รายงานการวิจัย

เรื่อง

ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง

The Optimization of High efficient Solar Dehydrator

นางสาวศิริวรรณ อาจบำรุง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ปีงบประมาณ 2561)

รายงานการวิจัย
เรื่อง
ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง

The Optimization of High efficient Solar Dehydrator

นางสาวศิริวรรณ อาจบำรุง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ปีงบประมาณ 2561)

หัวข้อวิจัย ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง
ผู้ดำเนินการวิจัย นางสาวศิริวรรณ อาจบำรุง
หน่วยงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ปี พ.ศ. 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ลดเวลาการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ช่วยถนอมอาหารหรือผลผลิตทางการเกษตรให้มีระยะเก็บที่ยาวนานมากยิ่งขึ้น โดยอาศัยหลักการทำอาหารให้แห้งคือไล่น้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในอาหารหรือผลิตผลทางการเกษตรออกไปแต่ยังมีความชื้นเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์อาหารเล็กน้อยซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่จะใช้วิธีแบบเก่าโดยการตากแดดผึ่งลม แต่บางครั้งสภาพอากาศมีความชื้นสูงหรือในฤดูฝนการตากแดดและผึ่งลมจะทำไม่ได้ นอกจากนี้ยังมีปัญหาเกี่ยวกับความไม่สะอาดเนื่องจากฝุ่นละอองในขณะตากและการรบกวนจากแมลง

จากการศึกษาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง ผลการทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง พบว่า น้ำหนักของเนื้อหมูก่อนทดสอบอยู่ที่ 500 กรัม ทำการทดสอบในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง เวลา 11.00 -15.00 น. อุณหภูมิเฉลี่ย นอกตู้อบ 27^{o} ในตู้อบเฉลี่ย 55^{o} น้ำหนักของเนื้อหมูหลังจากทดสอบ น้ำหนักของเนื้อหมูภายนอกตู้อบ 294.7 กรัม น้ำหนักของเนื้อภายในตู้อบ 248.7 กรัม น้ำหนักของเนื้อหมูในตู้อบลดลงมากกว่านอกตู้อบ 8.05 % เฉลี่ยแล้วใช้เวลาในการอบเร็วกว่านอกตู้อบ 1.30 ชั่วโมง

Research Title The Optimization of High efficient Solar Dehydrator
Researcher Miss.Siriwan Artbumrung
Organization Manufacturing Technology Program in Faculty of Engineering
Rajabhat Maha Sarakham University
Year 2019

ABSTRACT

The objective of the study was to reduce the duration of drying and preserving agricultural products which would help keeping the food longer after harvest. The preservation method is consisted of removing enough water or moist out of the food. Normally, most of the farmers use the old-fashioned method by drying the food outdoor through the sun and wind. There are so many uncontrollable factors such as high humidity, improper weather (rain, wind and dust), and insects or bugs, so it effects to cleanness and discontinuation of the process.

In order to study the High Efficient Solar Dehydrator, the results of the study showed as followed. Before dehydration process between 11 am.- 3 pm., there were two sets of 500 grams of pork ready for drying outside the high efficient solar dehydrator with the average temperature at 27 degree Celsius and drying inside the machine with the average temperature at 55 degree Celsius. After the test, the pork weight were 294.7 grams outside the dehydrator and 248.7 grams inside the dehydrator. It indicated that the high efficient solar dehydrator can reduce the pork weight down average at 8.05% faster than dehydrated it regularly outdoor about 1.30 hours.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ขอขอบคุณ อาจารย์ภคพล ช่างยันต์ ที่คอยสนับสนุนและช่วยเหลือเสียสละอันมีค่าในการให้คำปรึกษาคำแนะนำ และข้อคิดเป็นแนวทางในการแก้ไขตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นตลอดมา จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยที่มอบโอกาสให้ได้รับทุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามเป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งจึงขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ คุณประโยชน์อันใดพึงมีของงานวิจัยนี้ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาจากท่านดังกล่าวมาข้างต้น

นางสาวศิริวรรณ อาจบำรุง

2562

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญภาพ		ช
บทที่ 1	**บทนำ**	1
	ความเป็นมาและความสำคัญ	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
	ขอบเขตการวิจัย	1
	คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย/(นิยามศัพท์เฉพาะ)	2
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2	**แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	3
	ทฤษฎีและแนวคิด	3
	ประเภทการอบแห้ง	5
	การส่งผ่านความร้อนของสสาร	15
	การคำนวณเกี่ยวกับการทำให้แห้ง	11
	เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์	12
	ทฤษฎีเกี่ยวกับดวงอาทิตย์	16
	เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์	17
	ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	21
	ศึกษาหลักการทำงานของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง	21
	โครงสร้างและวัสดุของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง	21
	การทดลองหาประสิทธิภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง	22
บทที่ 4	**ผลการวิจัย**	24
	ผลการทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง	24
	ผลการทดลองเปรียบเทียบการใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง	25

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 30
สรุปผลการทดลอง 30
ปัญหาและอุปสรรคในการทดลอง 30
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ 30
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 31

บรรณานุกรม 32
บรรณานุกรมภาษาไทย 32
บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ 34

ภาคผนวก 35
ภาคผนวก ก 36
ภาคผนวก ข 41

ประวัติผู้วิจัย 42

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ตารางการเปรียบเทียบการใช้การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์และแหล่งความร้อนจากเชื้อเพลิงอื่น 4

3.1 ขั้นตอนดำเนินการทดสอบของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง 23

4.1 การทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ 24

4.2 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเนื้อหมูภายนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์และเนื้อหมูภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ 25

4.3 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างปลาช่อนภายนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์และปลาช่อนภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ 26

4.4 ผลการทดลองเปรียบระหว่างพริกภายนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์และพริกภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ 28

RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 แสดงพลังงานของดวงอาทิตย์นอกโลกและที่กระทบบนพื้นโลกที่ความยาวคลื่นต่างๆ 4
2.2 การตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์แบบธรรมชาติ 6
2.3 เครื่องอบแห้งแบบรับแสงอาทิตย์โดยตรงชนิดตู้ 6
2.4 เครื่องอบแห้งแบบรับแสงอาทิตย์โดยตรง ชนิดอุโมงค์หลังคาโค้ง 7
2.5 เครื่องอบแห้งแบบใช้แผงรับแสงอาทิตย์ (Indirect)..... 8
2.6 เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบผสม 8
2.7 เครื่องอบแห้งแบบใช้แผงรับความร้อนโดยใช้พัดลมดูดอากาศร้อนเพื่อลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ 9
2.8 เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นพลังงานขับพัดลม 9
2.9 เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์แบบแผงรับแสงอาทิตย์ 10
2.10 ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับหัวเผาความร้อน 10
2.11 ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชีวมวล 10
2.12 ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมฮีตเตอร์ไฟฟ้า 11
2.13 กราฟอัตราการแห้ง (จุด E คือความชื้นสมดุล,We) 13
2.14 ลักษณะการทำงานของตู้อบแห้งแบบ 2 และ 4 ตะแกรง 14
2.15 ลักษณะการทำงานของตู้อบแห้งแบบ 12 ตะแกรง 14
2.16 กล้วยตาก 15
2.17 พริกตากแห้ง 15
2.18 แสดงความยาวของแสงอาทิตย์ตามเขตภูมิศาสตร์โลก 16
2.19 อุปกรณ์ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ 18
3.1 ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง 21
3.2 โครงสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง 22
4.1 กราฟเปรียบเทียบเนื้อหมูในตู้อบ กับ นอกตู้อบ 25
4.2 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิในตู้อบ กับ นอกตู้อบ 26
4.3 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักของปลาในตู้อบ กับ นอกตู้อบ 27
4.4 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิในตู้อบ กับ นอกตู้อบ 27
4.5 เปรียบเทียบสีของปลาช่อนที่ทำการทดลอง 26
4.6 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักพริก นอกตู้อบกับในตู้อบ 28
4.7 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิในตู้อบกับนอกตู้อบ 29
ก-1 ตัดเหล็กทำโครงสร้าง 37
ก-2 การเชื่อมโครงตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ 37
ก-3 เจียขัดผิวโครงสร้าง 38
ก-4 ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์..... 38
ก-5 ติดตั้งแผงโซล่า เซลล์ 39
ก-6 ติดตั้งแบตเตอรี่ 39
ก-7 ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง 40

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่ทำการเกษตรและเป็นประเทศที่ทำการประมงในทุกภูมิภาคของประเทศไม่ว่าจะเป็นการประมงในพื้นที่ทะเลหรือพื้นที่น้ำจืด และมีผลผลิตต่างๆจำนวนมากจนบางทีผลผลิตเกิดความเสียหายและเน่าเสีย เนื่องจากไม่รู้วิธีถนอมอาหารให้มีระยะเวลาในการเก็บได้ยาวนานมากขึ้น ประกอบด้วยประเทศไทยอยู่ในภูมิภาคที่มีแสงแดดจัดจึงได้มีการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ จึงเรียกวิธีการนี้ว่า การอบแห้ง เพื่อถนอมให้มีอายุการในการเก็บรักษานานขึ้นและเรียกผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้โดยวิธีนี้ว่าผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้ง หลักในการทำอาหารให้แห้งคือจะต้องไล่น้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในผลิตผลทางการเกษตรออกไปแต่จะยังมีความชื้นหลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์มากน้อยแล้วแต่ชนิดของอาหาร ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่จะใช้วิธีการตากแดดผึ่งลม แต่บางครั้งสภาพอากาศมีความชื้นสูง หรือในฤดูฝนการตากแดดและผึ่งลมจะทำไม่ได้ นอกจากนี้ยังมีปัญหาเกี่ยวกับความไม่สะอาด เนื่องจากฝุ่นละอองในขณะตาก และการรบกวนจากสัตว์ซึ่งการทำให้อาหารแห้งมีหลายวิธี คือ 1. ใช้กระแสลมร้อนสัมผัสกับอาหาร เช่น ตู้อบแสงอาทิตย์ ตู้อบลมร้อน 2. พ่นอาหารที่เป็นของเหลวไปในลมร้อน เครื่องมือที่ใช้ คือ เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย 3. ให้อาหารสัมผัสผิวหน้าของลูกกลิ้งร้อน เครื่องมือที่ใช้ คือ เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง 4. กำจัดความชื้นในอาหารในสภาพที่ทำน้ำให้เป็นน้ำแข็ง แล้วกลายเป็นไอในห้องสุญญากาศ ซึ่งเป็นการทำให้อาหารแห้งแบบเยือกแข็งเครื่องมือคือเครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็ง 5. ลดความชื้นในอาหารโดยใช้ไมโครเวฟ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะดำเนินการสร้าง ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูงเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและเนื้อสัตว์ได้มีการเก็บและถนอมอาหารไว้ได้ยาวนานมากยิ่งขึ้นจึงทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่างๆ จากเครื่องอบโดยแสงแดดจากดวงอาทิตย์ มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบคำนวณโครงสร้างโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อถนอมอาหารให้มีอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น และเพื่อให้เกษตรกร มีรายได้เพิ่มมากขึ้นโดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้ง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อลดเวลาการอบแห้งเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร
2. เพื่อช่วยถนอมเนื้อสัตว์หรือผลผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรให้มีการเก็บรักษาที่ยาวนานมากยิ่งขึ้น

ขอบเขตการวิจัย

ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในครัวเรือนไม่ใช่ในงานอุตสาหกรรมเพื่อจำหน่ายแต่อย่างใด เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและเนื้อสัตว์ได้มีการเก็บถนอมอาหารไว้ได้ยาวนานมากยิ่งขึ้นและลดเวลาการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

ปัจจัยในการศึกษาในครั้งนี้

1. ความชื้นของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เนื้อสัตว์
2. ความสามารถในการทำงาน ระยะเวลาในการอบแห้ง

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย/(นิยามศัพท์เฉพาะ)

ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Drying) / ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร (Agricultural of Product) / การถนอมอาหาร (Food Preservation)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ระยะเวลาในการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรที่ยาวนานขึ้น
2. ด้านความสะอาดของผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้ง ไม่มีแมลงมารับกวน
3. ประหยัดระยะเวลาในการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรมากขึ้น

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการจัดทำโครงการตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูงทางคณะผู้จัดทำได้ดำเนินการศึกษาข้อมูลทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวกับโครงการต่างๆ โดยมีเนื้อหาและรายละเอียดแบ่งออกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

2.1 ทฤษฎีและแนวคิด
2.2 ประเภทการอบแห้ง
2.3 การคำนวณเกี่ยวกับการทำให้แห้ง
2.4 เตาอบพลังงานแสงาอาทิตย์
2.5 การส่งผ่านความร้อนของสสาร
2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับดวงอาทิตย์
2.7 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy)
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและแนวคิด

การอบแห้ง (Drying) เป็นกระบวนกำจัดความชื้น หรือน้ำในผลิตภัณฑ์ ให้ลดลงในค่าที่ยอมรับได้ ซึ่งอาหารหรือผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะมีค่าไม่เท่ากัน การกำจัดความชื้นในผลิตภัณฑ์สามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับการเลือกวิธีการ และเครื่องอบแห้ง ของผู้ออกแบบ กระบวนการอบแห้งเพื่อลดความชื้นของผลิตภัณฑ์โดยทั่วไปจะเป็นไปตามกราฟของการอบแห้ง (Drying Curve) ซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไขของการอบแห้งคงที่ เช่น มีอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมคงที่ การเปลี่ยนแปลงมวลและอุณหภูมิของอาหารหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการอบแห้งจะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน การอบแห้งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง คือ ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ (Initial Period) ช่วงการอบแห้งความเร็วคงที่ (Constant Rate Period) และช่วงการอบแห้งความเร็วลดลง (Falling Rate Period) (คู่มือเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์,2554)

การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ (Solar Drying) เนื่องจากประเทศไทยอยู่บริเวณศูนย์สูตร ซึ่งมีศักยภาพด้านการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 18.2 MJ/m^2- day และสืบเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม พืชผลทางการเกษตรมากมาย ส่วนหนึ่งก็จำหน่ายในรูปของสด และบางส่วนก็ทำการอบแห้ง หรือตากแห้ง เพื่อเพิ่มมูลค่า ยืดอายุการจัดเก็บหรือความสะดวกต่อการขนส่งการอบแห้งหรือตากแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ก็เป็นทางเลือกที่ของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการเลือกใช้เนื่องจาก ต้นทุนต่ำ และง่าย มีอุปกรณ์ไม่ยุ่งยากซับซ้อน(คู่มือเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์,2554)

ปัจจุบันประเทศไทยหลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ได้ให้ความสำคัญกับการใช้ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้น เนื่องจากกระแสการอนุรักษ์พลังงาน และลดการใช้ พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil) การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีรูปแบบพัฒนา หลายรูปแบบด้วยกัน เช่น เครื่องอบแห้งแบบธรรมชาติ แบบบังคับ หรือแบบมีตัวรับรังสี แต่ยัง ไม่ได้รับความนิยมมากนักในระดับเกษตรกร

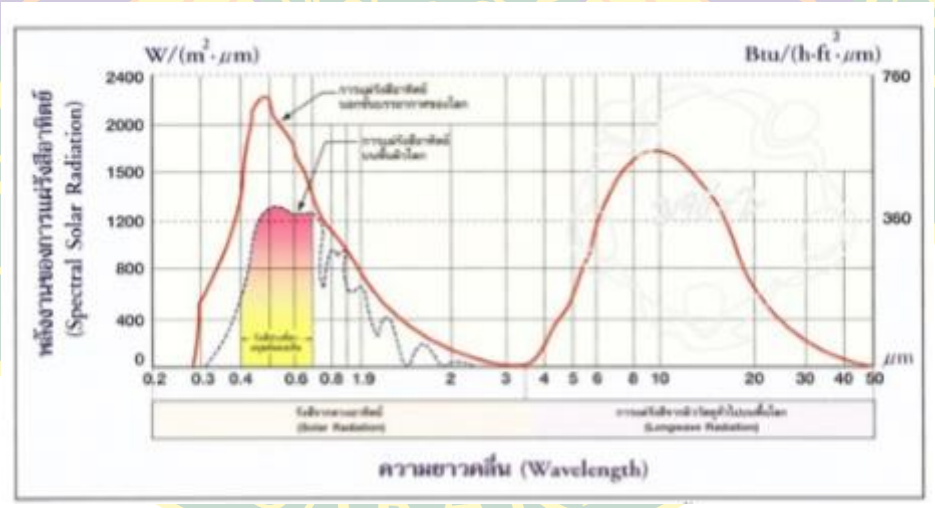
ครัวเรือน หรือระดับชุมชน เนื่องจากปริมาณการอบ ยังมีปริมาณน้อย ขาดการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสม และความไม่แน่นอนของปริมาณ แสงอาทิตย์ แต่อย่างไรก็ตาม การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ก็ยังข้อดีกว่าการใช้แหล่งความ ร้อนจากเชื้อเพลิงอื่นๆ ซึ่งสามารถแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางการเปรียบเทียบการใช้การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์และแหล่งความร้อนจากเชื้อเพลิงอื่น

รายการ	ความร้อนจากแสงอาทิตย์	เชื้อเพลิงน้ำมันเตา	ไฟฟ้า
ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน	ไม่มี	ราคาถูก (แนวโน้มเพิ่มขึ้น)	ราคาแพง
เงินลงทุนเครื่องอบแห้ง	ราคาแพง	ราคาปานกลาง	ราคาต่ำ
ระยะเวลาในการคุ้มทุน	ระยะเวลายาวแต่คุ้มค่า	ปานกลาง	ต่ำ
อายุการใช้งาน	ยาวนาน	ปานกลาง	ต่ำ
ค่าความร้อน/หน่วย	ต่ำ	สูง	ปานกลาง
ความสะดวกในการใช้งาน	ง่ายและสะดวก	ปานกลาง	สะดวก
พื้นที่ในการติดตั้ง	ใช้พื้นที่มากการติดตั้งยาก	ปานกลาง	น้อย
การประหยัดพลังงาน	ไม่มีค่าใช้จ่าย	ปานกลาง	ไม่ประหยัด
ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม	ไม่มีผลกระทบ (สะอาด)	ปานกลาง	น้อย

ตารางที่ 2.1 ตารางการเปรียบเทียบการใช้การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์และแหล่งความร้อนจากเชื้อเพลิงอื่น

กระบวนการในการอบแห้งหรือตากแห้งเป็นการระเหยน้ำที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ออกไปให้ เหลือปริมาณที่เหมาะสมซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะมีค่าความชื้นสุดท้ายไม่เท่ากัน โดยอาศัย พลังงานความร้อนเพื่อทำให้น้ำระเหย หรืออาจกล่าวได้ว่า พลังงานจากดวงอาทิตย์มีความร้อนอยู่ ในแสงอาทิตย์ โดยปกติแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลกจะประกอบด้วยรังสีต่างๆ 3 ช่วง คือ อัลตราไวโอเลต (UV) เป็นช่วงรังสีที่ฆ่าเชื้อโรคบางชนิดได้ ทำให้เกิดโรคมะเร็งได้ และจะทำให้สี ซีดจาง อัลตราไวโอเลตมีประมาณ 3% ของแสงแดด



ภาพที่ 2.1 แสดงพลังงานของดวงอาทิตย์นอกโลกและที่กระทบบนพื้นโลกที่ความยาวคลื่นต่างๆ

ที่มา : (สำนักงาน คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2542)

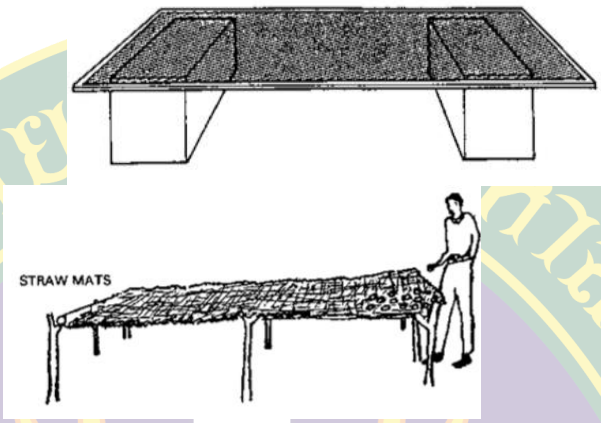
ช่วงที่สอง คือ แสงสว่างทำให้เราสามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ ได้ และช่วงสุดท้าย คือ อินฟราเรด (Infrared) เป็นช่วงที่มีความสำคัญต่อการอบแห้งหรือตากแห้ง เพราะช่วงนี้จะทำให้เกิด ความร้อนขึ้น ซึ่งมีปริมาณมากถึง 53% ของแสงแดด พลังงานที่ปลดปล่อยจากดวงอาทิตย์และ เคลื่อนที่มายังบรรยากาศนอกโลกอันที่จริงมีปริมาณสูงมากแต่จะถูกบรรยากาศเหนือพื้นโลกดูดซับ บางส่วนและเหลือประมาณ 800-1,000 วัตต์ต่อตารางเมตรดังแสดงในภาพที่ 2.1 แสดงพลังงานของ ดวงอาทิตย์นอกโลกและที่กระทบบนพื้นโลกที่ความยาวคลื่นต่างๆ (สำนักงาน คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2542)

1.1 ประเภทการอบแห้ง

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มนุษย์รู้จักและเรียนรู้การตากแห้งหรือใช้ความ ร้อนจากแสงอาทิตย์มาเป็นเวลานานแล้วไม่ว่าเป็นการตากผลผลิตทางการเกษตรการตากเสื้อผ้าการ ทำนาเกลือเป็นต้น แต่ส่วนใหญ่เป็นการตากแห้งแบบโดยตรง ซึ่งประสบปัญหามากมาย ทั้งความ ไม่แน่นอนของธรรมชาติ และบางครั้งยังอาจก่อให้เกิดความไม่สะอาดของผลผลิต หรือวัตถุดิบ เช่น ฝุ่นละออง แมลงวัน เชื้อโรคต่างๆดังนั้น การพยายามหาเครื่องมือ หรืออุปกรณ์ เพื่อช่วยลดปัญหา ดังกล่าว ก็ถูกพัฒนาขึ้น ในรูปของเครื่องอบแห้ง เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ที่ มนุษย์พยายามคิดค้น และพัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งพืชผลทางการเกษตร และลด ความเสียหายในการตากแห้ง โดยอาศัยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ เป็นหลัก ปัจจุบันเครื่อง อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทั้งด้านรูปแบบวิธีการ ทำให้สามารถ แยกออกเป็นประเภทใหญ่ได้ 3 ลักษณะ คือ การอบแห้งแบบ Passive การอบแห้งแบบ Active และ แบบ Hybrid (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติแล้วสิ่งแวดล้อม,2551)

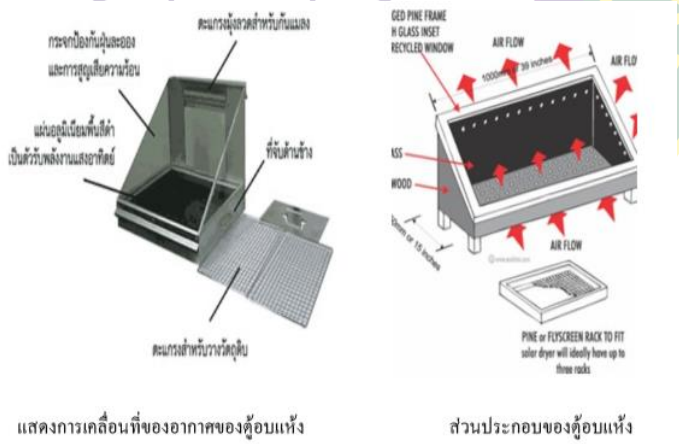
1.1.1 การอบแห้งแบบ (Passive) เป็นระบบแบบไม่อาศัยระบบขับเคลื่อนอากาศ เช่น พัดลม มาช่วยในการหมุนเวียนกระแสอากาศร้อนที่ได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ อาศัยการ เคลื่อนที่แบบธรรมชาติ เครื่องอบแห้งด้วยระบบนี้ ยังแบ่งย่อยได้อีก 4 ชนิด คือ เครื่องอบแห้งโดย ธรรมชาติ เครื่องอบแห้งที่รับแสงอาทิตย์โดยตรง (Direct Type) แบบใช้แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ (Indirect Type) และแบบผสม (Mixed Mode Type) การอบแห้งระบบ Passive คือระบบที่เครื่อง อบแห้งทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์และกระแสลมที่ผัดผ่านได้แก่ ก. เครื่องตากแห้งโดยธรรมชาติ เป็นการวางวัสดุไว้ที่กลางแจ้ง อาศัยความร้อนจาก แสงอาทิตย์และกระแสลมในบรรยากาศในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุ ข. ตู้อบแห้งแบบได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง วัสดุที่อบจะอยู่ในเครื่องอบแห้งที่ ประกอบด้วยวัสดุที่โปร่งใสความร้อนที่ใช้อบแห้งได้มาจากการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ และอาศัยหลักการขยายตัวเองอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้ง ทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเพื่อ ช่วยถ่ายเทอากาศชื้น ค. ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม เครื่องอบแห้งชนิดนี้วัสดุที่อยู่ภายใน จะได้รับความร้อน 2 ทาง คือ ทางตรงจากดวงอาทิตย์และทางอ้อมจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้ อากาศร้อนก่อนที่จะผ่านวัสดุอบแห้ง การตากแห้งแบบธรรมชาติ เป็นแบบที่นิยมใช้กันในระดับครัวเรือนในพื้นที่ชนบทเป็น ส่วนใหญ่ มีผลผลิตที่จะตากแห้งไม่มากนักประสิทธิภาพต่ำ ใช้ระยะเวลาในการตากแห้งนาน และ มักพบสิ่งปนเปื้อนมาก อาศัยวัตถุดิบรับแสงอาทิตย์โดยตรง และอากาศร้อนจะเคลื่อนที่พาความชื้น ออกจากวัตถุดิบโดยวิธีธรรมชาติ การตากแห้งแบบธรรมชาติ

มักจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย ราคาไม่แพง เช่น ใช้ไม้กระดานเป็นพื้นรองวัตถุดิบ พื้นปูน หรือตะแกรง ดังแสดงในภาพที่ 2.2



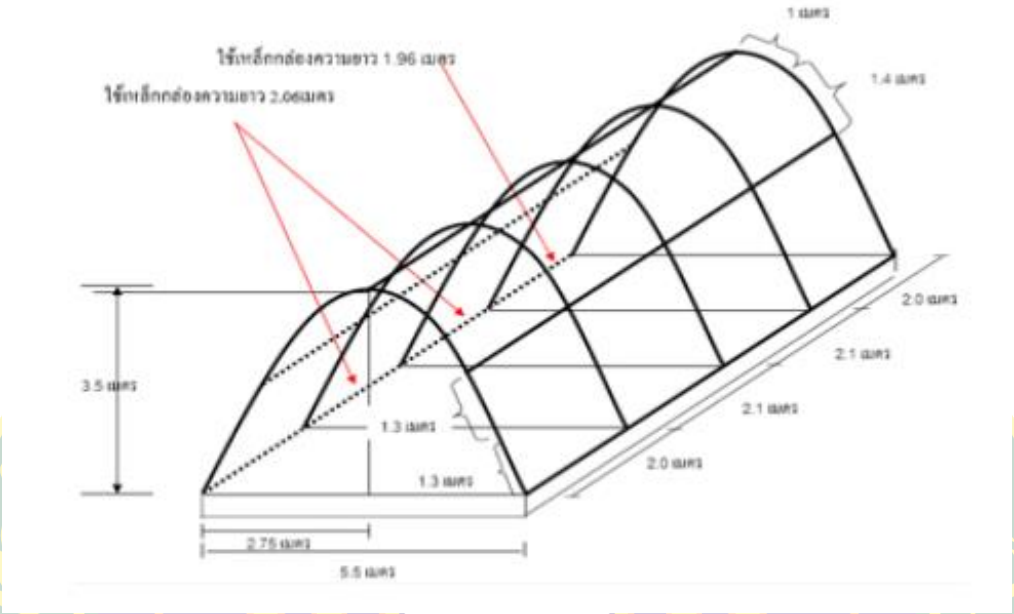
ภาพที่ 2.2 การตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์แบบธรรมชาติ

