
7	12 : 00	2133.84	49.6	41.1	8.5
8	12 : 15	2083.632	49.5	41.2	8.3
9	12 : 30	2058.528	49.6	41.4	8.2
10	12 : 45	2108.736	49.9	41.5	8.4
11	13 : 00	2108.736	49.9	41.5	8.4
12	13 : 15	2008.32	49.8	41.8	8
13	13 : 30	2133.84	50.5	42	8.5
14	13 : 45	2184.048	51.3	42.6	8.7
15	14 : 00	2158.944	51.4	42.8	8.6
16	14 : 15	2083.632	51.3	43	8.3
17	14 : 30	2158.944	51.8	43.2	8.6
18	14 : 45	2108.736	51.5	43.1	8.4
19	15 : 00	2184.048	51	42.3	8.7
20	15 : 15	1782.384	49.2	42.1	7.1

ลำดับที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิน้ำในหม้อน้ำ °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ°C
			เข้า	ออก	
21	15 : 30	1707.072	47.8	41	6.8
22	15 : 45	1732.176	47.7	40.8	6.9
23	16 : 00	1757.28	47	40	7
24	16 : 15	1716	46.7	40	6.7
25	16 : 30	1798.2	46.5	7.2	
เฉลี่ย			50.16	42.69	

กราฟแสดงอุณหภูมิผ่านหม้อน้ำ



ภาพประกอบที่ 40 แสดงอุณหภูมิที่ผ่านหม้อน้ำ

จากกราฟแสดงอุณหภูมิในหม้อน้ำ โดยอุณหภูมิเข้าเฉลี่ย 50.5 °C และอุณหภูมิออก 43 °C ของวันที่ 14/1/56

ตารางบันทึกผลการทดลองอุณหภูมิอากาศของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณใต้ตู้อบแห้ง โดยผู้วิจัยคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการพา ระหว่างของไหลและผนังจะต้องใช้สมการสำหรับการพาความร้อน ผู้วิจัยใช้สมการดังต่อไปนี้ (2-12)

$$Q_1 = h_1 A_1 (\Delta T)$$

เมื่อ Q_1 คือ พลังงานที่ใช้ (w)

A_1 คือ พื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (0.31 m²) (เป็นค่าคงที่)

ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิ (°C)

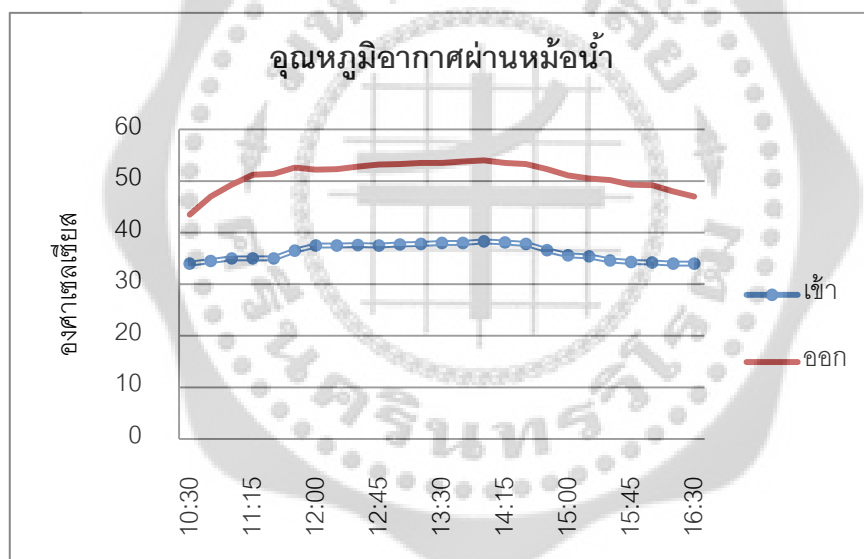
h_1 คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (315.6 w / m²K) (เป็นค่าคงที่)

ตารางที่ 21 แสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ

ลำดับที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิอากาศบริเวณหม้อน้ำ °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ °C
			เข้า	ออก	
1	10 : 30	929.442	34	43.5	9.5
2	10 : 45	1222.95	34.5	47	12.5
3	11 : 00	1399.055	35	49.3	14.3
4	11 : 15	1584.943	35	51.2	16.2
5	11 : 30	1604.51	35	51.4	16.4
6	11 : 45	1575.16	36.5	52.6	16.1
7	12 : 00	1438.189	37.5	52.2	14.7
8	12 : 15	1447.973	37.5	52.3	14.8
9	12 : 30	1487.107	37.6	52.8	15.2
10	12 : 45	1536.025	37.5	53.2	15.7
11	13 : 00	1526.242	37.7	53.3	15.6
12	13 : 15	1536.025	37.8	53.5	15.7
13	13 : 30	1516.458	38	53.5	15.5
14	13 : 45	1545.809	38	53.8	15.8
15	14 : 00	1536.025	38.3	54	15.7
16	14 : 15	1506.674	38.1	53.5	15.4
17	14 : 30	1516.458	37.8	53.3	15.5
18	14 : 45	1536.025	36.6	52.3	15.7

ลำดับที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิอากาศบริเวณหม้อน้ำ °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ°C
			เข้า	ออก	
19	15 : 00	1516.458	35.6	51.1	15.5
20	15 : 15	1477.324	35.4	50.5	15.1
21	15 : 30	1526.242	34.6	50.2	15.6
22	15 : 45	1467.54	34.3	49.3	15
23	16 : 00	1467.54	34.2	49.2	15
24	16 :15	1382.7	34	48	14
25	16 : 30	1268.5	34	47	13
เฉลี่ย			36.36957	51.43478	

กราฟแสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ



ภาพประกอบที่ 41 แสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ

กราฟแสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านบริเวณหม้อน้ำ โดยที่อุณหภูมิเข้าเฉลี่ยที่ 36.3 °C และผ่านหม้อน้ำแล้วอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 51.4 °C ของวันที่ 14/1/56

ตารางบันทึกผลการทดลองอุณหภูมิ น้ำ ของชุดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณบนจานพาราโบลาบิด (จุดโฟกัส) สำหรับพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นสามารถหาได้จากสมการ (2-11)

$$Q_2 = U_2 A_2 (\Delta T)$$

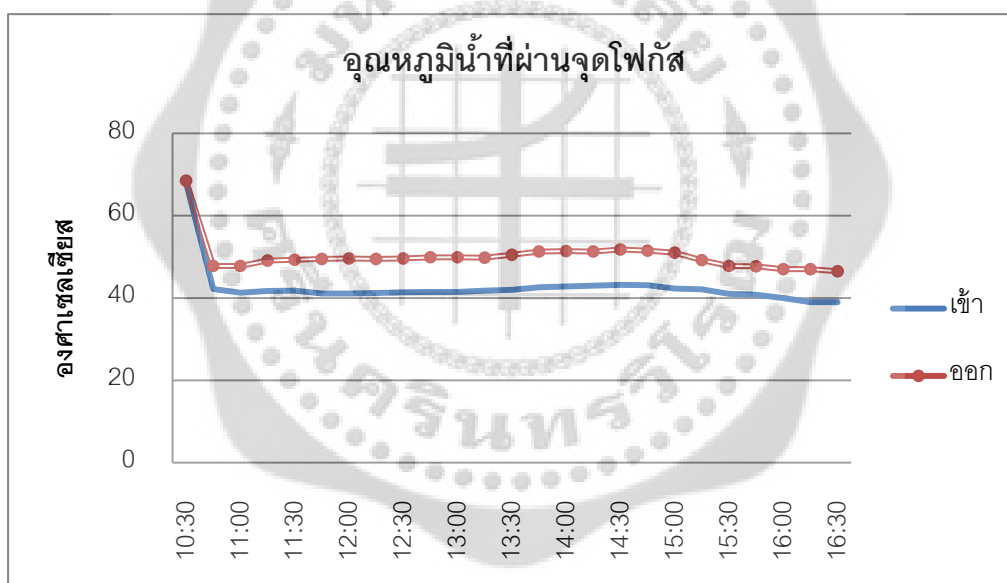
- เมื่อ Q_2 คือ พลังงานที่ใช้ (w)
 A_2 คือ พื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (1.1 m²) (เป็นค่าคงที่)
 ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิ (°C)
 U_2 คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (124 w / m²K) (เป็นค่าคงที่)

ตารางที่ 22 แสดงอุณหภูมิ น้ำ ที่ผ่านจุดโฟกัส

ลำดับที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	บริเวณจุดโฟกัส °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ °C
			เข้า	ออก	
1	10 : 30	68.2	68	68.5	0.5
2	10 : 45	763.84	42.2	47.8	5.6
3	11 : 00	886.6	41.3	47.8	6.5
4	11 : 15	1009.36	41.7	49.1	7.4
5	11 : 30	1023	41.8	49.3	7.5
6	11 : 45	1145.76	41.1	49.5	8.4
7	12 : 00	1159.4	41.1	49.6	8.5
8	12 : 15	1132.12	41.2	49.5	8.3
9	12 : 30	1118.48	41.4	49.6	8.2
10	12 : 45	1145.76	41.5	49.9	8.4
11	13 : 00	1145.76	41.5	49.9	8.4
12	13 : 15	1091.2	41.8	49.8	8
13	13 : 30	1159.4	42	50.5	8.5
14	13 : 45	1186.68	42.6	51.3	8.7
15	14 : 00	1173.04	42.8	51.4	8.6
16	14 : 15	1132.12	43	51.3	8.3
17	14 : 30	1173.04	43.2	51.8	8.6
18	14 : 45	1145.76	43.1	51.5	8.4