เครื่องตาก/อบแห้งแบบโดยตรง (Direct Type) การอบแห้งด้วยวิธีนี้อาศัยวัตถุดิบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง วัตถุดิบที่อบแห้งมักจะอยู่ในวัสดุโปร่งใส อากาศภายในเครื่องอบแห้ง จะเคลื่อนตัวจากการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนและจะพาความชื้นออกจากวัตถุดิบและหมุนเวียน เพื่อถ่ายเทความชื้น ภายในเครื่องอบแห้ง เครื่องอบแห้งแบบนี้อุณหภูมิภายในค่อนข้างสูงอาจสูงกว่า 60 °C ทำให้เวลาในการอบแห้งจะสั้นลง วัตถุดิบที่อบแห้งสะอาดไม่มีสิ่งบนเปื้อนจากมลภาวะภายนอก รวมถึงแมลงวันและแมลงพาหะต่างๆ ปัจจุบันเครื่องอบแห้งแบบนี้ได้รับการพัฒนาให้มีรูปแบบและวัสดุโปร่งใสให้มีประสิทธิภาพสูง เช่น วัสดุที่ใช้ทำหลังคา ต้องโปร่งใส ทนทานรังสี UV แสงผ่านเข้าง่ายและสะท้อนออกยาก ทำให้เก็บสะสมความร้อนได้เป็นอย่างดี และมีน้ำหนัก เบาเพื่อลดน้ำหนักโครงสร้าง ปัจจัยสำคัญในการพิจารณาปัจจัยหนึ่งคือราคาของวัสดุที่เลือกใช้ กระจกถือได้ว่าเป็นวัสดุที่มีการเลือกใช้กันมาก เนื่องจาก มีคุณสมบัติที่ดี ราคาถูก แต่มีปัญหา เรื่อง การแตกหักง่ายเครื่องอบแห้งแบบโดยตรงที่มีใช้ในปัจจุบันมีหลายรูปแบบด้วยกัน เช่นแบบตู้อบแห้งอุโมงค์หลังคาโค้งหรืออาจเป็นหลังคาทรงจั่วดังแสดงในภาพที่ 2.3 และภาพที่ 2.4



แสดงการเคลื่อนที่ของอากาศของตู้อบแห้ง ส่วนประกอบของตู้อบแห้ง

ภาพที่ 2.3 เครื่องอบแห้งแบบรับแสงอาทิตย์โดยตรงชนิดตู้

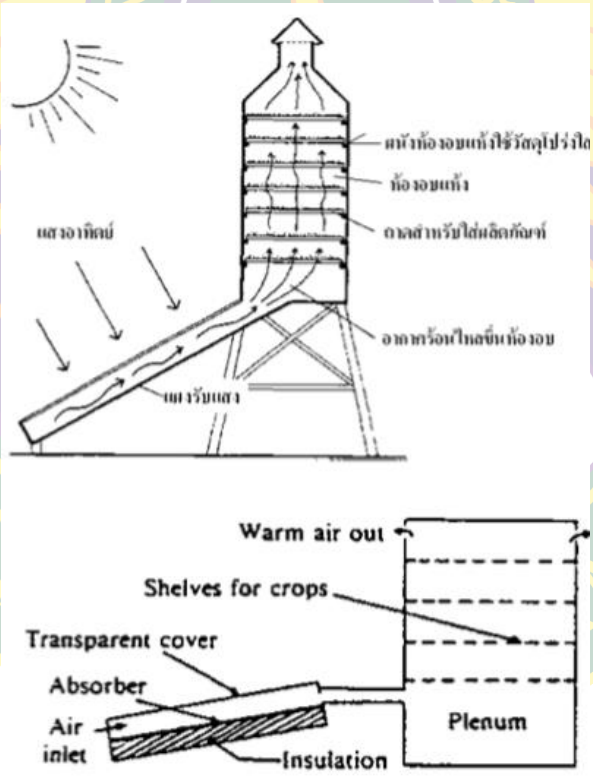


ภาพที่ 2.4 เครื่องอบแห้งแบบรับแสงอาทิตย์โดยตรง ชนิดอุโมงค์หลังคาโค้ง

แบบใช้แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ (Indirect Type) เครื่องอบแห้งแบบนี้วัสดุอบแห้งไม่ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรง จะมีแผงรับแสงอาทิตย์ (Solar Collector) ภายในจะมีวัสดุสำหรับดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์และถ่ายเทไปยังอากาศจนทำให้อากาศร้อนและเคลื่อนที่ไปยังห้องอบแห้งซึ่งภายในบรรจุวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง ผนังห้องสำหรับอบแห้งมักจะหุ้มฉนวนไว้เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนออกภายนอก ภายในห้องอบแห้งอาจทำเป็นชั้น หลายๆ ชั้น เพื่อให้บรรจุผลิตภัณฑ์ในการอบแห้งได้มากขึ้น ลักษณะทั่วไปของเครื่องอบแห้งแบบนี้ สามารถแสดงในภาพที่ 2.5

ภาพที่ 2.5 เครื่องอบแห้งแบบใช้แผงรับแสงอาทิตย์ (Indirect)

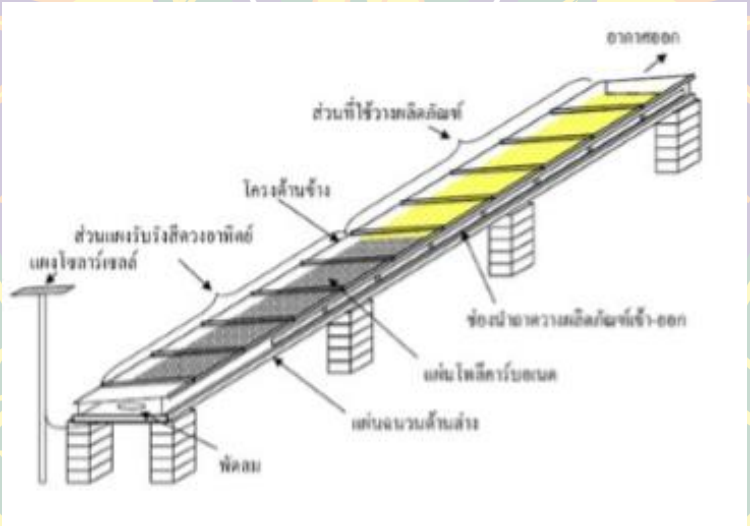
เครื่องอบแห้งแบบผสม (Mixed Mode Type) เครื่องอบแห้งแบบนี้จะมีลักษณะคล้ายกับแบบ ใช้แผงรับความร้อนจากดวงอาทิตย์ ต่างกันตรงห้องอบแห้งจะทำด้วยวัสดุโปร่งใสด้วยเพื่อให้ห้อง อบแห้งสามารถรับพลังงานจากดวงอาทิตย์ด้วย หรืออาจกล่าวได้ว่าเครื่องอบแห้งแบบนี้รับพลังงาน จากดวงอาทิตย์สองแหล่งคือจากแผงรับแสงและจากห้องอบแห้ง ดังแสดงในภาพที่ 2.6



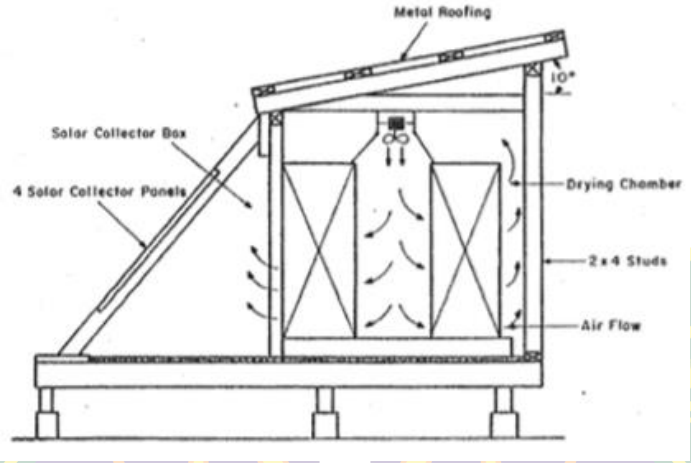
ภาพที่ 2.6 เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบผสม

1.1.2 การอบแห้งแบบ (Active) เป็นระบบหรือเครื่องอบแห้งที่มีเครื่องช่วยให้ อากาศเคลื่อนที่หมุนเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น พัดลม โดยพัดลมจะทำหน้าที่ดูดอากาศจาก ภายนอกให้เคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์รับความร้อนจากดวงอาทิตย์และมีการถ่ายเทความร้อนไปยัง อากาศให้อากาศเคลื่อนที่ผ่านวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการอบแห้งเพื่อลดความชื้นให้เหลือตาม ต้องการ โดยรูปแบบของเครื่องอบแห้งจะมีลักษณะคล้ายกับแบบ Passive เพียงแต่เพิ่มระบบ ขับเคลื่อนกระแสอากาศเข้าไปในเครื่องอบแห้ง ซึ่งสามารถแสดงในภาพที่ 2.7 ภาพที่ 2.8 และ ภาพที่ 2.9

ภาพที่ 2.7 เครื่องอบแห้งแบบใช้แผงรับความร้อนโดยใช้พัดลมดูดอากาศร้อนเพื่อลดความชื้นของผลิตภัณฑ์

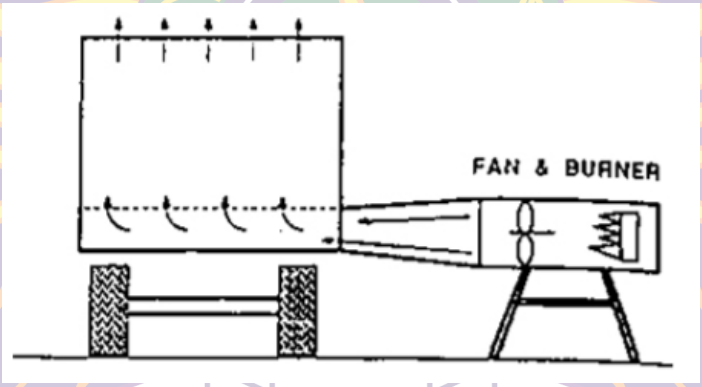


ภาพที่ 2.8 เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นพลังงานขับพัดลม



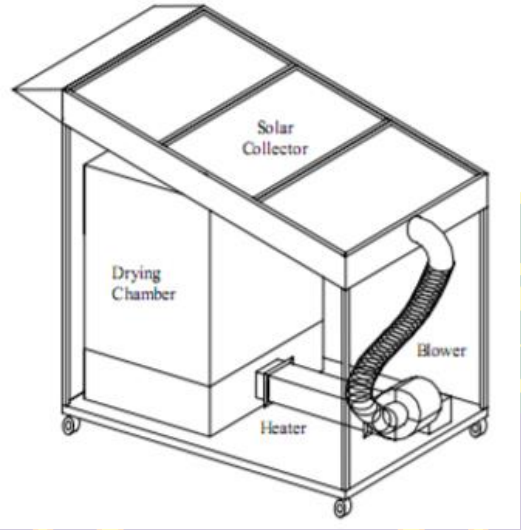
ภาพที่ 2.9 เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์แบบแผงรับแสงอาทิตย์

1.1.3 เครื่องอบแห้งแบบ (Hybrid) เป็นเครื่องอบแห้งที่อาศัยพลังงานความร้อน จากดวงอาทิตย์ร่วมกับแหล่งความร้อนอื่นในกรณี ที่แสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอ หรือในบางฤดูที่มี ปริมาณแสงแดดน้อย เพื่อให้กระบวนการอบแห้งเป็นไปอย่างต่อเนื่อง หรือแม้แต่ต้องการเพิ่ม ประสิทธิภาพการอบแห้งให้สูงขึ้น หรือลดระยะเวลาในการอบแห้งลง พลังงานความร้อนที่มักใช้ ร่วมกับแสงอาทิตย์ คือ พลังงานไฟฟ้า พลังงานเหลือทิ้งจากแหล่งอื่น พลังงานความร้อนจากชีวมวล หรือแม้แต่แก๊สชีวภาพ แล้วแต่การประยุกต์ใช้งาน ดังแสดงในภาพที่ 2.10 ภาพที่ 2.11 ภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.10 ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับหัวเผาความร้อน

ภาพที่ 2.11 ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชีวมวล



ภาพที่ 2.12 ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมฮีตเตอร์ไฟฟ้า

1.2 การคำนวณเกี่ยวกับการทำให้แห้ง

ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ (Initial Period) ของการอบแห้ง ช่วงนี้ วัสดุที่ ใช้ในการอบแห้งมีปริมาณความชื้นอยู่มาก ผิวของวัสดุจะมีลักษณะเปียกชื้นมาก อุณหภูมิพื้นผิว ของวัสดุจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของกระแสลมร้อน ดังนั้น ช่วงเวลานี้ ความร้อน ที่ใช้ในการอบแห้งจึงไปเพิ่มอุณหภูมิให้กับวัสดุ ทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสูงขึ้น

ช่วงการอบแห้งความเร็วคงที่ (Constant Rate Period) จะเป็นช่วงที่สองของการ อบแห้ง อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าคงที่ ประมาณอุณหภูมิกระเปาะเปียกของกระแสลม พลังงานความร้อนที่วัสดุได้รับจะใช้ในการระเหยความชื้นของวัสดุเท่านั้น ทำให้อัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยของวัสดุ จะลดลงเป็นสัดส่วนกับเวลาในการอบแห้ง ดังนั้น ช่วงนี้อัตราการระเหยจะคงที่ (Constant Drying Rate) การคำนวณ อัตราการอบแห้งในช่วงนี้ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$R_C = {h_v}/{\lambda}\,(T_v - T_i)$$

เมื่อ R_C = อัตราการอบแห้งในช่วงความเร็วคงที่

h_v = สัมประสิทธิ์การเทความร้อน, w/m^2 $^\circ$C

T_v = อุณหภูมิของลมร้อน, $^\circ$C

T_i = อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุ เท่ากับ TW, $^\circ$C

จุดสุดท้ายของช่วงการอบแห้งความเร็วคงที่ อัตราเร็วในการอบแห้งจะเริ่มลดลงความชื้นของวัสดุ ณ เวลานี้ เราเรียกว่า ความชื้นวิกฤต