ลำดับที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	บริเวณจุดไฟกัส °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ°C
			เข้า	ออก	
19	15 : 00	1186.68	42.3	51	8.7
20	15 : 15	968.44	42.1	49.2	7.1
21	15 : 30	927.52	41	47.8	6.8
22	15 : 45	941.16	40.8	47.7	6.9
23	16 : 00	954.8	40	47	7
24	16 : 15	1091.2	39	47	8
25	16 : 30	1023	39	46.5	7.5
เฉลี่ย			42.93478	50.46957	

กราฟแสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดไฟกัส



ภาพประกอบที่ 42 แสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดไฟกัส

จากกราฟแสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดไฟกัส โดยมีอุณหภูมิทางเข้าเฉลี่ยที่ 43 °C และอุณหภูมิที่ผ่านจากจุดไฟกัสเฉลี่ยที่ 50.4 °C ของวันที่ 14/1/56

ตารางบันทึกผลการทดลองความชื้นของวัสดุดิบ โดยคำนวณการไหลของอากาศคำนวณได้จากสมการที่ (2-3)

$$M_w L = M_a C_p (T_i - T_t)$$

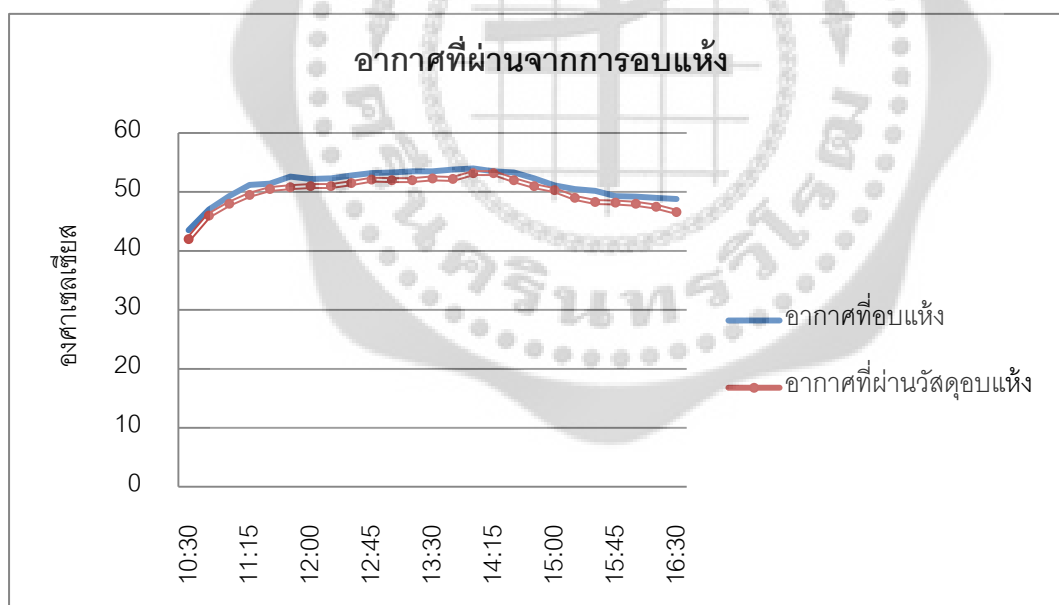
- เมื่อ M_w คือ น้ำหนักของน้ำที่หายไปหลังการอบแห้ง kg
 M_a คือ น้ำหนักของอากาศที่ใช้ออบ kg (เป็นค่าคงที่)
 L คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ kJ/kg (เป็นค่าคงที่)
 C_p คือ ความร้อนจำเพาะของอากาศที่คงที่ ($1.1+0.0488 M$) (เป็นค่าคงที่)
 T_i คือ อุณหภูมิของอากาศที่อบแห้ง °C
 T_t คือ อุณหภูมิของอากาศที่อบแห้งหลังจากผ่านวัสดุอบแห้ง °C

ตารางที่ 23 แสดงอากาศที่ผ่านจากการอบแห้ง

ลำดับที่	เวลา	น้ำหนักของน้ำที่หายไปหลังการอบแห้ง(kg)	น้ำหนักของอากาศที่ใช้ออบ (kg)	อากาศที่อบแห้ง (°C)	อากาศที่ผ่านวัสดุอบแห้ง °C	ผลต่างของอุณหภูมิ°C
1	10 : 30	0.141533	231.45	43.5	42	1.5
2	10 : 45	0.094356	231.45	47	46	1
3	11 : 00	0.122662	231.45	49.3	48	1.3
4	11 : 15	0.160404	231.45	51.2	49.5	1.7
5	11 : 30	0.08492	231.45	51.4	50.5	0.9
6	11 : 45	0.16984	231.45	52.6	50.8	1.8
7	12 : 00	0.113227	231.45	52.2	51	1.2
8	12 : 15	0.122662	231.45	52.3	51	1.3
9	12 : 30	0.122662	231.45	52.8	51.5	1.3
10	12 : 45	0.103791	231.45	53.2	52.1	1.1
11	13 : 00	0.122662	231.45	53.3	52	1.3
12	13 : 15	0.141533	231.45	53.5	52	1.5
13	13 : 30	0.113227	231.45	53.5	52.3	1.2
14	13 : 45	0.150969	231.45	53.8	52.2	1.6
15	14 : 00	0.075484	231.45	54	53.2	0.8

ลำดับที่	เวลา	น้ำหนักของน้ำที่หายไปหลังการอบแห้ง(kg)	น้ำหนักของอากาศที่ใช้อบ (kg)	อากาศที่อบแห้ง (°C)	อากาศที่ผ่านวัสดุอบแห้ง °C	ผลต่างของอุณหภูมิ°C
16	14 : 15	0.122662	231.45	53.5	53.2	1.3
17	14 : 30	0.122662	231.45	53.3	52	1.3
18	14 : 45	0.122662	231.45	52.3	51	1.3
19	15 : 00	0.075484	231.45	51.1	50.3	0.8
20	15 : 15	0.141533	231.45	50.5	49	1.5
21	15 : 30	0.179276	231.45	50.2	48.3	1.9
22	15 : 45	0.103791	231.45	49.3	48.2	1.1
23	16 : 00	0.113227	231.45	49.2	48	1.2
24	16 : 15	0.141533	231.45	49	47.5	1.5
25	16 : 30	0.209	231.45	48.8	46.6	2.2
รวม		2.63252 = 2730.48 w				

กราฟแสดงอากาศที่ผ่านจากการอบแห้ง



ภาพประกอบที่ 43 แสดงอากาศที่ผ่านจากการอบแห้ง

แบบบันทึกการทดลองครั้งที่ 4

เรื่อง การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

วันที่ทำการทดลอง.....12/2/56.....**เวลา**...10:30.....น...ถึง....16:30...น.

วัตถุดิบที่ใช้ทดลอง...กล้วยน้ำว้าสุก (เปลือกนิ่ม, และเปลือกเริ่มจะเป็นสีดำ) จำนวน...5...kg

วัตถุประสงค์ในการทดลอง

1. เพื่อพัฒนาแผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีที่มีสมรรถนะในการให้ความร้อนในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร
2. เพื่อหาประสิทธิภาพการอบแห้งโดยใช้แผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีระบบติดตามดวงอาทิตย์
3. เพื่อลดต้นทุนการผลิตและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

อุปกรณ์การทดลอง

1. เทอร์โมมิเตอร์ วัดอุณหภูมิ
2. มัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้า
- 3 เครื่องชั่งน้ำหนัก

ข้อกำหนดก่อนการทดลอง

1. นำวัตถุดิบ (กล้วยน้ำว้า) ที่เปลือกเปลือกแล้ว จำนวน 5 kg นำมาวัดให้เป็นแผ่น หนาประมาณ 3 mm และนำมาวางเรียงกันบนถาด
2. นำเครื่องอบแห้งออกมาตั้งไว้ที่กลางแจ้ง โดยหันหน้าของจานรวมรังสีอาทิตย์ไปทางทิศใต้ และทำการเติมน้ำตรงบริเวณจุดรวมรังสีอาทิตย์ (จุดโฟกัส) ที่เวลาประมาณ 9.30 น
3. เริ่มเปิดสวิตช์ปั้มน้ำ (เวลาประมาณ 9.30 น) จากนั้นรอจนกว่าอุณหภูมิบริเวณจุดโฟกัสอยู่ที่ 65-70 °C
4. เมื่ออุณหภูมิของจุดโฟกัสอยู่ที่ประมาณ 65-70°C (ซึ่งในขณะนั้นจะอยู่ที่เวลา 10.30-11.00 น.) จึงเริ่มดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนการทดลอง

1. เริ่มทำการเดินเครื่อง โดยให้อุณหภูมิในตู้อบแห้งมีอุณหภูมิอยู่ประมาณ 52-55 °C
2. ตรวจสอบวัสดุดิบเป็นระยะ จนวัสดุดิบนั้นแห้งมีสีเหลืองทอง หรือน้ำหนักของกั้ววยอบม้วนอยู่ที่ 1.8 kg โดยจะใช้ระยะเวลาประมาณ 6.30 ชม.
3. นำวัสดุดิบมาใส่ในภาชนะ และทำความสะอาดในตู้อบแห้ง

วิธีการทดลอง

1. ทดลองวัดอุณหภูมิบริเวณจุดไฟกั้ว ตามอุณหภูมิที่กำหนด
2. ทดลองวัดอุณหภูมิภายในบริเวณตู้อบแห้ง ตามอุณหภูมิที่กำหนด
3. ทดลองวัดอุณหภูมิบริเวณช่องระบายความร้อนหลังตู้อบแห้ง



ตารางบันทึกผลการทดลองอุณหภูมิของน้ำร้อนบริเวณเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ก่อนเข้าและหลังเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สามารถใช้ใช้สมการ (2 -17) ดังต่อไปนี้

$$Q_3 = m \cdot c_p (\Delta T)$$

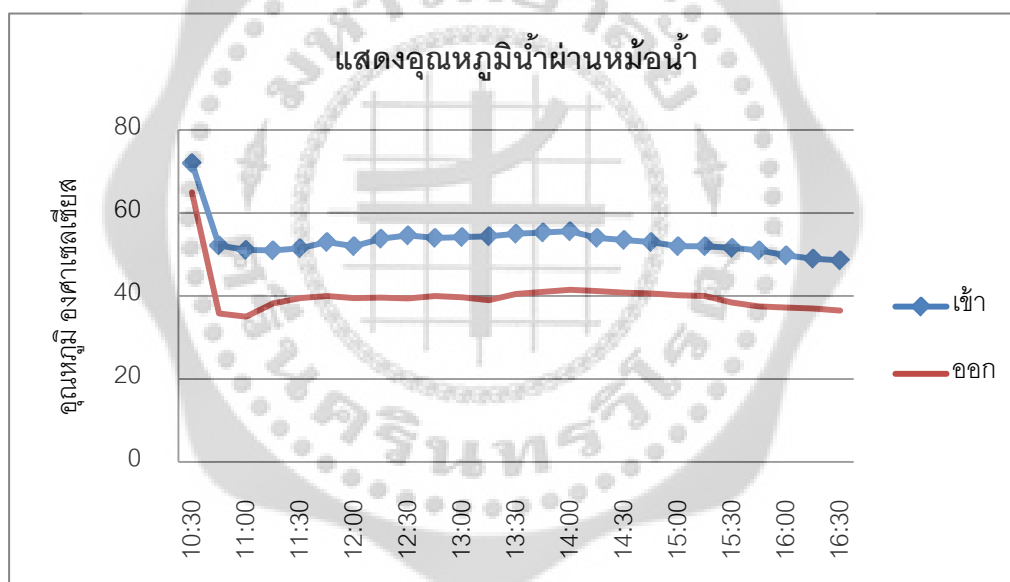
เมื่อ Q คือ พลังงานความร้อนเท่ากับ w c_p คือ ความร้อนจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ $J/kg \cdot K$
 ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิ คือ $^{\circ}C$ m คือ อัตราการไหลของน้ำ (kg/s) (เป็นค่าคงที่)

ตารางที่ 24 แสดงอุณหภูมิน้ำผ่านหม้อน้ำ

ลำดับที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิน้ำในหม้อน้ำ $^{\circ}C$		ผลต่าง ของอุณหภูมิ $^{\circ}C$
			เข้า	ออก	
1	10 : 30	1757.28	72	65	7
2	10 : 45	4117.056	52.2	35.8	16.4
3	11 : 00	4041.744	51.1	35	16.1
4	11 : 15	3213.312	51	38.2	12.8
5	11 : 30	3012.48	51.5	39.5	12
6	11 : 45	3263.52	53	40	13
7	12 : 00	3138	52	39.5	12.5
8	12 : 15	3564.768	53.8	39.6	14.2
9	12 : 30	3815.808	54.6	39.4	15.2
10	12 : 45	3514.56	54	40	14
11	13 : 00	3640.08	54.2	39.7	14.5
12	13 : 15	3866.016	54.4	39	15.4
13	13 : 30	3640.08	55	40.5	14.5
14	13 : 45	3589.872	55.3	41	14.3
15	14 : 00	3539.664	55.6	41.5	14.1
16	14 : 15	3213.312	54	41.2	12.8
17	14 : 30	3188.208	53.5	40.8	12.7
18	14 : 45	3112.896	53	40.6	12.4
19	15 : 00	2962.272	52	40.2	11.8
20	15 : 15	3012.48	52	40	12

ลำดับ ที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิน้ำในหม้อน้ำ °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ °C
			เข้า	ออก	
21	15 : 30	3313.728	51.6	38.4	13.2
22	15 : 45	3389.04	51	37.5	13.5
23	16 : 00	3163.104	49.8	37.2	12.6
24	16:15	3012.48	49	37	12
25	16:30	3037.584	48.6	36.5	12.1
เฉลี่ย			53.368	40.124	

กราฟแสดงอุณหภูมิผ่านหม้อน้ำ



ภาพประกอบที่ 44 แสดงอุณหภูมิผ่านหม้อน้ำ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า น้ำที่เข้าหม้อน้ำจะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 53.4 °C และมีอุณหภูมิออกเฉลี่ย 40.1 °C ของวันที่ 12/2/56

ตารางบันทึกผลการทดลองอุณหภูมิอากาศของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณใต้ตู้อบแห้ง โดยผู้วิจัยคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการพา ระหว่างของไหลและผนังจะต้องใช้สมการสำหรับการพาความร้อน ผู้วิจัยใช้สมการดังต่อไปนี้ (2-12)

$$Q_1 = h_1 A_1 (\Delta T)$$

เมื่อ Q_1 คือ พลังงานที่ใช้ (w)

A_1 คือ พื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (0.31 m²) (เป็นค่าคงที่)

ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิ (°C)

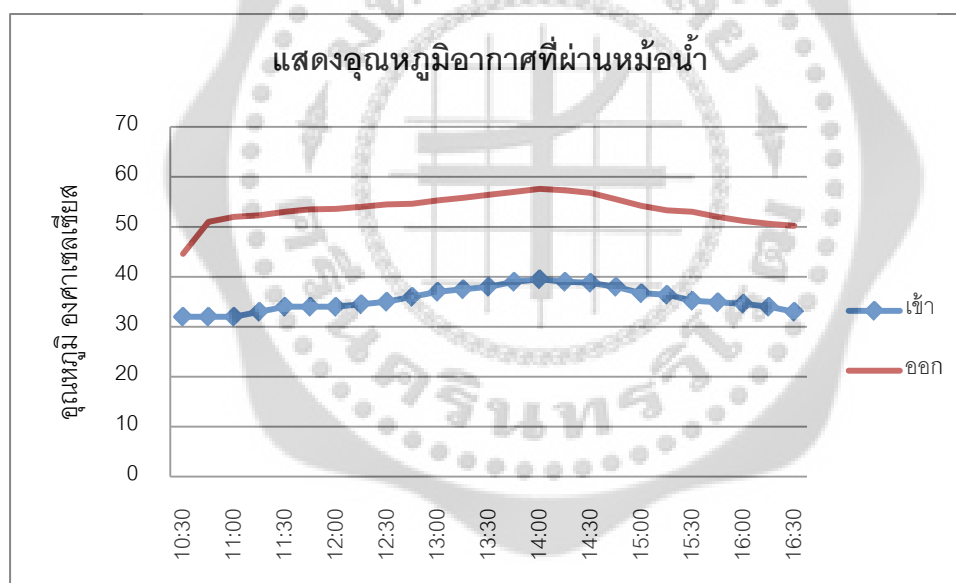
h_1 คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (315.6 w / m²K) (เป็นค่าคงที่)

ตารางที่ 25 แสดงอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ

ลำดับที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิอากาศบริเวณหม้อน้ำ °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ°C
			เข้า	ออก	
1	10 : 30	1232.734	32	44.6	12.6
2	10 : 45	1858.884	32	51	19
3	11 : 00	1956.72	32	52	20
4	11 : 15	1888.235	33	52.3	19.3
5	11 : 30	1858.884	34	53	19
6	11 : 45	1907.802	34	53.5	19.5
7	12 : 00	1917.586	34	53.6	19.6
8	12 : 15	1907.802	34.5	54	19.5
9	12 : 30	1907.802	35	54.5	19.5
10	12 : 45	1819.75	36	54.6	18.6
11	13 : 00	1790.399	37	55.3	18.3
12	13 : 15	1790.399	37.5	55.8	18.3
13	13 : 30	1800.182	38	56.4	18.4
14	13 : 45	1761.048	39	57	18
15	14 : 00	1770.832	39.5	57.6	18.1
16	14 : 15	1790.399	39	57.3	18.3
17	14 : 30	1761.048	38.8	56.8	18
18	14 : 45	1712.13	38	55.5	17.5
19	15 : 00	1712.13	36.7	54.2	17.5

ลำดับที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิอากาศบริเวณหม้อน้ำ °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ°C
			เข้า	ออก	
20	15 : 15	1653.428	36.4	53.3	16.9
21	15 : 30	1741.481	35.2	53	17.8
22	15 : 45	1672.996	34.9	52	17.1
23	16 : 00	1624.078	34.6	51.2	16.6
24	16:15	1624.078	34	50.6	16.6
25	16:30	1682.779	33	50.2	17.2
เฉลี่ย			35.524	53.572	

กราฟแสดงอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ



ภาพประกอบที่ 45 แสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ

จากกราฟแสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ โดยมีอุณหภูมิทางเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 35.5 °C และอุณหภูมิที่ผ่านหม้อน้ำ(ออก) เฉลี่ย 53.5 °C ของวันที่ 12/2/56

ตารางบันทึกผลการทดลองอุณหภูมิ น้ำ ของชุดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณบนจานพาราโบลาโบลิด (จุดโฟกัส) สำหรับพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นสามารถหาได้จากสมการ (2-11)

$$Q_2 = U_2 A_2 (\Delta T)$$

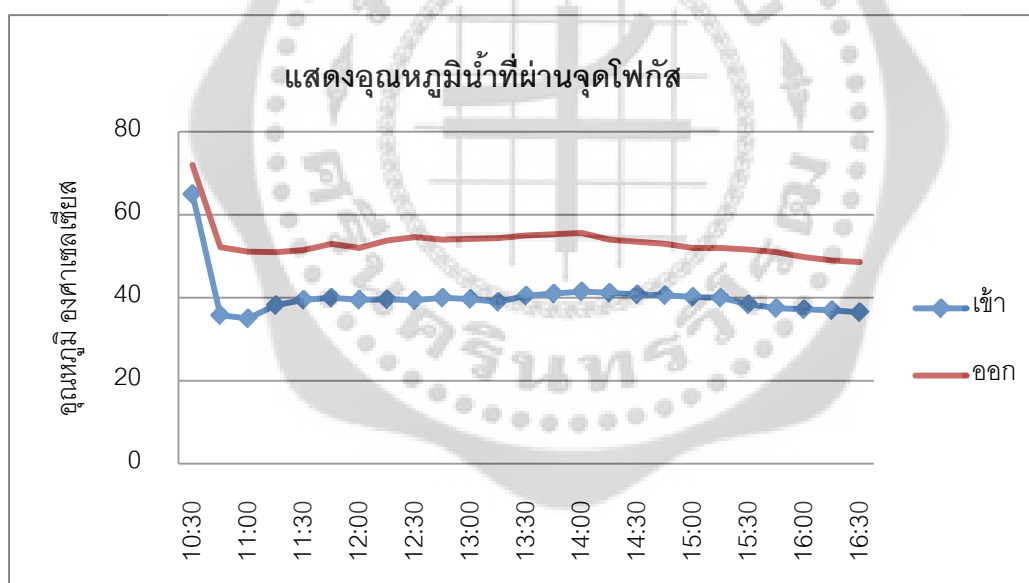
- เมื่อ Q_2 คือ พลังงานที่ใช้ (w)
 A_2 คือ พื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (1.1 m²) (เป็นค่าคงที่)
 ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิ (°C)
 U_2 คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (124 w / m²K) (เป็นค่าคงที่)

ตารางที่ 26 แสดงอุณหภูมิ น้ำ ที่ผ่านจุดโฟกัส

ลำดับที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	บริเวณจุดโฟกัส °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ °C
			เข้า	ออก	
1	10 : 30	954.8	65	72	7
2	10 : 45	2236.96	35.8	52.2	16.4
3	11 : 00	2196.04	35	51.1	16.1
4	11 : 15	1745.92	38.2	51	12.8
5	11 : 30	1636.8	39.5	51.5	12
6	11 : 45	1773.2	40	53	13
7	12 : 00	1705	39.5	52	12.5
8	12 : 15	1936.88	39.6	53.8	14.2
9	12 : 30	2073.28	39.4	54.6	15.2
10	12 : 45	1909.6	40	54	14
11	13 : 00	1977.8	39.7	54.2	14.5
12	13 : 15	2100.56	39	54.4	15.4
13	13 : 30	1977.8	40.5	55	14.5
14	13 : 45	1950.52	41	55.3	14.3
15	14 : 00	1923.24	41.5	55.6	14.1
16	14 : 15	1745.92	41.2	54	12.8
17	14 : 30	1732.28	40.8	53.5	12.7
18	14 : 45	1691.36	40.6	53	12.4
19	15 : 00	1609.52	40.2	52	11.8

ลำดับที่	เวลา	พลังงานที่ใช้ w	บริเวณจุดโฟกัส °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ°C
			เข้า	ออก	
20	15 : 15	1636.8	40	52	12
21	15 : 30	1800.48	38.4	51.6	13.2
22	15 : 45	1841.4	37.5	51	13.5
23	16 : 00	1718.64	37.2	49.8	12.6
24	16:15	1636.8	37	49	12
25	16:30	1650.44	36.5	48.6	12.1
เฉลี่ย			40.124	53.368	

กราฟแสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดโฟกัส



ภาพประกอบที่ 46 แสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดโฟกัส

จากกราฟแสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดโฟกัส โดยมีอุณหภูมิทางเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 40.1 °C และอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดโฟกัส(ออก)เฉลี่ย 53.3 °C ของวันที่ 12/2/56

ตารางบันทึกผลการทดลองความชื้นของวัสดุดิบ โดยคำนวณการไหลของอากาศคำนวณได้จากสมการที่ (2-3)

$$M_w L = M_a C_p (T_i - T_t)$$

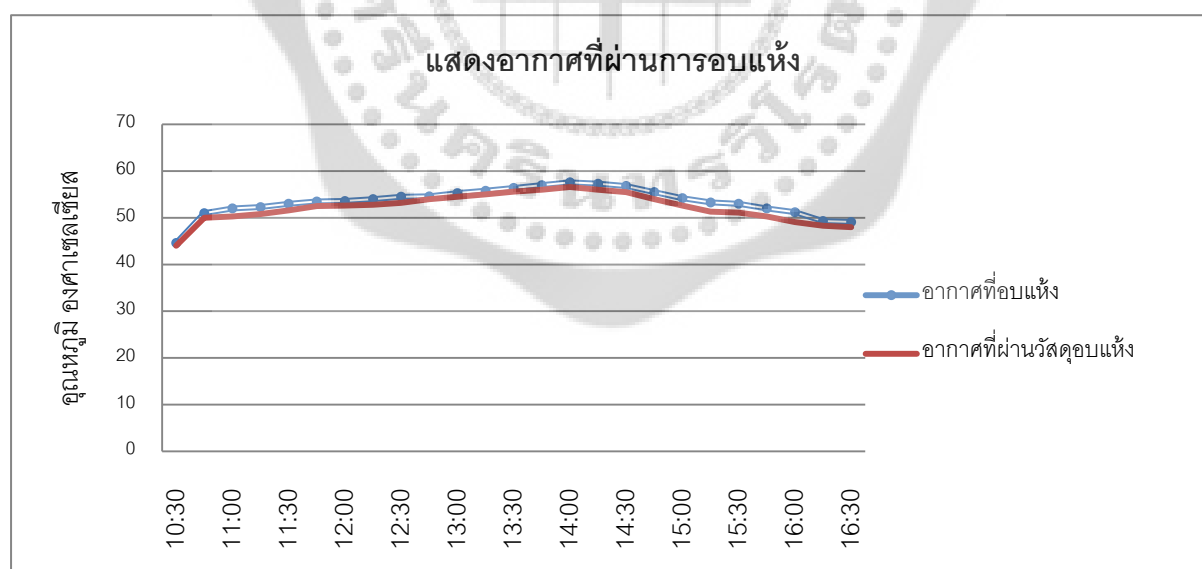
- เมื่อ M_w คือ น้ำหนักของน้ำที่หายไปหลังการอบแห้ง kg
 M_a คือ น้ำหนักของอากาศที่ใช้ออบ kg (เป็นค่าคงที่)
 L คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ kJ/kg (เป็นค่าคงที่)
 C_p คือ ความร้อนจำเพาะของอากาศที่คงที่ ($1.1+0.0488 M$) (เป็นค่าคงที่)
 T_i คือ อุณหภูมิของอากาศที่อบแห้ง °C
 T_t คือ อุณหภูมิของอากาศที่อบแห้งหลังจากผ่านวัสดุอบแห้ง °C

ตารางที่ 27 แสดงอากาศที่ผ่านการอบแห้ง

ลำดับที่	เวลา	น้ำหนักของน้ำที่หายไปหลังการอบแห้ง(kg)	น้ำหนักของอากาศที่ใช้ออบ (kg)	อากาศที่อบแห้ง (°C)	อากาศที่ผ่านวัสดุอบแห้ง °C	ผลต่างของอุณหภูมิ°C
1	10 : 30	0.056613	231.45	44.6	44	0.6
2	10 : 45	0.094356	231.45	51	50	1
3	11 : 00	0.160404	231.45	52	50.3	1.7
4	11 : 15	0.141533	231.45	52.3	50.8	1.5
5	11 : 30	0.132098	231.45	53	51.6	1.4
6	11 : 45	0.094356	231.45	53.5	52.5	1
7	12 : 00	0.094356	231.45	53.6	52.6	1
8	12 : 15	0.113227	231.45	54	52.8	1.2
9	12 : 30	0.122662	231.45	54.5	53.2	1.3
10	12 : 45	0.150969	231.45	54.6	53	1.6
11	13 : 00	0.075484	231.45	55.3	54.5	0.8
12	13 : 15	0.188711	231.45	55.8	54.2	2
13	13 : 30	0.075484	231.45	56.4	55.6	0.8
14	13 : 45	0.094356	231.45	57	56	1
15	14 : 00	0.094356	231.45	57.6	56.6	1