ช่วงการอบแห้งความเร็วลดลง (Falling Rate Period) ช่วงนี้ความชื้นที่ผิวของวัสดุจะเริ่มค่อยๆ หมดไปเพราะการถ่ายเทความชื้นจากด้านในของวัสดุเกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยของความชื้นที่ผิวของวัสดุ ดังนั้น ที่ผิวของวัสดุจะเริ่มค่อยๆแห้งและอุณหภูมิของวัสดุจะค่อยๆเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการอบแห้งของช่วงนี้จะค่อยๆลดลงนั่นเอง การอบแห้งจะสิ้นสุดลงเมื่อความชื้นของวัสดุลดลงถึงค่าความชื้นสมดุลซึ่งความชื้นของวัสดุจะไม่ลดลงอีกถึงแม้จะใช้เวลาในการอบแห้งนานก็ตาม

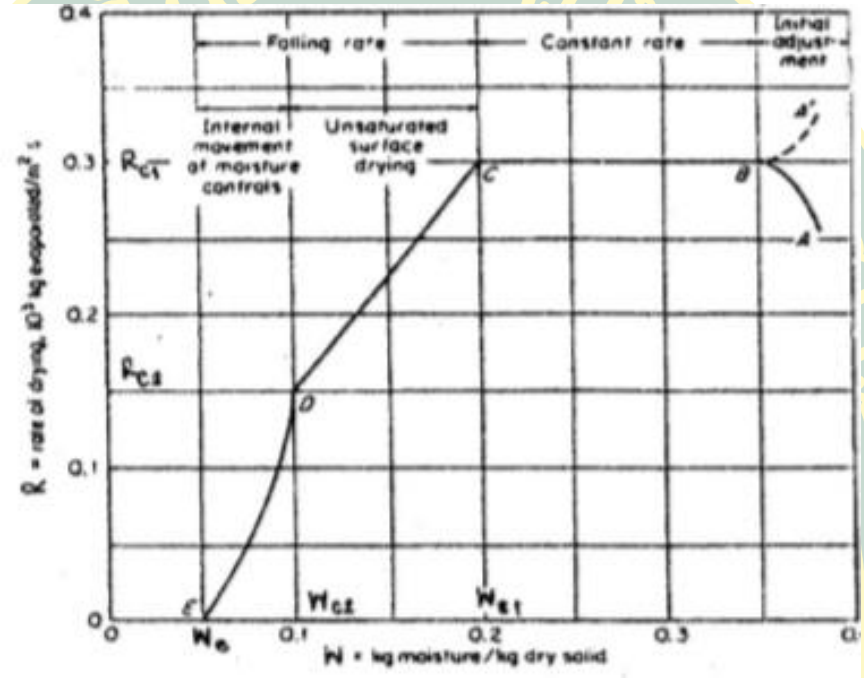
การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ (Solar Drying) เนื่องจากประเทศไทยอยู่บริเวณศูนย์สูตร ซึ่งมี ศักยภาพด้านการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 18.2 MJ /m^2- day และสืบเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมพืชผลทางการเกษตรมากมายส่วนหนึ่งก็จำหน่ายในรูปของสดและบางส่วนก็ทำการอบแห้ง หรือตากแห้ง เพื่อเพิ่มมูลค่า ยืดอายุการจัดเก็บ หรือความสะดวกต่อการขนส่ง การอบแห้งหรือตากแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ก็เป็นทางเลือกที่เกษตรกรหรือผู้ประกอบการเลือกใช้ เนื่องจาก ต้นทุนต่ำ และง่าย มีอุปกรณ์ไม่ยุ่งยากซับซ้อน

1.3 เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์

เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์การทำให้แห้งเป็นวิธีหนึ่งของการถนอมอาหาร ซึ่งนิยมทำกันทั้ง ระดับชาวบ้านและอุตสาหกรรมมาช้านานแล้ว การทำให้แห้งมีหลายวิธี เช่น การตากด้วย แสงอาทิตย์ การอบแห้งด้วยลมร้อน และการอบแห้งแบบเย็นเยือกแข็งเป็นต้น วิธีตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ จะมีความสะดวกและสิ้นค่าใช้จ่ายน้อย โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิด ความร้อนที่ได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย การตากแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบดั้งเดิม เช่น การตากเนื้อ ปลา พืช ผักและผลไม้ จะมีปัญหาเรื่องฝุ่นละออง มีเชื้อจุลินทรีย์ แมลงวันตอมเป็น พาหะนำเชื้อโรค และทำให้เกิดหนอนขึ้นได้ เมื่อฝนตกหรืออากาศเย็น การตากอาจมีปัญหาเรื่องเชื้อ รา เป็นเหตุให้เก็บไว้ได้ไม่นานทำให้ผู้บริโภคอาจเจ็บป่วยได้ ได้มีการพัฒนาการอบแห้งโดยใช้ ตู้อบแห้งจากแหล่งพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานและค่าใช้จ่ายเป็นอย่างมาก ทำให้ ต้นทุนการผลิตสูง ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นี้ จะใช้ "หลักการไหลเวียนอากาศร้อน เพื่อระบาย ความชื้นด้วยวิธีธรรมชาติ" กล่าวคือ เมื่อแสงอาทิตย์ส่องผ่านกระจก พื้นอลูมิเนียมสีดำซึ่งอยู่ภายใน ตู้จะทำหน้าที่ดูดกลืนความร้อนสะสมไว้ ทำให้อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งสูงขึ้น ประมาณ 60 องศา เซลเซียส อากาศร้อนในตู้อบจะถ่ายเทความชื้น ทีมีอยู่ในอาหารให้ระเหยออกมา เกิดการลอยตัว สูงขึ้นออกไปทางช่องลมด้านบนของตู้อบแห้ง อากาศเย็นที่อยู่ภายนอกจะไหลเข้าทางช่องลมที่อยู่ ส่วนล่างทางด้านหน้าของตู้อบแห้งแทนที่อากาศร้อน เป็นการถ่ายเทความชื้นให้กับอาหารแบบ ธรรมชาติตลอดเวลาการทำแห้ง (Drying) หมายถึงการให้ความร้อนภายใต้สภาวะการควบคุมเพื่อ กำจัดน้ำที่มีอยู่ในอาหารโดยการระเหยน้ำ วัตถุประสงค์ของการกำจัดน้ำ คือการยืดอายุการเก็บ รักษาอาหารโดยการลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (aw) ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และ การทำงานของเอนไซม์ นอกจากนั้นการลดน้ำหนักและปริมาณของอาหารยังช่วยลดค่าใช้จ่ายใน การเก็บรักษาและการขนส่งเพิ่มความหลากหลายและความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค (กองส่งเสริม วิศวกรรมเกษตร,2552)

กลไกการทำแห้งเมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านหน้าอาหารที่เปียก ความร้อนจะถูกถ่ายเท ไปยังผิวของอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอ ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศ และถูกพัดพาไป

โดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ สภาวะดังกล่าวจะทำให้ความดันไอที่ผิวหน้าของอาหารต่ำกว่าความดันไอด้านในอาหาร เป็นผลให้เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำ อาหารชั้นด้านในจะมีความดันไอสูงและค่อยๆลดต่ำลงเมื่อชั้นอาหารเข้าใกล้อากาศแห้ง ความแตกต่างนี้ทำให้เกิดแรงดันเพื่อไล่น้ำออกจากอาหาร



ภาพที่ 2.13 กราฟอัตราการแห้ง (จุด E คือความชื้นสมดุล,W_e)

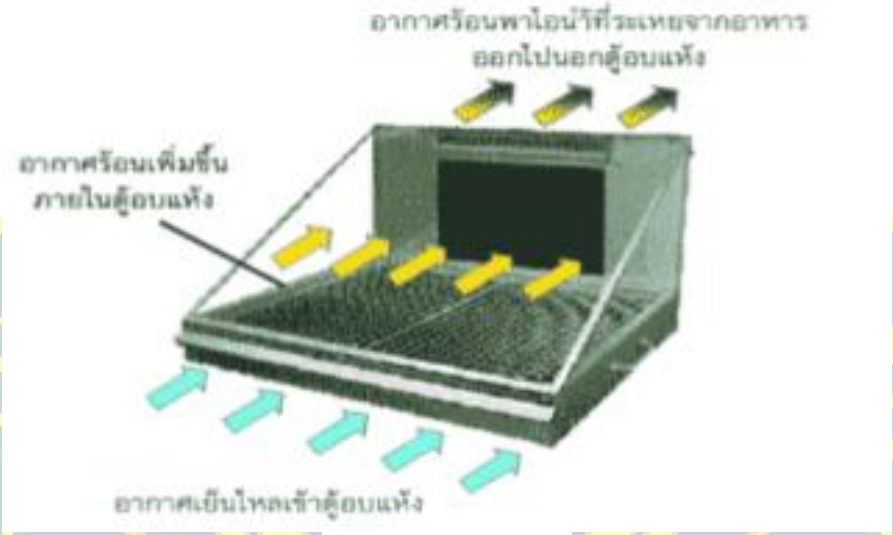
ภาพที่ 2.13 แสดงกราฟอัตราแห้งซึ่งเป็นกราฟระหว่างอัตราการแห้ง (drying rate) และความชื้นในสารนั้น (moisture content, W) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ

1. ช่วงการปรับสภาวะเบื้องต้น (Initial Adjustment Period) เป็นช่วงที่ความชื้นที่ มีอยู่ในอาหารปรับตัวเพื่อมีอุณหภูมิเท่ากับลมร้อนอัตราการแห้งจะต่ำและจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจนกระทั่ง ถึงช่วงที่อัตราการอบแห้งคงที่ จากรูปที่ 1 คือช่วง AB ซึ่งถือว่าเป็นช่วงสั้นๆสามารถตัดทิ้งได้เมื่อ คำนวณเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (drying time) ส่วนช่วง A'B เป็นกรณีที่บริเวณผิวหน้าของแข็งมี อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิที่จะเริ่มเกิดการระเหยในตอนแรกจะสูงและค่อยๆลดลงจนคงที่

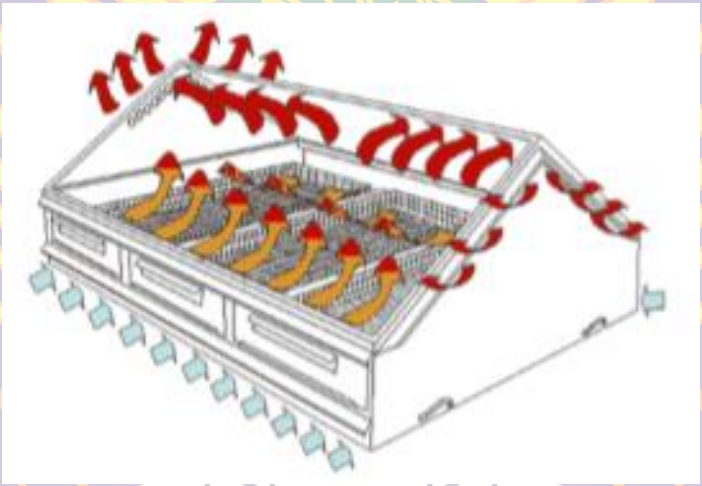
2. ช่วงอัตราการแห้งคงที่ (Constant Rate Period) เป็นช่วงที่น้ำในอาหารระเหยเป็นไออย่างต่อเนื่องคล้ายกับการระเหยของน้ำโดยทั่วไป

3. ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling Rate Period) เป็นช่วงที่ความชื้นในอาหารเหลือน้อยจนแพร่ไปยังผิวหน้าอาหารอย่างไม่ต่อเนื่อง ทำให้ชั้นของเหลวที่ปกคลุมอยู่ไม่สม่ำเสมออัตราการแห้งจึงลดลง และเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น ความชื้นจะลดลงเรื่อยๆ จนถึงความชื้นสมดุล ซึ่งน้ำในอาหารไม่สามารถระเหยออกมาได้อีก

1.3.1 ลักษณะการทำงานของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบต่างๆ



ภาพที่ 2.14 ลักษณะการทำงานของตู้อบแห้งแบบ 2 และ 4 ตะแกรง



ภาพที่ 2.15 ลักษณะการทำงานของตู้อบแห้งแบบ 12 ตะแกรง

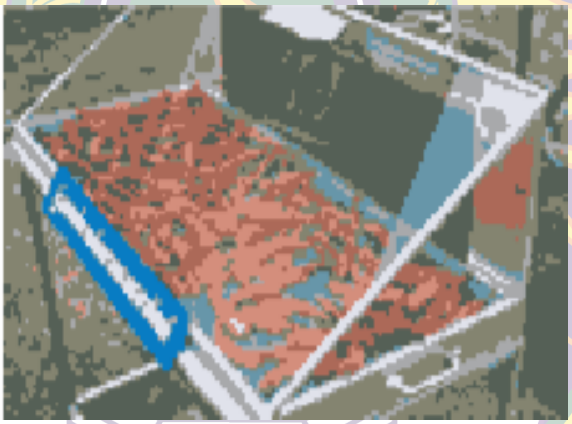
1.3.2 การนำตู้อบแห้งไปใช้อบแห้งพืชผักและผลไม้

1. การอบแห้งกล้วยตากอบน้ำผึ้ง เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 3 วันกล้วยที่สุกงอมจะนำมาปอกเปลือกออกวางเรียงบนตะแกรง แล้วนำเข้าตู้อบ ปิดฝาตู้ นำไปวางรับแสงอาทิตย์ หันหน้ากระจกไปทางทิศใต้ตู้จะรับแสงอาทิตย์ได้ตั้งแต่ 08.00-16.00 น. ตอนเที่ยงควรกลับกล้วย โดยพลิกด้านล่างขึ้นมารับแสงอาทิตย์ เพื่อให้กล้วยแห้งเท่ากันทั้ง สองด้าน ตอนเย็นให้เก็บกล้วยบนตะแกรงใส่ถุงพลาสติกวางซ้อนทับกัน แล้วมัดปากถุงให้แน่น เพื่อให้ความชื้นส่วนในออกมาอยู่ที่ผิว วันรุ่งขึ้นนำกล้วยไปเรียงบนตะแกรงเช่นเดียวกับวันแรก ตอนเย็น