ลำดับที่	เวลา	น้ำหนักของน้ำที่หายไปหลังการอบแห้ง(kg)	น้ำหนักของอากาศที่ใช้อบ(kg)	อากาศที่อบแห้ง (°C)	อากาศที่ผ่านวัสดุอบแห้ง °C	ผลต่างของอุณหภูมิ °C
16	14 : 15	0.122662	231.45	57.3	56.	1.3
17	14 : 30	0.122662	231.45	56.8	55.5	1.3
18	14 : 45	0.141533	231.45	55.5	54	1.5
19	15 : 00	0.150969	231.45	54.2	52.6	1.6
20	15 : 15	0.188711	231.45	53.3	51.3	2
21	15 : 30	0.179276	231.45	53	51.1	1.9
22	15 : 45	0.160404	231.45	52	50.3	1.7
23	16 : 00	0.198147	231.45	51.2	49.1	2.1
24	16;15	0.094356	231.45	49.3	48.3	1
25	16:30	0.104735	231.45	49.11	48	1.11
รวม		3.15242=2799.1 w		53.4764	52.228	

กราฟแสดงอากาศที่ผ่านการอบแห้ง



ภาพประกอบที่ 47 แสดงอากาศที่ผ่านการอบแห้ง

แบบบันทึกการทดลองครั้งที่ 5

เรื่อง การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจนวนรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์

ทางการเกษตร

วันที่ทำการทดลอง.....31/3/56.....เวลา...11:00.....น...ถึง....16:30...น.

วันที่ทำการทดลอง.....1/4/56.....เวลา...10:30.....น...ถึง....11:30...น.

วัตถุดิบที่ใช้ทดลอง...กล้วยน้ำว้าสุก (งอม) จำนวน...5...kg

วัตถุประสงค์ในการทดลอง

1. เพื่อพัฒนาแผงรับรังสีอาทิตย์แบบจนวนรวมรังสีที่มีสมรรถนะในการให้ความร้อนในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร
2. เพื่อหาประสิทธิภาพการอบแห้งโดยใช้แผงรับรังสีอาทิตย์แบบจนวนรวมรังสีระบบติดตามดวงอาทิตย์
3. เพื่อลดต้นทุนการผลิตและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

อุปกรณ์การทดลอง

1. เทอร์โมมิเตอร์ วัดอุณหภูมิ
2. มัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้า
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก

ข้อกำหนดก่อนการทดลอง

1. นำวัตถุดิบ (กล้วยน้ำว้า) ที่ปอกเปลือกแล้ว จำนวน 5 kg นำมาวัดให้เป็นแผ่น หนาประมาณ 3 mm และนำมาวางเรียงกันบนถาด
2. นำเครื่องอบแห้งออกมาตั้งไว้ที่กลางแจ้ง โดยหันหน้าของจนวนรวมรังสีอาทิตย์ไปทางทิศใต้ และทำการเติมน้ำตรงบริเวณจุดรวมรังสีอาทิตย์ (จุดโฟกัส) ที่เวลาประมาณ 9.30 น
3. เริ่มเปิดสวิตช์ปั้มน้ำ (เวลาประมาณ 9.30 น) จากนั้นรอจนกว่าอุณหภูมิบริเวณจุดโฟกัสอยู่ที่ 65-70 °C
4. เมื่ออุณหภูมิของจุดโฟกัสอยู่ที่ประมาณ 65-70°C (ซึ่งในขณะนั้นจะอยู่ที่เวลา 10.30-11.00 น.) จึงเริ่มดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนการทดลอง

1. เริ่มทำการเดินเครื่อง โดยให้อุณหภูมิในตู้อบแห้งมีอุณหภูมิอยู่ประมาณ 52-55 °C
2. ตรวจสอบวัตถุดิบเป็นระยะ จนวัตถุดิบนั้นแห้งมีสีเหลืองทอง หรือน้ำหนักของกั้ววยอบม้วนอยู่ที่ 1.8 kg โดยจะใช้ระยะเวลาประมาณ 6.30 ชม.
3. นำวัตถุดิบมาใส่ในภาชนะ และทำความสะอาดในตู้อบแห้ง

วิธีการทดลอง

1. ทดลองวัดอุณหภูมิบริเวณจุดไฟกั้ว ตามอุณหภูมิที่กำหนด
2. ทดลองวัดอุณหภูมิภายในบริเวณตู้อบแห้ง ตามอุณหภูมิที่กำหนด
3. ทดลองวัดอุณหภูมิบริเวณช่องระบายความร้อนหลังตู้อบแห้ง



ตารางบันทึกผลการทดลองอุณหภูมิของน้ำร้อนบริเวณเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ก่อนเข้าและหลังเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สามารถใช้ใช้สมการ (2 -17) ดังต่อไปนี้

$$Q_3 = m \cdot c_p (\Delta T)$$

เมื่อ Q คือ พลังงานความร้อนเท่ากับ w c_p คือ ความร้อนจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ $J/kg \cdot K$

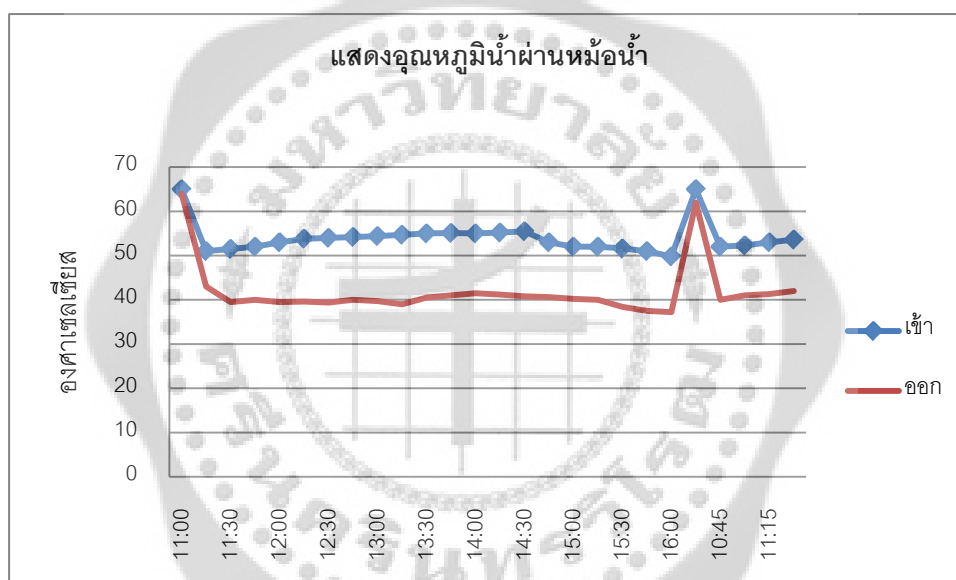
ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิ คือ $^{\circ}C$ m คือ อัตราการไหลของน้ำ (kg/s) (เป็นค่าคงที่)

ตารางที่ 28 แสดงอุณหภูมิน้ำผ่านหม้อน้ำ

ลำดับ	เวลา 31/3/56	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิน้ำในหม้อน้ำ $^{\circ}C$		ผลต่าง ของอุณหภูมิ $^{\circ}C$
			เข้า	ออก	
1	11 : 00	248.88	65	64	1
2	11 : 15	1991.04	51	43	8
3	11 : 30	2986.56	51.5	39.5	12
4	11 : 45	2986.56	52	40	12
5	12 : 00	3359.88	53	39.5	13.5
6	12 : 15	3534.096	53.8	39.6	14.2
7	12 : 30	3633.648	54	39.4	14.6
8	12 : 45	3534.096	54.2	40	14.2
9	13 : 00	3658.536	54.4	39.7	14.7
10	13 : 15	3907.416	54.7	39	15.7
11	13 : 30	3608.76	55	40.5	14.5
12	13 : 45	3509.208	55.1	41	14.1
13	14 : 00	3359.88	55	41.5	13.5
14	14 : 15	3484.32	55.2	41.2	14
15	14 : 30	3658.536	55.5	40.8	14.7
16	14 : 45	3086.112	53	40.6	12.4
17	15 : 00	2936.784	52	40.2	11.8
18	15 : 15	2986.56	52	40	12
19	15 : 30	3285.216	51.6	38.4	13.2
20	15 : 45	3359.88	51	37.5	13.5
21	16 : 00	3135.888	49.8	37.2	12.6

ลำดับ	เวลา 1/4/56	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิน้ำในหม้อน้ำ °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ°C
			เข้า	ออก	
24	10:30	746.64	65	62	3
25	10:45	2986.56	52	40	12
26	11:00	2812.344	52.3	41	11.3
27	11:15	2911.896	53	41.3	11.7
28	11:30	2887.008	53.6	42	11.6
เฉลี่ย			53.588	41.076	

กราฟแสดงอุณหภูมิน้ำผ่านหม้อน้ำ



ภาพประกอบที่ 48 แสดงอุณหภูมิน้ำผ่านหม้อน้ำ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า น้ำที่เข้าหม้อน้ำจะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 53.5 °C และมีอุณหภูมิออกเฉลี่ย 41 °C ของวันที่ 31/3/56 และ 1/4/56

ตารางบันทึกผลการทดลองอุณหภูมิอากาศของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณใต้ตู้อบแห้ง โดยผู้วิจัยคำนวณการถ่ายเทความร้อนโดยการพา ระหว่างของไหลและผนังจะต้องใช้สมการสำหรับการพาความร้อน ผู้วิจัยใช้สมการดังต่อไปนี้ (2-12)

$$Q_1 = h_1 A_1 (\Delta T)$$

เมื่อ Q_1 คือ พลังงานที่ใช้ (w)

A_1 คือ พื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (0.31 m²) (เป็นค่าคงที่)

ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิ (°C)

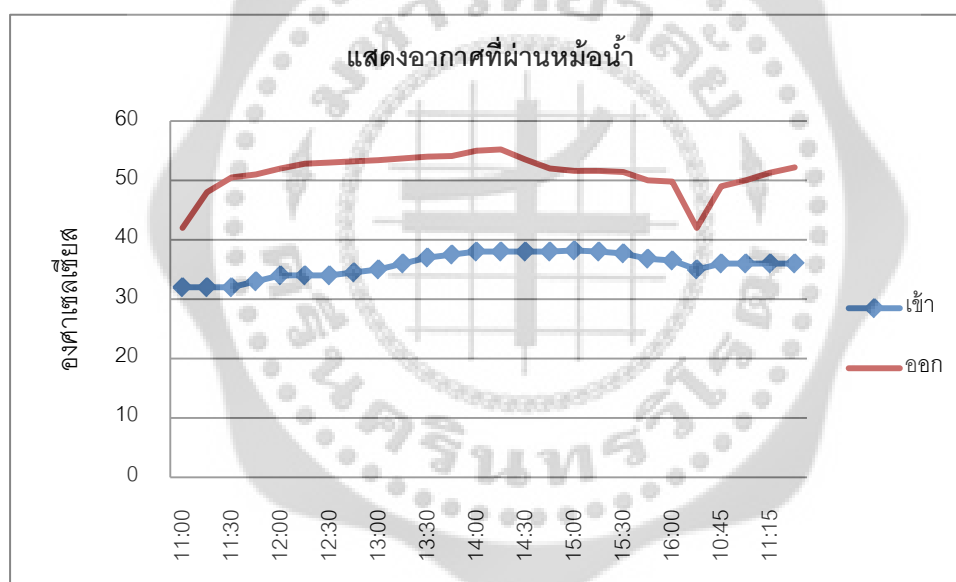
h_1 คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (315.6 w / m²K) (เป็นค่าคงที่)

ตารางที่ 29 แสดงอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ

ลำดับที่	เวลา 31/3/56	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิอากาศบริเวณหม้อน้ำ °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ°C
			เข้า	ออก	
1	11 : 00	978.36	32	42	10
2	11 : 15	1565.376	32	48	16
3	11 : 30	1809.966	32	50.5	18.5
4	11 : 45	1761.048	33	51	18
5	12 : 00	1761.048	34	52	18
6	12 : 15	1839.317	34	52.8	18.8
7	12 : 30	1858.884	34	53	19
8	12 : 45	1829.533	34.5	53.2	18.7
9	13 : 00	1800.182	35	53.4	18.4
10	13 : 15	1731.697	36	53.7	17.7
11	13 : 30	1663.212	37	54	17
12	13 : 45	1624.078	37.5	54.1	16.6
13	14 : 00	1663.212	38	55	17
14	14 : 15	1682.779	38	55.2	17.2
15	14 : 30	1516.458	38	53.5	15.5
16	14 : 45	1369.704	38	52	14
17	15 : 00	1311.002	38.2	51.6	13.4
18	15:15	1330.57	38	51.6	13.6
19	15:30	1340.353	37.7	51.4	13.7
20	15:45	1291.435	36.8	50	13.2
21	16:00	1301.219	36.5	49.8	13.3

ลำดับ	เวลา 1/4/56	พลังงานที่ใช้ w	อุณหภูมิอากาศบริเวณหม้อน้ำ °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ °C
			เข้า	ออก	
24	10:30	489.18	35	42	5
25	10:45	1271.868	36	49	13
26	11:00	1369.704	36	50	14
27	11:15	1467.54	36	51.3	15
28	11:30	1496.891	36	52.2	15.3
เฉลี่ย			35.745833	51.19	

กราฟแสดงอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ



ภาพประกอบที่ 49 แสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ

จากกราฟแสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านหม้อน้ำ โดยมีอุณหภูมิทางเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 35.7 °C และอุณหภูมิที่ผ่านหม้อน้ำ(ออก) เฉลี่ย 51.9 °C ของวันที่ 31/3/56 และ 1/4/56

ตารางบันทึกผลการทดลองอุณหภูมิ น้ำ ของชุดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณบนจานพาราโบลาบิด (จุดโฟกัส) สำหรับพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นสามารถหาได้จากสมการ (2-11)

$$Q_2 = U_2 A_2 (\Delta T)$$

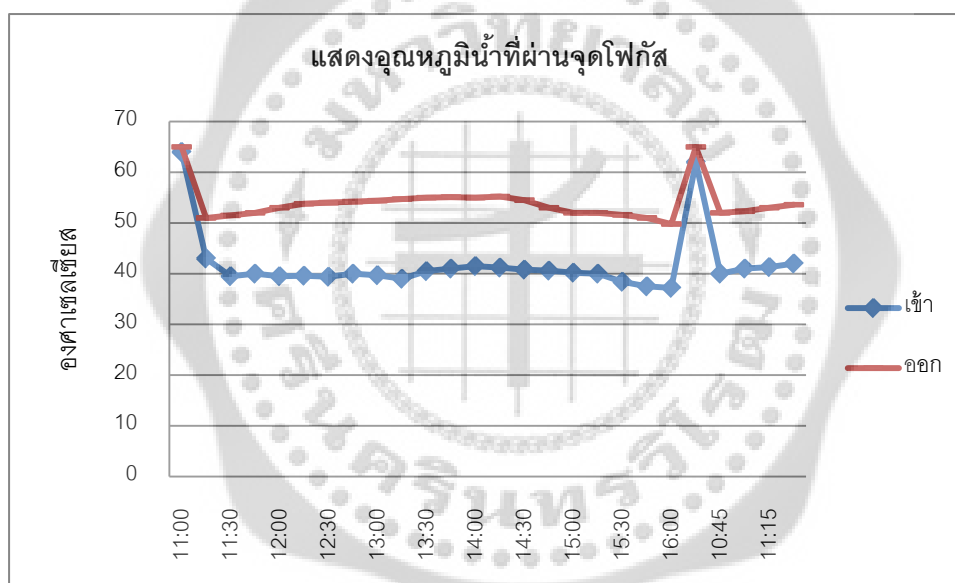
- เมื่อ Q_2 คือ พลังงานที่ใช้ (w)
 A_2 คือ พื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (1.1 m²) (เป็นค่าคงที่)
 ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิ (°C)
 U_2 คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (124 w / m²K) (เป็นค่าคงที่)

ตารางที่ 30 แสดงอุณหภูมิ น้ำ ที่ผ่านจุดโฟกัส

ลำดับที่	เวลา 30/3/56	พลังงานที่ใช้ w	บริเวณจุดโฟกัส °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ °C
			เข้า	ออก	
1	11 : 00	136.4	64	65	1
2	11 : 15	1091.2	43	51	8
3	11 : 30	1636.8	39.5	51.5	12
4	11 : 45	1636.8	40	52	12
5	12 : 00	1841.4	39.5	53	13.5
6	12 : 15	1936.88	39.6	53.8	14.2
7	12 : 30	1991.44	39.4	54	14.6
8	12 : 45	1936.88	40	54.2	14.2
9	13 : 00	2005.08	39.7	54.4	14.7
10	13 : 15	2141.48	39	54.7	15.7
11	13 : 30	1977.8	40.5	55	14.5
12	13 : 45	1923.24	41	55.1	14.1
13	14 : 00	1841.4	41.5	55	13.5
14	14 : 15	1909.6	41.2	55.2	14
15	14 : 30	2005.08	40.8	54.5	14.7
16	14 : 45	1691.36	40.6	53	12.4
17	15 : 00	1609.52	40.2	52	11.8
18	15:15	1636.8	40	52	12
19	15:30	1800.48	38.4	51.6	13.2
20	15:45	1841.4	37.5	51	13.5
21	16:00	1718.64	37.2	49.8	12.6

ลำดับ	เวลา 1/4/56	พลังงานที่ใช้ w	บริเวณจุดไฟกั๊ส °C		ผลต่าง ของอุณหภูมิ°C
			เข้า	ออก	
24	10:30	409.2	62	65	3
25	10:45	1636.8	40	52	12
26	11:00	1541.32	41	52.3	11.3
27	11:15	1595.88	41.3	53	11.7
28	11:30	1582.24	42	53.6	11.6
เฉลี่ย			41.88077	54.02692	

กราฟแสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดไฟกั๊ส



ภาพประกอบที่ 50 แสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดไฟกั๊ส

จากกราฟแสดงอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดไฟกั๊ส โดยมีอุณหภูมิทางเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 41.8 °C และอุณหภูมิน้ำที่ผ่านจุดไฟกั๊ส(ออก)เฉลี่ย 54 °C ของวันที่ 31/3/56 และ 1/4/56

ตารางบันทึกผลการทดลองความชื้นของวัสดุดิบ โดยคำนวณการไหลของอากาศคำนวณได้จากสมการที่ (2-3)

$$M_w L = M_a C_p (T_i - T_t)$$

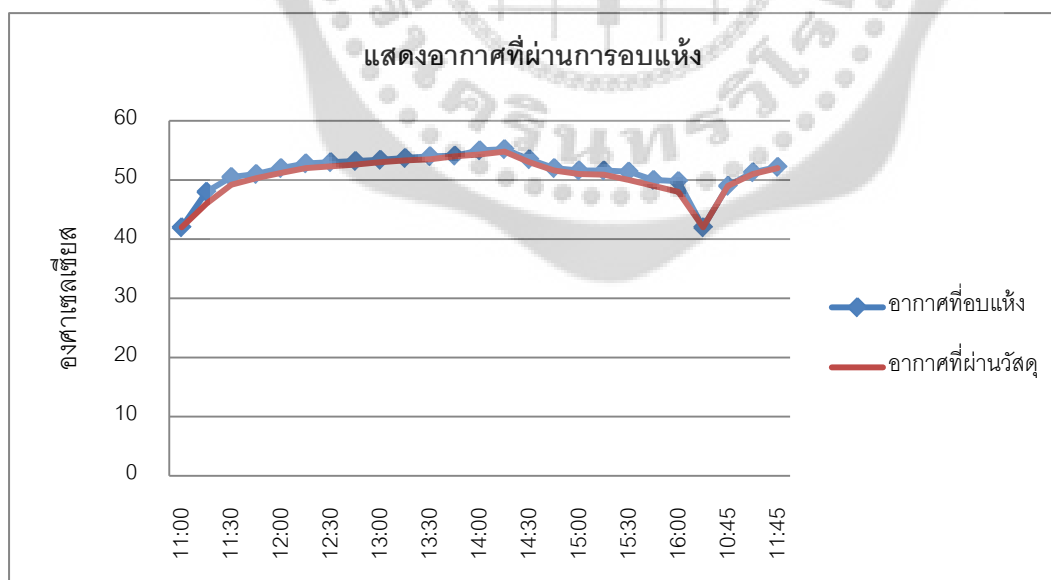
- เมื่อ M_w คือ น้ำหนักของน้ำที่หายไปหลังการอบแห้ง kg
 M_a คือ น้ำหนักของอากาศที่ใช้ออบ kg (เป็นค่าคงที่)
 L คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ kJ/kg (เป็นค่าคงที่)
 C_p คือ ความร้อนจำเพาะของอากาศที่คงที่ ($1.1+0.0488 M$) (เป็นค่าคงที่)
 T_i คือ อุณหภูมิของอากาศที่อบแห้ง °C
 T_t คือ อุณหภูมิของอากาศที่อบแห้งหลังจากผ่านวัสดุอบแห้ง °C

ตารางที่ 31 แสดงอากาศที่ผ่านการอบแห้ง


ลำดับที่	เวลา 31/3/56	น้ำหนักของน้ำที่ หายไปหลังการ อบแห้ง(kg)	น้ำหนักของ อากาศที่ใช้ออบ (kg)	อากาศที่ อบแห้ง (°C)	อากาศที่ผ่านวัสดุ อบแห้ง °C	ผลต่าง ของอุณหภูมิ°C
1	11 : 00	0.056937	231.45	42	42	0
2	11 : 15	0.189789	231.45	48	46	2
3	11 : 30	0.17081	231.45	50.5	48.7	1.8
4	11 : 45	0.085405	231.45	51	50.1	0.9
5	12 : 00	0.17081	231.45	52	50.2	1.8
6	12 : 15	0.094895	231.45	52.8	51.8	1
7	12 : 30	0.094895	231.45	53	52	1
8	12 : 45	0.094895	231.45	53.2	52.2	1
9	13 : 00	0.085405	231.45	53.4	52.5	0.9
10	13 : 15	0.132852	231.45	53.7	52.3	1.4
11	13 : 30	0.142342	231.45	54	53	1
12	13 : 45	0.104384	231.45	54.1	53.5	0.6
13	14 : 00	0.113873	231.45	55	53.8	1.2
14	14 : 15	0.208768	231.45	55.2	54	1.2
15	14 : 30	0.142342	231.45	53.5	52	1.5

ลำดับ ที่	เวลา	น้ำหนักของน้ำที่ หายไปหลังการ อบแห้ง(kg)	น้ำหนักของ อากาศที่ใช้อบ (kg)	อากาศที่ อบแห้ง (°C)	อากาศที่ผ่านวัสดุ อบแห้ง °C	ผลต่าง ของอุณหภูมิ°C
16	14 : 45	0.075916	231.45	52	51.2	0.8
17	15 : 00	0.056937	231.45	51.6	51	0.6
18	15 : 15	0.151831	231.45	51.6	50	1.6
19	15 : 30	0.132852	231.45	51.4	50	1.4
20	15 : 45	0.094895	231.45	50	49	1
21	16 : 00	0.17081	231.45	49.8	48	1.8
1/4/56						
22	10:30	0.142342	231.45	42	42	0
23	10:45	0.132852	231.45	49	48	1
24	11:00	0.17081	231.45	51.3	48.5	2.8
25	11:45	0.075916	231.45	52.2	50.4	1.8
รวม		3.093561 kg = 2,728.3 w		51.292	50.532	

กราฟแสดงอากาศที่ผ่านการอบแห้ง



ภาพประกอบที่ 51 แสดงอากาศที่ผ่านการอบแห้ง



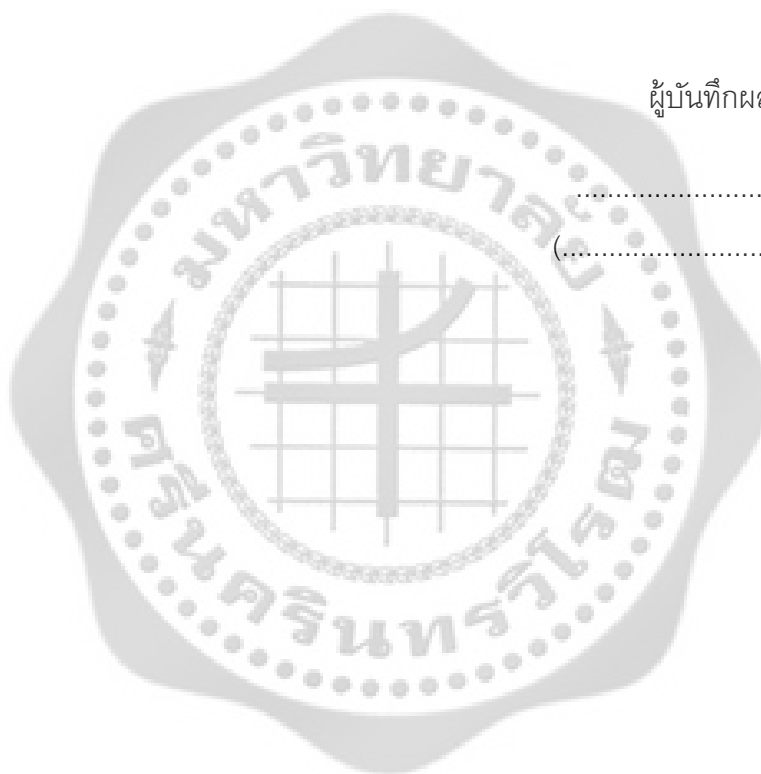
ภาคผนวก ซ
แบบบันทึกผลการทดลองผลิตภัณฑ์ของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์
แบบจวนรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

อภิปรายและสรุปผลการทดลอง ครั้งที่ 1

วัตถุดิบที่ใช้เป็นกล้วยสุก 5 kg (เปลือกแข็ง, หนา) ใช้เวลาการอบแห้ง 6 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 10.30-16.30 น

ผลที่ออกมา 62.23 % ลักษณะกล้วยแห้งมากเกินไป แข็ง ไม่สามารถบริโภคได้ และอีก 38 % สามารถบริโภคได้ แต่ถ้ารับประทานจะมีความรู้สึกเป็นแสบ จึงไม่สามารถทำในเชิงพาณิชย์ได้ โดยน้ำหนักที่ชั่งได้หลังจากการอบแห้งประมาณ 1.5 kg ที่อุณหภูมิภายใต้อบเฉลี่ย 51.9 °C หรือ เท่ากับ 2881.46 วัตต์

การปรับปรุงแก้ไข ควรใช้กล้วยน้ำว้าที่สุก งาม เปลือกนิ่ม การรีดกล้วยควรบางไม่มาก (หนา ประมาณ 3 mm) และแช่น้ำเกลือประมาณ 20 นาที