ให้เก็บใส่ถุงพลาสติกมัดไว้ จนวันที่ 3 นำไปชุบน้ำผึ้งผสมน้ำ 50% วางเรียงบนตะแกรงตากในตู้อบแห้งจนเย็น จะได้กล้วยตากอบน้ำผึ้งมีสีสวย สะอาด น่ารับประทาน ปราศจากฝุ่นและ แมลงรบกวน

ภาพที่ 2.16 กล้วยตาก

ใช้พริกสุกสีแดงประมาณ 0.5-1 กิโลกรัม ตัดตะแกรงมุ้งลวดวางบนตะแกรงในตู้อบจากนั้นน้ำพริกมาเทบนมุ้งลวดแล้วเกลี่ยให้ทั่ว ยกตู้อบแห้งออกไปรับแสงอาทิตย์โดยหันหน้าไปทางทิศใต้ควรกลับพริกไปมาให้ทั่วถึง 1-2 ครั้งต่อวัน เมื่อหมดแสงอาทิตย์ ยกตู้อบมาเก็บไว้ในบ้านรุ่งเช้านำไปรับแสงอาทิตย์ใหม่จนได้พริกที่แห้ง สะอาด จึงเก็บไว้บริโภค



ภาพที่ 2.17 พริกตากแห้ง

1.4 การส่งผ่านความร้อนของสสาร

1.4.1 ความจุความร้อน (Heat capacity) เป็นค่าที่แสดงถึงคุณสมบัติในการเก็บกักความร้อนภายในตัวของสสาร โดยมีคำจำกัด ความว่าเป็นปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงเข้าหรือออกสสาร เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไป หนึ่งองศาเซลเซียส โดยสสารนั้นจะมีน้ำหนัก 1 หน่วย เช่น ทองแดงมีค่าความจุความร้อน 0.385 จูล ต่อกรัม-องศาเซลเซียส หมายความว่าจะต้องใส่ความร้อนขนาด 0.385 จูลเข้าไปในทองแดงที่มีน้ำหนัก 1 กรัม จึงจะทำให้ทองแดงมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส ทำนองเดียวกันอะลูมิเนียมมี ค่าความ

จุความร้อนเป็น 0.9 จูลต่อกรัมองศาเซลเซียส ดังนั้นในลักษณะเดียวกันกับทองแดง เราจะต้องให้พลังงานเข้าไป 0.9 จูล จึงทำให้อะลูมิเนียมมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส ดังนั้นจะเห็นได้ว่าอะลูมิเนียมนั้นอมความร้อนมากกว่าทองแดง

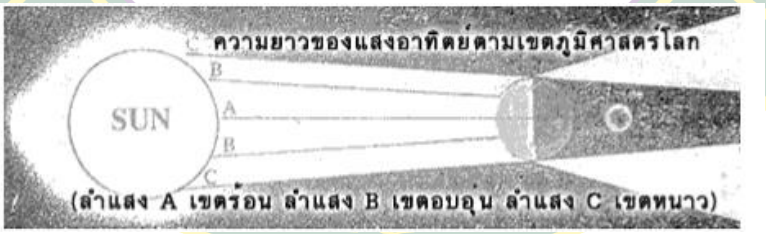
1.4.2 ความนำความร้อน (Thermal conductivity) เป็นค่าที่แสดงความสามารถในการส่งผ่านความร้อนของสสาร มีหน่วยเป็น (W/mK) ทองแดงมีค่า thermal conductivity 380 W/mK อะลูมิเนียมเป็น 201 W/mK ดังนั้นทองแดงจะนำความร้อนได้ดีกว่า อะลูมิเนียม ประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงเป็นคำตอบว่าเมื่อเรา นำเอามือไป แตะที่ทองแดงที่มีอุณหภูมิสูงกว่ามือของเราแล้ว ทำไมจึงรู้สึกร้อนกว่า เพราะความร้อนที่อยู่ใน ทองแดงนั้นถูกถ่ายเทให้กับมือของเราเร็วกว่าเมื่อแตะอะลูมิเนียม 85 เปอร์เซ็นต์

1.4.3 ความหนาแน่น (Density) ค่าแสดงความหนาแน่นของสสารเป็นน้ำหนักต่อปริมาตร โดยมีหน่วยที่นิยมใช้ เป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทองแดงมีความหนาแน่น 8.93 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อะลูมิเนียมเป็น 2.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นในวัตถุรูปร่างเท่ากันเมื่อทำด้วยทองแดง จะหนักกว่าทำจากอะลูมิเนียม 3.3 เท่า (330%)การที่แตะทองแดงแล้วร้อนกว่าเนื่องจากทองแดง สามารถนำความร้อนได้ดีกว่าอะลูมิเนียม ดังนั้นปริมาณของความร้อนที่อยู่ในฮีตซิงค์จะไหลเข้าสู่มือเร็วขึ้นแต่ถ้านำทองแดงและอะลูมิเนียมไปไว้ในที่อุณหภูมิต่ำ

1.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของสุริยะจักรวาล โลกเป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่งซึ่งเป็นบริวารของดวงอาทิตย์ ดวงอาทิตย์มีอิทธิพลต่อโลกและความเป็นอยู่ของมนุษย์มากที่สำคัญๆ คือ ดวงอาทิตย์ทำให้สภาพภูมิศาสตร์ของโลกแตกต่างกันคือ เขตร้อน เขตอบอุ่น เขตหนาว ดวงอาทิตย์ทำให้เกิดการหมุนเวียนของกระแสอากาศที่สำคัญคือลมการหมุนเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทรคือ กระแสน้ำอุ่น กระแสน้ำเย็น นอกจากนั้น ดวงอาทิตย์ทำให้เกิดวัฏจักรของน้ำซึ่งมีผลต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมดวงอาทิตย์นอกจากจะให้แสงสว่างแก่โลกเราแล้วยังกระจายรังสีออกมาด้วย ซึ่งมี อันตรายต่อสิ่งมีชีวิต อิทธิพลของดวงอาทิตย์ต่อโลกเรานั้นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ดวงอาทิตย์ทำให้สภาพภูมิอากาศของโลกแตกต่างกัน เขตต่างๆ ของโลกที่สำคัญๆ คือเขตร้อน เขตอบอุ่น และเขตหนาว เพราะเขตร้อนได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ที่มีระยะทางสั้นที่สุด จึงทำให้ร้อนที่สุด ส่วนเขตอบอุ่น เขตหนาว ระยะของแสงจะยาวขึ้นไปตามลำดับ (กระทรวงพลังงาน ,2554)



ภาพที่ 2.18 แสดงความยาวของแสงอาทิตย์ตามเขตภูมิศาสตร์โลก

ดวงอาทิตย์ทำให้เกิดการหมุนเวียนของกระแสอากาศในเวลาเดียวกันแต่ละเขตแต่ละถิ่นจะได้รับแสงอาทิตย์ไม่เท่ากันและระบายความร้อนไม่เท่ากันเมื่ออากาศ ณ ที่แห่งหนึ่งได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์จะมีคุณสมบัติเบาขยายตัวลอยสูงขึ้น ณ ที่อีกแห่งหนึ่งมวลอากาศเย็น ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่ขณะที่มวลอากาศที่เย็นกว่าเคลื่อนตัวมาแทนที่ เราเรียกว่า “ลม” หรือการหมุนเวียนของกระแสอากาศ และแต่ละแห่งของโลกจะมีอุณหภูมิแตกต่างกันตามเขต ร้อน เขตอบอุ่น เขตหนาว จะมีลมประจำปีคือ ลมมรสุม ลมตะวันตก ลมขั้วโลก ตามสถานที่ เฉพาะถิ่นจะมี ลมบก ลมทะเล ลมว่าว ลมตะเภา เป็นต้น แต่ลมภูเขา ลมบก ลมทะเล เกิดจากการรับความร้อนและการคายความร้อนไม่เท่ากันคุณสมบัติของน้ำจะรับความร้อนช้าคายความร้อนเร็ว คุณสมบัติของดินจะรับความร้อนเร็วกว่าน้ำคายความร้อนช้ากว่าน้ำคุณสมบัติของหินภูเขาจะรับความร้อนเร็วกว่าดินคายความร้อนเร็วกว่า

ดวงอาทิตย์ถือได้ว่าเป็นแหล่งพลังงานและแหล่งความร้อนขนาดใหญ่ของโลกมนุษย์ ปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์มากมายหลายรูปแบบ ทั้งที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น หอรวมแสงเพื่อผลิตไฟฟ้า หรือแม้แต่ไม่พึ่งพาเทคโนโลยีเลย เช่น การตากแห้งโดยตรงจาก แสงอาทิตย์การอบแห้งหรือ การตากแห้ง ถือได้ว่าเป็นการใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ที่เก่าแก่มาก วิธีการหนึ่งและมักจะใช้กันอย่างกว้างขวาง แต่อดีตมนุษย์ มักจะไม่คำนึงรูปแบบ หรือต้องใช้อุปกรณ์ช่วยในการเก็บความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ในการอบแห้ง ทำให้พืชผลทางการเกษตร หรือวัตถุดิบที่ต้องการตากแห้ง ต้องใช้เวลานานกว่าจะใช้ประโยชน์ได้ และบางครั้งอาจเกิดความ เสียหายแก่พืชผลทางการเกษตรเสียด้วยซ้ำ และบางฤดูกาลไม่สามารถตากแห้งได้ ก่อเกิดความ เสียหายให้ผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก ดังนั้น การพัฒนาระบบการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพ ใช้งานง่าย ลงทุน น้อย หรือแม้แต่ใช้งานได้ทุกฤดูกาล จึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญ เพื่อให้ผู้ผลิต หรือเกษตรกร ของไทยได้มีผลผลิตที่มีคุณภาพ และขายได้ราคา และยังส่งผลต่อเศรษฐกิจโดยรวมของไทยด้วย หลักการอบแห้ง (Drying)

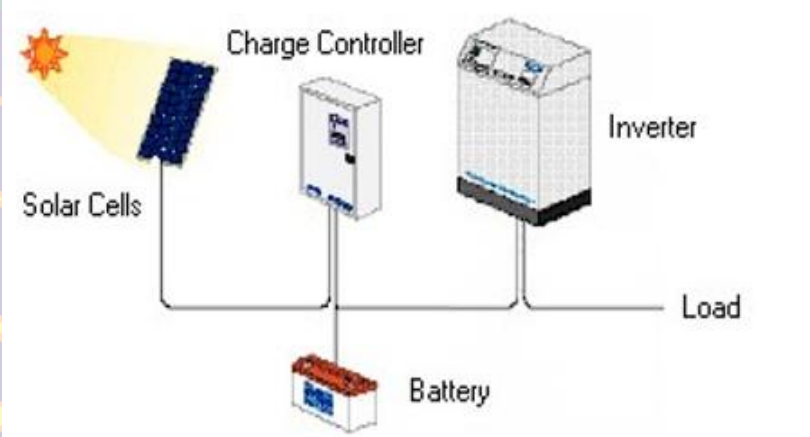
1.6 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ (solar Energy)

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตาม ธรรมชาติ เป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษ และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง ในการใช้ พลังงานแสงอาทิตย์สามารถจำแนกออกเป็น 2 รูปแบบคือ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิต กระแสไฟฟ้า และการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและ การอนุรักษ์พลังงาน, 2552)

เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ได้แก่ ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ

1. เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand alone system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้าอุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์ เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับอิสระ

2. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand alone system) ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบ จำหน่ายไฟฟ้าจาก National Grid โดยมีหลักการทำงานแบ่งได้เป็น 2 ช่วงเวลา กล่าวคือ ช่วงเวลา กลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดพร้อมทั้งประจุพลังงาน ไฟฟ้าส่วนเกินไว้ในแบตเตอรี่พร้อมๆ กัน ส่วนในช่วงกลางคืน เซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้รับแสงแดด จึงไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ดังนั้นพลังงานจากแบตเตอรี่ที่เก็บประจุไว้ในช่วงกลางวันจะถูกจ่าย ให้แก่โหลด จึงสามารถกล่าวได้ว่า ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระสามารถจ่าย กระแสไฟฟ้าให้โหลดได้ทั้งกลางวันและกลางคืน อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้า กระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิด Stand alone เป็นต้น



ภาพที่ 2.19 อุปกรณ์ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

3. เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้า กระแสสลับเข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรงใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่มีระบบจาหน่าย ไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้า กระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน ได้แก่ การผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ การผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบ่ง ออกเป็น 3 ชนิดการผลิตน้ำร้อนชนิดไหลเวียนตามธรรมชาติ เป็นการผลิตน้ำร้อนชนิดที่มีถังเก็บอยู่สูงกว่าแผงรับแสงอาทิตย์ใช้หลักการหมุนเวียนตามธรรมชาติ การผลิตน้ำร้อนชนิดใช้ปั๊มน้ำหมุนเวียน เหมาะสำหรับการใช้ผลิตน้ำร้อนจำนวนมากและมีการใช้อย่างต่อเนื่อง การผลิตน้ำร้อน ชนิดผสมผสาน เป็นการนำเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์มาผสมผสานกับความร้อน เหลือทิ้งจากการระบายความร้อนของเครื่องทำความเย็น หรือเครื่องปรับอากาศ โดยผ่านอุปกรณ์ แลกเปลี่ยนความร้อน การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ปัจจุบันมีการยอมรับใช้งาน 3 ลักษณะ คือ

- การอบแห้งระบบ Passive เป็นระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์และกระแสลมที่พัดผ่าน

- การอบแห้งระบบ Active เป็นระบบอบแห้งที่มีเครื่องช่วยให้อากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น มีพัดลมติดตั้งในระบบเพื่อบังคับให้มีการไหลของอากาศผ่านระบบ

- การอบแห้งระบบ Hybrid เป็นระบบอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และยังต้องอาศัยพลังงานในรูปแบบอื่นๆ ช่วยในเวลาที่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอ หรือต้องการให้ผลิตผลทางการเกษตรแห้งเร็วขึ้น

2. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทนงศักดิ์ วัฒนา (2554) ได้ศึกษาเกี่ยวกับตู้อบกระเทียมพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซชีวมวลจากการวิจัยพบว่างานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและออกแบบเครื่องอบแห้งต้นแบบที่ใช้พลังงานความร้อนร่วมระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานความร้อนที่ได้จากก๊าซชีวมวล (Producer gas) ซึ่งเครื่องอบแห้งสามารถทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมงพบว่าสภาวะและเวลาที่เหมาะสมสำหรับ การอบแห้งกระเทียมหนัก 30 kg ที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 67% มาตรฐานเปียกจนมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 60% มาตรฐานเปียก แบ่งการอบแห้งออกเป็น 2 แบบ โดยกรณีแบบที่ 1 ทำการ อบแห้งโดยใช้พลังงานจากก๊าซชีวมวลเพียงอย่างเดียว อุณหภูมิในการอบแห้งเฉลี่ย 55.6 degree $^{\circ}$C ใช้เวลาในการอบแห้ง 14 ชั่วโมง และกรณีแบบที่ 2 ทำการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับพลังงานจากก๊าซชีวมวล อุณหภูมิในการอบเฉลี่ย 45.4 degree $^{\circ}$C ใช้เวลาในการอบแห้ง 15 ชั่วโมง อัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง คือ 0.17 kg/s ทั้ง 2 กรณีเมื่อศึกษาถึงความ สิ้นเปลืองพลังงานความร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง พบว่า ในกรณีแบบที่ 1 และกรณีแบบที่ 2 มีการใช้ พลังงานจากแหล่งพลังงาน 2 แหล่งที่เหมือนกัน คือ พลังงานความร้อนจากก๊าซชีวมวลและพลังงานไฟฟ้าที่ให้กับมอเตอร์ของพัดลมเป่าอากาศ แต่กรณีแบบที่ 2 ซึ่งใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ร่วมด้วย สามารถประหยัดพลังงานได้เท่ากับ 49% ของพลังงานความสิ้นเปลืองทั้งหมด ซึ่งสรุปได้ว่า ใน กรณีแบบที่ 2 นี้มีต้นทุนที่ใช้ในการอบแห้งต่อกิโลกรัมกระเทียมแห้ง 21.25 Baht/kg dried garlics, 16.44 Baht/kg dried garlics และ 13.02 Baht/kg dried garlics ระยะเวลาทำการอบแห้ง 60, 90 และ 140 วันต่อปี ตามลำดับ ต้นทุนที่ใช้ในการอบแห้ง สำหรับการระเหยน้ำออกจากกระเทียมมีค่า 94.93 Baht/kg H_2O evap., 73.50 Baht/kg H_2O evap. และ 58.19 Baht/kg H_2O evap. ระยะเวลาทำการ อบแห้ง 60, 90 และ 140 วันต่อปี ตามลำดับและกำหนดราคาขายไว้ 3 ราคา คือ ที่ราคา 80 บาท,60 บาท และ 40 บาท พบว่า ทำการอบแห้ง 140 วันต่อปีให้ผลตอบแทนที่ดีที่สุด คือ มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ ภายใน 1 ปี 3 เดือน, 2 ปี และ 5 ปี ตามลำดับ (ในกรณีไม่คิดค่าแรงงานในการอบแห้ง)

พิสิษฏ์ มณีโชติ และคณะ (2552) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาและเผยแพร่เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับพลังงานความร้อนจากชีวมวลเพื่อการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานความร้อนจากชีวมวลเพื่อ การแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร ในการทดสอบจะทดสอบสมรรถนะการทำงานของระบบฯ เพื่อหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวรับรังสี

ดวงอาทิตย์การกระจายของอุณหภูมิภายในอุโมงค์ อบแห้งที่มีความร้อนจากพลังงานชีวมวลร่วมโดยใช้ขดท่อทองแดงเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อน จากผลการวิเคราะห์พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 50.4% ขดท่อทองแดงที่มีน้ำร้อนอุณหภูมิเฉลี่ย 55.0 – 60.0 °C ไหลผ่านภายในอุโมงค์อบแห้งสามารถช่วย เพิ่มอุณหภูมิภายในอุโมงค์อบแห้งโดยเฉลี่ย 2.5 – 5.0 °C สามารถใช้อบแห้งผลิตภัณฑ์ได้หลาย ระดับอุณหภูมิและเหมาะที่ทำการเผยแพร่ให้กับกลุ่มเกษตรกรและผู้สนใจทั่วไปที่ต้องการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรเพื่อลดการใช้พลังงานในการอบแห้งปัจจุบันลง เช่น LPG น้ำมัน และไฟฟ้า

สุขฤดี นาถกรณกุล (2547) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สชีวภาพ ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ที่มี สมรรถนะทางความร้อนสูงร่วมกับระบบพลังงานความร้อนเสริมจากระบบก๊าซชีวภาพ (Biogas System) เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ (1) ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Collector) (2) อุโมงค์อบแห้ง (Tunnel Dryer) (3) แหล่งพลังงานความ ร้อนเสริม (Biogas System) ผลิตภัณฑ์ที่วางไว้ในอุโมงค์อบแห้งสามารถรับความร้อนจาก แสงอาทิตย์ 2 ทาง คือ ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรงเนื่องจากหลังคาของอุโมงค์อบแห้ง เป็นพลาสติกใส และได้รับความร้อนจากอากาศร้อนที่ไหลผ่านแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ โดยใช้พัด ลมในการกำหนดอัตราการไหลของอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้ง และในเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ หรือแสงอาทิตย์มีไม่เพียงพอ หรือมีฝนตกตลอดทั้งวัน จะมีแหล่งพลังงานความร้อนเสริมจากระบบ เผาก๊าซชีวภาพ (Biogas System) ส่งความร้อนผ่านระบบแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ภายในเครื่องอบแห้งทำให้ระบบสามารถอบแห้งได้ตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน จากการทดสอบ พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์มีค่า 42.8% ประสิทธิภาพตัวรับรังสีดวงอาทิตย์มีค่า โดยเฉลี่ย 54.6% สามารถปรับอุณหภูมิอากาศ อบแห้งได้หลายระดับมีความเหมาะสมต่อการเผยแพร่ให้เกษตรกรหรือผู้ที่สนใจนำไปใช้เพื่อ อบแห้งสำหรับการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิต

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการจัดทำวิจัยโครงการ ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง ได้มีการลงมือปฏิบัติตามขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาหลักการทำงานของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง

3.2 ขั้นตอนการสร้างและพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง

3.3 การทดลองหาประสิทธิภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง

3.1 ศึกษาหลักการทำงานของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง

ในการสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง ผู้จัดทำได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลในการดำเนินโครงการข้อมูลที่เกี่ยวข้องถึงความเป็นไปได้ในการดำเนินโครงการที่จะทำให้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูงได้ความร้อนมากยิ่งขึ้น เช่น หลักการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การนำฟอยล์สะท้อนความร้อนมาสะท้อนแสงอาทิตย์ และการนำเลนส์รวมแสงมารวมแสงเพื่อให้ความร้อนมากขึ้น

3.2 โครงสร้างและวัสดุของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง

3.2.1 ในการออกแบบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูงทางผู้จัดทำได้ใช้การออกแบบในโปรแกรม SOLIDWORKS 2010 ในการเขียนแบบ โดยมีรูปแบบของภาพดังนี้

ภาพที่ 3.1 ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง

ส่วนที่ 1 ใช้เหล็กกล่องตัดและเชื่อมต่อให้ได้โครงสร้างต่อให้ได้โครงสร้างและขาตั้งเพื่อไว้สำหรับติดตั้งตู้อบ

ส่วนที่ 2 ตัดเชื่อมเหล็กกล่องทำเป็นโครงตู้อบ

ส่วนที่ 3 ทำการตัดแผ่นสังกะสีแล้วใช้น็อตขันล็อคเข้ากับโครงตู้อบให้เหมือนกล่องเปิดฝา

ส่วนที่ 4 นำแผ่นสะสังกะสีแผ่นเรียบขัดโดยกระดาษทรายแล้วทำการตัดแล้วใส่ลงไปที่ก้นตู้อบ

ส่วนที่ 5 นำแผ่นสะท่อนความร้อนชนิดที่มีฟองน้ำด้านหลัง ติดเข้าไปที่ข้างตู้อบ เพื่อเป็นตัวสะท้อนความร้อนทำให้ความร้อนเพิ่มสู้ขึ้นภายในตู้อบ

ส่วนที่ 6 เจาะกล่องด้านข้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมตรงข้ามซ้ายขวาเพื่อติดตั้งพัดลมระบายความชื้น

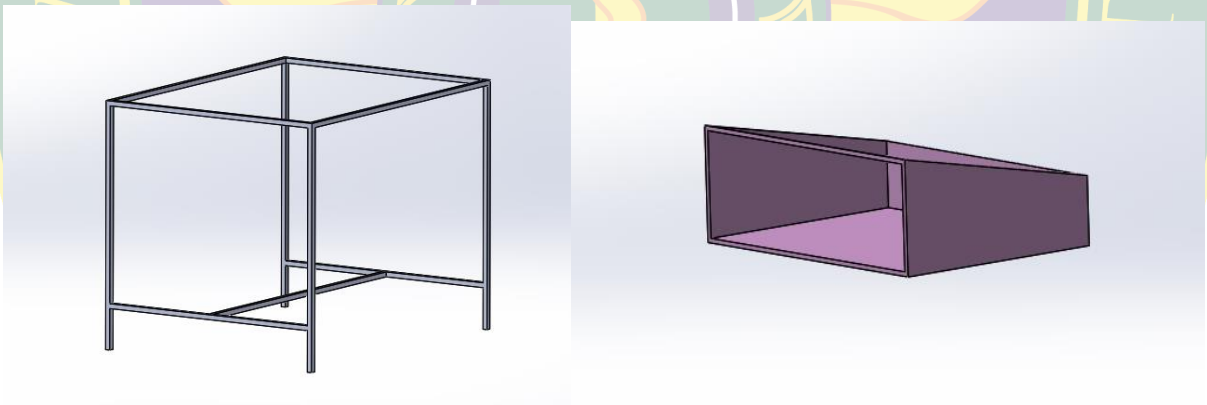
ส่วนที่ 7 ติดตั้งที่วางตะแกรงสำหรับวางวัตถุดิบเข้าไปในกลางตู้อบ

ส่วนที่ 8 ตัดแผ่นอะคริลิคไห้พอดีปิดตู้เพื่อติดตั้งแผ่นอะคริลิคปิดตู้อบเพื่อเก็บความร้อนและป้องกันการสูญเสียความร้อน

ส่วนที่ 9 ติดตั้งแผ่นโซลาเซลล์ ไว้ด้านบนด้านขวาตู้เพื่อรับแสงพร้อมติดตั้งแบตเตอรี่ไว้สำหรับส่งกระแสไฟให้พัดลมระบายความชื้นทำงาน

ส่วนที่ 10 ติดตั้งนาฬิกาและตัววัดอุณหภูมิ

หมายเหตุ ในการดำเนินการสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูงอาจมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและวัสดุเพิ่มเติมส่วนประกอบ ตามความเหมาะสมของผู้ปฏิบัติงาน



ภาพที่ 3.2 โครงสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง

3.3 การทดลองหาประสิทธิภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง

ทำการดำเนินการหาประสิทธิภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูงเพื่อเปรียบเทียบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยสามารถแบ่งขั้นตอนในการดำเนินการ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนดำเนินการทดสอบของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง

เวลา	เนื้อหมู (กรัม)	ปลา (กรัม)	อุณหภูมินอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักที่หายไป (กรัม)
10.00 น.					
11.00 น.					
12.00 น.					
13.00 น.					
14.00 น.					
15.00 น.					

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนดำเนินการทดสอบของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลและการนำเสนอผลของการวิจัยเรื่อง ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง นำเสนอรูปแบบตารางประกอบคำอธิบายดังนี้

4.1 ทำการทดลองตู้อบพลังพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง โดยใช้ เนื้อหมู และ ปลา

4.2 ทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ระหว่าง เนื้อหมูและปลา ภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และ เนื้อหมูและปลาภายนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

4.3 ทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ระหว่างปลาช่อนภายนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และปลาช่อนภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

4.4 ผลการทดลองเปรียบเทียบ ระหว่างพริกภายนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และ พริกภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

4.1.1 ทำการทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูงเวลา 11.00 – 15.00 น. และเก็บข้อมูลทุกๆ 1 ชั่วโมง ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

เวลา	เนื้อหมู g (กรัม)	ปลา g (กรัม)	อุณหภูมินอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ °C (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ °C (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักเนื้อหมูที่นอกตู้อบที่หายไป(คิดเป็น %)	น้ำหนักปลาในตู้อบที่หายไป(คิดเป็น %)
11.00 น.	570.7g	560.4 g	25 °C	50 °C	-	-
12.00 น.	477.2 g	475.3 g	26 °C	51 °C	16.38	15.18
13.00 น.	343.1g	419.5 g	27 °C	57 °C	39.88	25.14
14.00 น.	284.2 g	379.3 g	29 °C	61 °C	50.20	32.31
15.00 น.	248.7 g	347.2 g	30 °C	60 °C	56.42	38.04

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

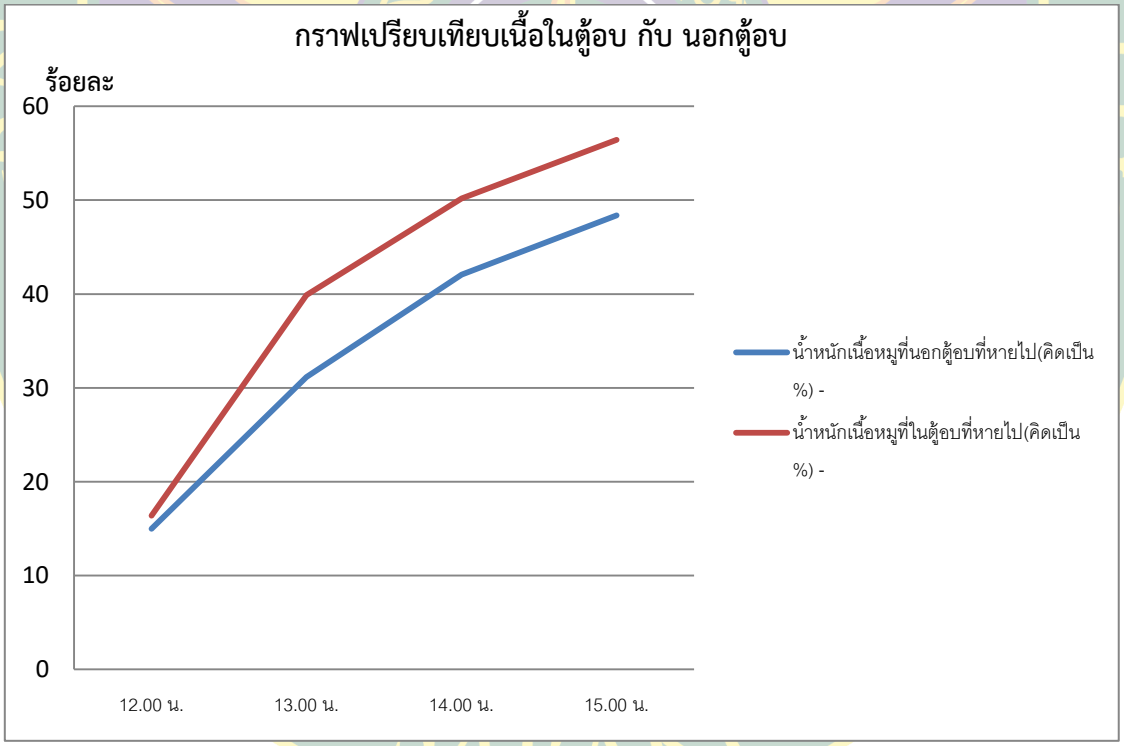
จากผลการทดสอบ พบว่าน้ำหนักของเนื้อหมูจะลดลงมากที่สุดช่วงที่ 1-2 ชั่วโมงแรกจากการเริ่มอบด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ คือช่วงเวลา 12.00 -13.00 น. และพบว่าน้ำหนักของปลาจะลดลงมากที่สุดคือช่วงเริ่มอบด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ถึง 1 ชั่วโมงแรก

4.2.1 ทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ระหว่าง เนื้อหมูและปลา ในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และเนื้อหมูและปลานอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงผลในตาราง 4.2

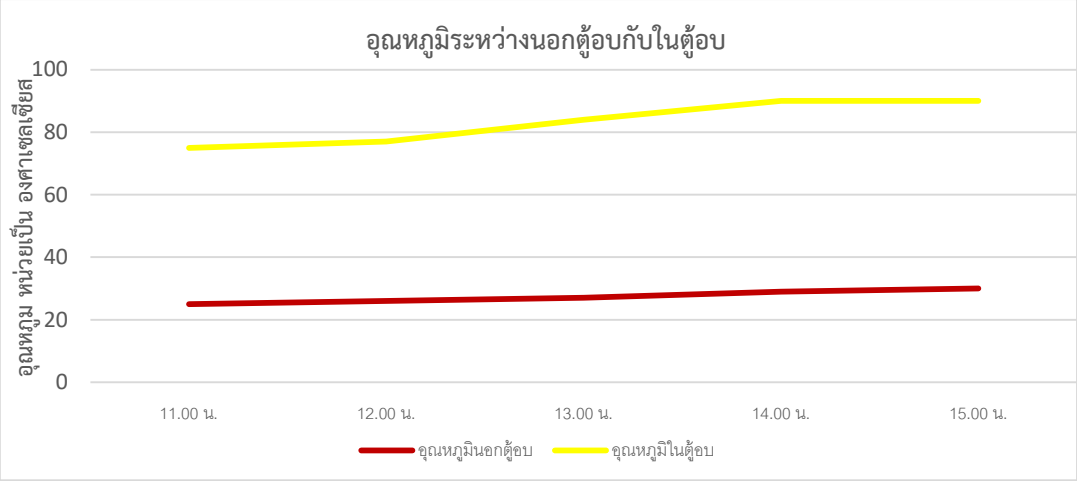
ตารางที่ 4.2 ทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ระหว่างเนื้อหมูนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และ เนื้อหมูในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

เวลา	เนื้อหมูนอกตู้อบ g (กรัม)	เนื้อหมูในตู้อบ g (กรัม)	อุณหภูมินอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ °C (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ °C (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักเนื้อหมูที่นอกตู้อบที่หายไป(คิดเป็น %)	น้ำหนักเนื้อหมูที่ในตู้อบที่หายไป(คิดเป็น %)
11.00 น.	570.9 g	570.7 g	25 °C	50 °C	-	-
12.00 น.	485.4 g	477.2 g	26 °C	51 °C	14.97	16.38
13.00 น.	393.0 g	343.1 g	27 °C	57 °C	31.16	39.88
14.00 น.	330.8 g	284.2 g	29 °C	61 °C	42.05	50.20
15.00 น.	294.7 g	248.7 g	30 °C	60 °C	48.37	56.42

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเนื้อหมูภายนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์และเนื้อหมูภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 4.1กราฟเปรียบเทียบเนื้อหมูในตู้อบ กับ นอกตู้อบ



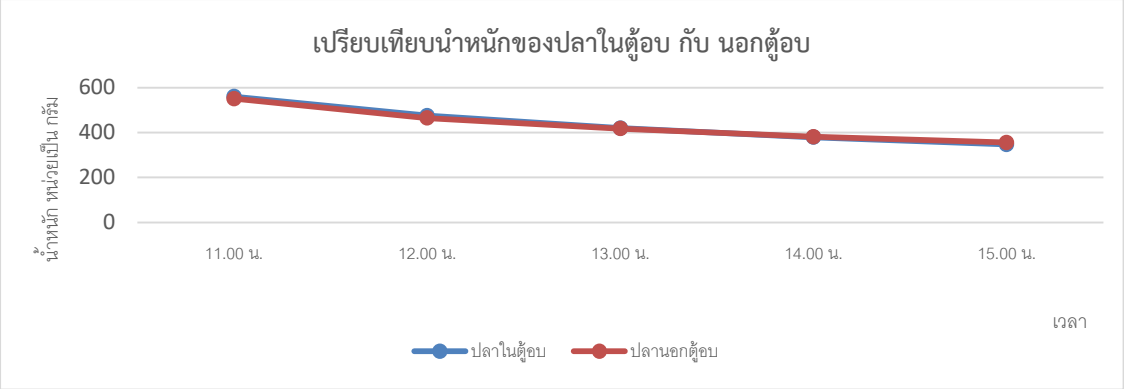
ภาพที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิในตู้อบ กับ นอกตู้อบ

จากผลการทดสอบ พบว่า น้ำหนักโดยรวมของเนื้อหมูในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ลดลง 56.42 % และน้ำหนัก โดยรวมของเนื้อหมูนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ลดลง 48.37 % น้ำหนักโดยรวมของเนื้อหมูในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ลดลงมากว่านอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ 8.05 %และพบว่า เนื้อหมูในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์มีการแห้งตัวเร็วกว่า เนื้อหมูนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

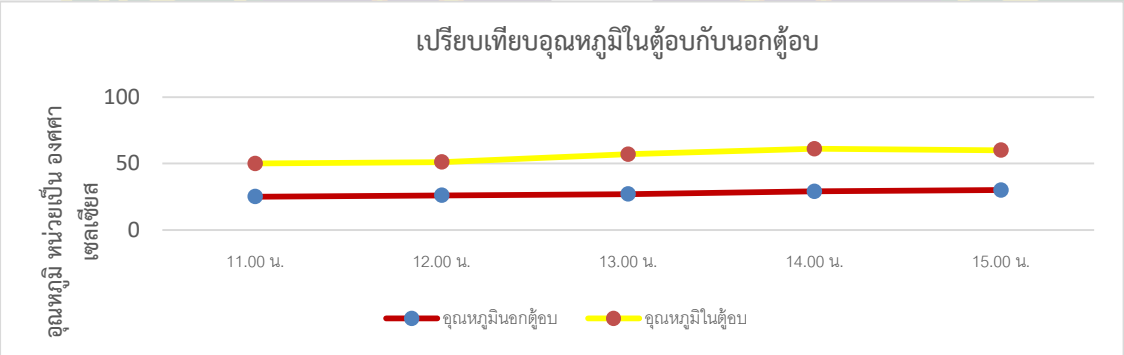
ตารางที่ 4.3 ทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ระหว่างปลาช่อนนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และปลาช่อนในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

เวลา	ปลาช่อนนอกตู้อบ g (กรัม)	เนื้อหมูปลาช่อนในตู้อบ g (กรัม)	อุณหภูมินอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ °C (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์°C (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักปลาช่อนนอกตู้อบที่หายไป(คิดเป็น %)	น้ำหนักปลาช่อนในตู้อบที่หายไป(คิดเป็น %)
11.00 น.	551.3 g	560.4 g	25 °C	50 °C	-	-
12.00 น.	464.6 g	475.3 g	26 °C	51 °C	15.72	15.18
13.00 น.	417.4 g	419.5 g	27 °C	57 °C	24.28	25.14
14.00 น.	381.5 g	379.3 g	29 °C	61 °C	30.79	32.31
15.00 น.	355.7 g	347.2 g	30 °C	60 °C	35.47	38.04

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพ
ระหว่างปลาช่อนนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และ ปลาช่อนในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

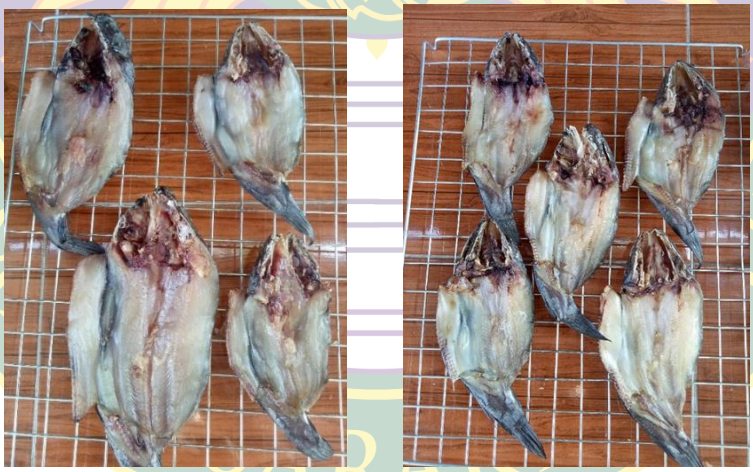


ภาพที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักของปลาในตู้อบ กับ นอกตู้อบ



ภาพที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิในตู้อบ กับ นอกตู้อบ

จากผลการทดสอบ พบว่า น้ำหนักโดยรวมของปลาช่อนในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ลดลง 38.04 % และน้ำหนัก โดยรวมของปลาช่อนนอกตู้พลังงานแสงอาทิตย์ลดลง 35.48 % น้ำหนักโดยรวมของปลาช่อนในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ลดลงมากว่านอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ 2.56 % และพบว่า ปลาช่อนในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์มีการแห้งตัวเร็ว และสีของปลาช่อนแตกต่างกันชัดเจน



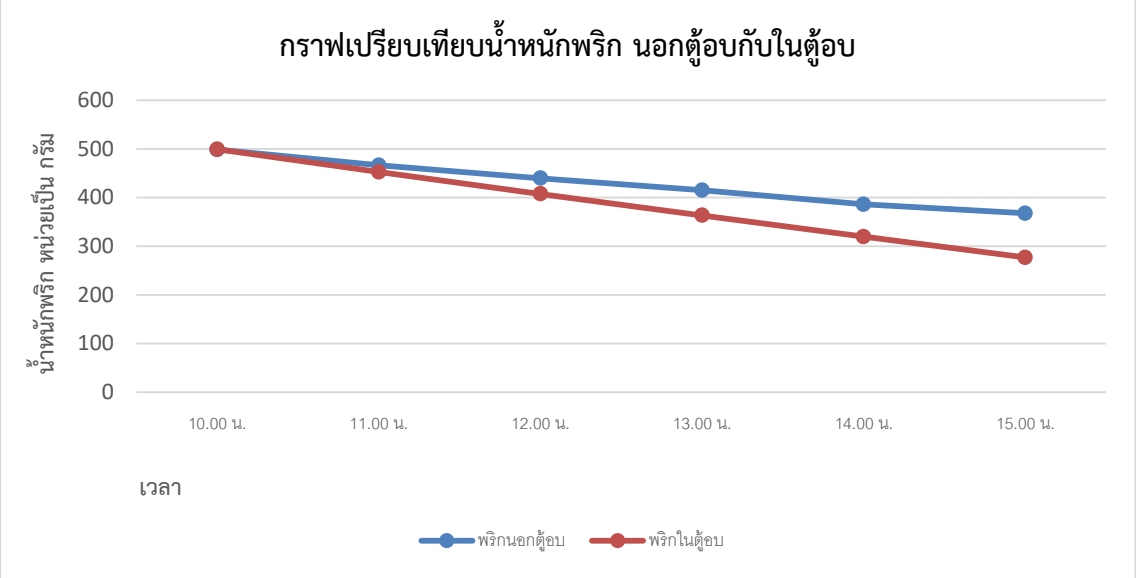
ปลาช่อนนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ปลาช่อนในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

ภาพที่ 4.5 เปรียบเทียบสีของปลาช่อนที่ทำการทดลอง

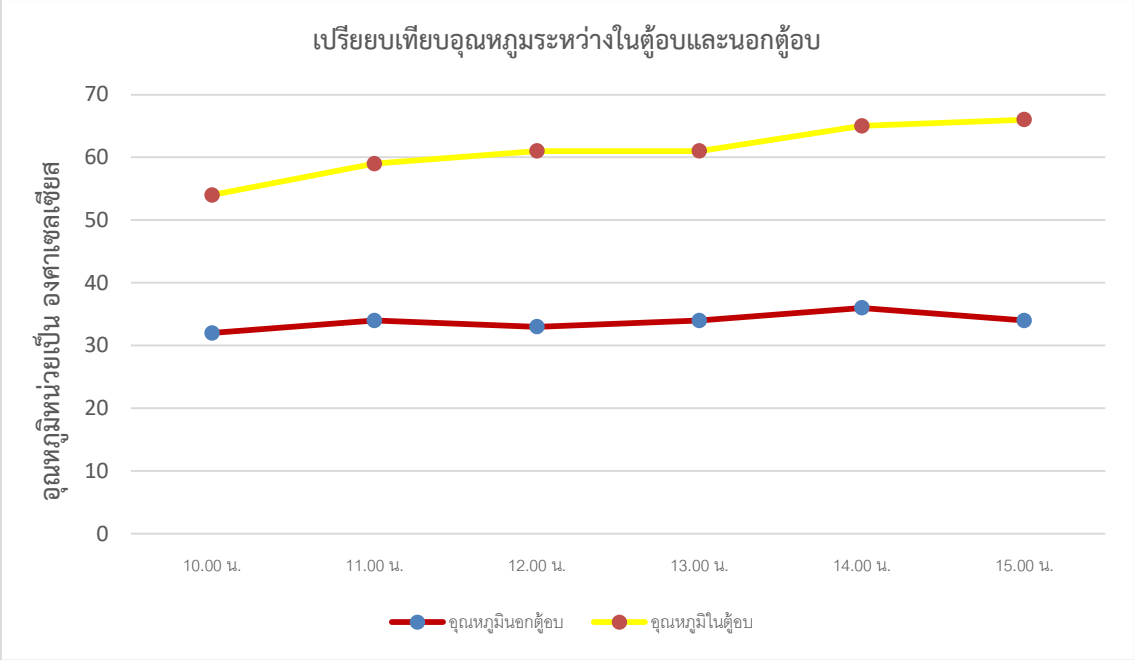
ตารางที่ 4.4 ทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ระหว่างพริกนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และ พริกในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