ผู้บันทึกผลการทดลอง

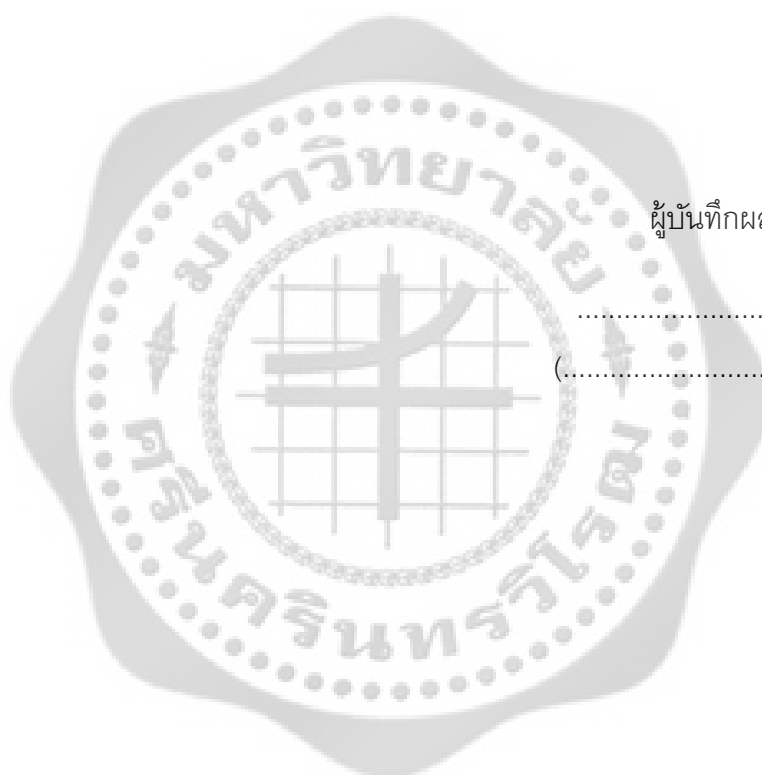
.....
(.....)

อภิปรายและสรุปผลการทดลอง ครั้งที่ 2

วัตถุดิบที่ใช้ในการอบแห้งเป็นกล้วยน้ำว้าสุก (งอม) จำนวน 5 kg ระยะเวลาในการอบแห้ง 6 ชั่วโมง (10.30 น -16.30 น)

ผลการทดลอง กล้วยอบมีสีสวย น่ารับประทาน รสชาติไม่หวานมาก สามารถบริโภคได้ การลอกออกจากภาชนะ สะดวก กล้วย ไม่ติดที่ภาชนะ และชั่งน้ำหนักครั้งสุดท้ายที่ 1.7 kg หรือ เท่ากับ 2812.54464 วัตต์ อุณหภูมิภายในตู้อบเฉลี่ย 51°C ที่อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 32°C ความเร็วลมเฉลี่ย 6.5 km/hr และความชื้นเฉลี่ยที่ 70 %

การปรับปรุงแก้ไขครั้งต่อไป ควรใช้กล้วยน้ำว้าที่สุก งอม การรีดกล้วยควรบางไม่มาก หนา ประมาณ 3-4 mm และแช่น้ำเกลือประมาณ 20 นาที



ผู้บันทึกผลการทดลอง

.....
(.....)

อภิปรายและสรุปผลการทดลอง ครั้งที่ 3

วัตถุดิบที่ใช้ในการอบแห้งเป็นกล้วยน้ำว้าสุก (งอม) จำนวน 5 kg ระยะเวลาในการอบแห้ง 5.30 ชั่วโมง (10.30 น -16.00 น)

ผลการทดลอง กล้วยอบมีสีสวย น่ารับประทาน รสชาติไม่หวานมาก สามารถบริโภคได้ การลอกกล้วยออกจากภาชนะได้สะดวก และชั่งน้ำหนักครั้งสุดท้ายที่ 1.8 kg หรือ 2266.26 วัตต์ ที่อุณหภูมิ 50.5 °C อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 32°C

ผู้บันทึกผลการทดลอง

.....

(.....)



อภิปรายและสรุปผลการทดลอง ครั้งที่ 4

วัตถุดิบที่ใช้ในการอบแห้งเป็นกล้วยน้ำว้าสุก (งอมและเปลือกเริ่มเป็นสีดำ) จำนวน 5 kg
ระยะเวลาในการอบแห้ง 6 ชั่วโมง (10.30 น -16.30 น)

ผลการทดลอง กล้วยอบมีสีสวย สามารถบริโภคได้ แต่กล้วยงอมมากเกินไป จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มี
ความชื้นสูง และไม่สามารถทำในเชิงพาณิชย์ได้ การลอกกล้วยออกจากภาชนะได้สะดวก และชั่งน้ำหนัก
ครั้งสุดท้ายที่ 1.8 kg หรือ 2266.26 วัตต์ ที่อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 32°C

การปรับปรุงแก้ไข ควรเลือกกล้วยที่สูงงอม แต่เปลือกไม่เป็นสีดำ ริดกล้วยที่ความหนาประมาณ
3-4 มม.

ผู้บันทึกผลการทดลอง

.....

(.....)

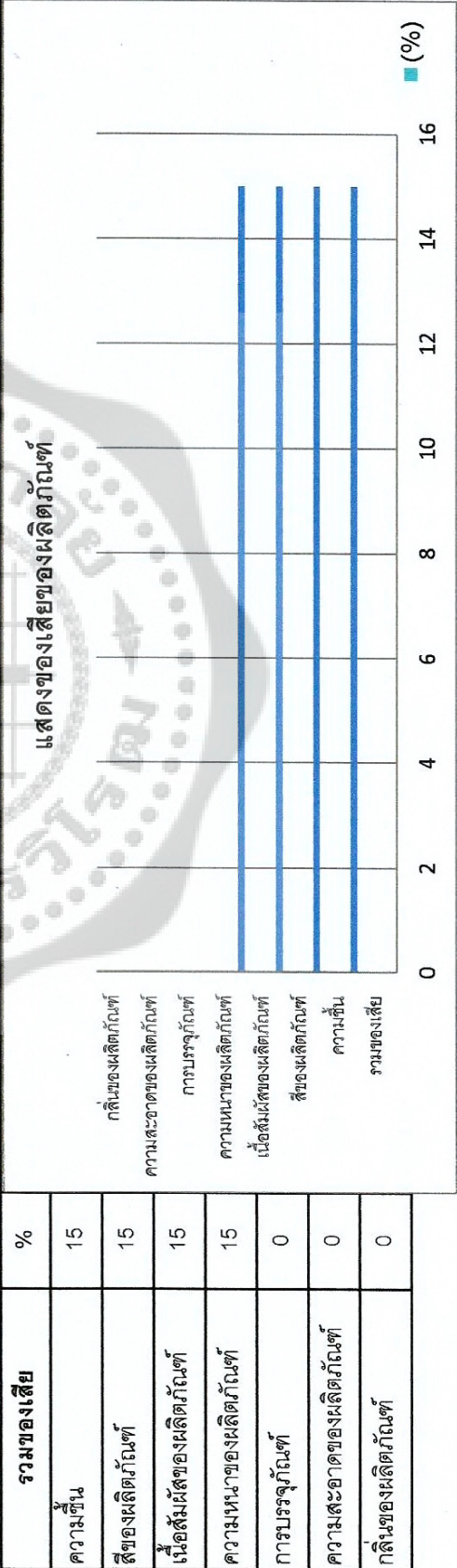


แบบบันทึกผลการทดลองผลิตภัณฑ์ของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจาวนร่วรงสีนึ่งกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ครั้งที่ 5

วันที่ทำการทดลอง 31/3/56 และ 1/4/56 เวลา...10 : 00. น-16 : 00. น. และ 10:30-11:30 น. (6 ชั่วโมง)

วัตถุประสงค์ที่ทดลอง.....กัช่วยนำวัสดุ (เปลือกส้ม, และเปลือกเริ่มจะเป็นสีดำ)..จำนวน.....3.6.....kg

รายละเอียด	วันที่								รวม	
	ภาคที่ 1 (ต้นบน)	ภาคที่ 2	ภาคที่ 3	ภาคที่ 4	ภาคที่ 4	ภาคที่ 4	ภาคที่ 4	ภาคที่ 4		
1. ความสะอาดของผลิตภัณฑ์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0/40
2. สีของผลิตภัณฑ์	X	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X	6/40
3. เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์	X	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X	6/40
4. กลิ่นของผลิตภัณฑ์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0/40
5. ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์	X	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X	6/40
6. ความชื้น	X	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X	6/40
7. การบรรจุภัณฑ์	X	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X	0/40



ผลการทดลอง ก้วยอบมีง้วนมีสีสวย สามารถบริโภคได้ ตรงตามท้องตลาด สามารถนำมาบริโภค
หรือทำในเชิงธุรกิจได้

ผู้บันทึกผลการทดลอง

.....

(.....)



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นาย หริรักษ์ ครอบประดิษฐ์
เกิด 2 ตุลาคม พ.ศ.2529
ที่อยู่ 442 ถ.นางพิม ต.ท่าพี่เลี้ยง อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี 72000
ประวัติการศึกษา
ปีการศึกษา 2550 คณะวิชาเครื่องกล สาขาช่างยนต์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ วิทยาเขตสุพรรณบุรี
ปีการศึกษา 2552 ศาสตรบัณฑิตสาขาระบบอัตโนมัติ สาขาเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตเทเวศร์
ปีการศึกษา 2556 การศึกษามหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