เวลา	พริกนอกตู้อบ g (กรัม)	พริกในตู้อบ g (กรัม)	อุณหภูมินอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ °C (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ °C (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักพริกนอกตู้อบที่หายไป(คิดเป็น %)	น้ำหนักพริกในตู้อบที่หายไป(คิดเป็น %)
10.00 น.	498.5 g	499.2 g	32 °C	54 °C	-	-
11.00 น.	466.5 g	452.6 g	34 °C	59 °C	6.41	9.34
12.00 น.	439.7 g	407.4 g	33 °C	61 °C	11.79	18.38
13.00 น.	414.9 g	363.3 g	34 °C	61 °C	16.77	27.22
14.00 น.	386.2 g	319.4 g	36 °C	65 °C	22.52	36.01
15.00 น.	367.6 g	276.8 g	34 °C	66 °C	26.25	44.55

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพ
ระหว่างพริกนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และ พริกในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักพริก นอกตู้อบกับในตู้อบ



ภาพที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิในตู้อบกับนอกตู้อบ

จากการทดสอบพบว่า น้ำหนักโดยรวมของพริกในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ลดลง 44.55 % และน้ำหนัก โดยรวมของพริกนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ลดลง 26.25 % น้ำหนักโดยรวมของพริกในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ลดลงมากว่านอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ 18.30 % และพบว่า พริกในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์มีการแห้งตัวเร็วกว่าพริกนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการออกแบบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง สามารถสรุปอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงการ

5.3 ข้อเสนอแนะในการทำโครงการ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูงได้ผลการทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง ดังนี้

จากการนำเนื้อหมูมา ทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง พบว่า น้ำหนักของเนื้อหมูในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ลดลง 56.42 % ส่วนน้ำหนักเนื้อหมูนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ลดลงร้อยล่ะ 48.37 % เนื้อหมูในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์น้ำหนักลดลงมากกว่าและแห้งเร็วกว่าเนื้อหมูนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

จากการนำปลาช่อน ทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง พบว่า น้ำหนักปลาช่อนในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ลดลงร้อยล่ะ 38.04 % ส่วนน้ำหนักปลาช่อน นอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ลดลงร้อยล่ะ 35.47 % และพบว่า ปลาช่อนในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์มีการแห้งตัวเร็วกว่า ปลาช่อนนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และสีของปลาช่อนต่างกันชัดเจน

จากการนำพริก ทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง พบว่า น้ำหนักของพริกในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ลดลงร้อยล่ะ 44.55 % ส่วนน้ำหนักพริก นอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ลดลงร้อยล่ะ 26.25 % และพบว่า พริกในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์มีการแห้งตัวเร็วกว่า พริกนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงการ

5.2.1 สภาพอากาศที่ไม่แน่นอนทำให้ยากแก่การทดลอง

5.2.2 อุปกรณ์บางตัวหาซื้อได้ยาก

5.2.3 การศึกษาครั้งนี้ไม่คำนึงถึงจุดคุ้มทุน เนื่องจากการสร้างต้นแบบต้องอาศัยการลองผิดลองถูก

5.3 ข้อเสนอแนะในการทำโครงการ

1 อุปกรณ์บางตัวหาซื้อได้ยากควรมีการวางแผนในการจัดซื้อที่ดี

2 เมื่อทำการใช้งานตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เสร็จ ควรทำความสะอาดทุกครั้ง

3 ควรมีการวางแผนการดำเนินโครงการให้เหมาะสมกับการกำเนินโครงการจริงทำให้มีความรวดเร็วในการดำเนินโครงสร้าง

5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาต่อในครั้งต่อไป

1.ควรศึกษาตู้อบแบบใหม่ๆ เพื่อให้เกิดความร้อนมากยิ่งขึ้น

2.ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีใหม่เพื่อลดต้นทุนในการสร้างให้ต่ำลง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

ธีระศักดิ์ หุดาการ, (2552). การศึกษาสมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบแบบร่องรูปตัววีสำหรับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์,การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4 จังหวัดเชียงใหม่.

ณัฐวุฒิ ดุษฎี, (2534). การพัฒนาระบบอบแห้งผลไม้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม,วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า.

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ , (2540). การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท.กรุงเทพฯโครงการส่งเสริมการสร้างตำรา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ดร.คุณยุต เอี่ยมสะอาด, ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตตินาถ วรรณิสสร,ดร.วรัทยา ธรรมกิตติภพ , เครื่องอบเนื้อปลาและเนื้อสัตว์แดดเดียว, วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,2017.

ชวลิต ระเริงรัมย์ และ ฐากูร เสรีวัฒน์. เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อน.ขอนแก่น : ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,2550.

ทะนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และ คณะ เตชะคุปต์,(2549). รายงานวิจัยการพัฒนาสาธิตระบบอบแห้งสำหรับผลิตภัณฑ์แปรรูปผลไม้และเครื่องจักรสาน (สำหรับแปรรูปไม้).เชียงใหม่: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานร่วมกับภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เสริม จันทร์ฉาย.เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์.รายงานการวิจัยการพัฒนาสาธิตและเผยแพร่เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตผลทางการเกษตร กรมพัฒนาพลังงานทดแทน,2547.

บงกช ประสิทธิ์,อนันต์ พงศ์ธรกุลพานิช และ สุขฤดี นาถกรณกูล, (2549). การพัฒนาเครื่องแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือน.วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก, วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต,สาขาวิชาเทคโนโลยีสื่อสารการศึกษา,บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จารุวัฒน์ เจริญ,(2554). และคณะ.ตู้อบแห้งและกลั่นความชื้นรังสีอาทิตย์แบบเทอร์โมไซฟอส วิศวกรรมศาสต์ มข.38(1).35-42.

ธีรเดช ใหญ่บก และ คณะ,(2553).การพัฒนากระบวนการอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้ง,วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ,12-13.

ภูวิสส์ ตัณวาณิชกุล,(2550).การอบแห้งแผ่นยางด้วยลมร้อน.วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อนิรุทธิ์ ต่ายขาว,(2548). การออกแบบเครื่องอบแห้งกระดาษสาพลังงานแสงอาทิตย์.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วัฒนพงษ์ รักษ์วิเชียร และ คณะ,(2544).เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์เพื่อใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร.พิษณุโลก: ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ปรีดี วิบูลสวัสดิ์,สมเกียรติ โอกาสเกียรติกุล และ ศิวรักษ์ หาญผดุงธรรม ,(2523).สมรรถนะของกล้วยอบแห้งรังสีดวงอาทิตย์,การประชุมวิชาการครั้งที่ 2 ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น เรื่องพลังงานหมุนเวียนและการประยุกต์,วันที่ 25-28 กุมภาพันธ์ 2523,กรุงเทพฯ.

สุวัฒน์ ไทยนะ,(2524).ตู้อบแห้งด้วยรังสีดวงอาทิตย์,วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วารุณี วาตะบุตร์,(2524).การทดสอบสมรรถนะของกล่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์,วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต,ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อนันต์ พงศ์ธรกุลพานิช และ คณะ, (2548).การออกแบบเครื่องอบแห้งกระดาษสา.พิษณุโลก : วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร.

อัศวิน ชินธรรมมิตร์,(2546). การพัฒนากรรมวิธีการอบแห้งแครอทและเนื้อไก่โดยอบแห้งแบบลมร้อนกับการใช้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ,วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ.154.

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

Azharul karim,Md.and Hawlader,M.N.A (2006). **Performance investigation of flat plate, V-corrugated and finned air collectors,** Energy, vol.31,2006,pp.452-470.

Association of Offical Analytical chemists,(1981). **Handbook of the AOAC/Association of official Analytical Chemists.** 3 nd ed.Washing tam,D.C.,52p.

Bala,B.K & etal(2002).Solar Drying of Pineapple Using Tunnel Drier.28,183.190.

Bansal, N.K..,Bansal,P.K.and Grag,H.P.,1984,Potential of Solar Drying in Developing Contries,Sunworld 8(1),pp9-33.

Codori,M.,Echazu.R.&.Saravia.L(2001).Solar drying of pepper and garlic using The tunnel greenhouse drier. Renewable Energy,22.446-460.

Ekechukwu.O.V.(1999). Review of solar - energy drying system I : An overview of solor drying technology.Energy Conversion and Maagement,40(1999),593-61.

Simate,I.N.(2002). Optimization of mixed-mode and indirect-mode natural convection solar dryers.Renewable Energy,28.435-453.

Tawarat Tipyavimol and Somyot Chimaksom.(2007). Performance Study of Heat pump – Microwave Combination Dryer.Proceeding of International Conference on Agricultural,Food and Biological Engineering & Post Harvest / Production Technology, 21-24 January,Sofitel Raia Orchid Hotel Khon Kean,Thailand.p35.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพประกอบการวิจัย

ภาพประกอบรายงานการวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ขอขอบคุณอาคาร 19 อาคารโรงงานฝึกของสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการผลิตและความร่วมมือของนักศึกษาในภาควิชาที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดียิ่ง

1.ตัดเหล็กทำโครงสร้าง

ก - 1 ตัดเหล็กทำโครงสร้าง

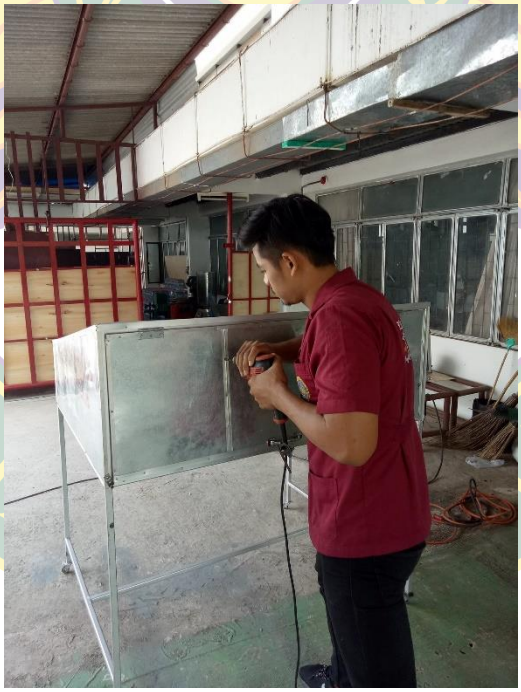
2. เชื่อมโครงตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

ก - 2 การเชื่อมโครงตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

3. เจียขัดผิวโครงสร้าง

ก - 3 เจียขัดผิวโครงสร้าง

4. ประกอบตูอบพลังงานแสงอาทิตย์



ก - 4 ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

5. ติดตั้งแผงโซล่า เซลล์

ก -5 ติดตั้งแผงโซล่า เซลล์

6. ติดตั้งแบตเตอรี่

ก - 6 ติดตั้งแบตเตอรี่

7. ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง

ก - 7 ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง

ภาคผนวก ข

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อนางสาวศิริวรรณ **สกุล** อาจบำรุง

2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 13 หลัก (3-4609-00010-47-0)

3. ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์

4. ตำแหน่งทางบริหาร -

5. สังกัด สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (การผลิต) คณะวิศวกรรมศาสตร์

6. ประวัติการศึกษา

ระดับการศึกษา	คุณวุฒิ	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษาที่สำเร็จการศึกษา	ปีที่จบการศึกษา
ปริญญาโท	ศศ.ม.	บริหารอุตสาหกรรม	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2551
ปริญญาตรี	วท.บ.	การจัดการอุตสาหกรรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม	2548

-

7. สถานที่ติดต่อได้ปัจจุบัน สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (การผลิต) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

8. โทรศัพท์ 0935432315

9. E-mail siriwan90235@gmail.com

10. ประสบการทำงาน

2551 - ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (การผลิต)

11. งานวิจัยและบทความวิชาการ

งานวิจัย

ศิริวรรณ อาจบำรุง. (2552). *การบริหารความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรม กรณีศึกษา จังหวัดมหาสารคาม*. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. (ทุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม).

ศิริวรรณ อาจบำรุง. (2557). *เครื่องตัดหญ้าแบบประหยัดพลังงานและลดมลภาวะ*. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. (ทุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม).

ศิริวรรณ อาจบำรุง. (2558). *ความพึงพอใจของชุมชนที่มีต่อโรงงานน้ำตาลวังขนาย จำกัด จังหวัดมหาสารคาม*. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. (ทุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม).

1.3.2 บทความทางวิชาการ

ศิริวรรณ อาจบำรุง (2557). เครื่องตัดหญ้าแบบประหยัดพลังงานและลดมลาวะ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. **การประชุมวิชาการระดับชาตินานาชาติ ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม,** 6(2) : 39–47.วันที่ 17-18 สิงหาคม 2558.

ศิริวรรณ อาจบำรุง (2559). ความพึงพอใจของชุมชนที่มีต่อโรงงานน้ำตาลวังขนาย จำกัด จังหวัดมหาสารคาม. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม,วารสารคณะวิศวกรรมศาสาตร์ ฉบับที่ 1: 60-63.